

INFORME DE RECURSOS MINERAIS

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

Série Rochas e Minerais Industriais, nº 14

Insumos Minerais para a Construção Civil



**PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO
DA REGIÃO DE MARABÁ E ELDORADO
DOS CARAJÁS – PA**

Belém – 2015

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINERAIS
DIVISÃO DE MINERAIS E ROCHAS INDUSTRIAIS

Programa Geologia do Brasil

PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DA REGIÃO DE MARABÁ E ELDORADO DOS CARAJÁS

ESTADO DO PARÁ

José Guilherme Ferreira de Oliveira
Abraão Fernando Figueira de Melo

INFORME DE RECURSOS MINERAIS
Série Rochas e Minerais Industriais, nº 14



BELÉM
2015

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINERAIS
DIVISÃO DE MINERAIS E ROCHAS INDUSTRIAIS

Programa Geologia do Brasil

PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DA REGIÃO DE MARABÁ E ELDORADO DOS CARAJÁS

ESTADO DO PARÁ

INFORME DE RECURSOS MINERAIS

Série Rochas e Minerais Industriais, nº 14

OLIVEIRA, José Guilherme Ferreira de

Projeto materiais de construção da região de Marabá e Eldorado dos Carajás - Estado do Pará / José Guilherme Ferreira de Oliveira, Abraão Fernando Figueira de Melo. - Belém: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2015.

xx p.: il. Color. + 1 mapa + 1 CD-ROM. (Informe de Recursos Minerais. Série Rochas e Minerais Industriais, nº 14)

Programa Geologia do Brasil (PGB)

ISBN 978-85-7499-233-4

1. Geologia Econômica. 2. Minerais Industriais - Marabá e Eldorado dos Carajás. I. Melo, Abraão Fernando Figueira. II. Título. III. Série.

CDD 553.09815

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil - CPRM

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

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS

DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINERAIS

DIVISÃO DE MINERAIS E ROCHAS INDUSTRIAIS

Programa Geologia do Brasil

**PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DA REGIÃO DE MARABÁ
E ELDORADO DOS CARAJÁS**

ESTADO DO PARÁ

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Carlos Eduardo de Sousa Braga

Ministro de Estado

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

Carlos Nogueira da Costa Junior

Secretário

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Manoel Barretto da Rocha Neto

Diretor-Presidente

Roberto Ventura Santos

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Thales de Queiroz Sampaio

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Eduardo Santa Helena

Diretor de Administração e Finanças

Francisco Valdir Silveira

Chefe do Departamento de Recursos Minerais

Ruben Sardou Filho

Chefe da Divisão de Minerais e Rochas Industriais

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELÉM

Manfredo Ximenes Ponte

Superintendente

Lúcia Travassos da Rosa Costa

Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Tomaz de Aquino Massoud Lobato

Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

João Batista Marcelo de Lima

Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Cícero Vieira de Meneses

Gerente de Administração e Finanças

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINERAIS
DIVISÃO DE MINERAIS E ROCHAS INDUSTRIAIS

**PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DA REGIÃO DE MARABÁ
E ELDORADO DOS CARAJÁS**
ESTADO DO PARÁ

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação Geral
Francisco Valdir da Silveira

Coordenação Técnica Nacional
Ruben Sardou Filho

Gerente de Geologia e Recursos Minerais
Lúcia Travassos da Rosa Costa

Coordenador do Projeto
José Guilherme Ferreira de Oliveira

Autores do Informe
José Guilherme Ferreira de Oliveira
Abraão Fernando Figueira de Melo

COLABORADORES

Trabalhos de Campo
Antônio Pereira de Araújo Júnior
Pedro Cordeiro de Almeida

Laboratório
Denise Correa Lobato
Érica de Jesus Fernandes Costa

Estagiário
Edson Lousada Batista

Normalização e Documentação
Nelma Fabrícia Ribeiro Botelho

Editoração e Diagramação
Marcelo Henrique Borges Leão
Nelma Fabrícia Ribeiro Botelho

Revisão Final
Ruben Sardou Filho
Lúcia Travassos da Rosa Costa

APRESENTAÇÃO

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB) tem a grata satisfação de disponibilizar aos empresários do setor mineral do Estado do Pará, aos gestores públicos e à comunidade de um modo geral, mais um produto do Programa Geologia do Brasil, denominado Projeto Materiais de Construção da Região de Marabá e Eldorado dos Carajás.

A área do projeto compreende, total ou parcialmente, as folhas cartográficas 1:100.000: Marabá (SB.22-X-D-I), Fazenda Barreira Branca (SB.22.X-D-IV) e Rio Vermelho (SB.22-Z-B-I), e engloba parcialmente os municípios de Marabá, Eldorado dos Carajás, Itupiranga, Nova Ipixuna, Bom Jesus do Tocantins, São João do Araguaia, Curionópolis, Piçarra e São Geraldo do Araguaia.

A execução deste trabalho ocorre num momento de crescimento econômico da região de abrangência do projeto, com reflexos na demanda por matérias primas para construção civil, em função da execução de obras públicas contempladas pelo Programa de Aceleração de Crescimento (PAC), como os projetos habitacionais (Minha Casa Minha Vida), das áreas de saúde e assistência (UBS – Unidade Básica de Saúde e UPA - Unidade de Pronto Atendimento), de educação e cidadania (creches e quadras poliesportivas), além da ampliação e modernização do aeroporto de Marabá e melhorias nas rodovias.

Um dos problemas básicos do setor produtivo mineral na região é a disputa do espaço físico com outras atividades de uso e ocupação do solo. A população, de um lado, em seus justos anseios por melhor qualidade de vida, incluindo serviços, transportes e moradia, é o principal beneficiário final do produto mineral. A mineração, por outro lado, um tradicional indutor de desenvolvimento, carrega um forte estigma negativo, o qual necessita e deve ser revertido a partir do conhecimento mais adequado de sua importância econômica, social e peculiaridades geográficas e geológicas.

Dentro desse contexto este trabalho buscou organizar e realçar os principais elementos de valorização da atividade minerária na região, em confronto com os elementos restritivos à sua atuação, sejam eles de ordem tecnológica, bem como sociais ou ambientais. Buscou também apresentar informações que possam representar alternativas para atendimento de um ou outro lado desse conflito ou, dentro de uma visão mais propositiva, servir de base para futuros trabalhos de planejamento estratégico e zoneamento territorial. Os materiais objetos de estudo foram principalmente areias, seixo (cascalho), argilas e rochas, que se destacam entre os minerais mais empregados na construção civil.

Este informe mineral, em volume impresso, contempla o texto do relatório final dos trabalhos executados na região, contendo a análise geral da atividade mineira, a caracterização das propriedades de materiais utilizados na construção civil, a avaliação de questões ambientais, aspectos socioeconômicos e legais da mineração, e contém diversos mapas temáticos.

Esta publicação busca enfatizar o papel da informação geológica como indutor no desenvolvimento do setor mineral no País, com efeitos na geração de empregos, renda e desenvolvimento social, à luz da sustentabilidade ambiental.

Merece destaque o empenho dos autores para a concretização dessa obra, as parcerias com instituições locais, não só para a geração de produtos geocientíficos, mas como importante ferramenta de uma efetiva política nacional de geologia, coordenada e articulada pela Secretaria de Geologia Mineração e Transformação Mineral do Ministério de Minas e Energia, através do Serviço Geológico do Brasil.

MANOEL BARRETTO DA ROCHA NETO

Diretor - Presidente

Serviço Geológico do Brasil - CPRM

ROBERTO VENTURA SANTOS

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Serviço Geológico do Brasil - CPRM

RESUMO

Este projeto objetivou a caracterização das matérias primas, especialmente areia, seixo, brita e argila, utilizadas no setor da construção civil na região de Marabá e Eldorado dos Carajás, e o diagnóstico técnico da atividade mineira, visando fornecer subsídios aos mineradores e gestores públicos para o ordenamento desta importante atividade econômica na região, de acordo com os objetivos propostos pelo Programa de Aceleração do Crescimento – PAC para o setor mineral.

A área do projeto apresenta um contexto geológico favorável para ocorrências de matérias primas utilizadas na construção civil, o que possibilitou a sua exploração a partir da década de 80, e fez desta região um polo de grande importância no segmento da transformação mineral, na cadeia produtiva da construção civil do sudeste do estado do Pará e no setor de logística em apoio aos projetos de mineração desenvolvidos na Província Mineral de Carajás.

Este trabalho incluiu levantamentos de campo, pesquisa bibliográfica, análises laboratoriais, avaliação técnica da atividade mineral, sistematização e organização de dados e inserção das informações em base geológica atualizada.

Foram cadastrados 39 frentes de extração e 45 ocorrências minerais, com coleta de amostras para realização de ensaios laboratoriais visando a avaliação da qualidade dos materiais explorados. Foi elaborado um diagnóstico técnico, abordando aspectos como geologia dos depósitos, métodos de lavra, impactos ambientais, legislação mineral e aspectos socioeconômicos. Uma importante contribuição foi a definição de Áreas de Relevante Interesse Mineral para as diversas substâncias minerais de interesse.

Todas as informações obtidas neste trabalho estão sintetizadas neste relatório, com dados ordenados em ambiente SIG – Sistemas de Informações Geográficas, vinculado ao GEOBANK, banco de dados corporativo da CPRM, que pode ser acessado através do site www.cprm.gov.br.

ABSTRACT

This Project aimed the characterization of raw materials, especially sand, pebble, gravel, and clay, which are used by the civil construction industry in the region of Marabá and Eldorado dos Carajás, southeastern of the State of Pará. The project also aimed the establishment of a technical diagnostic of the mining activity in this region, in order to provide miners and public managers with data to the planning of this important economic activity, in accordance with the objectives of the “PAC – Programa de Aceleração do Crescimento” (growth acceleration program, in Portuguese) of the Brazilian Federal Government.

The geological setting of the study area favors the occurrence of the raw materials. The exploration of these materials from 1980 on made the study region an important pole of mineral processing in the productive chain of civil construction, and of the logistics sector that supports mining projects undertaken in the adjoining Carajás Mineral Province.

The methods of this work included field survey, bibliographic research, laboratory analysis, technical evaluation of the mining activity, data organization, and the integration of the information in an updated geological map.

Thirty nine active extraction localities and 45 mineral occurrences were recorded in the database. Samples for laboratory tests were taken from these sites in order to evaluate the quality of the exploited materials. The results include technical diagnostic covering aspects of geology of the deposits, mining methods, environmental impacts, mining legislation, in addition to socioeconomic aspects. An important outcome of this project is the definition of areas of relevant mineral interest for the studied materials.

All information produced in this work are summarized in this report, and the data are organized in GIS – Geographic Information System and available in CPRM’s corporate database – the GEOBANK, which can be accessed through the website www.cprm.gov.br.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 - INTRODUÇÃO..... | 15 |
| 1.1 - ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS | 15 |
| 1.2 - JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS | 18 |
| 1.3 - ATIVIDADES E MÉTODOS | 18 |
| 2 - CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL | 21 |
| 3 - INSUMOS MINERAIS..... | 27 |
| 3.1 - AREIA E SEIXO | 27 |
| 3.1.1 - Conceitos | 27 |
| 3.1.2 - Aplicações | 29 |
| 3.1.3 - Especificações | 29 |
| 3.1.4 - Ensaio tecnológicos de seixos e areias..... | 30 |
| 3.1.4.1 - Resultados para amostras de areia e seixo do leito do Rio Tocantins..... | 30 |
| 3.1.4.2 - Resultados para amostra de areia branca de terraço aluvionar | 33 |
| 3.1.4.3 - Resultados para amostras de seixo do leito e terraço do Rio Vermelho..... | 33 |
| 3.1.4.4 - Resultados para amostras de areias do leito do Rio Vermelho..... | 34 |
| 3.1.5 - Análises químicas por Fluorescência de Raios-X em areias | 34 |
| 3.1.6 - Análise global dos depósitos de areia e seixo..... | 35 |
| 3.2 - ARGILA | 36 |
| 3.2.1 - Conceitos | 36 |
| 3.2.2 - Especificações | 36 |
| 3.2.3 - Aplicações | 37 |
| 3.2.4 - Caracterização dos depósitos de argila..... | 38 |
| 3.2.5 - Depósitos de argila de Marabá | 38 |
| 3.2.6 - Depósitos de argila de Eldorado dos Carajás..... | 40 |
| 3.2.7 - Resultados de análises em argilas das planícies de Marabá e Eldorado dos Carajás..... | 41 |
| 3.2.7.1 - Caracterização dos resíduos..... | 41 |
| 3.2.7.2 - Testes de limites de plasticidade..... | 42 |
| 3.2.7.3 - Tensão de ruptura à flexão | 45 |
| 3.2.7.4 - Difração de Raios-X..... | 45 |
| 3.2.7.5 - Espectrometria de Fluorescência de Raios-X | 45 |
| 3.2.7.6 - Análise Térmica Diferencial | 47 |
| 3.2.7.7 - Análise por Microscopia Eletrônica de Varredura | 48 |
| 3.3 - SAIBRO | 49 |
| 3.3.1 - Conceito e aplicações | 49 |
| 3.3.2 - Especificações | 52 |
| 3.4 - BRITA | 52 |
| 3.4.1 - Conceito e aplicações | 52 |
| 3.4.2 - Novas possibilidades para brita | 52 |
| 3.4.3 - Ensaio tecnológicos para brita | 52 |
| 3.5 - ROCHA ORNAMENTAL E DE REVESTIMENTO | 54 |
| 3.5.1 - Conceito e aplicações | 54 |
| 3.5.2 - Ensaio para rocha ornamental e de revestimento | 54 |
| 4 - MÉTODOS DE LAVRA E BENEFICIAMENTO | 57 |
| 4.1 - INTRODUÇÃO..... | 57 |
| 4.2 - PROCESSOS DE LAVRA..... | 57 |
| 4.2.1 - Lavra através de dragagem em leitos ativos dos rios..... | 57 |
| 4.2.2 - Lavra de areia branca em depósitos associados a paleodepósitos aluvionares..... | 57 |

| | |
|--|------------|
| 4.2.3 - Lavra de seixos em terraço fluvial do Rio Vermelho | 58 |
| 4.2.4 - Extração de argila em planícies aluviais..... | 60 |
| 4.2.4.1 - Processos de fabricação de produtos cerâmicos | 61 |
| 4.2.5 - Extração de brita..... | 62 |
| 5 - DIREITOS MINERÁRIOS E POTENCIAL MINERAL | 65 |
| 5.1 - CADASTRO MINERÁRIO NO CAMPO | 65 |
| 5.1.1 - Frentes de extração de areias e/ou seixos..... | 69 |
| 5.1.1.1 - Perspectivas futuras e vida útil dos depósitos..... | 70 |
| 5.1.2 - Frentes de extração de argilas para cerâmica vermelha | 70 |
| 5.1.2.1 - Perspectivas futuras e vida útil dos depósitos..... | 72 |
| 5.1.3 - Frentes de extração de saibro | 72 |
| 5.1.3.1 - Perspectivas futuras e vida útil dos depósitos..... | 72 |
| 5.1.4 - Frentes de lavra de rochas para produção de britas..... | 72 |
| 5.1.4.1 - Perspectivas futuras e vida útil dos depósitos..... | 72 |
| 6 - ÁREAS DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL E DE RESTRIÇÃO À MINERAÇÃO | 73 |
| 7 - MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE..... | 83 |
| 7.1 - IMPACTOS DECORRENTES DA MINERAÇÃO..... | 83 |
| 7.1.1 - Desmatamento e remoção do solo..... | 83 |
| 7.1.2 - Erosão | 84 |
| 7.1.3 - Assoreamento | 85 |
| 7.1.4 - Contaminação de aquíferos..... | 85 |
| 7.1.5 - Impacto na paisagem | 86 |
| 7.1.6 - Poluição sonora | 86 |
| 7.1.7 - Poluição atmosférica | 87 |
| 7.2 - CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL | 87 |
| 8 - ASPECTOS ECONÔMICOS | 89 |
| 8.1 - CENÁRIO DA REGIÃO DE MARABÁ E ELDORADO DOS CARAJÁS | 90 |
| 8.1.1 - O PAC e a área estudada | 91 |
| 8.1.2 - Analisando a CFEM | 91 |
| 8.2 - INSUMOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL | 92 |
| 8.2.1 - Areia..... | 92 |
| 8.2.2 - Argila | 92 |
| 8.2.3 - Rochas para brita | 92 |
| 8.2.4 - Seixo | 93 |
| 9 - ASPECTOS INSTITUCIONAIS | 95 |
| 9.1 - LEGISLAÇÃO MINERÁRIA..... | 95 |
| 9.1.1 - Regimes de aproveitamento mineral..... | 95 |
| 9.1.2 - Taxa anual por hectare | 96 |
| 9.1.3 - Compensação financeira pela exploração de recursos minerais | 96 |
| 9.1.4 - Novo Marco Regulatório da Mineração | 97 |
| 9.2 - LEGISLAÇÃO AMBIENTAL..... | 98 |
| 9.2.1 - Licenciamento ambiental | 98 |
| 9.2.2 - Unidades de conservação | 99 |
| 9.2.3 - Áreas de preservação permanente | 100 |
| 9.2.4 - Áreas indígenas | 101 |
| 9.3 - PLANOS DIRETORES DOS MUNICÍPIOS DE MARABÁ E ELDORADO DOS CARAJÁS | 101 |
| 10 - CONCLUSÕES | 103 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 105 |
| LISTAGEM DOS INFORMES DE RECURSOS MINERAIS | 109 |

**PROJETO MATERIAIS DE
CONSTRUÇÃO DA REGIÃO
DE MARABÁ E ELDORADO
DOS CARAJÁS**

ESTADO DO PARÁ

1 - INTRODUÇÃO

A área de abrangência do projeto Materiais de Construção da Região de Marabá e Eldorado dos Carajás está localizada na Mesorregião do Sudeste Paraense (IBGE, 2012) e compreende, total ou parcialmente, as folhas cartográficas 1:100.000: Marabá (SB.22-X-D-I), Fazenda Barreira Branca (SB.22.X-D-IV) e Rio Vermelho (SB.22-Z-B-I) (Figura 1.1). Este projeto está inserido no Programa de Aceleração de Crescimento do Governo Federal (PAC 2011-2014), e foi executado pela CPRM-Serviço Geológico do Brasil, através da Gerência de Recursos Minerais da Superintendência Regional de Belém.

A região de referência apresenta um contexto geológico favorável para ocorrências de matérias-primas utilizadas na construção civil, o que possibilitou a exploração acentuada destas, a partir da década de 80, principalmente dos depósitos de argila para fabricação de cerâmica vermelha (tijolos e telhas) e de agregados (areia, seixos, brita) aplicados na fabricação de concreto e outros produtos. Este fato fez desta região um polo de grande importância no segmento da transformação mineral na cadeia produtiva da construção civil do sudeste do estado do Pará e no setor de logística em apoio aos projetos de mineração desenvolvidos na Província Mineral de Carajás. No entanto, devido à intensidade da mineração destes insumos, os requisitos da sustentabilidade nem sempre foram suficientemente aplicados ao longo do tempo, principalmente devido os passivos ambientais ocasionados em regiões de leito e planícies de rios, de onde são extraídos os referidos insumos minerais.

