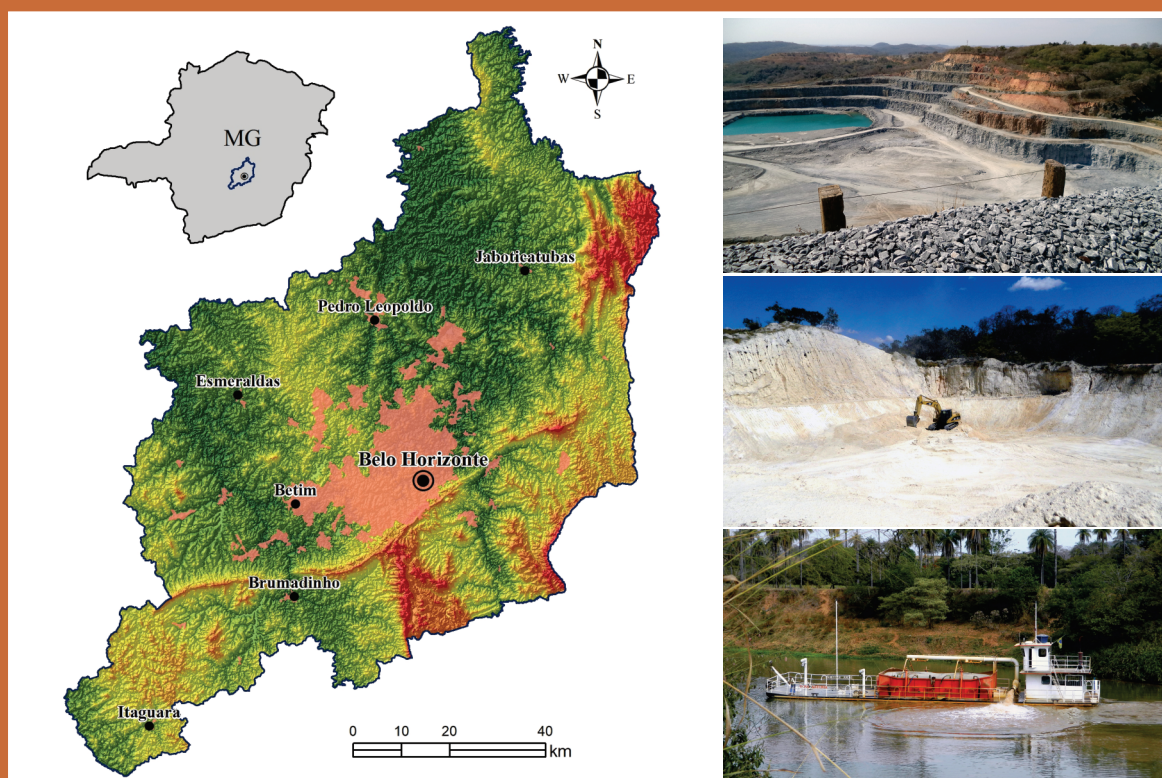


PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE



INFORME DE RECURSOS MINERAIS

Série Rochas e Minerais Industriais, nº 26

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Albuquerque

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Alexandre Vidigal de Oliveira

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Márcio José Remédio

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Geologia

Lúcia Travassos da Rosa Costa

Chefe da Divisão de Geologia Básica

Vladimir Cruz de Medeiros

Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

Chefe do Departamento de Recursos Minerais

Marcelo Esteves Almeida

Chefe da Divisão de Minerais Industriais

Michel Marques Godoy

Chefe da Divisão de Geologia Econômica

Felipe Matos Tavares

Chefe da Divisão de Geoquímica

Silvana Carvalho de Melo

Chefe do Departamento de Informações Institucionais

Edgar Shinzato

Chefe da Divisão de Geoprocessamento

Hiran Silva Dias

Chefe da Divisão de Cartografia

Fábio Silva da Costa

Chefe da Divisão de Documentação Técnica

Roberta Pereira da Silva de Paula

Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação

Patrícia Düringer Jacques

Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação

Washington José Ferreira Santos

Chefe do Departamento de Apoio Técnico

Maria José Cabral Cezar

Chefe da Divisão de Editoração Geral

Valter Alvarenga Barradas

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

Superintendente

Marlon Marques Coutinho

Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Marcelo de Souza Marinho

Responsável Técnico do Projeto

Marcus Paulo Sotero

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
I PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL I

AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL

INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE

Estado de Minas Gerais

AUTORES

Marcus Paulo Sotero
Eclison Junio Tito Tolentino
Sergio Azevedo Marques de Oliveira
Larissa Pinheiro Sant'Ana

INFORME DE RECURSOS MINERAIS
Série Rochas e Minerais Industriais, nº 26



Minas Gerais
2020

REALIZAÇÃO

Superintendência Regional
de Belo Horizonte

ORGANIZAÇÃO

Marcus Paulo Sotero

TEXTO EXPLICATIVO

1. Introdução

Marcus Paulo Sotero
Eclison Junio Tito Tolentino

2. Características socioeconômicas, fisiográficas e infraestrutura

Marcus Paulo Sotero
Eclison Junio Tito Tolentino

3. Materiais e Métodos

Marcus Paulo Sotero
Eclison Junio Tito Tolentino

4. Contexto Geológico

Marcus Paulo Sotero
Larissa Pinheiro Sant'Ana

5. Potencial Mineral

Marcus Paulo Sotero
Eclison Junio Tito Tolentino
Larissa Pinheiro Sant'Ana
Sergio Azevedo Marques de Oliveira

6. Lavra e Beneficiamento

Marcus Paulo Sotero
Eclison Junio Tito Tolentino
Larissa Pinheiro Santana

7. Direitos Minerários

Marcus Paulo Sotero
Eclison Junio Tito Tolentino
Larissa Pinheiro Sant'Ana

8. Mineração e Meio Ambiente

Marcus Paulo Sotero
Eclison Junio Tito Tolentino
Larissa Pinheiro Sant'Ana

9. Diagnóstico Técnico-Econômico da RMBH

Marcus Paulo Sotero
Larissa Pinheiro Sant'Ana

10. Conclusões e Recomendações

Marcus Paulo Sotero
Eclison Junio Tito Tolentino

Referências

Marcus Paulo Sotero
Eclison Junio Tito Tolentino

Anexo

CARTOGRAFIA GEOLÓGICA (<http://geosgb.cprm.gov.br>)

Marcus Paulo Sotero
Eclison Junio Tito Tolentino
Sérgio Azevedo Marques de Oliveira
Larissa Pinheiro Sant'Ana

SIG GEOLÓGICO

Marcus Paulo Sotero

APOIO TÉCNICO

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS

Marcus Paulo Sotero
Eclison Junio Tito Tolentino
Sérgio Azevedo Marques de Oliveira

ANÁLISES PETROGRÁFICAS

Larissa Pinheiro Sant'Ana
Marcus Paulo Sotero
Marco Aurélio Piacentini Pinheiro

REDE LAMIN CAETÉ

Ademir da Rocha
Edson Jorge Pereira

CARTOGRAFIA DIGITAL E FIGURAS

Márcio Ferreira Augusto
Elizabeth de Almeida Cadête Costa

CAMPO

Deli Moreira Soares
Antônio Carlos de Senna Penna
Paulo Ricardo Almeida Sampaio

PROJETO GRÁFICO/EDITORAÇÃO

Capa (DIMARK)

Washington José Ferreira Santos

Miolo (DIEDIG)

Andréia Amado Continentino
Agmar Alves Lopes

Diagramação (GERINF-BH)

Patrícia Silva Araújo Dias

NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Roberta Silva de Paula

NORMALIZAÇÃO

Teresa Rosenhayme

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Marcelo de Souza Marinho
Márcio Antônio da Silva
Paulo Henrique Amorim Dias

REVISÃO

Angela Pacheco Lopes
Marcelo de Souza Marinho
Michel Marques Godoy
Paulo Henrique Amorim Dias

REVISÃO FINAL

Michel Marques Godoy

Serviço Geológico do Brasil – CPRM

www.cprm.gov.br
seus@cprm.gov.br

I59 Insumos minerais para a construção civil na região metropolitana de Belo Horizonte, estado de Minas Gerais / Marcus Paulo Sotero ...[et al.]. – Belo Horizonte : CPRM, 2020.
122 p. : 30 cm. – (Série rochas e minerais industriais ; 26)

Avaliação dos recursos minerais do Brasil.

ISBN: 978-65-5664-013-6

1. Minerais industriais – Brasil – Minas Gerais. 2. Geologia econômica – Brasil – Minas Gerais. I. Sotero, Marcus Paulo. II. Série.

CDD 553.6098151

CRB 5663

FOTOS DA CAPA

De cima para baixo:

- 1 - (mapa) - Mapa altimétrico da Região Metropolitana de Belo Horizonte, com algumas cidades importantes e manchas urbanas.
- 2 - Extração de calcário em mina a céu aberto por bancadas na região de Matozinhos, MG (foto dos autores).
- 3 - Extração de areia e saibro por desmonte em manto de alteração de rochas granitoides, na região de Esmeraldas, MG (foto dos autores).
- 4 - Extração de areia por dragagem através de balsa móvel flutuante com contêiner em canal ativo do Rio Paraopeba, na região de Esmeraldas, MG (foto dos autores).

APRESENTAÇÃO

O Serviço Geológico do Brasil – CPRM, através da Superintendência Regional de Belo Horizonte e da Divisão de Minerais Industriais, disponibiliza à comunidade técnico-científica, ao setor mineral e à sociedade em geral, os resultados obtidos pelo Projeto Materiais de Construção na Região Metropolitana de Belo Horizonte.

O projeto abrange a Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), composta por 34 municípios distribuídos em uma área de 9.500 km², que abriga uma população da ordem de 5 milhões de habitantes. Um dos grandes problemas enfrentados no desenvolvimento do setor produtivo mineral na região é a disputa do espaço físico com outras atividades de uso e ocupação do solo. Tendo em vista a importância da disponibilidade de insumos minerais para a construção civil para o desenvolvimento das cidades, o ordenamento territorial deve ser feito levando em consideração as áreas potenciais para produção desses bens.

Em vista da crescente demanda pela melhoria das condições de vida, principalmente nos grandes centros urbanos, é necessária uma disponibilidade significativa de insumos minerais para a construção civil, aplicados em obras de infraestrutura, saneamento básico, transporte, energia, segurança pública, saúde, educação e habitação.

Dentro desse contexto, o projeto levantou informação sobre depósitos de insumos minerais para construção civil, abordando aspectos como geologia regional, tipologia, caracterização tecnológica, método de lavra e impactos ambientais. Os principais insumos minerais para construção civil produzidos na RMBH são areia, brita, calcário, argila, cascalho, saibro e filito.

O produto final deste projeto é composto por um Informe de Insumos Minerais para Construção Civil na Região Metropolitana de Belo Horizonte, um Mapa Geológico e um Mapa de Recursos e Potencial Mineral para Materiais de Construção, e base de dados, disponível para download no banco corporativo do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, o GeoSGB (<http://geosgb.cprm.gov.br>).

Destaca-se a importância das parcerias em trabalhos dessa natureza entre a CPRM, empresas mineradoras privadas e outros órgãos públicos federais, estaduais e municipais, não só para a geração de produtos geocientíficos, mas como importante ferramenta de uma efetiva política nacional de geologia e hidrologia.

Esteves Pedro Colnago

Diretor-Presidente

Márcio José Remédio

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

RESUMO

A Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) se destaca no setor mineral de Minas Gerais pela produção e consumo de insumos minerais para a construção civil, motivadas pela alta demanda para suprir obras de infraestrutura e habitação. O avanço urbano na RMBH, ordenado ou não, tem envolvido a ocupação de áreas com potencial mineral, se tornando crítico para o futuro de uma região tão dependente de recursos. Assim, trabalhos que abordem esse tema se tornam de suma importância para o planejamento urbano e mercadológico da região.

Este trabalho teve como objetivo cadastrar e pesquisar depósitos de insumos minerais para construção civil, abordando aspectos como geologia regional, tipologia, caracterização tecnológica, método de lavra e impactos ambientais relacionados. Foram cadastradas e consistidas 233 ocorrências e extrações (ativas e inativas) de areia, brita, calcário, argila, cascalho, saibro e filito. Aliado às informações geológicas, tais dados foram utilizados para traçar polos produtores e o perfil dos insumos minerais para construção civil na RMBH.

Na RMBH, a areia é extraída sobretudo em terraços aluvionares e de mantos de alteração de rochas granitoides, especialmente nas regiões de Esmeralda e Pedro Leopoldo. A brita possui demanda quase totalmente suprida por minas e pedreiras próximas a Betim, Contagem e Santa Luzia (brita de gnaisses), e a Pedro Leopoldo, Lagoa Santa e Matozinhos (brita de calcário), onde os principais tipos de depósitos estão relacionados a complexos granito-gnáissicos e, subordinadamente, às rochas sedimentares calcárias (Grupo Bambuí). A atividade mineral do calcário é muito desenvolvida na região norte da RMBH, com destaque para a produção de cimento, no qual o potencial geológico se restringe às unidades carbonáticas pertencentes ao Grupo Bambuí (formações Sete Lagoas e Lagoa do Jacaré) que compõem o Polo Produtor de Pedro Leopoldo. Atualmente, a atividade de argila é pouco desenvolvida na região, destacando-se apenas as regiões de Rio Manso, Esmeraldas e Pedro Leopoldo, com depósitos de argila sedimentar em terraço aluvionar. Os cascalhos ocorrem de forma residual em manto de alteração de granitoides e pegmatitos, e sedimentar em terraço aluvionar. As extrações de saibro na RMBH são desenvolvidas em manto de alteração de granito-gnaisses. Os depósitos de filito são do tipo residual em manto de alteração de filito sericítico e grafitoso (Grupo Nova Lima). A demanda de areia, brita e calcário de todas as áreas de expansão da RMBH é especialmente atendida pelas regiões de Esmeraldas, Pedro Leopoldo, Betim-Contagem e Santa Luzia-Sabará, especialmente os vetores de crescimento com direções nordeste, norte, noroeste e oeste. Já o vetor sul necessita que a maior parte dos materiais de construção venha de outras regiões.

As informações levantadas servem como base para traçar um diagnóstico mineral de insumos para construção civil na RMBH, a fim de embasar decisões a respeito de investimentos nesse setor por parte privada e pública. Adicionalmente, levanta a discussão sobre o conflito entre a expansão urbana e a extração de reservas minerais próximas a centros urbanos.

Palavras-chave: Insumos minerais para a construção civil; RMBH, recursos minerais.

ABSTRACT

The high demand for construction materials by the infrastructure and housing industries in the Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) is what drives that sector's industry to the spearhead of the Minas Gerais's state mining industry. The RMBH's urban growth is a critical process for the construction materials's industry, since it advances towards areas with potential or even established facilities of that industry. Therefore, studies that focus on that subject are of paramount importance for the urban and commercial planning of the region.

This study aimed at the researching and catalog of mining sites for construction materials, encompassing aspects such as regional geology, tipology, technological characterization, mining method and correlated environmental impacts. Thus, 233 occurrences and mining sites for sand, gravel, limestone, clay, grit, fine gravel and phillyte have been consisted and catalogued. After being combined with geological information, these data where instrumental for the profile characterization of the centers of production of raw materials for the construction sector in the RMBH, as well as the profile of the raw materials itself.

The sand is mainly extracted from alluvionar terraces or from the alteration cap of granitoid rocks in the RMBH, especially so in the vicinities of Esmeraldas and Pedro Leopoldo. The gross demand for gravel is supplied by quarries in Betim, Contagem, Santa Luzia (for gneiss gravel) and Pedro Leopoldo, Lagoa Santa and Matozinhos (for limestone gravel), where the sources are mainly granitic-gneiss complexes and, locally, limestone (Bambuí Group). The mining of limestone is intensely developed in RMBH's north side, with highlights for the cement industry in the Pedro Leopoldo production center: the geological settings there restrains the activity to the carbonatic units of Sete Lagoas and Lagoa do Jacaré Formations, in the Bambuí Group. Presently, there are only local clay industries, with the regions of Rio Manso, Esmeraldas and Pedro Leopoldo leading the production on sedimentary clay from alluvionar terraces. The grit occurs naturally as a residue across the alteration surfaces of granitoids and pegmatites, and also as sediments on alluvionar terraces. The RMBH's fine gravel extractions develop over the alterations surfaces of granite-gneiss rocks. The phillyte deposits occur in the sericitic and graphyte-phillyte of the Nova Lima Group and are of the residual in alteration surface type. The sand, gravel and limestone demand of all the expanding areas in the RMBH are met by the production in the regions of Esmeraldas, Pedro Leopoldo, Betim-Contagem and Santa Luzia-Sabará, especially the growth vectors wich point to notheast, north, northwest and West. The South vector demands construction materials from the other regions.

The informations aggregated are the basis for the mineral diagnosis of raw materials demanded by the RMBH's construction industry, and backs the decisions towards publico r private investments in that economic sector. Additionally, it brings up the discussion of the conflict between urban expansion and the mining near urban areas.

Keywords: *Raw materials for construction industry; RMBH; mineral resources.*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1. LOCALIZAÇÃO	11
1.2. JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS	12
2. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS, FIOGRAFICAS E INFRAESTRUTURA	14
2.1. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS	14
2.2. FIOGRAFIA	14
2.3. INFRAESTRUTURA.....	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1. COMPILAÇÃO DE DADOS E CONSISTÊNCIA	18
3.2. ETAPAS DE CAMPO E AMOSTRAGEM.....	18
3.3. ANÁLISES QUÍMICAS.....	18
3.4. ENSAIOS TECNOLÓGICOS	18
3.4.1. Areia.....	18
3.4.1.1. Análise granulométrica.....	18
3.4.1.2. Análise mineralógica	18
3.4.2. Brita e blocos de rocha	19
3.4.2.1. Descrição petrográfica	19
3.4.2.2. Caracterização tecnológica de agregados graúdo.....	19
4. CONTEXTO GEOLÓGICO	20
4.1. COMPLEXO METAMÓRFICO BELO HORIZONTE.....	20
4.2. COMPLEXO DIVINÓPOLIS.....	21
4.3. COMPLEXO BONFIM	22
4.4. SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS	22
4.4.1. Grupo Quebra-Osso	23
4.4.2. Grupo Nova Lima	23
4.4.3. Grupo Maquiné	23
4.5. SUPERGRUPO MINAS.....	23
4.5.1. Grupo Caraça.....	23
4.5.2. Grupo Itabira	23
4.5.3. Grupo Piracicaba	24
4.5.4. Grupo Sabará.....	24
4.6. SUÍTE ITAGUARA-RIO MANSO.....	24
4.7. SUPERGRUPO ESPINHAÇO	24
4.8. GRUPO MACAÚBAS.....	24
4.9. GRUPO BAMBUÍ.....	24
4.9.1. Formação Sete Lagoas	24
4.9.2. Formação Serra de Santa Helena	25
4.9.3. Formação Lagoa do Jacaré	26
4.9.4. Formação Serra da Saudade.....	26
4.10. SEDIMENTOS RECENTES	26

5. POTENCIAL MINERAL	28
5.1. BENS MINERAIS DA RMBH.....	28
5.1.1. Areia.....	28
5.1.1.1. Conceitos e aplicações.....	28
5.1.1.2. Tipos de depósitos.....	30
5.1.1.2.1. Leito de rio.....	30
5.1.1.2.2. Terraço aluvionar.....	31
5.1.1.2.3. Manto de intemperismo.....	31
5.1.1.2.4. Areia industrial (artificial).....	32
5.1.1.3. Caracterização tecnológica	32
5.1.1.4. Potencial geológico.....	34
5.1.2. Brita e blocos de pedra.....	35
5.1.2.1. Conceitos e aplicações	35
5.1.2.2. Tipologia e geologia das frentes de produção	36
5.1.2.2.1. Rochas magmáticas	36
5.1.2.2.2. Rochas metamórficas.....	37
5.1.2.2.3. Rochas sedimentares	37
5.1.2.3. Petrografia e avaliação tecnológica	38
5.1.2.3.1. Caracterização petrográfica	38
5.1.2.3.2. Reação álcali-agregado.....	41
5.1.2.3.3. Caracterização tecnológica	41
5.1.2.4. Potencial geológico	43
5.1.3. Rochas calcárias.....	43
5.1.3.1. Geologia e tipologia dos depósitos	43
5.1.3.2. Caracterização tecnológica	44
5.1.3.3. Potencial geológico	46
5.1.4. Argilas	47
5.1.4.1. Conceitos e aplicações	47
5.1.4.2. Tipologia dos depósitos	47
5.1.4.2.1. Argila residual.....	47
5.1.4.2.2. Argila aluvionar.....	48
5.1.4.3. Potencial geológico	48
5.1.5. Cascalho.....	48
5.1.5.1. Tipologia e geologia dos depósitos	48
5.1.6. Saibro.....	48
5.1.6.1. Tipologia e geologia dos depósitos	49
5.1.7. Filito.....	49
5.1.7.1. Tipologia e geologia dos depósitos.....	49
5.1.7.2. Caracterização química.....	50
5.1.7.3. Potencial geológico.....	51
5.2. ÁREAS POTENCIAIS	51
5.3. ORDENAMENTO TERRITORIAL.....	53
6. LAVRA E BENEFICIAMENTO	55
6.1. AREIA	55
6.1.1. Métodos de lavra.....	55
6.1.1.1. Lavra em leito de rio.....	56
6.1.1.2. Lavra em cava seca com escavação e desmonte mecânico.....	56
6.1.1.3. Lavra em cava inundada.....	56
6.1.2. Carregamento e transporte.....	57
6.1.3. Beneficiamento e expedição	57

6.2. BRITA E BLOCOS DE PEDRA	58
6.2.1. Métodos de lavra.....	58
6.2.2. Carregamento e transporte.....	59
6.2.3. Beneficiamento e expedição.....	59
6.3. ARGILA	59
6.3.1. Métodos de lavra.....	59
6.3.1.1. Lavra a céu aberto por desmonte mecânico.....	59
6.3.2. Carregamento e sazonalidade	60
6.3.3. Beneficiamento e produtos.....	60
6.3.3.1. Beneficiamento da argila vermelha	60
6.3.3.2. Beneficiamento da argila branca	60
6.3.3.3. Produtos.....	61
6.4. CALCÁRIOS.....	61
6.4.1. Métodos de lavra.....	61
6.4.2. Beneficiamento e Produtos	61
6.4.2.1. Cimento	62
6.4.2.2. Indústria de Cal	62
6.4.2.3. Corretivos de Solo.....	62
6.5. MATERIAL DE EMPRÉSTIMO	62
6.5.1. Sistemática de lavra e beneficiamento	62
6.5.2. Carregamento, expedição e emprego.....	63
7. DIREITOS MINERÁRIOS.....	64
7.1. ASPECTOS LEGAIS.....	64
7.1.1. Legislação mineral.....	64
7.1.1.1. Regime de Licenciamento	64
7.1.1.2. Regime de Autorização e Concessão	65
7.1.1.3. Registro de Extração.....	65
7.1.2. Licenças ambientais	65
7.1.2.1. Legislação específica para Áreas de Preservação Permanente (APP)	66
7.1.2.2. Legislação Específica para Unidades de Conservação (UC).....	66
7.1.2.3. Legislação Específica para Comunidades Quilombolas	68
7.1.2.4. Legislação Específica para Áreas Indígenas	69
7.2. OBRIGAÇÕES FINANCEIRAS	69
7.2.1. Taxas de emolumentos	69
7.2.2. Taxas Anual por Hectare (TAH)	69
7.2.3. Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM)	70
7.3. DIREITO MINERAL NA RMBH.....	70
8. MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE.....	73
8.1. CONCEITOS E APRESENTAÇÕES	73
8.1.1. Desmatamento	73
8.1.2. Erosão	73
8.1.3. Assoreamento	74
8.1.4. Poluição atmosférica	74
8.1.5. Poluição sonora	75
8.1.6. Contaminação de águas	75
8.1.7. Modificação de paisagem	75
8.2. IMPACTOS DECORRENTES DA MINERAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	75
8.2.1. Decapeamento e abertura de acesso.....	76
8.2.2. Lavra por dragagem	76

8.2.3. Lavra por escavação	77
8.2.4. Lavra por bancadas	77
8.2.5. Estocagem de minério e deposição de rejeitos.....	77
8.2.6. Britagem	78
8.2.7. Expedição e transporte.....	79
8.3. ATIVIDADE MINERAL EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO	79
8.4. DIRETRIZES PARA EXPLORAÇÃO MINERAL SUSTENTÁVEL.....	79
9. DIAGNÓSTICO TÉCNICO-ECONÔMICO DA RMBH	81
9.1. GENERALIDADES.....	81
9.2. PANORAMA NACIONAL E ESTADUAL	81
9.3. CENÁRIO NA RMBH	83
9.4. MERCADO DE EXPORTAÇÃO	85
10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	86
10.1. INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL.....	86
10.2. ÁREAS POTENCIAIS E ORDENAMENTO TERRITORIAL.....	87
10.3. RECOMENDAÇÕES.....	87
REFERÊNCIAS.....	89
ANEXO.....	95
ANEXO 1 - MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE ESCALA: 1:250.000	96
ANEXO 2 - MAPA DE RECURSOS E POTENCIAL MINERAL PARA MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE - MG ESCALA: 1:200.000.....	98
ANEXO 3 - TABELA DE OCORRÊNCIAS E EXTRAÇÕES MINERAIS CADASTRADAS NO PROJETO MATERIAIS DE CONTRUÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE - MG	100

1. INTRODUÇÃO

O projeto Materiais de Construção na Região Metropolitana de Belo Horizonte está inserido na região supracitada, aqui denominada abreviadamente de RMBH. É composta por 34 municípios e possui uma população superior a 5 milhões de habitantes (IBGE, 2018), número que equivale a cerca de 26% da população do estado de Minas Gerais. Possui área de aproximadamente 9.500 Km² conforme o Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil (2018).

A Região Metropolitana de Belo Horizonte foi criada em 1973, a partir da lei Complementar Federal nº 14/73, e atualmente é regulamentada por leis complementares do Estado de Minas Gerais (LEC nº 88/2006 e LEC 89/2006). Além da Capital, as cidades de Betim, Caeté, Contagem, Ibirité, Lagoa Santa, Nova Lima, Pedro Leopoldo, Raposos, Ribeirão das Neves, Rio Acima, Sabará, Santa Luzia e

Vespasiano compunham o conjunto original. Atualmente, a RMBH é composta por trinta e quatro municípios, além de outros dezesseis que compõem o Colar Metropolitano – este formado por municípios cuja economia, apesar de não estar plenamente integrada à capital e seus municípios limítrofes, já recebem interferência dos municípios da RMBH.

A RMBH engloba os seguintes municípios mineiros: Baldim, Belo Horizonte, Betim, Brumadinho, Caeté, Capim Branco, Confins, Contagem, Esmeraldas, Florestal, Ibirité, Igarapé, Itaguara, Itatiaiuçu, Jaboticatubas, Juatuba, Lagoa Santa, Mário Campos, Mateus Leme, Matozinhos, Nova Lima, Nova União, Pedro Leopoldo, Raposos, Ribeirão das Neves, Rio Acima, Rio Manso, Sabará, Santa Luzia, São Joaquim de Bicas, São José da Lapa, Sarzedo, Taquaraçu de Minas e Vespasiano (Figura 1.1).

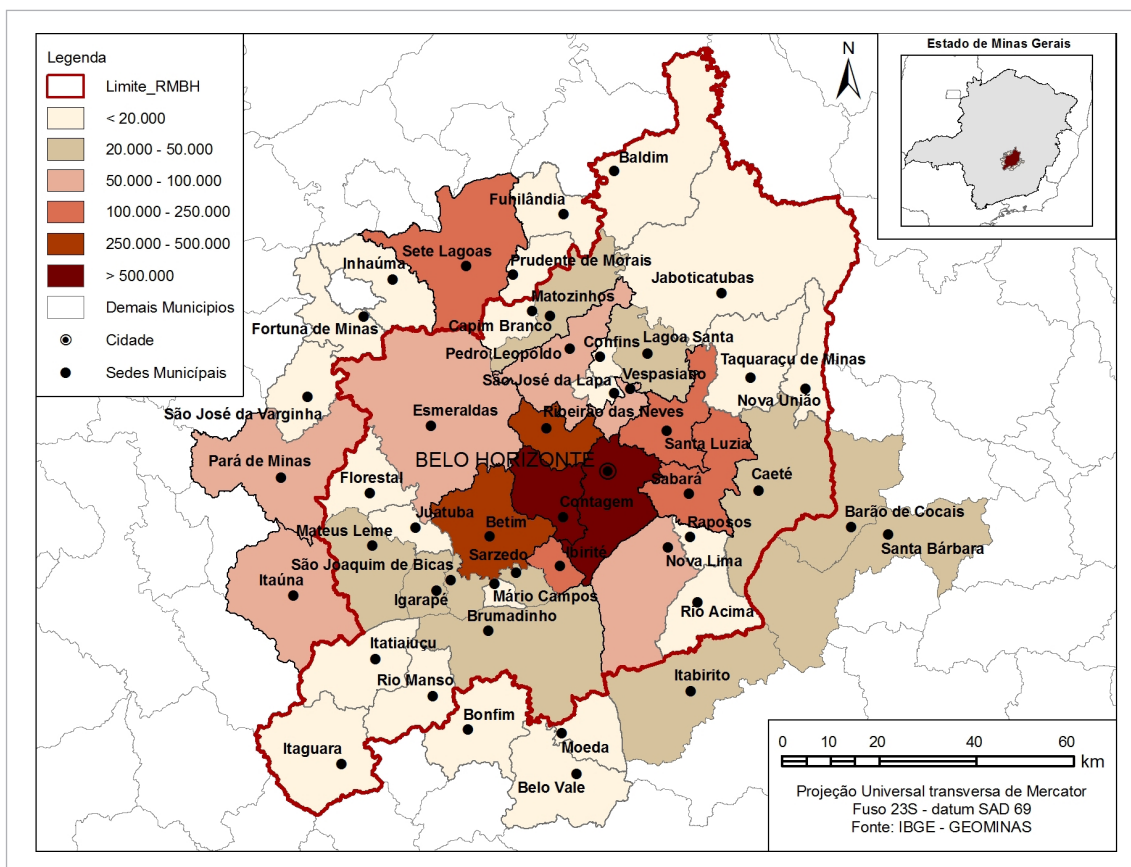


Figura 1.1 - Mapa político da RMBH e de seu Colar Metropolitano e adensamento populacional regional, conforme Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da RMBH (UFMG, 2011).

1.1. LOCALIZAÇÃO

A RMBH localiza-se entre as latitudes 19°S e 22°S, e entre as longitudes 43°W e 45°W, ocupando a porção central do estado de Minas Gerais. A localização e a divisão política da RMBH e de seu Colar Metropolitano (1) e as variações pertinentes de adensamento populacional (2) estão representadas na Figura 1.1. Enquanto praticamente não há espaços para ampla ocupação na Capital e em suas cidades conurbadas, outras cidades possuem menos de 20% de sua área total urbanizada ou construída (Figura 1.2). Essas cidades têm hoje, muitos de seus terrenos valorizados, ensejando projetos de condomínios de casas ou prédios. Tais projetos têm a vantagem do custo reduzido e do incentivo público aos novos empreendimentos.

Os municípios da RMBH podem ser agrupados em cinco microrregiões: Belo Horizonte, Pará de Minas, Itaguara, Sete Lagoas e Itabira, brevemente descritas a seguir (Figura 1.2).

Microrregião de Belo Horizonte – Compreende o coração econômico do estado de Minas Gerais, e é formada pelos seguintes municípios: Belo Horizonte, Betim,

Brumadinho, Caeté, Confins, Contagem, Esmeraldas, Ibirité, Igarapé, Juatuba, Lagoa Santa, Mário Campos, Mateus Leme, Nova Lima, Pedro Leopoldo, Raposos, Ribeirão das Neves, Rio Acima, Sabará, Santa Luzia, São Joaquim de Bicas, São José da Lapa, Sarzedo e Vespasiano. Neste contexto, essa microrregião possui grande potencial para produção de materiais de construção e compõem os principais polos de produção que abastecem a demanda da capital. Os principais municípios produtores de insumos minerais para a construção civil são: Contagem, Betim e Santa Luzia (brita); Esmeraldas, Pedro Leopoldo, Vespasiano e São José da Lapa (areia); Lagoa Santa, Vespasiano, Pedro Leopoldo e São José da Lapa (calcário para cimento); e Ribeirão das Neves, Esmeraldas e Pedro Leopoldo (argila para telhas e tijolos). Tais municípios são afetados diretamente pelo crescimento urbano de Belo Horizonte, comprometendo muitas vezes a expansão da atividade mineira.

Microrregião de Pará de Minas – Localizada à oeste da RMBH, compreende apenas um município, o de Florestal, que possui estreita relação com os municípios vizinhos (Mateus Leme, principalmente) e com municípios externos à RMBH, devido especialmente à proximidade

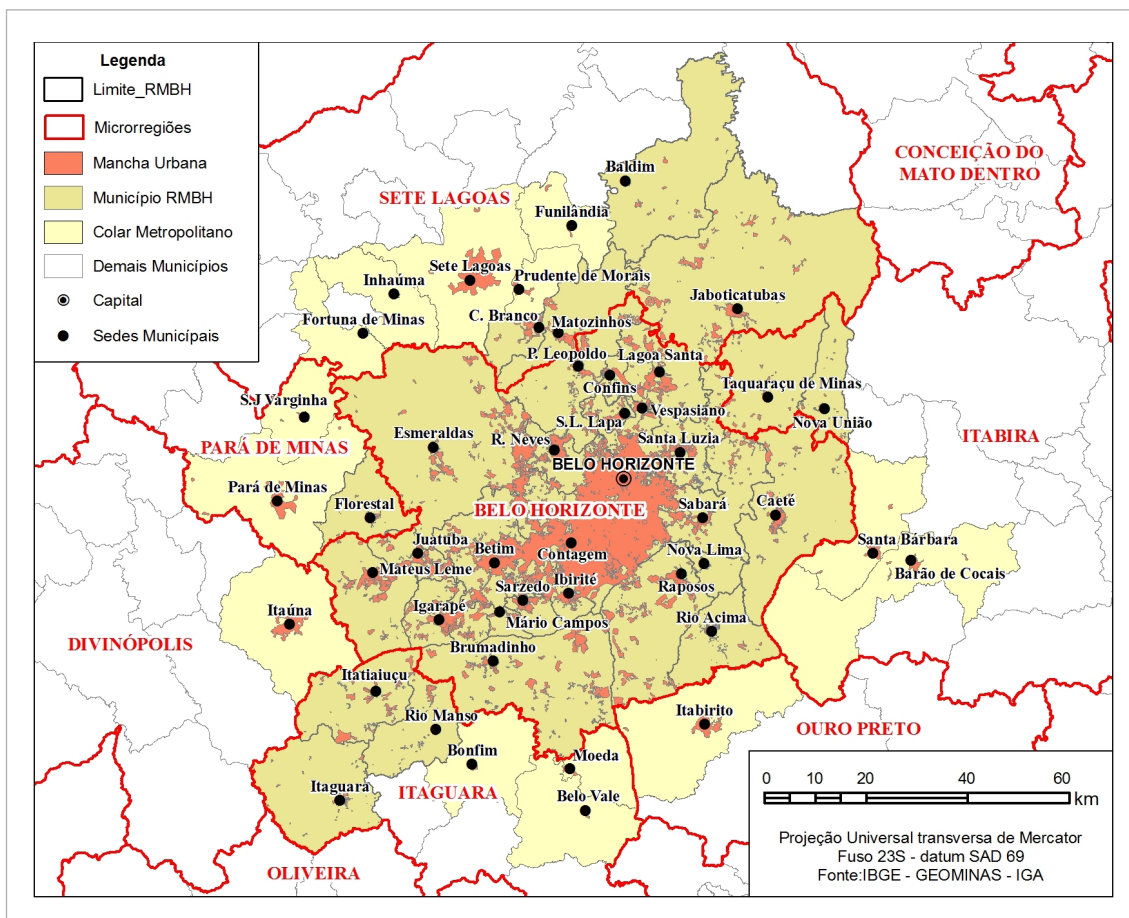


Figura 1.2 - Mancha urbana da RMBH e do Colar Metropolitano conforme Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da RMBH (UFMG, 2011).

com as cidades de Pará de Minas e Itaúna. Seu potencial para areia é grande, uma vez que faz fronteira com o município de Esmeraldas pelo Rio Paraopeba, grande produtor desse material. Seu acesso às rodovias BR-262 e LMG-818 é um atrativo aos investimentos futuros, e sua urbanização, ainda incipiente, não compromete porções significativas de suas regiões potenciais.

Microrregião de Itaguara – Localizada à sul da RMBH, compreende 3 municípios (Itaguara, Itatiaiuçu e Rio Manso), todos alinhados pela rodovia BR 381. Apesar do acesso rodoviário se dar em trecho duplicado de rodovia federal, sua distância da capital faz com que comercializem seus produtos mais intensamente com as cidades de Itaúna e Divinópolis. O território dessa microrregião é muito pouco ocupado por urbanização, sendo que as principais ocupações são dadas pela mineração de ferro e suas barragens (Itatiaiuçu), por plantações ou por mananciais estratégicos à RMBH (Rio Manso).

Microrregião de Sete Lagoas – Localizada à norte da RMBH, compreende 4 municípios (Jaboticatubas, Baldim, Capim Branco e Matozinhos). Seu bem mineral preponderante é o calcário, sendo que seus produtos (brita ou cimento) são utilizados por toda a RMBH. O transporte é realizado através das rodovias estaduais MG-10 e MG-424, que dão acesso ao Aeroporto Internacional Tancredo Neves, em Confins.

Microrregião de Itabira – Localizada à leste da RMBH, compreende dois municípios (Taquaraçu de Minas e Nova União). Possuem baixa distribuição urbana, e por essa razão têm recebido vários empreendimentos de loteamento de condomínios.

1.2. JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS

A indústria de insumos minerais para a construção civil proporciona insumos para a infraestrutura urbana, industrial e para a malha viária nacional. A demanda por tais materiais de construção está intimamente associada ao crescimento populacional e a quantidade de bens e serviços. O seu consumo per capita pode ser usado como indicador da situação econômica e social, e do nível de desenvolvimento de uma região, pois a sua utilização está condicionada à melhoria da qualidade de vida da

população. Devido à crescente demanda pela melhoria das condições de vida, principalmente nos grandes centros urbanos, é necessária uma disponibilidade significativa de insumos minerais para a construção civil, aplicados em obras de infraestrutura de saneamento básico, transporte, energia, segurança pública, saúde, educação e habitação (LA SERNA & REZENDE, 2013).

O crescimento da mancha urbana da capital mineira afetou todas as cidades fronteiriças e ocasionou o surgimento de habitações próximas ou sobrepostas aos depósitos minerais. Pedreiras que historicamente abasteceram a cidade de Belo Horizonte, como a de Prado Lopes, Lagoinha, Carapuça, Morro das Pedras e Acaba Mundo, hoje, fazem parte de urbanizações ou favelas dentro da capital (Figura 1.3). Isso culmina no deslocamento da atividade mineira para áreas mais afastadas dos polos consumidores, onerando toda a cadeia produtiva. Dessa forma, ordenamento urbano de regiões metropolitanas é essencial para evitar o bloqueio das reservas minerais que propiciam o desenvolvimento dos próprios municípios. A inexistência de um estudo sistemático desses potenciais minerais dificulta a adoção de políticas de planejamento urbano satisfatórias, pois não há um referencial técnico que oriente decisões a esse respeito.

Assim, o Projeto RMBH é justificado como instrumento de fomento às políticas públicas de planejamento urbano, visto que apresenta a distribuição dos locais de exploração mineral e também das zonas potenciais para implementação da atividade mineira. Trata-se de uma importante orientação aos investimentos futuros no setor de insumos minerais para a construção civil na região.

Os objetivos do Projeto RMBH são:

- Cadastrar e descrever os pontos de extração de materiais de construção presentes na região;
- Estudar as características petrográficas e tecnológicas dos materiais de construção produzidos na RMBH, para que esses materiais sejam pormenorizados em seus potenciais e direcionados ao seu melhor potencial na indústria;
- Discutir regiões e formações geológicas potenciais para produção de materiais de construção na RMBH e orientar a melhor exploração desses recursos;
- Avaliar as condições atuais da produção de areia, argila, brita, calcário, cascalho, saibro e filito.

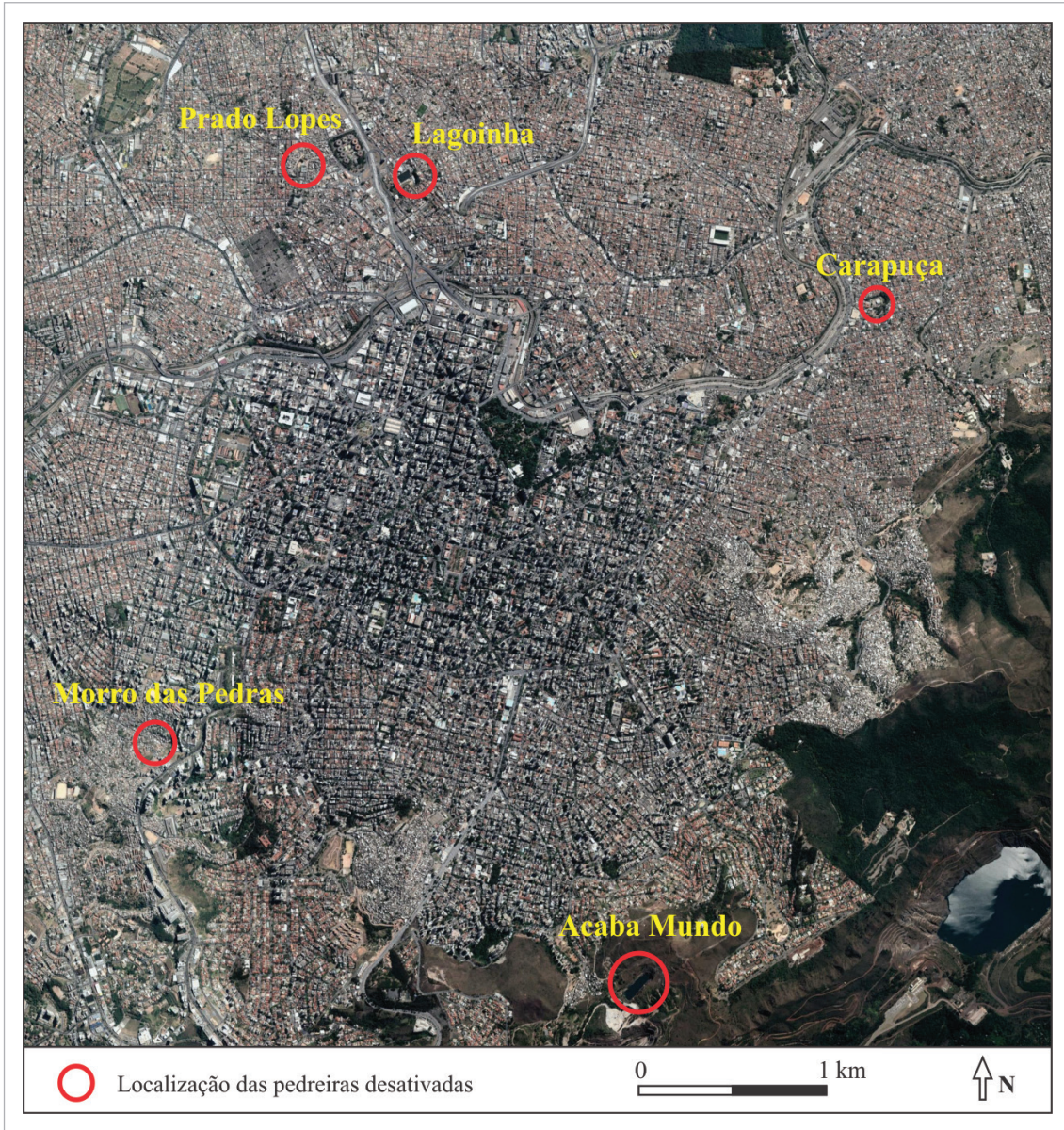


Figura 1.3 - Imagem de satélite indicando pedreiras originais desativadas que abasteceram a cidade de Belo Horizonte (indicação em vermelho) até a década de 1940 (baseado em <http://curraldelrei.blogspot.com>).

2. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS, FISIAGRÁFICAS E INFRAESTRUTURA

2.1. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

Os principais dados socioeconômicos atuais da RMBH, de acordo com o IBGE e o Atlas de Desenvolvimento Urbano do Brasil, são:

- Terceira maior região metropolitana do país em termos populacionais, com 5,8 milhões de habitantes (IBGE, 2016);
- IDHM de 0,774, o oitavo maior entre os valores das 21 regiões metropolitanas brasileiras (Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil, 2010);
- PIB de aproximadamente R\$150 bilhões, sendo o quarto maior das regiões metropolitanas do país (IBGE, 2014);
- Exportações da ordem de US\$10 bilhões, sendo o minério de ferro responsável por 65% desse total (DataViva, 2018);
- Densidade demográfica de 515 hab/Km², sendo de 7.160 hab/Km² a densidade demográfica da capital. É a sexta maior do Brasil; (IBGE, 2018);
- Menos de 2% da população vivendo em regiões rurais (Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil, 2010).

2.2. FISIOGRAFIA

A RMBH apresenta três grandes domínios geomorfológicos, denominados Depressão Sanfranciscana, Quadrilátero Ferrífero e Borda Oeste do Espinhaço Meridional (REIS JUNIOR, 2016). A Depressão Sanfranciscana ocorre na região norte, oeste e sudoeste da RMBH, o Quadrilátero Ferrífero, no sul, ocorre separado por serras de direção aproximada NE-SW (e.g. Piedade, Curral, Dois Irmãos, Itatiaia), e o domínio da Borda Oeste do Espinhaço Meridional ocorre apenas no limite nordeste da RMBH.

A Depressão Sanfranciscana é subdividida em três áreas: Bacia do Médio Paraopeba (área 1), Bambuí/Carste (área 2) e Depressão Belorizontina (área 4) (Figura 2.1). A região do Médio Paraopeba apresenta desenvolvimento geomorfológico análogo à Depressão Belorizontina, com relevo variando de 700 a 900 m, perfil dendrítico de drenagens e colinas de topo plano a arqueado, com encostas côncavas e convexas. Sua ocupação urbana, ao contrário, é incipiente. Já a região do Bambuí/Carste apresenta relevo com elevações de 700 a 850 m, levemente ondulado, altamente permeável

e com típicas formas cársticas desenvolvidas em regiões tropicais (AULER, 1994, in REIS JUNIOR, 2016). Destaca-se a Depressão de Mocamboiro, com cotas inferiores a 700 m, que divide o domínio em dois planaltos, Leste e Oeste, onde são comuns paredões, dolinas, torres, maciços e verrugas lapiezadas. Tanto os planaltos como a Depressão de Mocamboiro desenvolveram-se sobre as rochas argilo-carbonáticas do Grupo Bambuí (Capítulo 3). O entorno desses planaltos é formado por terrenos sedimentares recentes e fluviais e terreno ígneo-metamórfico. Por fim, a Depressão Belorizontina desenvolve-se sobre terrenos granito-gnáissicos do Complexo Belo Horizonte (Ver Capítulo 3), formando colinas de topos planos a arqueados, de encostas côncavo-convexas e cotas entre 800 e 900 m. Seu padrão dendrítico de drenagens forma vales abertos e assoreados. Essa é a porção com maior grau de ocupação da RMBH, com extensa área urbanizada pelas cidades mais populosas.

O Domínio do Quadrilátero Ferrífero (área 5 – Figura 2.1), que inclui a sequência de serras no limite sul da capital (Serra do Curral), é caracterizado por colinas, vales fechados em forma de V, e vertentes côncavas, convexas, íngremes e por vezes retilíneas (SILVA & SOUZA 2009). Marrent & Salgado (2010) destacam as unidades de relevo desse domínio, observando ainda a intrínseca relação entre o relevo e o domínio geológico. Assim, no Quadrilátero Ferrífero os planaltos foram moldados sobre litotipos mais resistentes, e as depressões sobre rochas mais susceptíveis às denudações. As altitudes da Serra da Piedade, por exemplo, superam os 1700 m, uma das maiores elevações da RMBH. Suas vertentes são de alta declividade, sobre arcabouço formado por itabiritos sotopostos por xistos e filitos.

O Domínio do Espinhaço Meridional (área 3 – Figura 2.1) está associado ao Planalto do Espinhaço Meridional, mais especificamente na Serra do Cipó, região das nascentes do Rio Cipó, no nordeste da RMBH (SAADI, 2013). É um domínio de serras quartzíticas, com cristas, escarpas e vales profundos, tendo suas bordas escarpadas, sendo a principal escarpa de direção NNW-SSE, paralela aos principais cursos d'água (SAADI, 2013). Seu relevo tem média de elevação de 1200 m, com cotas que superam os 1700 m na região de Nova União à Baldim, onde dominam o relevo colinoso e de serras alongadas, com vales bem encaixados e padrão retangular de drenagens (TULLER *et al.*, 2010).

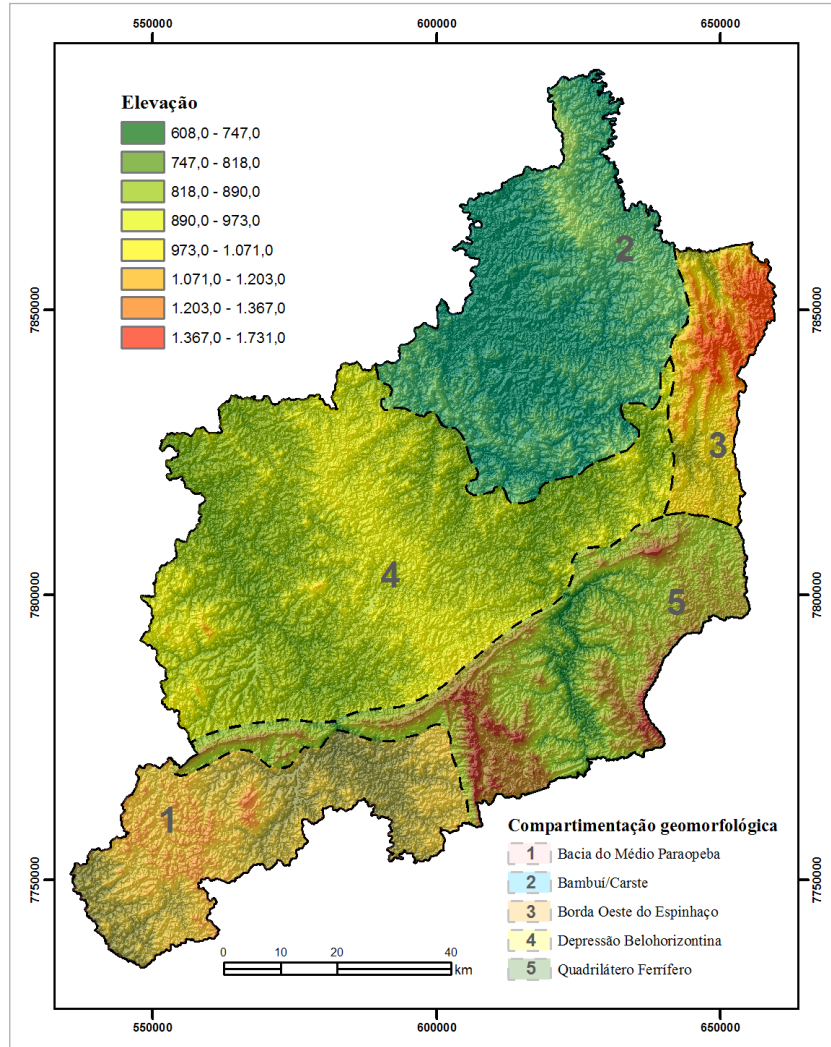


Figura 2.1 - Compartimentos Geomorfológicos da RMBH e suas subdivisões. Baseado em Reis Junior (2016).

2.3. INFRAESTRUTURA

O principal meio de transporte da RMBH é o rodoviário, constituído por estradas municipais, estaduais e federais. As vias mais importantes são: BR-040 que corta de SE a NW a região, ligando Rio de Janeiro-RJ a Brasília-DF; BR-381 que vai de E a SW, e liga Vitória-ES a São Paulo-SP, passando também pela região do Vale do Aço; BR-262 que vai de Belo Horizonte-MG em direção à região do Triângulo Mineiro. Todas essas rodovias passam por Belo Horizonte (Figura 2.2).

O caráter centralizador da capital faz com que o fluxo ocorra em direção ao centro urbano, criando gargalos rodoviários, potencializados nos horários de pico. Esses gargalos são atenuados pela construção de trincheiras, viadutos, elevados e túneis, além de faixas preferenciais para o sistema de transporte público da cidade conhecido como MOVE. Para os fluxos de saída da metrópole, as alternativas terrestres são as grandes rodovias estaduais ou federais.

Os dois principais eixos de crescimento imobiliário da RMBH são congruentes com os eixos de expansão da própria capital: as direções oeste e norte a partir de seu hipercentro, conforme ilustrado na Figura 2.3. A direção de crescimento imobiliário de alta renda tem duas direções principais: região de Lagoa Santa e Confins, a norte; e de Nova Lima, a sul. Já a de baixa renda cresce em direção à Betim-Contagem e Ribeirão das Neves, e para Sabará em menor proporção. O mercado informal de autoconstrução tem crescido em direção a noroeste, em direção à Esmeraldas.

Essa expansão pode entrar em atrito direto com a disponibilidade de insumos minerais para a construção civil, uma vez que os principais vetores de crescimento observados coincidem com os maiores polos de produção de insumos minerais para construção civil da RMBH, como por exemplo, o polo de areia em Esmeraldas e de calcário de Pedro Leopoldo. Políticas de planejamento urbano devem ser definidas levando em consideração tais atritos.

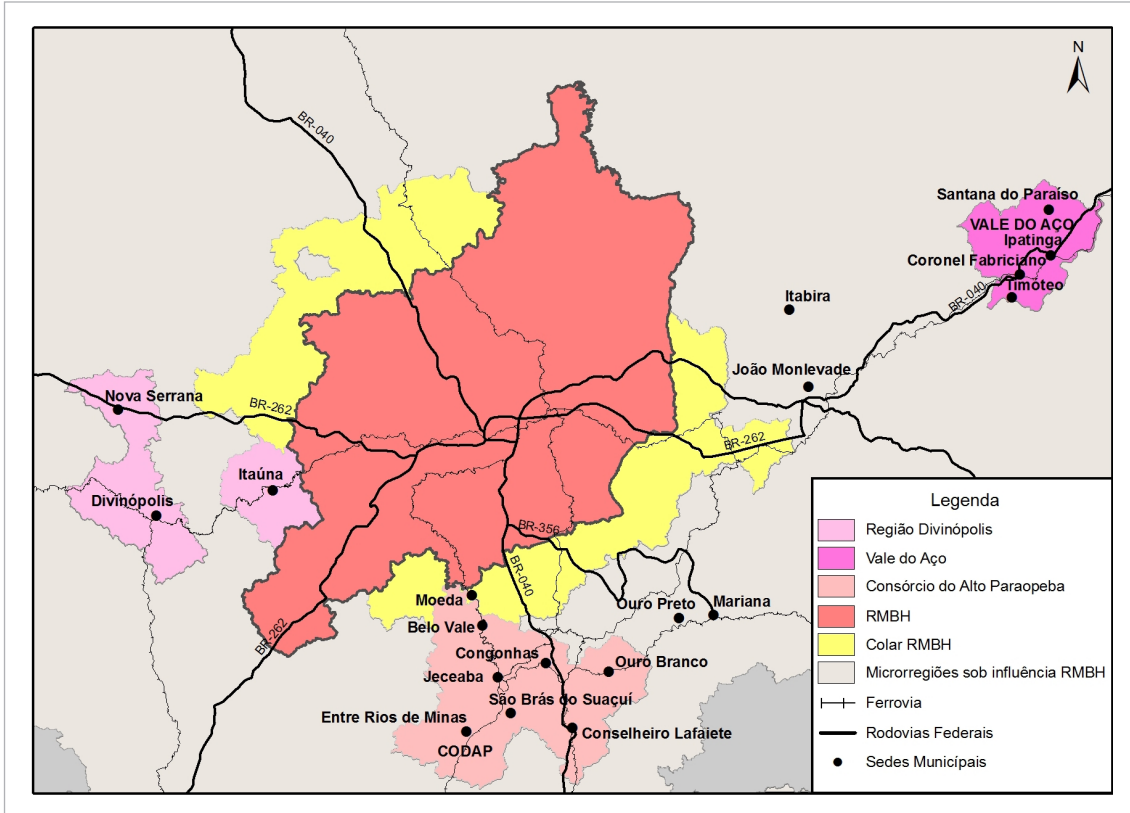


Figura 2.2 - Conexões rododiferroviárias da RMBH. Retirado do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte (UFMG, 2011).

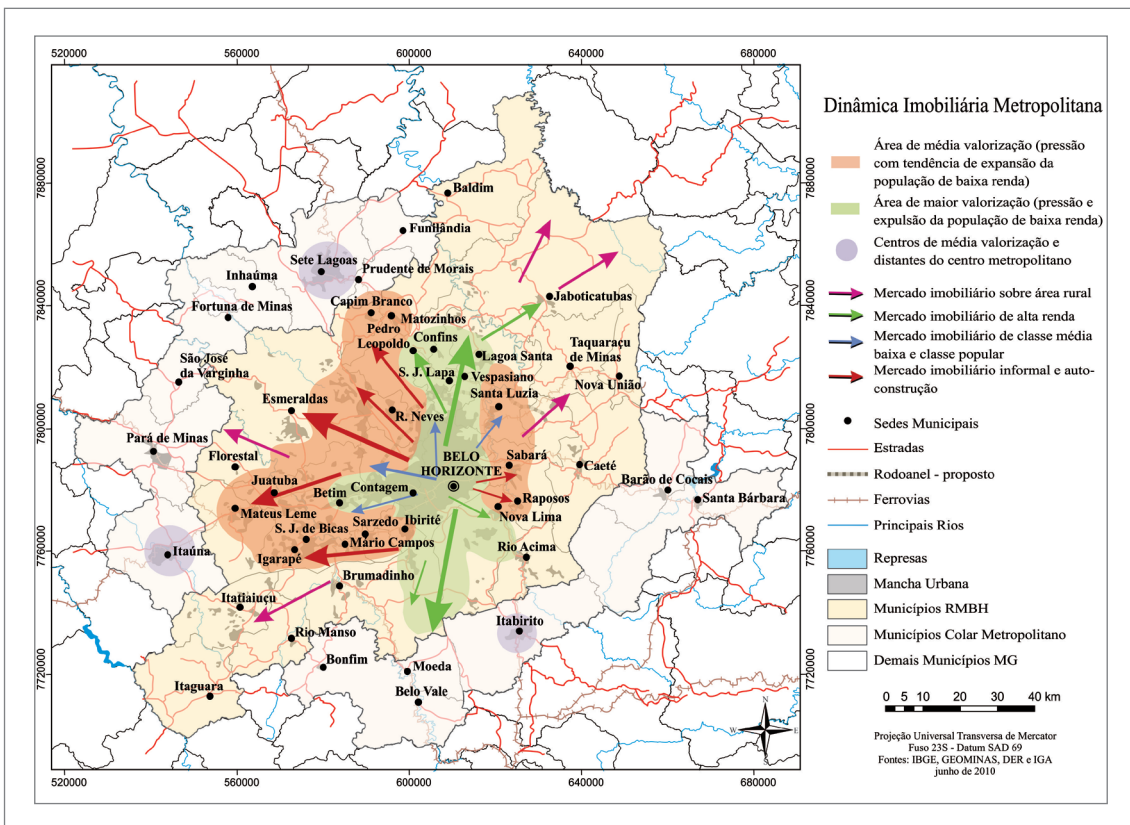


Figura 2.3 - Expansão imobiliária, de acordo com os dados do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da RMBH (UFMG, 2011).