A área do projeto engloba parcialmente os municípios de Marabá, Eldorado dos Carajás, Itupiranga, Nova Ipixuna, Bom Jesus do Tocantins, São João do Araguaia, Curionópolis, Piçarra e São Geraldo do Araguaia (Figura 1.1). A criação da Região Metropolitana de Marabá, englobando os municípios de Marabá, Itupiranga, Nova Ipixuna, Bom Jesus do Tocantins, São João do Araguaia e São Domingos do Araguaia, teve seu projeto aprovado em 13/05/2013 na Assembleia Legislativa do Estado do Pará, fato que se for concretizado virá ampliar o aporte de recursos federais para a região e fomentar o seu desenvolvimento socioeconômico e, conseqüentemente, a demanda de insumos para construção civil. O surgimento de inúmeros projetos de mineração na Província Mineral de Carajás e a verticalização da cadeia produtiva do ferro a partir da implantação do polo siderúrgico/guseiro de Marabá, e a perspectiva de criação do polo metal-mecânico, através da implantação das siderúrgicas ALPA e ALINE, assim como da Plataforma Logística Intermodal de Transportes (Porto de Marabá), futuramente integrada a Hidrovia Araguaia-Tocantins, tem ocasionado um crescimento

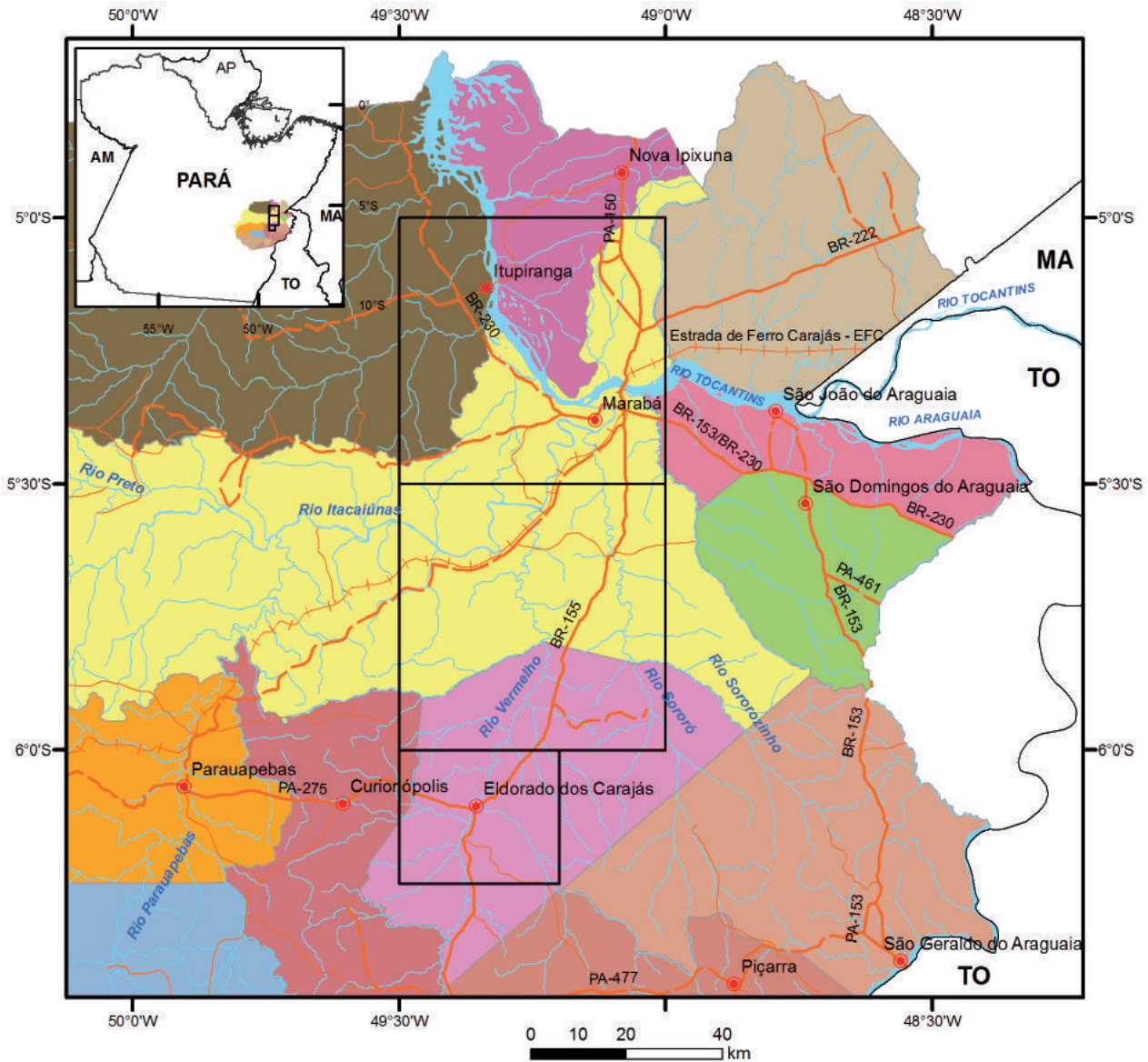
acelerado do setor da construção civil na região, com consumo considerável de agregados (areias, seixos e britas) e de argila, aplicados em inúmeros projetos de construção civil, como estradas, viadutos, *shopping centers*, habitações, incluindo as do “Programa Minha Casa, Minha Vida”, do Governo Federal. As oportunidades econômicas na região desencadearam um processo de imigração há várias décadas, que promoveu um notável crescimento demográfico (Figura 1.2), que tende se acentuar no futuro, tendo em vista as perspectivas de geração inicial de milhares de empregos pelos projetos ALPA e ALINE.

1.1 - ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

A sede do município de Marabá apresenta a maior concentração urbana no domínio deste projeto (Tabela 1.1), e está localizada a cerca de 545 km de Belém. Desde a sua fundação, Marabá é um polo de desenvolvimento na região sudeste do estado do Pará, mas o caráter da economia local mudou significativamente ao longo do tempo. A cidade se estabeleceu inicialmente como entreposto comercial, depois se transformou em centro das atividades agropecuárias naquela região, e mais recentemente também é um polo urbano para as atividades industriais impulsionadas pela cadeia produtiva da mineração.

Historicamente, o crescimento econômico observado na cidade de Marabá e no seu entorno evoluiu a partir do extrativismo vegetal (látex da borracha e castanha do Pará), agropecuária, para depois adentrar no campo do extrativismo mineral (mineração de ferro, cobre, ouro/minas e ouro/garimpo), prosseguindo a com a implantação de um polo siderúrgico a partir da década de 90. Ao longo destas fases de crescimento, Marabá experimentou uma extensa imigração de pessoas que buscam oportunidades de trabalho, o que resultou na aceleração da construção civil na região, e conseqüente aumento substancial na demanda de insumos utilizados.

Os índices socioeconômicos do município de Marabá e dos demais municípios envolvidos na cadeia produtiva de bens minerais utilizados na construção civil da região em foco estão expostos na Tabela 1.1. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) de Marabá é considerado médio pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), sendo seu valor de 0,714. Considerando apenas a educação, o valor do índice é de 0,826, enquanto o do Brasil é 0,849. O índice da longevidade é de 0,668 (o brasileiro é 0,638) e o de renda é de 0,647 (o do Brasil é 0,723). Marabá possui a maioria dos indicadores abaixo da mé-



Convenções Cartográficas

- Área de trabalho**
- SB.22-X-D-I
 - SB.22-X-D-IV
 - SB.22-Z-B-I
- Cidades
- ++ Ferrovia
- Rodovia não pavimentada
- Rodovia pavimentada
- Sem Informação
- ~ Curso d'água

Municípios

- ÁGUA AZUL DO NORTE
- BOM JESUS DO TOCANTINS
- CANAÃ DOS CARAJÁS
- CURIONÓPOLIS
- ELDORADO DOS CARAJÁS
- ITUPIRANGA
- MARABÁ
- NOVA IPIXUNA
- PARAUPEBAS
- PIÇARRA
- SÃO DOMINGOS DO ARAGUAIA
- SÃO GERALDO DO ARAGUAIA
- SÃO JOÃO DO ARAGUAIA
- SAPUCAIA
- XINGUARA

Figura 1.1- Localização da área de trabalho e divisão municipal da região.

dia segundo o PNUD. A renda *per capita* é de R\$ 15.427,00, a taxa de alfabetização é 93,93% e a expectativa de vida é de 70,13 anos.

No entanto, a cidade de Marabá se constitui no principal polo socioeconômico e logístico da região sudeste do estado do Pará. Sua posição geográfica privilegiada apresenta no sistema viário as rodovias BR-230 (Transamazônica) ligando-a com

Repartimento, Tucuruí e Altamira; a BR-155 (antiga PA-150), interligando-a com Eldorado dos Carajás, Xinguara e Redenção; e a BR-222 que liga Marabá a BR-010 (Belém-Brasília). A implantação futura da Hidrovia Araguaia-Tocantins e da Plataforma Logística Multimodal de Marabá, e a integração do Porto de Marabá com o sistema ferroviário (Estrada de Ferro Carajás e Norte-Sul) e o sistema rodoviário, possibili-

tará o escoamento dos produtos do agronegócio da região sudeste do estado e do centro-oeste do Brasil para portos do norte do Pará (Barcarena e Belém) a custos menores, o que deverá alavancar a economia da região, propiciando a Marabá e regiões adjacentes um grande crescimento socioeconômico.

O município de Eldorado dos Carajás, localizado na Mesorregião do Sudeste Paraense e na Microrregião de Parauapebas, teve sua área desmembrada do município de Curionópolis, pela lei estadual nº 5.687, de 13 de dezembro de 1991. Possui uma área territorial de 2.956,708 km² e uma população estimada em 32.115 (IBGE, 2012), o que lhe confere uma densidade demográfica de 10,86 habitantes/km².

Os municípios de Marabá e Eldorado dos Carajás se destacam como os principais fornecedores de cerâmica vermelha e de agregados aplicados na construção civil na Mesorregião do Sudeste Paraense. A atividade ceramista de Marabá teve início nos idos do ano 1978 com olarias artesanais, e evoluiu a partir das décadas de 80 e 90 com o aparecimento das primeiras indústrias ceramistas. Atualmente

o polo ceramista possui 16 indústrias de pequeno a grande porte. Eldorado dos Carajás, após sua fundação em 1991, desenvolveu sua indústria ceramista, e em 2013 já somava 13 indústrias de pequeno a médio porte, e um segmento oleiro que subsiste oficialmente desde 1997, com 45 associados independentes. Na totalidade os dois polos cerâmicos perfazem 29 indústrias e chegam a produzir uma quantidade superior a 15.000.000 de peças cerâmicas por mês.

A indústria ceramista utiliza como insumo a argila aluvionar, cuja exploração é realizada através do regime de licenciamento com outorga da licença ambiental obtida junto a Secretaria de Meio Ambiente de Marabá (SEMMA), visando assegurar os princípios estabelecidos pela legislação ambiental vigente. As lavras são realizadas de forma artesanal e mecanizada nas cerâmicas de pequeno a médio porte, que utilizam técnicas herdadas pela tradição familiar ceramista da região ou mesmo importada de outras regiões. A lavra não é acompanhada pelo estudo geológico dos depósitos, nem por técnicas de engenharia. Resulta destes fatos a presença de

um grande passivo ambiental, devido à abertura de cavas aleatoriamente, com inúmeros lagos que impedem o escoamento nas planícies fluviais, em áreas muito próximas aos distritos de Nova Marabá e Cidade Nova (Marabá), Itupiranga e Eldorado dos Carajás.

O setor de agregados de Marabá é centralizado na obtenção de matérias primas (areia e seixos) extraídas, principalmente, no leito do rio Tocantins e, secundariamente, do leito do rio Itacaiúnas. Possui uma indústria concreteira que absorve a maior parte desta produção para fabricação de concreto, enquanto que na região de Eldorado dos Carajás, a extração de agregados no leito

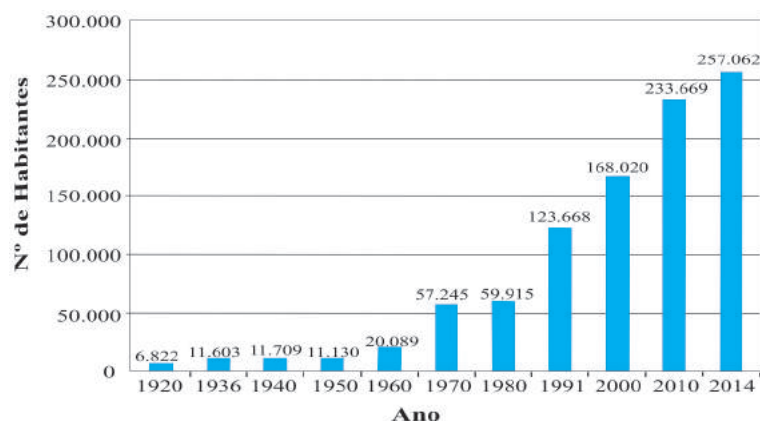


Figura 1.2 - Evolução demográfica do município de Marabá no período 1913-2014. Montarroyos (2013).

Tabela 1.1 - Índices socioeconômicos de municípios da Mesorregião Sudeste Paraense (IBGE, 2012).

| Microrregião | Município | Área (Km ²) | População | Densidade Populacional (hab/Km ²) | IDH-PNUD | PIB (R\$) | PIB per capita (R\$) (IDESP/2012) |
|--------------|------------------------|-------------------------|-----------|---|----------|---------------|-----------------------------------|
| Marabá | Marabá | 15.092,27 | 243.583 | 16,14 | 0,714 | 3.601,65 | 15.427,00 |
| | São João do Araguaia | 1.280,01 | 13.293 | 10,39 | 0,582 | 49.877,67 | 3.793,25 |
| Parauapebas | Eldorado dos Carajás | 2.956,71 | 32.115 | 10,86 | 0,660 | 199.883,50 | 6.296,83 |
| | Itupiranga | 7.879,99 | 51.457 | 6,53 | 0,619 | 217.920,63 | 4.251,43 |
| | Curionópolis | 2.289,00 | 18.108 | 7,64 | 0,682 | 104.120,00 | 5.691,19 |
| | Parauapebas | 7.007,74 | 166.342 | 23,74 | 0,740 | 15.918.216,00 | 103.403,99 |
| | Canaã dos Carajás | 3.147,00 | 27.675 | 8,80 | 0,700 | 1.559.968,00 | 58.366,75 |
| Tucuruí | Nova Ipixuna | 1.600,37 | 15.065 | 941,00 | 0,660 | 62.146,00 | 4.243,50 |
| Paragominas | Bom Jesus do Tocantins | 2.816,42 | 15.629 | 5,55 | 0,618 | 81.136.568,00 | 5.321,81 |

do rio Vermelho (areia e seixo) é pouco expressiva, não existindo indústria associada a esta atividade. No entanto, neste município uma indústria de brita está instalada na região desde 1988. Atualmente opera com duas plantas de britagem e seus produtos de britagem abastecem a indústria concreteira, assim como o sub-produto pó de brita é utilizado em usina de asfalto.

O Ministério de Minas e Energia através da Portaria nº 249, de 28 de outubro de 2004, considerando serem estes insumos essenciais para a construção da infraestrutura e de habitações, a falta de conhecimento detalhado dos seus jazimentos, a ausência de políticas públicas que garantam o abastecimento futuro das populações urbanas, a inexistência de ordenamento territorial, sobretudo nas regiões metropolitanas, que tem comprometido o aproveitamento de importantes jazidas, e que cabe ao poder público criar mecanismos que garantam o suprimento desses insumos minerais vitais ao crescimento econômico e à melhoria da qualidade de vida da população, elaborou o Plano Nacional de Agregados Minerais para Construção Civil-PNACC, com o objetivo de definir políticas públicas para o setor.

Cumprindo o seu papel institucional de promover o conhecimento dos bens minerais do país, a CPRM criou em 2004 o subprograma Minerais e Rochas para Construção Civil, dentro do programa Geologia do Brasil, que vem realizando estudos em diversas regiões metropolitanas. Dentro do objetivo deste subprograma, a CPRM, através da sua Superintendência de Belém, executou este projeto.

1.2 - JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

O crescimento socioeconômico nos distritos da cidade de Marabá (Marabá Pioneira, Cidade Nova, Nova Marabá, São Felix e Distrito Industrial I e II), e a crescente necessidade de insumos para construção civil, resultaram em um processo de desorganização na exploração dos depósitos, uma vez que esta ocorre sem acompanhamento técnico, principalmente nas adjacências das cidades de Marabá e Eldorado dos Carajás, resultando num passivo ambiental de grandes proporções. É preocupante a falta de ordenamento nas áreas de lavras, especialmente a que supre a indústria cerâmica, a falta de controle de qualidade de produtos cerâmicos, assim como a falta de estudo de cenário futuro para o setor mineral da região relativo aos insumos utilizados em construção civil.

Este projeto objetivou a caracterização das matérias primas (areia, seixo, brita, argila) utilizadas no setor da construção civil na região de Marabá e Eldorado dos Carajás, e o diagnóstico técnico da atividade mineira, com avaliação das questões legais, ambientais e socioeconômicas envolvidas, visando fornecer subsídios aos mineradores e gestores públicos para o ordenamento desta importante atividade econômica na região.

1.3 - ATIVIDADES E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste projeto teve como base as especificações técnicas estabelecidas no Manual Técnico do Departamento de Geologia (DEGEO) e do Roteiro para Elaboração de Informes de Recursos Minerais-Série Rochas e Minerais Industriais, elaborado pelo DEREM-Departamento de Recursos Minerais e DIMINI-Divisão de Minerais e Rochas Industriais da CPRM. As principais atividades relacionadas às diferentes etapas do projeto são descritas abaixo.

Levantamento de fontes de informações

- As principais fontes de informações geológicas utilizadas referem-se principalmente aos projetos de mapeamento geológico e pesquisa mineral desenvolvidos na década de 1990, dentre os quais destacam-se o Projeto Marabá - Folha SB.22-X-D, na escala 1:250.000 (ALMEIDA; MARINHO; MARTINS, 1995), Mapa Geológico da Folha Tucuruí - SA.22-Z-C (MACAMBIRA; RICCI, 2012); Mapa Geológico da Folha Serra Pelada - SB.22-X-C-VI (TAVARES; SILVA, 2013), além do Projeto Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará (VASQUEZ; ROSA-COSTA, 2008). Trabalhos acadêmicos e técnico-científicos também serviram como fonte de consulta para este projeto.

Trabalhos de campo - Neste projeto foram realizadas seis etapas de campo abrangendo as folhas SB.22-X-D-I, SB.22-X-D-IV e SB.22-Z-B-I, quando foram feitos levantamentos geológicos ao longo das principais estradas e em trechos dos rios Tocantins e Itacaiúnas, e nas frentes de lavra de insumos minerais para construção civil, que resultou no estudo de 180 estações geológicas (Figura 1.3) e coleta de amostras para ensaios em laboratório. Adicionalmente, foram realizados nove furos de trado mecanizado em depósitos aluvionares.

Análises laboratoriais - Caracterização de argilas e filitos - Quinze amostras foram selecionadas para estudos laboratoriais, sendo 12 de argila aluvionar, 2 de filito intemperizado e 1 amostra composta por mistura de 70% de argila + 30% de filito, assim como os ensaios realizados. Estes ensaios tiveram o objetivo de identificar as características físicas, físico-químicas e químicas destes insumos visando sua aplicação principalmente na fabricação de tijolos, telhas, artesanato e outros produtos. Os ensaios realizados em filito e na mistura argila-filito objetivaram estudos visando verificar a possibilidade de uso de filito como insumo alternativo na fabricação de produtos cerâmicos.

Os ensaios Análise Térmica Diferencial, Ensaios Preliminares e Fluorescência de Raios-X, foram realizados no Laboratório de Ensaios Cerâmicos (LEC) da Escola Mario Amato/SENAI/SP. Análises por Difração de Raios-X, foram executadas em 5 amostras no laboratório do Instituto de Geociências-IG/UFGA. Duas amostras de argila foram selecionadas para análise por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), em microscópio modelo LS15 da Zeiss, do Laboratório da CPRM - Superintendência Regional

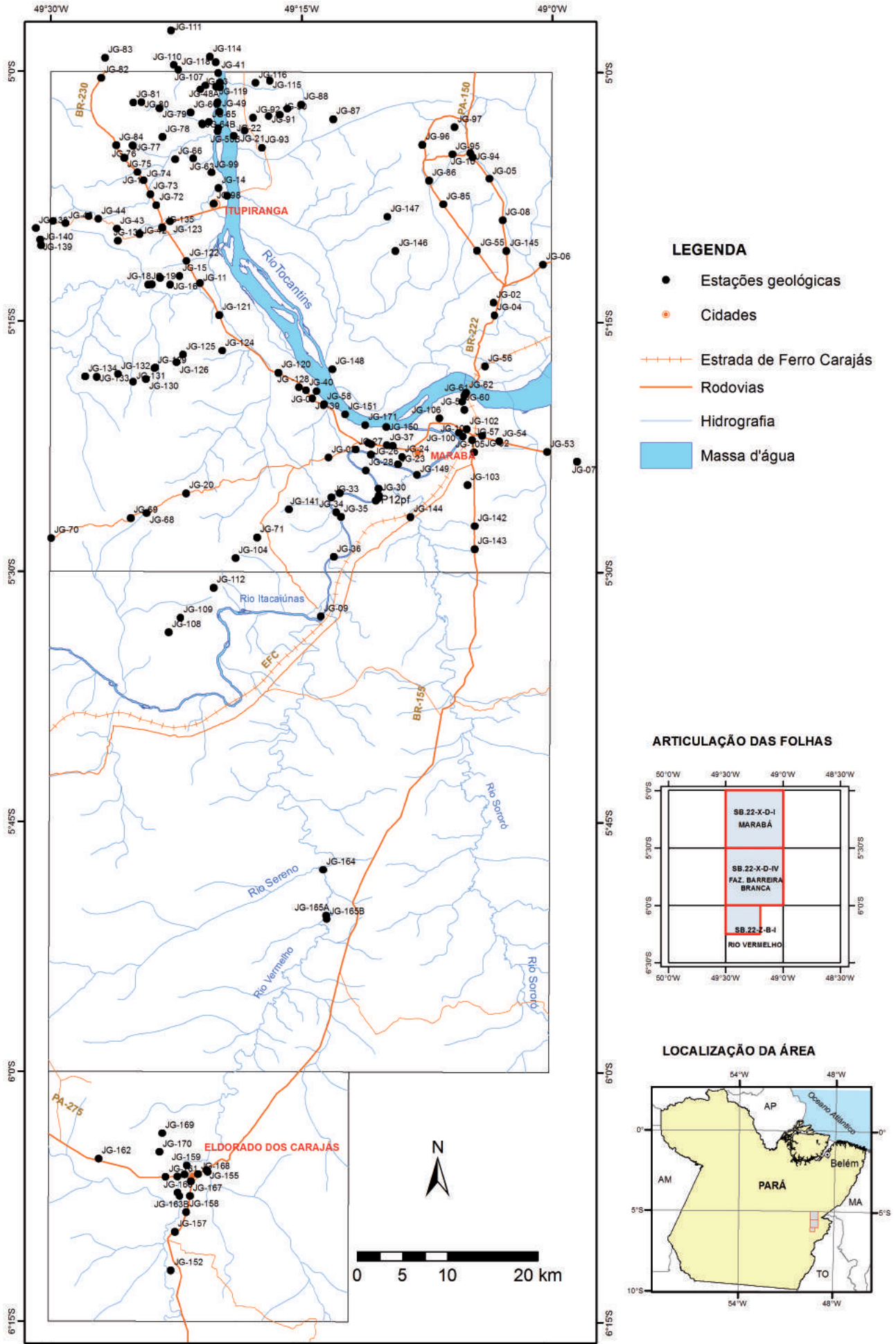


Figura 1.3 – Localização das estações geológicas estudadas na área do projeto.

de Belém. Neste equipamento foram realizadas análises por espectrometria por dispersão de energia de raios X, para avaliação da composição química semi-quantitativa dos materiais, acompanhadas de captura de imagens de elétrons secundários.