O sistema ferroviário é basicamente utilizado para o transporte de cargas, como minério de ferro para exportação, ou de outros materiais industriais consumidos na RMBH. O transporte de passageiros em Belo Horizonte conta com um incipiente serviço de trem urbano, gerenciado pela Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU). Esse sistema utiliza trecho de uma das quatro linhas originais projetadas nos anos 1970 para a capital. Belo Horizonte ainda não conta com sistema de metrô subterrâneo. A Estrada de Ferro Vitória-Minas (EFVM) é remanescente do transporte ferroviário de passageiros de longa distância por trens da RMBH dos anos 1970.

Para transportes aéreos, a RMBH conta com o Aeroporto Internacional Tancredo Neves, na cidade de Confins. Este aeroporto conecta-se ao centro da capital pela rodovia MG-10, distanciados por aproximadamente 40 km. Outro aeroporto em funcionamento, este doméstico,

é o Aeroporto Carlos Drummond de Andrade, na região da Pampulha. Não há uso de transporte fluvial na RMBH de pessoas ou de carga. Isso se deve à natureza das drenagens da região, dificilmente navegáveis por percursos médios a longos.

As perspectivas futuras de interligação da RMBH são muito mais ambiciosas para os eixos metroferroviários. Segundo o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da RMBH, para uma verdadeira integração metropolitana é necessária à expansão desses meios de transporte. Assim, para o ano de 2050, é projetada a conclusão de todas as obras de trens e metrôs relevantes, inclusive com conexão com o Aeroporto Internacional de Confins. Essas obras demandarão uma enormidade de materiais de construção na RMBH, tanto na criação de novos trechos de rodovias e ferrovias, como na recuperação de trechos antigos, abandonados por décadas (Figura 2.4).

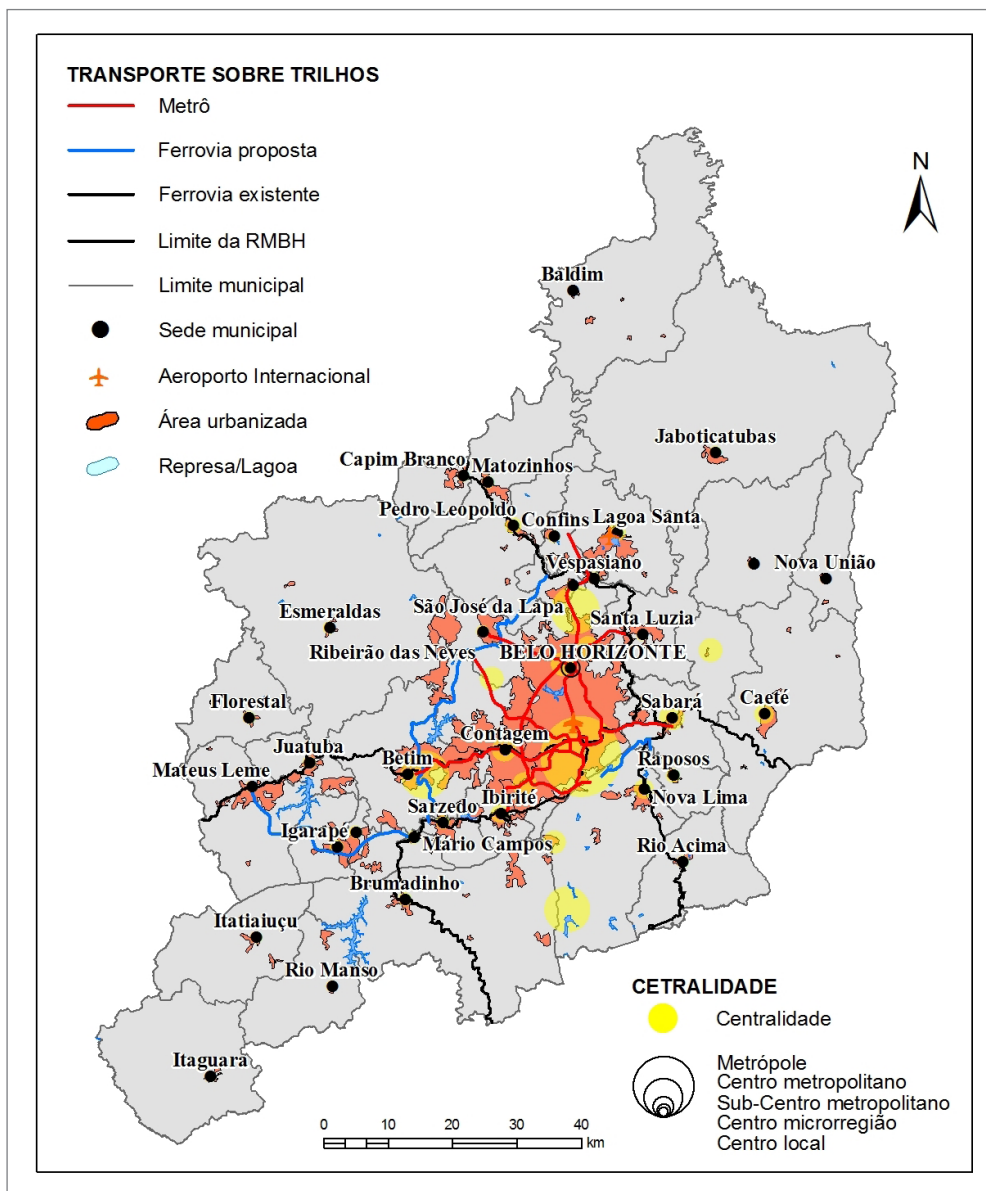


Figura 2.4 - Panorama da estrutura de transportes da RMBH para 2050 (UFMG, 2011).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho demandado para a criação desse informe envolveu a compilação e a consistência de dados, levantamentos de campo e análises laboratoriais.

3.1. COMPILAÇÃO DE DADOS E CONSISTÊNCIA

Os levantamentos bibliográficos realizados indicaram como principais referências a Série Rochas e Minerais Industriais da CPRM, além de trabalhos do CETEM, Sumários Minerais do DNPM e levantamentos geológicos realizados pela CPRM (e.g. folhas Belo Horizonte e Sete Lagoas). Alguns materiais que tratavam do setor mineral como um todo (exemplo do Atlas de Recursos Minerais do Estado de Minas Gerais, publicado em 1982 pela METAMIG) ajudaram na busca por áreas potenciais catalogadas e não exploradas até o momento.

Foram compilados mais de 4000 pontos ou locais de interesse. Após a consistência em escritório, foram selecionados 400 locais para conferência em campo.

3.2. ETAPAS DE CAMPO E AMOSTRAGEM

Durante as atividades de campo foi realizado o reconhecimento da geologia, checadas e catalogadas as extrações e descritas as tipologias de cada depósito. Foram coletadas ainda amostras para realização de estudos petrográficos, análises químicas e ensaios tecnológicos (de granito/gnaiss, calcário, areia e argila). Os objetivos das análises foram atestar a qualidade desses materiais para o uso na construção civil, ou mesmo para usos mais nobres (rocha ornamental, revestimento, indústria refratária, etc.).

3.3. ANÁLISES QUÍMICAS

Em pontos de recursos minerais de calcário, foram coletadas amostras para análises químicas a fim de avaliar o potencial para a indústria de cimento. Estas análises foram realizadas no laboratório da SGS GEOSOL, seguindo os seguintes procedimentos para a preparação. As amostras passaram por secagem, britagem e posterior pulverização a 150 mesh (0,106 mm). Os métodos analíticos utilizados foram Fluorescência de Raios-X com fusão por Metaborato de Lítio, para determinação dos elementos maiores e ICP-OES/MS por digestão multiácida

(1HCl/1HNO₃/1HF/1HClO₄) para determinação dos elementos traços.

3.4. ENSAIOS TECNOLÓGICOS

Os ensaios tecnológicos foram realizados preferencialmente em indústrias ativas ou recentemente desativadas.

3.4.1. Areia

Foram analisadas 8 amostras de 25 kg no Laboratório de Sedimentologia da CPRM da Superintendência Regional de Porto Alegre – RS.

3.4.1.1. Análise granulométrica

As amostras foram inicialmente quarteadas separando-se uma alíquota pesando entre 1 a 2 Kg para secagem em estufa a 60°C. Depois de secas as amostras foram desagregadas em almofariz e a seguir foram peneiradas no agitador de peneiras Bertel, segundo as especificações da ABNT NBR 7211, norma brasileira para agregados para concreto. As malhas de peneiras utilizadas foram 2, 4, 8, 16, 30, 50, 100 mesh. As frações retidas nas peneiras foram pesadas e anotados os respectivos pesos para confecção dos laudos.

3.4.1.2. Análise mineralógica

O estudo mineral de cada amostra teve início em uma microbateria de laboratório para separar os minerais pesados dos leves e verificar e quantificar a presença de minerais raros de altíssima densidade, como ouro, por exemplo.

Posteriormente, a amostra foi seca em estufa a 60 °C e, após secar, foi submetida à luz ultravioleta por meio do *mineral light*, com objetivo de determinar os minerais que emanam luminescência como propriedade física. Após esse procedimento, os concentrados foram submetidos a um fracionamento magnético, inicialmente por meio de imã de mão, para separar os minerais magnéticos. Os demais minerais foram separados no Separador Isodinâmico Frantz. Por convenção da CPRM, foram obtidas alíquotas das amostras nas frações 0,3, 0,5 e 0,75 amperes, considerando-se a porção não atraída da última amperagem como a fração não magnética.

O concentrado preparado foi analisado em lupa binocular e microscópio petrográfico para identificação mineral pelas propriedades físicas e também com ensaios microquímicos. Uma vez identificados os minerais, as frações foram avaliadas de forma semi-quantitativa com o uso do diagrama de teores de percentagem.

3.4.2. Brita e blocos de rocha

Foram selecionadas 45 amostras de rocha para confecção de lâmina petrográfica e 10 amostras (5 de brita e 5 de blocos de rocha) para realização de ensaios tecnológicos.

3.4.2.1. Descrição petrográfica

A confecção de lâminas delgadas foi realizada na litoteca do SGB/CPRM em Caeté (LAMIN-CAETÉ). Foram descritas 45 lâminas delgadas polidas. A caracterização petrográfica foi realizada com base na norma ABNT NBR 7389.

A partir da caracterização petrográfica das rochas, pôde-se avaliar a presença de constituintes do agregado suscetíveis a reações com os álcalis do cimento e seu percentual. A análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do concreto foi executada com base na norma ABNT NBR 15577-3 (2008).

3.4.2.2. Caracterização tecnológica de agregados graúdo

As amostras de brita e de blocos de rocha foram analisadas no CETEM – Núcleo Regional do Espírito Santo (Cachoeira de Itapemirim – ES). Foram realizadas análises de caracterização tecnológica em agregados rochosos (brita e blocos) para aplicação na construção civil.

A homogeneização e quarteamento das amostras foram feitas na usina piloto do NR-ES/CETEM, seguindo as diretrizes da norma ABNT NBR NM 27:2001.

Para a caracterização tecnológica das amostras de brita (5 amostras), foram utilizadas as seguintes metodologias:

- Ensaio de abrasão “Los Angeles” (ABNT NBR NM 51, 2001);
- Determinação de perda ao choque no aparelho Trenton (DNER-ME 399, 1999);
- Determinação do índice de forma pelo paquímetro (ABNT NBR NM 7809, 2008);
- Determinação de massa unitária e volume de vazios (ABNT NBR NM 45, 2006);
- Determinação de massa aparente e absorção de água (ABNT NBR NM 53, 2009);
- Determinação da resistência ao esmagamento de agregados graúdos (ABNT NBR 9938, 2013).

Já para caracterização dos parâmetros físicos dos blocos de rocha (5 amostras), foi utilizado o ensaio de Determinação da densidade aparente, porosidade aparente e absorção d’água (ABNT NBR 15845-2, 2015).

4. CONTEXTO GEOLÓGICO

A área da RMBH encontra-se inserida, em sua maior parte, dentro do domínio sul-sudeste do Cráton do São Francisco (ALKMIM & TEIXEIRA, 2017) (Figura 4.1a), além de uma pequena parte a sudeste na porção do Quadrilátero Ferrífero afetada pela deformação brasileira (Figura 4.1b). O substrato geológico que compõem a região permite a identificação de bens minerais associados a unidades geológicas diversificadas, desde arqueanas até depósitos sedimentares inconsolidados recentes.

A RMBH é composta basicamente por complexos granito-gnáissicos do embasamento paleo a neoarqueano, seqüências supracrustais representadas pelos supergrupos Rio das Velhas, Minas, Espinhaço e São Francisco,

além de sedimentos recentes inconsolidados (Figura 4.1b) (PINTO & SILVA, 2014).

O embasamento arqueano abrange boa parte da região e é composto pelos complexos metamórficos de Belo Horizonte (Bh), na porção central, e Bonfim (Bf) e Divinópolis (Di), a sudoeste (RENGER *et al.*, 1994). Esses complexos abrangem terrenos granito-gnáissicos de idade paleo a neoarqueana.

4.1. COMPLEXO METAMÓRFICO BELO HORIZONTE

O Complexo Metamórfico Belo Horizonte (Bh) ocupa uma faixa central da RMBH, limitado a sul pela Serra do Curral, e a norte é encoberto pelo Supergrupo São

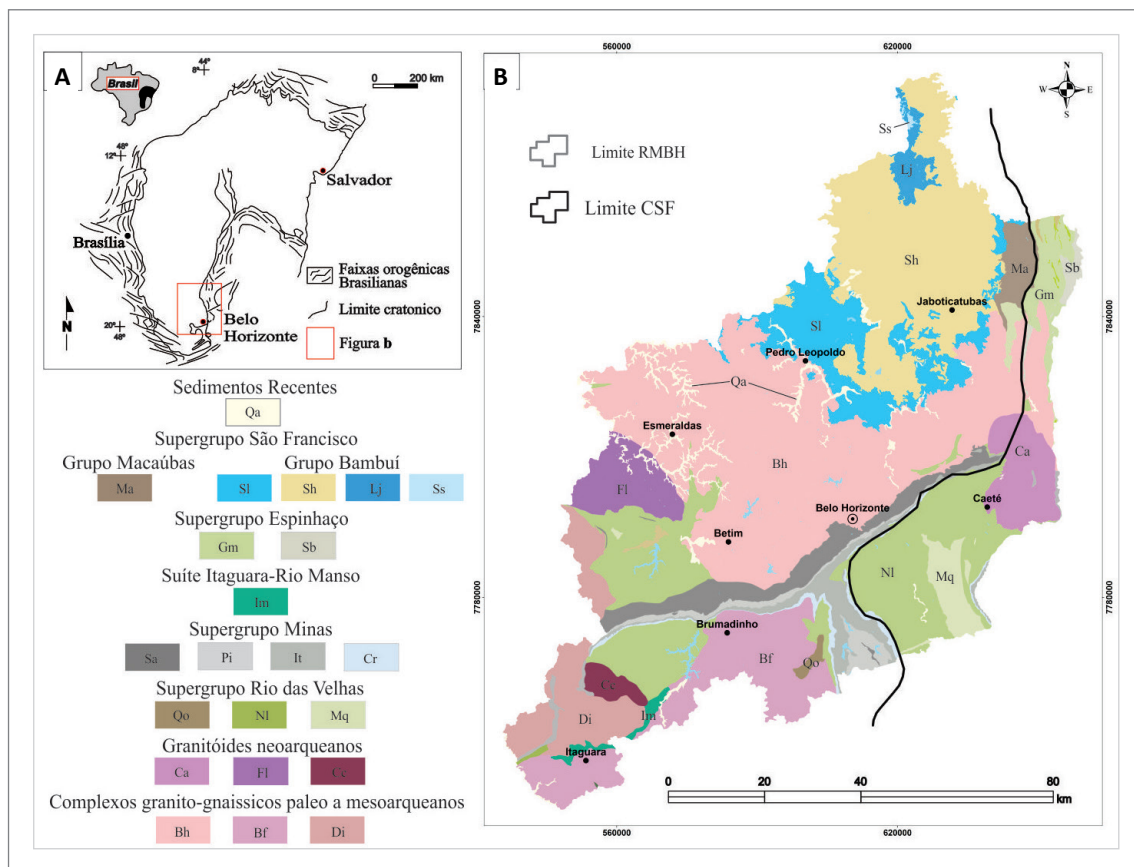


Figura 4.1 - Contexto geológico regional. A – Localização da área sob o contexto do Cráton São Francisco (ALKMIM & TEIXEIRA, 2017); B - Mapa geológico simplificado da RMBH (PINTO & SILVA, 2014). Siglas: Bh = Complexo Belo Horizonte; Bf = Complexo Bonfim; Di = Complexo Divinópolis; Ca = Complexo Caeté; Fl = Granitoide Florestal; Cc = Gnaisse Cachoeira dos Chaves; Qo = Grupo Quebra Osso; Ni = Grupo Nova Lima; Mq = Grupo Maquiné; Cr = Grupo Caraça; It = Grupo Itabira; Pi = Grupo Piracicaba; Sa = Grupo Sabará; Im = Suíte Itaguara-Rio Manso; Sb = Grupo Sopa-Brumadinho; Gm = Grupo Galho do Miguel; Ma = Grupo Macaúbas; Sl = Formação Sete Lagoas; Sh = Formação Serra da Santa Helena; Lj = Formação Lagoa do Jacaré; Ss = Formação Serra da Saudade; Qa = Sedimentos recentes.

Francisco (Figura 4.1b). Tal complexo é composto predominantemente por gnaisses bandados e por corpos graníticos, que compõem plutons e batólitos (e.g. Caeté, General Carneiro, Florestal).

Os gnaisses apresentam estrutura bandada a migmatítica, coloração cinza e granulação média, comumente contendo enclaves máficos. Possuem composição trondhjêmica, característica dos tipos TTG arqueanos (NOCE *et al.*, 1998). Em termos petrográficos variam entre ortognaisses graníticos, granodioríticos, tonalíticos e monzograníticos. Os gnaisses do Complexo Belo Horizonte apresentam idades (U-Pb TIMS em zircão) de cristalização de 2.860 ± 14 Ma (NOCE *et al.*, 1998). Na RMBH, a unidade gnáissica caracteriza-se por elevado grau de intemperismo, o que origina um relevo arrasado, aflorando raramente em escarpas, lajedos e, mais eventualmente como pequenos morros tipo “pão de açúcar”. O elevado grau de alteração origina um solo argilo-arenoso, e em níveis saprolíticos formam saibro rosa a esbranquiçado. (BRANDALISE & HEINECK, 2000).

Corpos graníticos intrusivos no Complexo Belo Horizonte distribuem-se por toda unidade. São representados na área da RMBH pelos plutons e/ou batólitos de Caeté (Ca), Florestal (Fl), Santa Luzia, General Carneiro e Ibirité (Figura 4.1b e Anexo I).

O Granodiorito Caeté (Ca) é composto por granitos a gnaisses de composições tonalíticas, granodioríticas e graníticas. Geralmente são leucocráticos, de granulação média a grossa, localmente porfiríticos, e apresentam diferentes graus de milonitização e gnaissificação (BRANDALISE & HEINECK, 2000). Análises U-Pb em zircão indicaram idades de cristalização de 2.776 ± 7 Ma para tonalitos da borda oeste do corpo (MACHADO *et al.*, 1992).

O Granitoide Florestal (Fl), a noroeste da capital mineira, é composto por granodioritos a granitos leucocráticos, podendo conter termos a duas micas. Predominam rochas de granulação média a grossa e algumas fácies porfiríticas. Uma idade de cristalização (U-Pb) de 2.593 ± 18 Ma foi obtida por (ROMANO, 2007), ao passo que novas análises U/Pb (LA-ICP-MS) forneceram idades de cristalização entre 2.755 e 2.700 Ma (ROMANO *et al.* 2013).

O Granito de Santa Luzia aflora na região da cidade homônima, onde forma relevos tipo pão-de-açúcar (BRANDALISE & HEINECK, 2000). É composto por leucogranito de granulação grossa, comumente porfirítico, foliado a bandado. Possui idade (U-Pb-TIMS) de 2.712 ± 5 Ma (NOCE *et al.*, 1998).

O Granitoide de General Carneiro aflora ainda dentro da cidade de Belo Horizonte, na região leste da cidade e mostra relevo realçado, do tipo pão-de-açúcar (BRANDALISE & HEINECK, 2000). É composto por granito leucocrático a mesocrático, o qual exhibe granulação média

a grossa e textura maciça a porfirítica. Possui idade de 2.700 ± 8 Ma (U-Pb LA-ICP-MS), interpretada como de cristalização magmática (ROMANO *et al.*, 2013).

O Granito Ibirité aflora na região da cidade de Ibirité, a sudoeste de Belo Horizonte. É composto por leucogranito branco, maciço, de granulação média. É considerado o corpo mais jovem dos granitoides nearqueanos da região, com idade de cristalização em 2.698 ± 18 Ma (U-Pb-TIMS) (CHEMALE *et al.*, 1993).

As rochas do Complexo Belo Horizonte são as principais fontes de matéria prima para produção de brita e blocos na RMBH. Apresentam alto potencial geológico para esses bens minerais, especialmente nas regiões de Betim-Contagem e Santa Luzia. Essas mesmas rochas, quando muito intemperizadas, também são utilizadas para obtenção de saibro e areia residual. Esse tipo de extração é amplamente utilizado na região de Esmeraldas.

4.2. COMPLEXO DIVINÓPOLIS

O Complexo Divinópolis (Di) ocorre na porção W-SW da RMBH (Figura 4.1b) e representa um conjunto de ortognaisses e corpos granitoides intrusivos que ocorrem a oeste da faixa de rochas do Supergrupo Rio das Velhas, expostas entre os municípios mineiros de Pitangui, Mateus Leme, Itaúna e Divinópolis. Por meio dos mapeamentos desenvolvidos pela CPRM e universidades, o complexo foi subdividido em diferentes domínios gnáissicos e corpos granitoides intrusivos (CARNEIRO *et al.*, 2007; BRAGA *et al.*, 2013). Assim, dentro da RMBH destacam-se os gnaisses Cláudio e Itapeçerica e os plutons nearqueanos da Suíte Intrusiva Mato Dentro e do Tonalito Itaúna. As unidades estão individualizadas no mapa geológico do projeto (Anexo I).

O Gnaiss Cláudio é composto por rochas anisotrópicas, leuco a mesocráticas, de cor cinza e granulação fina a grossa. Tais rochas exibem bandas máficas e félsicas, com as bandas máficas sendo compostas por biotita, piroxênio e anfibólio; e as félsicas compostas por quartzo, k-feldspato e plagioclásio (CARNEIRO *et al.*, 2007). Possuem variações texturais relevantes, especialmente os fenocristais de k-feldspato, que conferem características pegmatoides à textura de alguns litotipos dessa unidade. Subordinadamente ocorrem granitoides isotrópicos, de cor cinza, granulação fina a média, constituídos por plagioclásio, quartzo, K-feldspato, biotita e anfibólio (CARNEIRO *et al.*, 2007).

O Gnaiss Itapeçerica é caracterizado, essencialmente, por rochas anisotrópicas, bandadas, faneríticas, mesocráticas, de cor rosada e, mais raramente, acinzentada. As bandas félsicas apresentam granulação média a grossa e são formadas por k-feldspato, plagioclásio e quartzo. As bandas máficas são definidas pela presença de biotita (CARNEIRO *et al.*, 2007).

A Suíte Intrusiva Mato Dentro é composta por granitoides biotíticos de granulação grossa, intrusivos nos gnaisses do Complexo Divinópolis. Tais rochas foram datadas pelo método U-Pb em zircões em 2.755 ± 14 Ma, nas imediações da cidade de Mateus Leme, que está contida na RMBH (ROMANO, 2007).

O Tonalito Itaúna é composto por rochas de cor cinza escura, migmatíticas, com frequentes enclaves máficos *boudinados* e rompidos. Tais rochas apresentam composição modal tonalítica e textura granular a granoblástica orientada, podendo ser classificado como biotita tonalito ou hornblenda tonalito (PERILLO, 2000).

As rochas do Complexo Divinópolis possuem alto potencial para matéria prima para produção de brita e blocos de rocha, areia residual e saibro. Porém não foi identificada nenhuma extração dessas substâncias na área da RMBH.

4.3. COMPLEXO BONFIM

O Complexo Bonfim (Bf) ocupa a porção sudoeste da RMBH, a oeste do Quadrilátero Ferrífero, entre as cidades de Brumadinho e Bonfim (Figura 4.1b). Esse complexo, na região, engloba os gnaisses Alberto Flores e Souza Noschese, granitoides potássicos neoarqueanos (LANA *et al.*, 2013; ROMANO *et al.*, 2013), além da Suíte Samambaia-Bom Sucesso, Anfibolito Candeias e do Complexo Piracema-Passa Tempo (Anexo I).

O Gnaiss Alberto Flores corresponde à unidade mais antiga do Complexo do Bonfim. É composto por gnaisses tonalíticos bandados, com foliação milonítica, de cor cinza. São rochas equigranulares, de granulação média a grossa, e compostas essencialmente por plagioclásio, microclina, quartzo e biotita, onde esta última pode aparecer substituída pela clorita (CARNEIRO, 1992). A idade de cristalização (U-Pb-TIMS em zircão) é de 2.920 ± 5 Ma (MACHADO & CARNEIRO, 1992).

O Gnaiss Souza Noschese é representado por rochas bandadas de coloração cinza e granulação média. Esses gnaisses são compostos por quartzo, feldspato, biotita e mais raramente moscovita e biotita (CARNEIRO, 1992).

O Anfibolito Candeias contém rochas melanocráticas, de granulação média e textura granonematoblástica, caracterizada por alternância de hornblenda e plagioclásio, apresentando composição essencialmente basáltica (CARNEIRO, 1992). Afloram como diques bem preservados de espessura variada, intrusivos no Tonalito Samambaia.

A Suíte Samambaia-Bom Sucesso agrupa o Tonalito Samambaia, Granito Brumadinho, Trondhjemito Babilônia e Granito Bom Sucesso (CAMPOS, 2004). O Tonalito Samambaia é formado por rochas leucocráticas, com cores variando de cinza clara a cinza, de

granulação média a grossa, exibindo texturas ígneas bem preservadas, mas podem também exibir texturas miloníticas (CARNEIRO, 1992).

O Granito Brumadinho é composto por rochas cinza claras, faneríticas, xenomórficas ou aplíticas, equigranulares, de granulação fina. São constituídas por microclina, plagioclásio, quartzo e biotita, onde clorita e epidoto aparecem como minerais secundários, e zircão, titanita e apatita, como acessórios (CARNEIRO, 1992). Afloram essencialmente em forma de diques, que podem ocorrer dobrados, com espessura variada, encaixados nos Gnaisses Alberto Flores ou nos Tonalitos Samambaia.

O Granito Bom Sucesso corresponde a um plúton composto por dois litotipos principais: um cinza claro, de granulação média, de composição monzogranítica a sienogranítica, e outro, também cinza claro, às vezes cinza azulado, de granulação mais grossa, e de composição monzogranítica (CAMPOS, 2004).

O Complexo Granito-Gnáissico Piracema-Passa Tempo ocorre em forma de corpos alongados na direção NE-SW, próximo as cidades homônimas. Compreende leucogranitos cinza a branco-esverdeados, intrusivos em gnaisses graníticos do tipo TTG. Possuem granulação fina a média e são maciços a foliados. Apresentam composição granítica a granodiorítica com presença de biotita e granada e, ocasionalmente, piroxênio e anfibólio (SILVA & BALTAZAR, 2013).

Assim como as rochas do Complexo Belo Horizonte, as litologias presentes no Complexo Bonfim possuem potencial para produção de brita e blocos, nas rochas frescas (alto potencial geológico), assim como de saibro e areia residual nos termos intemperizados (alto potencial geológico).

4.4. SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS

O Supergrupo Rio das Velhas representa uma associação vulcanossedimentar arqueana do tipo *greenstone belt* exposta no Quadrilátero Ferrífero (DORR, 1969; LOCZY & LADEIRA, 1976). Essa unidade ocorre principalmente na porção sul da RMBH, tendo como limitante para sua ocorrência a Serra do Curral, ao norte, e a Serra da Moeda, a oeste (RENGER *et al.*, 1994). Porém, na porção oeste da área, nas regiões de Mateus Leme e Itatiaiuçu, também ocorrem rochas representantes de *greenstones belts* correlacionadas a esse supergrupo (Figura 4.1b).

O Supergrupo Rio das Velhas é composto por três grupos, da base para o topo, Quebra-Osso, Nova Lima e Maquiné (DORR *et al.*, 1957; SCHORSCHER, 1979), que englobam rochas metaultramáficas, metavulcanossedimentares e metassedimentares químicas e terrígenas (BALTAZAR & ZUCCHETTI, 2007).

4.4.1. Grupo Quebra-Osso

O Grupo Quebra-Osso (Qo) compõe a unidade basal do *Greenstone belt* Rio das Velhas (SCHORSCHER, 1979). Representa uma associação de rochas metavulcânica-plutônica máfica a ultramáfica. As rochas ultramáficas são metakomatiitos peridotíticos, com finos níveis de formação ferrífera, estruturas almofadadas, cumulados de olivina, estruturas *spinifex*, metabrechas com matriz xistosa com talco e serpentina, metatufo e rochas piroclásticas (ZUCCHETTI *et al.*, 1996), que ocorrem maciças a foliadas (SCHORSCHER, 1979).

4.4.2. Grupo Nova Lima

O Grupo Nova Lima (NI) tem área tipo na região da cidade homônima, dentro do Quadrilátero Ferrífero (GAIR, 1962). É composto principalmente por xistos verdes metasedimentares e metavulcânicos, e intercalações de filito, quartzito, metagrauvaca, dolomito e formação ferrífera (BALTAZAR *et al.*, 2005).

Trata-se de um grupo com relações estratigráficas e estruturais complexas, o que torna difícil a correlação com outras unidades. Foi proposta a subdivisão estratigráfica informal para o grupo no interior do QF em doze unidades: Ouro Fino, Morro Vermelho, Santa Quitéria, Ribeirão Vermelho, Mestre Caetano, Mindá, Córrego do Sítio, Catarina Mendes, Fazenda Velha, Córrego da Paina, Pau D'Óleo e Andaimés (ZUCCHETTI & BALTAZAR, 2000).

4.4.3. Grupo Maquiné

No topo do Supergrupo Rio das Velhas, acima da sequência do Grupo Nova Lima, ocorre o Grupo Maquiné (Mq) (DORR *et al.*, 1957), composto pelas formações Palmital e Casa Forte.

A Formação Palmital também é dividida em unidades informais: Rio de Pedra e Andaimés (BALTAZAR & SILVA, 1996). É composta por quartzitos que transicionam para quartzo-sericita xisto (às vezes, carbonoso), com protólitos de arenito, grau-vaca e pelito argilo-carbonoso (ZUCCHETTI & BALTAZAR, 2000).

A Formação Casa Forte é composta por quartzito sericítico, metaconglomerado polimítico, sericita xisto e sericita-quartzo xisto com estratificação cruzada (DORR, 1969; BALTAZAR & SILVA 1996; ZUCCHETTI & BALTAZAR, 2000; BALTAZAR & ZUCCHETTI, 2005). Essa formação foi dividida, da base para o topo, em quatro unidades informais, sendo elas Chica Dona, Jaguará, Córrego do Engenho e Capanema (BALTAZAR & SILVA, 1996).

4.5. SUPERGRUPO MINAS

O Supergrupo Minas aflora nos topos das serras que compõem o Quadrilátero Ferrífero e em algumas regiões do seu entorno, como a nordeste, na região de Itabira, e sudoeste, nas serras de Itatiaiuçu e Jeceaba-Bom Sucesso (Figura 4.1b). Ocorre sobreposto ao Supergrupo Rio das Velhas e é composto por metassedimentos clasto-químicos de margem passiva (DORR, 1969; RINGER *et al.*, 1994). As bases da estratigrafia do Supergrupo Minas foram estabelecidas pelos trabalhos de Dorr *et al.* (1957) e Dorr (1969). Outros trabalhos mais recentes sintetizam e atualizam a estratigrafia dessa região (*e.g.* ALKMIM, 1985; ALKMIN & NOCE, 2006; ALKMIM & TEIXEIRA, 2017).

Atualmente admite-se que tal supergrupo é composto por 4 grupos: Caraça, Itabira e Piracicaba e Sabará (ALKMIM & TEIXEIRA, 2017).

4.5.1. Grupo Caraça

O Grupo Caraça (Cr) é composto por duas formações, Moeda e Batatal. Porém, em muitos locais ainda é cartografado como indiviso (*e.g.* na Serra do Curral).

A Formação Moeda é composta predominantemente por quartzitos com níveis e camadas subordinados de metaconglomerado polimítico com matriz arenosa, interpretados essencialmente como aluviais (DORR, 1969). Esses conglomerados são conhecidos por hospedarem mineralizações tipo *paleoplacer* de Urânio e Ouro.

Os quartzitos e conglomerados gradam lateralmente e para cima para depósitos marinhos representados por pelitos com lentes de *chert* e dolomitos pertencentes à Formação Batatal, marcando um processo de transgressão marinha (DORR, 1969; RINGER *et al.*, 1994, 1998).

4.5.2. Grupo Itabira

A transgressão marinha iniciada na deposição do Grupo Caraça tem sua continuação marcada pela deposição dos sedimentos marinhos químicos das formações Cauê e Gandarela, do Grupo Itabira (It) (ALKMIM & TEIXEIRA, 2017).

A Formação Cauê é composta por formações ferríferas bandadas (BIFs), com porções silicosas e dolomíticas. Subordinadamente ocorrem filito sericítico, filito dolomítico e mármore, além de raras ocorrências de rochas vulcânicas e piroclásticas máficas e félsicas (SUCKAU *et al.*, 2005). Essas unidades ocupam os topos das principais serras que compõem o Quadrilátero Ferrífero, e também hospedam as principais jazidas de ferro da região.

A Formação Gandarela é composta por mármore dolomítico e calcítico (localmente estromatolíticos), com raras intercalações de metapelito, formação ferrífera bandada e brecha intraformacional (DORR, 1969).

4.5.3. Grupo Piracicaba

O Grupo Piracicaba (Pi) está posicionado sobre o Grupo Itabira (DORR, 1957), e é constituído por rochas metassedimentares clásticas (metaconglomerado, quartzito, filito carbonoso e filito) e químicas (dolomito e finas lentes de formação ferrífera). A sedimentação se deu sobre superfícies discordantes e erosivas implantadas sobre o Grupo Itabira, em ambiente deltaico e marinho raso (DORR *et al.*, 1957; POMERENE, 1964; RENGER *et al.*, 1995). É composta pelas formações Cercadinho, Fecho do Funil, Taboões e Barreiro.

4.5.4. Grupo Sabará

A unidade mais jovem do Supergrupo Minas é o Grupo Sabará (Sa), separado das unidades mais antigas por uma inconformidade regional (ALKMIM & TEIXEIRA, 2017). É composto por metapelito, metadiamictito, metagrauvaca, ou micaxisto, xisto (com porfiroblastos de granada e estauroлита nas proximidades de intrusões graníticas), filito carbonoso e quartzito, em arranjo turbidítico, depositados em ambiente de leque submarinho (DORR, 1969; ALKMIM & NOCE, 2006).

4.6. SUÍTE ITAGUARA-RIO MANSO

A Suíte Itaguara-Rio Manso (Im) ocorre entre as cidades de Itaguara e Rio Manso na porção sudoeste da RMBH, em forma de faixa estreita e descontínua orientada na direção nordeste-sudoeste (Figura 4.1b). As rochas dessa suíte possuem composição ultramáfica e máfica, formadas principalmente por lherzolito, harzburgito, ortopiroxenito com ou sem olivina, hornblendito, gabronorito e gabro subordinados, metamorfisados em fácies anfibolito superior e retrometamorfisados na fácies xisto verde superior (GOULART & CARNEIRO, 2010).

Essa suíte é intrusiva em rochas do embasamento gnáissico e no Supergrupo Rio das Velhas e é cortada por diques básicos e granitoides (GOULART, 2006; GOULART & CARNEIRO, 2010). Amostras de rochas metamáficas mostraram idades (U-Pb) de 2.032 ± 14 Ma e 2.065 ± 22 Ma (GOULART & CARNEIRO, 2010).

Dentro da faixa de ocorrência da Suíte Itaguara-Rio Manso, ou próximo a ela, existem vários pequenos depósitos e ocorrências de argila sedimentar em planícies aluvionares. A abundância de depósitos possivelmente ocorre pelo intemperismo e erosão

das rochas máficas dessa suíte, e sedimentação em depósitos aluvionares.

4.7. SUPERGRUPO ESPINHAÇO

O Supergrupo Espinhaço, do Mesoproterozoico, tem pouca expressão na RMBH, ocupando apenas uma localidade no extremo nordeste da mesma, próxima a Serra do Cipó (Figura 4.1b) (RENGER *et al.*, 1994). Na região é representado pelas formações Galho do Miguel (Gm) e Sopa-Brumadinho (Sb), compostas predominantemente por quartzitos, e quartzitos associados à metaconglomerados e metapelitos, respectivamente. As rochas dessa unidade podem ser aproveitadas localmente (potencial geológico moderado) para a extração de areia diagenética de quartzito. Porém, dentro da RMBH não foi identificado esse tipo de extração.

4.8. GRUPO MACAÚBAS

Rochas do Grupo Macaúbas (Ma) afloram na região nordeste da RMBH, em uma pequena porção próxima a Serra do Cipó (Figura 4.1b). Nessa região, o grupo é separado em dois conjuntos de litofácies, um composto por xisto, formação ferrífera, metamáfica, metaultramáfica, calcissilicática e metadiamictito, e outra predominantemente por quartzitos (PINTO & SILVA, 2014).

4.9. GRUPO BAMBUÍ

O Grupo Bambuí cobre quase a totalidade das porções norte e nordeste da RMBH, em contato direto com os complexos basais (Figura 4.1b) (RENGER *et al.*, 1994). São rochas sedimentares de bacia intracratônica, depositadas sobre o embasamento (Cráton São Francisco).

O empilhamento estratigráfico do Grupo Bambuí é classicamente composto pelas formações Carrancas na base, seguida pelas Sete Lagoas, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré e Serra da Saudade (Figura 4.2).

Exposições economicamente interessantes para materiais de construção do Grupo Bambuí são representadas principalmente pelas ocorrências de calcários e dolomitos das formações Sete Lagoas e Lagoa do Jacaré. Os calcários, principalmente na região de Pedro Leopoldo, Lagoa Santa e Matozinhos, são muito utilizados pela indústria do cimento, enquanto os de outras regiões são usados apenas para produção de brita, e mais raramente como pedra de talhe.

4.9.1. Formação Sete Lagoas

A Formação Sete Lagoas (Sl) é constituída por rochas argilo-carbonáticas numa sequência composta por calcários, dolomitos, margas e pelitos

(DARDENNE, 1978). Aflora na porção norte da RMBH, principalmente nas regiões das cidades de Pedro Leopoldo e Lagoa Santa, em contato erosivo sobre o Complexo Belo Horizonte.

É composta por dois membros: Pedro Leopoldo, unidade inferior; e Lagoa Santa, superior (SCHÖLL, 1976). De forma geral, o membro inferior possui de 50 a 100 m de espessura, e no membro superior a espessura varia entre 100 e 150 m (GUACANEME MORA, 2015).

O Membro Pedro Leopoldo é constituído predominantemente por calcários cristalinos de granulação muito fina a microcristalina. São impuros, homogêneos, cinza claros, e compostos por calcita, sericita e quartzo, com ocorrências localizadas de sulfetos disseminados. Apresentam recristalização dos cristais de carbonato e foliação principal bem desenvolvida (VIEIRA *et al.*, 2018). Ocorrem também calcilitos e calcissiltitos em camadas tabulares delgadas e espessas, laminadas, contínuas e/ou lenticulares, podendo ocorrer siltito esverdeado, em parte clorítico, e intercalado numa disposição rítmica. Ocorrem ainda, calcarenito muito fino subordinado, calcário dolomítico, dolarenito, níveis de marga, esteiras microbianas, dolomitos, calcários cristalinos e calcários cristalinos impuros milonitizados (TULLER *et al.*, 2009).

O Membro Lagoa Santa caracteriza-se por calcários puros, cinza escuros, geralmente com granulometria mais grossa que o membro anterior, e ocorrem sulfetos disseminados pelas rochas. Esses calcários ainda exibem uma foliação bem marcada pela orientação de cristais de calcita, subparalela ao acamamento, lineação de

estiramento na superfície dos estratos, veios de calcita de espessuras milimétricas a centimétricas, porfiroclastos e dobras isoclinais a recumbentes com vergência para oeste (VIEIRA *et al.* 2018). É composto também de calcarenito fino a médio, calcilito, calcissiltito fino a grosso, esteira microbiana e construções estromatolíticas do tipo *gymnosolenides* (TULLER *et al.*, 2009). Na região mais deformada, estruturas primárias podem estar obliteradas e as rochas estão predominantemente dolomitizadas (TULLER *et al.*, 2009).

Os carbonatos mais puros da Formação Sete Lagoas são os principais alvos da indústria cimenteira. Esse mesmo tipo de calcário também é utilizado para a produção de brita e blocos de rocha usados na construção. Já os calcários impuros, com filmes argilosos, são utilizados para a produção de pedra de talhe.

4.9.2. Formação Serra de Santa Helena

A Formação Serra de Santa Helena (Sh) é caracterizada por sucessão sedimentar pelítica (COSTA & BRANCO, 1961), composta por folhelhos e siltitos cinzas a cinza esverdeados, que podem possuir lentes de calcário cinza escuro intercaladas a dois horizontes carbonatados (DARDENNE, 1978). Encontra-se sobreposta a Formação Sete Lagoas, em contato concordante e gradativo, representando o afogamento gradual da plataforma carbonática da formação anterior e a deposição de uma sucessão em ambiente marinho plataformar. Apresenta também contato gradacional com a Formação Lagoa do Jacaré (IGLESIAS & UHLEIN, 2009).

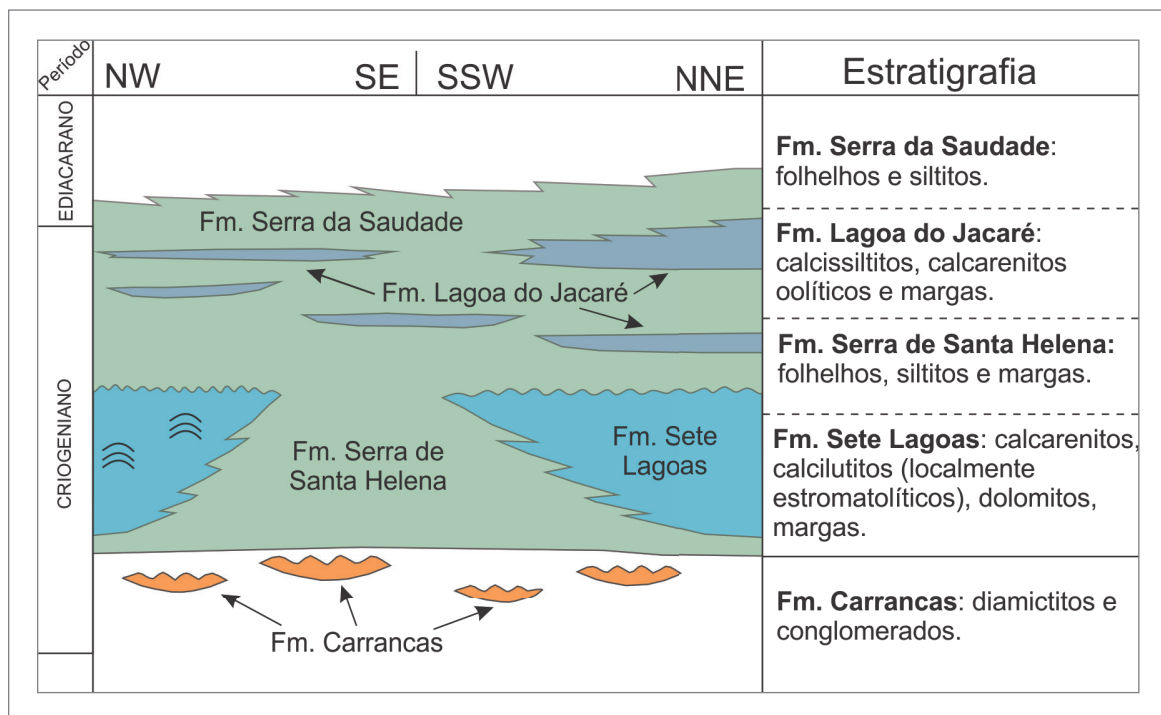


Figura 4.2 - Carta estratigráfica e principais litotipos do Grupo Bambuí (modificado de MARTINS & LEMOS, 2007).

Da base para o topo, tal unidade se caracteriza por uma sucessão de margas, finamente laminadas, que passam transicionalmente a siltitos finos, esverdeados, ricos em cristais de pirita, intercalados com lentes de calcário cinza e plaqueados. No topo da formação ocorrem siltitos cinza esverdeados, micáceos, finamente laminados e ricos em pirita. Os pelitos mostram estratificação, podendo aparecer também marcas de onda (*ripples marks*), com espessuras da ordem de 10 a 15 centímetros (IGLESIAS & UHLEIN, 2009). Apresentam também laminação caracterizada pela intercalação de espessas lâminas sericíticas e lâminas delgadas quartzosas. Apresentam crenulação e frequentes dobras fechadas a abertas (VIEIRA *et al.* 2018).

4.9.3. Formação Lagoa do Jacaré

A Formação Lagoa do Jacaré (Lj) é composta por alternância de calcários oolíticos e pisolíticos, cristalinos, lenticulares, com siltitos e margas (DARDENNE, 1978). Depositou-se em regime de regressão, estabelecendo uma nova fase de instalação de plataformas carbonáticas de alta energia, onde ocorreu retrabalhamento constante, marcado por brechas intraclásticas, e episódios de tempestades (indicados pelas *hummocks*), intercalados com períodos de calmaria. Os calcários apresentam estratos paralelos, comumente separados por pequenas superfícies onduladas (IGLESIAS & UHLEIN, 2009). Esses autores individualizaram três litofácies para tal formação, são elas:

Litofácies 1: É representada por calcários cinza a cinza-escuro, bem estratificados, ondulados podendo aparecer truncados por estruturas *hummocky*. Representa os primeiros 60 m da unidade.

Litofácies 2: É caracterizada por calcários impuros, de coloração rosa, que mostram aspecto semelhante às margas. Exibe espessura de aproximadamente 25 m.

Litofácies 3: Constitui o topo da seção e é composta por espessos pacotes de siltitos, de cores esverdeadas, finamente estratificados, lentes métricas de calcário, ocasionalmente intraclásticos. Pode-se notar ainda níveis centimétricos de arenito quartzoso fino, e níveis milimétricos de material carbonoso. A espessura da litofácies é de 50 m.

Dentro dessa unidade não foram identificadas extrações de calcário para fabricação de cimento ou brita.

4.9.4. Formação Serra da Saudade

A Formação Serra da Saudade (Ss) é composta por uma sucessão de siltitos, siltitos argilosos e folhelhos de cor esverdeada, finamente laminados (IGLESIAS & UHLEIN, 2009), que passam progressivamente a siltitos feldspáticos ou arcoseanos (DARDENNE, 1978). A

deposição desta unidade está relacionada a uma rápida transgressão marinha, em um contexto plataformal, onde atuaram correntes de turbidez e episódios de tempestade, evoluindo para ambiente mais profundo e de águas calmas, gerando finas laminações nos siltitos.

Cinco litofácies foram descritas por Lima *et al.* (2007) na serra que dá nome a formação, são elas, da base para o topo:

Litofácies 1: ritmitos pelito-arenosos, leitons psamíticos com alguns centímetros de espessura, de granulometria média-fina, que se alternam com leitons pelíticos, com espessura aproximada de até 80 m.

Litofácies 2: É representada por carbonatos retrabalhados, lenticulares, representados por calcarenitos e calciruditos.

Litofácies 3: Esta unidade apresenta ritmitos arenopelíticos verdes (verdete), podendo exibir ciclos de granodecrescência ascendente, com granulometria variando, na base, de areia fina a siltica, até silto-argilosa no topo, mostrando coloração verde. A tonalidade verde também pode variar de mais clara, na base arenosiltosa, a mais escura no topo, especialmente quando coincide com lâminas argilosas.

Litofácies 4: É constituída por arenitos finos com *hummocky*, que mostram superfícies de truncamento de baixo ângulo e comprimentos de onda entre 1 e 2 m. Tais arenitos são imaturos texturalmente e mineralogicamente, com granulometria variando de areia média a silte e grãos angulosos a sub-angulosos. São compostos por quartzo, micas, cloritas e argilo-minerais, feldspatos e minerais acessórios como zircão, rutilo e opacos.

Litofácies 5: É caracterizada por ritmitos fosfáticos, com espessura aproximada de 20 m, que ocorrem com diferentes graus de fraturamento, e com diferentes estágios de alteração intempérica, constituídos essencialmente por apatita e quartzo, com ocorrências localizadas de microclina, albita e mica branca, além de clorita e calcita.

4.10. SEDIMENTOS RECENTES

Dentro da RMBH ocorrem vários depósitos de substâncias utilizadas na construção civil em depósitos sedimentares recentes (Qa), principalmente associados a aluviões dos rios Paraopeba e das Velhas ou dos ribeirões (Baronesa, Areias, Onça e Arrudas). Tratam-se de depósitos de areia, cascalho e argilas sedimentares em leitons de rios ou terraços aluvionares. Esses depósitos possuem alto potencial geológico para extrações de areia e argila sedimentares.

Verifica-se a presença de coberturas detríticas, que ocorrem principalmente sobre as rochas dos embasamentos graníticos, onde se agrupam os sedimentos

areno-argilosos a cascalhosos em leitos de rios e terraços aluvionares. Grande parte dos complexos metamórficos é recoberta por manto regolítico com diferentes espessuras.

Ao longo das bacias dos rios das Velhas, Pará e Paraopeba ocorrem vários terraços aluviais. Estes depósitos podem chegar a até 5 m de espessura e são

constituídos essencialmente por material argilo-arenoso inconsolidado de cores variadas. Ao longo dos meandros destas drenagens ocorrem também aluviões compostos de areia fina a grossa, com níveis descontínuos de seixos de quartzo mal selecionados e arredondados, além de seixos placoides de siltitos e de arenitos (TULLER *et al.*, 2009).

5. POTENCIAL MINERAL

Este capítulo tem por objetivo descrever e analisar insumos minerais para a construção civil extraídos na RMBH, e apresentar um panorama das áreas de extração e potenciais. As áreas potenciais foram identificadas com base nas extrações e na descrição dos aspectos geológicos investigados pelos métodos apresentados no item 1.3. Além disso, foi realizada a integração e interpretação dos parâmetros levantados em campo, por sensores remotos, compilação bibliográfica, banco de dados de requerimentos de pesquisa e lavra junto a Agência Nacional de Mineração – ANM (dnpm.gov.br, acesso em 07/06/2018). Os dados levantados foram analisados com base no mapa geológico regional (baseado em PINHO, 2008; TULLER & RIBEIRO, 2009; PINTO & SILVA, 2014) no qual é sugerida a relação entre as ocorrências minerais e as unidades estratigráficas mapeadas. Os mapas anexos, “Geológico” (Anexo I), e principalmente, de “Recursos e Potencial Mineral” (Anexo II), complementam a apresentação dos resultados.

Os insumos minerais para a construção civil são minerais, rochas ou fragmentos de rochas/minerais utilizados em empreendimentos da construção civil, principalmente na composição do concreto, cimento, cerâmica, asfalto, argamassa, pavimentação de estradas, bases de vias férreas e estradas. A região da RMBH contém bens minerais que tanto são empregados *in natura*, como beneficiados. Areia, cascalho e saibro (material de empréstimo) são exemplos de insumos minerais de processamento simples, necessitando apenas classificação, enquanto que argila, brita, areia industrial e calcário necessitam de beneficiamento, podendo envolver mistura com outros materiais, e processos de queima, corte e britagem.

Neste trabalho, foram investigadas ocorrências, lavras e regiões potenciais para exploração de areia, brita (gnaisse, granito e calcário), calcário, argila, filito, cascalho e saibro dentro da RMBH. Os insumos minerais e filito utilizados como materiais de construção são, em geral, extraídos no entorno das áreas urbanizadas. Devido ao crescimento da mancha urbana e a deficiência de um ordenamento territorial que leve em consideração a geologia e áreas potenciais, têm ocorrido uma série de conflitos entre a atividade mineral e o avanço da urbanização, conforme discutido no decorrer deste trabalho.

5.1. BENS MINERAIS DA RMBH

Foram cadastradas e consistidas 233 ocorrências e extrações minerais (ativas e inativas) dentro da RMBH (Figura 5.1 e Anexo III). Nos jazimentos minerais identificados foram levantadas também as informações relativas as substâncias extraídas, o status econômico, a tipologia do jazimento e a morfologia do depósito/ocorrência.

Aliado a informações geológicas, tais dados foram utilizados para traçar o perfil dos insumos minerais para construção civil na RMBH, gerando sete classes de insumos minerais explorados na RMBH: areia, brita, calcário, argila, calcário, cascalho, saibro e filito. Esses insumos foram subdivididos com base em sua tipologia, conforme apresentados na TABELA 5.1, ANEXO III e no mapa de Recursos e Potencial Mineral (Anexo II).

5.1.1. Areia

5.1.1.1. Conceitos e aplicações

Areia é um agregado miúdo, de granulometria entre 0,0625 e 2 mm (WENTWORTH, 1922), originado de processos naturais ou artificiais de desagregação de rochas. É tratada como “natural” apenas quando resultante de processos geológicos, e “artificial” quando proveniente de cominuição por beneficiamento (BASÍLIO, 1995).

Os principais ambientes geológicos naturais geradores de depósitos de areia são: leitos de rios, planícies costeiras, planícies e terraços aluviais, formações sedimentares arenosas mais antigas e mantos de alteração de rochas quartzosas (BUENO, 2010). Além dos ambientes naturais geradores de depósitos de areia, existem àqueles propícios para a extração de areia artificial, sendo o principal deles a ocorrência de rochas graníticas inalteradas (*e.g.* gnaisse, granito, tonalito).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define agregado miúdo o material natural ou artificial, ou a mistura deles, cujos grãos passam pela peneira de 4,8 mm e ficam retidos na peneira de 0,15 mm (ABNT NBR 7211, 2005). Dentro desse intervalo granulométrico, é comum a divisão entre areia fina (entre 0,075 e 0,42 mm), média (entre 0,42 e 1,2 mm) e grossa (entre 1,2 e 2,4 mm).

De acordo com dados da ANM, a maior parte do consumo de areia natural no Brasil está relacionada à indústria da construção civil, como agregado para concreto, argamassa, filtros, abrasivos, artefatos de concreto e pré-fabricado, bases de pavimentos, dentre outros. Porém, existem outras aplicações, principalmente para as areias naturais, ricas em sílica, que podem ser empregadas na indústria de vidro, metalurgia e de refratários.

Dentre as principais aplicações da areia, as que historicamente demandam maior volume no Brasil são àquelas utilizadas no preparo do concreto em pavimentadoras de usinas de asfalto e no preparo de argamassas de assentamento e revestimento em construções

como por exemplo, projetos de moradias e obras de saneamento.

As especificações utilizadas como referência para cada aplicação da areia são estabelecidas em relação a granulometria, natureza mineralógica, forma e arredondamento dos grãos, e a presença de substâncias indesejáveis, tais como sais e matéria orgânica.

Na RMBH, a areia é um dos bens minerais com atividade mineral mais intensa, isso porque as características de jazidas derivadas de ambientes fluviais (leitos de rio e terraços) e os espessos mantos de intemperismo em rochas granitoides são amplamente favoráveis à mineração desse bem.

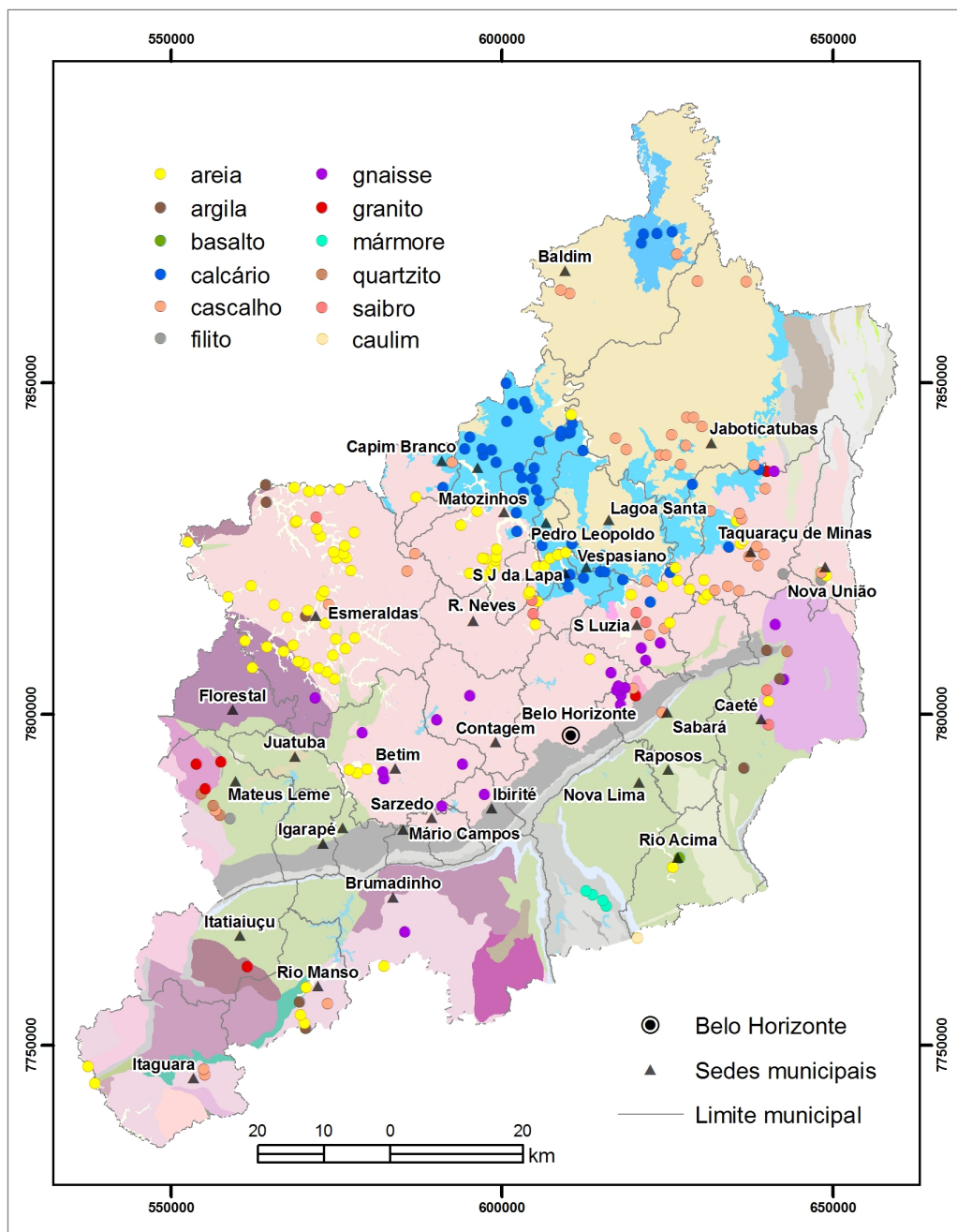


Figura 5.1 - Ocorrências e extrações minerais (ativas e inativas) dentro da RMBH.

Tabela 5.1 - Tabela contendo a tipologia, características e uso dos principais insumos minerais para a construção civil presentes na RMBH.

INSUMO	TIPOLOGIA	CARACTERÍSTICAS	USO
Areia	Leito de rio	Areia média a grossa, coloração creme, moderadamente selecionada, com variável teor de argila e cascalho. Depósito em leito de rio ativo.	Preparação de concreto e argamassa.
	Terraço aluvionar	Areia média a grossa, coloração creme, moderadamente selecionada. Depósitos em terraço aluvionar.	Preparação de concreto e argamassa.
	Residual	Areia média a grossa, esbranquiçada, com caulim. Depósito em manto de intemperismo de rochas quartzosas.	Preparação de concreto e argamassa.
	Industrial	Areia média a grossa, cinza, composta por fragmentos de rocha. Gerada artificialmente pela cominuição de gnaiss. A granulometria depende da cominuição realizada.	Preparação de concreto e argamassa.
Brita	Metamórfico	Rochas bandadas e metamorizadas em fácies anfíbolito a granulito. São basicamente ortognaisses com textura granoblástica orientada, compostos por quartzo, plagioclásio, k-feldspato e biotita.	Preparação de concreto; pedra para revestimento e calçamento.
	Magmático	Rocha maciça a pouco foliada. São basicamente granitóides compostos por quartzo, plagioclásio, k-feldspato, e biotita.	Preparação de concreto; pedra para revestimento e calçamento.
	Sedimentar	Rocha cinza a cinza claro, maciça a laminada. As rochas maciças são compostas basicamente por cristais de calcita, com quartzo e argilominerais como acessórios. Já as laminadas são mais escuras e possuem elevadas concentrações de argilominerais, marcando a laminação.	Preparação de concreto; pedra para revestimento e calçamento; pedra de talhe (rocha muito laminada).
Calcário	Sedimentar	Rocha cinza a cinza claro, maciça a pouco laminada, composto basicamente por cristais de calcita, com quartzo e sericita.	Cimento; brita.
Argila	Aluvionar	Argila cinza a cinza escura em terraço aluvionar.	Cerâmica vermelha.
	Residual	Argila esbranquiçada a rosada em manto de alteração de rochas graníticas.	Cerâmica vermelha.
Cascalho	Residual	Material de coloração esbranquiçada, friável, fragmentos angulosos, residual do intemperismo de pegmatito ou de veios de quartzo.	Pavimentação de estradas; material de empréstimo.
	Sedimentar	Material de coloração marrom, friável, composto por fragmentos arredondados, mal selecionados, em leito ou terraço aluvionar.	Pavimentação de estradas; material de empréstimo.
Saibro	Residual	Fino e friável de coloração róseo a esbranquiçada, residual do intemperismo de rochas de composição granítica (e.g. gnaiss, granito).	Material de empréstimo.
Filito	Residual	Fino e friável de coloração cinza a amarelada. Depósito residual em manto de alteração de filito.	Argamassa para reboco.

5.1.1.2. Tipos de depósitos

Na RMBH destacam-se 4 tipos de ambientes geológicos favoráveis para a extração de areia: leitos de rio, planícies e terraços aluvionares, mantos de alteração de rochas quartzosas e rochas graníticas inalteradas. Foram cadastrados 88 depósitos e ocorrências minerais de areia. Dentro desse total, 8 tratam-se de areia aluvionar em leito de rio, 48 de areia em terraço aluvionar, 17 de areia residual em manto de alteração, e 1 de areia industrial. Foram resgatados ainda 14 pontos históricos sem informação sobre a tipologia do depósito (Figura 5.1 e Anexo II).

5.1.1.2.1. Leito de rio

Os depósitos em leito de rio foram amplamente explorados no decorrer da história do Brasil.

Durante o desenvolvimento das regiões metropolitanas brasileiras, a indústria da construção civil foi majoritariamente abastecida por esse tipo de areia, até que surgissem as restrições ambientais atuais.

Esse tipo de depósito ocorre nos leitos ativos de canais de drenagem, onde os sedimentos arenosos são transportados (Figura 5.2a). Ocorrem principalmente em regiões onde a área drenada é composta por rochas ou sedimentos quartzosos.

Na RMBH destacam-se os depósitos das bacias dos rios Paraopeba (Figura 5.2b), das Velhas e Pará. Esse tipo de depósito geralmente é constituído por material com granulometria média a grossa, coloração creme-clara ou amarelada, mal selecionados, compostos principalmente de quartzo, feldspato e mica. Pode ocorrer cascalho associado, dependendo da energia do canal.

5.1.1.2.2. Terraço aluvionar

Os depósitos relacionados a terraços aluvionares são os mais explorados na RMBH, especialmente nas regiões de Esmeraldas e Pedro Leopoldo (Figura 5.1), correspondendo a mais da metade das extrações cadastradas. São representados por terraços ou planícies aluvionares compostas por sedimentos siliciclásticos inconsolidados depositados por processos aluvionares. Bordejam as drenagens e variam desde poucos metros até quilômetros de largura (Figura 5.3a).

Os depósitos em terraços aluvionares são semelhantes aos de leito de rio na composição da areia, de granulação média a grossa, coloração creme, moderadamente selecionados, compostos principalmente de quartzo, feldspato e mica. A grande diferença se dá pela associação com camadas argilosas intercaladas, que podem chegar a 6 m de espessura na região.

5.1.1.2.3. Manto de intemperismo

Os depósitos de areia residual em manto de alteração são gerados pelo o intemperismo de rochas ricas em

quartzo. São formados *in situ* pela alteração intempérica física e química das rochas. Em países tropicais, onde a ação intempérica é intensa, podem formar espessos depósitos de areia, saibro e argila. A espessura do depósito vai depender principalmente do grau de alteração da rocha.

Depósitos quartzosos derivados de gnaisses e granitos com granulação média a grossa possuem bom potencial para extração de areia. Os depósitos podem abranger extensas áreas e são explotados próximos a encostas de morros, devido à facilidade de extração.

Os depósitos residuais de rochas granitoides são compostos por uma mistura de grãos de quartzo e argilominerais, resultantes de alteração principalmente de feldspatos e micas (Figura 5.3b). Esse material é conhecido como saibro. Na RMBH foram identificados vários depósitos desse tipo, principalmente sobre rochas do Complexo Belo Horizonte.

Esse tipo de depósito teve o maior crescimento do número de extrações nos últimos anos na RMBH devido, principalmente, à facilidade para obtenção de licenças ambientais.

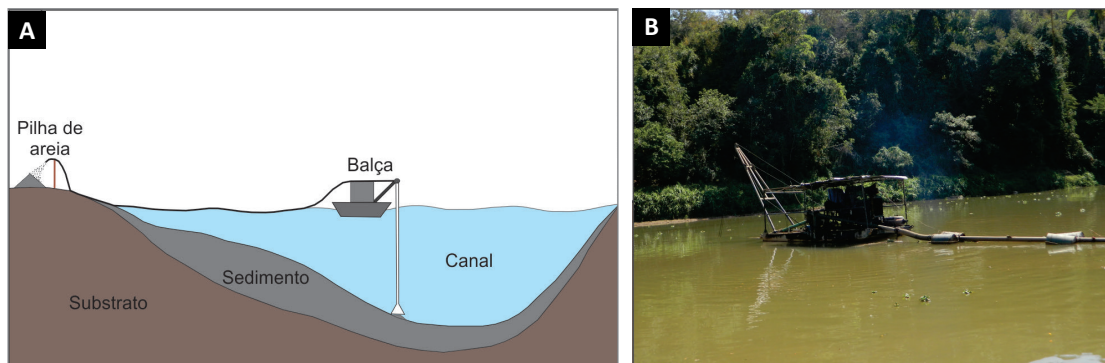


Figura 5.2 - Depósitos de areia sedimentar em leito de rio. A – Esquema de extração por dragagem de areia em leito de rio; B – Trecho do Rio Paraopebas, um dos maiores produtores de areia da RMBH (ponto 157).

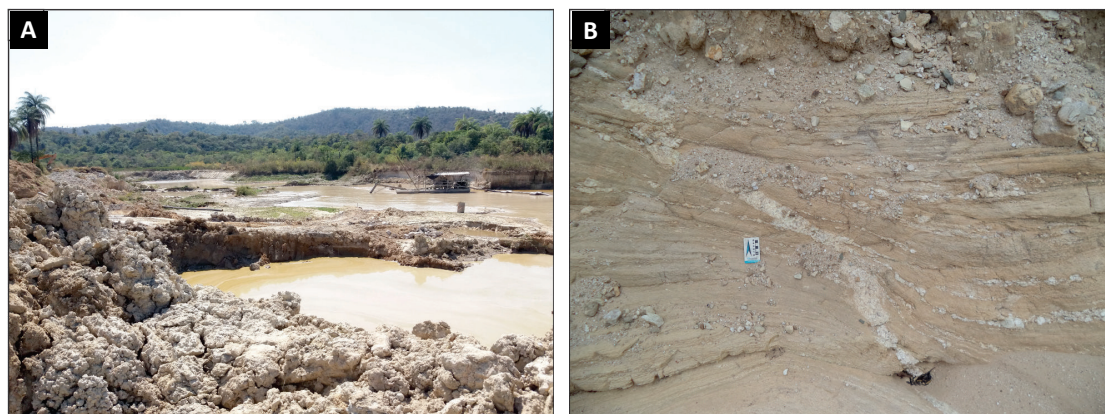


Figura 5.3 - Tipologias de depósitos de areia. A – Depósito de areia em terraço aluvionar (Região de Pedro Leopoldo – ponto 121); B – Manto de alteração de gnaisses e veios de pegmatitos lavrados para extração de areia (Região de Santa Luzia – ponto 99).

5.1.1.2.4. Areia industrial (artificial)

A areia industrial ou artificial é um agregado miúdo gerado a partir da cominuição de rochas por processos mecânicos. Na RMBH foi visitado apenas um empreendimento que realiza esse processo. Nesse local utiliza-se gnaíse bandado como matéria-prima para a produção de brita, e a areia industrial configura como subproduto.

A composição da areia irá depender do material cominuído. Na RMBH é composta por fragmentos de rocha, feldspato e quartzo, pois é obtida a partir da cominuição de gnaíse. Os grãos da areia são bem selecionados, possuindo grãos angulosos e esfericidade moderada. Após passar por processos de beneficiamento e classificação, geralmente são separadas e comercializadas as frações areia média e grossa (Figura 5.4a). O material que sobra no britador e não passa pelo beneficiamento é coletado e comercializado como bica corrida (Figura 5.4b). A bica corrida é muito mal selecionada e pode ser utilizada na pavimentação de estradas.

5.1.1.3. Caracterização tecnológica

A caracterização das areias da RMBH foi realizada a partir de análises em oito amostras representativas dos principais tipos de lavra de diferentes regiões e tipologias. Foram coletadas amostras para realização de caracterização mineralógica e granulométrica.

Análise mineralógica e forma dos grãos

Foram coletadas amostras de areia extraídas em leito de rio (MS067), terraço aluvionar (SA012, MS003

e EJ013) e manto de alteração (SA030 e MS049), e de areia industrial (EJ033A e EJ033B). As amostras foram analisadas quanto à composição mineralógica e à determinação da forma dos grãos minerais por meio de lupa binocular, microscópio petrográfico, *mineralight* ultravioleta e ensaios microquímicos. As frações foram avaliadas de forma semi-quantitativa com o uso do diagrama de teores de percentagem (Tabela 5.2).

Foi coletada apenas uma amostra (MS067 – ponto 1) de areia aluvionar em leito de rio devido à escassez desse tipo de extração na RMBH. Foi amostrado de material extraído do leito do Rio Pará, no município de Itaguara, sudoeste da região metropolitana. A areia é moderadamente selecionada, sem matéria orgânica e possui grãos angulosos com baixa esfericidade. É composta por quartzo (88%), feldspato (10%), fragmentos de rocha (1%), além de minerais acessórios com concentração menor que 1% (Tabela 5.2). Destaca-se a elevada concentração de feldspato presente, incomum nesse tipo de depósito. Isso provavelmente ocorre pela grande área coberta por gnaíses e granitoides intemperizados (Complexo Divinópolis), cortada por esse rio e seus afluentes.

Para o estudo das areias de terraço aluvionar, tipo mais comum extraído na RMBH, foram coletadas 3 amostras, sendo uma em Esmeraldas (SA012 – ponto 128), no Polo de Esmeraldas, e duas em Pedro Leopoldo (MS003 – ponto 141) e São José da Lapa (EJ013 – ponto 144), ambas no Polo de Pedro Leopoldo. As amostras são de areia moderadamente selecionada, sem matéria orgânica (em Esmeraldas) ou com baixa concentração de < 1% (nos outros locais), e grãos angulosos com baixa esfericidade (Tabela 5.2). As amostras das duas regiões mostram composições mineralógicas notavelmente diferentes. A



Figura 5.4 - Materiais originados da cominuição de rochas, comercializados na RMBH(ponto 64). A – Areia cinza média; B – Bica corrida.

extraída em Esmeraldas é composta por quartzo (58%), feldspato (40%) e fragmentos de rocha (1%). Destaca-se a concentração de feldspato no material, devido às áreas fontes desses sedimentos serem quase totalmente cobertas por rochas granitoides, frequentemente intemperizadas. Já as amostras de Pedro Leopoldo são compostas por quartzo (78 e 90%), feldspato (20 e 8%) e fragmentos de rocha (1%). Os depósitos dessa região possuem frequente intercalação de camadas argilosas, muitas vezes extraídas como subproduto. Possivelmente essa variação das concentrações mineralógicas seja pelas áreas fontes das bacias, já que em Pedro Leopoldo também afloram rochas do Grupo Bambuí, além dos granitoides.

A areia residual em manto de alteração foi outra tipologia analisada. Novamente foram analisadas amostras representantes dos polos de Esmeraldas (SA030 – ponto 76) e de Pedro Leopoldo (MS049 – ponto 99). As amostras são de areia moderadamente selecionada, sem matéria orgânica e possuem grãos angulosos com baixa esfericidade. As composições mineralógicas obtidas são bem distintas, apesar de ambas serem extraídas em manto de alteração de gnaiss bandado do Complexo Belo Horizonte. A SA030 é composta por fragmento de rocha (79%), quartzo (10%) e feldspato (10%). A MS049 é composta por feldspato (45%), quartzo (44%) e fragmento de rocha (10%) (Tabela 5.2). Possivelmente, essa variação ocorre devido à extração em diferentes horizontes do perfil do manto de alteração dos dois locais.

Atualmente, apenas uma empresa visitada produz areias artificiais ou industriais. Foram coletadas duas amostras com especificações diferentes nesse local. São amostras de areia fina (EJ033A – ponto 64) e grossa (EJ033B), bem selecionadas (por peneiras), e possuem grãos com baixa esfericidade e muito angulosos (Tabela 5.2). O material cominuído das rochas é classificado por peneiras, o que gera um material bem selecionado. Já a baixa esfericidade e a alta angulosidade dos grãos são resultado do processo de britagem da rocha. Os parâmetros determinantes para a composição mineralógica do agregado é o tipo de rocha, a granulometria da britagem e a classificação. A granulometria explica as diferenças mineralógicas em amostras providas das mesmas rochas, onde foi observado o predomínio de fragmentos de rocha na fração mais grossa (EJ033B), e de outros minerais na fração mais fina (EJ033A). As amostras EJ033A e EJ033B são compostas por feldspato (39 e 10%), quartzo (35 e 10%), fragmentos de rocha (20 e 76%), e mica (4 e 3%) (Tabela 5.2), além de minerais acessórios.

É desejável que a areia para utilização em concreto seja composta por minerais resistentes à alteração. A abundância de feldspato, fragmentos de rocha e mica são prejudiciais à qualidade do concreto. Portanto, recomenda-se sempre a busca de areias com percentuais mais elevados de quartzo para esse fim. Porém, todas as amostras analisadas não

Tabela 5.2 - Resultados da análise mineralógica e de determinação da forma dos grãos, para amostras de areia coletadas na RMBH.

TIPO DE DEPÓSITO	PONTO	AMOSTRA	COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA	SELEÇÃO	MATÉRIA ORGÂNICA	FORMA DOS GRÃOS	
						ESFERICIDADE	ARREDONDAMENTO
Leito de rio	1	MS067	quartzo (88%) + feldspato (10%) + frag. rocha (1%)	moderada	-	baixa	anguloso
Terraço aluvionar	128	SA012	quartzo (58%) + feldspato (40%) + frag. rocha (1%)	moderada	-	baixa	anguloso
	141	MS003	quartzo (78%) + feldspato (20%) + frag. rocha (1%)	moderada	< 1%	baixa	anguloso
	144	EJ013	quartzo (90%) + feldspato (8%) + frag. rocha (1%)	bem	< 1%	baixa	anguloso
Residual	76	SA030	frag. rocha (79%) + quartzo (10%) + feldspato (10%)	moderada	-	baixa	anguloso
	99	MS049	feldspato (45%) + quartzo (44%) + frag. rocha (10%)	moderada	-	baixa	anguloso
Industrial	64	EJ033A	feldspato (39%) + quartzo (35%) + frag. rocha (20%) + mica (4%) + anfíbolio (1%)	bem	-	baixa	muito anguloso
	64	EJ033B	frag. rocha (76%) + quartzo (10%) + feldspato (10%) + mica (3%)	bem	-	baixa	muito anguloso

possuem impedimento mineralógico para a utilização na produção de concreto.

Para a aplicação na indústria de vidros, todas as amostras analisadas são consideradas inaptas, uma vez que essa indústria exige o mínimo de 98,5% de SiO₂ em sua composição, o que é inviável pelas elevadas concentrações de feldspato, fragmento de rocha e micas.

Análise granulométrica

As amostras também foram analisadas e classificadas de acordo com as frações granulométricas dos constituintes. Foi utilizado jogo de peneiras com aberturas de 6,3 mm, 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 0,6 mm, 0,3 mm e 0,15 mm, acoplado em agitador de peneiras, segundo as especificações da ABNT NBR 7211 (2005). Foi utilizada a classificação granulométrica proposta por Wentworth (1922). Os resultados estão sumarizados na TABELA 5.3.

A amostra de areia coletada no leito de rio (MS067 – Tabela 5.3) é classificada como areia grossa a muito grossa com a presença de areia média. Em análise do módulo de finura, encontra-se no limite entre a zona ótima e a zona utilizável superior para aplicação no concreto.

As amostras coletadas em terraço aluvionar (SA012, MS03 e EJ013 – Tabela 5.3) são classificadas predominantemente como areia média a grossa. Apenas a amostra MS003 apresenta predomínio da fração mais grosseira. As amostras encontram-se dentro da zona ótima para utilização (a EJ013 possui valores levemente abaixo).

As amostras de areia residual (SA030 e MS049) mostram relevante diferença entre as granulometrias das duas regiões. A SA030 é composta por areia muito grossa com areia média e grossa, e pode ser classificada

pelo módulo de finura dentro da zona utilizável superior. Já a MS049 é composta por areia média com areia fina e grossa e encontra-se dentro da zona ótima de utilização (Tabela 5.3).

As amostras de areia industrial possuem granulometria final controlada por peneiras no beneficiamento, por isso possuem elevado grau de seleção. A amostra EJ033A é composta por areia fina a média com areia muito fina e encontra-se fora do limite utilizável para concreto. Já a EJ033B é composta por areia muito grossa com areia grossa e encontra-se dentro da zona ótima (Tabela 5.3).

O diagnóstico para aplicação dessas areias segundo o módulo de finura, conforme a ABNT NBR 7211 (2005), é de que as amostras são adequadas para utilização como agregado para concreto, exceto a areia industrial fina (EJ033A). Essa amostra foi considerada muito fina para essa finalidade.

5.1.1.4. Potencial geológico

A demanda de areia da RMBH é quase totalmente suprida pela própria região, principalmente provinda das regiões de Esmeralda e Pedro Leopoldo. Nas duas regiões, os depósitos identificados são predominantemente de areia sedimentar em terraço aluvionar e de areia residual em manto de alteração de rochas do Complexo Belo Horizonte. Destacam-se ainda outras regiões com bom potencial para produção de areia na RMBH: Rio Manso e Taquaraçu de Minas. A região de Rio Manso possui vários depósitos de areia em terraços aluvionares, alguns chegam a ser empreendimentos de grande porte. Já em Taquaraçu de Minas, dominam os depósitos do tipo residual em manto de alteração, também de rochas do Complexo Belo Horizonte (Figura 5.1 e Anexo II).

Tabela 5.3 - Resultados da análise granulométrica para amostras de areia coletadas na RMBH. Nota: o módulo de finura, conforme a ABNT NBR 7211 (2005), pode ser classificado em: zona ótima: 2,20 a 2,90; zona utilizável inferior: 1,55 a 2,20; e zona utilizável superior: 2,90 a 3,50.

TIPO DE DEPÓSITO	PONTO	AMOSTRA	RETIDO NAS PENEIRAS (%)								MÓDULO DE FINURA
			6,3 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	0,6 mm	0,3 mm	0,15 mm	<0,15 mm	
Leito de rio	1	MS067	0,72	1,16	4,71	33,77	20,92	22,11	12,65	3,96	2,9
Terraço aluvionar	128	SA012	0,00	2,11	7,59	24,75	20,79	26,59	12,88	5,29	2,78
	141	MS003	0,84	2,44	3,75	26,22	24,00	25,85	12,74	4,16	2,8
	144	EJ013	0,00	0,00	0,20	9,69	27,61	38,98	16,93	6,59	2,17
Residual	76	SA030	0,00	0,21	13,21	39,57	16,14	16,45	7,95	6,47	3,14
	99	MS049	0,99	2,41	5,66	19,37	15,83	24,12	17,45	14,18	2,4
Industrial	64	EJ033A	0,00	0,00	0,30	1,87	2,91	38,47	33,80	22,65	1,28
	64	EJ033B	0,00	0,08	5,75	39,87	15,92	14,94	11,43	12,02	2,77

São raras as lavras em leito de rio em toda a RMBH, principalmente devido à dificuldade de obtenção do licenciamento ambiental. As mais relevantes estão localizadas no Rio Pará, em Itaguara, e na bacia do Rio Paraopeba, em Esmeraldas.

Os depósitos de areia hospedados em terraços aluvionares são os mais numerosos e que possuem maior produção na RMBH. As camadas de areia em terraços possuem espessura variável, sendo que nos empreendimentos visitados, variou de 1,5 a 5 m, com espessura média de 3,25 m. O potencial geológico de areia sedimentar na RMBH está relacionado aos depósitos aluvionares. Foi estimada a área ocupada por sedimentos aluvionares com potencial para areia de 197,5 milhões de m². Comumente, as camadas de areia são capeadas por nível de argila, que atingem a espessura máxima de 6 m. Essa argila pode ser extraída como subproduto da areia, porém, em virtude das dificuldades mercadológicas atuais, a argila chega a impossibilitar o empreendimento devido ao grande volume de material a ser movimentado e empilhado.

Nos depósitos de areia residual em manto de alteração, o perfil de manto lavrável variou aproximadamente de 4 a 9 m de espessura, com média de 6,5 m. Foram estimadas as áreas potenciais para areia residual através do cálculo das áreas aflorantes de rochas granitoides intemperizados do embasamento na região, superior a 3 bilhões de m².

A areia industrial é produzida em apenas um local visitado na RMBH. O potencial de produção de areia industrial na RMBH é relacionado ao de brita, pois é obtida do mesmo material e normalmente como subproduto dos empreendimentos.

5.1.2. Brita e blocos de pedra

5.1.2.1. Conceitos e aplicações

O termo brita (ou pedra britada) representa todo agregado graúdo proveniente da fragmentação mecânica de rochas. Define-se agregado graúdo como aquele cujos grãos passam numa peneira com abertura de 100 mm e ficam retidos na peneira com abertura de 4,8 mm (ABNT NBR 7216, 2009). A granulometria dos agregados graúdos deve atender os requisitos indicados na TABELA 5.4.

Os produtos gerados nas pedreiras por processos de britagem são: brita, areia industrial, pó de pedra, bica corrida e pedrisco. A brita é o principal produto da britagem da rocha, sendo classificada de acordo com a granulometria, geralmente em cinco categorias, com especificações e usos diferentes (Tabela 5.4). Comumente são utilizadas classificações comerciais que não seguem totalmente a norma técnica NBR 7525, incluindo a brita 0 às especificações. Ainda podem ser encontrados outros produtos graúdos da britagem de rocha, sendo os mais comuns o calçamento (paralelepípedo ou poliédrico), pedra de mão e matacão.

Na construção civil, a rocha britada tem ampla gama de usos e aplicações: concreto hidráulico, concreto betuminoso, pavimentação de estradas, lastro de ferrovias, gabião e enrocamento. Na composição do concreto, a utilização da brita visa aumentar a resistência aos esforços mecânicos e desgaste à ação do intemperismo. Isso, aliado à redução dos custos do concreto, torna o uso de brita muito vantajoso. Nas vias férreas, a brita é usada para suportar e dar estabilidade aos dormentes, resistir aos movimentos do tráfego e às mudanças de

Tabela 5.4 - Classificação granulométrica de pedra britada e principais usos (SAMPAIO et al, 2001; HAGEMANN, 2011).

PRODUTOS	GRANULOMETRIA (mm)		USOS
	MÍNIMA	MÁXIMA	
Brita 5	76,00	100,00	Estações de tratamento, fossas septicas
Brita 4	50,00	76,00	Estações de tratamento, fossas septicas
Brita 3	25,00	50,00	Ferrovias e reforços de pistas
Brita 2	19,00	25,00	Agregado para concreto e base para pavimentação
Brita 1	9,50	19,00	Concreto
Brita 0	4,80	9,50	Blocos, asfalto, laje pré-fabricada
Pedrisco	0,075	4,8	Asfalto
Pó de pedra		0,075	Asfalto
Bica Corrida	Sem classificação		Aterros, base para pavimentação

temperatura nos trilhos, drenar a água e evitar o crescimento de vegetação. Na base de pavimentos, contribui para melhorar as condições de rodagem, suportar a carga do tráfego e proteger da ação mecânica da água. Dentro de cada uma dessas aplicações, existem parâmetros específicos, tais como composição, granulometria e forma.

5.1.2.2. Tipologia e geologia das frentes de produção

Os tipos mais comuns de material rochoso utilizado como matéria prima para brita e blocos são granitoides, seguido por calcários e basaltos. Isso se dá pela elevada resistência à flexão, ao impacto e à abrasão, a dureza e a grande disponibilidade desses bens na natureza. Os calcários possuem características físico-mecânicas semelhantes às dos granitoides e basaltos, porém possui o grande problema de ser altamente reativo com ácidos.

A descrição da composição mineralógica e textural da rocha a ser britada é de suma importância para determinação da qualidade da brita, uma vez que a presença de minerais friáveis ou alteráveis, associadas ou não à existência de microfissuramentos, podem prejudicar suas propriedades, incluindo a possibilidade de ocorrer reação álcali-agregados.

Foram identificados três tipos principais de depósitos de rochas potenciais para brita na RMBH, sendo dois deles associados a rochas graníticas ígneas/metamórficas (complexos granito-gnáissicos paleo a mesoarqueanos e granitoides neoarqueanos) e um associado a rochas sedimentares (Grupo Bambuí). Na RMBH foram cadastradas 77 depósitos e ocorrências minerais de rochas potenciais para brita (Anexo II). Do total, 43 são de calcário, 23 de gnaiss, 6 em granito, 1 de basalto. Apesar de existir maior número de cadastros de calcários potenciais para brita, as extrações são amplamente realizadas em gnaisses (Figura 5.5).

As tipologias de depósito dependem da natureza das rochas, podendo ser magmáticas, metamórficas ou sedimentares.

5.1.2.2.1. Rochas magmáticas

As rochas magmáticas são formadas a partir do resfriamento do magma, que pode ser lentamente em profundidade (rocha plutônica) ou rapidamente próximo à superfície (rocha vulcânica) (PRESS *et al.*, 2006). São comumente classificadas como ácidas (> 66% de SiO₂), intermediárias (66 a 52% de SiO₂), básicas (52 a 45% de SiO₂) e ultrabásicas (< 45% de SiO₂) (IAEG, 1981).



Figura 5.5 - Tipos de rochas comumente utilizadas para produção de brita na RMBH. A – Granito maciço (MS070 – ponto 11); B – Gnaiss bandado (EJ038 – ponto 57); C – Calcário laminado (MS030 – ponto 124); D – Amostra de calcário cristalino cinza com níveis recrystalizados de calcita (MS030).

De uma maneira geral, as rochas ácidas são compostas essencialmente por quartzo e feldspatos, e possuem coloração mais clara, e as rochas básicas são em geral compostas por minerais ferromagnesianos e plagioclásios, e são mais escuras e densas.

As rochas magmáticas possuem normalmente quatro formas de ocorrência, sendo elas: batólitos – corpos de rochas plutônicas formados em profundidade (chegam a mais de 100 km²); lacólito – intrusões de rochas ígneas lentiformes, concordantes com as rochas encaixantes; dique – intrusão de forma tabular discordante (quando é concordante com a encaixante, chama-se de soleiras); e derrames de lavas – extravasamento em superfície (podem atingir milhares de km²).

Na indústria de insumos minerais para a construção civil no Brasil, são amplamente utilizadas as rochas plutônicas ácidas a intermediárias, normalmente de composição granítica (Figura 5.5a), em forma de batólitos; e ainda derrames básicos em menor quantidade. A extração em derrames é amplamente realizada nos basaltos da Bacia do Paraná, na região centro-sul do país.

Na RMBH existem 6 registros de extrações e ocorrências de granito para utilização como pedra britada. Estão localizadas em batólitos, como os presentes no Batólito Cláudio, Complexo Belo Horizonte e na Suíte Mato Dentro (Anexo II). Possuem morfologia e textura maciça, com pouco ou nenhum bandamento. Compõem normalmente morrotes, onde podem ser desenvolvidas pedreiras nas escarpas. Foi identificada apenas uma pequena extração inativa de basalto próxima à cidade de Rio Acima.

5.1.2.2.2. Rochas metamórficas

As rochas metamórficas são formadas a partir de alterações nas condições de pressão e temperatura que geram modificações na paragênese mineral e na estrutura de rochas ígneas, sedimentares ou metamórficas (PRESS *et al.*, 2006). O grau de metamorfismo e deformação a que a rocha foi submetida irá determinar a geração de foliação, recristalização de minerais, e até a fusão parcial da rocha.

O metamorfismo regional atinge amplas regiões e deve-se a temperaturas e tensões moderadas a elevadas, bem como à circulação de fluidos. Geralmente está associado a limites convergentes de placas tectônicas. É comum a formação de rochas foliadas, como xistos, filitos e gnaisses.

As rochas resultantes de metamorfismo regional são as principais matérias primas para a produção de brita na RMBH. São compostas principalmente por gnaisses (Figura 5.5b) dos complexos Belo Horizonte, Divinópolis e Bonfim. Possuem morfologia bandada, com bandamento com mergulho moderado a alto, e compõem

normalmente morrotes onde podem ser desenvolvidas pedreiras nas escarpas.

Foram identificados 23 de depósitos e ocorrências potenciais de gnaisses para produção de brita na RMBH. Ainda foram compiladas 4 ocorrências de mármore (Figura 5.1 e Anexo II).

5.1.2.2.3. Rochas sedimentares

As rochas sedimentares são formadas pela consolidação de sedimentos gerados pela ação do intemperismo, erosão, transporte e deposição de partículas clásticas (rochas detríticas), ou de precipitações química (rochas químicas) ou bioquímica de minerais (rochas biogênicas) (PRESS *et al.*, 2006).

As rochas detríticas são compostas por fragmentos derivados de outras rochas, basicamente minerais siliciclásticos, principalmente quartzo, feldspato, anfibólios, micas e argilominerais. As rochas sedimentares mais comuns na crosta terrestre são os arenitos, pelitos e conglomerados (PRESS *et al.*, 2006). Na RMBH não foi identificada nenhuma extração dessa classe de rocha para produção de brita.

Rochas sedimentares químicas se formam a partir da precipitação de minerais em solução, tais como os sais precipitados quando a água do mar evapora gerando concentração de sais. Já as rochas biogênicas são formadas por materiais gerados por organismos vivos, pela precipitação realizada por eles ou pela morte e deposição de seus esqueletos. Muitas vezes os processos químicos e biogênicos estão intimamente ligados, como na formação dos calcários.

Os calcários presentes no norte da RMBH são amplamente utilizados para produção de insumos minerais para a construção civil, sendo os principais, o cimento e brita. São depósitos de calcários com morfologia estratiforme e sub-horizontais (Figura 4.4c e Figura 4.4d), principalmente pertencentes à Formação Sete Lagoas, aflorantes nas regiões de Lagoa Santa, Pedro Leopoldo, Matozinhos e São José da Lapa. Também existe grande potencial para os calcários da Formação Lagoa do Jacaré, no norte da RMBH, região ainda sem extrações observadas (Anexo II). Foram identificados 43 depósitos e ocorrências potenciais de calcário para produção de brita.

Além da aplicação para produção de brita e blocos de pedra, os calcários laminados, que possuem finas laminações argilosas, são usados como pedra de talhe. Foram identificadas 6 extrações de pedra de talhe em calcário na região de Fidalgo, distrito de Pedro Leopoldo. As rochas carbonáticas com potencial para produção de pedra de talhe são semelhantes às usadas para pedra britada e cimento, porém com maior quantidade de laminações de argila. Esses filmes argilosos são essenciais para a extração de pedra de talhe, quase sempre

rudimentar, onde esse plano de fraqueza é aproveitado para a partição da rocha.

5.1.2.3. Petrografia e avaliação tecnológica

Foram coletadas 45 amostras para descrições petrográficas em lâmina delgada (Tabela 5.5) e avaliação do potencial reativo de álcalis-agregados.

Para a caracterização tecnológica das rochas foram coletadas 5 amostras de brita e 5 de blocos de rocha. As amostras de calcário são da Formação Sete Lagoas e as amostras de gnaiss pertencem aos complexos ortognáissicos mesoarqueanos (complexos Belo Horizonte, Divinópolis e Bonfim).

5.1.2.3.1. Caracterização petrográfica

A caracterização petrográfica foi realizada com base na norma ABNT NBR 7389. As amostras analisadas obedecem aos padrões de rochas pouco alteradas (intemperizadas) com propriedades físicas preservadas. Amostras de rocha

representativas de toda região da RMBH foram descritas e analisadas petrograficamente.

Foram caracterizados dois grupos principais de rochas utilizadas para a produção de brita e blocos de rocha: gnaisses e calcários.

Os gnaisses possuem bandamento composicional marcado pela variação dos constituintes mineralógicos (Figura 5.6a). São essencialmente compostos por quartzo, feldspato, microclina, biotita e, subordinadamente, sericita, clorita e hornblenda, apresentando variação, algumas vezes, significativa entre as porcentagens destes minerais (Figura 5.6b e Figura 5.6c). Também aparecem minerais acessórios como opacos, epidoto, zircão e granada. A maior parte das rochas apresenta textura granoblástica orientada, mas também ocorrem texturas nematoblásticas orientadas, granolepidoblástica orientada e cataclástica. As fácies metamórficas variam de anfíbolito inferior até granulito. Em uma das amostras (EJ033B), pertencente ao Complexo Belo Horizonte, foi identificado um hornblenda-biotita-gnaiss, no qual o anfíbolito

Tabela 5.5 - Mineralogia simplificada e classificação das amostras de rocha coletadas na RMBH.

PONTO	AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO	MINERALOGIA	REAÇÃO ALCALI-AGREGADO
11	MS070	Granito	plagioclásio + quartzo + microclina + biotita + sericita	reativo
14	MS078	Gnaiss	plagioclásio + quartzo + microclina + biotita + sericita	reativo
25	MS061	Quartzito	quartzo + sericita	reativo
28	MS060	Granito	plagioclásio + quartzo + microclina + biotita + sericita	inócuo
29	MS065	Gnaiss	plagioclásio + quartzo + microclina + biotita + sericita	inócuo
31	MS080	Gnaiss	plagioclásio + quartzo + microclina + biotita	inócuo
36	MS059	Granito	plagioclásio + quartzo + microclina + biotita + sericita	reativo
38	MS083	Gnaiss	plagioclásio + quartzo + microclina + biotita + sericita	inócuo
41	EJ034	Quartzito ferruginoso	quartzo + opacos	reativo
42	EJ036A	Gnaiss	plagioclásio + quartzo + microclina + biotita + sericita	reativo
42	EJ036B	Gnaiss	plagioclásio + quartzo + microclina + biotita + sericita	inócuo
47	EJ035	Gnaiss	plagioclásio + quartzo + microclina + biotita + sericita	reativo
53	EJ039	Gnaiss	plagioclásio + quartzo + microclina + biotita	inócuo
57	EJ038A	Gnaiss	plagioclásio + quartzo + microclina + biotita + clorita	inócuo
57	EJ038B	Gnaiss	plagioclásio + quartzo + microclina + biotita + clorita	inócuo
64	EJ033A	Gnaiss	plagioclásio + quartzo + microclina + biotita	inócuo
64	EJ033B	Hornblenda gnaiss	plagioclásio + hornblenda + opacos + epidoto	inócuo
64	EJ033C	Gnaiss	plagioclásio + quartzo + microclina + biotita	inócuo
71	EJ046A	Gnaiss	plagioclásio + quartzo + microclina + biotita	inócuo
71	EJ046B	Metadiabásio	plagioclásio + sericita + opacos + epidoto	inócuo
74	EJ029	Gnaiss	plagioclásio + quartzo + microclina + biotita + sericita	inócuo
92	EJ019	Calcário	calcita + quartzo + sericita	inócuo
124	MS030A	Calcário	calcita + quartzo	inócuo

Tabela 5.5 - Mineralogia simplificada e classificação das amostras de rocha coletadas na RMBH. (Continuação)

PONTO	AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO	MINERALOGIA	REAÇÃO ALCALI-AGREGADO
124	MS030B	Calcário	calcita + quartzo + sericita	inócuo
125	MS031	Calcário	calcita + sericita + quartzo	inócuo
142	MS042	Gnaisse	plagioclásio + quartzo + microclina + biotita + sericita	inócuo
143	EJ057	Calcário	calcita + quartzo + opacos + sericita	inócuo
151	MS039	Calcário	calcita + quartzo + sericita	inócuo
181	MS032	Gnaisse	plagioclásio + quartzo + microclina + biotita + sericita + granada	reativo
185	MS018	Calcário	calcita + quartzo + sericita	inócuo
189	MS033	Gnaisse	plagioclásio + quartzo + microclina + biotita + sericita	inócuo
191	MS011	Calcário	calcita + sericita	inócuo
192	EJ054	Calcário	calcita + quartzo	inócuo
193	MS034	Calcário	calcita + quartzo + sericita	inócuo
209	MS006	Calcário	calcita + quartzo + sericita	inócuo
211	MS005	Calcário	calcita + quartzo + sericita	inócuo
212	MS008	Calcário	calcita + quartzo + sericita	inócuo
213	MS007	Calcário	calcita + quartzo + sericita	inócuo
214	MS009	Calcário	calcita + quartzo + sericita	inócuo
216	MS010	Calcário	calcita + quartzo + sericita	inócuo
221	MS012	Calcário	calcita + opacos	inócuo
223	EJ055	Calcário	calcita + quartzo + sericita	inócuo
231	MS022	Calcário	calcita + sericita	inócuo
232	MS021A	Calcário	calcita + quartzo + sericita	inócuo
232	MS021B	Calcário	calcita + quartzo + sericita	inócuo

compõe mais de 50% da rocha, e há uma quantidade significativa de opacos.

Foram observadas texturas de deformação como porfiroclastos rotacionados, com sericita marcando a sombra de pressão, e quartzo microgranular com extinção ondulante (Figura 5.6d).

As rochas carbonáticas são compostas essencialmente por cristais de carbonato. Secundariamente, ocorrem quartzo e sericita, além de minerais opacos, que podem ocorrer como acessórios. Possuem texturas que variam de cristalina maciça a laminada. A maioria das rochas apresenta microfoliações, sendo compostas essencialmente de carbonato, podendo apresentar também quartzo e sericita, onde as micas podem aparecer dobradas (Figura 5.7a). As rochas maciças são compostas basicamente por cristais de quartzo granulares (Figura 5.7b). Algumas amostras apresentam grande quantidade de minerais opacos (chega a 2%), que marcam a estratificação/laminação, e outras apresentam matriz micrítica. De maneira

geral, observa-se intensa recristalização dos grãos de carbonato nas rochas.

Três amostras coletadas não se encaixam nos dois grupos principais supracitados. Tratam-se de: metadiabásio granolepidoblástico orientado, composto essencialmente por plagioclásio e sericita, e epidoto e opacos subordinados (EJ046B – Figura 5.8a); quartzito ferruginoso, composto essencialmente por quartzo recristalizado e minerais opacos (EJ034); e quartzito com textura granoblástica, onde a sericita aparece como acessório (MS061 – Figura 5.8b). Essas rochas não são utilizadas para produção de brita na RMBH.

Em relação à composição mineralógica, estas rochas não possuem restrição de uso e apresentam boas características para utilização como agregado para concreto, asfalto, enrocamento, drenagens e outras aplicações correntes na engenharia civil. A descrição simplificada da mineralogia e a classificação de todas as amostras coletadas na RMBH constam TABELA 5.5.

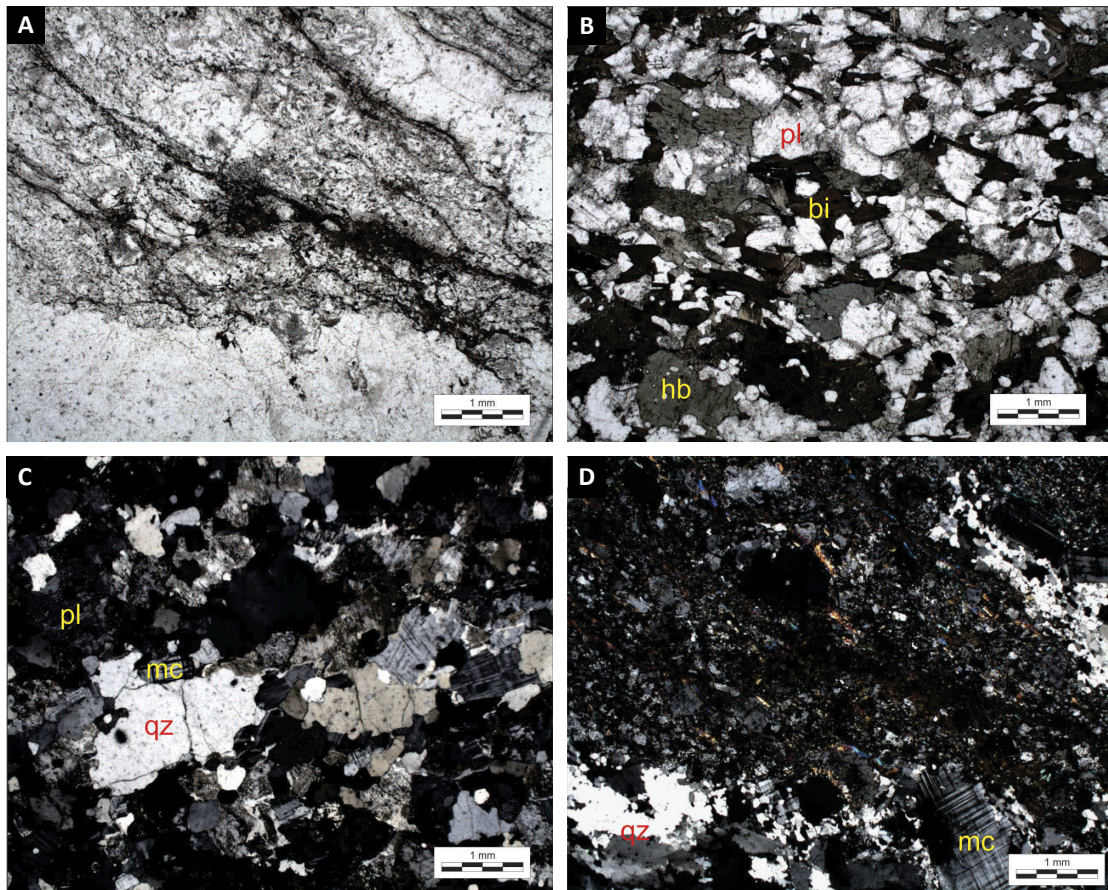


Figura 5.6 - Fotomicrografias de gnaisses presentes na RMBH. A – Bandamento gnáissico marcado por porção clara, composta por quartzo e feldspato; e escura, com biotita e hornblenda (nicóis paralelos) (EJ036A – ponto 167); B – Textura granoblástica em porção maciça do gnaisse (nicóis cruzados) (EJ038B – ponto 158); C – Textura granoblástica com grãos inequigranulares (nicóis cruzados) (EJ039 – ponto 151); D – Porção milonítica com porfíclasto de microclina e matriz microgranular de quartzo (nicóis cruzados) (EJ036A – ponto 167). Notações: Pl = plagioclásio; bi = biotita; hb = hornblenda; qz = quartzo; mc = microclina; mb = mica branca.

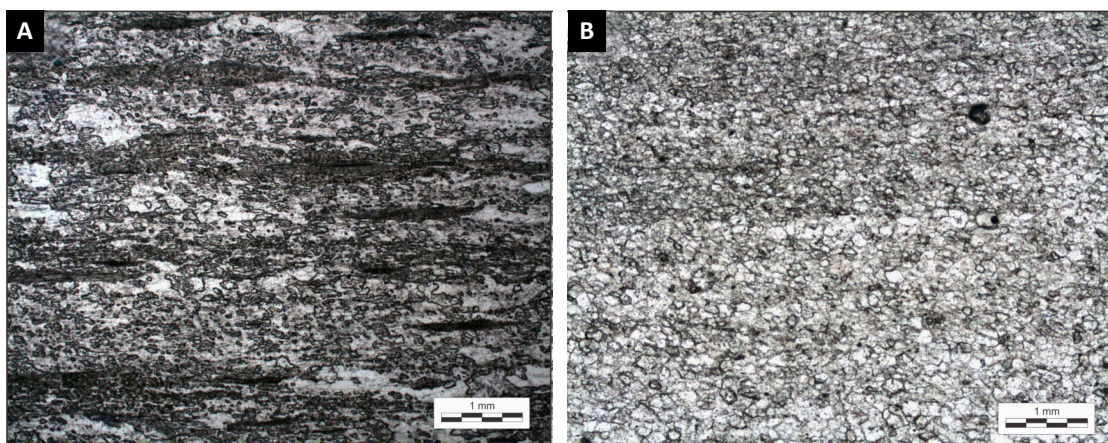


Figura 5.7 - Fotomicrografias de calcários comuns na RMBH. A – Calcário laminado composto por bandas de calcita e quartzo, alternadas a bandas com maior concentração de sericita (nicóis paralelos) (MS006 – ponto 209); B - Calcário maciço composto basicamente por cristais de calcita (nicóis paralelos) (MS011 – ponto 191).

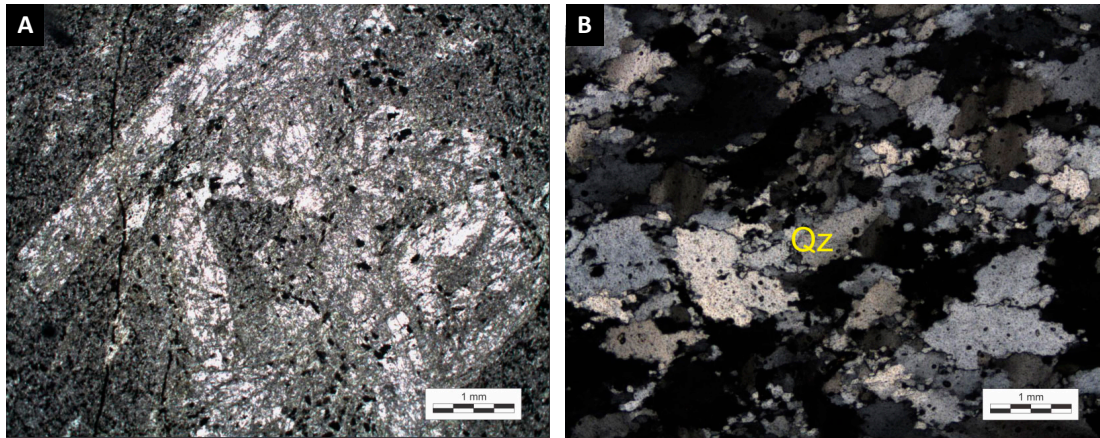


Figura 5.8 - Exemplos de rochas na RMBH. A – Metadiabásio com textura granolepdoblástica (nicóis paralelos) (EJ046B – ponto 71); B – Quartzito com granulação grossa, e grãos de quartzo deformados (nicóis cruzados) (MS061 – ponto 25). Notação: Qz = quartzo.

5.1.2.3.2. Reação álcali-agregado

Com base na caracterização petrográfica das rochas, pode-se avaliar a presença de constituintes do agregado susceptíveis a reações com os álcalis do cimento e seu percentual. A reação, genericamente chamada de álcali-agregado, se trata de uma reação lenta que ocorre entre o agregado e o concreto. Ocorre quando o concreto é mantido em contato com a água, podendo promover fissurações generalizadas, que chegam a comprometer a qualidade da estrutura.

A análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa dos agregados na presença de álcalis do concreto foi executada com base na norma ABNT NBR 15577-3 (2008) (Tabela 5.5). A análise parte do levantamento semiquantitativo da mineralogia e microtextura da rocha em lâmina petrográfica, dentre os quais se destacam: mineralogia (material reativo), textura, granulação, estado de alteração, deformação em grãos de quartzo (extinção ondulante e porcentagem de microgranular), textura em feldspatos (pertita e mirmequita) e microfissuras.

Deve-se então classificar o agregado (semiquantitativamente) em potencialmente inócuo ou potencialmente reativo. Os limites máximos aceitáveis de fases reativas geralmente adotados na classificação de um agregado como potencialmente inócuo são: 5% de quartzo deformado, 3% de calcedônia, 1% de tridimita ou cristobalita, 3% de vidro vulcânico e 0,5% de opala. Entretanto, com base na experiência do avaliador e em outras feições presentes, o petrógrafo pode admitir limites distintos.

Das 45 amostras avaliadas nesse projeto (Tabela 5.5), 37 (ou 82%) foram classificadas como potencialmente inócuas, e são adequadas para utilização em concreto segundo esse parâmetro. Já as outras 8 amostras (18%), foram classificadas como potencialmente reativas e recomenda-se estudos e ensaios de reatividade mais

aprofundados para definição dos riscos da utilização desse material no concreto. Os principais parâmetros determinantes para a classificação das rochas em potencialmente reativa foram a quantidade de quartzo deformado microgranular e microfissuras, presentes essencialmente nos gnaisses muito deformados.

As amostras de calcário, apesar de serem classificadas como potencialmente inócuas para reação de álcali-agregados, podem ser reativas para outras reações, como com ácidos. Portanto estudos adicionais devem ser realizados para aplicação desse material no concreto.

5.1.2.3.3. Caracterização tecnológica

Brita

Foram coletadas 5 amostras de brita 1 (dimensão mínima de 9,5 mm e máxima de 19 mm) utilizadas na RMBH. As amostras EJ058, EJ060, EJ033, EJ051 e MS078, coletadas nos pontos 215, 28, 64, 24 e 14 (Anexo II), respectivamente, foram submetidas às seguintes análises: Ensaio de abrasão “Los Angeles” (ABNT NBR NM 51, 2001); Determinação de perda ao choque no aparelho *Trenton* (DNER-ME 399, 1999); Determinação do índice de forma pelo paquímetro (ABNT NBR NM 7809, 2019); Determinação de massa unitária e volume de vazios (ABNT NBR NM 45, 2006); Determinação de massa aparente e absorção de água (ABNT NBR NM 53, 2009); e Determinação da resistência ao esmagamento de agregados graúdos (ABNT NBR 9938, 2013). Os resultados de cada teste estão sumarizados na TABELA 5.6.

Com base nesses resultados, podem ser feitas as seguintes considerações:

- Em relação ao ensaio de perda por abrasão “Los Angeles”, os resultados variaram entre 20,3 e 41,6%, satisfazendo os limites para a aplicação em concreto. Em

média, os valores obtidos nas britas de gnaiss (21,97%) são inferiores aos dos calcários (38,80%). Portanto, os gnaisses oferecem maior resistência e menor perda por abrasão do que os calcários.

- Na avaliação da perda ao choque em aparelho *Trenton*, os resultados variaram de 6,45 a 14,87%, sendo que todas as amostras ficaram abaixo do limite de referência para utilização em concreto. Novamente, a média obtida para os gnaisses (6,75%) é inferior à dos calcários (12,22%), indicando que os gnaisses são mais resistentes a perda por choque do que os calcários.

- Em relação ao índice de forma, o material britado apresentou valores entre 2,03 e 2,94%, indicando que todas as amostras atendem as especificações para uso em concreto. Em média, os valores obtidos para os gnaisses (2,07%) são inferiores aos dos calcários (2,82%). O valor elevado nos calcários é justificado pela superior proporção de fragmentos alongados e lamelares, em relação aos cúbicos, gerados pela britagem da rocha. Isso se deve à natureza sedimentar das rochas, que ocorre em camadas tabulares.

- A massa unitária definida mostrou valores entre 1453,58 e 1576,74 Kg/m³. Em média, os valores dos calcários (1538,20 Kg/m³) são superiores aos dos gnaisses (1480,05 Kg/m³).

- O volume de vazios medido variou entre 41,45 e 44,58%. Todos os valores satisfazem os limites para a aplicação no concreto. Os valores médios para calcários e gnaisses são semelhantes.

- Em termos da massa específica e absorção de água, também todos os valores satisfazem os limites para a aplicação em concreto. Os valores médios da massa aparente e de absorção de água são semelhantes entre gnaisses e calcários.

- Em relação à resistência ao esmagamento, os valores variam entre 18,75 e 32,06%. Os dois resultados obtidos nos calcários (30,38 e 32,06%) ficaram um pouco acima do valor de referência (< 30%). Já os de gnaiss, satisfazem os limites.

Em suma, as amostras encontram-se de acordo com os valores de referência comparados, exceto em relação à resistência ao esmagamento para os calcários. Os valores obtidos ainda mostram que a brita de gnaiss possui características físicas superiores às de calcário, principalmente em relação à perda por abrasão, perda ao choque, índice de forma e resistência ao esmagamento. Portanto, a brita de gnaiss pode ser considerada como material de melhor qualidade para o mercado consumidor produzido na RMBH.

Apesar de apresentar parâmetros físicos satisfatórios, a amostra MS078 necessita de estudos complementares para sua utilização, uma vez que, em análise petrográfica, a amostra foi classificada como potencialmente reativa (reação álcali-agregado), principalmente devido à quantidade de quartzo microgranular deformado e elevado grau de microfissuramento. Essa amostra foi coletada na região de Brumadinho (Anexo II).

Blocos de rocha

Além das amostras de brita, foram coletadas cinco amostras de blocos de rocha em afloramentos com potencial para a exploração como brita ou rocha ornamental. As amostras EJ019, EJ055, EJ057, MS065 e MS070, coletadas nos pontos 92, 223, 143, 29 e 11, respectivamente, foram ensaiadas para a determinação da densidade aparente, porosidade aparente e absorção d'água (ABNT NBR 15845-2, 2015). Os resultados para

Tabela 5.6 - Resultados dos ensaios tecnológicos das britas da RMBH.

PONTO		215	28	64	24	14	REFERÊNCIA
ENSAIO	UNIDADE	EJ058 (CALCÁRIO)	EJ060 (CALCÁRIO)	EJ033 (GNAISSE)	EJ051 (GNAISSE)	MS078 (GNAISSE)	
Abrasão "Los Angeles"	%	41,6	36,0	20,3	21,7	23,9	< 50
Perda ao choque em aparelho Trenton	%	14,87	9,57	7,03	6,76	6,45	< 20
Índice de forma	-	2,70	2,94	2,06	2,11	2,03	< 3
Massa unitária compactada	Kg/m ³	1499,66	1576,74	1515,21	1471,26	1453,68	-
Volume de vazios	%	44,51	41,45	43,52	43,04	44,58	< 50
Massa específica aparente	g/cm ³	2,69	2,68	2,67	2,62	2,61	> 2,4
Absorção d'água	%	0,35	0,17	0,23	0,32	0,31	< 1,0
Resistência ao esmagamento	%	32,06	30,38	18,75	19,12	20,34	< 30

Nota: os valores de referência foram baseados em normas ABNT.

as amostras de granito e de gnaïsse foram referendadas à norma ABNT NBR 15844 (2015), e as amostras de calcário foram referendadas à norma ASTM 568 (2017) para valores do Calcário de Alta Densidade. Os resultados desses testes, bem como os valores de referência perante as normas, constam na TABELA 5.7.

Com base nesses resultados, podem ser feitas as seguintes considerações:

- Todas as amostras apresentam densidade superior ao mínimo recomendado para uso como rocha ornamental, com os valores dos calcários variando entre 2.692 e 2.729 Kg/m³, para um mínimo estabelecido em norma de 2.560 Kg/m³, e os de granito e gnaïsse atingindo densidade superior a 2.640 Kg/m³ para um mínimo estabelecido de 2.550 Kg/m³. A densidade dos dois grupos de rochas é semelhante.