Caracterização de agregados (areia e seixos)

- Foram realizados ensaios tecnológicos e análises granulométricas para caracterização em 12 amostras de agregados no Centro de Tecnologia de Obras de Infraestrutura do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), em São Paulo.

Os agregados miúdos (areias) foram analisados ainda por Espectrometria de Fluorescência de Raios-X no laboratório do IPT, e especialmente a amostra JG-02B foi analisada também no laboratório da GEOSOL, para óxidos de elementos maiores, visando diagnóstico para aplicação industrial da areia branca.

Caracterização de rocha - Foi executado no Centro de Tecnologia e Geociências (CTG) da UFPE o estudo de uma amostra de rocha (estação JG-16), visando teste para brita e rocha ornamental e de revestimento.

Elaboração de Bases Cartográficas e Mapas Temáticos - As bases cartográficas das folhas 1:100.000 que integram a área de estudo foram atualizadas no programa *ArcMap* versão 10, utilizando a projeção geográfica e o *datum* de referência WGS 84. Neste mesmo programa foram elaborados diversos mapas temáticos, apresentados ao longo deste documento.

Destaca-se que a base geológica foi extraída de Vasquez e Rosa-Costa (2008), sobre a qual foram realizadas algumas modificações e ajustes visando atualização da cartografia geológica com auxílio de dados mais recentes de mapeamentos realizados pela CPRM em áreas contíguas (MACAMBIRA; RICCI, 2012; TAVARES; SILVA, 2013).

2 - CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A área deste projeto, que inclui as folhas cartográficas Marabá/SB.22-X-D-I, Fazenda Barreira Branca/SB.22-X-D-IV e Rio Vermelho/SB.22-Z-B-I (parcial), engloba a extremidade oriental do Cráton Amazônico, e sua zona de articulação com o Cinturão Araguaia (Figura 2.1). Adicionalmente, a porção nordeste da área encerra a extremidade sul da Bacia sedimentar do Grajaú. Com relação ao Cráton Amazônico, a área está posicionada na região de articulação entre as províncias Carajás (Domínio Carajás) e Transamazonas (Domínio Bacajá), de idades arqueana e paleoproterozoica, respectivamente.

No mapa da figura 2.2 é apresentada uma síntese da geologia da área, baseada em Vasquez e Rosa-Costa (2008), incluindo atualizações propostas por Tavares e Silva (2013) e Macambira e Ricci (2012). As descrições das unidades também estão baseadas nestes autores e suas referências.

O Domínio Carajás engloba unidades arqueanas, com idades que variam entre 2,97 e 2,57 Ga (Figura 2.2), e representa a porção norte da Província Carajás, que define o segmento crustal mais antigo do Cráton Amazônico. O Complexo Xingu é a unidade mais antiga do Domínio Carajás na área do projeto, cuja idade é estimada entre 2,97 e 2,86 Ga (AVELAR et al. 1999; MACHADO; KROGH; LINDENMAYER, 1991). É constituído por ortognaisses e migmatitos associados, fortemente bimodais, além de granitoides deformados, e configura o embasamento mesoarqueano de sequências metavulcanosedimentares e granitoides neoarqueanos do Domínio Carajás. Uma importante exposição de rochas do Complexo Xingu ocorre na área deste projeto, em uma pedreira de extração de brita no município de Eldorado dos Carajás (Figura 2.3A). Nesta observam-se ortognaisses cinza, com bandamento composicional, apresentando frequentemente leitos tabulares contínuos ou enclaves anfibolíticos (Figura 2.3 B e C). Evidências de migmatização são frequentes em vários pontos da pedreira, na forma de neossomas quartzo-feldspáticos que ocorrem como leitos concordantes ao bandamento, ou como veios e bolsões discordantes. São comuns também veios e diques graníticos recortando todo o conjunto (Figura 2.3 D).

As sequências metavulcanosedimentares do Domínio Carajás que ocorrem na área de trabalho são os grupos Rio Novo (Formação Curionópolis) e Vila União (Formação Buritirama). A Formação Curionópolis engloba xistos ultramáficos e subordinadamente máficos, intercalados com quartzitos, mica xistos, biotita xistos, paragnaisses e formações ferríferas bandadas, sendo todo o conjunto metamorfizado em fácies xisto verde a anfibolito. A Formação Buritirama é composta por quartzitos micáceos, quart-

zo xistos, xistos aluminosos, por vezes grafitosos, e anfibolitos subordinados, foliados e crenulados, com metamorfismo de fácies xisto verde a anfibolito. O Complexo Máfico-Ultramáfico Luanga, datado em 2,76 Ga (MACHADO; KROGH; LINDENMAYER, 1991), foi classificado por Ferreira Filho et al. (2007) como uma intrusão ígnea acamadada, onde a zona ultramáfica é representada principalmente por dunitos, a zona de transição é constituída por harzburgitos, ortopiroxenitos e noritos, e a zona máfica consiste de uma espessa sequência de gabros, intercalados com ortopiroxenitos e cromititos. A paragênese das rochas indica condições metamórficas de fácies xisto verde. Outra unidade do Domínio Carajás que aflora na área de estudo é o Metagranito Rio Sereno, datado em 2,79 Ga, que denomina um corpo composto por metagranodioritos, além de metatonalitos subordinados, foliados e metamorfizados em fácies xisto verde.

O Domínio Bacajá engloba principalmente unidades paleoproterozoicas, formadas durante Ciclo Orogênico Transamazônico, contendo ainda fragmentos arqueanos retrabalhados. Na área de estudo este domínio tectônico é representado pelo Complexo Vila Santa Fé e Suíte Intrusiva Arapari, sendo aquele composto por uma associação de ortognaisses tonalíticos a granodioríticos granulitizados, com lentes de granulitos máficos, fortemente deformados e reequilibrados sob condições de fácies anfibolito, com idades de metamorfismo entre 2,1 e 2,06 Ga. A Suíte Intrusiva Arapari inclui charnockitos, charnoenderbitos e mesopertita-granitos, com idades entre 2,09 e 2,08 Ga.

Neste trabalho, a partir da interpretação de imagens aerogeofísicas (radiométricas), dados de campo e petrográficos, foi cartografado o Granito Mumui (toponímia herdada do Projeto de Assentamento Mumui - INCRA), no contexto do Domínio Bacajá. É representado por um plúton localizado na porção noroeste da área do projeto, aparentemente intrusivo no Complexo Vila Santa Fé, que aflora na forma de lajedos e matacões, compostos por granitos de granulação média, coloração esbranquiçada, onde se destacam pontuações amarronzadas de granada (Figura 2.4 A e B). Apresentam deformação, evidenciada em mesoescala pela orientação mineral, mas sem definir claramente uma estrutura penetrativa. Petrograficamente, as amostras estudadas foram classificadas como leucossienogranitos. Sob o microscópio observa-se uma textura protomilonítica, definida por pórfiros de feldspato alcalino e granada, em matriz quartzo feldspática fortemente recristalizada, onde se destacam localmente cristais maiores e estirados de quartzo (Figura 2.4 C).

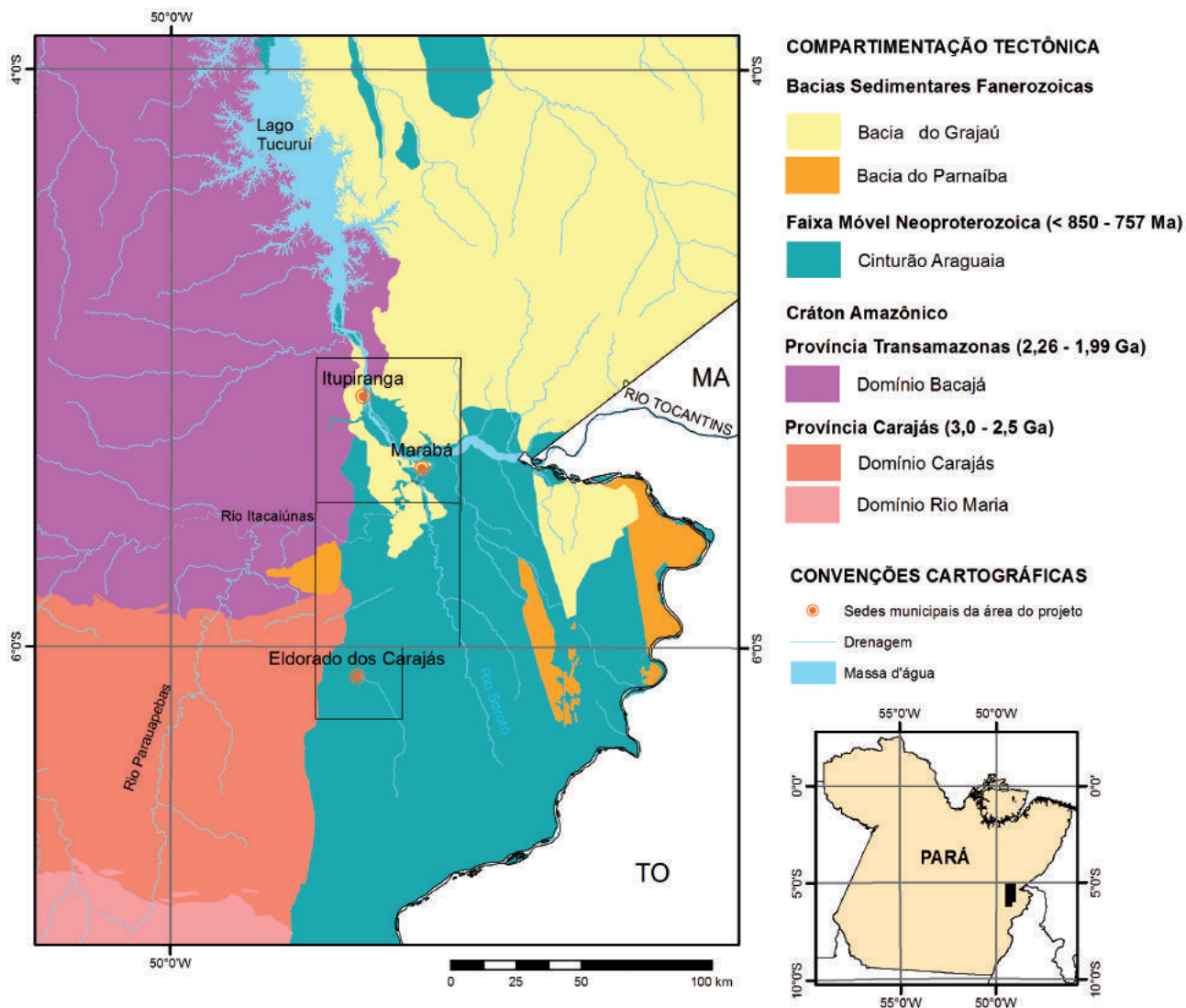


Figura 2.1 – Contexto tectônico da área do projeto. Baseado em Santos (2003) e Vasquez e Rosa-Costa (2008).

Ainda no Domínio Bacajá, na porção noroeste na área, foram registradas ocorrências de arenitos arcosianos com estratificação cruzada, caulínicos, apresentando níveis conglomeráticos, que são aqui interpretados como remanescentes da Formação Gorotire, de idade paleoproterozoica. Aparentemente estão sobrepostos ao Complexo Vila Santa Fé e ocorrem como testemunhos em níveis topográficos mais elevados, não cartografáveis na escala adotada do mapa geológico.

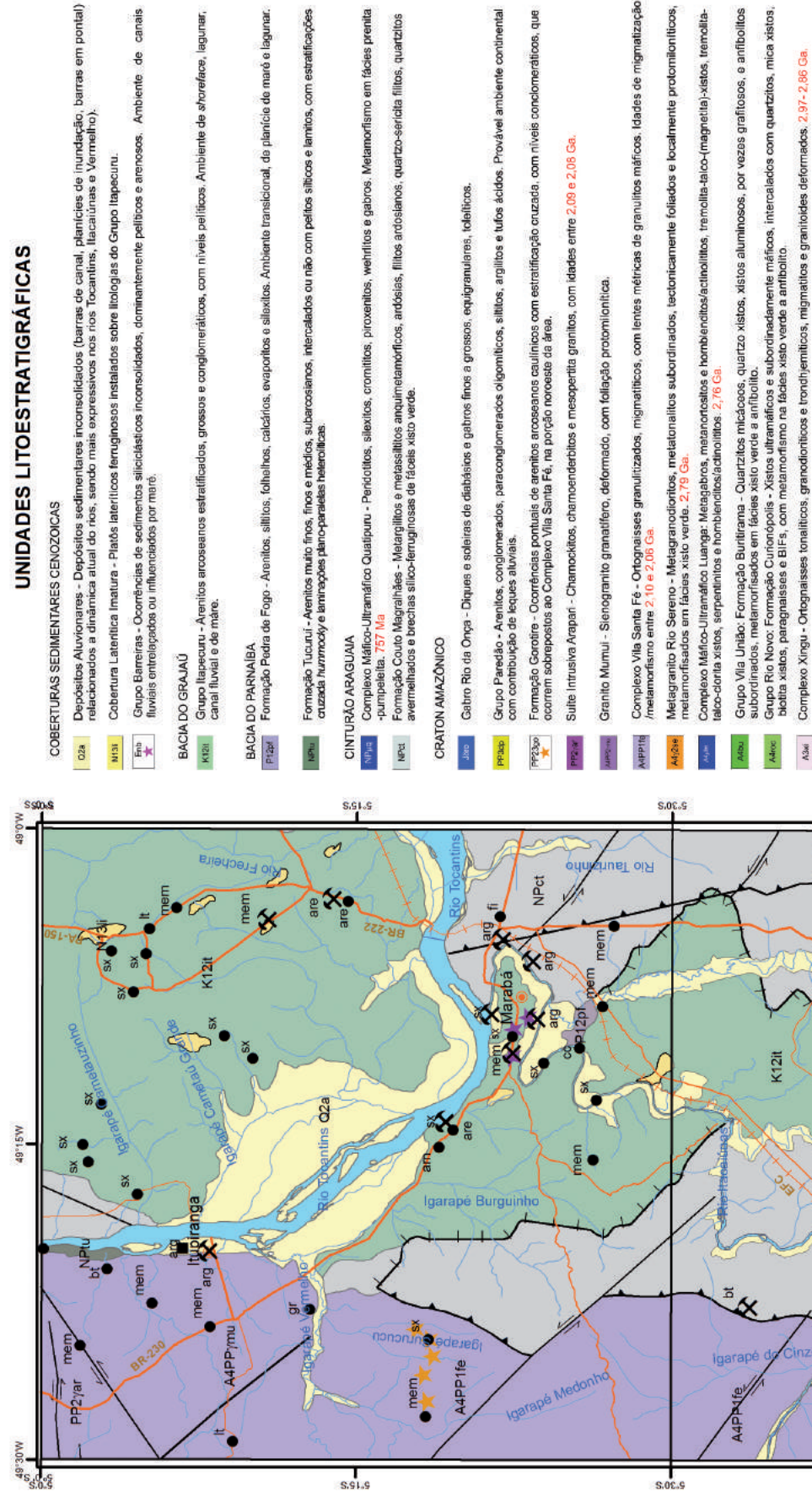
Finalmente, no limite entre os domínios Carajás e Bacajá ocorre o Grupo Paredão, que representa principalmente uma sedimentação clástica continental de ambiente de leques aluviais, que hospeda diques e soleiras de diabásios e gabros da unidade Gabro Rio da Onça, que tem idade jurássica estimada.

O Cinturão Araguaia, que ocorre na porção oriental da área de estudo, representa uma faixa móvel consolidada durante o Ciclo Brasileiro. As unidades deste domínio tectônico que afloram na área do projeto são a Formação Couto Magalhães e o Complexo Máfico-Ultramáfico Quatipuru. A Formação Couto Magalhães é constituída por um conjunto de rochas metassedimentares de baixo grau metamórfico (anquimetamorfismo a xisto-verde),

que inclui metargilitos e metassiltitos, ardósias, filitos e quartzitos. Esta formação na área de trabalho hospeda um corpo da unidade Complexo Máfico-Ultramáfico Quatipuru, interpretada como um complexo ofiolítico, com idade em torno de 757 Ma, que inclui serpentinitos, diques básicos, cromititos e silixitos, com metamorfismo na fácies prenitá-pumpeleíta.

Com relação às unidades sedimentares fanerozoicas, na porção extremo norte da área aflora a Formação Tucuruí, que, na concepção de Macambira e Ricci (2012), tem idade cambriana e é composta por rochas sedimentares clásticas, com faciologia marinha de costa afora e/ou *offshore transition*. Na porção norte da área afloram extensivamente rochas sedimentares siliciclásticas (arenitos com matriz caulínica intercalados com argilito avermelhado) de idade cretácica do Grupo Itapecuru, da Bacia do Grajaú. Adicionalmente, na margem direita do Rio Itacaiúnas, logo a jusante de sua foz, no Rio Tocantins, foi registrado um testemunho da Formação Pedra de Fogo, que faz parte da sucessão estratigráfica da Bacia Paleozoica do Parnaíba, que inclui siltitos com lentes de rochas carbonáticas, e mais raramente de conglomerados.

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



UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

COBERTURAS SEDIMENTARES CENOZOICAS

- Q2a** Depósitos Aluvionares - Depósitos sedimentares inconsolidados (barras de canal, planícies de inundação, barras em pontal) relacionados à dinâmica atual do rio, sendo mais expressivos nos rios Tocantins, Itacaiunas e Vermelho).
- M33** Cobertura Latéctica Imatura - Plátos lateríticos ferruginosos instalados sobre litologias do Grupo Itapacuru.
- Fluv** Grupo Barreras - Ocorrências de sedimentos siliciclásticos inconsolidados, predominantemente pelíticos e arenosos. Ambiente de canais fluviais entrelaçados ou influenciados por maré.

BACIA DO GRAJAU

- K101** Grupo Itapacuru - Arenitos arenosos estratificados, grossos e conglomeráticos, com níveis pelíticos. Ambiente de shoreface, lagunar, canal fluvial e de maré.
- FR2a** Formação Pedra de Fogo - Arenitos, silícios, folhelhos, calcários, evaporitos e silvitos. Ambiente transicional, de planície de maré e lagunar.

CINTURÃO ARAGUAIA

- NPct** Formação Tucuruí - Arenitos muito finos, finos e médios, subarcosianos, intercalados ou não com pelitos silícios e lamitos, com estratificações cruzadas hummocky e laminações plano-paraedais heterolíticas.
- NPct** Formação Couto Magalhães - Metagilitos e metassiltos argilomargosíferos, andosíes, filitos ardosianos, quartzo-seridita filitos, quartzitos avermelhados e brechas silico-ferruginosas de fácies xisto verde.

CRATON AMAZÔNICO

- Jão** Gabro Rio de Onça - Diques e sealerias de diabásios e gabros finos a grossos, equigranulares, idelíticos.
- PP3a** Grupo Paredão - Arenitos, conglomerados, paraconglomerados oligomíticos, silícios, argilosos e tufo ácidos. Provável ambiente continental com contribuição de leques aluviais.
- PP23a** Formação Garolês - Ocorrências pontuais de arenitos arcossenos caulinos com estratificação cruzada, com níveis condomeríticos, que contém sobrepósitos ao Complexo Vila Santa Fé, na porção noroeste de área.
- PP24** Sulto Intrusivo Arapari - Chamoendebitos e mesoperdita granitos, com idades entre 2,09 e 2,08 Ga.
- Jão** Grenito Mumul - Sienogranito granatífero, deformado, com foliação protomictítica.
- APP10** Complexo Vila Santa Fé - Ortognaisses granulizados, migmatíticos, com lentes métricas de granulitos máficos. Idades de migmatização metamórfica entre 2,10 e 2,06 Ga.
- A42a** Metagranito Rio Sereno - Metagranodioritos, metalonitais subordinados, tectonicamente foliados e localmente protomictíticos, metamorfizados em fácies xisto verde. 2,79 Ga.
- A43a** Complexo Máfico-Ultramáfico Luanga: Metagabros, melanoróntos e hornblenditos/actinolíticos, tremolita-xistos, tremolita-lalco-clonita xistos, serpentinitas e hornblenditos/actinolitos. 2,76 Ga.
- A44a** Grupo Vila União: Formação Buritirama - Quartzitos micáceos, quartzo xistos, xistos aluminosos, por vezes grafíticos, e anfibolitos subordinados, metamorfizados em fácies xisto verde a anfibolito.
- A45a** Grupo Rio Novo: Formação Curionópolis - Xistos ultramáficos e subordinadamente máficos, intercalados com quartzitos, mica xistos, biotita xistos, paragneisses e BIFs, com metamorfismo na fácies xisto verde a anfibolito.
- A46a** Complexo Xingú - Ortognaisses tonalíticos, granodioríticos e tonohimáticos, migmatitos e granitoides deformados. 2,97-2,86 Ga.