- No teste de Porosidade Aparente, o granito e o gnaïsse foram aprovados com valores 0,20 e 0,45%, respectivamente, perante um limite máximo de 1,0%. A norma ASTM não estipula valores de referência para a porosidade aparente em calcários. As amostras EJ019 e EJ055 de calcário apresentaram 0,38 e 0,34%, dentro dos limites para granitos e gnaïsses estipulados pela ABNT, e apenas a amostra EJ057 registrou valor de 1,12%, pouco acima do limite.

- Por fim, para a Absorção de Água, o granito e o gnaïsse marcaram 0,08 e 0,17%, respectivamente, perante um limite normatizado de 0,4%. Já a ASTM possui o valor 3,0% como a absorção máxima para calcários, e as amostras analisadas atingiram valores de 0,14, 0,13 e 0,42% nesse quesito.

Assim, todos os materiais amostrados possuem características físicas adequadas para aplicação como rochas ornamentais.

5.1.2.4. Potencial geológico

A demanda de brita na região de Belo Horizonte é quase totalmente suprida por grandes minas e pedreiras próximas a Betim, Contagem e Santa Luzia (brita de gnaïsse), e a Pedro Leopoldo e Matozinhos (brita de calcário). Os principais tipos de depósito de rochas potenciais para brita de gnaïsse na RMBH são associados às rochas

granito-gnaïssicas paleo a meso arqueanos pertencentes aos complexos Belo Horizonte, Bonfim e Divinópolis (Figura 5.1). Destacam-se as grandes mineradoras nas regiões de Betim e Contagem, e Santa Luzia.

Os principais depósitos de brita de calcário estão associados às rochas sedimentares calcárias da Formação Sete Lagoas (Grupo Bambuí). Também existe potencial para extração de rochas calcárias na Formação Lagoa do Jacaré.

Os requerimentos sob regime de requerimento e concessão de lavra de rochas para aplicação em brita, possuem atualmente área de aproximadamente 118,1 milhões de m².

Na RMBH não foi identificado nenhum empreendimento de extração de rocha ornamental.

5.1.3. Rochas calcárias

5.1.3.1. Geologia e tipologia dos depósitos

As rochas calcárias possuem várias aplicações na construção civil, podendo ser usadas como rochas ornamentais, agregados graúdos (brita e blocos), cimento, cal, entre outros. Os calcários são as rochas mais comercializadas no mundo (LUZ & LINS, 2008).

As rochas calcárias são rochas sedimentares, compostas predominantemente por minerais de carbonato de cálcio e magnésio, principalmente calcita (CaCO₃) e dolomita (CaMg(CO₃)₂). A aragonita (CaCO₃) possui a mesma composição química da calcita, porém com estrutura cristalina diferente, o que lhe confere propriedades diferentes. A aragonita é um mineral instável, que facilmente altera para calcita, a forma mais estável. Outros minerais carbonatados que estão comumente associados a rochas calcárias são: siderita (FeCO₃), ankerita (Ca₂MgFe(CO₃)₄) e a Magnesita (MgCO₃).

Para a classificação mineralógica das rochas calcárias, devem ser descritas as proporções de calcita, dolomita, bem como as impurezas presentes. A descrição da mineralogia é relevante para determinação da aplicabilidade industrial da rocha, porém a composição química é o parâmetro mais importante a ser analisado. Outro parâmetro relevante é o tipo e a

Tabela 5.7 - Resultados médios dos ensaios tecnológicos realizados em blocos de rocha.

PONTO		92	223	143	29	11	REFERÊNCIA (ABNT; ASTM)
ENSAIO	UNIDADE	EJ019 (CALCÁRIO)	EJ055 (CALCÁRIO)	EJ057 (CALCÁRIO)	MS065 (GNAÏSSE)	MS070 (GRANITO)	
Densidade Aparente	Kg/m ³	2729,0	2712,0	2692,0	2684,0	2645,0	> 2550,0; > 2560,0
Porosidade Aparente	%	0,38	0,34	1,12	0,45	0,2	< 1,0; n.e.
Absorção de Água	%	0,14	0,13	0,42	0,17	0,08	< 0,4; < 3,0

quantidade de impurezas presentes na rocha. A impureza mais comum em rochas calcárias é a argila, que pode estar disseminada na rocha ou concentrados em porções laminadas.

Dependendo da quantidade de argila, o calcário pode ser chamado de marga. Rochas calcárias contendo entre 5 e 10% de material argiloso, quando calcinadas, produzem cal fracamente hidráulica, entretanto, com uma contaminação entre 15 e 30%, resultam numa cal altamente hidráulica (LUZ & LINS, 2008).

Outras impurezas silicosas, tais como fragmentos de quartzo, feldspato, mica, talco e serpentinito, normalmente comprometem o aproveitamento econômico do calcário para a indústria. Para fins metalúrgicos e químicos devem conter menos que 1% de alumina e 2% de sílica (LUZ & LINS, 2008). Já para a produção de cimento, é aceitável até 9,40% de SiO_2 (Tabela 5.8). Outros compostos prejudiciais ao uso são as presenças de enxofre e fósforo (sulfetos, sulfatos e fosfatos). Nas indústrias metalúrgicas são exigidos calcários puros, e os teores de enxofre e fósforo não devem ultrapassar os valores de 0,03 e 0,02%, respectivamente.

O calcário ideal para a fabricação do cimento deve ter elevado teor de carbonato de cálcio ($\text{CaCO}_3 \geq 82\%$), baixos teores de sílica ($\text{SiO}_2 < 9,40\%$), óxidos de ferro ($\text{Fe}_2\text{O}_3 < 1,26\%$) e alumínio ($\text{Al}_2\text{O}_3 < 1,37\%$) e, em particular, baixo teor de carbonato de magnésio ($\text{MgO} < 1,19\%$) (AMBROSIO, 1974).

Os compostos de ferro no calcário são prejudiciais à sua aplicação para vários fins industriais, como: cerâmicas, tintas, papel, plásticos, borracha, além de outros. Na obtenção de cal, essas impurezas raramente são prejudiciais, desde que o produto final não necessite de grande pureza. Em geral, os compostos de ferro estão na forma de limonita (hidróxido de ferro) e pirita.

Na RMBH, as ocorrências de rochas calcárias são relacionadas às formações Sete Lagoas e Lagoa do Jacaré,

ambas do Grupo Bambuí. A grande maioria das ocorrências e todas as extrações estão inseridas na região de abrangência da Formação Sete Lagoas, no Polo de Pedro Leopoldo, restando apenas quatro ocorrências de rochas calcárias com potencial para extração (Figura 5.1 e Anexo II).

5.1.3.2. Caracterização tecnológica

Foram selecionadas 10 amostras de rocha calcária para caracterização química e tecnológica. Além dessas, 21 lâminas delgadas foram descritas com o intuito de realizar a caracterização mineralógica do material. A maioria das amostras pertence à Formação Sete Lagoas, que ocorre na região de Pedro Leopoldo. Foram ainda coletadas e analisadas 2 amostras da Formação Lagoa do Jacaré, na região de Baldim (Figura 5.1).

As rochas descritas podem ser separadas em dois grupos principais: um de calcário puro, cujas rochas são compostas basicamente por calcita, e outro impuro, com relevante contribuição argilosa. No geral, as rochas mais puras são preferencialmente utilizadas para fabricação de cimento, e as impuras para pedra de talhe. Para a aplicação na indústria cimenteira é essencial que a rocha seja mais pura possível, composta basicamente por calcita.

As rochas carbonáticas com bom potencial para produção de cimento são compostas essencialmente por cristais de carbonato e, secundariamente, quartzo e micas (Figura 5.9a e Figura 5.9b), desde que a concentração de SiO_2 não ultrapasse 9,40% do total (Tabela 5.8).

Os resultados químicos obtidos são mostrados na TABELA 5.9 e a dispersão dos resultados foi ilustrada na FIGURA 5.10.

A partir dos resultados de MgO, as amostras podem ser classificadas em três grupos: calcários (0 a 1,1% de MgO) (5 amostras – MS011, MS012, MS018, MS021A e MS031); calcário magnesiano (1,1 a 2,1%)

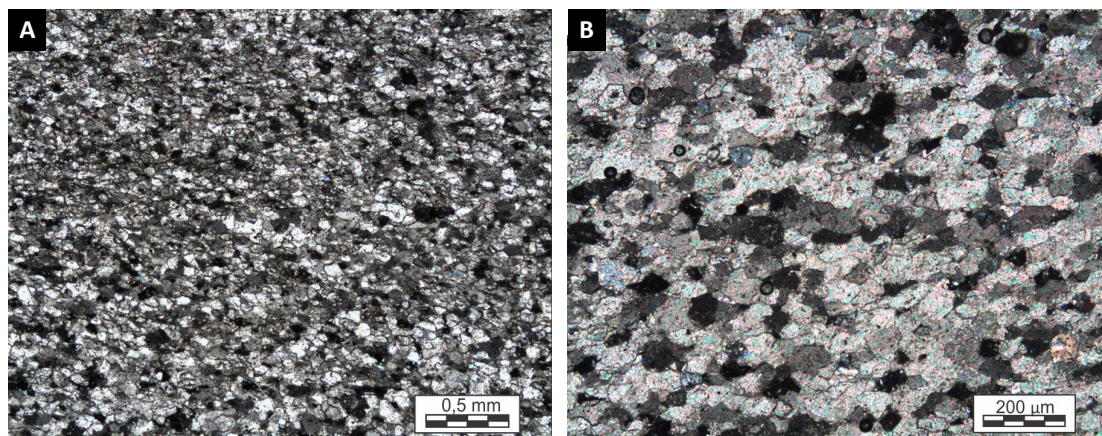


Figura 5.9 - Calcários aplicados na indústria cimenteira (MS011 – ponto 191). A – Fotomicrografia de calcário cristalino maciço com pouco quartzo (nicóis cruzados); B - Fotomicrografia de calcário cristalino maciço, fino, composto apenas por calcita (nicóis cruzados).

(1 amostra – MS034); e calcários dolomíticos (2,1 a 10,8%) (4 amostras – MS005, MS021B, MS30B e MS039). Os teores de MgO observados variaram de 0,18 a 5,84%. O *background* amostral representado pela

Tabela 5.8 - Composição química de um calcário com alto teor de CaCO₃ (≥ 82%), adequado para fabricação de cimento (SCHNELLRATH et al., 2001).

ÓXIDOS	TEOR (%)	ÓXIDOS	TEOR (%)
CaO	47,40	MgO	1,19
SiO ₂	9,40	S	0,04
Al ₂ O ₃	1,37	K ₂ O	0,26
Fe ₂ O ₃	1,26	Na ₂ O	0,12
PPC*	37,35		

*PPC = perda por calcinação.

mediana ficou em torno de 1,19%, valor que corresponde ao máximo desejável para a produção de cimento (Tabela 5.8). Os valores da razão Mg/Ca são baixos, inferiores a 0,15.

Os teores de CaO observados variam de 31,40 a 56,10%. O valor mais baixo representa as rochas impuras, com relevante contribuição argilosa; e o segundo, as mais puras, compostas basicamente por calcita. A mediana ficou levemente abaixo do valor ideal para produção de cimento, que é 47,40%. Porém grande parte das amostras, principalmente as coletadas próximas às cidades de Pedro Leopoldo e Lagoa Santa (MS011, MS012 e MS031), apresentam valores bem superiores, e são ideais para utilização por cimenteiras.

O enxofre (S) é um dos maiores contaminantes químicos prejudiciais na produção de cimento. Portanto, o

Tabela 5.9 - Resultados das análises químicas de calcários na RMBH. Os resultados estão expressos em percentagem (%).

PONTO	AMOSTRA	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃	BaO	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MnO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	LOI
211	MS005	0,02	29,70	4,60	<0,01	31,40	2,50	2,03	1,20	0,05	0,50	0,07	0,29	27,28
191	MS011	<0,01	0,31	<0,1	<0,01	56,10	0,20	0,06	0,02	0,02	<0,1	0,07	0,03	43,60
221	MS012	<0,01	0,59	<0,1	0,05	55,40	0,18	0,07	0,02	0,06	<0,1	0,08	0,02	43,40
185	MS018	<0,01	27,90	3,33	<0,01	34,90	1,02	1,50	0,54	0,07	1,09	0,04	0,17	28,75
232	MS021A	0,02	8,89	0,96	0,02	49,40	0,91	0,96	0,16	0,02	<0,1	0,06	0,09	39,19
232	MS021B	<0,01	6,56	0,65	0,01	45,70	5,20	0,43	0,32	<0,01	<0,1	0,04	0,08	40,60
124	MS030B	0,06	14,40	1,73	0,04	39,40	5,84	0,94	0,66	0,02	<0,1	0,06	0,08	36,94
125	MS031	0,01	1,62	<0,1	0,05	55,20	0,33	0,17	0,05	0,05	<0,1	0,11	<0,01	42,95
193	MS034	<0,01	21,20	3,15	<0,01	39,10	1,16	1,30	0,48	0,09	0,92	0,04	0,13	32,01
151	MS039	0,02	7,20	1,56	<0,01	46,50	3,95	0,62	0,51	0,02	<0,1	0,07	0,07	39,82

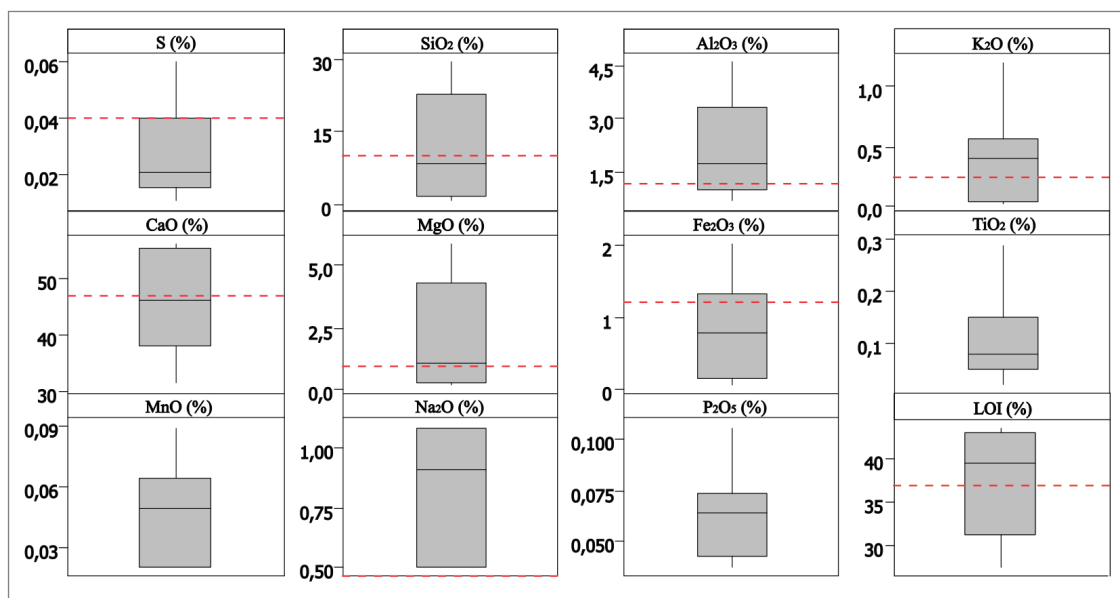


Figura 5.10 - Gráficos tipo *box-plot* ilustrando os resultados químicos apresentados na Tabela 5.9. A linha tracejada em vermelho marca os limites ideais para produção de cimento (Tabela 5.8).

teor de S é um dos principais parâmetros a ser analisados para escolha do material. Nesse sentido, 90% das amostras não mostram contaminação em enxofre para a indústria cimenteira, e apenas a amostra MS030B ficou acima do limite desejável (Tabela 5.8). Também para utilização na metalurgia, apenas essa amostra citada extrapola o limite.

Outros contaminantes prejudiciais à produção de cimento são a sílica e a alumina. Os valores variam de 0,31 a 29,70% para SiO_2 e de 0,01 a 4,60% de Al_2O_3 . Os menores valores para as duas substâncias ocorrem na amostra MS011, e os maiores na MS005 (Tabela 5.9). A correlação positiva desses dois parâmetros indica que os teores estão relacionados à concentração de argilominerais na rocha. Isso ainda é corroborado pelas concentrações de K_2O e TiO_2 , que também seguem a mesma correlação. A mediana dos teores de sílica fica abaixo do valor ideal para produção de cimento, enquanto as de Al_2O_3 e K_2O ficam um pouco acima dos valores de referência.

Existem relatos de zonas silicificadas na região, caracterizadas por altos teores de SiO_2 e baixos de Al_2O_3 , K_2O e TiO_2 . Nesse trabalho não foram identificadas amostras desse tipo. Zonas silicificadas são prejudiciais para a utilização do material em cimenteiras, porém, rochas presentes nestas zonas podem ser utilizadas como brita.

Os valores de Fe_2O_3 ficaram, na mediana, abaixo dos valores de referência para utilização no cimento, porém três amostras possuem valores mais altos. Em relação ao Na_2O , os três resultados que puderam ser quantificados, ficaram acima do limite (Tabela 5.9).

Tendo em vista os resultados obtidos, pode-se estabelecer as amostras ideais para a produção de cimento. As amostras MS011, MS012, MS021A e MS031 se enquadram dentro de todas as exigências para o calcário ideal na produção de cimento. Existem ainda outras

amostras que possuem teores próximos aos desejáveis e podem ser usadas, desde que realizadas algumas misturas. São elas MS021B e MS039, que necessitam de correção de MgO .

Já para a utilização como pedra de talhe, destacam-se as amostras com elevada presença de filmes argilosos, utilizados na partição das placas de rocha (Figura 5.11a). Das amostras analisadas quimicamente, a amostra MS005, que possui maiores concentrações de elementos terrígenos, é a mais indicada para essa utilização. A amostra foi coletada em uma extração inativa de pedra de talhe (Figura 5.11b).

5.1.3.3. Potencial geológico

O potencial geológico para extração de rochas calcárias na RMBH se restringe às unidades carbonáticas pertencentes ao Grupo Bambuí, principalmente das formações Sete Lagoas e Lagoa do Jacaré. Essas rochas afloram na porção norte da região, nas regiões das cidades de Pedro Leopoldo, Lagoa Santa, Matozinhos, São José da Lapa, dentre outras, que compõem o Polo de Pedro Leopoldo (Figura 5.1 e Anexo II).

Estima-se que a Formação Sete Lagoas possua espessura entre 150 e 250 m, e em todas as lavras visitadas, a espessura do talude variou de 5 a 45 m. Essa unidade aflora em uma área de 713 milhões de m^2 na RMBH.

Já a outra unidade carbonática da região, Formação Lagoa do Jacaré, aflora em uma área de 94,6 milhões de m^2 , na região extremo norte da RMBH e não foi observada nenhuma extração de brita ou calcário para cimento. Possui espessura média de 120 m.

Em relação aos polígonos em fase de requerimento ou autorização de lavra para extração de rochas calcárias (calcário e dolomito), foi calculada área de 131,2 milhões de m^2 requeridos.

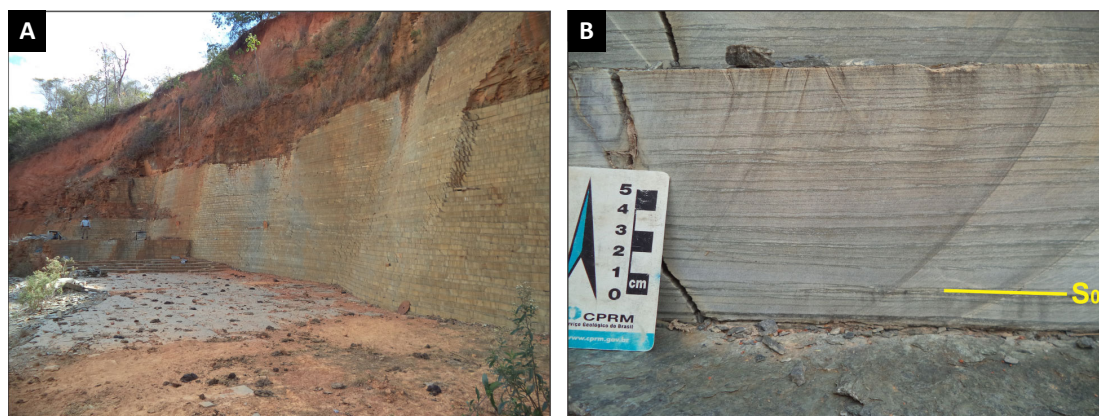


Figura 5.11 - Extração de pedra de talhe nas regiões de Fidalgo e Pedro Leopoldo. A – Calcário com filmes argilosos marcando o acamamento sedimentar (S0); B – Mina inativa de pedra de talhe.

5.1.4. Argilas

5.1.4.1. Conceitos e aplicações

Argila é um material natural composto principalmente por argilominerais com granulometria abaixo de 4 µm de diâmetro (WENTWORTH, 1922). Argilominerais são filossilicatos hidratados de alumínio e ferro, podendo conter elementos alcalinos e alcalinos terrosos.

O termo argila não tem significado genético, sendo utilizado para materiais provenientes do intemperismo, ação hidrotermal ou da sedimentação. É usado na classificação granulométrica de partículas. Os depósitos extraídos de argila comercial, normalmente são residuais, originados da decomposição direta das rochas, ou sedimentares, decorrentes da sedimentação de partículas transportadas, ou diagenéticas. Os principais grupos de argilominerais são os da caulinita, illita, esmectita e montmorilonita.

Em termos de aplicabilidade, as argilas podem ser classificadas em relação à cor de queima como: Argila vermelha (queima vermelha a 850 °C); Argila branca (queima branca a 1250 °C); e Argila refratária (queima com cor castanho a 1400 °C).

As argilas possuem grande aplicabilidade industrial e na construção civil. As argilas vermelhas podem ser aplicadas na produção de cerâmica, confecção de tijolos, telhas, manilhas, blocos e lajotas. A denominada argila branca é utilizada na produção de louça sanitária, porcelanas (mesa, elétrica, ou de laboratório), porcelanato, azulejos e pastilhas. A argila refratária é utilizada na indústria de refratários, produtos sílico-aluminosos e aluminosos, isolantes térmicos para refratários e isolantes.

A atividade mineral de argila é pouco desenvolvida na RMBH. Foram identificados apenas 8 pontos de extração de argila como produto principal, e 11 como subproduto de extrações de areia. Os depósitos são em sua maioria

em terraços aluvionares. Destacam-se as regiões de Rio Manso, Esmeraldas e Pedro Leopoldo, com depósitos de argila sedimentar em terraço aluvionar, quase sempre associados a extrações de areia.

5.1.4.2. Tipologia dos depósitos

Os principais ambientes geológicos propícios para geração de depósitos de argila são: manto de intemperismo de rochas (residual), terraços aluvionares (sedimentar) e rochas sedimentares pelíticas (diagenética).

Na RMBH foram identificadas apenas depósitos de argila residual e sedimentar, sendo 3 extrações em mantos de intemperismo (Figura 5.12a) e 16 em terraços aluvionares (Figura 5.12b).

Existe potencial para extração de argila diagenética associada às rochas pelíticas do Grupo Bambuí (formações Serra de Santa Helena e Serra da Saudade) nas regiões de Jaboticatubas e Baldim, porém não foi identificada nenhuma extração em argila desse tipo.

5.1.4.2.1. Argila residual

As argilas residuais resultam da ação do intemperismo sobre rochas *in situ* ou por percolação de soluções ascendentes ou descendentes de origem magmática ou meteórica. Os principais fatores que regem os processos de formação por intemperismo são o tipo de rocha, clima, variação anual de temperatura, chuvas, topografia, vegetação e tempo geológico (PRESS *et al.*, 2006).

Existe maior potencial para desenvolvimento de depósitos de argila residual onde ocorre: intemperismo químico intenso; pouco transporte; elevada lixiviação de constituintes para dentro do solo; regiões úmidas, quentes e com relevo suave; e vegetação desenvolvida. A morfologia e extensão destes depósitos dependem principalmente do tipo da rocha mãe, clima e topografia. Argilas desse tipo são normalmente classificadas em

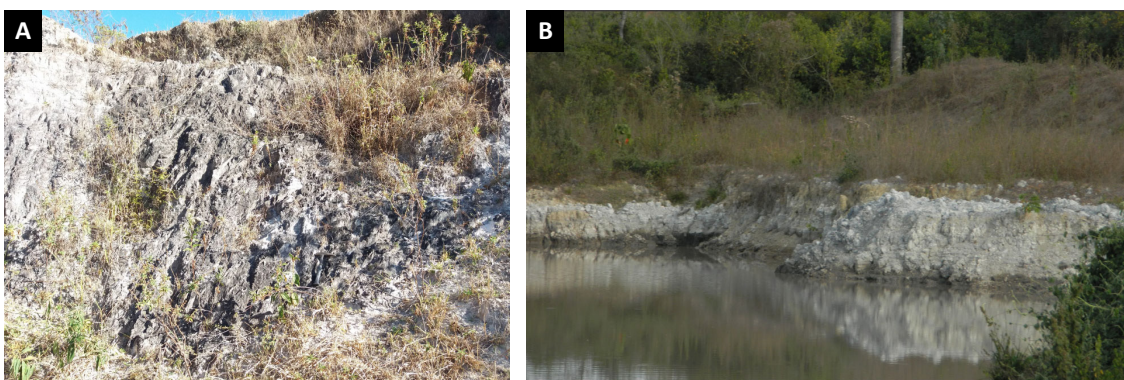


Figura 5.12 - Tipologia de depósitos de argila na RMBH. A – Argila residual em manto de intemperismo de rocha granítica em Caeté (EJ024 – ponto 69); B – Argila sedimentar em terraço aluvionar em Esmeraldas (SA009 – ponto 184).

caulins, de cor branca ou clara após queima, ou argilas residuais de cor vermelha após queima.

Foram identificadas 3 extrações inativas de argila residual na RMBH. Sendo que duas delas são desenvolvidas em manto de alteração de rochas graníticas dos complexos Bonfim e Belo Horizonte (Figura 5.11a), e uma de alteração de xistos do Grupo Sabará.

5.1.4.2.2. Argila aluvionar

Argilas sedimentares constituem material fino erodido de área fonte, transportado e depositado em outros locais. Apresentam pouca ou nenhuma alteração química durante o transporte realizado em rios ou em lagos, porém, em água do mar é mais propício para ocorrer reações químicas. Normalmente são transportadas em suspensão em meio aquoso. São depositadas em condições de água calma e originam depósitos de diferentes extensões. As argilas sedimentares podem ser divididas em marinhas, de estuário, lacustres, pântanos, glaciais e fluviais.

Dentre esses tipos de argila sedimentares foram identificados na RMBH apenas depósitos do tipo fluvial em terraços aluvionares (16) (Figura 5.11b). São associadas às margens de rios ou várzeas, nas planícies de inundação. Apresentam-se sob a forma de camadas ou lentes de extensão limitadas e podem estar intercaladas com bancos de silte e areia.

No geral, as argilas fluviais são extremamente plásticas, apresentam alto teor em óxido de ferro e são utilizadas com sucesso na produção de cerâmica vermelha. Esse tipo de depósito é abundante em países tropicais, constituindo importante fonte de matéria prima na indústria de cerâmica vermelha. Geralmente são compostos por illita e caulinita, possivelmente com montmorilonita subordinada.

5.1.4.3. Potencial geológico

Apenas o potencial geológico para argila sedimentar em terraço aluvionar é aproveitado atualmente na RMBH. São depósitos estratiformes com espessuras variáveis, desde poucos centímetros até 6 m, associados à depósitos sedimentares recentes. Muitas vezes, a argila é explotada como subproduto da areia. Destacam-se as regiões de Esmeraldas, Pedro Leopoldo e Rio Manso na exploração de argila vermelha na RMBH.

Existe potencial para produção de argila residual em manto de alteração de rochas granitoides, atividade pouco desenvolvida na RMBH, e de argila diagenética associada às rochas pelíticas do Grupo Bambuí, essa última sem extrações identificadas na região.

5.1.5. Cascalho

O cascalho, também conhecido como pedregulho, é um agregado natural derivado de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares. Basicamente, é formado através do intemperismo físico e químico de rochas que geram seixos de diâmetro superior a 4,8 mm. Em razão de condições severas de transporte e intemperismo dos seixos, as cascalheiras apresentam concentrações de material silicoso ou sílico-aluminosos de grande resistência ao desgaste.

5.1.5.1. Tipologia e geologia dos depósitos

O cascalho na RMBH pode ser encontrado em dois tipos de depósito: residual em manto de alteração ou sedimentares em terraço aluvionar.

Os depósitos residuais são formados pela ação do intemperismo, que desagrega e decompõe as rochas sãs. A partir destes processos têm-se a formação das coberturas de materiais inconsolidados sobre as rochas rígidas das quais estes derivam. Os materiais sobre a rocha fresca podem ser chamados de saprólito ou alterito e, sobre esta, ocorre, normalmente, o solo residual, onde as partículas diminuem de tamanho conforme se aproximam da superfície (TOLEDO *et al.*, 2000). Nestes locais é possível extrair o cascalho, que normalmente encontra-se sobre a rocha alterada *in situ*. Os complexos ortognaissicos mesoarqueanos, principalmente quando cortados por veios de pegmatitos, têm um alto potencial para extrações desta substância (Figura 5.13a). Normalmente são compostos por fragmentos angulosos de quartzo e feldspato com tamanhos variáveis. Locais cortados por veios de quartzo também são explorados para extração de cascalho na RMBH.

Os depósitos de cascalho desenvolvidos em terraços aluvionares estão associados aos mesmos depósitos de areia e argila, porém nas porções com granulometria mais grossa. Neste contexto, tais terraços, e também aluviões, são fontes para a retirada de cascalho. Na RMBH, tais depósitos aluvionares são caracterizados por material argilo-arenoso semi-consolidado, composto por areia fina a grossa, com níveis de cascalho arredondado e mal selecionado (Figura 5.13b).

5.1.6. Saibro

A ABNT NBR 13.529 (2005) define saibro como sendo o solo proveniente do intemperismo de granito e gnaiesses, com minerais parcialmente decompostos, arenoso ou siltoso. O saibro é conhecido como um tipo de material de empréstimo, utilizado em aterros de todo tipo, terra batida, e também pode ser usado como constituinte de argamassa.

5.1.6.1. Tipologia e geologia dos depósitos

Os depósitos de saibro são desenvolvidos em manto de alteração de rochas quartzo-feldspáticas, principalmente granitoides. São constituídos por material sem coesão, formados principalmente por argilominerais e quartzo, e micas em menor proporção. Geralmente possui coloração rósea (Figura 5.14a), avermelhada (Figura 5.14b) a esbranquiçada. São formados pela alteração intempérica química de rochas. A espessura do depósito vai depender principalmente do grau de intemperismo da rocha.

Os depósitos podem abranger extensas áreas e geralmente são explotados próximos a encostas de morros, devido à facilidade de extração.

Esse material não exige rígidas especificações, principalmente para utilizações menos nobres, como em aterros. Geralmente os parâmetros usados para utilizações específicas levam em consideração a forma, a textura e o grau de angulosidade dos grãos, e composição de argilominerais, sais solúveis e matéria orgânica.

Normalmente o material mais argiloso é usado em revestimentos, enquanto que o mais arenoso é mais utilizado em pisos. No geral, o percentual de argila no saibro não deve ultrapassar 30% e o de areia deve ser no mínimo 20% (RÊGO, 2008).

Na RMBH foram identificados vários depósitos de saibro relacionados à alteração de gnaisses e granitoides pertencentes aos complexos Belo Horizonte, Bonfim e Divinópolis. As atividades são mais desenvolvidas em locais onde ocorrem rochas do Complexo Belo Horizonte, principalmente nas regiões dos municípios de Esmeraldas e Taquaraçu de Minas.

5.1.7. Filito

5.1.7.1. Tipologia e geologia dos depósitos

O filito é uma rocha metamórfica (metassedimentar) muito fina, com grau metamórfico intermediário entre ardósia e xisto, sendo composta basicamente por sericita,

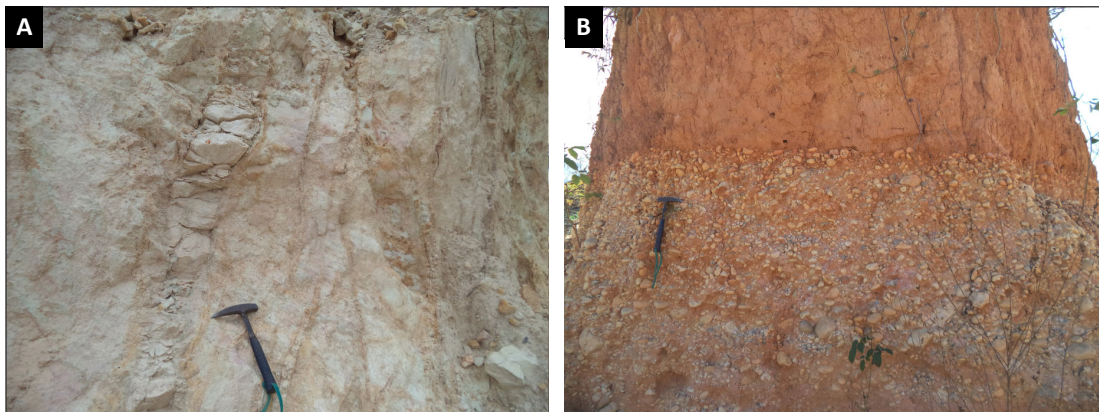


Figura 5.13 - Tipos de cascalho extraídos na RMBH. A – Cascalho residual em manto de alteração de granitoide, cortado por veios de pegmatito, na região de Melo Viana, em Esmeraldas (MS004 – ponto 126); B – Cascalho sedimentar de paleocanal aluvionar em Santa Luzia (MS048 – ponto 110).

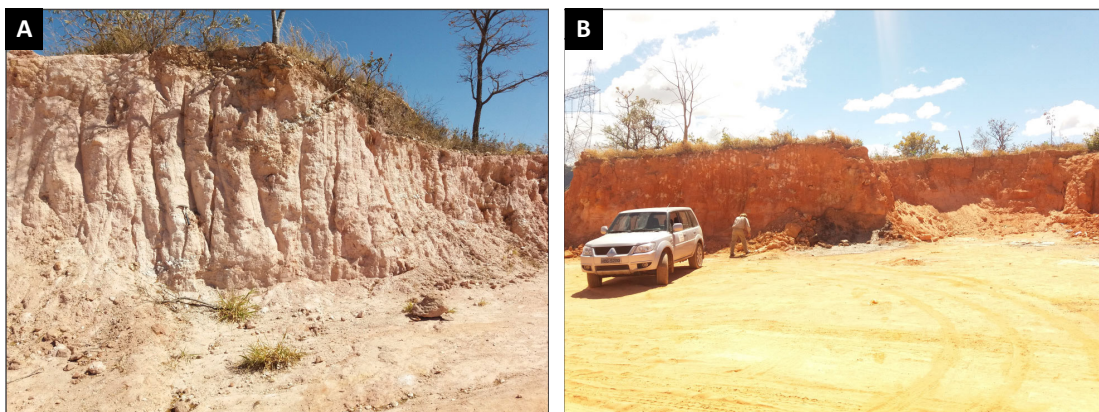


Figura 5.14 - Extrações de saibro na RMBH. A – Extração sazonal de saibro em manto de alteração de gnaisse na região de Santa Luzia (EJ030 – ponto 78); B – Extração ativa de saibro em manto de alteração em Ribeirão das Neves (EJ042 – ponto 87).

caulinita e quartzo. Esse tipo de rocha é abundante no Quadrilátero Ferrífero, principalmente em rochas do Supergrupo Rio das Velhas.

O filito comercial se trata de um pó de rocha utilizado na construção civil como composto de argamassa para reboco, impermeabilizante, isolante térmico, e ainda como fundente na indústria da cerâmica. Além disso, ele pode ser utilizado para melhorar os aspectos físicos de outros elementos como areia e cimento, sendo também um elemento muito versátil para vedação. Tal agregado tem sido empregado como substituto do barro. É extraído do manto de intemperismo da rocha filítica.

Os depósitos são do tipo residual em manto de alteração e possuem morfologia irregular. A espessura varia de acordo com o grau de intemperismo da região. Nos depósitos nas regiões de Nova União (MS026 – ponto 112) e de Mateus Leme (MS064 – ponto 21) visitados na RMBH, a espessura lavrada variou de 2 a 8 m (Figura 5.1 e Anexo II).

O material alterado depende da composição original da rocha, que pode ser mais sericítica (Figura 5.15a) ou sericítica grafitosa (Figura 5.15b).

O filito sericítico é composto basicamente por quartzo e sericita com granulação muito fina a fina. O grafitoso possui relevante contribuição de grafita, o que lhe confere a cor cinza a cinza escura. No depósito de filito grafitoso visitado na RMBH, a mesma empresa extrai em uma lavra ao lado, a grafita para uso industrial.

5.1.7.2. Caracterização química

No ponto MS064 (A) foram obtidos quatro resultados químicos de amostras de filito sericítico grafitoso, muito alterado, que apresenta teores médios de: SiO₂ = 55,3%; Al₂O₃ = 21,175%; Fe₂O₃ = 10,025%; CaO = 0,225%; MgO = 0,615%; TiO₂ = 0,76%; P₂O₅ = 0,035%; Na₂O = 0,3775%; K₂O = 5%; MnO = 1,95% (Tabela 5.10). Destaque para um dos teores de Mn, que aparece anormalmente alto. A amostra coletada no ponto MS026, de um filito muito

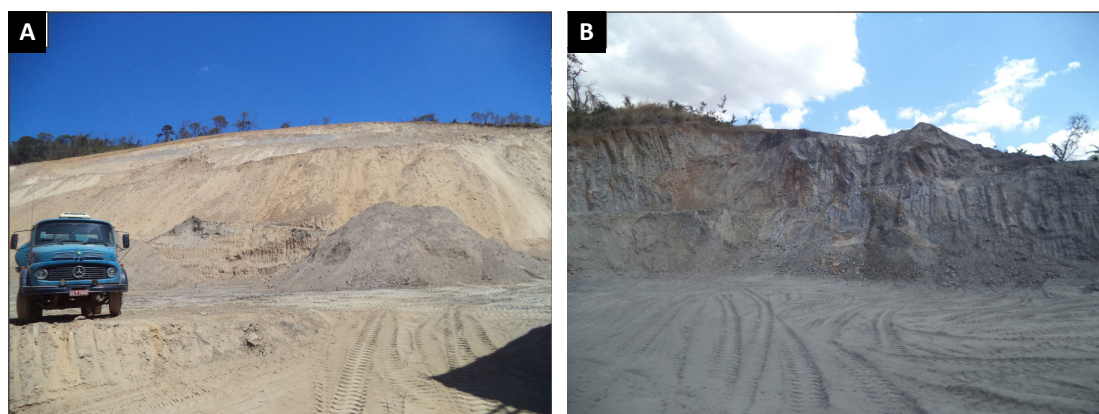


Figura 5.15 - Depósitos de filito na RMBH. A – Filito sericítico (Nova União); B – Filito sericítico grafitoso (Mateus Leme).

Tabela 5.10 - Resultados químicos de duas lavras de filito. Resultados cedidos pelas seguintes empresas: Mineração Pedra Azul Ltda. (MS064) e Savana Minas Mineração Ltda. (MS026).

PONTO	AMOSTRA	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	Cr ₂ O ₃	ZrO ₂	PPC
21	MS064 (A)	56,6	22,6	9,2	0,04	0,42	0,72	0,03	0,56	4,59	0,24	0,03	<0,010	4,87
		53,4	24,2	10,0	0,02	0,47	0,75	0,02	0,44	5,64	0,22	0,02	<0,010	4,73
		60,1	17,9	10,4	0,02	0,82	0,82	0,05	0,28	4,82	1,23	0,02	<0,010	3,59
		51,1	20,0	10,5	0,01	0,96	0,75	0,04	0,23	4,97	6,11	0,01	0,020	5,34
112	MS026 (B)	57,7	19,0	9,2	0,01	1,02	0,92	0,12	<0,10	3,67	0,54	0,01	<0,010	6,25
		59,4	18,2	9,3	0,01	1,27	0,92	0,14	<0,10	4,49	0,45	0,02	<0,010	5,31
		56,2	19,4	9,5	0,01	1,29	0,94	0,14	<0,10	4,40	0,74	0,02	<0,010	5,99
		52,5	23,7	8,6	0,01	1,64	1,18	0,07	<0,10	5,33	0,15	0,02	<0,010	6,52
		53,5	21,2	10,0	0,01	1,19	1,03	0,10	<0,10	3,91	0,31	0,03	<0,010	8,06
		62,9	20,5	5,0	0,02	1,44	1,08	0,04	<0,10	4,90	0,03	0,02	0,020	5,45

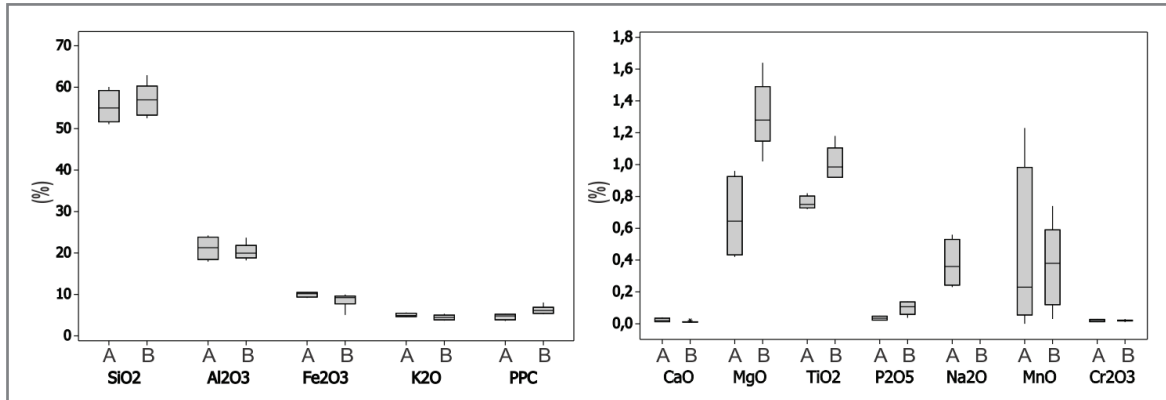


Figura 5.16 - Comparação entre dados geoquímicos das amostras de filito (MS026 e MS064) através de gráficos tipo *boxplot*.

alterado, amarelo e cinza sericítico, apresentou teores médios de: SiO₂ = 57,11%; Al₂O₃ = 20,33%; Fe₂O₃ = 8,6%; CaO = 0,1%; MgO = 1,31%; TiO₂ = 1,01%; P₂O₅ = 0,10%; K₂O = 4,5%; MnO = 0,4% (Tabela 5.10).

As amostras dos pontos (A) e (B) apresentaram poucas variações entre si quanto ao aspecto químico. Ocorrem variações pouco significativas entre os teores de óxidos de silício, alumínio, ferro, potássio, cálcio, fósforo, manganês e cromo (Figura 5.16). Já os teores dos óxidos de titânio, magnésio e sódio foram relevantes, indicando possível variação composicional da rocha fonte nas duas localidades. Os teores de MgO e TiO₂ foram superiores na amostra (B) e os teores de Na₂O ficaram todos abaixo do limite de detecção nesta amostra.

Não existem normas formais que estabeleçam valores de referência para utilização de filito em argamassa. Segundo comunicação verbal das empresas produtoras, são desejáveis baixos teores de Fe₂O₃, CaO e MgO no produto.

5.1.7.3. Potencial geológico

Foram identificadas apenas três extrações de filito na RMBH (MS026, MS029 e MS064) (Figura 5.1 e Anexo II). Os valores dos recursos foram estimados com dados obtidos em campo, como espessura da lavra e área do morro explorado. Os recursos potenciais foram calculados multiplicando os valores médios do perfil lavrável pela área aproximada do morro onde estão localizados os três empreendimentos (2,6 milhões m²). Estima-se potencial de cerca de 13 milhões m³ de perfil lavrável de filito nos três depósitos visitados na região. Considerando as áreas dos sete requerimentos e concessão de lavra para filito na RMBH, com área de 10,1 milhões m², estima-se potencial de cerca de 50 milhões m³ de filito lavrável.

5.2. ÁREAS POTENCIAIS

Foram delimitadas áreas de maior potencial para exploração de insumos minerais para a construção civil

na RMBH. Destacam-se algumas regiões com vocação de produção para cada bem mineral (Figura 5.17).

Essas áreas potenciais foram definidas a partir de critérios econômicos (polos produtores) e geológicos, também levando em consideração as áreas urbanizadas e de proteção ambiental.

- Área 1 – Esmeraldas: areia (argila; saibro);
- Área 2 – Pedro Leopoldo: calcário (brita; areia; argila);
- Área 3 – Betim-Contagem: brita (areia; saibro);
- Área 4 – Santa Luzia-Sabará: brita (areia; saibro);
- Área 5 – Brumadinho: brita (areia; saibro);
- Área 6 – Rio Manso: areia (argila);
- Área 7 – Taquaraçu de Minas: cascalho (areia; saibro).

As áreas 1, 2, 3, e 4 são as principais áreas produtoras de insumos para construção civil e apresentam grande relevância na produção da RMBH. Apenas essas quatro estão delimitadas no Mapa Recursos e Potenciais Minerais (Anexo II).

As três áreas restantes (áreas 5 a 7) são tratadas somente neste capítulo. Trata-se de áreas com algumas ocorrências, porém sem grande relevância na economia da região. Porém ainda apresentam potencial para extração de insumos minerais para a construção civil.

Área 1 – Região de Esmeraldas: é a maior produtora de areia da RMBH: está situada no noroeste da RMBH, englobando uma área de 794 km² e 45 pontos de recursos minerais cadastrados, principalmente de areia (39 pontos), e subordinadamente de argila (3), cascalho (1) e saibro (1) (Figura 5.17 e Anexo II). São pontos de extrações ativas e inativas. A areia e a argila sedimentar estão associadas a depósitos aluvionares compostos por material argilo-arenoso semi-consolidados (areia fina a grossa, com níveis de cascalho arredondado e mal selecionado, e argila). Os depósitos residuais são relacionados a manto de alteração de gnaisses e granitoides, principalmente pertencentes a Complexos ortognáissicos mesoarqueanos (Complexo Belo Horizonte). O potencial geológico dessa região é alto para depósitos de areia e

argila sedimentares e saibro. Destacam-se as extrações nos leitos de rios e em terraços aluvionares de drenagens da bacia do Rio Paraopeba.

Área 2 – Região de Pedro Leopoldo: abrange uma área de 744 km² a norte de Belo Horizonte, que engloba as cidades de Pedro Leopoldo, Matozinhos, São José da Lapa, Lagoa Santa, Capim Branco, Confins e Vespasiano (Figura 5.17 e Anexo II). Abrange o polo cimenteiro da RMBH. A região contém 66 pontos de recursos minerais

cadastrados (Figura 5.17 e Anexo II), dentre os quais são 39 pontos de calcário, 24 de areia, 2 de saibro e 1 de cascalho. Os depósitos de calcário são do tipo sedimentar, relacionados às rochas sedimentares carbonáticas da Formação Sete Lagoas (Grupo Bambuí). Além da aplicação no cimento, rochas calcárias maciças podem ser usadas para a produção de brita. Os calcários laminados são usados como pedra de talhe para revestimento, principalmente na localidade de Fidalgo (Pedro Leopoldo).

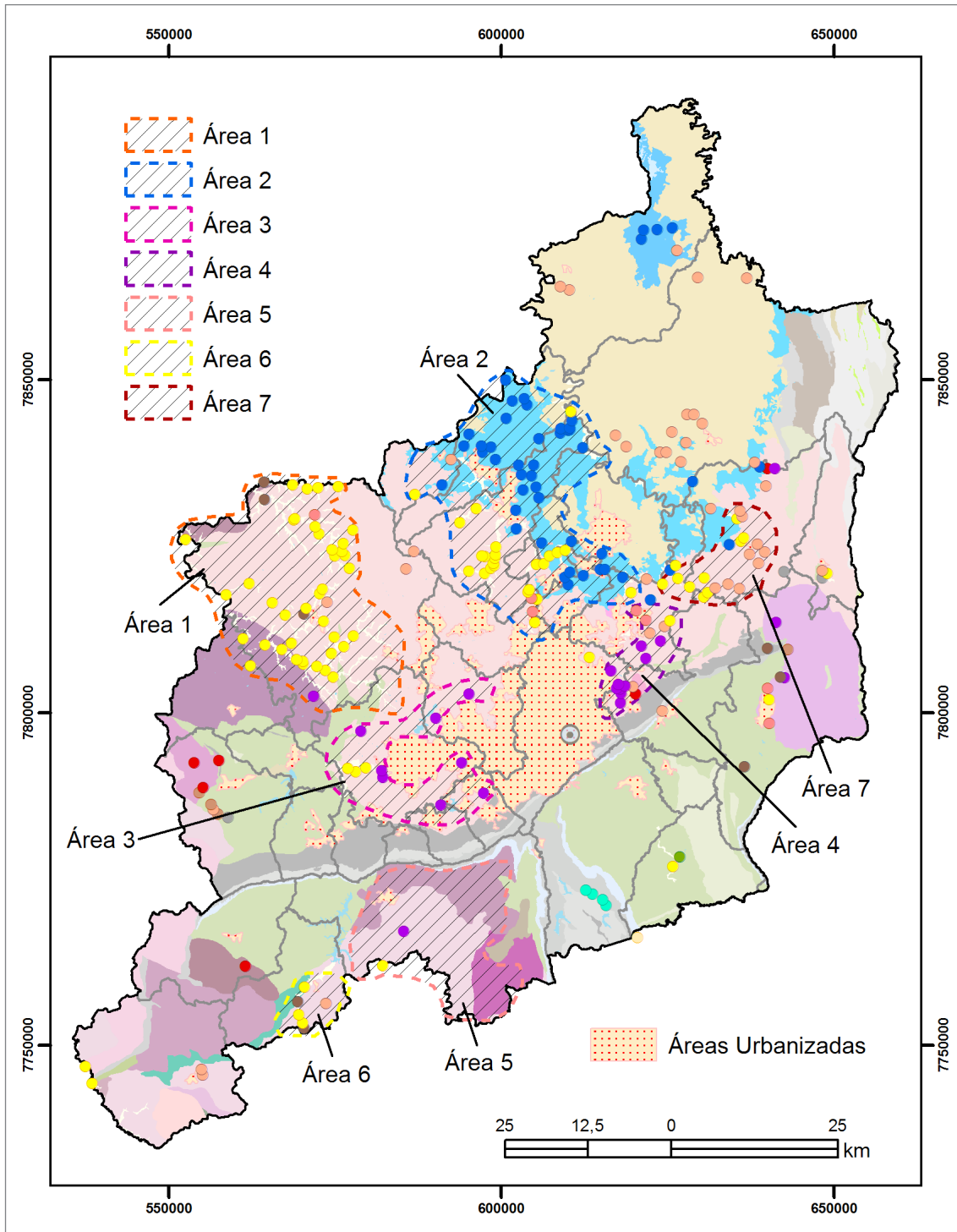


Figura 5.17 - Mapa com as principais regiões potenciais de insumos minerais para a construção civil na RMBH.

Destacam-se ainda nessa região as extrações de areia no Ribeirão da Mata, pertencente à bacia do Rio das Velhas. O potencial geológico dessa região é alto para depósitos de calcário sedimentar relacionados ao Grupo Bambuí, e para depósitos de areia em terraços aluvionares relacionados aos depósitos aluvionares.

Área 3 – Região de Betim-Contagem: possui 268 km² de área, que abrange parte das cidades de Betim, Contagem, Sarzedo e Ibirité, a sudoeste de Belo Horizonte (Figura 5.17 e Anexo II). As extrações de brita e blocos de pedra de gnaiss na região estão relacionadas a complexos ortognáissicos mesoarqueanos. Compreende 11 pontos de recursos minerais cadastrados, dentre os quais, 8 pontos são de extrações de gnaiss e 3 de areia. Ocorrem três extrações de areia relacionadas a terraços aluvionares do Rio Betim.

Área 4 – Região Santa Luzia-Sabará: corresponde a uma área de 115 km², que abrange os municípios de Santa Luzia, Sabará e Belo Horizonte. Possui 17 pontos de recursos minerais cadastrados na área. São extrações de gnaiss e granito (11 pontos), saibro (3), cascalho (2) e areia (1). As extrações de brita e blocos de pedra na região são relacionadas a gnaisses do Complexo Belo Horizonte. As extrações de saibro e cascalho são em depósitos residuais, em mantos de alteração de gnaisses.

Área 5 – Brumadinho: ocorre na região das cidades de Brumadinho e Bonfim e apresenta apenas uma mineração de gnaiss para produção de brita. São gnaisses pertencentes a complexos ortognáissicos mesoarqueanos (Complexo Bonfim). A região possui ainda uma extração de areia residual em manto de alteração dos gnaisses.

Área 6 – Rio Manso: foi delimitada nos arredores da cidade de Rio Manso, sudoeste da RMBH, abrangendo 6 extrações: de areia (3) e argila sedimentares em terraços aluvionares recentes (2), e cascalho em manto de alteração (1).

Área 7 – Taquaraçu de Minas: abrange 21 extrações e ocorrências de areia (10 pontos), 9 de cascalho e 2 de calcário e cascalho relacionados a mantos de alteração de gnaisses do Complexo Belo Horizonte. Espessos veios de quartzo são frequentes na região, muitas vezes utilizados para extração de cristais de quartzo para indústria e cascalho.

O grau de desenvolvimento mineral de cada região é diretamente condicionado ao substrato geológico de cada área, conforme apresentado no capítulo 3. Cada tipologia de jazimento, contexto geológico e potencial geológico para materiais de construção são descritos detalhadamente no tópico sobre as substâncias

cadastradas e são apresentados no Mapa de Recursos e Potenciais Minerais (Anexo II).

5.3. ORDENAMENTO TERRITORIAL

A disponibilidade de materiais de construção é um fator determinante para viabilizar obras de infraestrutura e moradia para expansão das cidades. Os vetores de crescimento populacional da RMBH muitas vezes coincidem com algumas das regiões que são as principais fornecedoras de vários insumos minerais para a construção civil na região, como das cidades de Esmeraldas, Pedro Leopoldo, Santa Luzia e Betim (Figura 5.18).

A maior demanda de areia, brita e calcário de todas as áreas de expansão da RMBH é em grande parte atendida pelas áreas 1 (Esmeraldas), 2 (Pedro Leopoldo), 3 (Betim-Contagem) e 4 (Santa Luzia-Sabará), especialmente os vetores com direções nordeste, norte, noroeste e oeste. O vetor norte, relacionado aos mercados imobiliários de alta renda, de classe média/popular e sobre área rural, possui grande dependência da atividade mineral do calcário, onde quase toda brita utilizada é provinda da Área 2. Os vetores noroeste e oeste, compreendendo os mercados imobiliários informal e classe média/popular, são atendidos pela areia e argila providas da região de Esmeraldas (Área 1) e pela brita de gnaiss da Área 3. O vetor nordeste, relacionado aos mercados imobiliários de classe média/popular e sobre área rural, também tem disponibilidade de brita de gnaiss e areia (Área 4) e de saibro e cascalho (Área 7).

As regiões alcançadas pelo vetor sul, dominado pelo mercado imobiliário de alta renda, possuem baixo potencial para produção de insumos para construção civil. Apenas a Área 5 pode contribuir com a produção de brita de gnaiss, areia e saibro, porém a logística acarreta um maior custo devido à distância e dificuldade de acesso. Portanto, para o atendimento desse vetor de crescimento, a maior parte dos agregados deve vir de outras regiões.

Tendo em vista a importância da disponibilidade de insumos minerais para a construção civil para o desenvolvimento das cidades, o ordenamento territorial deve ser feito levando em consideração as áreas potenciais para produção desses bens. O avanço urbano, muitas vezes envolve a ocupação dessas áreas com potencial mineral, se tornando crítico para o futuro de uma região tão dependente de recursos. Mesmo em regiões com relevo acidentado, local de desenvolvimento de pedreiras, a ocupação disputa espaço com a mineração, e a coexistência nem sempre é pacífica.

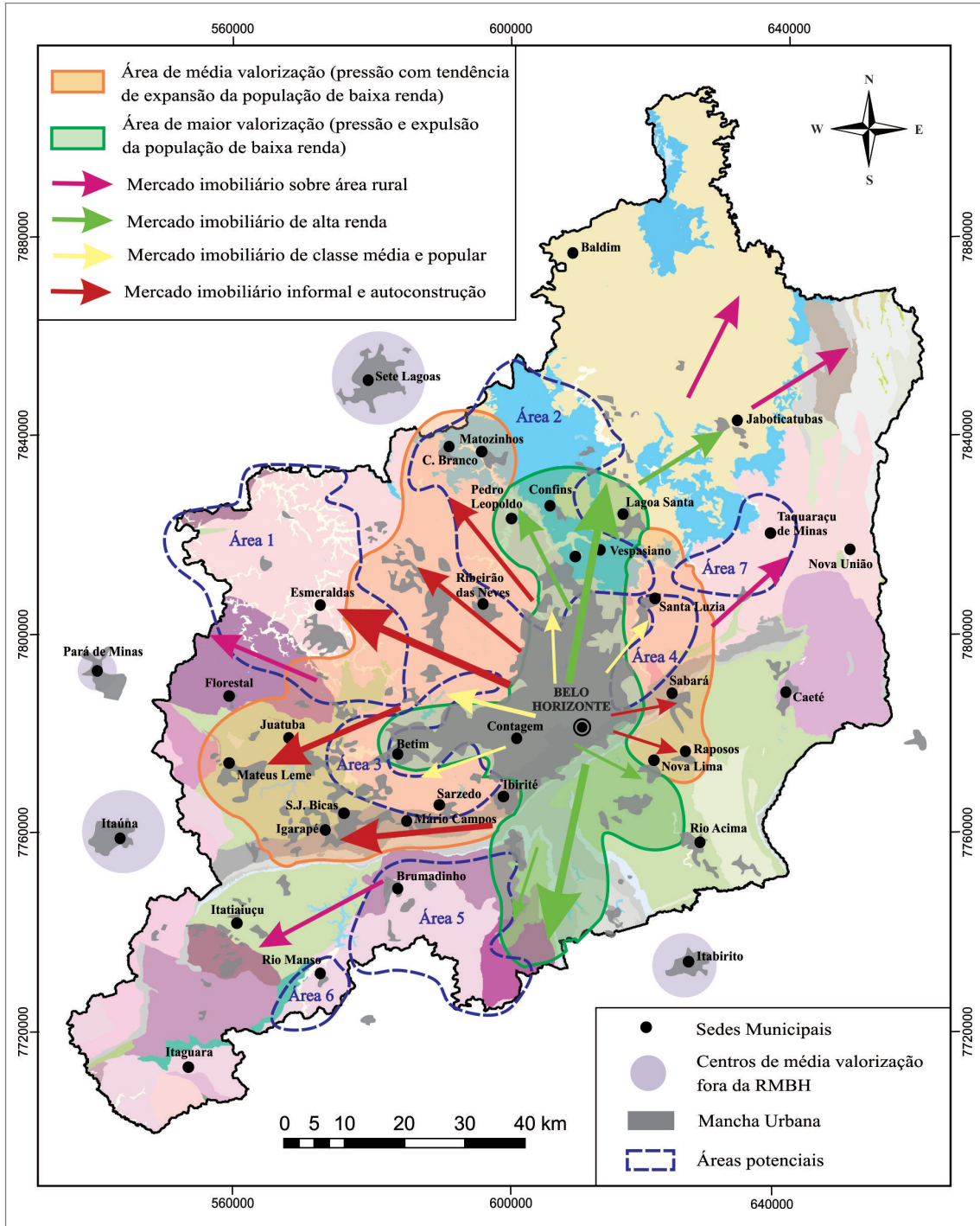


Figura 5.18 - Eixos de crescimento imobiliário, áreas de valorização e áreas com alto potencial geológico para insumos minerais para a construção civil da RMBH sobre mapa geológico apresentado no Anexo I.