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- Falha ou zona de cisalhamento
- Falha ou zona de cisalhamento compressional
- Falha ou zona de cisalhamento extensional
- Falha ou zona de cisalhamento transcorrente sinistral
- estrada não pavimentada
- estrada pavimentada
- estrada de Ferro
- Hidrografia

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- cidades
- estrada não pavimentada
- estrada pavimentada
- estrada de Ferro
- Hidrografia

RECURSOS MINERAIS

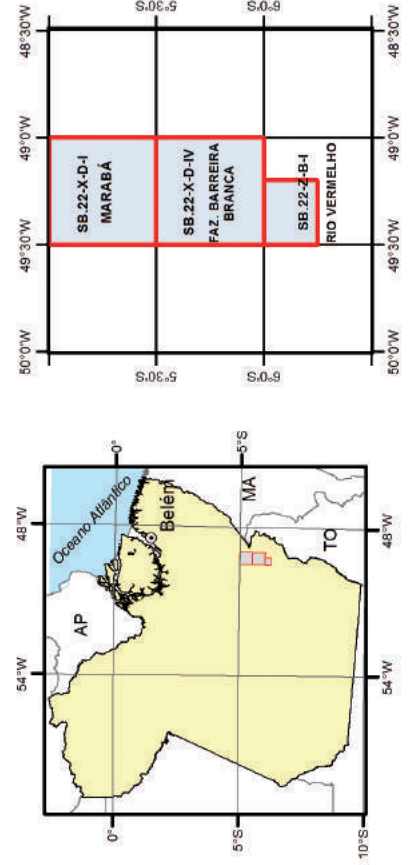
Grau de importância/ Status econômico

- ⊗ Mina ativa
- Depósito
- Ocorrência

Susbstância

- are - Areia
- arn - Arenito Ferruginoso
- arn - Arenito arcossiano
- arg - Argila
- cc - Calcário
- bt - Diabásio
- lt - Laterito
- bt - Migmatito
- mem - Sedimento siliciclástico
- sx - Seixo
- fi - Filito
- gr - Sienogranito

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



ENCARTE TECTÔNICO

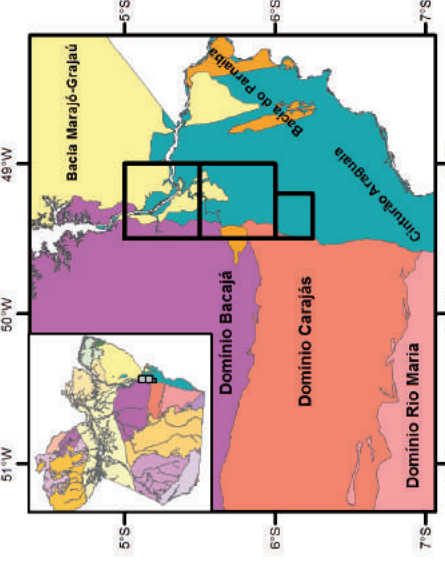


Figura 2.2 – Mapa geológico e de recursos minerais da área de trabalho. Baseado em Vasquez e Rosa-Costa (2008), Tavares e Silva (2013), Macambira e Ricci (2012).

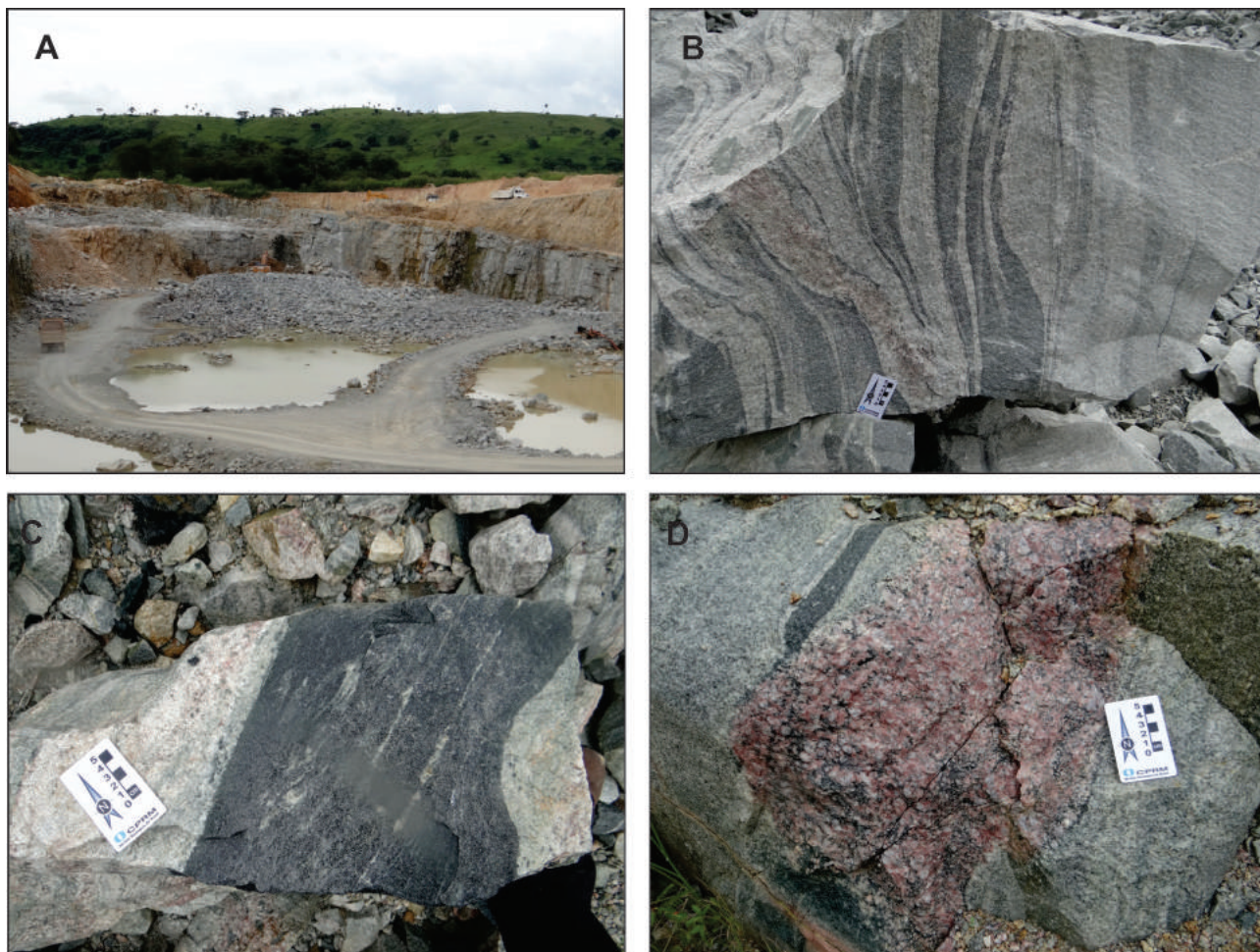


Figura 2.3 – (A) Cava de pedra de brita com boa exposição do Complexo Xingu; (B) Ortogneisse com bandamento composicional proeminente; (C) Enclave anfibolítico (porção escura) em ortogneisse; (D) Veio granítico (porção rosada) cortando ortogneisse.

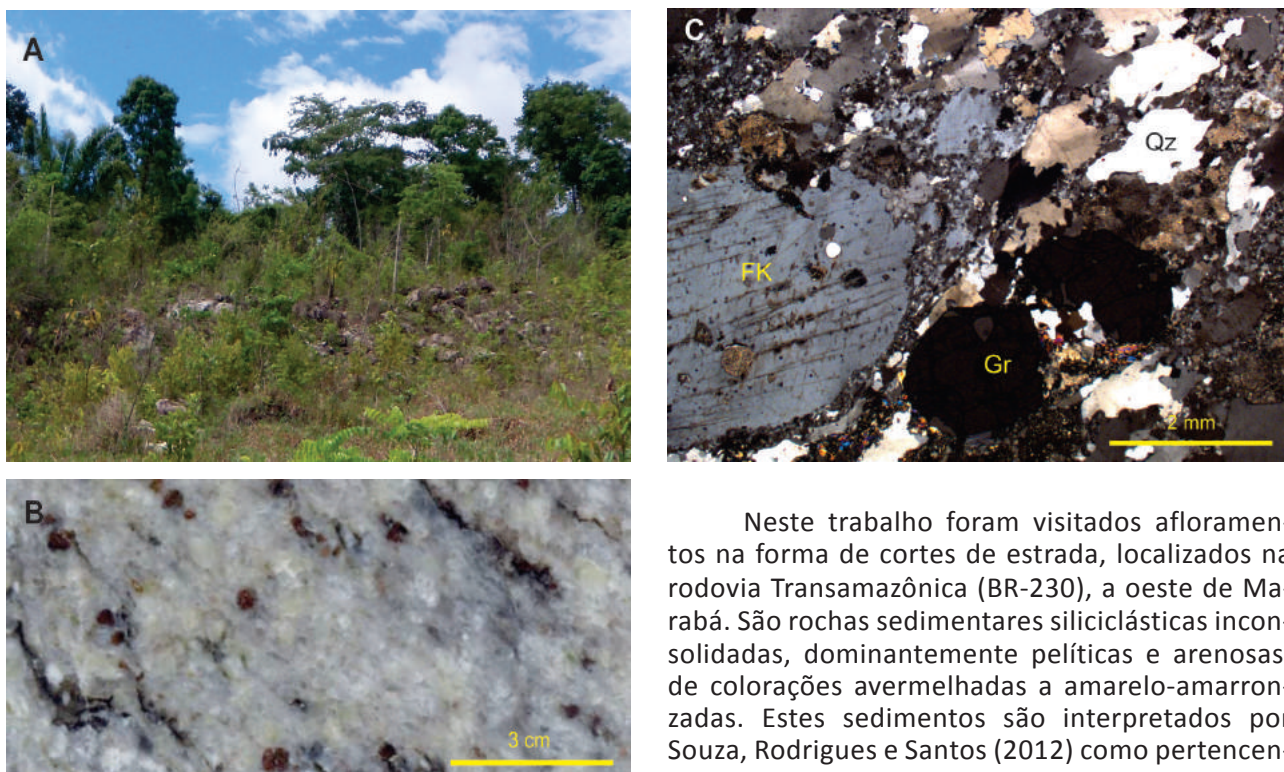


Figura 2.4 – (A) Afloramento e (B) aspecto textural do Granito Mumui. (C) Microtextura protomilonítica, com porfirocristais de feldspato-FK e granada-Gr em matriz recristalizada. Notar cristais de quartzo-Qz estirados.

Neste trabalho foram visitados afloramentos na forma de cortes de estrada, localizados na rodovia Transamazônica (BR-230), a oeste de Marabá. São rochas sedimentares siliciclásticas inconsolidadas, predominantemente pelíticas e arenosas, de colorações avermelhadas a amarelo-amarronzadas. Estes sedimentos são interpretados por Souza, Rodrigues e Santos (2012) como pertencentes ao Grupo Barreiras, de idade oligo-miocênica, e que as estruturas presentes indicam que foram depositados em ambientes de canais fluviais influenciados por maré e canais fluviais entrelaçados. Esta unidade não foi cartografada no mapa

geológico apresentado na figura 2.2, em função da escala regional adotada.

O Cenozoico na área de estudo também está representado por coberturas lateríticas ferruginosas, que ocorrem em platôs instalados sobre rochas do Grupo Itapecuru e da Formação Couto Magalhães, e por depósitos aluvionares relacionados à sedimenta-

ção fluvial recente, sendo especialmente expressivos aqueles associados ao Rio Tocantins e seu principal afluente pela margem esquerda, o Rio Itacaiúnas e seus afluentes Rio Vermelho e Rio Sororó. Estes depósitos aluvionares cenozoicos têm especial importância neste estudo, visto que são importantes fontes de insumos minerais utilizados na construção civil.

3 - INSUMOS MINERAIS

Neste capítulo são discutidas as características físicas e químicas dos insumos minerais na construção civil, utilizados *in natura* ou com processamento simples, na região de Marabá e Eldorado do Carajás, com base em ensaios laboratoriais realizados em amostras coletadas em frentes de lavra e em ocorrências minerais ainda não exploradas. Na figura 3.1 é observada a localização das amostras analisadas, comentadas neste capítulo.

3.1 - AREIA E SEIXO

3.1.1 - Conceitos

Areia, seixo e brita, denominados de agregados, são insumos de ampla utilização na construção civil. A principal aplicação dos agregados é na fabricação de concretos e em argamassas, onde, em conjunto com um aglomerante (pasta de cimento *Portland* + água), constituem um material artificial (compósito) com diversas utilidades em engenharia de construção, cuja principal aplicação é compor elementos estruturais de concreto armado, como lajes, vigas, pilares, sapatas, pisos, etc.

Segundo La Serna et al. (2007), os agregados são os materiais de construção mais utilizados no mundo. Em 16 países europeus é registrado o consumo médio de 511 toneladas/habitante em toda a sua vida, ou de 6-10 toneladas/habitante/ano. Nos EUA a taxa é de oito toneladas/habitante/ano. Quando se reporta ao estado de São Paulo e a Região Metropolitana de São Paulo, para fins de comparação, as taxas são de 3,5 toneladas/habitante/ano e 4,2 toneladas/habitantes/ano, respectivamente (<http://simineral.org.br/mineracao>). No estado do Pará não existem estudos comparativos desta ordem.

Valverde (2002) esclarece que em função da sua aplicabilidade neste setor, o termo “agregados para a construção civil” é também empregado no Brasil para identificar um segmento do setor mineral que produz matéria-prima mineral bruta ou beneficiada de emprego imediato na indústria da construção civil.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT especifica os requisitos exigíveis para recepção e produção dos agregados destinados à produção de concreto, através de normas. A ABNT NBR 9.935:2011 (ABNT, 2011), por exemplo, define o termo agregados como “o material granular pétreo, sem forma ou volume definido, a maioria das vezes quimicamente inerte, obtido por fragmentação natural ou artificial, com dimensões e propriedades adequadas a serem empregados em obras de engenharia”. São classificados em função da origem, massa específica e dimensão dos grãos. Com relação a sua origem podem ser constituídos por fragmentos de seixos rolados, rochas britadas, materiais provenientes de alterações de rocha e areias.

Quanto à Massa Específica Aparente (MEA), os agregados são classificados em leves, normais e pesados. Agregados leves têm MEA $< 1.000 \text{ kg/m}^3$, a exemplo da vermiculita, argila expandida e pedra pome. Os normais têm MEA na faixa entre $1.000 \text{ kg/m}^3 < \text{MEA} < 2.000 \text{ kg/m}^3$, e podem ser citados como exemplo a areia quartzosa, a brita de rocha e seixos rolados. Agregado pesados são aqueles que têm MEA $> 2.000 \text{ kg/m}^3$, como a brita de barita e hematita.

Com relação à granulometria, são considerados agregados miúdos aqueles cujos grãos (95% da massa) passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira de abertura de malha de $150 \mu\text{m}$ ($=0,15 \text{ mm}$), em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248:2003, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1. Para os agregados miúdos a escala granulométrica da ABNT corresponde às seguintes faixas granulométricas adotadas pela escala de Wentworth (1922 apud SUGUIO 1980), muito utilizada em sedimentologia: areia fina (0,250-0,125 mm), areia média (0,50-0,125 mm), areia grossa (1,00-0,50 mm), areia muito grossa (2,00-1,00 mm), grânulo (4,00-2,00 mm), seixo (4-64 mm). A norma ABNT NBR 9935:2011 denomina de pedregulho ou cascalho ao agregado graúdo que pode ser utilizado em concreto tal como encontrado na natureza, sem tratamento que não seja lavagem e seleção (2-60 mm). Segundo a norma ABNT NBR 6502:1995 podem ter a seguinte graduação: Pedregulho fino (2,0 mm $< \phi < 6,00 \text{ mm}$); Pedregulho médio (6,0 mm $< \phi < 20 \text{ mm}$); Pedregulho grosso (20 mm $< \phi < 60 \text{ mm}$), ou genericamente Pedregulho (2,0 mm $< \phi < 60 \text{ mm}$).

Por outro lado, agregado total é o resultado da mistura intencional de agregados graúdos e miúdos, de modo a possibilitar o ajuste da curva granulométrica, em função das características do agregado e do concreto a ser elaborado. A dimensão máxima característica, correspondente a abertura nominal, em milímetros, da malha da peneira da série normal ou intermediária na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa.

O Módulo de Finura (MF) é a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100. Este índice é importante no sentido de ajudar a diagnosticar se o agregado pode ser aplicado na fabricação de concreto ou não, através das seguintes relações: 1) Zona ótima: $2,20 < \text{MF} < 2,90$; 2) Zona Utilizável Inferior: $1,50 < \text{MF} < 2,20$; 3) Zona Utilizável Superior: $2,90 < \text{MF} < 3,50$.

Com base na relação entre sua composição granulométrica e do valor do MF, o agregado pode ser classificado como areia fina, média, ou grossa, conforme os intervalos: 1) Areia grossa: $2,90 < \text{MF} < 3,50$; 2) Areia média: $2,20 < \text{MF} < 2,90$; 3) Areia fina: $1,55 < \text{MF} < 2,20$.

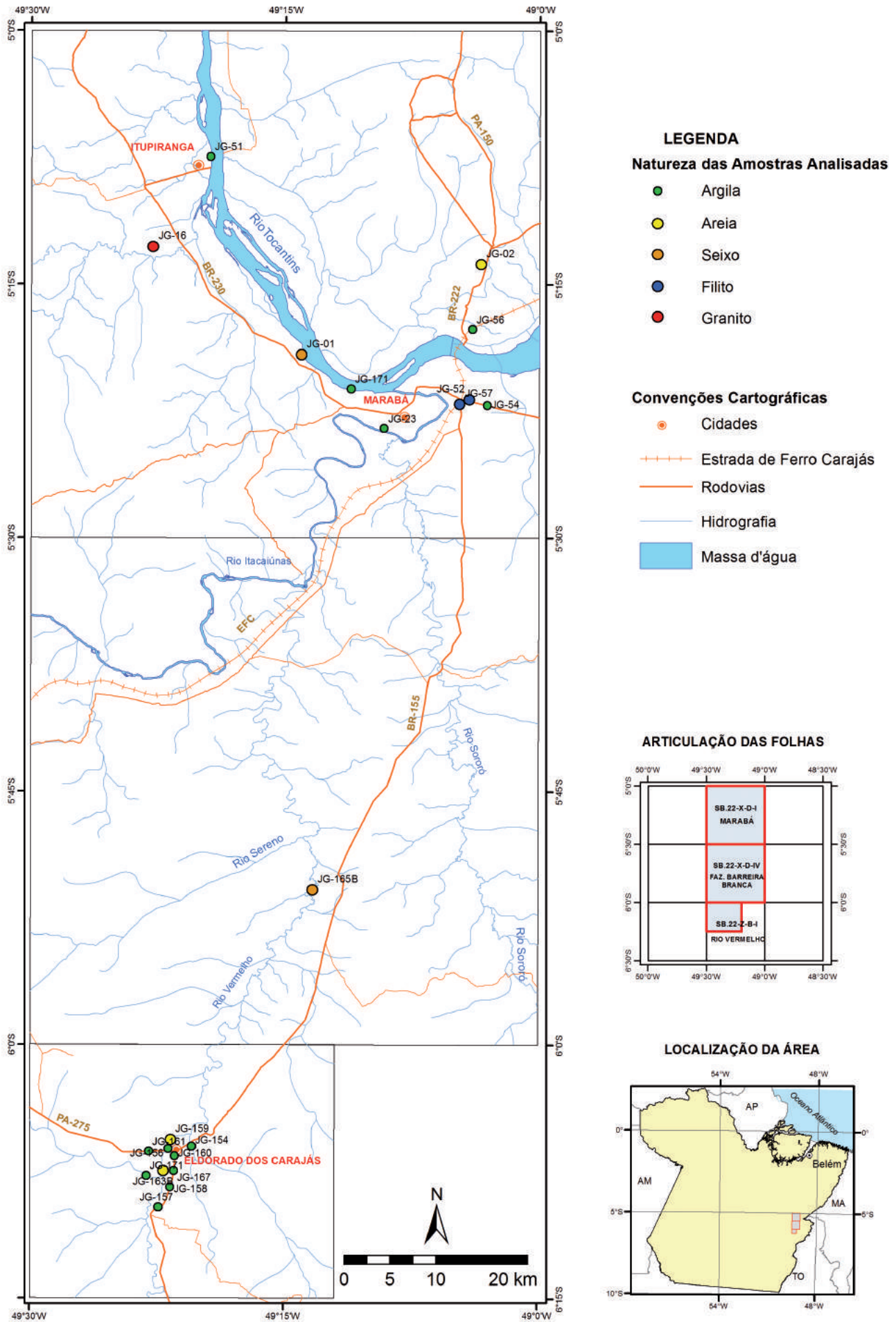


Figura 3.1 – Localização das amostras analisadas.

Quanto se trata de produtos de britagem, além do termo brita, são utilizados os conceitos: 1) *Filler* - Material granular que passa na peneira com abertura de malha de classificação de 0,150 mm; 2) Material pulverulento - São partículas minerais com dimensões inferiores a 0,075 mm, inclusive os materiais solúveis em água, presentes nos agregados.

3.1.2 - Aplicações

A relevância dos agregados para a sociedade se deve ao fato de estarem diretamente ligados ao bem estar e à qualidade de vida da população, tendo em vista que são utilizados em construções de moradias, saneamento básico, pavimentação de vias públicas, construção de rodovias, ferrovias, hidrovias, portos, aeroportos, viadutos, *shopping centers*, etc. Esta relevância apresenta-se como um dos mais importantes indicadores de qualidade de vida da sociedade atual. Neste contexto, os países da Comunidade Europeia, o Japão e os Estados Unidos, apresentam um consumo *per capita* de igual a até seis vezes superiores ao do Brasil (ALMEIDA; LUZ, 2009).