6. LAVRA E BENEFICIAMENTO

O método de lavra utilizado para cada extração do bem mineral é determinante para a viabilidade econômica do empreendimento. A metodologia adotada deve ser aquela que apresenta o menor custo unitário após ponderação de todos os condicionantes operacionais. Dentre os métodos de lavra mais comuns de extração de materiais usados na construção civil, destacam-se os desenvolvidos em mina a céu aberto de pequeno a médio porte, com notáveis variações dos métodos tradicionais. A seleção do método é baseada em critérios geológicos, sociais, logísticos e ambientais. Deve-se levar em consideração questões como a estabilidade da mina, a recuperação do minério e a maximização da produtividade (PORMIN, 2015).

O planejamento do empreendimento também deve levar em consideração a escolha da melhor forma de beneficiar o bem mineral. O beneficiamento faz parte do Plano de Aproveitamento Econômico (PAE) (Capítulo 6), documentação exigida pela ANM, e deve ser planejado com o intuito de obter o máximo de aproveitamento do minério, diminuir o volume de rejeitos e minimizar os impactos ambientais (PORMIN, 2018). As Normas Reguladoras de Mineração (NRM) estabelecem

que o beneficiamento de minérios objetive preparar granulometricamente e concentrar ou purificar minérios por métodos físicos ou químicos, sem alteração da sua constituição.

6.1. AREIA

6.1.1. Métodos de lavra

Os métodos de lavra devem ser empregados isoladamente ou em conjunto. A escolha do método empregado para extração de areia depende principalmente de dois fatores: a natureza (ou tipologia) do depósito (CHAVES & WHITAKER, 2012) e o produto desejado. Os produtos de areia mais comercializados no Brasil são a areia bruta (não beneficiada), areia lavada (remoção de finos, grossos e matéria orgânica) e areia graduada (classificação granulométrica).

Os métodos mais utilizados para extração de areia na RMBH são a dragagem e o desmonte hidráulico. A dragagem é realizada em leitos de rio ativo (Figura 6.1a e Figura 6.1b) e em cavas inundadas naturais, em terraços aluvionares abaixo do nível freático (Figura 6.1c),



Figura 6.1 - Métodos de lavra de areia na RMBH. A – Balsa de extração em leito de rio ativo (ponto 75 – Rio Paraopebas, região de Esmeraldas); B – Balsa rudimentar em leito de rio ativo (ponto 157 – Rio Paraopebas, região de Esmeraldas); C - Extração em cava inundada natural em terraço aluvionar (ponto 97 – Areia Santa Quitéria Ltda., Esmeraldas); D – Desmonte em manto de alteração (ponto 89 – Esmeraldas).

ou artificiais, e em tanques de decantação após desmonte. Por esse método, o primeiro produto obtido é a areia lavada. As dragas hidráulicas utilizadas são de sucção direta ou *cutterhead*. Elas foram adaptadas à lavra de depósitos em placers, depois de comprovada eficiência na escavação e limpeza de canais. As dragas de sucção direta são de uso mais restrito à areia e cascalho, enquanto a *cutterhead* pode explorar até materiais consolidados (MINEROPAR, 2007).

O desmonte hidráulico ou mecânico é usado em cavas secas e em mantos de alteração (Figura 6.1d). O produto obtido é a areia bruta. Porém, esse método pode ser associado à dragagem artificial, na qual, após o desmonte, o material é imerso em cava inundada para a lavagem.

Outro método comum de extração de areia é a lavra em tiras, a qual é usada em camadas superficiais e de grande extensão horizontal, onde a frente de lavra avança em tiras e tem como produto a areia bruta. Assim como o desmonte, pode ser associado à dragagem. Porém, esse tipo de lavra não é atualmente praticado na RMBH.

6.1.1.1. Lavra em leito de rio

A lavra em leito de rio é realizada pelo método de dragagem em canais de drenagem ativos. Para tal, usa-se uma draga instalada em balsa, que extrai areia por sucção, bombeia para a superfície e a deposita em bancos de areia. Nesse momento já se inicia o beneficiamento, uma vez que o material é lavado e, normalmente, passa por uma peneira ou grelha de classificação na saída da boca da draga (LUZ & ALMEIDA, 2012). Essa peneira é utilizada para separação de cascalho, blocos ou qualquer material grosseiro associado.

Na classificação para usos específicos (concreto, por exemplo) deve-se classificar o material em diferentes granulometrias (CHAVES & WHITAKER, 2012). É muito comum a utilização de um conjunto de peneiras associado a vibradores para a classificação.

Foram identificadas poucas lavras em leito de rio na RMBH (Figura 6.1a e Figura 6.1b), principalmente por conta de restrições ambientais. O material lavrado é depositado em pilhas, onde escavadeiras podem carregar caminhões para realizar o transporte.

6.1.1.2. Lavra em cava seca com escavação e desmonte mecânico

A cava a seco é desenvolvida em três etapas principais: o primeiro é o decapeamento da área, retirando a vegetação e o material superficial; seguido do desmonte hidráulico ou mecânico do material bruto; e

carregamento do material para usina de beneficiamento (LUZ & ALMEIDA, 2012).

Este método é amplamente utilizado em depósitos de areia em terraço aluvionar alto e em depósitos residuais em manto de alteração com elevado conteúdo de areia de quartzo que se desagrega com facilidade (Figura 6.1d).

Quando é possível o desmonte hidráulico por jato d'água (Figura 6.2), ocorrem vantagens quando comparado com os métodos de desmonte mecânico, tais como baixo investimento e elevada recuperação na lavra (PISSATO, 2009). Na RMBH foi identificada apenas uma lavra com desmonte por jato d'água. Na maioria dos empreendimentos, foram identificadas cavas secas com desmonte mecânico, principalmente em lavras em depósitos residuais em manto de alteração em encostas de morros.

O material decapeado poderá ser usado na reabilitação da área minerada, na construção do maciço de barragens ou ser disposto em área reservada para o bota-fora do porto de areia.



Figura 6.2 - Desmonte hidráulico por jateamento d'água em manto de alteração (ponto 159 – região de Esmeraldas).

6.1.1.3. Lavra em cava inundada

Para o desenvolvimento desse método de extração de areia, primeiramente deve ser realizado o decapeamento da área do terraço aluvionar ou manto regolítico (KOPPE & COSTA, 2012). Isso geralmente é realizado com o auxílio de tratores, escavadeiras e caminhões. Após a remoção da vegetação e da camada mais superficial, inicia-se a extração da areia.

O material é extraído por escavação até atingir o nível freático, quando são lançadas balsas com dragas na cava inundada, a fim de aprofundar e alargar o local de extração e retirar a areia lavada (LUZ & ALMEIDA, 2012). A areia extraída na cava inundada é bombeada para a superfície, onde é depositada em bancos de areia (Figura 6.1c). Assim como na lavra em leito de rio, nesse momento se inicia o beneficiamento do material, passando por uma peneira (ou grelha) para a retirada das

frações grosseiras. Na RMBH, esse tipo de lavra é amplamente utilizado para extração de areia sedimentar em terraço aluvionar.

Uma variação desse método é associada à escavação e desmonte. Nesse caso, ocorre o desmonte a seco na cava e o material é levado até um tanque artificial, onde se utiliza uma draga para o bombeamento para superfície da areia lavada. Esse tipo de lavra é utilizado na extração de areia residual em manto de alteração. Assim como na cava a seco, o material decapeado pode ser usado para recuperação da área minerada.

6.1.2. Carregamento e transporte

A areia produzida é carregada para silos de areia, que são construções destinadas ao armazenamento e conservação de grãos secos, ou simplesmente para o pátio da empresa. Utiliza-se carregadeiras, retroescavadeiras e esteiras. Após o carregamento, a areia segue em caminhões para o destino final. O transporte por rodovias pavimentadas (ou não) é o meio mais utilizado para essa substância.

6.1.3. Beneficiamento e expedição

As operações de beneficiamento de areia visam desagregar as partículas, lavá-las e separar as granulometrias desejáveis. O beneficiamento da areia é simples, com baixa tecnologia agregada, e consiste basicamente na lavagem e classificação granulométrica do material extraído.

Nas extrações em leito de rio e em cava inundada, o material é extraído do meio aquoso por dragagem, portanto, lavado. As operações de beneficiamento por lavagem não têm relevância nesses tipos de extração. Já em operações em cavas secas, esse processo é de suma importância e deve ser o primeiro procedimento realizado no material.

Após a lavagem, o material deve passar por processo de classificação. A análise granulométrica é realizada por peneiramento a seco, no qual é utilizado equipamento mecânico vibratório ou manual (Figura 6.3). Os resultados são expressos em % (peso) retido em cada fração ou retido acumulado. Segundo a Norma ABNT (NBR 7217), são usadas duas séries de peneiras,

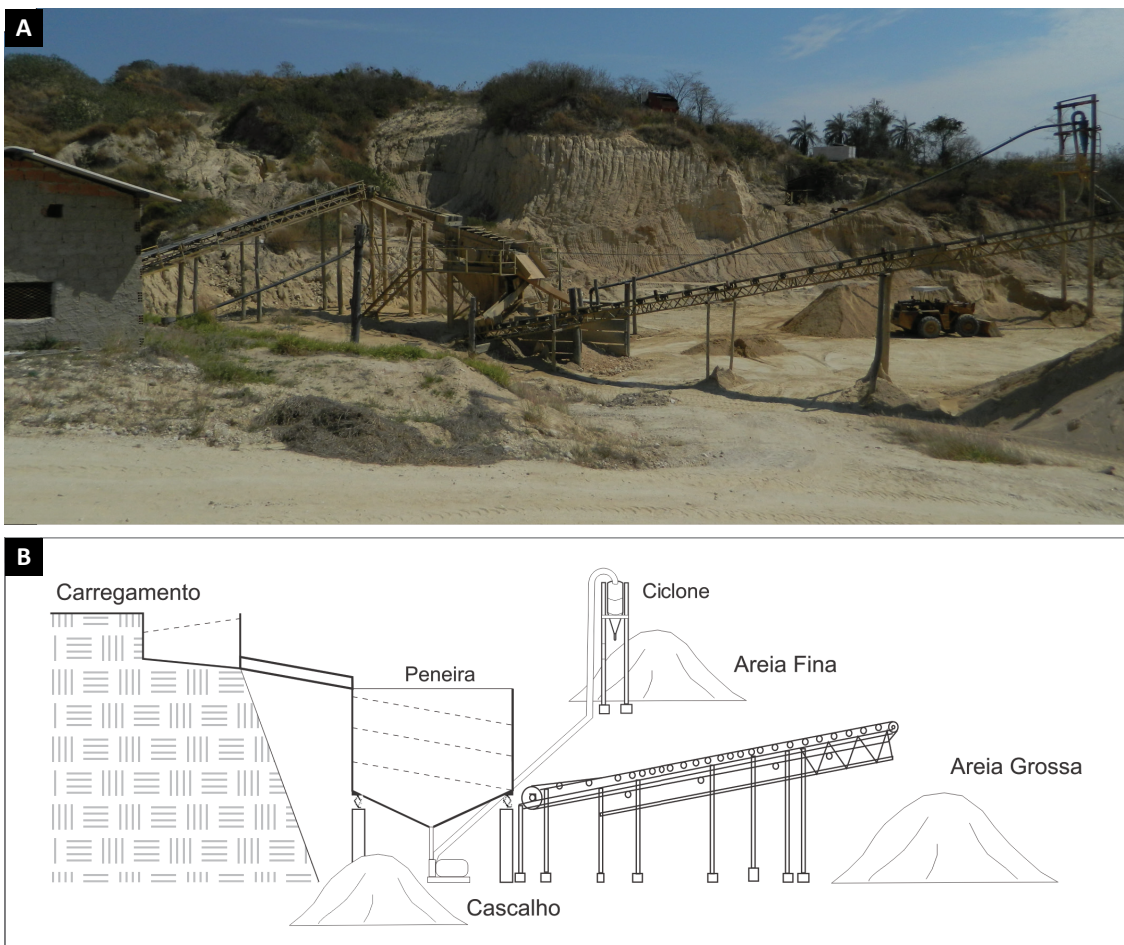


Figura 6.3 - Peneiramento e seleção de areia (ponto 140 – Esmeraldas). A – Processo de separação granulométrica em mineração de areia residual; B – Representação esquemática do processo de classificação de areia.

denominadas como normais e auxiliares, que possuem aberturas intermediárias para auxiliar na elaboração da curva granulométrica. A escala mais usada no Brasil e no mundo é a Série Tyler, com malhas de abertura quadrada (LUZ & ALMEIDA, 2012).

A análise granulométrica gera informações importantes para a caracterização tecnológica do insumo, na qual duas referências básicas são obtidas: i) o tamanho máximo dos fragmentos, que representa 5% (peso) de material retido nas peneiras; ii) módulo de finura (MF), que constitui a soma da % em peso retido acumulada em cada uma das peneiras da série normal, dividido por 100. Com estas informações, as areias (agregado miúdo) são classificadas para uso em concreto em: grossa ($MF > 3,9$), média ($3,9 > MF > 2,4$) e fina ($MF < 2,4$) (LUZ & ALMEIDA, 2012).

A distribuição granulométrica do agregado tem uma relação significativa com o índice de vazios do agregado e influenciará no grau de compactação do concreto e do pavimento. Quanto menor o índice de vazios do agregado, menor o consumo de cimento no concreto hidráulico e menor o consumo de betume no concreto betuminoso para pavimento. No caso de lastro ferroviário e de enrocamento, quanto menor o índice de vazios, menor a permeabilidade (LUZ & ALMEIDA, 2012).

6.2. BRITA E BLOCOS DE PEDRA

Neste item foram considerados os empreendimentos de brita em geral, independentemente da classificação geológica da rocha (granito, gnaiss, calcário, quartzito ou rochas similares).

6.2.1. Métodos de lavra

A lavra de brita é realizada a céu aberto, geralmente em meia encosta (Figura 6.4). Os empreendimentos de pequeno a médio porte normalmente são desenvolvidos



Figura 6.4 - Mina de grande porte em gnaiss, para produção de brita, blocos de rocha, areia residual (em manto de alteração) e areia industrial (ponto 64 – Santa Luzia).

em pedreiras em encosta de morro (Figura 6.5). O empreendimento é inicializado pelo decapeamento para retirada do solo superficial e do nível de rocha intemperizada, com o auxílio de máquinas e caminhões. As operações de extração de rocha começam pelo plano de fogo para desmonte primário. Faz-se a perfuração dos maciços rochosos, a fim de abrir acessos com distribuição e geometria adequados, para inserir as cargas de explosivos, seguida pela instalação e detonação destes explosivos (ANEPAC, 2016).

O material gerado pelo desmonte deve ser composto por fragmentos com dimensões menores que 1 m. Se houverem fragmentos maiores, o material não estará nas dimensões apropriadas para a entrada na planta de beneficiamento, necessitando de desmonte secundário, por fogacho, rompedores hidráulicos ou *dropball*. Posteriormente, efetua-se o carregamento dos fragmentos rochosos em caminhões por pás-carregadeiras. O material é levado e depositado em locais junto às instalações de britagem, denominadas praças de alimentação. Os

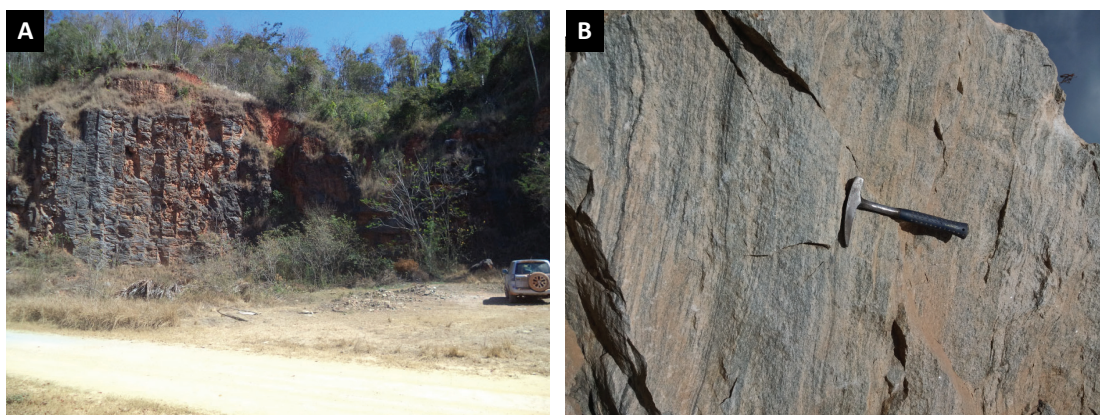


Figura 6.5 - Pedreiras desativadas. A – Pedreira inativa de calcário maciço para produção de brita (ponto 125 – Vespasiano); B – Pedreira inativa de gnaiss para produção de brita (ponto 29 – Betim).

fragmentos são transportados diretamente até os britadores primários ou compõem pilhas de fragmentos que possuem a finalidade de reserva temporária para alimentação dos britadores em horários específicos.

6.2.2. Carregamento e transporte

Assim como nos demais materiais de construção, a brita deve ser produzida o mais próximo possível dos centros consumidores para viabilizar economicamente o empreendimento, uma vez que o preço do frete é parcela relevante do preço final do produto. Praticamente todo o transporte é feito por via rodoviária, principalmente por caminhões de pequeno e médio porte. No transporte da rocha dentro da mina, caminhões fora-de-estrada de 25 a 35 toneladas são os mais comuns em minas de médio a grande porte (QUARESMA, 2009). Em minas de pequeno porte, os caminhões basculantes são os mais utilizados.

O carregamento e o transporte do material são realizados durante o dia, acumulando a rocha em pilhas. No carregamento da rocha detonada, predomina-se o uso de carregadeiras sobre pneus, todavia o uso de escavadeiras hidráulicas ou de esteiras trabalhando sobre a pilha tem sido cada vez mais comum. Caso haja muitas frentes de lavra, carregadeiras sobre pneus são mais vantajosas, visto sua maior mobilidade, pois podem se deslocar de maneira rápida e dinâmica de uma frente à outra.

6.2.3. Beneficiamento e expedição

O beneficiamento desse tipo de agregado é simples e usualmente desenvolvido nas proximidades da extração. Os procedimentos utilizados no beneficiamento são apenas mecânicos e abarcam a britagem e rebitagem em uma ou duas etapas, traduzidas em britagens terciária e quaternária, onde tais etapas podem ser realizadas a seco ou a úmido. O britador primário, de mandíbulas, realiza a britagem dos matacões, e pode ou não ocorrer lavagem da pedra, para a diminuição de material pulverulento durante a fragmentação e classificação da rocha (PORMIN, 2018).

Depois de passar pelo britador primário formam-se pilhas-pulmão, que alimentam os britadores secundários, que podem ser de mandíbulas ou do tipo cônico. Os britadores terciários e quaternários devem ser cônicos ou de impacto e são utilizados para diminuir a lamelalidade do agregado e a produção de excesso de finos. Após os processos de britagem, o material é depositado no pátio para iniciar a distribuição (Figura 6.6).

No intuito diminuir os gastos com a planta de beneficiamento, aproveita-se o desnível topográfico para auxiliar no transporte da brita entre os britadores e os rebitadores, utilizando-se de um sistema de correias transportadoras.

A redução do pó em suspensão, gerado pela atividade de britagem, é feita a partir de sistemas de aspersores de água, instalados nas bocas dos britadores e nas correias transportadoras (PORMIN, 2018).



Figura 6.6 - Pilhas de brita e areia industrial depositadas por correias transportadoras em pátio de distribuição após a britagem (ponto 64 – Santa Luzia).

6.3. ARGILA

6.3.1. Métodos de lavra

O desenvolvimento da lavra desse bem depende principalmente da tipologia do depósito. A exploração da argila se dá em lavra a céu aberto, na maioria das vezes em sistema rudimentar, utilizando trabalho braçal. Na RMBH, os principais pontos de extração de argila são em minas de areia sedimentar de terraço aluvionar, onde a argila é extraída como subproduto. Nesses locais, muitas vezes, a empresa de areia doa a argila para olarias da região, ficando essa com a obrigação apenas do frete. A maioria das olarias da RMBH não possui mina própria.

6.3.1.1. Lavra a céu aberto por desmonte mecânico

Na RMBH, os depósitos são de pequeno porte e são utilizadas técnicas muitas vezes rudimentares de desmonte. Primeiramente, é necessário o decapeamento para retirada do solo superficial com máquinas e caminhões. A lavra por desmonte pode ser tanto em encosta, sendo esta acima do nível de escoamento da drenagem (havendo acúmulo de água), quanto em cava, onde a mesma encontra-se abaixo da cota topográfica original, tornando a mina um grande reservatório que exige bombeamento para o esgotamento da água (Figura 6.7a).

São utilizados alguns equipamentos e insumos nestas operações. Em grandes empreendimentos são usados

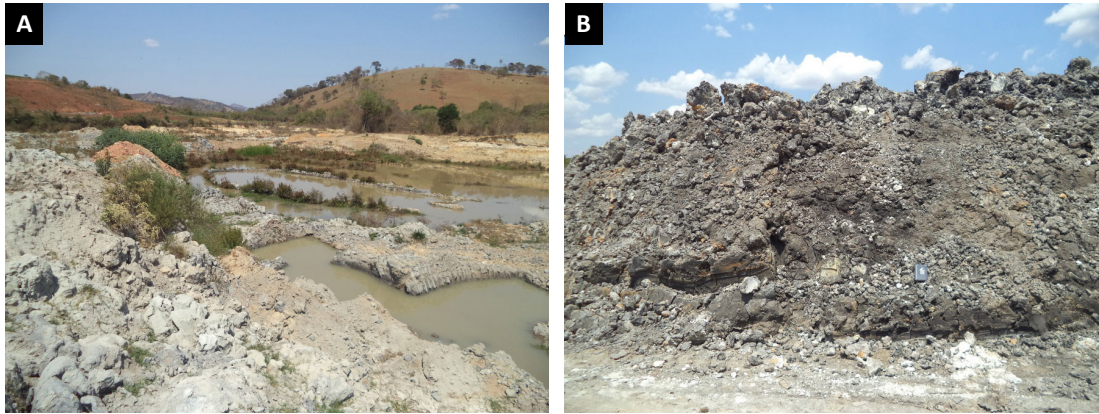


Figura 6.7 - Extração de argila na RMBH (Região de Bernardas, Rio Manso). A – Mina a céu aberto intermitente de argila (ponto 5); B – Pilha de argila cinza escura (ponto 9).

tratores, escavadeiras (*shovel* ou retro), pás-carregadeiras, perfuratrizes pneumáticas ou martelos manuais, caminhões (fora-de-estrada ou urbanos adaptados); explosivos e acessórios. Já em empreendimentos de pequeno porte são usados métodos rudimentares, com o uso de pás e enxadas, e carrinho de mão e carroças. Esse método é limitado pela profundidade e pela relação estéril/minério (MINEROPAR, 2004).

O material extraído é normalmente depositado em pilhas próximas à extração, onde aguardam o transporte (Figura 6.7b).

6.3.2. Carregamento e sazonalidade

As argilas são matérias-primas de baixo valor agregado e consumidas em grandes volumes, muitas vezes sem beneficiamento, não suportando transporte a distâncias longas. No transporte, são habitualmente empregados caminhões basculantes convencionais (COELHO, 2009).

Na RMBH a ação de argila é destinada a produção cerâmica, no qual o transporte é basicamente realizado por caminhões de pequeno porte. Comumente, em olarias muito próximas do local de extração, o transporte é realizado por carrinho de mão ou carroças com tração animal. O carregamento é realizado com o auxílio de carregadeiras sobre pneus e pás e enxadas manuais.

O sazonalidade ou maturação da argila é um processo longo, aproximadamente de dois anos, que tem como objetivo reduzir o excesso de materiais orgânicos e sais indesejados, dando maior homogeneidade e garantindo a qualidade do material. As argilas são depositadas nos pátios em camadas horizontais de espessura inferior a 1 m, e cada camada deve ter o maior grau de homogeneidade possível em relação à jazida da qual foi extraída (MINEROPAR, 2007). No fim deste processo, as argilas apresentam características tecnológicas homogêneas e superiores àquelas do material diretamente extraído da jazida (GAIDZINSKI, 2006). Esse método aumenta a

plasticidade e minimiza a formação de trincas durante a secagem dos produtos cerâmicos (MINEROPAR, 2007).

6.3.3. Beneficiamento e produtos

O beneficiamento é iniciado a partir da seleção manual dos blocos contaminados por resíduos (areias), onde é necessário esperar a secagem do produto até a umidade ideal de processamento em marombas semimecanizadas (MINEROPAR, 2004). O tipo de beneficiamento e produto gerado varia em função da qualidade da argila. Na RMBH a argila é basicamente utilizada para produção de blocos, tijolos maciços, telhas e lajotas.

6.3.3.1. Beneficiamento da argila vermelha

O beneficiamento da argila vermelha se inicia a partir da análise química para verificação da composição, e de ensaios tecnológicos para determinação da melhor aplicação. Os ensaios mais utilizados são: teste de queima, perda ao fogo, retração linear, tensão de ruptura à flexão, absorção de água, porosidade aparente, massa específica e cor. Por conseguinte, são submetidas à difratometria de raios-X para determinação quantitativa de sua composição mineralógica (PORMIN, 2018). Passada esta etapa faz-se a mistura semimecanizada dos diferentes tipos de argilas que irão compor o produto final e desenvolve-se a formação das peças em marombas (tijolos, telhas ou manilhas), seguido de secagem natural e queima (MINEROPAR, 2004).

Todas as extrações de argila visitadas na RMBH, bem como as olarias, possuem como produtos ou matéria-prima a Argila Vermelha.

6.3.3.2. Beneficiamento da argila branca

O beneficiamento das argilas brancas pode ser mais sofisticado dos que das outras, dada a diversidade

dos materiais genericamente classificados como argilas, onde têm-se, além das argilas, caulins, feldspatos, dentre outros. Para dar início, faz-se o processamento a seco e a escolha dos tipos de argilas que devem compor a massa. Em seguida, realiza-se a seleção manual dos blocos contaminados por resíduos (areias) e a mistura dos diferentes tipos de argilas. A partir disso, é possível efetuar a formação das pilhas compostas, com emprego de tratores, carregadeiras e/ou escavadeiras. Passada esta etapa, realiza-se o processamento a úmido, onde é feita a separação das partículas grossas em peneiras cilíndricas rotativas, a decantação da fração fina em tanques, e a filtragem semimecanizada. Por fim, a secagem natural é realizada em galpões (MINEROPAR, 2004).

6.3.3.3. Produtos

As argilas exibem uma série de aplicações, principalmente nas áreas da indústria cerâmica ou tecnológicas. Em quase todos os segmentos de cerâmica tradicional, a argila constitui total ou parcialmente a composição das massas. Os usos mais comuns para esta matéria-prima são as cerâmicas vermelha e branca, materiais refratários e materiais de revestimento (ANICER, 2018). No entanto, na RMBH foram identificadas apenas extrações de argila vermelha para a produção dos tradicionais blocos, tijolos maciços, telhas, tubos e lajotas, e também para fabricação de vasos ornamentais, utensílios domésticos, cimento e agregado leve (CABRAL JUNIOR *et al.*, 2012).

No caso da indústria de pavimentos e revestimentos, a argila é submetida à processos mais elaborados como moagem por via seca ou úmida, preparação da composição, extrusão, conformação, prensagem e queima (PORMIN, 2018).

6.4. CALCÁRIOS

As rochas calcárias apresentam uma variedade de utilidades, sendo que na RMBH são aplicados na fabricação de cimento, brita, pedra de talhe, corretivo de solo e na indústria de cal.

6.4.1. Métodos de lavra

Na maior parte das minas em todo o mundo, o calcário é lavrado a céu aberto, principalmente por motivos de custos mais reduzidos (Figura 6.8a e Figura 6.8b). Elas são comumente chamadas de pedreiras, apesar de normalmente serem minas desenvolvidas por bancadas.

Na RMBH, as principais etapas da lavra de calcário a céu aberto incluem: remoção do capeamento, perfuração, desmonte por explosivos e transporte até a usina de processamento. A remoção do capeamento é o elemento-chave no custo da lavra a céu aberto. Para cada operação ou situação, há uma razão estéril/minério economicamente viável. A seleção dos equipamentos varia com a particularidade de cada operação, capacidade de produção, tamanho e forma do depósito, distância de transporte, estimativa da vida útil da mina, localização em relação aos centros urbanos e fatores socioeconômicos.

Os circuitos de britagem apresentam peculiaridades em função, principalmente, das características de baixa abrasividade e resistência baixa à britagem e moagem dos calcários brasileiros (SILVA, 2009).

6.4.2. Beneficiamento e Produtos

Na RMBH têm-se diversas aplicações para as rochas calcárias, onde a maior parte visa à produção de cimento, seguido por brita.

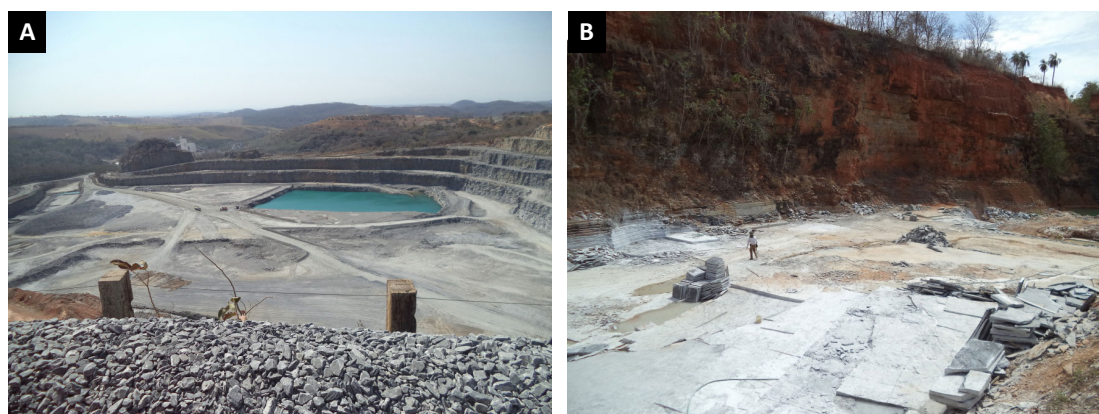


Figura 6.8 - Extração de calcário na RMBH. A – Mina de grande porte ativa para produção de cal (ponto 204 – Matozinhos); B – Mina inativa de calcário laminado para pedra de talhe (ponto 216 – Região de Fidalgo, Pedro Leopoldo).

6.4.2.1. Cimento

O cimento Portland é o principal produto gerado pelo beneficiamento do calcário extraído na RMBH. Tal produto é composto basicamente por uma amálgama de calcário e argila, denominada “farinha”. Essa mistura é levada ao forno a uma temperatura de 1450° C, até que as duas substâncias se fundam e formem o *clínquer*. Acrescenta-se então a gipsita e realiza-se a moagem para redução da granulometria. Após esta etapa, transporta-se o material para a estação de britagem, e dá-se início ao processo de fabricação e beneficiamento do cimento. A britagem ocorre com britadores e trituradores, sendo que na britagem primária utiliza-se britador com duas mandíbulas, uma móvel e outra fixa. Ao fim do processo de fragmentação, o material é encaminhado para a pré-homogeneização, onde é realizada a estocagem em depósitos verticais ou horizontais. O calcário e a argila são estocados separadamente, e o composto gerado por estes é balanceado para ser triturado no moinho de cru. Após a moagem, o material torna-se superfino, e segue para a homogeneização que é feita em depósitos verticais de grande porte, por meio de processos pneumáticos e por gravidade. Essa homogeneização possibilita a combinação entre os elementos formadores do *clínquer* (JORDÃO et al., 2013).

6.4.2.2. Indústria de Cal

Outro produto gerado a partir do calcário extraído da RMBH é a Cal. O fluxograma de beneficiamento básico de Cal é constituído das etapas de preparação da carga dos fornos de cal e produção das cales. Os produtos usuais são cales virgens dolomíticas, geralmente dispostas em embalagens, onde o produto aparece moído. Nas melhores indústrias de cal, o fluxograma de beneficiamento inclui a preparação mecânica da carga dos fornos, visando a granulometria adequada aos tipos de fornos

mais modernos. Faz-se então o uso de hidratadores de cal, a coleta do pó e o ensacamento automatizado. Na etapa final, é necessária a utilização de laboratórios próprios para garantir qualidade aos produtos finais (MINEROPAR, 2004).

6.4.2.3. Corretivos de Solo

O calcário também é beneficiado visando a aplicação como corretivo de solo. O fluxograma de beneficiamento básico para este tipo de material é a britagem. O processo é iniciado por equipamentos de alimentação vibratória com grelha para remoção de terra/pedrisco e, em seguida, é realizada a britagem por britadores primários e secundários. São utilizadas diversas correias transportadoras e pilhas finais e intermediárias, onde estas são depositadas em armazéns, ensacadeiras e balanças rodoviárias. O produto comercial obtido é o corretivo agrícola, que deve seguir especificações mínimas do Ministério da Agricultura e garantidas pelo produtor, conforme a matéria prima seja de natureza predominantemente calcítica ou magnésiana. O subproduto é o pedrisco (faixa granulométrica entre 3 e 5 mm), que é comercializado quando possível, como material de aterro ou como revestimento primário de estradas, ruas e pátios, diminuindo a geração de resíduos.

6.5. MATERIAL DE EMPRÉSTIMO

Os principais tipos de material de empréstimo extraídos na RMBH são o saibro e o cascalho.

6.5.1. Sistemática de lavra e beneficiamento

A extração de saibro é muito simples, na qual ocorre a retirada de todo o material friável até o limite da cobertura com a rocha sã, através da escavação mecanizada ou

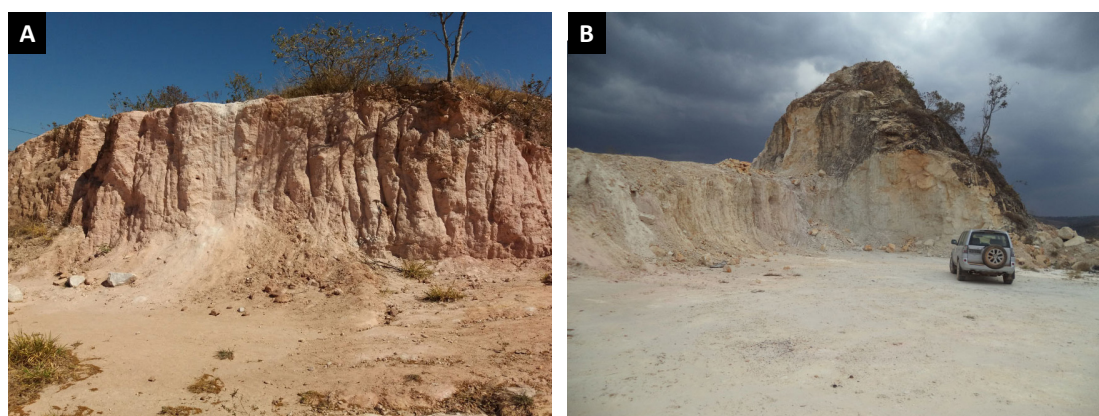


Figura 6.9 - Lavras de material de empréstimo na RMBH. A – Pequena extração de saibro (ponto 78 – Região de Santa Luzia); B – Extração de cascalho residual em pegmatito (ponto 126 – Região de Melo Viana, Esmeraldas).

manual pelo decapeamento (Figura 6.9a). Compreende uma operação conjunta de desmonte e carregamento do material *in natura* com pás carregadeiras, e transporte da matéria prima em caminhões basculantes ou carroças até as obras. O local de extração normalmente é próximo ao destino, sendo comum o transporte por carroças e manual por carrinho de mão. A lavra por desmonte já foi explanada nos métodos referentes à extração de areia, brita e argila, seguindo os mesmos mecanismos. O saibro é utilizado na sua forma *in natura*, sem necessidade de qualquer processo de preparação.

O cascalho, por sua vez, é produto de desagregação do material rochoso friável em manto de alteração de rocha granítica grosseira, normalmente pegmatitos, ou de níveis sedimentares inconsolidados com granulometria grossa. O beneficiamento das cascalheiras ocorre por desmonte hidráulico ou manual, onde se emprega equipamentos como escavadeira, retroescavadeira e trator de lâmina para a retirada da matéria prima em questão (Figura 6.9b), sem passar por nenhum tipo de tratamento químico ou físico. Assim

como para o saibro, material é normalmente extraído próximo do destino.

O cascalho é também pode ser um subproduto resultante do beneficiamento da areia ou das primeiras etapas da britagem (PORMIN, 2018).

6.5.2. Carregamento, expedição e emprego

Na RMBH, o transporte é realizado por terceiros, que pagam pela matéria prima no local da exploração e entregam diretamente no canteiro de obras, por preço negociado previamente. O material é transportado em caminhões basculantes diretamente para as obras, que normalmente estão localizadas muito próximas da área de extração. Em algumas lavras, o desmonte é realizado de forma artesanal, com auxílio de picareta e pá, e o transporte por carroças, carrinho de mão e pequenos caminhões e tratores. O emprego dos materiais de empréstimo se aplica à pavimentação de ruas e rodovias, aterros e no nivelamento de terrenos para obras diversas de edificações.

7. DIREITOS MINERÁRIOS

7.1. ASPECTOS LEGAIS

7.1.1. Legislação mineral

Segundo o Código Minerário Brasileiro, decretado no dia 28 de fevereiro de 1967, a administração dos recursos minerais presentes no território brasileiro cabe à União. Assim a pesquisa, a lavra e o aproveitamento de recursos minerais somente poderão ser efetuados mediante autorização ou concessão da União. A aplicação do Código e das licenças legais complementares é incumbida a Agência Nacional de Mineração (ANM), antigo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

O conhecimento da Legislação Mineral é de suma importância para o desenvolvimento de um empreendimento. O Decreto nº 3.358, de 2 de fevereiro de 2000, considera substâncias minerais de emprego imediato na construção civil:

I – areia, cascalho e saibro, quando utilizados *in natura* na construção civil e no preparo de agregados e argamassas;

II – material siltico-argiloso, cascalho e saibro empregados como material de empréstimo;

III – rochas, quando aparelhadas para paralelepípedos, guias, sarjetas, moirões ou lajes para calçamento; e,

IV – rochas, quando britadas para uso imediato na construção civil.

O aproveitamento dos bens minerais empregados na construção civil está disciplinado pela Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978, alterada pela Lei nº 8.982, de 25 de janeiro de 1995, e regulamentado pela Portaria do DNPM nº 266, de 10 de julho de 2008. Neste cenário, é possível ressaltar o Regime de Licenciamento, o Regime de Autorização e Concessão de Lavra e o Registro de Extração (ANM).

Todos os documentos técnicos apresentados à ANM devem ser assinados por um profissional (engenheiro de minas ou geólogo) legalmente habilitado pelo sistema CREA/CONFEA. Para a execução dos trabalhos previstos é necessário apresentar a ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) do projeto em questão.

7.1.1.1. Regime de Licenciamento

O Regime de Licenciamento pode ser aplicado apenas para substâncias de emprego imediato na construção civil. Tal regime depende do registro junto à ANM da

licença específica expedida pela autoridade local do município onde está situada a jazida. Caso a área pretendida esteja situada em mais de um município, deverão ser apresentadas as licenças de cada um dos respectivos municípios, onde tais licenças serão objeto de um único registro. O aproveitamento mineral por licenciamento fica restrito à área máxima de cinquenta hectares (50 ha), e é consentido exclusivamente ao proprietário do solo ou a quem dele obtiver autorização. O prazo de vigência do título está vinculado às autorizações concedidas pelo proprietário do solo e prefeitura.

Após a identificação do local com potencial econômico, deve-se limitar a área com um polígono devidamente referenciado geograficamente. É recomendada a consulta na plataforma SIGMINE (Sistema de Informações Geográficas da Mineração), disponível na página da ANM na internet (www.sigmine.dnmp.gov.br), para verificar possíveis informações de processos minerários conflitantes. Além disso, faz-se necessário averiguar se o local se encontra em áreas de uso ambiental ou em áreas de bloqueio, como gasodutos ou hidrelétricas.

O Registro de Licença deve ser requerido mediante um pré-requerimento eletrônico (Requerimento de Registro de Licença), após o cadastramento do interessado no Cadastro de Titulares de Direitos Minerários (CTDM) e mediante a utilização de senha. O interessado ainda não cadastrado deverá acessar o sítio eletrônico da ANM (www.dnmp.gov.br > Portal de Outorga > Ficha Cadastral). O requerimento deve ser impresso e protocolizado na superintendência local. Os formulários eletrônicos padronizados dos pré-requerimentos também estão disponíveis no sítio da ANM (www.dnmp.gov.br > Portal de Outorga > Pré-Requerimento Eletrônico), para uso dos interessados.

Após o requerimento eletrônico, deve ser elaborado e protocolado na ANM o memorial explicativo das atividades de produção mineral. O memorial deve ser anexado junto ao requerimento de registro de licença e deverá ser apresentado para exploração de substâncias que não necessitam de desmonte com uso de explosivos ou operação de unidade de beneficiamento.

Quando a atuação do empreendimento envolver desmonte com uso de explosivos e operações de beneficiamento mineral, é necessário exibir também um Plano de Aproveitamento Econômico (PAE) que, assim como o memorial, deve ser assinado por um profissional legalmente habilitado. Nesse plano deve constar o estudo

técnico-econômico do aproveitamento de uma jazida mineral e a análise de viabilidade do empreendimento.

Após a protocolização do pedido de Registro de Licença, o requerente tem o prazo de 60 dias para apresentar a licença ambiental de instalação (LI) ou de operação (LO), ou comprovar o requerimento de licenciamento ambiental, sob a pena de indeferimento do requerimento.

7.1.1.2. Regime de Autorização e Concessão

O aproveitamento de substâncias minerais através do Regime de Autorização e Concessão segue a regra geral do Código de Mineração. Nesse regime, as áreas máximas são de 50, 1000 e 2000 ha, de acordo com a substância a ser explorada, que deve ser limitada com um polígono devidamente referenciado geograficamente. Para insumos minerais para a construção civil, o limite é de 50 ha.

A autorização de pesquisa é o regime onde são realizados os trabalhos iniciais voltados à identificação e definição da jazida, sua avaliação e a determinação da exequibilidade de seu aproveitamento econômico. O empreendedor, ao apresentar o Relatório de Pesquisa Mineral à ANM, deverá se informar junto ao órgão ambiental competente acerca dos procedimentos para habilitação ao licenciamento ambiental.

Para realização do requerimento, seguem-se as mesmas etapas do Regime de Licenciamento, por meio de formulário inicial de pré-requerimento eletrônico no sítio da ANM, indicado no tópico anterior. Entretanto deve-se escolher o requerimento eletrônico de Requerimento de Autorização de Pesquisa. Além disso, faz-se necessário também o pagamento de emolumentos a partir de Guia de Recolhimento da União – GRU, também gerada no sítio da ANM. O requerimento em questão deve ser protocolizado na superintendência regional da ANM de jurisdição da área requerida.

O título autorizativo é o Alvará de Pesquisa, outorgado pelo Diretor Geral da ANM e publicado no Diário Oficial da União (DOU). Após o Alvará de Pesquisa publicado inicia-se a pesquisa, com prazo para realização de dois ou três anos, dependendo das características especiais de localização da área e a natureza da substância mineral. Os resultados da pesquisa devem ser apresentados no Relatório Final de Pesquisa.

Caso os resultados da pesquisa sejam positivos após a aprovação do Relatório Final de Pesquisa, dá-se início ao Requerimento da Concessão de Lavra. Nessa etapa, as reservas minerais estão identificadas e caracterizadas, e são submetidas à avaliação e autorização da ANM para extração e beneficiamento. O plano de aproveitamento econômico é entregue junto ao requerimento de lavra; assim como as devidas licenças ambientais e EIA/RIMA. Para tanto, deve ser preenchido formulário de

pré-requerimento eletrônico (Requerimento de Lavra) no sítio da ANM, e apresentar a documentação completa exigida pelo Código de Mineração. Conforme o artigo 31 do Código de Mineração, o titular do processo minerário poderá requerer a concessão de lavra em até um ano, contado a partir da aprovação do Relatório Final de Pesquisa. Este prazo poderá ser prorrogado por igual período pela ANM mediante apresentação de justificativa antes de findar-se o prazo inicial ou a prorrogação em curso.

A concessão de lavra do bem mineral terá por título uma portaria assinada pelo Ministro de Minas e Energia, a Portaria de Lavra (Artigo 43 do Código de Mineração). Excepcionalmente, é admitida a extração da substância mineral na área pesquisada antes da outorga, através da Guia de Utilização. São consideradas excepcionais as seguintes situações: aferição da viabilidade técnico-econômica da lavra; extração de substâncias para análise e ensaios industriais; e comercialização de substâncias devido à necessidade de fornecimento continuado no mercado, ou para custear a pesquisa. Para obtenção da Guia de Utilização, o requerente deve estar com a Taxa Anual por Hectare (TAH) quitada (vide subitem 6.2.2), e apresentar à ANM a Licença Ambiental ou documento equivalente.

7.1.1.3. Registro de Extração

O Registro de Extração, regulamentado pela Lei nº 9.827 de 27 de agosto de 1999, é uma declaração disponibilizada pela ANM exclusivamente aos órgãos da administração direta ou autárquica da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, que permite a extração de substâncias de uso imediato na construção civil para utilização somente em obras públicas executadas por elas diretamente. Nesse registro é vedada a venda, lavra por terceiros ou transferência para empresas privadas.

O aproveitamento mineral por registro de extração é restrito à área máxima de 5 ha. O prazo é determinado a critério da ANM considerando as necessidades da obra a ser executada e a extensão da área pretendida no requerimento, sendo de no máximo 5 anos, com uma única prorrogação. O titular é isento de taxas e a tramitação é simples.

O requerimento de registro de extração deve ser protocolado apenas na superintendência do ANM que tenha circunscrição sobre a área requerida.

7.1.2. Licenças ambientais

As licenças ambientais são obrigatórias para obtenção do direito de exploração de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil. São elas: Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO).

Segundo a resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) determinou que o Poder Público tem o poder de expedir essas três licenças: LP, LI e LO. A Resolução CONAMA nº 09/90 trata do licenciamento ambiental sob o Regime de Autorização e Concessão, e a Resolução CONAMA nº 10/90, do Regime de Licenciamento. Para os regimes de Licenciamento, de Autorização e Concessão e de Registro de Extração, a LP compõe a primeira fase de requerimentos perante o poder público, quando as áreas destacadas em mapeamento georreferenciado são apresentadas como de interesse. Essa licença indica que as localidades de interesse, em princípio, não conflitam com as áreas de loteamento, de proteção ambiental, de expansão urbana ou de fluxo de mercadorias e pessoas do município, por exemplo. Também demanda a apresentação de EIA/RIMA (Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental). A LI é requerida para cada um dos regimes, concomitantemente à apresentação do Registro de Licença, de eventual autorização para desmatamento emitida pelo IBAMA e de Plano de Controle Ambiental; a LO (novamente, para todas as modalidades) seguem ao Requerimento de Concessão de Lavra, e pode ser requerida mediante a apresentação de cópia do pedido da Licença de Instalação.

Existe ainda a legislação ambiental específica para áreas especiais, dentre elas as áreas de Preservação Permanente (APP), Unidades de Conservação (UC), Comunidades Quilombolas e Áreas Indígenas.

7.1.2.1. Legislação específica para Áreas de Preservação Permanente (APP)

A Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, estabelece que Áreas de Preservação Permanente (APP) sejam áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar da população.

O Código Florestal apresenta a definição de Área de Preservação Permanente e as diferentes dimensões de largura que elas podem ter. As APPs foram definidas como faixas marginais em cursos d'água (30 a 500 m), áreas de entorno de lagos, lagoas e reservatórios artificiais (30 a 100 m), nascentes (raio mínimo de 50 m), veredas (50 m), restingas, topos de morros, montes, montanha, serras e encostas com declividade elevada, bordas dos tabuleiros ou chapadas e em qualquer altitude superior a 1.800 m. Tais áreas são consideradas mais suscetíveis à erosão do solo, enchentes e deslizamentos (Figura 7.1).

O Artigo 4º da Lei nº 4.771 do Código Florestal, de 15 de setembro de 1965, define também que a supressão de

vegetação em APPs poderá ser autorizada somente em caso de utilidade pública ou de interesse social, quando não houver alternativa técnica e locacional ao empreendimento proposto. Isso dificulta ou até inviabiliza o desenvolvimento de empreendimentos relacionados aos insumos minerais para a construção civil nessas áreas, ou mesmo em sua contiguidade.

7.1.2.2. Legislação Específica para Unidades de Conservação (UC)

A lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) estabelecendo normas para a criação, implementação e gestão destas unidades de conservação (UC). No Artigo 2º, entende-se a UC como espaço territorial e seus recursos ambientais com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias de proteção.

A criação dessas unidades (UCs) tem como objetivos contribuir para a manutenção da diversidade biológica; preservação e a restauração da diversidade de ecossistemas naturais; proteger as espécies ameaçadas de extinção e as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural, dentre outras.

As UCs se dividem em dois grupos, Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável, onde o primeiro grupo é composto por Estações Ecológicas, Reserva Biológica, Parque Nacional, Estadual ou Municipal, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre. Já a Unidade de Uso Sustentável se divide nas categorias de Área de Proteção Ambiental (APA), Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional (FLONA), Estadual ou Municipal, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

Nos casos de licenciamento ambiental de empreendimentos de significativo impacto ambiental, fundamentado em estudos de impacto ambiental e respectivo relatório, o empreendedor é obrigado a apoiar a implantação e manutenção de uma Unidade de Proteção Integral.

Segundo o Instituto Estadual de Florestas (IEF), estão presentes na RMBH as seguintes Unidades de Proteção Integral: Estações Ecológicas Estaduais (Fechos e Cercadinho), Refúgios de Vida Silvestre (Macaúbas e Serra das Aroeiras), Monumentos Naturais (Serra da Piedade, Santo Antonio, Vargem da Pedra, Experiência da Jaguará, Lapa Vermelha, Várzea da Lapa, Mãe D'Água, Serra da Calçada, Serra do Souza, Morro do Pires e Morro do Elefante), Parques Municipais (um total de 59 parques, onde a maior

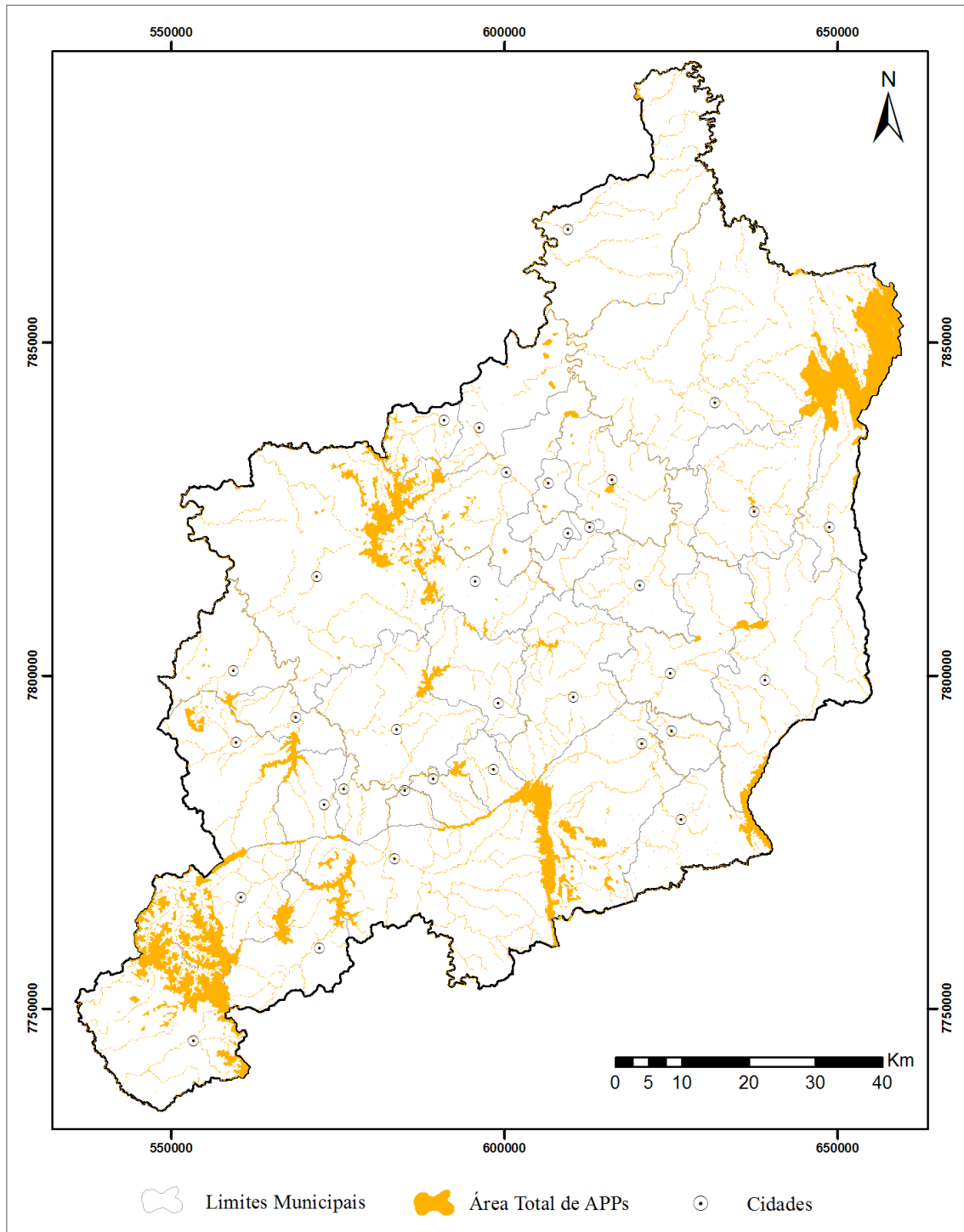


Figura 7.1 - Áreas de Preservação Permanente da RMBH.

parte encontra-se em Belo Horizonte) e Parques Estaduais (Parque Estadual do Sumidouro, Parque Estadual da Serra do Rola-Moça, Parque Estadual da Baleia, Parque Estadual Serra Verde, Parque Estadual Cerca Grande e Parque Estadual Serra do Sobrado) (Figura 7.2).

Quanto as Unidades de Uso Sustentável, estão presentes: Áreas de Proteção Ambiental (Morro do Pires, Mata do Faria, Reserva do Tumbá, Mingú, Mata do Capão, Igarapé, Fazenda Capitão Eduardo, Morro da Pedreira,

Carste de Lagoa Santa, Rio Manso, Vargem das Flores, Sul RMBH, Águas da Serra da Piedade, Descoberto, Ribeiro Bonito, Juca Vieira e Paz Inhotim), Área de Proteção Especial (Igarapé, Rola-Moça, Bálamo, Mutuca, Barreiro, Catarina, Taboão, Rio Manso, Fechos, Vargem das Flores, Aeroporto Metropolitano, Florestal, Cercadinho, Serra Azul, Santana do Riacho, Jaboticatubas e Ribeirão do Urubú), Floresta Estadual (Floresta Estadual São Judas Tadeu) e Reservas Particulares do Patrimônio

Natural (Jequitibá, Sítio dos Feixos, Capitão do Mato, Sítio Grimpas, Minas Tênis Clube, Fazenda dos Cordeiros, Fazenda Vargem Alegre, Mata Samuel de Paula, Sol Nascente, Mata da Copaiba, Empresa Brasileira de Quartzos – EBQ, Do Andaime, Mata do Jambreiro, Ville Casa Branca, Vale dos Cristais, Riacho Fundo I e II, Olga Coelho Ulman, Mata do Confisco, Fazenda Campinho, «Bem», AngloGold Ashanti – Cuiabá, Inhotim, Rio do Peixe e Trovões) (Figura 7.2).

De forma geral, cabe ao gestor das UCs, o licenciamento de atividades potencialmente degradadoras nas

unidades, ou seja, se a UC é federal, a responsabilidade do licenciamento é do IBAMA; se é estadual, do estado; e se é municipal, do município.