O agregado é utilizado no preparo de concretos hidráulicos (areia, cimento e brita), de concreto betuminoso ou asfáltico (areia, betume e brita), no preparo de argamassas (areia, cimento e argila) para assentamento de paredes e revestimento de paredes e pisos, na permeabilização de pátios e pisos, no preparo de argamassas prontas para revestimentos cerâmicos, no calçamento e pavimentação de ruas, entre outros usos.

Davis; Tepordei (1985; FERREIRA, 1997; BGS, 2004 apud LUZ; LINS, 2005; 2008) destacam outras aplicações do uso da areia, por exemplo, além do uso da construção civil. Os termos areia industrial, areia de quartzo, areia quartzosa ou mesmo areia de sílica (*silica sand*) são atribuídos geralmente às areias que apresentam alto teor de sílica (SiO_2), na forma de grãos de quartzo, e que se constituem em materiais extremamente importantes em vários segmentos industriais, tendo na fabricação de vidros e na indústria de fundição seus principais usos. São aplicados também na indústria cerâmica branca, na fabricação de refratários e de cimento, na indústria química, na fabricação de ácidos e de fertilizantes, no faturamento hidráulico para recuperação secundária de petróleo e gás, como carga e extensores em tintas e plásticos, e também em aplicações não industriais como horticultura e locais de lazer.

3.1.3 - Especificações

A ABNT NBR 7.211:2009 (ABNT, 2009) estabelece que os agregados de uso em construção civil devem apresentar as seguintes características essenciais para uso em concreto: “devem ser compostos por grãos de minerais duros, compactos, estáveis, duráveis e limpos, e não devem conter substâncias de natureza e em quantidade que possam afetar a hidratação e o

endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra corrosão, a durabilidade, ou, quando for requerido, o aspecto visual externo do concreto”.

A análise petrográfica visa a identificação e estimativa das fases minerais, texturas e estruturas presentes na amostra, além do seu estado de alteração e da propriedade físico-mecânica da rocha, e deve obedecer a norma ABNT NBR 7.389:2009 (Parte 1 - Agregado miúdo e Parte 2 - Agregado graúdo). Ao ser realizada por profissional capacitado, este exame deve fornecer alguns subsídios necessários para o cumprimento das condições observadas nos requisitos gerais. As técnicas utilizadas para a investigação do agregado, através da análise petrográfica auxiliam na identificação de minerais potencialmente reativos, que resultam na Reação Álcali-Agregado (RAA). A RAA é o processo químico que provém da reação de alguns dos componentes mineralógicos do agregado com hidróxidos alcalinos originários do cimento, água de amassamento e agentes externos, os quais estão dissolvidos na solução dos poros do concreto. Essa reação resulta no surgimento de expansões, com ou sem formação de gel, podendo originar fissuras, aumento de permeabilidade, diminuição da resistência física e química e conseqüente ruptura da estrutura. A avaliação desta reação deve seguir as diretrizes da norma da ABNT NBR 15.577-3:2008 (Parte 1). Nas amostras de agregados estudadas neste informe não foram realizadas ensaios de RAA, no entanto, foram realizadas algumas observações sobre o comportamento reativo de algumas amostras, tomando como base as características do material.

A ABNT NBR 7.211:2009 assinala que a análise granulométrica, determinada segundo a NBR 248:2003, deve apresentar limites e distribuição granulométrica de agregado miúdo, determinada conforme as peneiras de aberturas de malha concordante com a NBR NM ISO 3310-1, de maneira que seja construída sua curva granulométrica e comparada com as curvas padrões que estabelecem os limites da Zona Utilizável e da Zona Ótima, podendo ser realizado ajuste na curva granulométrica, desde que estudos prévios de dosagem comprovem sua aplicabilidade. Os dados empíricos da análise granulométrica padrão especificados na norma da ABNT 7.211:2009 (Tabela 3.1) são lançados para construir as curvas granulométricas que estabelecerão os limites inferiores e superiores das três zonas: Ótima, Utilizável Inferior e Utilizável Superior. O diagnóstico do ensaio de uma amostra é estabelecido através da comparação da sua curva com as zonas padrões citadas.

A norma da ABNT 7.211:2009 chama atenção para a necessidade de avaliar a presença de substâncias nocivas que podem comprometer a qualidade do concreto. A Tabela 3.2 especifica os limites máximos aceitáveis das substâncias nocivas do agregado em relação à massa do material.

A norma da ABNT 7211:2009 estabelece que, de acordo com a quantidade de substâncias nocivas, cabem os seguintes cuidados: a - Quando não for detectada a presença de materiais carbonosos durante a apreciação petrográfica, pode-se prescindir do ensaio

de quantificação dos materiais carbonosos (ASTM C 123); b - Para agregados produzidos a partir de rochas com absorção de água inferior a 1%, determinados conforme a ABNT NBR NM 53, o limite do material fino pode ser alterado de 1% para 2%; c - Para agregado total definido conforme 3.6 (NBR 7.211:2009), o limite da material fino pode ser composto até de 6,5% desde que seja possível comprovar, por apreciação petrográfica (NBR 7389) que os grãos constituintes acima de 150 µm não indicam a presença de finos que interferem nas propriedades do concreto.

3.1.4 - Ensaios tecnológicos de seixos e areias

Na região de estudo os agregados (seixo e areia) são extraídos principalmente do leito dos rios Tocantins, Itacaiúnas e Vermelho, e menos expressivamente de terraços associados a paleodépósitos fluviais. Foram selecionadas para ensaios tecnológicos 12 amostras de

agregados (Tabela 3.3), visando caracterizações de suas propriedades segundo normas da ABNT, no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), em São Paulo.

A caracterização tecnológica destes agregados constitui uma grande contribuição, tendo em vista que com o conhecimento de suas propriedades é possível avaliar se os mesmos têm desempenho adequado ou não para utilização na construção civil.

3.1.4.1 - Resultados para amostras de areia e seixo do leito do Rio Tocantins

Foram selecionadas para ensaios tecnológicos 7 amostras de agregados do leito ativo do Rio Tocantins. A Tabela 3.4 mostra os resultados dos ensaios realizados. A figura 3.2 exhibe o aspecto dos seixos da amostra JG-01A, e a figura 3.3 o aspecto microtextural de lâmina delgada de um seixo representativo da amostra.

Tabela 3.1 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo. (A) Pode haver uma tolerância de até um máximo de 5% em um só dos limites marcados com a letra "a" ou distribuídos em vários deles; (B) Para agregado miúdo resultante de britamento este limite poderá ser 80.

| Abertura de Peneiras | | % em massa retida e acumulada | | | |
|----------------------|------|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| | | Zona 1 | Zona 2 | Zona 3 | Zona 4 |
| Nº | mm | Muito Fina | Fina | Média | Grossa |
| 0 | 6,50 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 6,30 | 0 a 3 | 0 a 7 | 0 a 7 | 0 a 7 |
| 4 | 4,80 | 0 a 5 ^(A) | 0 a 10 | 0 a 11 | 0 a 12 |
| 8 | 2,40 | 0 a 5 ^(A) | 0 a 15 ^(A) | 0 a 25 ^(A) | 5 ^(A) a 40 |
| 18 | 1,20 | 0 a 10 ^(A) | 0 a 25 ^(A) | 10 ^(A) a 45 ^(A) | 30 ^(A) a 70 |
| 30 | 0,60 | 0 a 20 | 21 a 40 | 45 a 65 | 66 a 85 |
| 50 | 0,30 | 50 a 85 ^(A) | 60 ^(A) a 88 ^(A) | 70 ^(A) a 92 ^(A) | 80 ^(A) a 95 |
| 100 | 0,15 | 85 ^(B) a 100 | 90 ^(B) a 100 | 90 ^(B) a 100 | 90 ^(B) a 100 |

Tabela 3.2 – Limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas no agregado em relação à massa do material. Ver observações sobre índices "a", "b" e "c" na norma da ABNT 7211:2009, item 5.2, Tabela 3 (agregados miúdos) e item 6.2, tabela 7 (agregados graúdos).

| Substância | Método de Ensaio | Agregado Miúdo (%) | Agregado Graúdo (%) | |
|--|------------------|---|--|------------------------|
| Torrões de argila e materiais friáveis | ABNT NBR 7218 | Concreto aparente | 3,0 | 1,0 |
| | | Concreto submetido a desgaste superficial | 3,0 | 2,0 |
| | | Outros concretos | 3,0 | 3,0 |
| Materiais carbonosos ^(a) | ASTM C 123 | Concreto aparente | 0,5 | 0,5 |
| | | Concreto não aparente | 1,0 | 1,0 |
| Material Fino que passa através da peneira 75 µm por lavagem (material pulverulento) | ABNT NBR NM 46 | Concreto submetido a desgaste superficial | 3,0 | 1,0 ^(b e c) |
| | | Concreto protegido de desgaste superficial | 5,0 | 1,0 ^(b e c) |
| Impurezas Orgânicas | ABNT NBR NM 49 | | A solução obtida no ensaio deve ser mais clara do que a solução padrão | |
| | ABNT NBR 7221 | Diferença máxima aceitável entre os resultados de resistência à compressão comparativos | 10% | |

Tabela 3.3 – Amostras selecionadas para ensaios tecnológicos.

| Amostras | Localização | Substância | Finalidade |
|----------|--|--------------------------|---|
| JG-01 A | Rio Tocantins/Marabá | Seixo 1 | Análise granulométrica, análise petrográfica, ensaio Los Angeles, índice de forma, forma, MEA, porosidade aparente e absorção d'água. |
| JG-01 B | | Seixo 2 | |
| JG-01 C | | Seixo 0 | |
| JG-01 H | | Seixo/areia | |
| JG-01 D | | Areia grossa | Análise granulométrica, análise petrográfica, teor de material fino. |
| JG-01 E | | Areia média | |
| JG-01 F | | Areia fina | |
| JG-02 B* | | Terraço da BR-222/Marabá | |
| JG-165 B | Terraço do Rio Vermelho/ Eldorado dos Carajás | Seixo | Análise granulométrica, análise petrográfica, ensaio Los Angeles, índice de forma, MEA, porosidade aparente e absorção d'água. |
| JG-163 A | Rio Vermelho/ Eldorado dos Carajás | Seixo | Análise granulométrica, análise petrográfica, teor de material fino. |
| JG-163 B | | Areia | |
| JG-159 | | Areia | |

*Amostra analisada também por fluorescência de raios-X.

Tabela 3.4 – Resumo dos resultados dos ensaios de agregados (seixo e areia) do leito ativo do Rio Tocantins e em depósito de areia de terraço aluvionar da BR-222 (areal do Cunhadinho).

| Amostras | Leito Ativo | | | | | | | Terraço |
|------------------------------|-------------|------------|------------|-------------|---------|---------|---------|---------|
| | JG-01 A | JG-01 B | JG-01 C | JG-01 H | JG-01 D | JG-01 E | JG-01 F | JG-02 B |
| Material | Seixo Nº 1 | Seixo Nº 2 | Seixo Nº 0 | Areia/seixo | Areia | Areia | Areia | Areia |
| Diâmetro máximo (mm) | 19 | 32 | 19 | 9,5 | 4,8 | 1,2 | 1,18 | 0,60 |
| Módulo de finura | 6,59 | 7,51 | 5,87 | 4,40 | 2,69 | 2,20 | 1,87 | 1,15 |
| Classificação granulométrica | 9,5/25 | – | – | – | ZU | – | – | – |
| Principal constituinte | Quartzo | | | | | | | |
| Los Angeles | 37% | 29% | 39% | 28% | – | – | – | – |
| Material < 75 µm | – | – | – | 0,30% | 0,44% | 0,24% | 0,37% | 4,39% |
| Forma média/proporção | Cúbica/86% | Cúbica/84% | Cúbica/85% | Cúbica/85% | – | – | – | – |
| Índice de forma | 2,08 | 2,50 | 2,30 | 2,27 | – | – | – | – |
| Massa específica (Kg/m³) | 2,590 | 2,53 | 2,584 | – | – | – | – | – |
| Porosidade (%) | 2,03 | 4,54 | 2,59 | – | – | – | – | – |
| Absorção de água (%) | 0,82 | 1,88 | 1,03 | – | – | – | – | – |

ZU: Zona Utilizável.



Figura 3.2 - Detalhe de seixos de graduação nº 1 referente à amostra JG-01A.

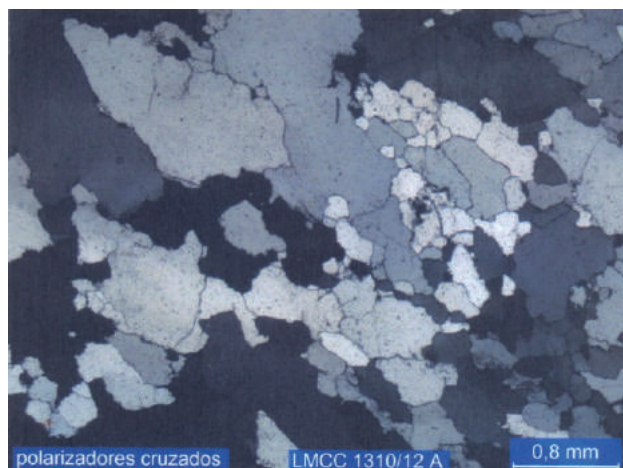


Figura 3.3 – Fotomicrografia de seixo de veio de quartzo, com textura de granoblástica.

A Tabela 3.5 apresenta os resultados das análises granulométricas realizadas em amostras de seixos, e a figura 3.4 exibe as curvas granulométricas relacionadas.

Foram realizados ainda ensaios em três amostras de areia lavada correspondentes às estações JG-01D, JG-01E, JG-01F e JG-01H, do leito do Rio Tocantins. As amostras foram coletadas nas pilhas de areias, após dragagem, tratamento em classificadores e deposição no pátio visando secagem. Os resultados obtidos dos ensaios de agregados realizados são

apresentados na Tabela 3.4 e a figura 3.5, por sua vez, representa as curvas granulométricas resultantes de análises granulométricas das referidas amostras.

De acordo com os ensaios realizados (IPT, 2012), dentre as amostras de areia analisadas apenas a JG-01D atende à norma ABNT NBR 7211:2009, para utilização como agregado. Deve-se ressaltar, no entanto, que as outras não podem ser desprezadas, pois sua curva granulométrica pode ser corrigida através da mistura com outro agregado.

Tabela 3.5- Resultados de análises granulométricas de agregados (seixos) do leito do rio Tocantins.

| Peneira (mm) | Simples % | | | Acumulada % | | |
|--------------|-----------|---------|---------|-------------|---------|---------|
| | JG-01 A | JG-01 B | JG-01 C | JG-01 A | JG-01 B | JG-01 C |
| 32,00 | – | – | – | – | – | – |
| 31,50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25,00 | 0 | 10 | 0 | 0 | 10 | 0 |
| 19,00 | 4 | 45 | 1 | 4 | 55 | 1 |
| 12,50 | 54 | 42 | 27 | 58 | 97 | 28 |
| 9,50 | 23 | 2 | 28 | 81 | 99 | 55 |
| 6,30 | 12 | 1 | 24 | 92 | 99 | 79 |
| 4,75 | 3 | 0 | 9 | 96 | 99 | 88 |
| 2,40 | – | – | – | – | – | – |
| < 4,75/fundo | 4 | 1 | 12 | 100 | 100 | 100 |
| 1,18 | – | – | – | – | – | – |
| 0,60 | – | – | – | – | – | – |
| 0,30 | – | – | – | – | – | – |
| 0,15 | 4 | – | – | – | – | 100 |
| < 0,15 | 0 | – | – | – | – | – |

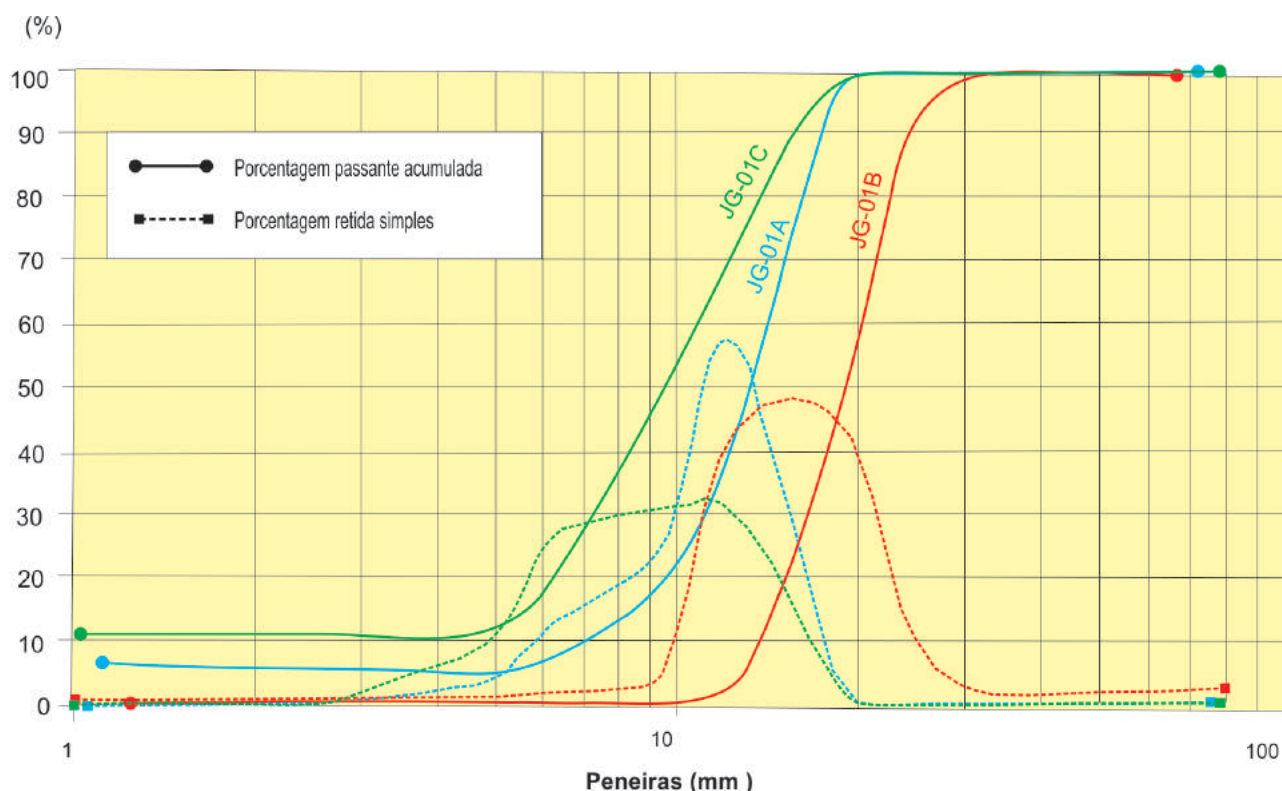


Figura 3.4 – Curvas granulométricas resultantes dos ensaios de agregados graúdos das amostras JG-01A, JG-01B e JG-01C, do leito do Rio Tocantins.

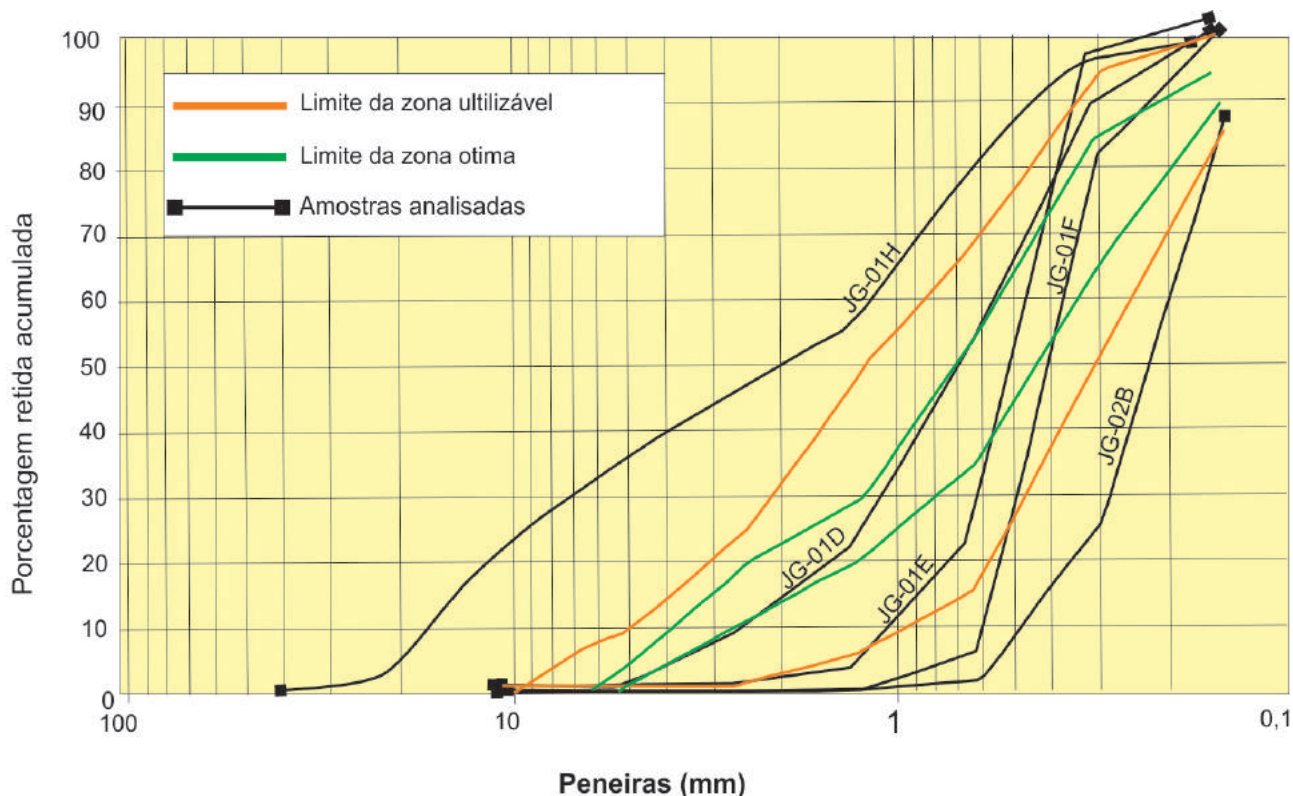


Figura 3.5 – Curvas Granulométricas referentes aos ensaios das amostras de areia do leito do rio Tocantins (JG-01D, JG-01E, JG-01F, JG-01H) e do terraço aluvionar (areal do Cunhadinho, amostra JG-02B).