7.1.2.3. Legislação Específica para Comunidades Quilombolas

A Instrução Normativa do INCRA nº 57, de 20 de outubro de 2009, determina procedimentos do processo administrativo para identificação, reconhecimento, delimitação, demarcação, titulação e registro de terras

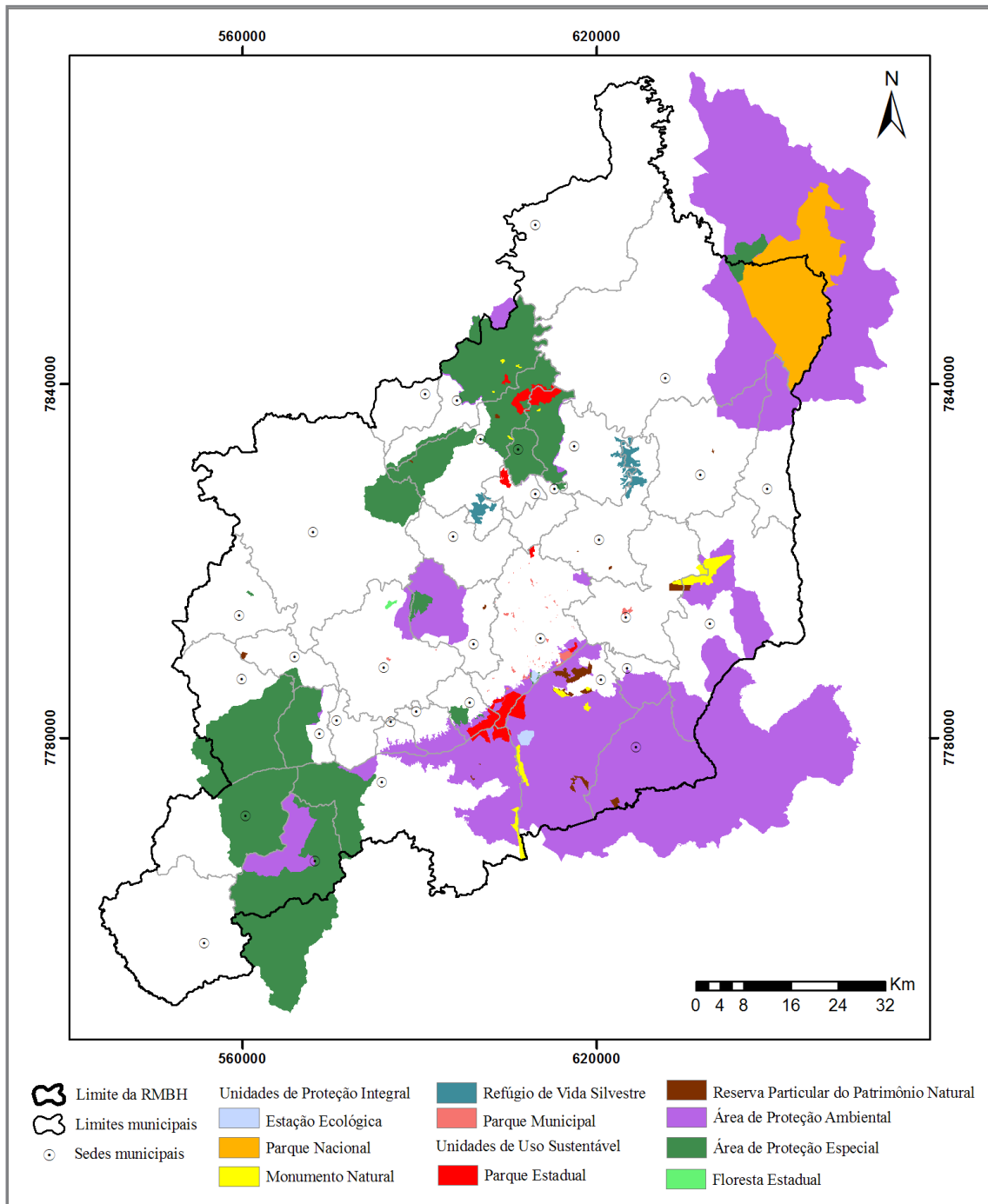


Figura 7.2 - Unidades de Conservação da RMBH com destaque para as Unidades de Proteção Integral.

ocupadas pelos remanescentes de comunidades dos quilombos no Brasil. Tal decreto estipula que as terras ocupadas por remanescentes das comunidades de quilombos incluem toda a terra utilizada que garanta a reprodução física, social, econômica e cultural da população quilombola em questão. Assim sendo, um detalhado exame das evidências documentais e dos testemunhos dos integrantes dessas comunidades deve ser realizado de maneira completa por empreendimentos mineradores de qualquer natureza, a fim de evitar atritos que possam dificultar ou inviabilizar a atividade minerária nesses domínios e a preservação das comunidades.

Segundo a Fundação Cultural Palmares, Minas Gerais possui 81 comunidades quilombolas reconhecidas, e dentro da RMBH estão localizadas sete destas comunidades, sendo elas: Luíses, Mangueiras e Manzo Ngunzo Kaiango na cidade de Belo Horizonte; Sapé em Brumadinho; Arturos em Contagem; e Mato do Tição e Açude no município de Jaboticatubas.

7.1.2.4. Legislação Específica para Áreas Indígenas

A legislação vigente, da CF/88, Lei 6.001 de 19 de dezembro de 1973 (Estatuto do Índio), regula a situação jurídica dos índios ou silvícolas e das comunidades indígenas, com o propósito de preservar a cultura e integrá-los, progressiva e harmoniosamente, à comunhão nacional.

O Decreto nº 1775/96 (Lei das Terras Indígenas) diz que as terras indígenas podem ser classificadas em quatro modalidades:

Terras Indígenas Tradicionalmente Ocupadas: São as terras indígenas de que trata o art. 231 da Constituição Federal de 1988, direito originário dos povos indígenas;

Reservas Indígenas: São terras doadas por terceiros, adquiridas ou desapropriadas pela União, que se destinam à posse permanente dos povos indígenas. São terras que também pertencem ao patrimônio da União, mas não se confundem com as terras de ocupação tradicional;

Terras Dominiais: São as terras de propriedade das comunidades indígenas, havidas, por qualquer das formas de aquisição do domínio, nos termos da legislação civil;

Interditadas: São áreas interditadas pela Funai para proteção dos povos e grupos indígenas isolados, com o estabelecimento de restrição de ingresso e trânsito de terceiros na área. A interdição da área pode ser realizada concomitantemente ou não com o processo de demarcação.

É indispensável à mineração que observe se alguma dessas modalidades (especialmente as Reservas Indígenas e as Terras Dominiais) tem protocolo iniciado perante os órgãos governamentais (INCRA e FUNAI), anteriormente aos pedidos de licença ambiental e de mineração, por

exemplo. Tais eventos podem inviabilizar todo o investimento no prospecto mineral em questão.

No final de 2016, dezenas de famílias indígenas de diferentes etnias que residiam na RMBH, com apoio da Associação dos Povos Indígenas de Belo Horizonte e Região Metropolitana (APIBHRM), ocuparam a fazenda Santa Tereza, situada no município de Esmeraldas. Tal localidade compõe a Fundação Educacional Caio Martins (FUCAM) que se encontrava abandonada no momento da ocupação. O local foi então denominado Aldeia Kamakã Grayra. Sendo assim, tal área pode ser enquadrada na condição de Terras Dominiais.

7.2. OBRIGAÇÕES FINANCEIRAS

7.2.1. Taxas de emolumentos

Os custos administrativos para os diferentes regimes de aproveitamento de substâncias minerais estão estabelecidos na portaria nº 317/2018. Para o regime de Autorização e Concessão é cobrado o valor de R\$ 900,31 para o requerimento de autorização. O regime de Licenciamento prevê a cobrança de R\$ 181,47 para o requerimento inicial. Ambos os regimes necessitam de uma série de trabalhos técnicos específicos, além dos custos administrativos da autarquia.

O boleto de emolumentos pode ser obtido no sítio da ANM na internet (sistemas.dnpm.gov.br/dipar_externo/cobranca/emolumentos.asp).

7.2.2. Taxas Anual por Hectare (TAH)

A Taxa Anual por Hectare (TAH) foi instituída pela Lei nº 7.886, de 20 de novembro de 1989, e posteriormente alterada pela Lei nº 9.314, de 14 de novembro de 1996. Trata-se de uma taxa obrigatória a todos os detentores de alvará de pesquisa, onde o pagamento deve ser efetuado anualmente obedecendo aos prazos determinados. A taxa deve ser quitada até o último dia de julho, no caso do alvará publicado no primeiro semestre, ou no último dia de janeiro, no caso do alvará publicado no segundo semestre do ano anterior.

A taxa pode ser emitida diretamente no sítio da ANM (sistemas.dnpm.gov.br/Arrecadacao/Extra/Cobranca/emiteTAH.aspx/). A inadimplência de tal taxa gerará a aplicação da penalidade de multa no valor de R\$3.239,26 (Três mil duzentos e trinta e nove reais e vinte e seis centavos) conforme previsto na letra «a», do inciso II, do §3º, do art. 20 do Código de Mineração. Se o titular permanecer inadimplente após a aplicação da multa, o título de pesquisa será anulado e o processo encaminhado para o procedimento de Disponibilidade de Pesquisa. A arrecadação da Taxa Anual por Hectare (TAH) cresceu 7,4% em 2018, comparadas ao primeiro semestre de 2017 (ANM, 2018).

7.2.3. Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM)

A Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), estabelecida pela Constituição de 1988, em seu Art. 20, § 1º, é atribuída aos Estados, ao Distrito Federal, aos Municípios, e aos órgãos da administração da União, como contrapartida pela utilização econômica dos recursos minerais em seus respectivos territórios. A atualização do Código de Mineração expôs novas regras para a CFEM.

A medida provisória nº 789, de 25 de julho de 2017, alterou a lei antes vigente e instituiu que passa a ser adotada, como base de cálculo, a receita bruta nas operações de venda, deduzindo-se somente os tributos que incidem sobre a comercialização. Fica proibida a dedução das despesas com frete e seguro, antes permitidas. Ademais, os contribuintes podem usufruir de uma redução de 50% no valor a pagar nos casos de venda de rejeitos e estéreis de minerais associados e utilizados em outras cadeias produtivas.

Além disso, em toda e qualquer exportação, a base de cálculo da CFEM está sujeita a teste pelo Preço sob Cotação de Exportação (PECEX), ou pelo valor de referência, a ser definido pela ANM. O índice apurado serve como base mínima de cálculo da CFEM nas exportações, independentemente do valor declarado pelo contribuinte. Em relação ao consumo de minério, a CFEM é calculada com base no valor de mercado do bem mineral, e não mais no custo de produção.

As alíquotas da CFEM sofreram mudanças expressivas com a última MP. O ouro passou a ter alíquota de 1,5%, enquanto diamantes e outras substâncias minerais têm alíquota de 2%, e a da bauxita, do manganês, do nióbio e do sal-gema passou a ser de 3%. Para o minério de ferro determinou-se uma alíquota de 3,5%. A ANM está autorizada a reduzir a alíquota para até 2% no caso de jazidas com baixo desempenho e rentabilidade, seja em razão do teor de ferro, da escala de produção, do pagamento

de tributos ou do número de empregados. O preço dos materiais de construção também sofreu mudanças na cobrança, passando de 2% do faturamento líquido, para 1,5% do faturamento bruto.

Os valores da CFEM aumentaram 43,6% em 2018, comparada com o primeiro semestre de 2017 (ANM, 2018).

7.3. DIREITO MINERAL NA RMBH

O estado de Minas Gerais estabeleceu pela Lei 19.976/2011, a Taxa de Controle, Monitoramento e Fiscalização das Atividades de Pesquisa, Lavra, Exploração e Aproveitamento de Recursos Minerários (TFRM), correspondendo assim a uma Unidade Fiscal do Estado de Minas Gerais, com o objetivo de financiar as atividades fiscalizatórias dos órgãos públicos que operam em conjunto com o setor de mineração.

A partir dos dados oficiais disponibilizados pela ANM a partir da plataforma SIGMINE (sigmine.dnpm.gov.br, consulta realizada em 23/03/2018), é possível explanar sobre as atividades minerais legais ocorridas dentro da RMBH. Foram selecionadas áreas requeridas nas fases de pesquisa, lavra, registro de extração e licenciamento mineral. A grande maioria dos processos encontra-se em fase de requerimento e autorização de pesquisa (64%) (Figura 7.3).

As fases de requerimento e concessão de lavra representam apenas 18% do total. Destaca-se o número de licenciamentos e requerimento de licenciamento, representando 17% do total, praticamente todos relacionados a extrações de areia. Os processos relacionados à concessão de Registro de Extração são muito baixos, representando 0,25% do total.

As áreas registradas junto a ANM na região em questão para pesquisa ou lavra de bens minerais, estão distribuídas segundo os regimes representados na Figura 7.4.

São observados 1.117 processos para pesquisa e extrações de insumos minerais para a construção civil

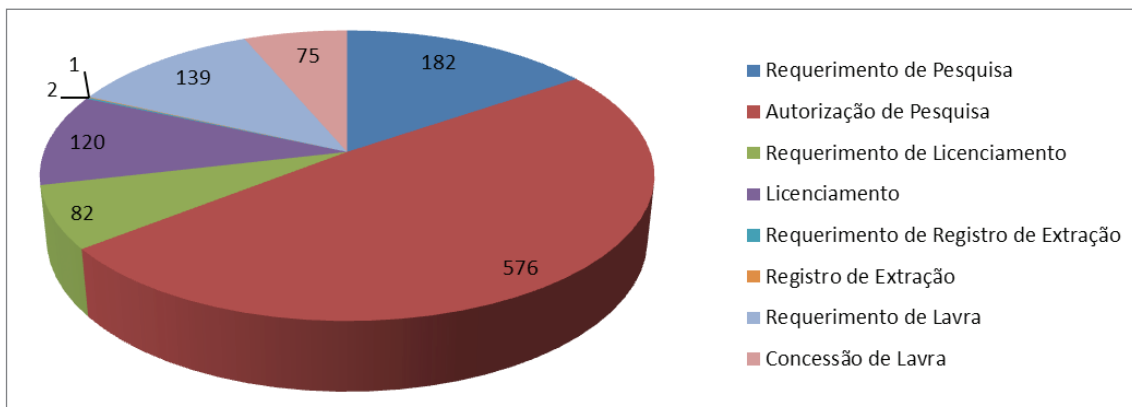


Figura 7.3 - Atividades minerais legais na RMBH, registradas na plataforma SIGMINE, separados pela fase do processo.

(Figura 7.5), sendo a maior parte para areia (790 processos ou 67% do total). Em segundo lugar aparecem os requerimentos de gnaiss (15%), seguido por calcários (11%).

Cabe ressaltar, que apesar de haver na área do projeto 95 processos requeridos para rocha ornamental, nenhum deles se encontra em processo de lavra. As rochas granitoides são utilizadas na RMBH apenas para

produção de brita e blocos. Possivelmente, isso se deve ao elevado grau de fraturamento observado nas frentes de lavra, assim como aspectos mercadológicos que não favorecem o setor de rochas ornamentais na região.

Ainda junto à ANM constam 13 áreas requeridas para laterita, saibro e cascalho, mas a aplicação final desses bens minerais requeridos normalmente é como material de empréstimo.

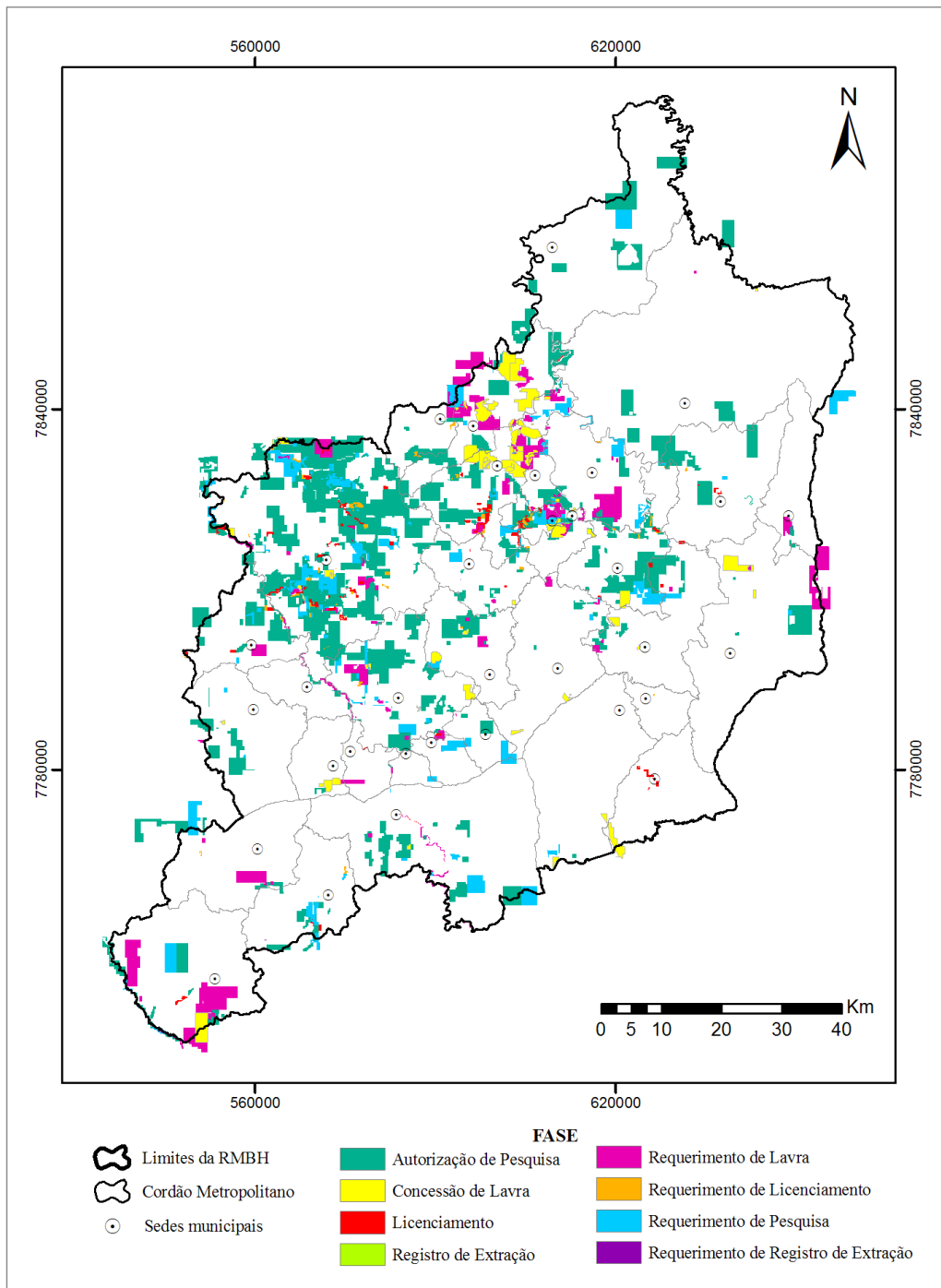


Figura 7.4 - Atividades minerais legais na RMBH, registradas na plataforma SIGMINE, onde a maioria das atividades se encontra na fase de Autorização de Pesquisa.

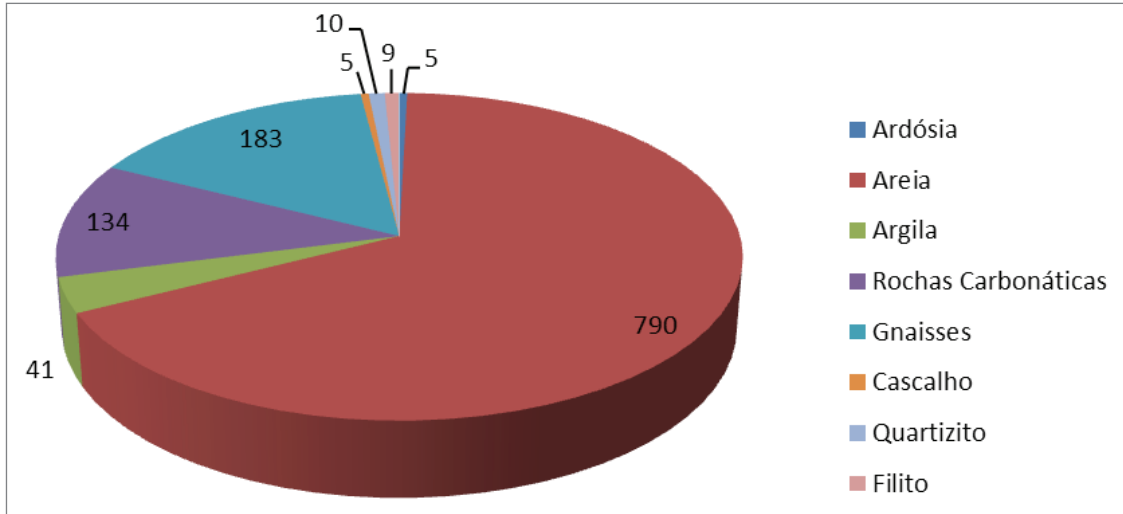


Figura 7.5 - Processos requeridos à ANM dentro dos limites da RMBH para pesquisa e extração de insumos minerais para construção civil, totalizando 1.177 processos.

8. MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE

8.1. CONCEITOS E APRESENTAÇÕES

A mineração e o meio ambiente são indissociáveis, e sendo os recursos minerais bens esgotáveis e não renováveis, deve-se sempre buscar a exploração sustentável desses bens. As atividades de extração de bens minerais são de grande importância para o desenvolvimento social, porém são também responsáveis por impactos ambientais negativos, que podem ser irreversíveis. Tais impactos, entretanto, podem ser amenizados e mitigados em empreendimentos que adotem ações sustentáveis.

Este capítulo trata sucintamente das implicações da interação entre a atividade de mineração de insumos minerais para a construção civil e o meio ambiente. São apresentadas também medidas mitigatórias para os impactos causados. Para uma melhor compreensão desta temática, faz-se necessária a definição de alguns conceitos.

Conforme a Resolução CONAMA nº 306, de 5 de julho de 2002, Meio Ambiente é definido como “conjunto de condições, leis, influência e interações de ordem física, química, biológica, social, cultural e urbanística, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”. A norma ISO 14.001, estabelecida pelo Sistema de Gestão Ambiental (SGA), determina que toda organização deve estabelecer, implementar e manter procedimentos para distinguir possíveis situações de emergência e potenciais acidentes que possam ter impactos sobre o meio ambiente, além de definir como a organização responderá a estes.

De acordo com o Artigo 1º da Resolução nº 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Impacto Ambiental representa qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, resultante das atividades humanas que afetem diretamente ou indiretamente a saúde, segurança e o bem-estar da população, atividades sociais e econômicas, biota, condições estéticas e sanitárias ambientais, e a qualidade dos recursos ambientais. Portanto, a definição de Impacto Ambiental está associada à alteração ou efeito ambiental gerado pela atividade humana, e pode ser negativo ou positivo (BITAR, 1997).

Outra definição de grande importância para estudos ambientais é o de Aspecto Ambiental. Esse termo pode ser entendido como o mecanismo através do qual uma ação antrópica causa um impacto ambiental (SÁNCHEZ, 2008).

Os principais impactos gerados pela mineração de insumos minerais para a construção civil são o desmatamento, erosão, assoreamento de rios e córregos, contaminação das águas, poluição atmosférica, poluição sonora e modificação da paisagem natural (ou poluição visual).

O índice de clandestinidade dessa atividade é preocupante, o que dificulta a fiscalização e diminui as responsabilidades dos empreendimentos de extração. No geral, as cavas são utilizadas como bota-fora da construção civil e até mesmo como lixões após o fechamento do empreendimento (Figura 8.1a).

8.1.1. Desmatamento

Desmatamento é o processo contínuo de remoção total ou parcial da vegetação nativa superficial de uma determinada área pela atividade humana. A retirada da vegetação ocorre na fase inicial da exploração mineral, quando ocorre a abertura de praças e vias de acesso (Figura 8.1b). O desmatamento pode acarretar alteração do microclima da região, uma vez que o calor passa a se propagar com mais intensidade na área afetada devido a maior exposição do solo. Além disso, a perda da biodiversidade é uma consequência evidente, uma vez que a retirada da vegetação provoca a morte de diversos animais, extinguindo abrigos (FERNANDES & PESSÔA, 2011).

A remoção da vegetação também acarreta uma menor infiltração das águas das chuvas no subsolo, gerando um rebaixamento do lençol freático, que muitas vezes pode provocar problemas de abastecimento de água nas cidades e na agricultura. O desmatamento pode ainda desencadear e potencializar a atuação de outro impacto comum, porém devastador, a erosão.

8.1.2. Erosão

A erosão é o conjunto de processos que retiram e transportam solo, minerais, fragmentos de rocha e material orgânico através da ação do fluxo de água, ventos ou gelo. Tal material, que é produto do intemperismo, passa a ser denominado de sedimento e pode originar depósitos sedimentares. Esse processo natural é acentuado pela retirada da vegetação nativa e pela remoção do solo superficial por ação antrópica, que faz com que os solos desprotegidos fiquem suscetíveis a processos erosivos que podem ocasionar à formação de voçorocas

(Figura 8.1c). Tais processos geram o desagregamento e empobrecimento do solo, tornando-o impróprio para agricultura. Se a retirada da vegetação se der em regiões semiáridas, é possível que ocorra processo de desertificação (BITAR, 1997).

A erosão gera grande volume de sedimentos, que são carregados pelas drenagens, e resulta no aumento da turbidez nas águas, afetando a vida aquática e contribuindo para o assoreamento do corpo d'água. Além disso, a erosão pode desencadear deslizamentos de terra, colocando em risco a fauna e flora local.

8.1.3. Assoreamento

Assoreamento é o acúmulo de sedimentos (areia, argila, detritos, entre outros) na calha de um rio, foz de drenagem, baía, lago, etc. Esse acúmulo é causado pelo aumento no aporte de sedimentos nos corpos d'água e pela diminuição da vazão do rio (Figura 8.1d). O assoreamento também pode causar enchentes devido a menor capacidade de reter água, e a perda da vegetação subaquática, que acaba por comprometer também o *habitat* de peixes e outros animais (BITAR, 1997). Os

processos erosivos atuantes nas bacias hidrográficas são os principais causadores do assoreamento.

8.1.4. Poluição atmosférica

Poluição atmosférica corresponde a todos os materiais ou compostos que alcançam a atmosfera interagindo com os gases que a compõem, formando substâncias que podem ser tóxicas para o organismo humano e para o ecossistema. O uso de explosivos no desmonte da rocha e o processo de beneficiamento dos agregados minerais são exemplos que contribuem para o aumento da quantidade de particulado em suspensão no ar (BITAR, 1997).

Os poluentes na atmosfera podem ser classificados em dois tipos: os primários, que são aqueles lançados diretamente na atmosfera, oriundos de fontes antrópicas e naturais. Ou secundários, àqueles gerados a partir de reações químicas e fotoquímicas, que ocorrem na atmosfera envolvendo os poluentes primários. Os principais poluentes atmosféricos são o monóxido de carbono, dióxido de carbono, clofluorocarbonetos (CFCs), óxidos de enxofre e de nitrogênio, compostos orgânicos voláteis, amônia, ozônio troposférico e material particulado. Este



Figura 8.1 - Impactos ambientais comuns em regiões de mineração. A – Lixão em antiga cava de extração de cascalho (ponto 51 – região de Santa Luzia); B – Remoção da vegetação e solo superficial em mineração de areia residual (ponto 99 – região de Santa Luzia); C – Erosão em antiga cava de saibro (ponto 158 – Taquaraçu de Minas); D – Alta turbidez e assoreamento de corpos d'água associado a extrações de areia (ponto 70 – região de Esmeraldas).

último, conhecido como poeira, causa danos à saúde, principalmente problemas respiratórios e do coração, onde quanto menor a partícula, maiores os potenciais efeitos produzidos (GALVÃO FILHO, 1989).

8.1.5. Poluição sonora

Toda emissão de som que seja ofensiva ou nociva à saúde humana, à segurança e ao bem-estar coletivo, de maneira direta ou indireta, é considerada poluição sonora. A Organização Mundial de Saúde considera que o limite para uma boa saúde auditiva é de 50 decibéis. O excesso de ruídos pode causar redução da produtividade, dificuldade de relaxamento, redução do poder de concentração, aumentar os riscos de infarto, infecções e outras doenças, em virtude do abalo da saúde mental. A poluição sonora tem também consequências importantes sobre o bem-estar e saúde dos animais, podendo inclusive reduzir suas populações (MACHADO, 2004).

O uso de explosivos no desmonte da rocha, bem como a atividade de máquinas e automóveis, são os principais causadores de poluição sonora em empreendimentos mineiros.

8.1.6. Contaminação de águas

A poluição das águas traduz-se em qualquer alteração física, química ou biológica da qualidade da água natural que a torna imprópria ou restringe seu consumo, ou ainda causa danos aos organismos vivos.

Na fase de beneficiamento do minério, a utilização de água é corriqueira, sendo a mesma utilizada em todas as etapas que empregam processos de separação a úmido, e as vazões necessárias para estas operações atingem valores elevados. De maneira geral, a poluição de águas é causada pela adição de substâncias ou formas de energia que, direta ou indiretamente, modificam os

atributos físicos e químicos do corpo d'água, afetando a utilização das águas (BITAR, 1997).

A produção de insumos minerais para a construção civil tem como principal impacto o aumento da concentração de areia e lama e, conseqüentemente, aumento da turbidez dos corpos d'água (Figura 8.1d). As consequências de tal processo são, por exemplo, a morte de plantas e peixes, e a disseminação de doenças. Não é comum a utilização de reagentes químicos para o beneficiamento desses tipos de materiais (SANTOS, 2013).

8.1.7. Modificação de paisagem

Entende-se como paisagem a porção do terreno que pode ser contemplada de uma perspectiva natural. A modificação da paisagem (ou antropização da paisagem) ocorre a partir da retirada da vegetação, perfuração de feições do relevo, construção de edifícios e estradas, entre outras coisas (Figura 8.1). As movimentações de terra, ainda na fase inicial da exploração mineral, e no desenvolvimento do empreendimento, resultam na modificação da paisagem natural, assim como na deposição de estéreis e rejeitos. Ademais, podem-se encontrar pequenas lagoas de rejeito ao redor das áreas exploradas, adicionando elementos que não pertenciam à paisagem original (BITAR, 1997).

8.2. IMPACTOS DECORRENTES DA MINERAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Os tipos e dimensões dos impactos causados pela mineração dependem principalmente do tipo de lavra, da substância e tipologia do depósito, dimensão do empreendimento, dos processos de beneficiamento, estocagem e transporte. A atividade para extração de cada substância pode ser responsável por uma série de impactos ambientais (Tabela 8.1).

Tabela 8.1 - Principais tipos de impactos ambientais gerados pela atividade mineral de insumos minerais para a construção civil na RMBH.

ATIVIDADE	IMPACTOS AMBIENTAIS	SUBSTÂNCIA
Decapeamento e abertura de vias de acesso	Desmatamento; acentuação de processos erosivos e de assoreamento; alteração na paisagem; poluição sonora e atmosférica.	Todas
Lavra por dragagem	Rebaixamento do nível freático; aumento da turbidez da água; modificação do fluxo hidrológico; aumento da erosão; redução da biodiversidade aquática; contaminação das águas.	Areia
Lavra por escavação	Modificação da topografia; acentuação de processos erosivos; desestabilização geotécnica do terreno; poluição sonora; contaminação de águas subterrâneas; aumento de material particulado.	Areia; argila; saibro; filito
Lavra por bancadas	Poluição sonora e visual, rebaixamento do nível freático, emissão de gases, poeiras, ruídos e vibrações.	Brita; calcário
Estocagem de minério e deposição de rejeitos	Aumento do assoreamento e da turbidez nos cursos d'água; contaminação de corpos d'água.	Todas
Britagem	Poluição sonora; emissão de material particulado; ultra lançamentos de rocha.	Brita; calcário
Expedição e transporte	Emissão de gases e poeiras; ruídos e vibrações.	Todas

Neste tópico são descritos os principais impactos ambientais gerados pela extração, beneficiamento, estocagem e transporte de insumos minerais para uso na construção civil, além das possíveis medidas mitigadoras para tais impactos.

8.2.1. Decapeamento e abertura de acesso

O decapeamento é a retirada do solo e de sedimentos não interessantes ao empreendimento para conceder acesso ao recurso mineral pretendido. Nesta etapa realizam-se os processos de remoção do solo superficial, mais fértil, e da cobertura vegetal. Para tanto, se faz a uso de retroescavadeiras e pá-carregadeiras, com o intuito de realizar a abertura do *pit* de lavra ou para o traçado dos acessos internos e externos.

Tal processo afeta a biodiversidade decorrente da retirada do solo e vegetação, afetando a flora e a fauna local; acentua processos erosivos, gerando um aumento do assoreamento das drenagens a jusante da mina; além de resultar numa grande alteração na paisagem. Ademais, a emissão de particulados e os ruídos dos equipamentos contribuem também para dispersão da fauna e produzem poluição sonora e atmosférica.

A abertura de acesso também gera impactos referentes à detonação de explosivos, ultra lançamentos de rocha, vibração dos terrenos e poluição atmosférica com a emissão de gases poluentes e poeira. Tais processos podem ainda ocasionar no vazamento de combustível das máquinas que geraram tal acesso e danos à saúde (LUZ & ALMEIDA, 2012). Esses processos são comuns em empreendimentos de exploração de todos os insumos produzidos na RMBH.

Para mitigar tais impactos relacionados ao decapeamento, algumas medidas podem ser tomadas. Realizar a retirada da vegetação somente quando estiver próximo do início das obras de terraplenagem, evitando que o terreno fique exposto aos agentes erosivos por longo período de tempo seria uma destas medidas. Além disso, a cobertura vegetal existente deve ser preservada o máximo possível no entorno dos setores ocupados pelo projeto, a fim de impactar o mínimo possível o ecossistema local e evitar a erosão dos entornos (ROSA, 2013).

Deve-se delimitar fisicamente as áreas constantes nas autorizações para desmatamento por meio de estaqueamento, fitas de sinalização ou similares. A supressão vegetal deverá ser planejada e executada de forma a conduzir a fauna para áreas vizinhas. É necessária também a manutenção da qualidade dos solos, realizando a racionalização da abertura de acessos, o acondicionamento topográfico, a recomposição do solo, a implantação do sistema de drenagem e a recomposição da cobertura vegetal (COSTA & RODRIGUES, 2015).

O plantio de barreiras vegetais nos entornos do projeto também ameniza os efeitos dos ruídos causados no detonamento de explosivos. Quanto ao ultra lançamento de fragmentos, é necessária a presença de um técnico legalmente habilitado, que forneça um dimensionamento do plano de fogo apurado, levando-se em conta as anomalias da rocha, tais como estágio de decomposição, juntas, espelhos de falhas, fraturas; no qual a fragmentação do material detonado atenda as especificações definidas na britagem primária, evitando também vibrações excessivas (CHAVES, 2012).

É importante ainda demarcar e sinalizar com placas as Áreas de Preservação Permanentes (APP's), para que não venham ocorrer intervenções não autorizadas pelo órgão ambiental, principalmente nas extrações de areia em planícies de inundação (EJEF, 2016).

8.2.2. Lavra por dragagem

A dragagem é o método de extração mineral por dragas de sucção que operam nos leitos de rios ou cavas inundadas, sendo comum a necessidade de represamento do curso d'água para proporcionar condições adequadas para operação de tais dragas (Capítulo 5). É o método de lavra mais utilizado na RMBH para extração de areia, principalmente nas regiões de Esmeraldas, Pedro Leopoldo e Rio Manso. A instalação e operação destas dragas provoca o rebaixamento do nível freático, modificações na morfologia da calha do leito, aumento da turbidez da água e modificação do fluxo hidrológico, que pode acarretar no aumento da erosão, chegando a ocorrer solapamentos.

Outros impactos que podem ocorrer são a redução da biodiversidade aquática através da perturbação das rotas dos peixes e dos *habitats* dos organismos bentônicos; a contaminação das águas e do solo por derramamento de combustível no abastecimento das dragas; e a poluição sonora referente aos ruídos feitos pela draga (LUZ & ALMEIDA, 2012).

No intuito de mitigar tais impactos, é necessário que ocorra o monitoramento da qualidade das águas superficiais; além da utilização de equipamentos modernos, dotados de compartimentos estanques para evitar derramamentos de óleo; e instalar faixas de distanciamento entre as dragas e as margens dos cursos d'água, a fim de reduzir os impactos sobre a biodiversidade e evitar o solapamento destas margens. Além disso, as dragas devem passar por manutenções periódicas, assim como o monitoramento da taxa de reposição de sedimentos deve ser continuado.

A extração deve ser realizada através da retirada de sucessivas camadas horizontais regulares do centro para as margens, evitando assim a formação de depressões acentuadas, que podem provocar aumento

da turbulência no fluxo hídrico e, por conseguinte, o aumento da erosão no fundo do canal e de suas margens (VARGAS, 2013).

8.2.3. Lavra por escavação

A lavra por escavação, método convencional de extração amplamente utilizado para alguns tipos de materiais de construção, faz uso de trator, retro-escavadeira, carregadeira frontal e de trabalhadores braçais. Na RNBH, esse tipo de lavra é bastante utilizado em extrações de argila, areia e saibro, principalmente nas regiões de Esmeraldas e Santa Luzia. Nesse tipo de extração ocorre a modificação da topografia original, podendo resultar numa desestabilização geotécnica do terreno e na contaminação das águas subterrâneas. Há o aumento de material particulado causado pelo maquinário nas escavações e os processos erosivos podem ser intensificados, acarretando em assoreamento das drenagens a jusante do local de extração.

Algumas ações podem ser realizadas a fim de mitigar tais impactos, como a implementação de medidas para redução dos níveis de pressão sonora, manutenção e reposição de peças com desgaste.

Quando ocorrer a interceptação do nível freático ou das águas subterrâneas, deve-se fazer a identificação e redução das potenciais fontes de contaminação (VARGAS, 2013).

8.2.4. Lavra por bancadas

O método de lavra por bancadas é aplicado quando a jazida tem dimensões verticais e horizontais grandes. É utilizado nas atividades de mineração de brita e rochas calcárias na RMBH.

Existe o impacto visual gerado pela cava da mina, além de operações que atingem facilmente o lençol freático, sendo o bombeamento de água do interior da cava quase sempre necessário em todo o processo de produção.

É comum neste método que os depósitos de estéril não sejam projetados, sendo colocados aleatoriamente ao redor das frentes de lavra. Porém, muitas vezes os rejeitos são aproveitados em locais onde a lavra já exauriu. Nestas áreas a vegetação também é reestabelecida em terrenos com curvas de nível e calhas de escoamento implantadas para evitar erosão (Figura 8.2).

Ao se iniciarem as operações da mina faz-se o uso de detonação de explosivos gerando ruídos, vibrações e poeira, quase sempre prejudiciais à tranquilidade da população que circunvizinha ao empreendimento. Tal procedimento ainda provoca o deslocamento do ar e uma onda de choque, que se propaga por toda a massa



Figura 8.2 - Pilha de rejeito reambientada em mina de calcário (Matozinhos).

rochosa, colocando em risco as construções situadas próximas à lavra (FABRI *et al.*, 2012).

Para mitigar tais impactos é necessário um planejamento detalhado do plano de fogo, adotando-se em áreas urbanas e em grutas, o levantamento geofísico e o acompanhamento sismográfico (MINEROPAR, 2004). Um dos grandes impactos ambientais que ocorrem na RMBH é a destruição de grutas calcárias presentes na região.

No que diz respeito ao rebaixamento do lençol freático, deve-se escolher o sistema mais adequado, no qual o controle e acompanhamento da operação tem que ser executado por um técnico especializado, que execute registros diários, fazendo uma fiscalização constante (MULLER, 2004). As medidas para mitigar impactos gerados por detonação de explosivos foram explanadas no Tópico 8.2.1. Os rejeitos devem ser dispostos segundo o método mais adequado para o empreendimento em questão.

8.2.5. Estocagem de minério e deposição de rejeitos

A estocagem do minério e a deposição de rejeitos e estéreis, definitivas ou temporárias, devem ser realizadas com segurança e visando impactar o mínimo ao meio ambiente. Quando feito de maneira inadequada, pode ocorrer transporte de sedimentos através de águas de chuvas, decorrendo-se então o aumento do assoreamento e da turbidez nos cursos d'água a jusante das minas.

A maior parte dos empreendimentos de extração de insumos minerais para a construção civil visitados na RMBH estoca o minério a céu aberto, em locais susceptíveis à erosão (Figura 8.3a). Porém, em alguns locais estocam minério em locais cobertos e cercados, onde estão mais protegidos das chuvas (Figura 8.3b).



Figura 8.3 - Deposição e estocagem de minério na RMBH. a – Minério estocado ao ar livre; b – Minério estocado em local coberto.

Os resíduos da mineração são separados em resíduos sólidos de extração, denominados de estéril, e os de tratamento/beneficiamento, denominados rejeitos. Os rejeitos, quando de granulometria fina, são definidos como lama, e quando de granulometria grossa, acima de 0,074 mm, são chamados de rejeitos granulares. De maneira geral, os rejeitos podem ser dispostos em minas subterrâneas, em cavas exauridas de minas, em pilhas, por empilhamento a seco e drenado, por disposição em pasta e em barragens de contenção de rejeitos (IBRAM, 2016). Em empreendimentos de pequeno porte, como a maioria das lavras de insumos minerais para a construção civil, comumente se verifica apenas a deposição de rejeitos e estéreis em pilhas de bota-fora, muitas vezes de maneira inadequada.

O principal resíduo gerado na lavra de materiais de construção, em geral, é o resíduo grosseiro, constituído de pedaços de rocha, resultante das etapas de desmembramento das bancadas e recorte em blocos, e pilhas de solo relativas ao decapeamento. Os resíduos grosseiros são compostos por rochas alteradas, blocos de rocha de tamanhos variados, fora de padrão ou blocos de composição indesejável.

Para regulamentar e instituir a gestão dos resíduos provenientes da mineração e de todas as atividades humanas, criou-se a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instaurada pela Lei 12.305/2010, que obriga à gestão adequada dos resíduos, insistindo na busca por soluções para seu aproveitamento ou reciclagem, e orientando à deposição quando comprovada a inviabilidade do reaproveitamento.

Há diversas soluções tecnicamente viáveis para o aproveitamento dos resíduos da lavra. Na construção civil pode-se fazer: a substituição dos agregados utilizados na composição de argamassa, concretos a base de cimento Portland, betuminoso e misturas solo-brita utilizadas

em bases de pavimentos, sendo esta, uma alternativa atraente (SILVA & CASTRO, 2016).

Na RMBH foram encontrados empreendimentos que praticamente não produzem rejeitos, aproveitando todo o material extraído. Em algumas explorações de gnaiss para produção de brita, localizadas próximas aos municípios de Santa Luzia e Betim, os resíduos são utilizados para a produção de areia industrial e “bica corrida” (material que resta no maquinário), aproveitando-se assim todo o material retirado. Em explorações de calcário para produção de cimento, os resíduos ou o material impróprio são aproveitados para a produção de brita e corretivos de solo, apresentando-se assim um empreendimento sustentável.

Devem ser adotadas medidas para evitar o arraste de sólidos para o interior de rios, lagos ou outros cursos de água. Para disposição de estéreis, rejeitos e produtos em terrenos inclinados devem ser construídos dispositivos de drenagem interna, de forma que conduza as águas para bacias de sedimentação, que devem ser desassoreadas periodicamente.

8.2.6. Britagem

Na maioria das pedreiras da RMBH são realizados vários processos de britagem para adequar as dimensões do material rochoso às especificações do mercado. Tal processo pode envolver o uso de explosivos, conforme supracitado, além de envolver também equipamentos muito ruidosos e que geram uma grande quantidade de poeira, podendo causar danos à saúde humana. Ademais, os fragmentos de rocha podem cair da correia transportadora, tornando indispensável o uso de EPIs.

Para mitigar tais impactos, devem-se minimizar os níveis de ruídos a serem gerados durante a operação e a planta de beneficiamento deve dispor de dispositivos que diminuam a formação de poeiras na fonte, tais como

aspersores de água nos britadores primário e secundário e enclausuramento com instalação de filtros na moagem (LUZ & ALMEIDA, 2012).

8.2.7. Expedição e transporte

A entrega das substâncias ao mercado consumidor normalmente é feita por caminhões próprios ou terceirizados. Nesta etapa existe a possibilidade de perda do insumo mineral pelo caminho, que pode causar danos em outros veículos gerando acidentes (LUZ & ALMEIDA, 2012). Além disso, ainda nesta fase, há o uso de equipamentos tais como retroescavadeiras, pá-carregadeiras, causando também a emissão de gases e poeiras, ruídos e vibrações, acarretando em uma redução na qualidade do ar e afugentando a fauna local.

No intuito de se mitigar tais impactos, se faz necessário umectar as vias de acesso às frentes de obra para diminuir a emissão de material particulado, além de definir as rotas de tráfego de veículos e pessoal na área interna do empreendimento durante a implantação da mineração, visando evitar o desgaste da vegetação, ou mesmo os impactos sobre a área a serem conservadas. Deve-se realizar também o controle de velocidade dos veículos em toda a área do empreendimento; tais veículos e equipamentos devem receber manutenção preventiva para evitar emissões abusivas de gases e ruídos na área trabalhada; e ainda deve ser realizado o controle de peso dos caminhões para evitar a rodagem de veículos acima do peso nas estradas (GEOCONSULT, 2011).

8.3. ATIVIDADE MINERAL EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

A atividade de extração mineral é permitida em alguns tipos de Unidades de Conservação, como descrito no Capítulo 7. Na RMBH foram identificadas extrações de insumos minerais para a construção civil em algumas unidades de conservação. Na APA Rio Manso, sendo esta uma APA dentro da Área de Proteção Especial (EPE) Rio Manso, inserida nos municípios de Bonfim, Brumadinho, Crucilândia, Itatiaiuçu e Rio Manso, encontra-se uma extração de areia. Ao sul, ainda dentro da EPE Rio Manso, têm-se a extração de areia e argila. Na porção noroeste da APE Serra Azul, nas cidades de Mateus Leme, Igarapé e Itaúna, localiza-se uma extração a céu-aberto de filito.

Na APA Sul RMBH, que abarca os municípios de Belo Horizonte, Brumadinho, Caeté, Ibirité, Itabirito, Nova Lima, Raposos, Rio Acima e Santa Barbara, situa-se uma extração de areia, na porção central da unidade. Na APA Vargem das Flores, inserida nas cidades de Contagem e Betim, há a ocorrência de duas extrações ativas, ambas de gnaiss para produção de brita.

Na APA Carste de Lagoa Santa, inserida nos municípios de Confins, Funilândia, Lagoa Santa, Matozinhos, Pedro Leopoldo e Vespasiano, estão presentes 9 extrações ativas, onde 6 delas, localizadas nas porções central e norte da unidade, são de calcário para utilização em cimentos, acabamentos e para brita. As outras 3 extrações registradas na porção sul da área são de areia. Na APA Águas da Serra da Piedade, situada na cidade de Caeté, encontra-se uma extração de saibro na porção limítrofe sul.

As unidades de conservação em que se verificaram as atividades de mineração em questão são Unidades de Uso Sustentável, e uma vez que a lei nº 5.722, de 2009 permite a exploração de recursos minerais nesse tipo de unidade, desde que tal exploração seja antecedida de licenciamento ambiental, tais atividades são legais.

No Parque Estadual do Sumidouro (APP), encontra-se uma mina inativa de calcário para cimento. Esse ponto foi excluído do cadastro do projeto, pois se encontra em uma região de proteção permanente, e sem a possibilidade de retomada do empreendimento.

8.4. DIRETRIZES PARA EXPLORAÇÃO MINERAL SUSTENTÁVEL

A administração dos recursos minerais por parte da União deve ser regida a partir da aplicação de interesses coletivos, onde políticas públicas sustentáveis devem ser incluídas no planejamento estatal, através de uma política setorial para a mineração, em que a intensificação da gestão pública estenderá a responsabilidade social e ambiental dos empreendimentos minerários (SIMÕES, 2010).

A evolução das leis ambientais no Brasil acarretou na revogação de parte da legislação minerária, que teve de ser adequada às novas exigências. Deste modo, foram somadas às penalidades assinaladas no Código de Mineração também as penas contidas na lei de Crimes Ambientais (lei 9.605/98); efetuou-se a obrigatoriedade do licenciamento prévio para as atividades minerárias (lei 7.805/89), dos Planos de Aproveitamento Econômico de jazida – (lei 6.567/78), do Estudo de Impacto Ambiental – EIA e Relatório de Impacto Ambiental – RIMA (Decreto 99.274/90 e Resolução CONAMA 001/86) e do Plano de Recuperação de Área Degradada – PRAD (art. 225, § 2º) (SIMÕES, 2010).

O Novo Marco Regulatório da Mineração estabeleceu a MP nº 790/17, que regulamenta a relação entre o direito minerário e ambiental. Assim, criou-se a responsabilidade do minerador pela recuperação ambiental das áreas impactadas, a possibilidade de prorrogação da autorização de pesquisa por atrasos no licenciamento ambiental sem a culpa do titular, e a obrigação de comprovação de adoção de todas as medidas pelo empreendedor para

emissão da licença ambiental para execução da atividade de mineração. Entretanto, os avanços propostos por essa medida provisória para a reforma de aspectos ambientais do Código de Mineração perderam efeito, uma vez que tal medida teve seu prazo de vigência encerrado no dia 28 de novembro de 2017. Todavia, tal medida não abrangia de maneira adequada o fechamento das minas e a restauração ambiental de áreas atingidas pela atividade de mineração. Na legislação federal atual não existe uma norma geral regularizando e orientando a dimensão e o conteúdo mínimos de um plano de desativação dos empreendimentos do setor mineral. Têm-se instituído por lei, fragmentos da legislação que preveem o plano de desativação e a recuperação de áreas degradadas, mas sem disciplinar os conteúdos mínimos e os mecanismos de desativação (TONIDANDEL *et al.*, 2012). Neste contexto, a Deliberação Normativa Copam 127/2008 (MG) estabeleceu procedimentos e diretrizes para avaliação ambiental da fase de fechamento de mina, sendo esta uma legislação específica do Estado de Minas Gerais. Porém tal decreto foi revogado, registrado no Diário do Executivo no dia 28 de março de 2018.

Compete à ANM estabelecer normas e exercer fiscalização sobre controle ambiental da atividade, de acordo com a Lei nº 13.575/17. Além disso, a reforma omitiu-se no que diz respeito à criação de uma regulação específica referente ao licenciamento ambiental de atividades de mineração. A ausência de previsibilidade em procedimentos de licenciamento ambiental estabelece um obstáculo significativo à expansão do setor (DAVIES *et al.*, 2018).

O Plano Diretor é um instrumento de gestão territorial do município, e o plano de Belo Horizonte, estabelecido pela Lei Nº 7.165/96, nas diretrizes relativas ao meio ambiente, exige das empresas mineradoras a recuperação das áreas degradadas, assim como várias

outras medidas com o intuito de proteger áreas com vegetação nativa, matas ciliares e corpos d'água. Porém alguns dos municípios da RMBH não possuem diretrizes específicas para a mineração.

O Plano Diretor de Nova Lima possui uma seção que trata da gestão ambiental das atividades de mineração, assim como o de Brumadinho, que apresenta diversas medidas a serem tomadas em relação às atividades mineiras, como por exemplo, convocar às empresas mineradoras em operação no território municipal para investimentos na recuperação e ampliação do sistema viário, especialmente nos trechos de que se utilizam. Além do monitoramento constante do desmatamento, queimadas e disposição de lixo.

O Plano Diretor de Pedro Leopoldo conta com várias diretrizes para as atividades de mineração, e em uma delas veda a instalação no interior do perímetro urbano das atividades de extração mineral. Essa medida tem consequências diretas para a extração de insumos minerais para construção civil, uma vez que os empreendimentos neste setor carecem de proximidade com os centros urbanos.

Todavia, poucos municípios tratam especificamente de materiais de construção em seus planos. O Plano Diretor de Esmeraldas trata especificamente da mineração de areia e argila, visto que no município em questão, a extração dessas substâncias é amplamente praticada.

O Plano Diretor de Matozinhos, que aborda a mineração de calcário na APA Carste, alerta para os cerca de 20 decretos de lavra na área e três fábricas de cimento localizadas em sua vizinhança, onde a indústria extrativa está em conflito permanente com a paisagem natural do carste e seu patrimônio arqueológico, paleontológico e espeleológico. Como explanado no tópico anterior, ainda existem nove extrações ativas no local.

9. DIAGNÓSTICO TÉCNICO-ECONÔMICO DA RMBH

9.1. GENERALIDADES

Minas Gerais é o maior estado minerador do país, respondendo pela produção de 53% dos minerais metálicos e 50% do ouro nacional, e 75% do nióbio mundial (LIMA & NEVES, 2016). Os materiais de construção possuem participação pouco significativa no total da arrecadação do CFEM quando comparados com os metais, porém ainda com relevante montante, onde os empreendimentos de extração de rochas calcárias, por exemplo, responde pela quarta maior arrecadação do estado (Figura 9.1 e Tabela 9.1).

Os insumos minerais para a construção civil possuem baixo valor unitário e elevados volumes físicos de comercialização, sendo o segmento da indústria mineral que abrange o maior número de empresas e trabalhadores,

e o único presente em todas as unidades federativas do Brasil (LA SERNA & REZENDE, 2013).

9.2. PANORAMA NACIONAL E ESTADUAL

Na produção nacional, prevalecem os micromercados regionais de materiais de construção, com o predomínio de minas de pequeno porte. O principal limitante para a ampliação do mercado de insumos minerais para construção civil é o frete, que inviabiliza o comércio entre grandes distâncias. Nesse caso, a escala de produção, de maneira geral, fica restrita aos volumes compatíveis com o que cada mercado regional pode absorver (LA SERNA & REZENDE, 2013).

Os principais produtos presentes no mercado brasileiro são brita, areia, argila, calcário (para a produção

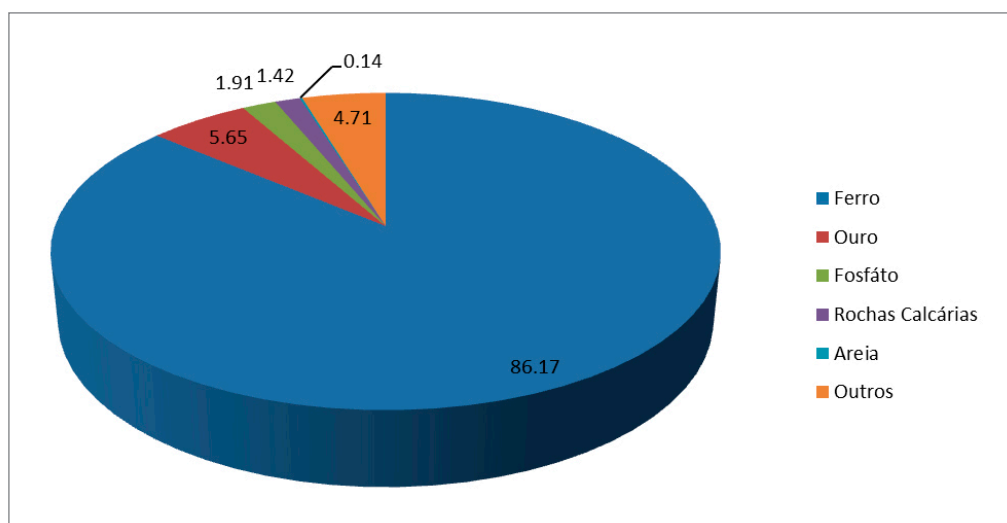


Figura 9.1 - Arrecadações da CFEM em porcentagem por substância no estado de Minas Gerais até novembro de 2018.

Tabela 9.1 - Principais tipos de impactos ambientais gerados pela atividade mineral de insumos minerais para a construção civil na RMBH.

CLASSIFICAÇÃO	SUBSTÂNCIA	ARRECADADAÇÃO	PERCENTUAL (%)
1	Ferro	R\$ 906.402.631,0	86,17
2	Ouro	R\$ 59.391.275,9	5,65
3	Outros	R\$ 49.509.426,0	4,71
4	Fosfato	R\$ 20.130.480,5	1,91
5	Rochas Calcárias	R\$ 14.942.533,3	1,42
6	Areia	R\$ 1.445.034,1	0,14

de cimento e cal), rocha ornamental e materiais de empréstimo (cascalho e saibro). Segundo dados da ANM, as rochas calcárias e areia contribuem com 2,69% e 0,78%, respectivamente, na arrecadação nacional de CFEM (Figura 9.2).

O consumo de brita e blocos de rocha no Brasil atende principalmente a indústria da construção civil, na qual seu uso está dividido entre os subsetores de revenda (lojas de materiais de construção), concreto pré-misturado, pré-moldados de concreto, concreto asfáltico, material para compor a base/sub-base de rodovias, lastro ferroviário, enrocamento e filtro. Conforme indicado no Sumário Mineral de 2015, o consumo de brita e blocos está dividido em 32% para concreteiras, 24% para construtoras, 14% para pré-fabricados, 10% para revendedores/lojas, 9% para pavimentadoras/usinas de asfalto, 7% para órgãos públicos e 4% para outros (LIMA & NEVES, 2016).

No que diz respeito a produção de brita, todas as unidades federativas do Brasil, exceto Acre e Distrito Federal, são produtoras. O mercado produtor de rochas britadas é composto por empresas de vários tamanhos e naturezas, variando desde mineradoras típicas, cujo principal produto é a própria brita, até mineradoras de calcário agrícola ou para cimento, por exemplo, funcionando de maneira verticalizada, com mais de um produto final (LIMA & NEVES, 2016). No ano de 2014, São Paulo foi o estado com maior produção e consumo de brita e blocos, concentrando 26,7% do total nacional. O segundo estado com maior relevância foi Minas Gerais, que participou com 10,7%, seguido pelo Rio de Janeiro, com 8,1%, e Paraná, com 6,5%.

As importações de brita e blocos neste mesmo ano atingiram um total de 202.396 toneladas, com um valor de US\$ 5.216.096 e os países que proveram

tais insumos foram Uruguai (59,2%), Turquia (39,0%) e o restante, de 1,8%, distribuído por diversos países (LIMA & NEVES, 2016).

No setor de materiais de construção como um todo, São Paulo é novamente o maior produtor e consumidor, seguido por Minas Gerais. É também o estado brasileiro que obteve as maiores arrecadações neste mercado no ano de 2014 (LIMA & NEVES, 2016).

Segundo La Serna & Rezende (2013), Minas Gerais apresentou os menores preços médios do país no mercado de brita, no período de 2001 a 2009.

No que diz respeito a areia, todas as unidades da federação são produtoras e consumidoras desse insumo. Novamente há destaque para o estado de São Paulo, que produziu em 2014, 22% do total nacional, apresentando uma pequena diminuição em relação aos anos anteriores. Minas Gerais aparece em segundo lugar quanto ao grau de relevância no mercado, com 11%, seguida pelo Rio de Janeiro, com 7%, Paraná e Bahia, em quarto lugar, com 6% cada, e Rio Grande do Sul e Pernambuco, com 5% cada.

As capitais dos estados de Goiás, Minas Gerais, Pernambuco, Santa Catarina e Rio de Janeiro, além do Distrito Federal, foram os mercados que apresentaram os preços mais elevados em 2014, onde os preços médios da areia fina, média e grossa cresceram entre 7 e 8,2%, em relação a 2013. O consumo interno de areia se divide em 35% para argamassa, 20% para concreteiras, 15% para construtoras, 10% para pré-fabricados, 10% para revendedores/lojas, 5% para pavimentadoras/usinas de asfalto, 3% para órgãos públicos e 2% para outros (LIMA & NEVES, 2016).

A argila é amplamente utilizada no Brasil pela indústria da cerâmica e de refratários. A indústria de cerâmica vermelha brasileira é composta por 6.903 empresas, que geram rendimento de R\$ 18 bilhões ao ano, nas quais

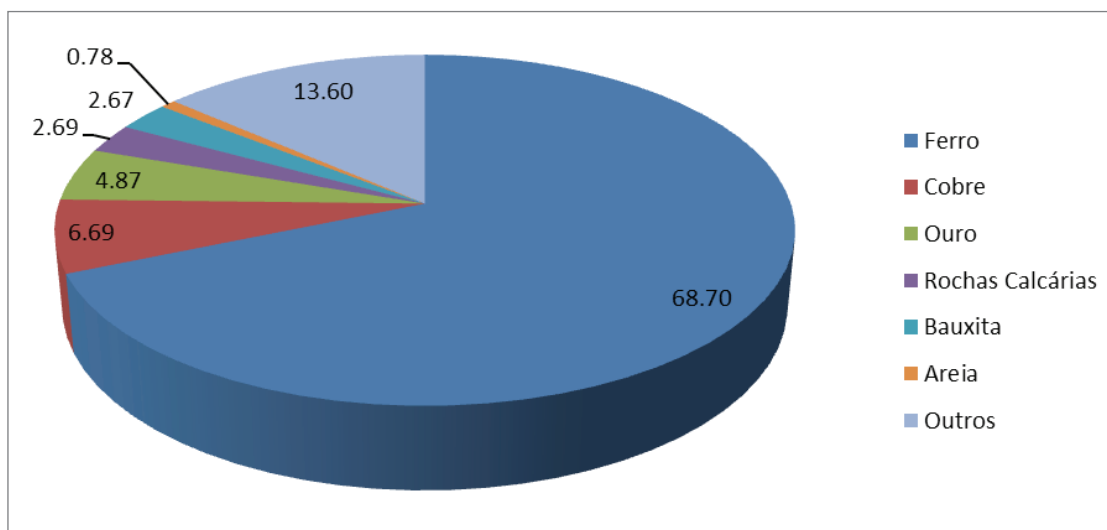


Figura 9.2 - Percentual arrecadado do CFEM, no Brasil, por substância, no ano de 2018 (até o mês de outubro).

as fábricas de blocos rendem a produção em torno de 4 bilhões de itens mensalmente, e a fabricação de telhas mensal é superior a 1 bilhão de unidades. O setor representa quase 5% da indústria da construção civil e gera mais de 400 mil postos de trabalho diretos e 1,25 milhão indiretos (ANICER, 2018).

Além disso, levando em conta as dimensões globais do setor no país e informações de levantamentos efetuados em Arranjos Produtivos Locais (APL) representativos do setor, estima-se que possa existir um número significativo de empreendimentos não regularizados que somam cerca de 30 a 50% ao total das minerações registradas pela ANM. O estado de Minas Gerais possui a segunda maior reserva brasileira de argilas para cerâmica vermelha do Brasil, contando com 18,14% das reservas medidas, ficando atrás apenas de São Paulo (COELHO, 2009).

O Brasil é o maior produtor de cimento da América Latina, com 71 Mt ao ano, que responde a 1,7% de toda a produção mundial. As principais matérias-primas na confecção do cimento são os calcários e as argilas. A produção interna de cimento no ano de 2014 cresceu 1,5% em relação ao ano de 2013. São mais de quinze grupos industriais que fabricam cimento no país, no qual os seis maiores são responsáveis por mais de 80% da produção nacional. A região Sudeste possui a maior concentração de fábricas de cimento no país e foi responsável por aproximadamente 47,3% da produção nacional em 2014, seguida pelas regiões Nordeste (21,4%), Sul (14,6%), Centro-Oeste (12,2%) e Norte (4,5%).

As maiores reservas lavráveis de calcário do Brasil estão localizadas em Minas Gerais, representando 22,5% do total, o que corresponde a 9.824 milhões de toneladas. O estado é também o maior produtor de calcário bruto e beneficiado, 22,3% e 34,6%, respectivamente, de participação na produção nacional (SILVA, 2009). As importações de cimento tiveram uma elevação de 6,3% entre 2013 e 2014, atingindo o valor de US\$ 190,0 milhões. O Brasil importou 2,9 Mt, que corresponde a aproximadamente 4% de todo cimento consumido no país. Segundo o Sumário Mineral (2015), 34 países forneceram cimento para o Brasil, destacando-se: Espanha (21,2%), China (15,4%), Turquia (15,3%), Portugal (11,4%), México (11,4%) e Grécia (5,8%) (LIMA & NEVES, 2016).

A cal virgem e a cal hidratada são os tipos mais comuns de cal no setor comercial. A cal virgem é o principal produto de calcinação de rochas calcárias e dolomíticas. Por sua vez, a cal hidratada é formada pela adição de água à cal virgem, formando principalmente o hidróxido de cálcio. Estes insumos podem ser empregados em diversos seguimentos, como as indústrias siderúrgicas, construção civil, meio ambiente, indústria química, papel e celulose, indústria alimentícia, pelletização de minério de ferro e agricultura (LIMA & NEVES, 2016).

No ano de 2014 foram produzidos 8,1 milhões de toneladas de cal no Brasil. As importações de semimanufaturados de rochas calcárias, que cresceram mais de 200% em 2013 e somaram 64,8 mil toneladas, representando um desembolso de aproximadamente US\$ 7,8 milhões, ainda assim, somam menos de 1% do total da produção nacional. O principal país de procedência destes produtos foi o Uruguai (94,5%). Quando comparadas aos volumes da produção nacional, as exportações e importações de cal possuem baixa expressão, no qual o consumo interno aparente acompanhou o nível de produção (LIMA & NEVES, 2016).

Quanto aos materiais de empréstimo, cascalho e sabro, a produção e consumo são normalmente realizados informalmente. Destacam-se a utilização de cascalho na pavimentação de estradas rurais. Os dados de produção são difíceis de serem contabilizados.

9.3. CENÁRIO NA RMBH

A Região Metropolitana de Belo Horizonte tem um grande potencial para o desenvolvimento de atividades minerárias no setor de materiais de construção. No que diz respeito ao ramo de brita, o principal polo de produção da RMBH está inserido na região de Betim e Contagem. As empresas presentes nessa região focam na produção de brita, com diversas especificações, e direcionam os produtos para o abastecimento de Belo Horizonte e região. Outro local com relevante produção de brita é a região de Santa Luzia e Ribeirão das Neves.

No âmbito da produção de areia, o índice de informalidade na extração é muito elevado, o que torna difícil atribuir valores precisos de produção/consumo na região. As atividades de lavra regularizadas são realizadas por micro e pequenas empresas, distribuídas principalmente nos leitos e terrações aluvionares de rios na região, ou relacionadas a saibreiras residuais de gnaiss. Destaca-se a produção de areia no polo de Esmeraldas, região noroeste da RMBH.

Na RMBH, a argila é quase sempre extraída em depósitos aluvionares, tratando-se do principal tipo utilizado na indústria da cerâmica vermelha para a produção de tijolos e telhas (GOMES *et al.*, 2016). O setor de blocos, telhas e tubos cerâmicos é o principal fornecedor de materiais para edificações, coberturas e saneamentos em todo Brasil. Atualmente, a indústria passa por grandes dificuldades mercadológicas dentro da RMBH, sendo comum encontrar fábricas e olarias paralisadas ou fechadas permanentemente.

A grande vocação mineral da região norte da RMBH, próximo às cidades de Pedro Leopoldo, Lagoa Santa e Matozinhos é a produção de cimento, cal e brita a partir de rocha calcária.

As crescentes demandas da população por melhorias no funcionamento e desenvolvimento urbano implicam em maior investimento em infraestrutura, o que é diretamente ligado à economia dos materiais de construção. O mercado consumidor de materiais de construção normalmente é abastecido por empreendimentos locais, distanciados poucos quilômetros do destino final. Isso também ocorre na RMBH, portanto há uma grande correlação do que é produzido com o que é consumido desses produtos na região.

A maior produção de insumos minerais para a construção civil na RMBH é de rochas calcárias, principalmente para produção de cimento na região de Pedro Leopoldo. As extrações de calcário contribuíram com 66,86% do CFEM (considerando apenas os materiais de construção) na RMBH em 2017 (Figura 9.3).

Bem atrás da produção de calcário, com CFEM quase 3 vezes menor, aparecem as extrações de gnaiss e granitoides (23,49%), que na RMBH são utilizados para produção de brita (Figura 9.3). A areia e a argila vêm em terceiro e quarto colocados, com 5,87% e 2,71%, respectivamente (Figura 9.3), principalmente puxadas pela produção da região de Esmeraldas. Porém esses dados podem não refletir a realidade das extrações na região por conta do elevado grau de informalidade.

As produções de areia e brita na RMBH nos últimos 10 anos acompanham o ciclo econômico da região e do país (Figura 9.4). Observa-se um crescimento contínuo até o ano de 2012, e no mesmo ano, há um declínio na arrecadação da CFEM, o que indica uma queda na produção destes materiais de construção. Portanto,

as previsões de demandas para os próximos anos de materiais de construção estão intimamente ligadas ao crescimento econômico, e conseqüentemente aos investimentos em infraestrutura na região. Vale ainda frisar que o mercado de insumos minerais para construção civil é ditado pela demanda, ou seja, a produção (exploração) é aumentada ou diminuída de acordo com o potencial de consumo do mercado.

O gráfico de arrecadação de brita não leva em consideração as rochas calcárias utilizadas para tal fim. Em 2014, os investimentos realizados em minas e usinas de brita totalizaram R\$ 568 milhões.

O estado de Minas passa por uma crise financeira, onde o ano de 2018 será o quarto consecutivo de déficit no orçamento do estado. Neste contexto, o estado busca parcerias com a iniciativa privada, propondo 11 Parcerias Público-Privadas (PPP), dentre elas inclui-se a exploração de trechos da MG-424 em Sete Lagoas, Vespasiano, São José da Lapa e Pedro Leopoldo. Outra PPP diz respeito ao transporte sobre trilhos, que prevê a recuperação dos trens de passageiros na RMBH como alternativa de mobilidade urbana. A proposta abrange as cidades de Belo Horizonte, Betim, Brumadinho, Conselheiro Lafaiete, Divinópolis, Nova Lima, Ouro Preto e Sete Lagoas. Porém, não há previsões de investimento e arrecadação e nem data de assinatura da licitação (Portal G1/MG, 2018, disponível em www.g1.globo.com/mg).

Foi concedida à capital mineira R\$ 1,65 bilhão para realização de 123 obras. As intervenções contemplam saneamento e drenagem em diversas localidades da cidade para conter inundações em áreas de risco, além de melhorias em vilas e aglomerados.

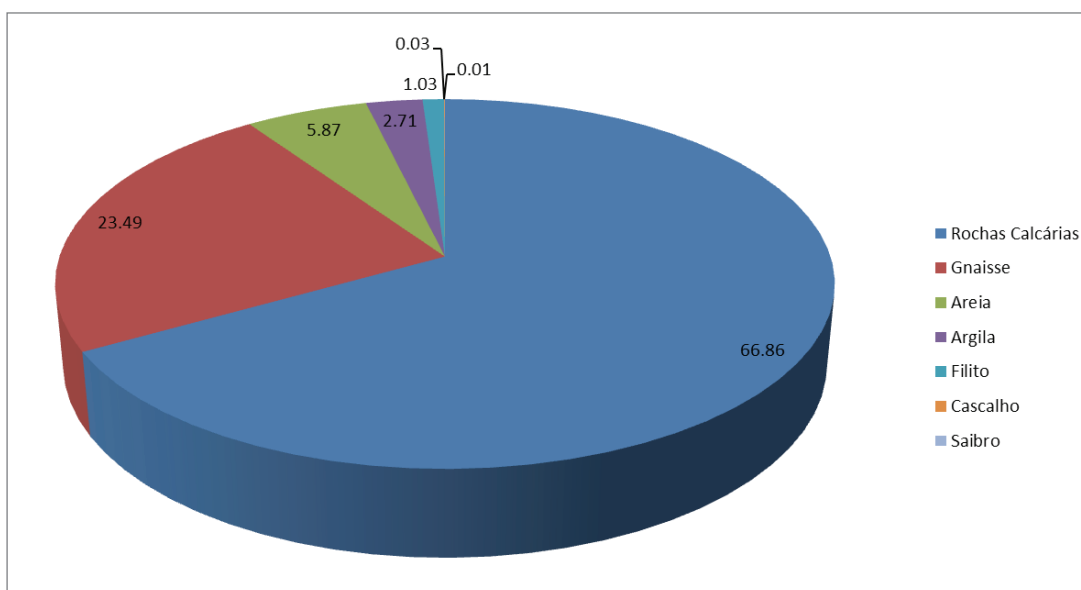


Figura 9.3 - Arrecadações da CFEM considerando apenas os materiais de construção no ano de 2017 nos municípios da RMBH. O campo dos gnaisses representa gnaisses e granitoides usados para a produção de brita. O saibro tem uma contribuição irrisória na arrecadação, com menos de 0,01%.

São previstas 70 obras em comunidades com risco de vulnerabilidade social, que vão contemplar urbanização de vias, moradias populares, saneamento e contenções de encostas (Portal G1/MG, 2018, disponível em www.g1.globo.com/mg).

9.4. MERCADO DE EXPORTAÇÃO

O mercado de exportação brasileiro de materiais de construção não é muito relevante, tendo algumas ocorrências principalmente nas regiões de fronteira. O baixo valor unitário do produto inviabiliza o comércio entre grandes distâncias (LA SERNA & REZENDE, 2013). Contudo, pode-se falar de algumas exportações neste setor. Foram exportadas em 2014, 76.403 toneladas de brita e blocos, no valor de US\$ 2.365.084, destinadas para a Bolívia (86,8%), Uruguai (12,7%),

e o restante, entre Paraguai, Peru e China (LIMA & NEVES, 2016).

No mesmo ano, as exportações brasileiras de semimanufaturados de rochas calcárias (cal virgem e hidratada) totalizaram 9,62 mil toneladas, no valor de aproximadamente US\$ 1,14 milhão, menos de 0,3% do cimento produzido no Brasil. Os principais países importadores foram Paraguai (72%) e Uruguai (21,5%). No que diz respeito à cerâmica vermelha, o Brasil é o sétimo maior produtor no ranking mundial, apesar da relevante queda das exportações entre 2006 e 2009, porém, estável nos anos seguintes e voltando a crescer de 2013 para 2014 (SANTOS, 2017).

Não foram encontrados dados de exportação de areia e material de empréstimo, e atualmente, não existe mineração de rochas ornamentais dentro da RMBH.

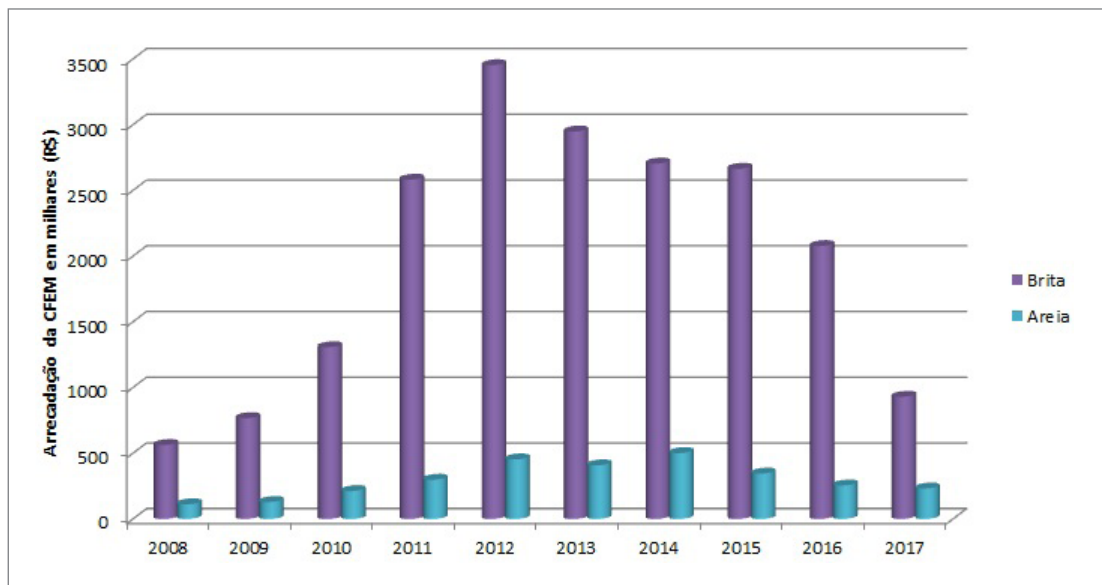


Figura 9.4 - Arrecadação da CFEM para areia e brita ao longo da última década na RMBH. Fonte: ANM.

10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

10.1. INSUMOS MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

A produção e o consumo de insumos minerais para a construção civil na RMBH se destacam no setor mineral de Minas Gerais, justificados pela alta demanda para suprir obras de infraestrutura e habitação na capital e arredores. O cadastro e consistência das ocorrências e extrações de insumos minerais para a construção civil (233), juntamente com o levantamento das informações relativas às substâncias (tipologia do depósito e morfologia) e a geologia, foram utilizados para traçar o perfil dos insumos minerais para construção civil na RMBH, divididos em sete classes: areia, brita, calcário, argila, cascalho, saibro e filito.

Os materiais de construção, salvo raras exceções, apresentam historicamente poucas análises detalhadas quanto à caracterização das propriedades físicas e químicas do material por parte das empresas. Dessa forma, o presente trabalho também buscou contribuir com estudos de caracterização petrográfica, geoquímica e outros ensaios laboratoriais para os insumos minerais para a construção civil produzidos na RMBH.

A areia é um dos bens minerais com atividade extrativa mais desenvolvida na RMBH. É extraída de terraços aluvionares e de mantos de alteração de rochas granitoides, principalmente nas regiões de Esmeralda, Pedro Leopoldo e Rio Manso. Em geral, as amostras analisadas nesse trabalho são adequadas para a utilização no concreto, segundo os critérios mineralógicos e granulométricos. Apenas uma amostra de areia industrial fina não é adequada para utilização como agregado para concreto segundo o módulo de finura. Para a aplicação na indústria de vidros, todas as amostras são consideradas inadequadas devido ao baixo percentual de quartzo (menor que 90%).

A demanda de brita na região de Belo Horizonte é quase totalmente suprida por grandes minas e pedreiras próximas a Betim, Contagem e Santa Luzia (brita de gnaíse), e a Pedro Leopoldo, Lagoa Santa e Matozinhos (brita de calcário). Os principais tipos de depósito de rochas potenciais para brita na RMBH são associados às rochas graníticas ígneas/metamórficas (complexos granito-gnáissicos) e, subordinadamente, às rochas sedimentares calcárias (Grupo Bambuí). As amostras analisadas são, em sua maioria (82%), adequadas para produção de brita e não possuem restrição quanto ao

uso no concreto, em relação a características mineralógicas, principalmente em vista da reação álcali-agregado (potencialmente inócuas). As amostras que foram classificadas como potencialmente reativas (18%) necessitam de estudos e ensaios adicionais para definição dos riscos da utilização desse material no concreto. As amostras analisadas de brita 1 (granitos-gnaísses e calcários) encontram-se de acordo com os valores de referência das normas ABNT, exceto em relação à resistência ao esmagamento para os calcários. Os valores obtidos ainda mostram que a brita de gnaíse possui características físicas superiores às de calcário, principalmente em relação à perda por abrasão, perda ao choque, índice de forma e resistência ao esmagamento. Os blocos de calcário, gnaíse e granito estudados possuem características físicas apropriadas para aplicação como rochas ornamentais, porém, não foi identificado nenhum empreendimento de extração de rocha ornamental na RMBH.

A atividade mineral do calcário é muito desenvolvida na região norte da RMBH, com destaque para a produção de cimento através do processamento de calcários puros, enquanto os impuros são utilizados como pedra de talhe. O calcário puro é composto basicamente por calcita, enquanto o impuro apresenta relevante contribuição de argilominerais. As análises realizadas em amostras dos calcários utilizados na indústria cimenteira apresentam características químicas que se enquadram dentro das exigências ideais do calcário para essa finalidade. O potencial geológico para extração de rochas calcárias na RMBH se restringe às unidades carbonáticas pertencentes ao Grupo Bambuí (formações Sete Lagoas e Lagoa do Jacaré). Essas rochas afloram apenas na porção norte da RMBH, nas regiões das cidades de Pedro Leopoldo, Lagoa Santa, Matozinhos, São José da Lapa, dentre outras, que compõem o Polo Produtor de Pedro Leopoldo.

Atualmente, a atividade mineral de argila é pouco desenvolvida na RMBH, destacando-se apenas as regiões de Rio Manso, Esmeraldas e Pedro Leopoldo, com depósitos de argila sedimentar em terraço aluvionar, quase sempre extraídas como subproduto da areia. A argila é basicamente do tipo vermelha para emprego em olarias na produção de tijolos, telhas, lajotas, etc. Subordinadamente, ocorrem depósitos residuais em manto de alteração dos granito-gnaísses. Há, ainda, potencial para extração de argila diagenética associada às rochas pelíticas do Grupo Bambuí, porém não foram observadas extrações em depósitos desse tipo.

O cascalho na RMBH ocorre em dois tipos: residual em manto de alteração de granitoides e pegmatitos, e sedimentar em terraço aluvionar (associado a areia). Em menor proporção, são explorados veios de quartzo que cortam as rochas dos complexos ortognáissicos mesoarqueanos, principalmente na região de Taquaraçu de Minas.

Os depósitos de saibro na RMBH são desenvolvidos em manto de alteração dos granitos-gnaisses, nos quais a espessura depende do perfil de manto de alteração, que na região varia de 4 a 9 m de espessura.

Foram identificados apenas 3 empreendimentos de mineração de filito na RMBH. Os depósitos são do tipo residual em manto de alteração de filito e possuem morfologia irregular, com a espessura variando de 2 a 8 m na região. Esse pó de rocha é extraído de filito sericítico e grafítico (Grupo Nova Lima).

10.2. ÁREAS POTENCIAIS E ORDENAMENTO TERRITORIAL

As áreas potenciais (Figura 5.17 e Anexo II) foram definidas a partir de critérios econômicos (polos produtores) e geológicos, levando em consideração ainda as áreas urbanizadas e de proteção ambiental.

- Área 1 (Esmeraldas) – areia (argila; saibro): O potencial geológico dessa região é alto para depósitos de dimensões variadas de areia e argila sedimentares (terraço aluvionar e leito de rio) e de areia e saibro (residual em manto de alteração). Destacam-se as extrações no leito e terraços aluvionares de drenagens da bacia do Rio Paraopeba;
- Área 2 (Pedro Leopoldo) – calcário (areia; argila): Possui alto potencial geológico para depósitos de calcário do tipo sedimentar relacionados às rochas carbonáticas das formações Sete Lagoas e Lagoa do Jacaré (Grupo Bambuí). Estima-se que as formações Sete Lagoas e Lagoa do Jacaré possuam espessura entre 150 e 250 m, e 100 e 150 m, respectivamente. Essa região ainda possui alto potencial geológico para extração de areia e argila em terraços aluvionares relacionados aos ribeirões das Neves, da Areia e da Mata;
- Área 3 (Betim-Contagem) – brita (areia; saibro): Possui alto potencial geológico para extração de brita e blocos de rocha de gnaiss em complexos ortognáissicos mesoarqueanos (Complexo Belo Horizonte), além de um bom potencial para extração de areia em depósitos sedimentares aluvionares do Rio Betim;
- Área 4 (Santa Luzia-Sabará) – brita (areia; saibro): A região possui alto potencial geológico para extrações de brita e blocos de rocha relacionadas a gnaisses do Complexo Belo Horizonte. As extrações de areia,

saibro e cascalho são realizadas em depósitos residuais em manto de alteração de gnaisses;

- Área 5 (Brumadinho) – brita (areia; saibro): A região possui bom potencial geológico para extração de brita e blocos de rocha de gnaiss relacionados ao Complexo Bonfim. Ainda existe potencial para extração de areia residual e saibro em manto de alteração dos gnaisses;
- Área 6 (Rio Manso) – areia (argila): Existe bom potencial geológico para depósitos de areia e argila sedimentares em terraços aluvionares na bacia do Rio Manso, e cascalho e saibro em manto de alteração de gnaiss e pegmatito;
- Área 7 (Taquaraçu de Minas) – cascalho (areia; saibro): A região possui bom potencial para depósitos de areia, cascalho e saibro em mantos de alteração de gnaisses do Complexo Belo Horizonte. Espessos veios de quartzo (chegam a dezenas de metros) são frequentes na região, muitas vezes utilizados para extração de cristais de quartzo para indústria e cascalho.

A ocupação urbana, muitas vezes sem o correto ordenamento territorial, faz com que os vetores de crescimento populacional da RMBH possam coincidir com algumas das áreas potenciais fornecedoras de vários insumos minerais para a construção civil na região, como das cidades de Esmeraldas, Pedro Leopoldo, Santa Luzia e Betim. Considerando-se a importância da disponibilidade de materiais de construção para o desenvolvimento das cidades, o ordenamento territorial deve ser feito levando em consideração as áreas potenciais para produção desses bens.

A demanda de areia, brita e calcário de todas as áreas de expansão da RMBH é em grande parte atendida pelas áreas 1 (Esmeraldas), 2 (Pedro Leopoldo), 3 (Betim-Contagem) e 4 (Santa Luzia-Sabará), especialmente os vetores de crescimento com direções nordeste, norte, noroeste e oeste.

Já o vetor sul é próximo apenas da Área 5, que pode contribuir com a produção de brita de gnaiss, areia e saibro, porém a logística acarreta um maior custo devido à distância e dificuldade de acesso. Para o atendimento desse vetor de crescimento, a maior parte dos materiais de construção deve vir de outras regiões.

10.3. RECOMENDAÇÕES

No decorrer do projeto **Materiais de Construção na Região Metropolitana de Belo Horizonte** foram levantados temas relevantes que recomenda-se ser desenvolvidos em trabalhos futuros, pela própria CPRM ou mesmo por empresas mineradoras privadas ou outros órgãos públicos federais, estaduais e municipais.

- Caracterização mineralógica, granulométrica e tecnológica das argilas aluvionares extraídas na RMBH;

- Caracterização mineralógica, granulométrica e tecnológica de argilas residuais em manto de alteração de rochas graníticas e de argilas diagenéticas associadas às rochas pelíticas do Grupo Bambuí;
- Caracterizações tecnológicas não tradicionais visando novas aplicações para as substâncias (areia, gnaiss, calcário, argila, saibro e filito) cadastradas ou aplicações em novos setores, industriais ou não;
- Estudos tecnológicos e mercadológicos de maciços rochosos da região (*e.g.* gnaiss, granito, calcário) visando aplicação como rocha ornamental;
- Caracterização física e química dos resíduos de mineração da RMBH com intuito do seu

aproveitamento em outros setores do ciclo produtivo da construção civil como reciclagem de matéria prima e na produção de outros produtos do setor;

- Atualização da legislação mineral e ambiental, visando diminuir a burocracia, aumentar a velocidade e desonerar os processos de abertura e funcionamento de empreendimentos mineiros, especialmente os de pequeno porte;
- Estudo e elaboração de proposta de ordenamento territorial que permita ações de planejamento e convivência entre a atividade mineral, expansão urbana e conservação ambiental, baseada na cartografia geológica e de potencial mineral apresentada para a RMBH.

REFERÊNCIAS

- ALKMIM, F.F., NOCE, C.M. (Eds.). THE PALEOPROTEROZOIC RECORD OF THE SÃO FRANCISCO CRATON: FIELD WORKSHOP, 9-21 September, 2006, Bahia and Minas Gerais, Brazil. **Field guide and abstracts** [...]. [S.l.: s.n., 2006]. 114 p. Disponível em: <https://earth.yale.edu/sites/default/files/files/IGCP/IGCP%20Brazil.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2019.
- ALKMIM, F. F. de; TEIXEIRA, W. The paleoproterozoic Mineiro belt and the Quadrilátero Ferrífero. *In*: HEILBRON, M.; COR-DANI, U.G.; ALKMIM, F.F. de. São Francisco craton, Eastern Brazil: tectonic genealogy of a miniature continent. New York: Springer. 2017. p. 71-94. (Regional geology reviews).
- ALKIMIM, F.F. de. **Sedimentologische, lithostratigraphische und tektonische Untersuchungen in der Serra de Ouro Branco, Minas Gerais, Brasilien**. 1985. 217 p. Tese (Doutorado) – Technische Universität Clausthal, Clausthal-Zellerfeld, Alemanha, 1985.
- AMBROSIO, A. Perfil analítico do cimento. **Boletim DNPM**, Rio de Janeiro, n. 30, 70 p., 1974.
- ANICER. Disponível em: <<http://www.anicer.com.br/>>. Acesso em: 04 jun. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 26**: agregados – amostragem. Rio de Janeiro, 2001. 10 p. Esta norma cancela e substitui a NBR 7216:1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45**: agregados: determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006. 8 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 51**: agregado graúdo: ensaio de abrasão “Los Angeles”. Rio de Janeiro, 2001. 6 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53**: agregado graúdo: determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009. 8 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6.023**: informação e documentação – referências - elaboração. 2. ed. Rio de Janeiro, 2018. 68 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7.211**: agregados para concreto: especificação. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005. 9 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7.389**: agregados: análise petrográfica de agregado para concreto - parte 2: agregado graúdo. Rio de Janeiro, 2009. 5 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7809**: agregado graúdo: determinação do índice de forma pelo método do paquímetro: método de ensaio. Rio de Janeiro, 2019. 3 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9938**: agregados: determinação da resistência ao esmagamento de agregados graúdos: método de ensaio. Rio de Janeiro, 2013. 3 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.529**: revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: terminologia. Rio de Janeiro, 2013. 13 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.577-3**: agregados - reatividade álcali-agregado - parte 3: análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do concreto. 2. ed. Rio de Janeiro, 2018. 10 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.844**: rochas para revestimento - requisitos para granitos. 2. ed. Rio de Janeiro, 2015. 3 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.845-2**: rochas para revestimento parte 2: determinação da densidade aparente, da porosidade aparente e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2015. 4 p.
- ASSUMPCÃO, Fernanda Aparecida Mendes e Silva Garcia (Coord.). **Curso jurídico de direito ambiental**. Belo Horizonte: Tribunal de Justiça do Estado de Minas Gerais, 2016. 350 p. (Cadernos da EJEJF).
- ASTM International. **ASTM A568 / A568M-17a**: standard specification for steel, sheet, carbon, structural, and high-strength, low-alloy, hot-rolled and cold-rolled, general requirements for. West Conshohocken, PA, 2017.
- Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. **RM Belo Horizonte – caracterização do território**. Disponível em: http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_rm/belo-horizonte. Acesso em: 25 jun. 2019. Dados referentes ao ano de 2010.
- BALTAZAR, O. F., SILVA, S. L. **Projeto Rio das Velhas: Mapa geológico Integrado ao Supergrupo Rio das Velhas, escala 1:100.000**. Departamento Nacional de Produção Mineral/CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte. 1996.
- BALTAZAR, O.F.; ZUCCHETTI, M. Lithofacies associations and structural evolution of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: a review of the setting of gold deposits. **Ore Geology Reviews**, Amsterdam, v. 32, n. 3-4, p. 471-499, Nov. 2007.
- BALTAZAR, O.F., BAARS, F.J., LOBATO, L.M., REIS, L.B., ACHTSCHIN, A.B., BERNI, G.V., SILVEIRA, V.D. **Mapa Geológico Mariana na Escala 1:50.000 com Nota Explicativa**. In:

Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero - Integração e Correção Cartográfica em SIG com nota explicativa. CODEMIG. Belo Horizonte. 2005.

BASILIO, E. S. **Agregados para concreto nº41:** estudo técnico. São Paulo: ABCP, 1995.

BITAR, O.Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo.** 1997. 184 f., il. color. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

BRANCO J.J.R. **Roteiro para a excursão Belo Horizonte-Brasília:** contribuição ao XIV Congresso Brasileiro de Geologia. Belo Horizonte. Instituto de Pesquisas Radioativas da UFMG, 1961. 119 p. (Publicação n. 15).

BRANDALISE, L. A.; HEINECK, C.A. **Belo Horizonte, folha SE.23-Z-C-VI, estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte: CPRM, 2000. 1 CD-ROM. Escala 1:100.000. Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil.

BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Norma rodoviária, método de ensaio, DNER-ME 399/99:** agregados: determinação da perda ao choque no aparelho Treton. Rio de Janeiro, [1999]. 5 p.

BRAGA, D., BALTHAZAR, O. F., SANTOS, E. A. M. **Mapa Geológico da Folha Divinópolis – escala 1:100.000.** CPRM. Belo Horizonte. 2013.

BUENO, R.I. da S. **Aproveitamento da areia gerada em obra de desassoreamento – caso: rio Paraíba, SP.** 2009. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

CABRAL JUNIOR, M.; TANNO, L.C.; SINTONI, A.; MOTTA, J.F.M.; COELHO, J.M. A indústria de cerâmica vermelha e o suprimento mineral no Brasil: desafios para o aprimoramento da competitividade. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 36-42, jan./fev. 2012.

CAMPOS, J.C.S. **O lineamento Jeceaba-Bom Sucesso como limite dos terrenos arqueanos e paleoproterozóicos do cráton São Francisco Meridional:** evidências geológicas, geoquímicas (rocha total) e geocronológicas (U–Pb). 2004. xxii, 191 p., il. color. Tese (Doutorado) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2004.

CARNEIRO, M.A. (Coord.). **Nota explicativa das folhas Campo Belo (SF.23-V-B-VI) Oliveira (SF.23-X-A-IV):** 1:100.000. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 113 p., il. color. Programa geologia do Brasil. Contrato CPRM-UFOP Nº. 093/PR/05. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/17673>. Acesso em: 26 set. 2019.

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, São Paulo, 1992. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44134/tde-18112015-104751/pt-br.php>. Acesso em: 25 jun. 2019.

CHAVES, A.P. Projeto de instalações de britagem. *In:* LUZ, A.B da; ALMEIDA, S.L.M. de (Ed.). **Manual de agregados para construção civil.** 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2012. Cap.8. p.149-164.

CHAVES, A.P.; WHITAKER, W. Operações de beneficiamento de areia. *In:* LUZ, A.B da; ALMEIDA, S.L.M. de (Ed.). **Manual de agregados para construção civil.** 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2012. Cap. 11, p. 197-219.

CHEMALE JUNIOR, F.; ALKMIM, F.F.; ENDO, I. Late proterozoic tectonism in the interior of the São Francisco Craton. *In:* FINDLAY, R.H.; UNRUG, R.; BANKS, M.R.; VEEVERS, J.J. (Ed.). **Gondwana Eight: assembly, evolution and dispersal: proceedings of the eighth Gondwana symposium**, Hobart, Tasmania, Australia, 21-24 June 1991. Rotterdam: Balkema, 1993. p. 29-41.

COELHO, J.M. **Perfil de argilas para cerâmica vermelha:** relatório técnico 32: perfil da argila. [Belo Horizonte]: J. Mendo Consultoria, 2009. 30 p. Projeto de assistência técnica ao setor de energia. Disponível em: 50/P23_RT32_Perfil_da_Argila.pdf/b6fc71dc-3c0a-4eb1-b2a5-df62b2c3bec0. Acesso em: 30 set. 2019.

BRANCO J.J.R. **Roteiro para a excursão Belo Horizonte-Brasília:** contribuição ao XIV Congresso Brasileiro de Geologia. Belo Horizonte. Instituto de Pesquisas Radioativas da UFMG, 1961. 119 p. (Publicação n. 15).

COSTA, Y.T.; RODRIGUES, S.C. Relação entre cobertura vegetal e erosão em parcelas representativas de cerrado. **Revista Geográfica Acadêmica**, Boa Vista, v. 9, n. 2, p. 61 – 75, 2015.

DARDENNE, M.A. Síntese sobre a estratigrafia do grupo Bambuí no Brasil central. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., 1978, Recife. **Anais [...]**. Recife: SGB Núcleo nordeste, 1978. v.2, p. 597-610.

DATAVIVA beta. **Rankings.** Disponível em: <http://www.dataviva.info/pt/rankings/location/international-trade>. Acesso em: 25 jun. 2019.

DAVIES, C.G.; CATTAN, I.; DIAS, R. Aspectos principais da reforma do setor da mineração. *In:* **JOTA Mineração**. [S.l.], 18 jan. 2018. Disponível em: https://www.jota.info/paywall?redirect_to=/www.jota.info/opiniao-e-analise/colunas/columa-do-levy-salomao/aspectos-principais-da-reforma-do-setor-de-mineracao-31082017. Acesso em: 17 jul. 2019.

DORR, J. V.N. **Physiographic, stratigraphic and structural development of Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil.** Washington, DC: United States Government Printing Office, 1969. Várias paginações. (Geological Survey professional paper 641-A).

DORR, J.V.N.; GAIR, J.E.; POMERENE, J.B.; RYNEARSON, G.A. **Revisão da estratigrafia pré-cambriana do Quadrilátero Ferrífero.** Rio de Janeiro: DNPM, 1957. 31 p. (Avulso 81.).

FABRI, E.S.; NALINI JÚNIOR, H.A.; LEITE, M.G.P. Exploração de rochas ornamentais e meio ambiente. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, [Curitiba], v. 26, p. 189-197, jul./dez. 2012.

- FERNANDES, P.A.; PESSÔA, V.L.S. Ocerrado e suas atividades impactantes: uma leitura sobre o garimpo, a mineração e a agricultura mecanizada. **OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia**, [Uberlândia], v. 3, n. 7, p. 19-37, out. 2011. Disponível em: <http://www.observatorium.ig.ufu.br/pdfs/3edicao/n7/2.pdf>. Acesso em: 03 out. 2019.
- GAIDZINSKI, R. **Fatores envolvidos no sazonalidade e suas implicações nas propriedades de argilas para a Indústria Cerâmica**. 2006. xxiii, 179 p. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- GAIR J E. **Geology and ore deposits of the Nova Lima and Rio Acima quadrangles, Minas Gerais, Brazil**. Washington, DC: United States Government Printing Office, 1962. iv, 67 p. (Geological Survey professional paper 341-A).
- GALVÃO FILHO, J.B. **Poluição do ar: aspectos técnicos e econômicos do meio ambiente**. [S.l.], 1989. 25 p. Disponível em: <http://www.luzimarteixeira.com.br/wp-content/uploads/2011/03/poluicao-do-ar-aspectos-tec-e-meio-ambiente.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2019.
- GEOCONSULT CONSULTORIA, GEOLOGIA E MEIO AMBIENTE. **Relatório de impacto ambiental (RIMA) [da] extração de calcário, argila e areia, Alhandra – Pitimbu, PB**. Fortaleza, 2012. 7 p. Disponível em: http://jucep.pb.gov.br/sudema/consultas/downloads/arquivos-eia-rima/elizabeth/rima/00_apresentacao-sumario. Acesso em: 04 out. 2019.
- GOMES, I.P.; BESSA, M.D.M.R.; CAVALCANTI, J.A.D.; VALE FILHO, D.P. **Materiais de construção civil na região metropolitana de Fortaleza**. Fortaleza: CPRM, 2016. 155 p. (Série rochas e minerais industriais, 18).
- GOULART, L.E.A. **O complexo Acamadado Itaguara – Rio Manso, MG**. 2006. xxii, 186 f., il. Dissertação (Mestrado) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2006.
- GOULART, L.E.A.; CARNEIRO, M.A. Episódios arqueanos de crescimento crustal na porção meridional do cráton São Francisco: evidências U-Pb a partir da sequência acamadada Carmópolis de Minas (SACM), MG. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 45., 2010, Belém. **Anais** [...]. Belém: SBG Núcleo Norte, 2010.
- GUACANEME MORA, C. **Geoquímica isotópica e elementar dos carbonatos da formação Sete Lagoas, grupo Bambuí, no sul da bacia do São Francisco**. 2015. 119 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- HAGEMANN, S.E. **Materiais de construção básicos**. Pelotas, RS: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-riograndense, Universidade Aberta do Brasil, 2011. 145 p. Disponível em: http://tics.ifsul.edu.br/matriz/conteudo/disciplinas/_pdf/apostila_mcb.pdf. Acesso em: 07 out. 2019.
- IBGE divulga as estimativas populacionais dos municípios em 2016. *In*: AGÊNCIA IBGE NOTÍCIAS. [Rio de Janeiro: IBGE, 2017]. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/9497-ibge-divulga-as-estimativas-populacionais-dos-municipios-em-2016>. Acesso em: 26 jun. 2019.
- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da população**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=downloads>. Acesso em: 26 jun. 2019.
- IBGE. **Produto Interno Bruto dos municípios 2010-2014**. Rio de Janeiro, 2016. 67 p., il. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv99051.pdf>. Acesso em: 26 in. 2019.
- IGLESIAS MARTÍNEZ, M.; UHLEIN, A. Estratigrafia do grupo Bambuí e coberturas fanerozóicas no vale do rio São Francisco, norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 39, n. 2, p. 256-266, 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Gestão e manejo de rejeitos da mineração**. Brasília: IBRAM, 2016. 128 p.
- INFORME MINERAL. Brasília: ANM, n. 1, jan. – jun. 2018. Disponível em: http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/informe-mineral/publicacoes-nacionais/informe_mineral_1_2018.pdf. Acesso em: 19 set. 2019.
- JORDÃO, A.C.; MACHADO, B.de P.; SALGADO, L.de A.; LUIZ, L.M. de L.; SANTOS, P.E. do N.R. dos; RODRIGUES, R.F. **O processo de fabricação do cimento Portland**. Belo Horizonte: Centro Universitário de Belo Horizonte, 2013.
- KOPPE, J.C.; COSTA, J.F.C.L. Operações de lavra em pedreiras. *In*: LUZ, A.B. da; ALMEIDA, S.L.M. de (Ed.). **Manual de agregados para a construção civil**. 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2012. Cap.7, p.127-145.
- LA SERNA, H.A. de; REZENDE, M.M. **Agregados para a construção civil**. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/8-1-2013-agregados-minerais>. Acesso em: 26 jun. 2019.
- LANA, C.; ALKMIM, F.F.; ARMSTRONG, R.; SCHOLZ, R.; ROMANO, R.; NALINI JUNIOR, H.A. The ancestry and magmatic evolution of Archaean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero province, southeast Brazil. **Precambrian Research**, Amsterdam, v. 231, p. 157-173, Jul. 2013.
- LIMA O.N.B.; UHLEIN, A.; BRITTO W. Estratigrafia do grupo Bambuí na Serra da Saudade e geologia do depósito fosfático de Cedro do Abaeté, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 204-215, 2007. Suplemento.
- LOCZY, L. de; LADEIRA, E.A. **Geologia estrutural e introdução à geotectônica**. São Paulo: Edgard Blücher ; Brasília: CNPq, 1976. 528 p., il.
- LOPES, A.L.; FERNANDES, M.R.F.; QUARESMA, L.W.O.; REZENDE, M.F.; SOUZA, R.F. Estudo dos custos operacionais do desmonte de rocha por explosivo tipo encartuchado e emulsão bombeada. **Revista Areia e Brita**, São Paulo, ano 19, v. 68, p. 6-14, jul.-set. 2016.

- LUZ, A.B. da; ALMEIDA, S.L.M. de (Ed.). **Manual de agregados para a construção civil**. 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2012. 432 p.
- LUZ, A.B. da; LINS, F.A.F. **Rochas e minerais industriais: usos e especificações**. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2008. 990 p.
- MACHADO, A.A. Poluição sonora como crime ambiental. **jus.com.br**, [S.l.], 2004. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/5261/poluicao-sonora-como-crime-ambiental>. Acesso em: 26 jun. 2019.
- MACHADO, N.; CARNEIRO, M.A. **U-Pb evidence of late Archean tectono-thermal activity in the southern São Francisco shield, Brazil**. *Canadian Journals of Earth Sciences*, Ottawa, v. 29, n. 11, p. 2341-2346, 1992.
- MACHADO, N.; NOCE, C.M.; LADEIRA, E.A.; OLIVEIRA, O.B. de. U-Pb geochronology of Archean magmatism and Proterozoic metamorphism in the Quadrilátero Ferrífero, southern São Francisco Craton, Brazil. *Geological Society of America Bulletin*, Boulder, CO, v. 104, n.9, p.1221-1227, 1992.
- MARENT, B.R.; SALGADO, A.A.R. Mapeamento das unidades do relevo da porção nordeste do Quadrilátero Ferrífero, MG. **Revista Geografias**, Belo Horizonte, v.06, n. 1, p. 118-139, 2010.
- MARTINS, M.; LEMOS, V.B. Análise estratigráfica das sequências neoproterozoicas da bacia do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 156-167, 2007. Suplemento.
- MATULA, M. Rock and soil description and classification for engineering geological mapping report by the IAEG Commission on Engineering Geological Mapping. **Bulletin of the International Association of Engineering Geology**, Berlin, v. 24, n. 1, p. 235-274, Dec. 1981.
- MINERAIS DO PARANÁ S/A. **Plano diretor de mineração para a região metropolitana de Curitiba**. Curitiba: MINEROPAR, 2004.
- MINERAIS DO PARANÁ S/A. **A preparação de argilas para a produção de telhas e blocos cerâmicos**. Curitiba: MINEROPAR, 2007. 36 p. PRO-CERÂMICA: programa de desenvolvimento da indústria de cerâmica vermelha no estado do Paraná.
- MÜLLER, M.C.N. **Rebaixamento de lençol freático: indicações, métodos e impactos decorrentes**. Trabalho de conclusão de curso (graduação em engenharia civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004.
- NOCE, C.M.; MACHADO, N.; TEIXEIRA, W. U-Pb geochronology of gneisses and granitoids in the Quadrilátero Ferrífero (Southern São Francisco Craton): age constraints for Archean and Paleoproterozoic magmatism and metamorphism. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 95-102, mar. 1998.
- PERILLO, J.A. **Mapa Geológico**. In: **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, Folha SF. 23-X-A Divinópolis**. CPRM. Belo Horizonte. 2000.
- PINHO J.M.M. **Carta geológica [da] folha SE.23-Z-C-VI** Belo Horizonte. 1 mapa. Escala 1:100.000. Belo Horizonte: CPRM, 2009. Projeto Sete Lagoas-Abateté.
- PINTO, C.P. (Coord.). **Projeto Rio das Velhas: mapa geológico integrado, escala 1:100.000, texto explicativo**. Belo Horizonte: CPRM, 1996. 122 p.
- PINTO, C.P.; SILVA, M.A. da. **Mapa geológico do estado de Minas Gerais**. 1 mapa. Escala 1:1.000.000. Belo Horizonte: CODEMIG; CPMR, 2014. Disponível em: <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa>. Acesso em: 26 jun. 2019.
- PISSATO, E. **Gestão da mineração de areia no município de Guarulhos: aproveitamento de resíduos finos em cerâmica vermelha**. 2009. 99 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- POMERENE, J.B. **Geology and ore deposits of the Belo Horizonte, Ibirité and Macacos quadrangles, Minas Gerais, Brazil**. Washington, DC: United States Government Printing Office, 1964. v. 84 p. (Geological Survey professional paper 341-D).
- PORMIN. Ministério de Minas e Energia. **Beneficiamento de minérios**. 2018. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/177708/Beneficiamento+de+Min%C3%A9rios/0b762ba9-35a6-4e73-9e7b-6d1e957e5d8f?version=1.0>. Acesso em: 13 ago. 2018.
- PORMIN. Ministério de Minas e Energia. **Métodos de lavra**. 2015. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/177708/M%C3%A9todos+de+Lavra/4a5b23b4-d07a-46c5-9efd-8f9b136e8860?version=1.0>. Acesso em: 07 ago. 2018.
- PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T.H. **Para entender a Terra**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 656 p.
- PROJETO geologia do Quadrilátero Ferrífero: integração e correção cartográfica em SIG: nota explicativa. Belo Horizonte: CODEMIG, 2005. 68 p. Disponível em: http://www.codemig.com.br/wp-content/uploads/2016/08/nota_explicativa_qf.pdf. Acesso em: 25 set. 2019.
- QUARESMA, L.F. **Relatório técnico 30: perfil de brita para construção civil**. [Belo Horizonte]: J. Mendo Consultoria, 2009. Agregados para a construção civil. Projeto de assistência técnica ao setor de energia. Ministério de Minas e Energia. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P22_RT30_Perfil_de_brita_para_construcao_civil.pdf/01c75ac7-ecd2-4d85-a127-3ecddec2a31. Acesso em: 10 oct. 2019.
- RÊGO, W.A. **Caracterização física dos saibros da região metropolitana do Recife utilizados em argamassa**. 2008. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2008.
- REIS JUNIOR, W. dos. **Caracterização das unidades geotécnicas da porção leste da região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais**. 2016. 139 f. Dissertação (Mestrado

- em geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.
- RENGER, F.E.; NOCE, C.M.; ROMANO, A.W.; MACHADO, N. Evolução sedimentar do supergrupo Minas 500 Ma. de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 2, n. 1, p. 1–11, 1994.
- ROMANO, A.W. **Nota explicativa da folha Pará de Minas SE.23-Z-C-IV, [escala] 1:100.000**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 65 p., il. color. Programa Geologia do Brasil.
- ROMANO, R.; LANA, C.; ALKMIM, F.F.; STEVENS, G.; ARMSTRONG, R. Stabilization of the southern portion of the São Francisco craton, SE Brazil, through a long-lived period of potassic magmatism. **Precambrian Research**, Amsterdam, v. 224, p. 143-159, Jan. 2013.
- ROSA, F. P. **Controle de erosão e sedimentação em sistemas de drenagem provisória de obras urbanas no município de São Paulo: análise de práticas e recomendações**. 2013, 159 f., il. color. Dissertação (Mestrado em habitação: planejamento e tecnologia) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2013.
- SAADI, A. A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 41-63, 1995.
- SACHS, L.L.B.; ALCANTARA, K.C.; MENDES, V.A. **Projeto materiais de construção da região metropolitana de São Luís e entorno: estado do Maranhão**. Teresina: CPRM, 2017. 325 p., il. (Informe de recursos minerais. Série rochas e minerais industriais, 22). Programa geologia do Brasil.
- SAMPAIO, J.A.; CARVALHO, E.A.; PIQUET, B. Pedreira Vigné: brita. *In*: SAMPAIO, J.A.; LUZ, A.B. da; LINS, F.A.F. (Ed.). **Usinas de beneficiamento de minérios do Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM, 2001. p. 383-390.
- SÁNCHEZ, L.E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 495 p.
- SANTOS, D.N. dos. **Análise da extração de areia no trecho livre do canal do alto curso do rio Paraná, entre os municípios de Guaíra e Marilena (PR): impactos ambientais e aplicabilidade**. 2013. 188 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2013.
- SANTOS, F.K. dos. **A indústria da cerâmica vermelha e os índices de extremos climáticos para os estados do Rio Grande do Norte e Paraíba**. 2017. 103 f. Dissertação (Mestrado em ciências climáticas) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.
- SCHNELLRATH, J.; ANDRADE, M.; ALVARENGA JUNIOR, L.P.; GOULART, R.C. Cimento Holdercim. *In*: SAMPAIO, J.A.; LUZ, A.B. da; LINS, F.A.F. (Ed.). **Usinas de beneficiamento de minérios do Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM, 2001. p. 175-185.
- SCHÖLL, W.U. Sedimentologia e geoquímica do grupo Bambuí na parte sudeste da bacia do São Francisco. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29., 1976, Ouro Preto. **Anais** [...]. Ouro Preto: SBG, 1976. v. 2, p. 207-231.
- 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. 767-768, 1979.
- SILVA, H.V. da; CASTRO, N.F. Aproveitamento de resíduos de pedreiras de rochas ornamentais como agregados para base e sub-base de pavimentos. *In*: JORNADA DO PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO INTERNA DO CETEM, 5., 2016, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: CETEM, 2016. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/1956>. Acesso em: 16 out. 2019.
- SILVA, J.O. da. **Produto RT 38, perfil do calcário**. [Belo Horizonte]: J. Mendo Consultoria, 2009. 56 p. Projeto de assistência técnica ao setor de energia.
- SILVA, R.N.; BALTAZAR, O.F. **Carta geológica folha Entre Rios de Minas SF.23-X-A-V**. Belo Horizonte: CPRM, 2013. 1 mapa, color. Escala 1:100.000.
- SILVA, V.C.B.; SOUZA, C.J.O. A contribuição didática do trabalho de campo na compreensão da paisagem da região metropolitana de Belo Horizonte e entorno a partir da cartografia e dos vestígios sociais e físicos. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PRÁTICA DE ENSINO EM GEOGRAFIA, 10., 2009, Porto Alegre. **Trabalhos apresentados** [...]. [S.l.: s.n.], 2009.
- SIMÕES, H.C.G.Q. Mineração: perspectiva de sustentabilidade a partir do direito ambiental. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, Macapá, v. 2, p. 127-138, 2010.
- SUCKAU, V.E.; SUITA, M.T.F.; ZAPPAROLLI, A.C.; SPIER, C.A.; RIBEIRO, D.T. Transitional pyroclastic, volcanic exhalative rocks to iron ores in the Cauê formation, Tamanduá and Capitão do Mato mines: an overview of metallogenetic and tectonic aspects. *In*: SIMPÓSIO DO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, 3., 2005, Salvador. **[Anais]** [...]. Salvador: SBG, 2005. p. 343-346.
- SUMÁRIO MINERAL 2016. Brasília: DNPM, v. 36, 2016.
- TOLEDO, M.C.M. de; OLIVEIRA, S.D.; MELFI, A.J. Intemperismo e formação do solo. *In*: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M. de; FAIRCHILD, T.R.; TAIOTI, F. (Org.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. p. 139-166.
- TONIDANDEL, R.D.P.; PARIZZI, M.G.; LIMA, H.M. de. Aspectos legais e ambientais sobre fechamento de mina, com ênfase no estado de Minas Gerais. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 20, n. 1, p. 32-40, 2012.
- TULLER, M.P.; RIBEIRO, J.H.; SIGNORELLI, N.; FÉBOLI, W.L.; PINHO, J.M.M. **Projeto Sete Lagoas - Abaeté, estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CPRM, 2010. 160 p., il. Programa geologia do Brasil.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. **Plano diretor de desenvolvimento integrado da região metropolitana de Belo Horizonte**: definição das propostas de políticas

setoriais, projetos e investimentos prioritários: relatório final. Belo Horizonte, 2011. v. 6. 285 p. Plano metropolitano RMBH. Disponível em: <http://www.agenciarmbh.mg.gov.br/wp-content/uploads/2016/04/PDDI-RMBH-Relat%C3%B3rio-final-Volume-6.pdf>. Acesso em: 17 out. 2019.

VARGAS, M. **Introdução à mecânica dos solos**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil; Ed.USP, 1977. 510 p., il.

VIEIRA, L.C.M.; DUSSIN, T.M.; VELÁSQUEZ, L.N.M. Geoquímica e condições paleoambientais de deposição das rochas carbonáticas da formação Sete Lagoas na região da área de proteção ambiental Carste de Lagoa Santa, MG. *Geochimica Brasiliensis*, Rio de Janeiro, v.32, n.1, p.1-19, 2018.

WENTWORTH, C.K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **The Journal of Geology**, Chicago, v. 30, n. 5, p. 377-392, Jul./Aug. 1922.

ZUCCHETTI, M.; BALTAZAR O.F. Rio das Velhas greenstone belt lithofacies associations, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *In*: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31., 2000, Rio de Janeiro, Brazil. **Abstracts** [...]. Rio de Janeiro: SBG, 2000. 1 CD-ROM.

ZUCCHETTI, M.; BALTAZAR, O.F.; RAPOSO, F.O. Estratigrafia. *In*: CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Projeto Rio das Velhas**: mapa geológico integrado, escala 1:100.000, texto explicativo. Belo Horizonte: CPRM, 1996. p. 13-42.