3.1.4.2 - Resultados para amostra de areia branca de terraço aluvionar

Os depósitos de areia branca, localizados nos Km 10 e 11 da rodovia BR-222, a 2 km a sul do distrito de Nova Morada (Marabá), constitui-se na única jazida explorada no município. A origem deste depósito é aqui interpretada como resultante de processos pedogenéticos de formação de espodosolos, desenvolvidos sobre paleodepósitos fluviais, possivelmente quaternários. Para caracterizar este tipo de depósito foi analisada a amostra JG-02B, coletada no depósito do Cunhadinho. Os resultados analíticos são apresentados na tabela 3.4. A análise granulométrica demonstrou que esta amostra está fora do limite da zona utilizável (Figura 3.4). As areias têm alta esfericidade, com grãos subarredondados. O módulo de finura é de 1,15 e o teor de material fino é de 4,39%.

3.1.4.3 - Resultados para amostras de seixo do leito e terraço do Rio Vermelho

Assim como no Rio Tocantins, na cidade de Marabá, também ocorre lavra de agregados graúdos dos depósitos do leito ativo do Rio Vermelho, a montante da cidade de Eldorado dos Carajás. Para caracterização destes depósitos, foram realizados ensaios em três amostras (JG-159, JG-163A, JG-163B), cujos resultados estão na Tabela 3.6. Foi estudada ainda uma amostra (JG-165B) que representa cascalho quartzoso de um depósito do terraço fluvial do Rio Vermelho, na localidade denominada Sítio Prainha.

Na amostra JG-163A a distribuição granulométrica (NBR NM 248:2003) indicou um módulo de finura igual a 7,25 e dimensão máxima característica de 31,5 mm. O teor de material fino que passa na peneira de 75 μ m por lavagem (NBR NM 46: 2003) foi de 0,72%. O teor de argila em torrões e matérias friáveis (NBR 7218:2010) foi de 4,5%.

A análise petrográfica de dois seixos representativos da amostra indica que um deles é um seixo de veio de quartzo (Figura 3.6), composto por quartzo com textura granoblástica, com cristais de granulação grossa, apresentando fissuramento moderado, com presença de filossilicatos impregnados com hidróxido de ferro. Não foram observadas fases deletéricas. O outro seixo tem uma classificação dúbia, entre quartzito e veio de quartzo, apresenta textura granoblástica inequigranular interlobada a poligonal (Figura 3.7). Além do quartzo dominante, ocorrem opacos.

Na amostra JG-165B (depósito da Prainha) os resultados da distribuição granulométrica, segundo a NBR 248:2003, indicou um módulo de finura igual a 6,47 e dimensão máxima característica de 19 mm. A análise petrográfica de um seixo assinala uma composição constituída próxima de 100% de quartzo, com presença secundária de opacos, hidróxidos de ferro e filossilicatos amarelos. Pode ser caracterizada como um quartzo de veio, com textura granular interlobada. Tem moderado microfissuramento transgranular e intergranular, com provável preenchimento por hidróxidos de ferro. O material é potencialmente inócuo, não sendo detectadas fases deletéricas.

Tabela 3.6 - Resumo dos resultados dos ensaios de agregados realizados em areias e seixos do rio Vermelho, Eldorado dos Carajás.

| Amostra | Leito ativo | | | Terraço |
|------------------------------------|---------------|-----------------|--------------|----------|
| | JG-159 | JG-163 B | JG-163 A | JG-165 B |
| Tipo de material | Areia | | Seixo | |
| Dimensão máxima (mm) | 9,50 | 4,75 | 31,50 | 19 |
| Módulo de finura | 2,97 | 2,47 | 7,25 | 6,47 |
| Classificação granulométrica | ZU | ZU | – | – |
| Principal constituinte | Quartzo (99%) | Quartzo (89,6%) | Quartzo | |
| Material < 75 µm | 2,60% | 0,61% | 0,72% | 0,36% |
| Forma média e proporção | – | – | Cúbica (84%) | NR |
| Índice de forma | – | – | 2,10 | 1,80 |
| Massa específica kg/m ³ | 2,59 | 2,530 | 2,634 | 2,606 |
| Porosidade (%) | NR | NR | 1,11 | 2,22% |
| Absorção de água | NR | NR | 0,42 | 0,87 |
| SiO ₂ (%) | 89,70 | 91,20 | NR | NR |
| Teor de argila-torrões (%) | NR | NR | 4,50% | 0,80 |

NR: Ensaio não realizado. ZU: Zona Utilizável.

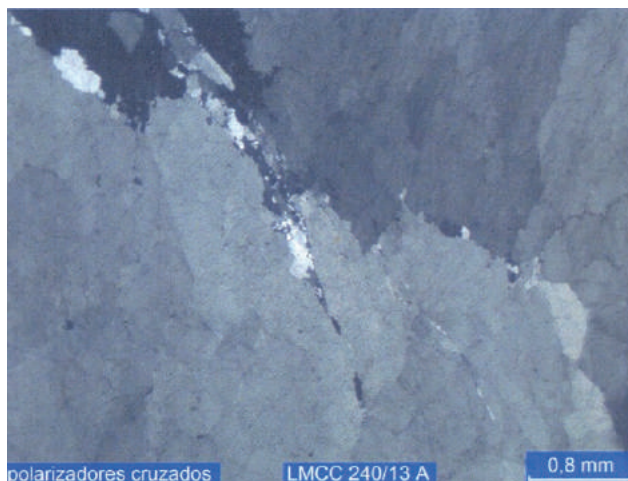


Figura 3.6 - Lâmina de um seixo da amostra JG-163A, mostrando a textura granoblástica e extinção ondulante do quartzo.

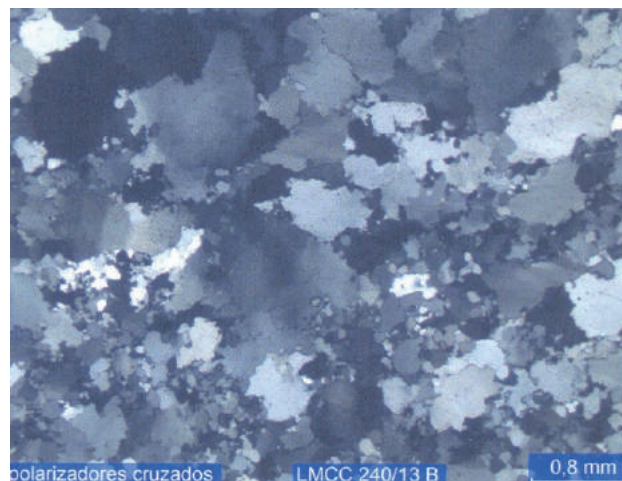


Figura 3.7 - Lâmina de um seixo representativo da amostra JG-163A.

3.1.4.4 - Resultados para amostras de areias do leito do Rio Vermelho

Foram realizados ensaios de agregados para aplicação em concreto (IPT, 2013) em duas amostras de areias (JG-159 e JG-163 B), coletadas de sedimentos clásticos extraídos do leito ativo do rio Vermelho (Tabela 3.6). As amostras JG-159, segundo a ABNT NBR 7.211:2009, está fora dos limites (granulometria muito grossa). Se o acumulado em 4,75 mm fosse inferior a 11 % seria considerada na zona utilizável (Figura 3.8). A amostra JG-163B se encontra dentro na zona utilizável, sendo composta por 89,60% de quartzo. O Módulo de Finura é 2,47, com dimensão máxima característica de 4,75 mm. O teor de material fino que passa na peneira de < 75 µm por lavagem foi de 0,61%.

3.1.5 - Análises químicas por Fluorescência de Raios-X em areias

Somente as amostras de agregados miúdos foram analisadas por este método, tendo sido selecionadas 3 amostras do leito do rio Tocantins (JG-01D, JG-01F, JG-01E), 1 amostra de terraço aluvionar (JG-02B, areal do Cunhadinho) e 2 amostras do leito do rio Vermelho (JG-159, JG-163B). Estas análises foram realizadas com intuito de avaliar a aplicação destas areias para fins industriais, como por exemplo na fabricação de vidros. Os resultados, expressos em %, são expostos na Tabela 3.7.

A Tabela 3.8 reúne os teores especificados por Hermann (1992) como necessários para uso industrial de areia na indústria vidreira.

A correlação dos dados obtidos nas amostras analisadas com os parâmetros de Hermann (1992)

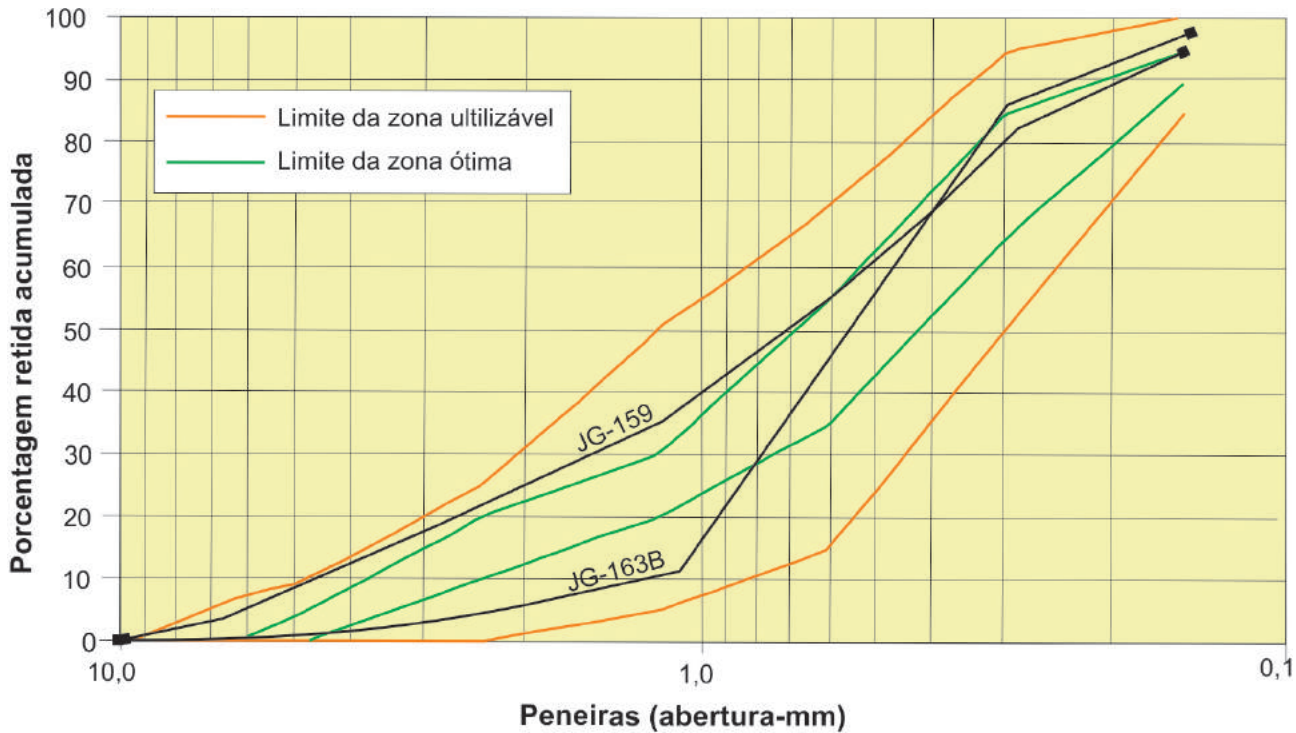


Figura 3.8 - Curvas Granulométricas referentes aos ensaios das amostras de areia JG159 e JG163B, extraídas do leito ativo do rio Vermelho, Eldorado dos Carajás.

Tabela 3.7-Resultados de análises semi-quantitativas de Fluorescência de Raios-X.

| Local | Amostra | PF | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | K ₂ O | CaO | TiO ₂ | Cr ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | ZrO ₂ | MnO |
|--------------------|----------|------|------------------|--------------------------------|------------------|------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|
| Rio Tocantins | JG-01 D | 0,30 | 97,10 | – | 0,21 | 0,05 | 0,41 | 0,09 | 1,77 | 0,03 | 0,02 |
| | JG-01 F | 0,03 | 98,93 | – | 0,11 | 0,02 | 0,04 | 0,09 | 0,03 | – | 0,78 |
| | JG-01 E | 0,01 | 98,94 | – | 0,11 | 0,01 | 0,03 | 0,09 | 0,81 | – | – |
| Terraço/Cunhadinho | JG-01 B | 0,02 | 99,04 | – | – | – | 0,06 | 0,10 | 0,72 | 0,05 | – |
| Rio Vermelho | JG-159 | 1,94 | 89,70 | 4,44 | 0,47 | 1,30 | 0,35 | 0,12 | 1,63 | 0,05 | 0,11 |
| | JG-163 B | 0,44 | 91,20 | 3,32 | 0,33 | 0,24 | 1,27 | 0,18 | 2,87 | – | 0,08 |

Tabela 3.8 - Especificações químicas da areia para indústria vidreira segundo Hermann (1992).

| Óxidos | Tipo A | Tipo B | Tipo C | Tipo D |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| SiO ₂ | 99,50 | 99,50 | 99,40 | 99,00 |
| Al ₂ O ₃ | 0,20 | 0,20 | 0,30 | 0,50 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,002 | 0,015 | 0,03 | 0,15 |
| TiO ₂ | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,05 |
| Cr ₂ O ₃ | 0,0002 | 0,0003 | 0,0005 | 0,0005 |
| PF | 0,10 | 0,20 | 0,20 | 0,3 |

Legenda: Tipo A - vidros especiais (ex. ópticos, oftálmicos); Tipo B - vidros brancos de alta qualidade (ex. cristais, frascarias e vidros de mesa); Tipo C - vidros brancos comuns (ex. embalagens gerais e planos); Tipo D - vidros coloridos (ex. frascarias, embalagens em geral e vidros planos).

permite observar que amostra JG-02B, que corresponde a areia branca de terraço aluvionar (areal do Cunhadinho), apresenta teor de SiO₂ superior a 99%, e pode ser aplicada para fabricação de materiais do Tipo-D. No entanto, considerando outros elementos químicos, ela não atende as especificações, a exem-

plo do Fe₂O₃, pois apresenta valor de 0,72%, superior ao estipulado, em 0,15%. Estas areias poderiam ser utilizadas para uma finalidade industrial, desde que fosse realizado um tratamento para retirada de impurezas. Ressalta-se que este depósito ocorre associado com solos podzólicos, onde temos a presença de horizontes orgânicos e descontinuidades laterais e verticais dos horizontes de areia, necessitando-se de um estudo técnico visando avaliar o potencial do depósito, caso se deseje utilizá-la num projeto de aproveitamento industrial.

3.1.6 - Análise global dos depósitos de areia e seixo

Em face dos resultados obtidos nos agregados do leito ativo e terraço do Rio Tocantins as conclusões apresentadas pelos ensaios (IPT, 2012) foram as seguintes:

1 - As amostras de areia e seixo analisadas apresentam predomínio de quartzo, o que lhes confere propriedades mecânicas adequadas à utilização como agregado na construção civil. Por outro lado, o quartzo apresenta-se criptocristalino, microcristalino

e com elevada extinção ondulante (como resultado de deformações), sendo considerado potencial para reagir com soluções alcalinas no concreto e levam a expansão e fissuramento, consistindo na chamada Reação Álcali-Agregado (RAA). Todas as amostras analisadas apresentam, em maior ou menor quantidade, quartzo potencialmente reativo;

2 - Os seixos apresentam forma predominantemente cúbica (equidimensional) e, do mesmo modo, os grãos de areia apresentam alta esfericidade. A forma equidimensional, seja do agregado miúdo, seja do agregado graúdo, é fundamental para sua melhor acomodação e conseqüente economia de cimento no concreto;

3 - Por outro lado é importante que a distribuição granulométrica do agregado permita um bom preenchimento de vazios, o que ocorre quando o agregado atende às especificações granulométricas da norma NBR 7211:2009. Neste quesito, apenas as amostras JG-01D e JG-01A atendem à norma. Mas o fato de um agregado não apresentar granulometria conforme a norma, não impede sua utilização para concreto, mas se ele não tiver sua curva granulométrica corrigida pela mistura com outros agregados, o consumo de cimento deverá ser maior para atender à resistência pretendida;

4 - Os seixos apresentam resistência mecânica adequada conforme a NBR 7211:2009, pois apresentam valores abaixo de 50% de perdas no ensaio *Los Angeles*. As amostras JG-01B (seixo) e JG-01H (areia e seixo) apresentam valores melhores, não necessariamente porque são intrinsecamente mais resistentes, mas provavelmente devido à granulação mais fina, que as torna menos susceptíveis a queda por impacto no ensaio;

5 - As amostras de areia apresentam teor de material fino (abaixo de 75µm, por lavagem) bem inferior aos limites máximos de 3% e 5% recomendados pela NBR 7211:2009. O limite máximo de 3% é recomendado para concretos submetidos a desgaste superficial, e o limite máximo de 5% é aceito caso o concreto seja protegido do desgaste superficial. A amostra JG-02B (areia branca) apresentou 4,4% de teor abaixo de 75µm;

6 - As amostras de seixo apresentaram massa específica condizente com sua composição predominantemente quartzosa. Os valores de porosidade, e conseqüentemente de absorção de água, apresentaram-se bastante elevados, não impedindo, porém; seu uso na construção civil;

7 - Os resultados da análise química por fluorescência de raio-X indicaram teores de 97,1% a 99,0% de SiO₂, condizentes com a mineralogia das amostras de areia. O ferro ocorre como impregnações de óxidos e hidróxidos na superfície e em fissuras nos grãos.

3.2 - ARGILA

3.2.1 - Conceitos

Argila é um material natural constituído essencialmente de argilominerais, podendo conter

outros minerais (ex. quartzo, mica, pirita, hematita, etc), matéria orgânica e outras impurezas. Os argilominerais (caulinita, illita, esmectita) são os minerais característicos das argilas. Quimicamente são silicatos de alumínio ou magnésio hidratados, podendo conter outros elementos, como ferro, potássio, lítio e outros. Devido à presença dos argilominerais, as argilas quando misturadas com água desenvolvem uma série de propriedades tais como plasticidade, resistência mecânica a úmido, retração linear de secagem, compactação, tixotropia e viscosidade de suspensões aquosas, que explicam sua grande variedade de aplicações tecnológicas desta matéria prima.

Dados de literatura mostram que são observadas variações na composição das argilas aluvionares, dependendo do local de ocorrência. Os principais elementos presentes, além da caulinita e o quartzo, é a matéria orgânica, o ferro, na forma de óxi-hidróxidos, e o titânio, na forma de óxido. A caulinita é um silicato básico de alumínio [Al₂Si₂O₅(OH)₄], tem composição química de 39,50% de Al₂O₃, 46,54% de SiO₂ e 13,96% de H₂O. O ferro está presente em grande parte nos minerais goethita, hematita, magnetita, pirita e ilmenita, e o titânio nos minerais rutilo, anatásio e ilmenita. O ferro pode ser encontrado como impureza na estrutura da caulinita, onde o Fe³⁺ substitui o Al³⁺ em sítios octaédricos. É o ferro que dá a coloração avermelhada característica dos produtos cerâmicos.

A argila é o insumo básico utilizado na cerâmica vermelha na fabricação de peças, tais como, blocos de vedação (tijolos furados), blocos estruturais, telhas, tijolos maciços, lajes, elementos vazados (cobogós), argilas expandidas (agregado leve) e também utensílios de uso doméstico e de adorno. Sua aplicação industrial constitui o setor da cerâmica vermelha, que é o principal fornecedor de materiais para alvenarias e coberturas para uso residencial e comercial.

A argila aluvionar é a matéria-prima utilizada nos polos cerâmicos de Marabá, Itupiranga e Eldorado dos Carajás, na fabricação de tijolos e telhas, que constituem os principais produtos de cerâmica vermelha da região.

3.2.2 - Especificações

As informações sobre a importância dos cuidados técnicos na produção de peças cerâmicas, conforme recomendados por normas da ABNT (Tabela 3.9), visam contribuir para a melhoria da qualidade dos produtos fabricados na região e na sustentabilidade produtiva das indústrias no futuro.