ANEXO

ANEXO 1

MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE
ESCALA: 1:250.000

ANEXO 2

**MAPA DE RECURSOS E POTENCIAL MINERAL PARA MATERIAIS DE
CONSTRUÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE - MG
ESCALA: 1:200.000**

ANEXO 3

**TABELA DE OCORRÊNCIAS E EXTRAÇÕES MINERAIS
CADASTRADAS NO PROJETO MATERIAS DE CONSTRUÇÃO
NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE - MG**

Tabela de ocorrências e extrações minerais cadastradas no Projeto Materias de Construção na Região Metropolitana de Belo Horizonte- MG

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)	LOCALIDADE	MUNICÍPIO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	STATUS	SITUAÇÃO	SUBSTÂNCIA	TIPO GENÉTICO
1	-20,39898	-44,63065	764,0	Vilelas	Itaguara	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
2	-20,38749	-44,47186	845,0	Apolinário	Itaguara	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
3	-20,37981	-44,47327	889,0	Novo Dias	Itaguara	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
4	-20,37610	-44,64007	760,0	Rio Pará	Itaguara	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
5	-20,32369	-44,32597	828,0	Vargem Alegre	Rio Manso	Depósito	Mina	Inativo	Argila	Sedimentar
6	-20,31608	-44,32714	830,0	Vargem Alegre I	Rio Manso	Depósito	Mina	Inativo	Areia	Sedimentar
7	-20,30516	-44,33310	820,0	Sul de Bernardas	Rio Manso	Depósito	Mina	Ativo	Areia; Argila	Sedimentar
8	-20,28924	-44,29448	872,0	Rio Manso SE	Rio Manso	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
9	-20,28768	-44,33455	878,0	Bernardas	Rio Manso	Depósito	Mina	Inativo	Argila	Sedimentar
10	-20,26776	-44,32491	815,0	Rio Manso	Rio Manso	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
11	-20,23959	-44,41026	1008,1	Porteira	Itatiaiuçu	Depósito	Mina	Inativo	Gnaisse	Magmático
12	-20,23811	-44,21245	862,0	Arouca	Brumadinho	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Residual
13	-20,19776	-43,84683	1178,0	Anex Mineração	Rio Acima	Depósito	Mina	Ativo	Caulim	Residual
14	-20,19109	-44,18287	850,0	Sítio Guaribas	Brumadinho	Depósito	Mina	Ativo	Gnaisse	Metamórfico
15	-20,15408	-43,89232	-	Codorna	Nova Lima	Ocorrência	Ocorrência	-	Mármore	Metamórfico
16	-20,14714	-43,89760	-	Ribeirão dos Marinheiros	Nova Lima	Ocorrência	Ocorrência	-	Mármore	Metamórfico
17	-20,13908	-43,91204	-	Ribeirão Capitão do Mato	Nova Lima	Ocorrência	Ocorrência	-	Mármore	Metamórfico
18	-20,13436	-43,92148	-	Fazenda Capitão do Mato	Nova Lima	Ocorrência	Ocorrência	-	Mármore	Metamórfico
19	-20,10125	-43,79622	716,0	Rio Acima I	Rio Acima	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
20	-20,08833	-43,78713	678,0	Rio Acima	Rio Acima	Depósito	Mina	Inativo	Basalto	Metamórfico
21	-20,03800	-44,43596	890,5	Pedra Azul	Mateus Leme	Depósito	Mina	Ativo	Filito	Metamorfico
22	-20,03340	-44,45087	1046,0	Serra da Saudade	Mateus Leme	Depósito	Mina	Inativo	Quartzito ferruginoso	Metamorfico

Tabela de ocorrências e extrações minerais cadastradas no Projeto Materias de Construção na Região Metropolitana de Belo Horizonte- MG (Continuação)

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)	LOCALIDADE	MUNICÍPIO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	STATUS	SITUAÇÃO	SUBSTÂNCIA	TIPO GENÉTICO
23	-20,02706	-44,45723	972,0	Olhos D'Água I	Mateus Leme	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Supergênico
24	-20,01981	-44,13029	821,0	Montreal	Betim	Depósito	Mina	Ativo	Gnaise	Metamórfico
25	-20,01988	-44,46064	949,0	Olhos D'Água	Mateus Leme	Depósito	Mina	Inativo	Quartzito	Metamórfico
26	-20,00341	-44,06947	835,0	Aparecida	Ibirité	Depósito	Mina	Inativo	Gnaise	Metamórfico
27	-20,00440	-44,47745	-	Azurita/Bom Jardim	Mateus Leme	Depósito	Mina	Ativo	Quartzito	Metamórfico
28	-19,99768	-44,47213	913,3	Horto da Liberdade	Mateus Leme	Ocorrência	Ocorrência	-	Granito	Magmático
29	-19,98248	-44,21428	831,2	Rio Betim	Betim	Depósito	Mina	Inativo	Gnaise	Metamórfico
30	-19,97514	-44,25312	738,5	Rio Betim I	Betim	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
31	-19,97351	-44,21578	780,0	Brasiléia	Betim	Depósito	Mina	Inativo	Gnaise	Metamórfico
32	-19,97093	-44,26418	720,0	Rio Betim III	Betim	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
33	-19,96982	-44,23817	727,0	Rio Betim II	Betim	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
34	-19,96477	-43,69494	959,0	Morro Vermelho	Caeté	Depósito	Mina	Inativo	Argila	Sedimentar
35	-19,96250	-44,10080	-	Refinaria Petrobrás	Betim	Depósito	Mina	Inativo	Gnaise	Metamórfico
36	-19,96394	-44,48544	852,0	Vista Alegre	Mateus Leme	Ocorrência	Ocorrência	-	Granito	Magmático
37	-19,96066	-44,44954	-	Fazenda Alvorada	Mateus Leme	Ocorrência	Ocorrência	-	Granito	Magmático
38	-19,92020	-44,24550	863,0	Faz. Santa Cruz	Betim	Depósito	Mina	Ativo	Gnaise	Metamórfico
39	-19,90619	-43,66024	986,0	Sul de Caeté	Caeté	Depósito	Mina	Inativo	Saibro	Residual
40	-19,90220	-44,13810	868,0	Represa Vargem das Flores	Contagem	Depósito	Mina	Ativo	Gnaise	Metamórfico
41	-19,89027	-43,81320	663,0	Sabará	Sabará	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
42	-19,87975	-43,87383	745,0	Pedreira Dner	Sabará	Depósito	Mina	Inativo	Gnaise	Metamórfico
43	-19,87397	-43,66023	956,0	Caeté	Caeté	Depósito	Mina	Inativo	Areia, Cascalho	Residual
44	-19,87275	-44,31369	-	Faz. Do Meio	Esmeraldas	Ocorrência	Ocorrência	-	Gnaise	Metamórfico
45	-19,86732	-43,85158	-	Britel	Sabará	Depósito	Mina	Inativo	Granito	Magmático

Tabela de ocorrências e extrações minerais cadastradas no Projeto Materias de Construção na Região Metropolitana de Belo Horizonte- MG (Continuação)

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)	LOCALIDADE	MUNICÍPIO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	STATUS	SITUAÇÃO	SUBSTÂNCIA	TIPO GENÉTICO
46	-19,86860	-44,09090	872,0	Região de Campestre	Contagem	Depósito	Mina	Ativo	Gnaiss	Metamórfico
47	-19,86660	-43,87274	694,0	Meta Engenharia	Sabará	Depósito	Mina	Inativo	Gnaiss	Metamórfico
48	-19,86047	-43,87426	-	Capim Pubo	Belo Horizonte	Depósito	Mina	Inativo	Gnaiss	Magmático
49	-19,85878	-43,66235	1024,0	Norte de Caeté	Caeté	Depósito	Mina	Ativo	Saibro	Residual
50	-19,85964	-43,87926	-	Alto do Espia	Belo Horizonte	Depósito	Mina	Inativo	Gnaiss	Magmático
51	-19,85744	-43,85604	674,0	Cascalehira Santa Luzia	Sabará	Depósito	Mina	Ativo	Cascalho	Sedimentar
52	-19,85718	-43,86686	722,0	Córrego Calazans	Belo Horizonte	Depósito	Mina	Inativo	Gnaiss	Metamórfico
53	-19,85434	-43,87662	766,0	Jardim Vitória	Belo Horizonte	Depósito	Mina	Inativo	Gnaiss	Metamórfico
54	-19,84345	-43,63880	1089,0	Leste de Penedia	Caeté	Depósito	Mina	Inativo	Gnaiss	Metamórfico
55	-19,84714	-44,28584	740,0	Serra Negra de Baixo	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
56	-19,84332	-43,64438	1054,0	Penedia	Caeté	Depósito	Mina	Inativo	Argila	Sedimentar
57	-19,83604	-43,88745	737,0	Patrimone	Belo Horizonte	Depósito	Mina	Inativo	Gnaiss	Metamórfico
58	-19,83782	-44,29717	736,0	Fazenda Santa Rita do Mangue	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
59	-19,83240	-44,30950	-	Ribeirão das Abóboras	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
60	-19,83210	-44,40466	698,0	Fazenda Granjas Goianas	Florestal	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
61	-19,82935	-44,32850		Ribeirão das Abóboras II	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
62	-19,82526	-44,32926	750,0	Fazenda Santa Isabel	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia; Saibro	Residual
63	-19,82290	-44,33850	-	Ribeirão das Abóboras I	Esmeraldas	Depósito	Mina	Inativo	Areia	Sedimentar
64	-19,81902	-43,83727	817,0	Fazenda Bom Destino	Santa Luzia	Depósito	Mina	Ativo	Gnaiss	Metamórfico
65	-19,81796	-43,91822	739,0	Granja Werneck	Belo Horizonte	Depósito	Mina	Inativo	Areia, Saibro	Residual

Tabela de ocorrências e extrações minerais cadastradas no Projeto Materias de Construção na Região Metropolitana de Belo Horizonte- MG (Continuação)

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)	LOCALIDADE	MUNICÍPIO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	STATUS	SITUAÇÃO	SUBSTÂNCIA	TIPO GENÉTICO
66	-19,81494	-44,28866	745,0	Fazenda das Abóboras	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Residual
67	-19,80965	-44,35940	-	Grande Ribeirão Filipão	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
68	-19,80526	-43,63435	-	Fazenda dos Pinheiros	Caeté	Ocorrência	Ocorrência	-	Quartzito	Sedimentar
69	-19,80433	-43,66281	1102,0	Nordeste Serra da Piedade	Caeté	Depósito	Mina	Inativo	Argila e Saibro	Residual
70	-19,80579	-44,27037	746,0	Tropeiros I	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia; Argila	Sedimentar
71	-19,80225	-43,84439	670,0	Fazenda Cachoeira	Santa Luzia	Depósito	Mina	Inativo	Gnaisse	Metamórfico
72	-19,80375	-44,38386	-	Ribeirão Grande	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
73	-19,80080	-44,34612	721,0	Ribeirão Filipão	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
74	-19,79565	-43,81698	804,0	Fazenda Quebra-Cangalha	Santa Luzia	Depósito	Mina	Inativo	Gnaisse	Metamórfico
75	-19,79551	-44,41508	692,0	Rio Paraopebas I	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
76	-19,79231	-44,28470	796,0	Tropeiros	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Residual
77	-19,79062	-44,25682	757,0	Fazenda Fortaleza	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
78	-19,78470	-43,83203	858,0	Sul de Santa Luzia	Santa Luzia	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
79	-19,77562	-43,81102	747,0	Sudeste de Bonanza	Santa Luzia	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho; Saibro	Residual
80	-19,76867	-43,65140	1007,0	Roças Novas	Caeté	Depósito	Mina	Ativo	Gnaisse	Metamórfico
81	-19,77085	-43,99718	756,0	Fazenda Severina	Ribeirão das Neves	Depósito	Mina	Inativo	Areia	Sedimentar
82	-19,77130	-44,29970	-	Córrego Padre João	Esmeraldas	Depósito	Mina	Inativo	Areia	Sedimentar
83	-19,76761	-43,80340	-	Vargens dos Crioulos	Santa Luzia	Ocorrência	Ocorrência	-	Areia	Sem informação
84	-19,76684	-43,83783	831,0	Santa Luzia	Santa Luzia	Depósito	Mina	Ativo	Saibro	Residual

Tabela de ocorrências e extrações minerais cadastradas no Projeto Materias de Construção na Região Metropolitana de Belo Horizonte- MG (Continuação)

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)	LOCALIDADE	MUNICÍPIO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	STATUS	SITUAÇÃO	SUBSTÂNCIA	TIPO GENÉTICO
85	-19,76315	-44,35499	744,0	Sítio Jaú	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
86	-19,76158	-44,32788	-	Fazenda Santa Cruz	Esmeraldas	Ocorrência	Ocorrência	-	Argila	Sedimentar
87	-19,75675	-44,00001	758,0	Areias	Ribeirão das Neves	Depósito	Mina	Ativo	Saibro	Residual
88	-19,75441	-43,85162	727,0	Maria Adélia	Santa Luzia	Depósito	Mina	Inativo	Saibro	Residual
89	-19,75341	-44,32496	741,0	Esmeraldas	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Residual
90	-19,74592	-44,37370	829,0	Campo Alegre	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia; Saibro	Residual
91	-19,74473	-44,29517	803,0	Cancelinha	Esmeraldas	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
92	-19,73958	-43,83143	718,8	Barão de Macaúbas	Santa Luzia	Depósito	Mina	Inativo	Calcário	Sedimentar
93	-19,73949	-43,99426	723,0	Sítio Pedregal	Vespasiano	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
94	-19,73811	-44,00216	719,5	Justinópolis	Ribeirão das Neves	Depósito	Mina	Ativo	Saibro	Residual
95	-19,73535	-43,75525	751,0	Haras Ravena	Sabará	Depósito	Mina	Inativo	Areia	Residual
96	-19,73578	-44,43990	684,0	Rio Paraopebas	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
97	-19,73372	-44,30609	759,0	Fazenda da Várzea	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
98	-19,72906	-43,74899	745,0	Fazenda Campo de Santo Antônio	Taquaraçu de Minas	Depósito	Mina	Inativo	Areia	Residual
99	-19,72973	-43,85904	769,2	Barreiro	Santa Luzia	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Residual
100	-19,73013	-44,00680	712,0	Fazenda Cachoeirinha I	Pedro Leopoldo	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Residual
101	-19,72704	-44,00565	716,9	Fazenda Cachoeirinha	Vespasiano	Depósito	Mina	Ativo	Areia, Saibro	Residual
102	-19,72759	-44,30161	764,0	Fazenda Santo Antônio	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
103	-19,72346	-43,70415	861,2	Campo Santo Antônio I	Taquaraçu de Minas	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
104	-19,72324	-43,73917	843,0	Fazenda Campo de Santo Antônio	Taquaraçu de Minas	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual

Tabela de ocorrências e extrações minerais cadastradas no Projeto Materias de Construção na Região Metropolitana de Belo Horizonte- MG (Continuação)

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)	LOCALIDADE	MUNICÍPIO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	STATUS	SITUAÇÃO	SUBSTÂNCIA	TIPO GENÉTICO
105	-19,72196	-43,77517	691,2	Rio Vermelho (Fazenda Itatiaia)	Santa Luzia	Depósito	Mina	Inativo	Areia	Sedimentar
106	-19,71969	-43,94977	-	Fazenda do Barreiro II	Vespasiano	Depósito	Mina	Ativo	Calcário	Sedimentar
107	-19,71820	-43,81365	-	Fazenda Santa Helena	Santa Luzia	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sem informação
108	-19,71719	-43,72063	855,0	Campo Santo Antônio	Taquaraçu de Minas	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
109	-19,72012	-44,40688	701,0	Córrego Barreiro	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
110	-19,71113	-43,83711	749,0	Bairro do Amaral	Santa Luzia	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Sedimentar
111	-19,71049	-43,79233	690,0	Fazenda Ribeirão Vermelho	Santa Luzia	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
112	-19,70837	-43,58593	970,0	Rodoviária Nova Aparecida	Nova União	Depósito	Mina	Ativo	Filito	Metamórfico
113	-19,70932	-43,75427	840,0	SE Engenho	Taquaraçu de Minas	Depósito	Mina	Inativo	Areia	Residual
114	-19,71009	-43,95480	-	Fazenda do Barreiro	São José da Lapa	Depósito	Mina	Ativo	Calcário	Sedimentar
115	-19,70936	-43,87148	-	Ribeirão da Mata	Santa Luzia	Ocorrência	Ocorrência	-	Calcário	Sedimentar
116	-19,70770	-43,92815	-	Fazenda do Barreiro I	Vespasiano	Ocorrência	Ocorrência	-	Calcário	Sedimentar
117	-19,70215	-43,57870	844,4	Nova União	Nova União	Depósito	Mina	Inativo	Areia	Sedimentar
118	-19,70520	-44,06950	743,0	Vera Cruz de Minas I	Pedro Leopoldo	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
119	-19,70303	-43,94746	-	Fazenda Nova Granja	São José da Lapa	Depósito	Mina	Ativo	Calcário	Sedimentar
120	-19,70036	-43,64085	1029,1	Oeste de Nova União	Taquaraçu de Minas	Depósito	Mina	Ativo	Filito	Metamórfico
121	-19,70222	-44,09164	752,7	Vera Cruz de Minas II	Pedro Leopoldo	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
122	-19,69781	-43,58608	923,4	Unicla	Nova União	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual

Tabela de ocorrências e extrações minerais cadastradas no Projeto Materias de Construção na Região Metropolitana de Belo Horizonte- MG (Continuação)

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)	LOCALIDADE	MUNICÍPIO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	STATUS	SITUAÇÃO	SUBSTÂNCIA	TIPO GENÉTICO
123	-19,69881	-43,80371	-	Fazenda Macaúbas	Santa Luzia	Ocorrência	Ocorrência	-	Calcário	Sedimentar
124	-19,69861	-43,90342	701,0	Fazenda Bela Vista	Lagoa Santa	Depósito	Mina	Inativo	Calcário	Sedimentar
125	-19,69846	-43,89747	695,0	Ribeirão da Mata I	Lagoa Santa	Depósito	Mina	Inativo	Calcário	Sedimentar
126	-19,69923	-44,18266		Melo Viana	Esmeraldas	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
127	-19,69803	-44,06033	733,5	Córrego do Araujo	Pedro Leopoldo	Depósito	Mina	Inativo	Areia	Sedimentar
128	-19,69874	-44,26321	816,0	Fazenda Mororó	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
129	-19,69281	-43,79580	-	Fazenda Macaúbas I	Santa Luzia	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sem informação
130	-19,69433	-44,05579	742,1	Vera Cruz de Minas	Pedro Leopoldo	Depósito	Mina	Ativo	Areia, Argila	Sedimentar
131	-19,69270	-43,99537	-	Ribeirão das Areias	São José da Lapa	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
132	-19,69144	-43,98468	-	Ribeirão das Areias I	São José da Lapa	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Residual
133	-19,69125	-44,05693	737,5	Córrego do Araujo 1	Pedro Leopoldo	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
134	-19,68851	-43,67723	789,0	MG-900	Taquaraçu de Minas	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
135	-19,68442	-44,05514	-	Tapera - Ribeirão das Neves	Pedro Leopoldo	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
136	-19,68201	-44,06973	747,7	Espraiado	Pedro Leopoldo	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
137	-19,68255	-44,28441	786,0	Fazenda Alentejo	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
138	-19,68142	-44,07329	760,0	Mineração GCA	Pedro Leopoldo	Depósito	Mina	Inativo	Areia, Saibro, Cascalho	Residual
139	-19,68074	-43,97619	617,8	Fazenda Capim Seco	São José da Lapa	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
140	-19,68126	-44,26953	820,0	Andiroba	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Residual
141	-19,67997	-44,05420	739,3	Tapera I	Pedro Leopoldo	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar

Tabela de ocorrências e extrações minerais cadastradas no Projeto Materias de Construção na Região Metropolitana de Belo Horizonte- MG (Continuação)

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)	LOCALIDADE	MUNICÍPIO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	STATUS	SITUAÇÃO	SUBSTÂNCIA	TIPO GENÉTICO
142	-19,67664	-43,69025	780,0	Boticário	Taquaraçu de Minas	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
143	-19,67714	-43,90176	-	Lapa Vermelha	Lagoa Santa	Depósito	Mina	Ativo	Calcário	Sedimentar
144	-19,67631	-43,96564	724,3	Samitra	São José da Lapa	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
145	-19,67343	-43,66844	746,0	Chalé Cachoeira	Taquaraçu de Minas	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
146	-19,67649	-44,27455	798,0	Fazenda Alentejo I	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
147	-19,67581	-44,17082	797,9	Norte de Melo Viana	Esmeraldas	Depósito	Mina	Sem informação	Cascalho	Residual
148	-19,67308	-43,95379	688,8	Fazenda Nova Granja	Vespasiano	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
149	-19,67415	-44,28832	799,0	Fazenda Pedra Branca	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
150	-19,66906	-44,05345	738,7	Tapera	Pedro Leopoldo	Depósito	Mina	Inativo	Areia	Sedimentar
151	-19,66380	-43,71905	948,0	Fazenda do Sumidouro	Taquaraçu de Minas	Ocorrência	Ocorrência	-	Calcário	Sedimentar
152	-19,66311	-43,67917	778,0	Sol Nascente	Taquaraçu de Minas	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
153	-19,66583	-44,27228	798,0	Fazenda Várzea do Cocho	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
154	-19,66302	-43,98802	-	Lagoa dos Mares	Confins	Depósito	Mina	Inativo	Calcário	Sedimentar
155	-19,66075	-43,94482	-	Grota do Urubu	Confins	Ocorrência	Ocorrência	-	Calcário	Sedimentar
156	-19,65889	-43,70224	800,0	Barragem	Taquaraçu de Minas	Depósito	Mina	Inativo	Areia	Sedimentar
157	-19,66062	-44,49854	683,0	Rio Paraopebas II	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia; Cascalho	Sedimentar
158	-19,65464	-43,69859	770,0	Fazenda da Rocinha	Taquaraçu de Minas	Depósito	Mina	Inativo	Areia	Residual
159	-19,65247	-44,30650	774,0	Fazenda Cipó	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
160	-19,64689	-44,25866	882,0	Fazenda Campo Alegre	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Residual

Tabela de ocorrências e extrações minerais cadastradas no Projeto Materias de Construção na Região Metropolitana de Belo Horizonte- MG (Continuação)

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)	LOCALIDADE	MUNICÍPIO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	STATUS	SITUAÇÃO	SUBSTÂNCIA	TIPO GENÉTICO
161	-19,64430	-44,02425	-	Fazenda Matacão	Pedro Leopoldo	Ocorrência	Ocorrência	-	Calcário	Sedimentar
162	-19,64241	-44,31264	758,0	Fazenda das Palhadas	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
163	-19,63625	-44,10518	771,5	Ribeirão Urubu I	Pedro Leopoldo	Depósito	Mina	Inativo	Areia	Sedimentar
164	-19,63400	-44,34348	761,0	Urucuia (Fazenda Água Branca)	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
165	-19,62878	-43,70843	620,0	Rio Taquaraçu	Taquaraçu de Minas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
166	-19,63186	-44,34203	761,0	Urucuia (Fazenda Água Branca)	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
167	-19,62593	-43,70073	792,0	Fazenda Vargem Grande	Taquaraçu de Minas	Depósito	Mina	Inativo	Quartzo; Cascalho	Residual
168	-19,62698	-44,31376	768,0	Serra do Bira	Esmeraldas	Depósito	Mina	Inativo	Saibro	Residual
169	-19,61812	-43,70422	650,0	Fazenda Vargem Grande I	Taquaraçu de Minas	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
170	-19,61940	-44,02550	-	Região de Mocambeiro	Pedro Leopoldo	Depósito	Mina	Ativo	Calcário	Sedimentar
171	-19,61542	-43,74633	850,0	Fazenda Ponte Nova	Taquaraçu de Minas	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
172	-19,61686	-44,08176	-	Ribeirão Urubu	Pedro Leopoldo	Depósito	Mina	Inativo	Areia	Sedimentar
173	-19,60591	-44,38540	731,0	Fazenda Paraíso	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Argila	Sedimentar
174	-19,60221	-43,99231	-	Faz. São Judas Tadeu	Pedro Leopoldo	Depósito	Mina	Ativo	Calcário	Sedimentar
175	-19,59851	-44,17021	830,9	Fazenda	Capim Branco	Depósito	Mina	Inativo	Areia	Sedimentar
176	-19,59158	-44,01537	-	Fazenda Borges	Pedro Leopoldo	Depósito	Mina	Ativo	Calcário	Sedimentar
177	-19,59126	-44,32404	752,0	Fazenda Vargem do Rego	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar
178	-19,58996	-44,30859	764,0	Fazenda Formoso	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia	Sedimentar

Tabela de ocorrências e extrações minerais cadastradas no Projeto Materias de Construção na Região Metropolitana de Belo Horizonte- MG (Continuação)

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)	LOCALIDADE	MUNICÍPIO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	STATUS	SITUAÇÃO	SUBSTÂNCIA	TIPO GENÉTICO
179	-19,58742	-43,99676	-	Fazenda Samambaia	Pedro Leopoldo	Ocorrência	Ocorrência	-	Calcário	Sedimentar
180	-19,58847	-44,27970	775,0	Fazenda das Pedras	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Areia; Cascalho	Sedimentar
181	-19,58392	-43,66730	855,0	Taquaraçu	Taquaraçu de Minas	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
182	-19,58658	-44,34482	-	Fazenda Vargem Grande II	Esmeraldas	Ocorrência	Ocorrência	-	Areia	Sedimentar
183	-19,58547	-44,13093	-	Fazenda do Valinho	Capim Branco	Ocorrência	Ocorrência	-	Calcário	Sedimentar
184	-19,58292	-44,38645	737,0	Ribeirão dos Macacos	Esmeraldas	Depósito	Mina	Ativo	Argila	Sedimentar
185	-19,57894	-43,77267	850,0	Bamburrall	Jaboticatubas	Ocorrência	Ocorrência	-	Calcário	Sedimentar
186	-19,57214	-44,00315	-	Sítio Karamapuan (Cochos)	Pedro Leopoldo	Ocorrência	Ocorrência	-	Calcário	Sedimentar
187	-19,57060	-44,01740	-	Região de Mocambeiro I	Pedro Leopoldo	Depósito	Mina	Ativo	Calcário	Sedimentar
188	-19,56024	-43,66515	-	Fazenda Lapa	Jaboticatubas	Depósito	Mina	Inativo	Granito	Magmático
189	-19,55985	-43,65487	960,0	Cachoeira	Jaboticatubas	Ocorrência	Ocorrência	-	Gnaisse	Metamórfico
190	-19,55786	-43,67682	-	Lapinha	Jaboticatubas	Ocorrência	Ocorrência	-	Calcário	Sedimentar
191	-19,55818	-43,99976	792,2	Cochos	Pedro Leopoldo	Ocorrência	Ocorrência	-	Calcário	Sedimentar
192	-19,55810	-44,02210	768,0	Mina Cauê	Pedro Leopoldo	Depósito	Mina	Inativo	Calcário	Sedimentar
193	-19,55183	-43,68387	1008,9	Divisa	Taquaraçu de Minas	Ocorrência	Ocorrência	-	Calcário	Sedimentar
194	-19,55186	-43,78925	800,0	Recanto do Sabiá	Jaboticatubas	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
195	-19,55047	-44,05510	-	Fazenda São José	Matozinhos	Ocorrência	Ocorrência	-	Calcário	Sedimentar
196	-19,55079	-44,11894	820,8	Capim Branco	Capim Branco	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
197	-19,54086	-44,07371	-	Fazenda Bom Jardim	Matozinhos	Depósito	Mina	Inativo	Calcário	Sedimentar

Tabela de ocorrências e extrações minerais cadastradas no Projeto Materias de Construção na Região Metropolitana de Belo Horizonte- MG (Continuação)

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)	LOCALIDADE	MUNICÍPIO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	STATUS	SITUAÇÃO	SUBSTÂNCIA	TIPO GENÉTICO
198	-19,53894	-43,81916	821,3	Pedra Branca	Jaboticatubas	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
199	-19,53882	-43,81023	851,5	Alto da Boa Vista	Jaboticatubas	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
200	-19,53408	-43,93002	-	Capela de N. S. do Rosário	Pedro Leopoldo	Depósito	Mina	Inativo	Calcário	Sedimentar
201	-19,53380	-44,06176	-	Fazenda Bom Jardim - Lagoinha	Matozinhos	Ocorrência	Ocorrência	-	Calcário	Sedimentar
202	-19,53208	-43,86814	757,0	Saúde I	Jaboticatubas	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
203	-19,53240	-44,07470	-	Fazenda Bom Jardim	Matozinhos	Depósito	Mina	Ativo	Calcário	Sedimentar
204	-19,53245	-44,10003	883,5	Fazenda Macambu	Matozinhos	Depósito	Mina	Ativo	Calcário	Sedimentar
205	-19,52612	-43,78209	800,1	Alto da Caiana	Jaboticatubas	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
206	-19,52199	-43,99291	-	Mocambo	Matozinhos	Ocorrência	Ocorrência	-	Calcário	Sedimentar
207	-19,51673	-43,88321	769,0	Saúde	Jaboticatubas	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
208	-19,51610	-44,09268	-	Fazenda Caxambu	Matozinhos	Depósito	Mina	Inativo	Calcário	Sedimentar
209	-19,51432	-43,96200	-	Fidalgo	Pedro Leopoldo	Depósito	Mina	Ativo	Calcário	Sedimentar
210	-19,51138	-43,80225	-	Fazenda Vazante	Jaboticatubas	Ocorrência	Ocorrência	-	Cascalho	Sem informação
211	-19,51053	-43,95116	-	Esc. Homero de Carvalho IV	Pedro Leopoldo	Depósito	Mina	Inativo	Calcário	Sedimentar
212	-19,50937	-43,94842	-	Esc. Homero de Carvalho III	Pedro Leopoldo	Depósito	Mina	Inativo	Calcário	Sedimentar
213	-19,50776	-43,96164	-	Esc. Homero de Carvalho II	Matozinhos	Depósito	Mina	Inativo	Calcário	Sedimentar
214	-19,50676	-43,94882	740,8	Esc. Homero de Carvalho	Pedro Leopoldo	Depósito	Mina	Inativo	Calcário	Sedimentar
215	-19,49943	-43,75938	741,0	Maré Mansa	Jaboticatubas	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
216	-19,49696	-43,94512	663,7	Esc. Homero de Carvalho V	Pedro Leopoldo	Depósito	Mina	Inativo	Calcário	Sedimentar
217	-19,49492	-44,04010	-	Fazenda Peri-Peri	Matozinhos	Ocorrência	Ocorrência	-	Calcário	Sedimentar

Tabela de ocorrências e extrações minerais cadastradas no Projeto Materias de Construção na Região Metropolitana de Belo Horizonte- MG (Continuação)

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)	LOCALIDADE	MUNICÍPIO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	STATUS	SITUAÇÃO	SUBSTÂNCIA	TIPO GENÉTICO
218	-19,48772	-43,78139	830,0	Vazante	Jaboticatubas	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
219	-19,48762	-43,77161	788,0	Vazante I	Jaboticatubas	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
220	-19,48492	-43,94676	-	Margens do Rio das Velhas	Jaboticatubas	Depósito	Mina	Inativo	Areia	Sedimentar
221	-19,47615	-44,01024	705,1	Fazenda Experiência da Jaguará	Matozinhos	Ocorrência	Ocorrência	-	Calcário	Sedimentar
222	-19,47062	-44,03078	-	Fazenda da Caucaia	Matozinhos	Ocorrência	Ocorrência	-	Calcário	Sedimentar
223	-19,46735	-44,01379	710,0	Cauaia	Matozinhos	Depósito	Mina	Inativo	Calcário	Sedimentar
224	-19,44228	-44,04079	-	Fazenda Goiabeiras	Matozinhos	Ocorrência	Ocorrência	-	Calcário	Sedimentar
225	-19,31964	-43,95065	739,0	São Vicente	Baldim	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
226	-19,31519	-43,96331	735,0	São Vicente I	Baldim	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
227	-19,30185	-43,69703	819,9	Lotações	Jaboticatubas	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
228	-19,30173	-43,76723	1000,7	Bom Jesus do Cerrado	Jaboticatubas	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
229	-19,26559	-43,79759	882,0	Rótulo	Baldim	Depósito	Mina	Inativo	Cascalho	Residual
230	-19,25001	-43,84793	-	Fazenda Lapinha da Aguinha	Baldim	Ocorrência	Ocorrência	-	Calcário	Sedimentar
231	-19,23812	-43,84498	852,0	A Nordeste de Baldim	Baldim	Ocorrência	Ocorrência	-	Calcário	Sedimentar
232	-19,23720	-43,82591	845,8	Fazenda Santo Antônio	Baldim	Ocorrência	Ocorrência	-	Calcário	Sedimentar
233	-19,23474	-43,80359	-	Fazenda Santo Antônio I	Baldim	Ocorrência	Ocorrência	-	Calcário	Sedimentar

LISTAGEM DE INFORMES DE RECURSOS MINERAIS

SÉRIE METAIS DO GRUPO DA PLATINA E ASSOCIADOS

- Nº 01 - Mapa de Caracterização das Áreas de Trabalho (Escala 1:7.000.000), 1996.
- Nº 02 - Mapa Geológico Preliminar da Serra do Colorado - Rondônia e Síntese Geológico-Metalogenética, 1997.
- Nº 03 - Mapa Geológico Preliminar da Serra Céu Azul - Rondônia, Prospecção Geoquímica e Síntese Geológico-Metalogenética, 1997.
- Nº 04 - Síntese Geológica e Prospecção por Concentrados de Bateia nos Complexos Canabrava e Barro Alto - Goiás, 1997.
- Nº 05 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Migrantinópolis - Rondônia, 2000.
- Nº 06 - Geologia e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Corumbiara/Chupinguaia - Rondônia, 2000.
- Nº 07 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Serra Azul - Rondônia, 2000.
- Nº 08 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Rio Branco/Alta Floresta - Rondônia, 2000.
- Nº 09 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Santa Luzia - Rondônia, 2000.
- Nº 10 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Nova Brasilândia - Rondônia, 2000.
- Nº 11 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica da Área Rio Madeirinha - Mato Grosso, 2000.
- Nº 12 - Síntese Geológica e Prospectiva das Áreas Pedra Preta e Cotingo - Roraima, 2000.
- Nº 13 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Santa Bárbara - Goiás, 2000.
- Nº 14 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Barra da Gameleira - Tocantins, 2000.
- Nº 15 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Córrego Seco - Goiás, 2000.
- Nº 16 - Síntese Geológica e Resultados Prospectivos da Área São Miguel do Guaporé - Rondônia, 2000.
- Nº 17 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Cana Brava - Goiás, 2000.
- Nº 18 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Cacoal - Rondônia, 2000.
- Nº 19 - Geologia e Resultados Prospectivos das Áreas Morro do Leme e Morro Sem Boné - Mato Grosso, 2000.
- Nº 20 - Geologia e Resultados Prospectivos das Áreas Serra dos Pacaás Novos e Rio Cautário - Rondônia, 2000.
- Nº 21 - Aspectos Geológicos, Geoquímicos e Potencialidade em Depósitos de Ni-Cu-EGP do Magmatismo da Bacia do Paraná - 2000.
- Nº 22 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Tabuleta - Mato Grosso, 2000.
- Nº 23 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Rio Alegre - Mato Grosso, 2000.
- Nº 24 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Figueira Branca/Indiavaí - Mato Grosso, 2000.
- Nº 25 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar das Áreas Jaburu, Caracarái, Alto Tacutu e Amajari - Roraima, 2000.
- Nº 26 - Prospecção Geológica e Geoquímica no Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra da Onça - Pará, 2001.
- Nº 27 - Prospecção Geológica e Geoquímica nos Corpos Máfico-Ultramáficos da Suíte Intrusiva Cateté - Pará, 2001.
- Nº 28 - Aspectos geológicos, Geoquímicos e Metalogenéticos do Magmatismo Básico/Ultrabásico do Estado de Rondônia e Área Adjacente, 2001.
- Nº 29 - Geological, Geochemical and Potentiality Aspects of Ni-Cu-PGE Deposits of the Paraná Basin Magmatism, 2001.
- Nº 30 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica da Área Barro Alto - Goiás, 2010.

SÉRIE MAPAS TEMÁTICOS DE OURO - ESCALA 1:250.000

- Nº 01 - Área GO-09 Aurilândia/Anicuns - Goiás, 1995.
- Nº 02 - Área RS-01 Lavras do Sul/Çaçapava do Sul - Rio Grande do Sul, 1995.
- Nº 03 - Área RO-01 Presidente Médici - Rondônia, 1996.
- Nº 04 - Área SP-01 Vale do Ribeira - São Paulo, 1996.
- Nº 05 - Área PA-15 Inajá - Pará, 1996.
- Nº 06 - Área GO-05 Luziânia - Goiás, 1997.
- Nº 07 - Área PA-01 Paru - Pará, 1997.
- Nº 08 - Área AP-05 Serra do Navio/Cupixi - Amapá, 1997.
- Nº 09 - Área BA-15 Caripará - Bahia, 1997.
- Nº 10 - Área GO-01 Crixás/Pilar - Goiás, 1997.
- Nº 11 - Área GO-02 Porangatu/Mara Rosa - Goiás, 1997.
- Nº 12 - Área GO-03 Niquelândia - Goiás, 1997.

Nº 13 - Área MT-01 Peixoto de Azevedo/Vila Guarita - Mato Grosso, 1997.
Nº 14 - Área MT-06 Ilha 24 de Maio - Mato Grosso, 1997.
Nº 15 - Área MT-08 São João da Barra - Mato Grosso/Pará, 1997.
Nº 16 - Área RO-02 Jenipapo/Serra Sem Calça - Rondônia, 1997.
Nº 17 - Área RO-06 Guaporé/Madeira - Rondônia, 1997.
Nº 18 - Área RO-07 Rio Madeira - Rondônia, 1997.
Nº 19 - Área RR-01 Uraricaá - Roraima, 1997.
Nº 20 - Área AP-03 Alto Jari - Amapá/Pará, 1997.
Nº 21 - Área CE-02 Várzea Alegre/Lavras da Mangabeira/Encanto - Ceará, 1997.
Nº 22 - Área GO-08 Arenópolis/Amorinópolis - Goiás, 1997.
Nº 23 - Área PA-07 Serra Pelada - Pará, 1997.
Nº 24 - Área SC-01 Botuverá/Brusque/Gaspar - Santa Catarina, 1997.
Nº 25 - Área AP-01 Cassiporé - Amapá, 1997.
Nº 26 - Área BA-04 Jacobina Sul - Bahia, 1997.
Nº 27 - Área PA-03 Cuiapucu/Carará - Pará/Amapá, 1997.
Nº 28 - Área PA-10 Serra dos Carajás - Pará, 1997.
Nº 29 - Área AP-04 Tumucumaque - Pará, 1997.
Nº 30 - Área PA-11 Xinguara - Pará, 1997.
Nº 31 - Área PB-01 Cachoeira de Minas/Itajubatiba/Itapetim - Paraíba/Pernambuco, 1997.
Nº 32 - Área AP-02 Tartarugalzinho - Amapá, 1997.
Nº 33 - Área AP-06 Vila Nova/Iratapuru - Amapá, 1997.
Nº 34 - Área PA-02 Ipitinga - Pará/Amapá, 1997.
Nº 35 - Área PA-17 Caracol - Pará, 1997.
Nº 36 - Área PA-18 Vila Riozinho - Pará, 1997.
Nº 37 - Área PA-19 Rio Novo - Pará, 1997.
Nº 38 - Área PA-08 São Félix - Pará, 1997.
Nº 39 - Área PA-21 Marupá - Pará, 1998.
Nº 40 - Área PA-04 Três Palmeiras/Volta Grande - Pará, 1998.
Nº 41 - Área TO-01 Almas/Natividade - Tocantins, 1998.
Nº 42 - Área RN-01 São Fernando/Ponta da Serra/São Francisco - Rio Grande do Norte/Paraíba, 1998.
Nº 43 - Área GO-06 Cavalcante - Goiás/Tocantins, 1998.
Nº 44 - Área MT-02 Alta Floresta - Mato Grosso/Pará, 1998.
Nº 45 - Área MT-03 Serra de São Vicente - Mato Grosso, 1998.
Nº 46 - Área AM-04 Rio Traíra - Amazonas, 1998.
Nº 47 - Área GO-10 Pirenópolis/Jaraguá - Goiás, 1998.
Nº 48 - Área CE-01 Reriutaba/Ipu - Ceará, 1998.
Nº 49 - Área PA-06 Manelão - Pará, 1998.
Nº 50 - Área PA-20 Jacareacanga - Pará/Amazonas, 1998.
Nº 51 - Área MG-07 Paracatu - Minas Gerais, 1998.
Nº 52 - Área RO-05 Colorado - Rondônia/Mato Grosso, 1998.
Nº 53 - Área TO-02 Brejinho de Nazaré - Tocantins, 1998.
Nº 54 - Área RO-04 Porto Esperança - Rondônia, 1998.
Nº 55 - Área RO-03 Parecis - Rondônia, 1998.
Nº 56 - Área RR-03 Uraricoera - Roraima, 1998.
Nº 57 - Área GO-04 Goiás - Goiás, 1998.
Nº 58 - Área MA-01 Belt do Gurupi - Maranhão/Pará, 1998.
Nº 59 - Área MA-02 Aurizona/Carutapera - Maranhão/Pará, 1998.
Nº 60 - Área PE-01 Serrita - Pernambuco, 1998.
Nº 61 - Área PR-01 Curitiba/Morretes - Paraná, 1998.
Nº 62 - Área MG-01 Pitangui - Minas Gerais, 1998.
Nº 63 - Área PA-12 Rio Fresco - Pará, 1998.
Nº 64 - Área PA-13 Madalena - Pará, 1998.
Nº 65 - Área AM-01 Parauari - Amazonas/Pará, 1999.
Nº 66 - Área BA-01 Itapicuru Norte - Bahia, 1999.

- Nº 67 - Área RR-04 Quino Maú - Roraima, 1999.
Nº 68 - Área RR-05 Apiaú - Roraima, 1999.
Nº 69 - Área AM 05 Gavião/Dez Dias - Amazonas, 1999.
Nº 70 - Área MT-07 Araés/Nova Xavantina - Mato Grosso, 2000.
Nº 71 - Área AM-02 Cauaburi - Amazonas, 2000.
Nº 72 - Área RR-02 Mucajaí - Roraima, 2000.
Nº 73 - Área RR-06 Rio Amajari - Roraima, 2000.
Nº 74 - Área BA-03 Jacobina Norte - Bahia, 2000.
Nº 75 - Área MG-04 Serro - Minas Gerais, 2000.
Nº 76 - Área BA-02 Itapicuru Sul - Bahia, 2000.
Nº 77 - Área MG-03 Conselheiro Lafaiete - Minas Gerais, 2000.
Nº 78 - Área MG-05 Itabira - Minas Gerais, 2000.
Nº 79 - Área MG-09 Riacho dos Machados - Minas Gerais, 2000.
Nº 80 - Área BA-14 Correntina - Bahia, 2000.
Nº 81 - Área BA-12 Boquira Sul - Bahia, 2000
Nº 82 - Área BA-13 Gentio do Ouro - Bahia, 2000.
Nº 83 - Área BA-08 Rio de Contas/Ibitiara Sul - Bahia, 2000.
Nº 84 - Área MT-05 Cuiabá/Poconé - Mato Grosso, 2000.
Nº 85 - Área MT-04 Jauru/Barra dos Bugres - Mato Grosso, 2000.

SÉRIE OURO - INFORMES GERAIS

- Nº 01 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1996.
Nº 02 - Programa Nacional de Prospecção de Ouro - Natureza e Métodos, 1998.
Nº 03 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1998.
Nº 04 - Gold Prospecting National Program - Subject and Methodology, 1998.
Nº 05 - Mineralizações Auríferas da Região de Cachoeira de Minas - Municípios de Manaíra e Princesa Isabel - Paraíba, 1998.
Nº 06 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 2000.
Nº 07 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Minas do Camaquã - Rio Grande do Sul, 2000.
Nº 08 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Ibaré - Rio Grande do Sul, 2000.
Nº 09 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Caçapava do Sul - Rio Grande do Sul, 2000.
Nº 10 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Passo do Salsinho - Rio Grande do Sul, 2000.
Nº 11 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Marmeleiro - Rio Grande do Sul, 2000.
Nº 12 - Map of Gold Production and Reserves of Brazil (1:7.000.000 Scale), 2000
Nº 13 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Cambaizinho - Rio Grande do Sul, 2001.
Nº 14 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Passo do Ivo - Rio Grande do Sul, 2001.
Nº 15 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Batovi - Rio Grande do Sul, 2001.
Nº 16 - Projeto Metalogenia da Província Aurífera Juruena-Teles Pires, Mato Grosso - Goiânia, 2008.
Nº 17 - Metalogenia do Distrito Aurífero do Rio Juma, Nova Aripuanã, Manaus, 2010.

SÉRIE INSUMOS MINERAIS PARA AGRICULTURA

- Nº 01 - Mapa Síntese do Setor de Fertilizantes Minerais (NPK) no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1997.
Nº 02 - Fosfato da Serra da Bodoquena - Mato Grosso do Sul, 2000.
Nº 03 - Estudo do Mercado de Calcário para Fins Agrícolas no Estado de Pernambuco, 2000.

- Nº 04 - Mapa de Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 05 - Estudo dos Níveis de Necessidade de Calcário nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 06 - Síntese das Necessidades de Calcário para os Solos dos Estados da Bahia e Sergipe, 2001.
- Nº 07 - Mapa de Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais de Rondônia, 2001.
- Nº 08 - Mapas de Insumos Minerais para Agricultura nos Estados de Amazonas e Roraima, 2001.
- Nº 09 - Mapa-Síntese de Jazimentos Minerais Carbonatados dos Estados da Bahia e Sergipe, 2001.
- Nº 10 - Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais nos Estados do Pará e Amapá, 2001.
- Nº 11 - Síntese dos Jazimentos, Áreas Potenciais e Mercado de Insumos Minerais para Agricultura no Estado da Bahia, 2001.
- Nº 12 - Avaliação de Rochas Calcárias e Fosfatadas para Insumos Agrícolas do Estado de Mato Grosso, 2008.
- Nº 13 - Projeto Fosfato Brasil - Parte I, Salvador, 2011.
- Nº 14 - Projeto Fosfato Brasil - Estado de Mato Grosso - Áreas Araras/Serra do Caeté e Planalto da Serra, 2011.
- Nº 15 - Projeto Mineralizações Associadas à Plataforma Bambuí no Sudeste do Estado do Tocantins (TO) - Goiânia, 2012.
- Nº 16 - Rochas Carbonáticas do Estado de Rondônia, Porto Velho, 2015.
- Nº 17 - Projeto Fosfato Brasil - Parte II, Salvador, 2016.
- Nº 18 - Geoquímica Orientativa para Pesquisa de Fosfato no Brasil, Salvador, 2016.
- Nº 19 - Projeto Agrominerais da Região de Irecê -Jaguarari, Salvador, 2016.
- Nº 20 - Projeto Fosfato Brasil – Parte III - Bacia dos Parecis, Manaus, 2017.
- Nº 21 - Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil - Fase III: Bacia Sergipe-Alagoas, Sub-bacia Sergipe, Recife, 2017.
- Nº 22 - Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil - Fase III: Centro-leste de Santa Catarina, Salvador, 2017.
- Nº 23 - Avaliação do Potencial do Potássio no Brasil: Bacia do Amazonas, setor centro-oeste, Estados do Amazonas e Pará, Manaus, 2019

SÉRIE PEDRAS PRECIOSAS

- Nº 01 - Mapa Gemológico da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, 1997.
- Nº 02 - Mapa Gemológico da Região Lajeado/Soledade/Salto do Jacuí - Rio Grande do Sul, 1998
- Nº 03 - Mapa Gemológico da Região de Ametista do Sul - Rio Grande do Sul, 1998.
- Nº 04 - Recursos Gemológicos dos Estados do Piauí e Maranhão, 1998.
- Nº 05 - Mapa Gemológico do Estado do Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 06 - Mapa Gemológico do Estado de Santa Catarina, 2000.
- Nº 07 - Aspectos da Geologia dos Pólos Diamantíferos de Rondônia e Mato Grosso - O Fórum de Juína - Projeto Diamante, Goiânia, 2010.
- Nº 08 - Projeto Avaliação dos Depósitos de Opalas de Pedro II - Estado do Piauí, Teresina, 2015.
- Nº 09 - Aluviões Diamantíferos da Foz dos Rios Jequitinhonha e Pardo - Fase I – Estado da Bahia, Salvador, 2015.

SÉRIE OPORTUNIDADES MINERAIS – EXAME ATUALIZADO DE PROJETO

- Nº 01 - Níquel de Santa Fé - Estado de Goiás, 2000.
- Nº 02 - Níquel do Morro do Engenho - Estado de Goiás, 2000.
- Nº 03 - Cobre de Bom Jardim - Estado de Goiás, 2000.
- Nº 04 - Ouro no Vale do Ribeira - Estado de São Paulo, 1996.
- Nº 05 - Chumbo de Nova Redenção - Estado da Bahia, 2001.
- Nº 06 - Turfa de Caçapava - Estado de São Paulo, 1996.
- Nº 08 - Ouro de Natividade - Estado do Tocantins, 2000.
- Nº 09 - Gipsita do Rio Cupari - Estado do Pará, 2001.
- Nº 10 - Zinco, Chumbo e Cobre de Palmeirópolis - Estado de Tocantins, 2000.
- Nº 11 - Fosfato de Miriri - Estados de Pernambuco e Paraíba, 2001.
- Nº 12 - Turfa da Região de Itapuã - Estado do Rio Grande do Sul, 1998.
- Nº 13 - Turfa de Águas Claras - Estado do Rio Grande do Sul, 1998.

- Nº 14 - Turfa nos Estados de Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
Nº 15 - Nióbio de Uaupés - Estado do Amazonas, 1997.
Nº 16 - Diamante do Rio Maú - Estado da Roraima, 1997.
Nº 18 - Turfa de Santo Amaro das Brotas - Estado de Sergipe, 1997.
Nº 19 - Diamante de Santo Inácio - Estado da Bahia, 2001.
Nº 21 - Carvão nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, 1997.
Nº 22 - Coal in the States of Rio Grande do Sul and Santa Catarina, 2000.
Nº 23 - Kaolin Exploration in the Capim River Region - State of Pará - Executive Summary, 2000.
Nº 24 - Turfa de São José dos Campos - Estado de São Paulo, 2002.
Nº 25 - Lead in Nova Redenção - Bahia State, Brazil, 2001.

SÉRIE DIVERSOS

- Nº 01 - Informe de Recursos Minerais - Diretrizes e Especificações - Rio de Janeiro, 1997.
Nº 02 - Argilas Nobres e Zeolitas na Bacia do Parnaíba - Belém, 1997.
Nº 03 - Rochas Ornamentais de Pernambuco - Folha Belém do São Francisco - Escala 1:250.000 - Recife, 2000.
Nº 04 - Substâncias Minerais para Construção Civil na Região Metropolitana de Salvador e Adjacências - Salvador, 2001.

SÉRIE RECURSOS MINERAIS MARINHOS

- Nº 01 - Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental Leste do Ceará - Recife, 2007.

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

- Nº 01 - Projeto Materiais de Construção na Área Manacapuru-Iranduba-Manaus-Careiro (Domínio Baixo Solimões) - Manaus, 2007.
Nº 02 - Materiais de Construção Civil na região Metropolitana de Salvador - Salvador, 2008.
Nº 03 - Projeto Materiais de Construção no Domínio Médio Amazonas - Manaus, 2008.
Nº 04 - Projeto Rochas Ornamentais de Roraima - Manaus, 2009.
Nº 05 - Projeto Argilas da Bacia Pimenta Bueno - Porto Velho, 2010.
Nº 06 - Projeto Quartzo Industrial Dueré-Cristalândia - Goiânia, 2010.
Nº 07 - Materiais de Construção Civil na região Metropolitana de Aracaju - Salvador, 2011.
Nº 08 - Rochas Ornamentais no Noroeste do Estado do Espírito Santo - Rio de Janeiro, 2012.
Nº 09 - Projeto Insumos Minerais para a Construção Civil na Região Metropolitana do Recife - Recife, 2012.
Nº 10 - Materiais de Construção Civil da Folha Porto Velho - Porto Velho, 2013.
Nº 11 - Polo Cerâmico de Santa Gertrudes - São Paulo, 2014.
Nº 12 - Projeto Materiais de Construção Civil na Região Metropolitana de Natal - Recife, 2015.
Nº 13 - Materiais de Construção Civil para Vitória da Conquista, Itabuna-Ilhéus e Feira de Santana - Salvador, 2015.
Nº 14 - Projeto Materiais de Construção da Região de Marabá e Eldorado dos Carajás - Belém, 2015.
Nº 15 - Panorama do Setor de Rochas Ornamentais do Estado de Rondônia - Porto Velho, 2015
Nº 16 - Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Goiânia - Goiânia, 2015
Nº 17 - Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Porto Alegre- Porto Alegre, 2016
Nº 18 - Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Fortaleza - Fortaleza, 2016
Nº 19 - Projeto Materiais de Construção Civil da Região da Grande Florianópolis - Porto Alegre, 2016
Nº 20 - Projeto materiais de construção da região de Macapá - Estado do Amapá - Belém, 2016.
Nº 21 - Projeto Materiais De Construção da Região Metropolitana de Curitiba - Estado do Paraná, 2016.
Nº 22 - Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Luís e Entorno - Estado do Maranhão, 2017.
Nº 23 - Panorama do segmento de rochas ornamentais do Estado da Bahia - Salvador, 2019
Nº 24 - Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Paulo - Estado de São Paulo, São Paulo, 2019
Nº 25 - Gipsita da Bacia do Araripe - Estado de Pernambuco, Recife, 2019
Nº 26 - Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Belo Horizonte - Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

SÉRIE METAIS - INFORMES GERAIS

Nº 01 - Projeto BANE0 – Bacia do Camaquã – Metalogenia das Bacias Neoproterozóico-eopaleozóicas do Sul do Brasil, Porto Alegre, 2008

Nº 02 - Mapeamento Geoquímico do Quadrilátero Ferrífero e seu Entorno - MG – Rio de Janeiro, 2014.

Nº 03 - Projeto BANE0 - Bacias do Itajaí, de Campo Alegre e Corupá - Metalogenia das Bacias Neoproterozoico-eopaleozoicas do Sul do Brasil, Porto Alegre, 2015

SÉRIE PROVÍNCIAS MINERAIS DO BRASIL

Nº 01 - Áreas de Relevante Interesse Mineral - ARIM, Brasília, 2015

Nº 02 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Tróia-Pedra Branca, Estado do Ceará, Fortaleza, 2015

Nº 03 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Sudeste do Tapajós, Estado do Pará, Brasília, 2015.

Nº 04 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Província Aurífera Juruena-Teles Pires-Aripuanã - Geologia e Recursos Minerais da Folha Ilha Porto Escondido - SC.21-V-C-III, Brasília, 2015.

Nº 05 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Distrito Zíncífero de Vazante - MG, Brasília, 2015.

Nº 06 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Rochas Alcalinas da Porção Meridional do Cinturão Ribeira. Estados de São Paulo e Paraná, Brasília, 2015.

Nº 07 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Sudeste de Rondônia, Brasília, 2016.

Nº 08 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Seridó-Leste, extremo nordeste da Província Borborema (RN-PB), Brasília, 2016.

Nº 09 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Porção sul da Bacia do Paraná, RS, 2017

Nº 10 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Eldorado do Juma, Estado do Amazonas, AM, 2017

Nº 11 - Áreas de Relevante Interesse Mineral: Cinturão Gurupi, Estados do Pará e Maranhão, Brasília, 2017.

Nº 12 - Áreas de relevante interesse mineral: Reserva Nacional do Cobre e Associados, Estados do Pará e Amapá, Belém, 2017.

Nº 13 - Áreas de Relevante Interesse Mineral - Vale do Ribeira: Mineralizações Polimetálicas (Pb, Ag, Zn, Cu e Au - "Tipo Pannels") em zonas de cisalhamento Rúptil, Cinturão Ribeira Meridional, SP-PR, São Paulo, 2017.

Nº 14 – Área de Relevante Interesse Mineral - ARIM: Distrito Mineral de Paracatu-Unai (Zn-Pb-Cu), MG, 2018

Nº 15 – Área de Relevante Interesse Mineral Integração Geológica-Geofísica e Recursos Minerais do Cráton Luis Alves, RS, 2018.

Nº 16 – Áreas de Relevante Interesse Mineral - Província Mineral de Carajás, PA: Estratigrafia e análise do Minério de Mn de Carajás - áreas Azul, Sereno, Buritirama e Antônio Vicente, PA, 2018.

Nº 17 - Áreas de Relevante Interesse Mineral Troia-Pedra Branca - Geologia e mineralização aurífera da sequência metavulcanossedimentar da Serra das Pipocas, Maciço de Troia, Ceará, Estado do Ceará, CE, 2018

Nº 18 - Áreas de Relevante Interesse Mineral - Reavaliação da Província Estanífera de Rondônia, RO, 2019.

Nº 19 - Áreas de relevante interesse mineral - Evolução Crustal e Metalogenia da Faixa Nova Brasilândia, RO, 2019.

Nº 20 - Áreas de Relevante Interesse Mineral Batólito Pelotas - Terreno Tijucas, Estado do Rio Grande do Sul, RS, 2019.

Nº 21 - Áreas de relevante interesse mineral - Vale do Ribeira: mineralizações polimetálicas (Pb, Ag, Zn, Cu e Au - "tipo pannels") em zonas de cisalhamento rúptil, Cinturão Ribeira Meridional, SP-PR, 2019.

Nº 22 - Áreas de relevante interesse mineral - Projeto evolução crustal e metalogenia da Província Mineral Juruena - Teles-Pires, MS, 2019

Nº 23- Áreas de relevante interesse mineral - Evolução Crustal e Metalogenia da Porção Centro Norte da Faixa Brasília, Tocantins e Goiás, 2019

Nº 24 - Avaliação do Potencial Mineral do NW do Ceará, CE, Fortaleza, 2019.

Nº 25 - Avaliação do Potencial Mineral das faixas Marginais da borda NW do Craton do São Francisco (Área Riacho do Pontal), PI, Teresina, 2019.

Nº 26 - Avaliação do Potencial Mineral das faixas Marginais da borda NW do Craton do São Francisco (Área Rio Preto), PI, Teresina, 2019.

SÉRIE MINERAIS ESTRATÉGICOS

Nº 01 - Diretrizes para Avaliação do Potencial do Potássio, Fosfato, Terras Raras e Lítio no Brasil, Brasília, 2015.

Nº 02 - Avaliação do Potencial de Terras Raras no Brasil, Brasília, 2015.

Nº 03 - Projeto Avaliação do Potencial do Lítio no Brasil - Área do Médio Rio Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais, Brasília, 2016.

Nº 04 - Projeto Avaliação do Potencial de Terras Raras No Brasil - Área Morro dos Seis Lagos, Noroeste do Amazonas, Brasília, 2019.

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de *17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O Serviço Geológico do Brasil – CPRM atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em quatro grandes linhas de atuação:

- Geologia
- Recursos Minerais;
- Hidrologia; e
- Gestão Territorial.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.

Áreas de atuação do Serviço Geológico do Brasil – CPRM e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS

ÁREA DE ATUAÇÃO GEOCIÊNCIAS

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



SISTEMAS DE ALERTA HIDROLÓGICO



AGROGEOLOGIA



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



RISCO GEOLÓGICO



GEODIVERSIDADE



PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



GEOLOGIA MÉDICA



RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



ÁREA DE ATUAÇÃO SERVIÇOS COMPARTILHADOS

GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



PALEONTOLOGIA



PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



REDE DE BIBLIOTECAS



REDE DE LITOTECAS



GOVERNANÇA



ÁREA DE ATUAÇÃO PROGRAMAS INTERNOS

SUSTENTABILIDADE



PRÓ-EQUIDADE



COMITÊ DE ÉTICA



PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

INFORME DE RECURSOS MINERAIS

**Série Rochas e Minerais
Industriais, nº 26**

PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE

O produto Informe de Recursos Minerais, parte integrante do Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral, objetiva sistematizar e divulgar os resultados das atividades e projetos desenvolvidos pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, nos campos da geologia econômica, metalogênese, prospecção, pesquisa e economia mineral. Tais resultados são apresentados sob a forma de estudos, artigos, relatórios e mapas.

O presente trabalho buscou organizar as informações sobre a atividade minerária na região, voltada para agregados de construção civil (areia e brita), em confronto com os elementos restritivos à sua atuação, sejam sociais ou ambientais.

Assim, o Serviço Geológico do Brasil – CPRM, empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia, tem a satisfação em apresentar o PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE

O informe contempla o texto do relatório final dos trabalhos executados na região, contendo: análise da atividade mineira, além de mapas temáticos (Geológico e de Recursos e Potencial Mineral para areia, brita, calcário, argila, cascalho, saibro e filito). A publicação busca contribuir, desta forma, para enfatizar o papel da informação geológica como indutor no desenvolvimento do setor mineral no país, além de estimular e atrair investimentos para o mesmo, com efeitos na geração de empregos, renda e desenvolvimento social, à luz da sustentabilidade ambiental.

Este Informe Mineral está disponível para download no portal www.cprm.gov.br.

Sede

Setor Bancário Norte - SBN Quadra 02, Bloco H
Asa Norte - Edifício Central Brasília
Brasília - DF - CEP: 70040-904
Tel: 61 2108-8400

Escritório Rio de Janeiro

Av Pasteur, 404 - Urca
Rio de Janeiro - RJ Cep: 22290-255
Tel: 21 2295-5337 - 21 2295-5382

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais

Tel: 21 2546-0212 - 61 3223-1166

Departamento de Geologia

Tel: 91 31821326

Departamento de Recursos Minerais

Tel: 21 2295-4992

Diretoria de Infraestrutura Geocientífica

Tel: 21 2295-5837 - 61 2108-8457

Superintendência de Belo Horizonte

Avenida Brasil, 1731 - Funcionários
Belo Horizonte - MG - CEP: 30140-002
Tel.: 31 3878-0307

Assessoria de Comunicação

Tel: 61 2108-8468
E-mail: asscomdf@cprm.gov.br

Divisão de Marketing e Divulgação

Tel: 31 3878-0333
E-mail: marketing@cprm.gov.br

Ouvidoria

Tel: 21 2541-6344
E-mail: ouvidoria@cprm.gov.br

Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Tel: 21 2295-5997
E-mail: seus@cprm.gov.br



www.cprm.gov.br