A fabricação de peças cerâmicas, principalmente tijolos e telhas de boa qualidade, depende da obtenção de um bom rendimento e bons níveis de qualidade na extrusão das massas da matéria prima utilizadas. A extrusão é um processo de conformação plástica de tijolos e tarugos (bastonetes) para prensagem plástica de telhas. Para obtenção

de uma matéria prima adequada visando é necessário observar os seguintes fatores:

Fase Pré-Extrusão: a) Composição da massa: minerais presentes e resíduos (matéria orgânica, etc.); b) Grau de maturação (descanso) das argilas armazenadas nas pilhas de estoque no pátio da cerâmica, visando atingir um grau suficiente de apodrecimento da matéria orgânica e lixiviação de compostos derivados desta, além da retirada de excesso de água, e decomposição de pirita e outros minerais indesejáveis; c) Preparação da massa cerâmica através de destorroamento, desintegração, mistura (homogeneização + umidificação) e laminação, objetivando ajuste da plasticidade e da granulometria, visando sua extrusão; d) A plasticidade da massa que depende do teor de umidade, hábito ou forma dos argilominerais e da granulometria das partículas envolvidas; e) Os moldes (boquilhas) usados na extrusão da massa; f) O tipo de extrudadora utilizada, e g) A qualidade do vácuo da extrudadora.

Fase Pós-Extrusão: a) O manuseio adequado das peças durante o transporte e a secagem das peças, e b) Queima e resfriamento em temperatu-

ras, tempo e fornos adequados, com boa distribuição do calor pela carga.

As argilas utilizadas na região de Marabá, Itupiranga e Eldorado dos Carajás na produção de tijolos e telhas são denominadas no jargão ceramista de “barro bom” (argilas plásticas) ou “barro ruim” (argilas não-plásticas), esta última com maior presença de frações silticas e/ou arenosas. As argilas mais adequadas para fabricação de cerâmica vermelha devem ser uma mistura de argilominerais, grãos de quartzo (silte e areia), hidróxidos de ferro e impurezas diversas (incluindo matéria orgânica, micas, feldspatos, carbonatos, sais solúveis, etc.), numa granulometria bem distribuída, com proporções reduzidas de componentes deletérios (químicos ou minerais). Segundo Pracidelli e Melchiades (1997), as composições granulométricas ideais para fabricação de tijolos e telhas são aquelas apresentadas na tabela 3.10.

As indústrias cerâmicas na área do projeto localizam-se principalmente nos distritos próximos as sedes dos municípios de Marabá e Eldorado do Carajás. Cabe ressaltar a existência de duas cerâmicas no município de Itupiranga.

Tabela 3.9 - Relação de normas da ABNT aplicadas aos produtos de cerâmica vermelha de interesse neste projeto.

| Tipo de Produto | ABNT NBR | Especificação |
|--|----------------------------|--|
| Bloco de vedação (tijolo) e bloco estrutural | 15812-1:2010 | Alvenaria estrutural - Blocos cerâmicos. Parte 1: Projetos. |
| | 15270-1:2005 | Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos. |
| | 15270-2:2005 | Componentes cerâmicos. Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural - Terminologia e requisitos. |
| | 15270-3:2005 | Componentes cerâmicos. Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Métodos de ensaio. |
| | 8545:1984 | Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos- Procedimentos. |
| | 8949:1985 | Paredes de alvenaria estrutural- Ensaio à compressão simples - Método de ensaio. |
| Telha | 15310:2005 - Emenda 1:2009 | Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio. |
| | 15310:2009 | Componentes cerâmicos –Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio. |
| Tijolo maciço cerâmico para alvenaria | 6460:1983 | Tijolo maciço cerâmico para alvenaria - Verificação da resistência à compressão. |
| | 7170:1983 | Tijolo maciço cerâmico para alvenaria. |
| | 8041:1983 | Tijolo maciço cerâmico para alvenaria - Forma e dimensões – Padronização. |

Tabela 3.10 – Distribuição granulométrica ideal para cada tipo de peça cerâmica, segundo Pracidelli e Melchiades (1997).

| Produto cerâmico | Argila | Silte | Areia |
|------------------|----------|----------|----------|
| Telhas e capas | 30 a 40% | 20 a 50% | 20 a 40% |
| Tijolos furados | 20 a 30% | 20 a 55% | 20 a 50% |
| Blocos maciços | 15 a 20% | 20 a 55% | 20 a 50% |

3.2.3 - Aplicações

A argila constitui o insumo principal (mais de 20%) principalmente na fabricação de cerâmica vermelha, sendo utilizada também para cerâmica branca, peças de revestimento e outros produtos (Tabela 3.11). Motta, Zanardo e Cabral Junior (2001) assinalam que, com relação à fabricação de cerâ-

mica vermelha, conforme mostra em destaque a Tabela 3.11, as seguintes temperaturas de queima são necessárias: 1) Blocos de vedação e lajes: (800°-900° C; 2) Telhas: 900°-1.000° C; e 3) Agregados leves: 1.100°-1.200° C.

das indústrias cerâmicas e dos distritos urbanos e já são de conhecimento dos ceramistas que mantêm prospectores para localização das mesmas.

3.2.4 - Caracterização dos depósitos de argila

Neste estudo foram realizados 8 furos de trado mecanizado em planícies dos rios Tocantins, Itacaiúnas e Vermelho para caracterização dos depósitos argilosos, cujos perfis estão mostrados na Figura 3.9. Correlacionando os perfis com a Tabela 3.12, verifica-se que a camada de argila variou entre as profundidades de 1,7 e 5,22 m. A presença de camadas de sedimentos mais grossos (areia, silte) no perfil aluvionar, via de regra, limita a extração de argila devido à invasão do lençol freático na cava. As áreas mais favoráveis de exploração de argila para o empreendedor são as mais próximas

3.2.5 - Depósitos de argila de Marabá

Os depósitos de argilas de Marabá tem sua gênese associada aos processos de sedimentação fluvial através da decantação de sedimentos finos nas planícies de inundações dos rios Itacaiúnas (distritos de Cidade Nova e Nova Marabá) e Tocantins (distrito de São Félix/Marabá e Itupiranga). Os depósitos de argilas explotados para fabricação de cerâmica vermelha no polo cerâmico de Marabá estão associadas principalmente às planícies de inundação do Rio Itacaiúnas, nas proximidades de sua confluência com o Rio Tocantins, no Distrito Cidade Nova, em Marabá. A figura 3.9 apresenta dois perfis de furos de trados realizados nas estações JG-174 e JG-175 localizados na planície de

Tabela 3.11 - Produtos cerâmicos e suas características de composição e processo, segundo Motta, Zanardo e Cabral Junior (2001).

| Classificação | | Produto | Matéria-Prima | | | | | | | | Moagem via úmida | Moagem via seca | Processo de conformação | | | | Temperatura de queima (°C) | | | | | | | | |
|---|----------------|-------------------|----------------------|-----------------|--------|--------------|--------|-------|----------|---------|------------------|-----------------|-------------------------|-----------|-----------|---------|----------------------------|-----|------|------|------|-------|--------|--|--|
| Tipo de cerâmica | Grupo** /Setor | | Plástica | | | Não plástica | | | | | | | Extrusão | Tornearia | Prensagem | Colagem | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | >1200 | | | |
| | | | Argila comum | Argila plástica | Caulim | Feldspato*** | Filito | Talco | Calcário | Quartzo | | | | | | | | | | | | | Outros | | |
| Cerâmica silicática de base argilosa (ou tradicional) | 1 | Cerâmica Vermelha | Blocos, lajes | P | | | | O | | | | | P | | | | | | | | | | | | |
| | | | Telha | P | | | | | | | | | | P | | P | | | | | | | | | |
| | | | Agregado leve | P | | | | | | | | O | | P | | | | | | | | | | | |
| | 2 | Cerâmica Branca | Grês sanitário | | P | S | P | P | O | | S | O | P | | | | | | | | | | | | |
| | | | Porcelana mesa | | P | P | P | | | | | P | | P | S | S | | | | | | | | | |
| | | | Porcelana eletrônica | | P | P | P | | | | | P | | P | S | S | | | | | | | | | |
| | | | Faiança | | P | O | S | S | P | S | S | | P | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | Revestimento | Pisos rústicos | P | | | | | | | | | | P | | | | | | | | | | | |
| | | | Pisos via seca | P | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Azulejo | | P | P | | | O | S | S | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Piso greisificado | O | P | S | S | P | O | | | | | O | | P | | | | | | | | | |
| | | | Grês porcelânico | | P | S | P | | O | | O | | | | | | P | | | | | | | | |
| Outros | 4 | Refratários | | O | | | | | | O | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | Isolantes | | | O | | | | | O | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6 | Especiais | | | | | | | P | S | O | P | | | | | | | | | | | | | |
| | 7 | Cimento | S | | | | | | S | P | P | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8 | Vidro | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

P = Processo ou composição Principal (>20%), S = Processo ou composição Secundaria (>10%), O = Processo ou composição Ocasional.

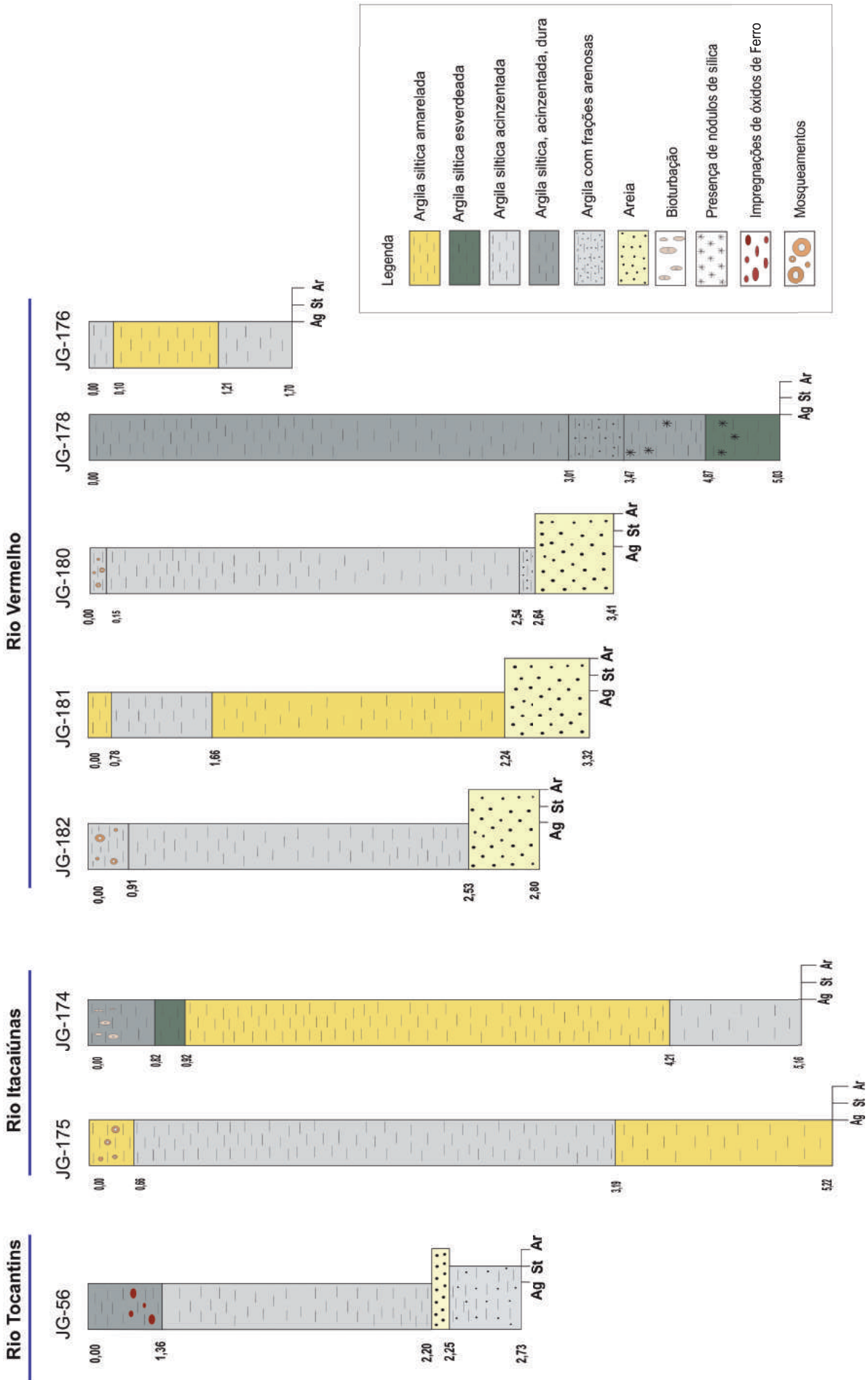


Figura 3.9 - Perfis estratigráficos obtidos a partir de furos de trado nas planícies dos rios Itacaiúnas, Tocantins e Vermelho.

inundação, onde é possível observar a intercalação de camadas de argila siltica, com colorações variadas. Na figura 3.10 é mostrado um perfil geológico esquemático do depósito de argila na estação JG-174. Nestes depósitos, a exploração de argila é interrompida pela invasão de água nas cavas (Figuras 3.11 e 3.12).

3.2.6 - Depósitos de argila de Eldorado dos Carajás

Os depósitos argilosos desta região estão associados principalmente às planícies do Rio Vermelho, e secundariamente à Grota Verde e Igarapé Cardoso,

Tabela 3.12 - Relação de furos de trado realizados nas planícies dos rios Tocantins, Itacaiúnas e Vermelho.

| Estação | Coordenadas | | Profundidade (m) | Descrição | Toponímia |
|---------|-------------|-----------|------------------|------------------------------------|---|
| | Latitude | Longitude | | | |
| JG-56 | 5,30518 | -49,07648 | 2,73 | 0-2,49 Argila | Planície do Rio Tocantins/ São Félix |
| | | | | 2,49-2,73 Argila arenosa | |
| JG-182 | 6,07613 | -49,32728 | 2,80 | 0-2,68 Argila | Planície do Rio Vermelho/ Fazenda do Divino da Areia |
| | | | | 2,68-2,80 Areia | |
| JG-181 | 6,07622 | -49,32808 | 3,32 | 0-2,74 Argila | |
| | | | | 2,74-3,20 Areia | |
| JG-180 | 6,07621 | -49,32872 | 3,41 | 0-3,19 Argila 3,19 – 3,41 Areia | |
| JG-178 | 6,11147 | -49,36179 | 5,03 | 0-5,03 Argila | Planície do Rio Vermelho |
| JG-176 | 6,17071 | -49,38057 | 1,70 | 0-1,70 Argila | |
| JG-175 | 5,36479 | -49,08986 | 5,22 | 0-5,22 Argila | Planície do Rio Itacaiúnas/ Distrito Nova Marabá |
| JG-174 | 5,36302 | -49,09256 | 5,16 | 0-5,16 Argila | |

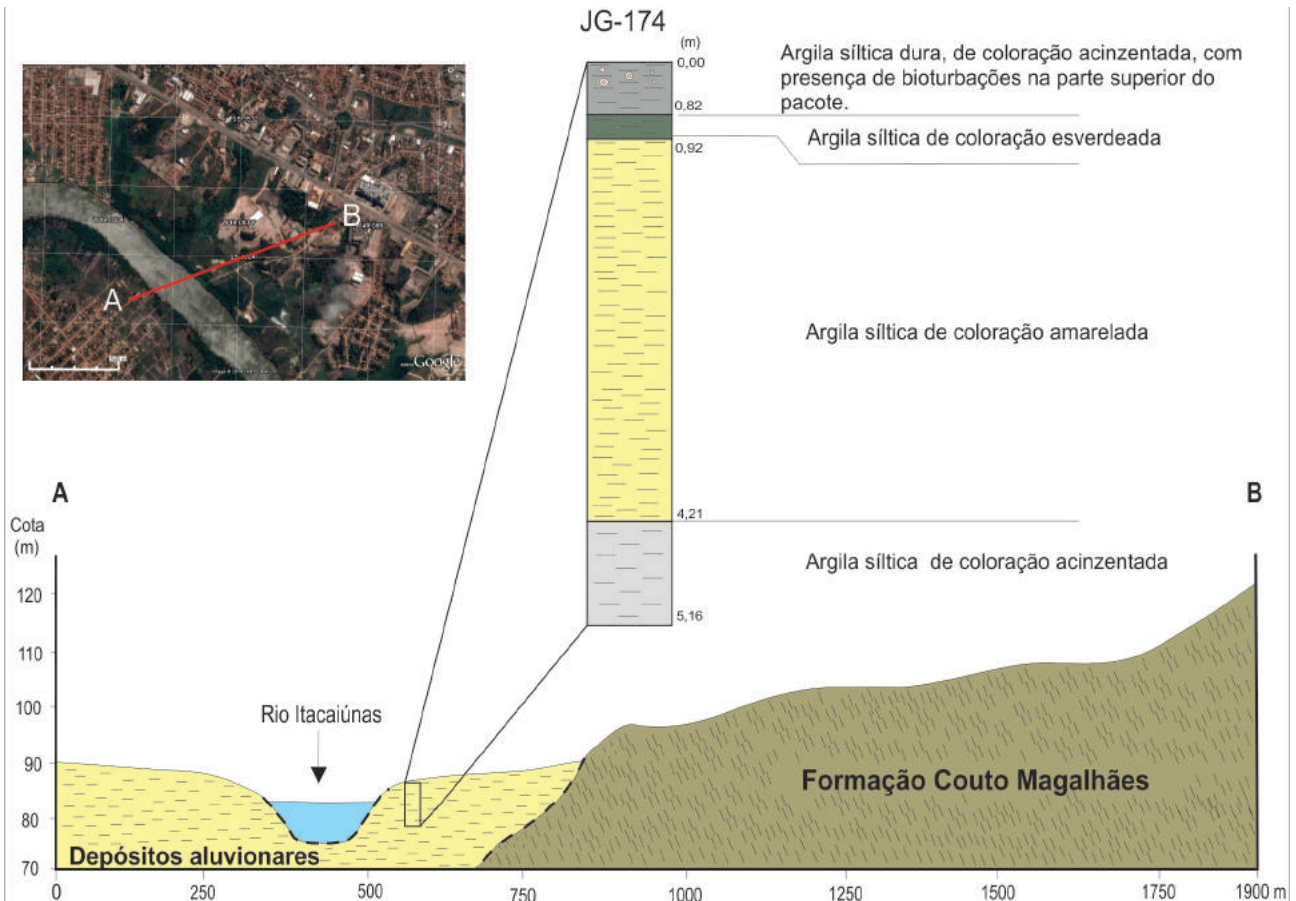


Figura 3.10 – Perfil geológico esquemático referente à estação JG-174.

afluentes do referido rio. Na figura 3.9 podem ser observados perfis de furos de trado realizados nestas planícies, alguns dos quais atingiram camadas de areia. Os depósitos explotados estão localizados na maioria dos casos nas proximidades da sede do município, e a montante do Rio Vermelho. Também neste caso a inundação das cavas acontece, impedindo a continuidade da retirada de argila (Figura 3.13).

3.2.7 - Resultados de análises em argilas das planícies de Marabá e Eldorado dos Carajás

Ensaio preliminares para cerâmica vermelha foram realizados em 15 amostras, sendo 12 de argila, 2 de filito e 1 que representa a mistura de 70% de argila e 30% de filito, nas quais foram determinados os seguintes parâmetros: 1) Caracterização de Resíduos; 2) Limite de Plasticidade; 3) Contração Linear; 4) Unidade de Extrusão, 5) Perda de Fogo; 6) Tensão de Ruptura à Flexão; 7) Absorção de Água; 8) Porosidade Aparente; 9) Massa Específica Aparente, e 10) Análise Térmica Diferencial. Adicionalmente foram feitas análises em duas amostras por Microscopia Eletrônica de Varredura.

Os resultados das análises das características físicas, químicas e propriedades tecnológicas ideais para as matérias-primas de composição argilosa são importantes por determinarem a qualidade dos produtos cerâmicos obtidos de sua industrialização. Os resultados dos referidos ensaios são apresentados nas Tabelas 3.13 a 3.15, que reúnem as características dos corpos de prova (Figura 3.14) nas temperaturas de 110°, 850° e 950° C, assim como os respectivos diagnósticos sobre uso provável das referidas argilas e sugestões para ajustes da plasticidade, visando à melhoria de seu desempenho na fabricação de cerâmica vermelha.

3.2.7.1 - Caracterização de Resíduos

Estes ensaios visaram principalmente qualificar e quantificar as impurezas presentes nas argilas, informações que podem ser usadas para estudar o comportamento do material durante as fases de conformação, secagem das peças cerâmicas e estimação do grau de sinterização após queima. Os métodos utilizados na identificação destas impurezas são encontrados em Santos (1989).

Os resultados obtidos (Tabela 3.13) indicam, em todas as amostras, a presença de mica, matéria orgânica, sílica livre na forma de grãos de quartzo (silte grosso, areia) e ferro. A presença de matéria orgânica é muito comum nas argilas aluvionares e confere uma cor acinzentada ao sedimento *in natura*. A maturação destas argilas no pátio da cerâmica visando a decomposição da matéria orgânica e a lixiviação

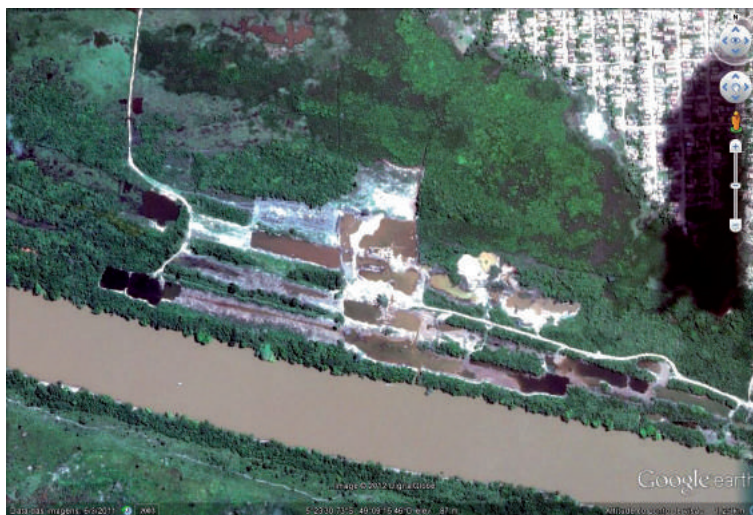


Figura 3.11 - Imagem de satélite de 2011 (Google Earth) mostrando cavas inundadas de extração de argila na planície do Rio Itacaiúnas, nas proximidades de áreas urbanas no Distrito Cidade Nova, Marabá.



Figura 3.12 - Cavas de extração de argila observada na figura 3.11. Ao fundo área urbanizada do Distrito Cidade Nova, Marabá.



Figura 3.13 – Cavas de lavras de argila na planície do Rio Vermelho, a montante da cidade de Eldorado dos Carajás.



Figura 3.14 - Exemplo do corpo de prova nas temperaturas de 110°, 850° e 950° C mostrando variações de cores de queima.

de ácidos orgânicos é um procedimento comum nos polos cerâmicos.

A Tabela 3.14 apresenta a quantificação de resíduos, com base na análise granulométrica, nas peneiras de 100, 150, 200 e 325 *mesh*. Foram selecionadas para cada amostra 100 g da argila *in natura*. As amostras de argila JG-156, JG-54B (mistura argila + filito), JG-51 e JG-56 foram as que apresentaram os maiores percentuais de resíduo retido nas peneiras de 100, 150, 200 e 350 *mesh*, respectivamente.

3.2.7.2 - Testes de Limites de Plasticidade

Este ensaio consiste basicamente em se determinar a umidade da argila quando uma amostra começa a fraturar ao ser moldada com a mão sobre uma placa de vidro, na forma de um cilindro com cerca de 10 cm de comprimento e 3 mm de diâmetro. A quantidade de água de amassamento da massa cerâmica é um requisito significativo e deve ser considerado na fabricação de blocos cerâmicos. Os ensaios de Limite de Plasticidade (LP) são realizados segundo a norma ABNT NBR-7180. No caso específico de argilas para cerâmicas, as elevadas plasticidades impactam na secagem e poderão favorecer o aparecimento de problemas dimensionais ou até mesmo trincas. Além disso, quanto maior a plasticidade, maior o tempo de secagem, e conseqüentemente, maior gasto energético e menor produção. Na tabela 3.16 são apresentados os limites de plasticidade da argila, segundo Teixeira, Souza e Nobre (2004).

Para facilitar a extrusão, que é um processo de conformação plástica, limitada à fabricação de

objetos de seção constante, muito utilizada na indústria cerâmica vermelha, uma determinada massa necessita de uma dosagem de água correta. Entretanto, esta quantidade de água deve ser mínima para que os blocos não apresentem defeitos devido à retração como trincas, que ocorrem em geral durante o processo de secagem e também na etapa de queima.

De acordo com o ilustrado na figura 3.15, as amostras de Marabá e Itupiranga apresentaram limite de plasticidade dentro dos parâmetros aceitáveis, e as amostras de Eldorado dos Carajás mostraram um limite de plasticidade abaixo do estabelecido na classificação utilizada.

Vale ressaltar que os filitos da Formação Couto Magalhães, analisados com vistas a encontrar fontes alternativas de insumos para cerâmica, apresentaram respostas negativas nos ensaios para fabricação de tijolos, blocos e telhas, se utilizados isoladamente. A amostra JG-52 apresentou pouca plasticidade, o que requer a sua mistura com outras argilas para uso em cerâmica vermelha, enquanto a amostra JG-57 apresenta plasticidade muito alta, requerendo também um ajuste na sua plasticidade para ser usada com o mesmo fim. Estas diferenças de plasticidade se devem possivelmente ao grau de intemperismo e às diferenças de granulação. A amostra JG-54A, resultante da mistura de 70% de argila (JG-54B) com 30% de filito intemperizado (JG-52), mostrou um desempenho positivo para a fabricação de tijolos, blocos e telhas. Este resultado é importante, pois a adição de filito às argilas representaria uma diminuição do volume de argila extraída das planícies de inundações dos rios, principalmente das áreas próximas aos centros urbanos dos municípios,

Tabela 3.13 - Impurezas contidas nas argilas de Marabá, Eldorado dos Carajás e Itupiranga.

| Local | Amostra | Tipos de resíduos existentes nas amostras de argilas | | | | | |
|----------------------|-----------|--|------|------------------|------------------------------|--------------|-------|
| | | Carbonato | Mica | Matéria orgânica | Óxidos e hidróxidos de ferro | Sílica livre | Ferro |
| Marabá | JG-23 | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim |
| | JG-54 | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim |
| | JG56 | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim |
| | JG-57* | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim |
| | JG-52* | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Não |
| | JG-54 B** | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim |
| Eldorado dos Carajás | JG-154 | Sim | Sim | Sim | Não | Sim | Sim |
| | JG-156 | Sim | Sim | Sim | Não | Sim | Sim |
| | JG-157 | Sim | Sim | Sim | Não | Sim | Sim |
| | JG-158 | Sim | Sim | Sim | Não | Sim | Sim |
| | JG-160 | Sim | Sim | Sim | Não | Sim | Sim |
| | JG161 | Sim | Sim | Sim | Não | Sim | Sim |
| | JG-167 | Sim | Sim | Sim | Não | Sim | Sim |
| | JG-171 | Não | Sim | Sim | Não | Sim | Sim |
| Itupiranga | JG-51 | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim |

* Filito intemperizado; ** mistura 70% argila + 30% filito.

Tabela 3.14 - Quantificação de resíduos em faixas granulométricas das peneiras de 100, 150, 200 e 325 mesh.

| Peneira (mesh) | Abertura (mm) | % de resíduo distribuído por Tyler/Mesh na totalidade do retido | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|---------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|----------------------|--|
| | | JG-51 | JG-23 | JG-54A | JG-56 | JG-52* | JG-57* | JG-54 B** | JG-154 | JG-156 | JG-157 | JG-158 | JG-160 | JG-161 | JG-167 A | JG-171 | |
| 100 | 0,149 | 2,97 | 38,21 | 12,11 | 7,31 | 48,85 | 56,12 | 28,57 | 37,50 | 56,90 | 32,76 | 22,06 | 17,71 | 22,08 | 18,68 | 17,38 | |
| 150 | 0,105 | 15,71 | 14,52 | 18,79 | 10,27 | 13,17 | 12,99 | 21,43 | 15,90 | 7,70 | 13,98 | 8,22 | 9,82 | 10,83 | 9,08 | 11,82 | |
| 200 | 0,0174 | 37,98 | 14,87 | 34,21 | 31,16 | 18,33 | 13,06 | 30,52 | 24,27 | 12,87 | 23,80 | 20,00 | 23,35 | 22,50 | 22,7 | 28,61 | |
| 325 | 0,044 | 45,35 | 32,31 | 34,89 | 51,26 | 19,64 | 17,83 | 19,48 | 22,33 | 22,53 | 29,46 | 49,72 | 49,11 | 44,58 | 49,55 | 42,20 | |
| Total | | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | |
| | | Itupiranga | Marabá | | | | | | | | | | | | | Eldorado dos Carajás | |

Tabela 3.15 - Resultados físicos de corpos de prova de ensaios preliminares de argila nas temperaturas de 110°, 850° e 950° C.

| Amostra | Local | LP (%) | Características dos corpos de prova a 110 °C | | | | | | | | | | Características dos corpos de prova a 850 °C e 950 °C | | | | | | | | | | Uso provável | | | Plasticidade | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------|--------|--|----------|--------------|------------------|----------|--------|--------|----------|--------------|------------------|---|----------|-----------------|-----|---------|-----------------------|-----------------------|--|--|--|--------------|--|--|--------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | U.E. | C.L. (%) | T.R.F. (Mpa) | T.R.F. (kgf/cm²) | Cor | T (°C) | PF (%) | C.L. (%) | T.R.F. (Mpa) | T.R.F. (kgf/cm²) | A.A. (%) | P.A. (%) | M.E.A. (Kg/cm³) | Cor | Tijolos | Blocos ⁽²⁾ | Telhas ⁽³⁾ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JG-23 | Marabá | 30,75 | 17,10 | 5,60 | 15,64 | 159,48108 | Marrom | 850 | 11,1 | 1,28 | 4,14 | 42,18 | 25,15 | 41,45 | 2,82 | | SIM | NÃO | NÃO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JG-51 | Itupiranga | 21,27 | 16,56 | 4,45 | 28,19 | 287,45343 | Bege | 850 | 5,52 | 0,21 | 6,52 | 66,49 | 17,24 | 30,80 | 2,59 | | SIM | SIM | SIM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JG-54A *** | | 21,22 | 20,99 | 5,61 | 32,88 | 335,27736 | Marrom | 850 | 8,09 | 0,26 | 5,90 | 59,99 | 18,09 | 32,65 | 2,68 | | SIM | SIM | SIM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JG-56 | | 24,08 | 23,65 | 5,79 | 32,52 | 331,60644 | Marrom | 850 | 7,90 | 0,34 | 9,20 | 63,63 | 18,98 | 33,97 | 2,66 | | SIM | SIM | SIM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JG-52* | Marabá | 33,48 | 32,30 | 3,29 | 2,03 | 20,69991 | Amarrela | 850 | 4,48 | 0,79 | 0,28 | 2,83 | 32,25 | 45,68 | 2,61 | | NÃO | NÃO | NÃO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JG-57* | | 27,78 | 33,03 | 3,81 | 96,19 | 980,84943 | Rosa | 850 | 5,16 | 0,50 | 0,39 | 3,98 | 32,57 | 46,28 | 2,65 | | NÃO | NÃO | NÃO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JG-54B** | | 29,94 | 28,67 | 6,48 | 24,24 | 247,17528 | Bege | 850 | 6,34 | 0,23 | 5,33 | 54,38 | 17,86 | 31,21 | 2,54 | | SIM | SIM | SIM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 950 | 6,72 | 0,60 | 8,75 | 89,18 | 16,88 | 29,91 | 2,56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabela 3.15 - Resultados físicos de corpos de prova de argila nas temperaturas de 110°, 850° e 950° C.

continuação

| Amostra | Local | LP (%) | Características dos corpos de prova a 110 °C | | | | | | | Características dos corpos de prova a 850 °C e 950 °C | | | | | | | | | | | Uso provável | | | Plasticidade |
|---------|----------------------|--------|--|----------|--------------|-------------------------------|-------|--------|--------|---|--------------|-------------------------------|----------|----------|------------------------------|-----|---------|-----------------------|-----------------------|--|--------------|--|--|--------------|
| | | | U.E. | C.L. (%) | T.R.F. (Mpa) | T.R.F. (Kgf/cm ²) | Cor | T (°C) | PF (%) | C.L. (%) | T.R.F. (Mpa) | T.R.F. (Kgf/cm ²) | A.A. (%) | P.A. (%) | M.E.A. (Kg/cm ²) | Cor | Tijolos | Blocos ⁽²⁾ | Telhas ⁽³⁾ | | | | | |
| JG-154 | | 18,21 | 26,95 | 5,93 | 5,69 | 58,02093 | | 850 | 9,35 | 0,94 | 12,04 | 122,80 | 16,72 | 29,77 | 2,55 | | SIM | SIM | SIM | | | | | |
| | | | | | | | 950 | 9,14 | 1,71 | 16,12 | 164,39 | 14,57 | 27,38 | 2,59 | | | | | | | | | | |
| JG-156 | | 17,83 | 26,45 | 6,41 | 4,37 | 44,56089 | | 850 | 8,62 | 0,67 | 9,67 | 98,57 | 17,93 | 31,98 | 2,62 | | SIM | SIM | SIM | | | | | |
| | | | | | | | 950 | 8,69 | 1,33 | 13,45 | 137,18 | 16,62 | 30,34 | 2,62 | | | | | | | | | | |
| JG-157 | | 16,98 | 25,84 | 5,50 | 4,51 | 45,98847 | | 850 | 6,26 | 0,17 | 7,38 | 75,25 | 16,68 | 30,11 | 2,58 | | SIM | SIM | SIM | Plasticidade normal | | | | |
| | | | | | | | 950 | 6,24 | 1,17 | 18,27 | 186,27 | 14,15 | 26,72 | 2,58 | | | | | | | | | | |
| JG-158 | Eldorado dos Carajás | 14,88 | 22,97 | 5,22 | 5,1 | 52,0047 | Cinza | 850 | 6,96 | 0,08 | 9,49 | 96,75 | 15,46 | 28,42 | 2,57 | | SIM | SIM | SIM | | | | | |
| | | | | | | | 950 | 7,14 | 1,08 | 20,02 | 204,14 | 12,90 | 24,76 | 2,55 | | | | | | | | | | |
| JG-160 | | 17,40 | 24,78 | 5,03 | 5,14 | 52,41258 | | 850 | 8,30 | 0,35 | 9,41 | 95,92 | 16,59 | 30,11 | 2,60 | | SIM | SIM | SIM | | | | | |
| | | | | | | | 950 | 8,48 | 2,30 | 21,29 | 217,14 | 13,39 | 25,93 | 2,61 | | | | | | | | | | |
| JG-161 | | 16,28 | 27,13 | 5,15 | 3,37 | 34,36389 | | 850 | 7,31 | 0,08 | 7,25 | 73,92 | 17,27 | 30,62 | 2,56 | | SIM | SIM | SIM | | | | | |
| | | | | | | | 950 | 7,14 | 1,46 | 13,69 | 139,57 | 14,27 | 36,22 | 2,51 | | | | | | | | | | |
| JG-167A | | 17,98 | 27,94 | 5,27 | 2,91 | 29,67327 | | 850 | 6,91 | 0,10 | 6,69 | 68,21 | 18,83 | 32,71 | 2,58 | | SIM | SIM | SIM | Pouco plástica (misturar com outras argilas) | | | | |
| | | | | | | | 950 | 6,98 | 1,16 | 14,88 | 151,72 | 16,98 | 30,65 | 2,60 | | | | | | | | | | |
| JG-171 | | 17,26 | 28,43 | 5,81 | 5,01 | 51,08697 | | 850 | 9,04 | 0,67 | 11,94 | 121,75 | 16,91 | 30,66 | 2,62 | | SIM | SIM | SIM | Plasticidade normal | | | | |
| | | | | | | | 950 | 9,19 | 1,64 | 19,12 | 195,01 | 14,98 | 28,11 | 2,61 | | | | | | | | | | |

Limite de Plasticidade - LP, Unidade de Extrusão-EU, Contração Linear - CL, Tensão de Ruptura à Flexão - TRF, Perda de Fogo-PF, Absorção de Água-AA, Porosidade Aparente-PA, Massa Específica Aparente-MEA. * filito; ** mistura 70% argila + 30% filito.

contribuindo para reduzir o passivo ambiental derivado da mineração da argila aluvionar.

3.2.7.3 - Tensão de Ruptura à Flexão

Nas tabelas 3.17 e 3.18, baseadas em Santos (1989), são mostrados os valores limites de Tensão de Ruptura à Flexão (TRF) para blocos de vedação (tijolos furados), blocos estruturais, telhas, e a correlação entre a TRF e a plasticidade. A figura 3.16 compara os valores os valores padrões de TRF de Santos (1989) com aqueles obtidos nas amostras analisadas neste projeto, e indica a possível aplicação dos insusmos.

3.2.7.4 - Difração de Raios-X

Segundo Formoso (1984), a difração de raios-X é uma ferramenta importante na identificação de argilominerais, pois estes geralmente são menores que 0,002 mm, o que impossibilita sua determinação por outros métodos clássicos de estudo. Em 3 amostras de argila (JG-23, JG-51, JG-161) e uma de filito (JG-52) foram realizadas análises por difração de raio-X, no laboratório do Instituto de Geociências da

UFPA, que revelaram padrões difratométricos muito semelhantes (Figura 3.17), devido à composição mineralógica similar, definida por quartzo, caulinita e mica. A semelhança entre as amostras de argila e de filito deve-se ao fato, provavelmente, deste último estar em estado avançado de intemperismo. A variação na intensidade dos picos é reflexo da proporção de cada mineral nas amostras. A sílica livre (quartzo) e o argilomineral caulinita são os minerais dominantes, e a mica (muscovita) aparece em menor proporção. Ocorrem traços de goethita, que deve ser mais abundante na amostra JG-23 (maior teor de Fe), em função do *background* mais elevado do difratograma desta amostra (efeito de fluorescência). Picos de pequena intensidade podem estar associados à presença de turmalina.

3.2.7.5 - Espectrometria de Fluorescência de Raios-X

Esta análise baseia-se no princípio de que a absorção de raios-X por parte do material provoca a excitação dos átomos, que emitem radiação secundária, que é denominada fluorescência de raios-X. Através da comparação com amostra-padrão é possível estabelecer a proporção dos elementos químicos presentes e de seus óxidos, conforme demonstra a Tabela 3.19 para as amostras analisadas no presente projeto.

Com relação à sílica (SiO_2), as amostras de argila coletadas do polo de Marabá apresentam teores que variam entre 52,53 e 65,90, e na região de Eldorado dos Carajás os teores variam entre 55,58 e 67,25. Os teores de SiO_2 estão relacionados a pre-

Tabela 3.16 – Limites de plasticidade da argila.

| Argila | Limite de plasticidade |
|-------------------|------------------------|
| Alta plasticidade | > 15% |
| Cerâmica vermelha | 17,2% < LP < 32% |
| Extrusão | 26% < LP < 32% |

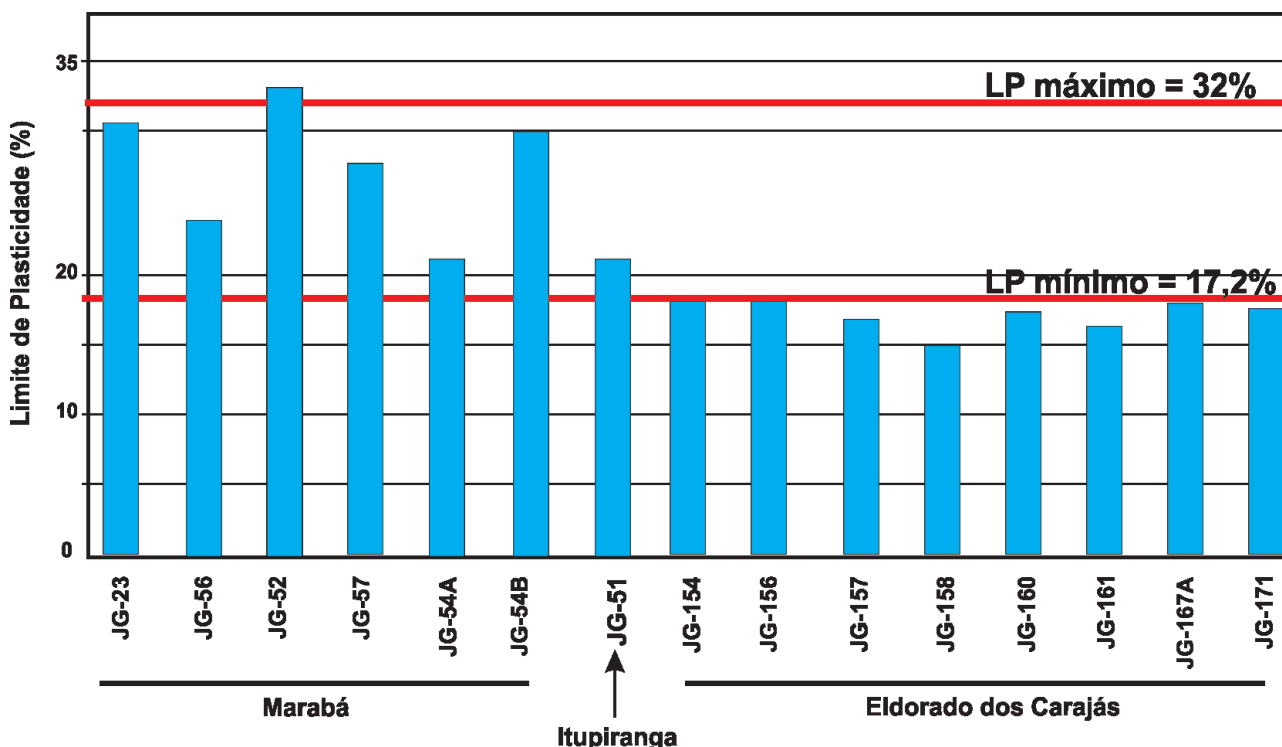


Figura 3.15 - Valores de Limite de Plasticidade (LP) das amostras analisadas, comparadas com valores mínimos e máximos aceitáveis para aplicação em cerâmica vermelha.

sença de caulinita ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$) e de quartzo (SiO_2). A presença maior de silte e/ou areia na argila pode elevar o teor de sílica e com isto prejudicar a queima na fabricação de tijolos e telhas. No jargão ceramista da região de abrangência do projeto, estes tipos de sedimentos aluvionares argilosos são denominados de “barro fraco”, pelo fato de favorecer a trincagem das peças cerâmicas. A amostra JG-51, de Itupiranga, é mais arenosa e/ou silicosa, possivelmente devido a presença de estruturas biogênicas, que após análise por Microscopia Eletrônica de Varredura, acusaram uma composição de SiO_2 .

No que se refere ao alumínio (Al_2O_3), a amostra JG-23 foi a que apresentou teores mais elevados, possivelmente devido a proporção maior de caulinita. As argilas Marabá mostram teores entre 17,09 e 25,19 %, e as argilas de Eldorado mostraram teores entre 16,71 e 21,18 %. O Ferro (Fe_2O_3) detectado nas amostras analisadas está associado à presença de

óxidos e hidróxidos de ferro e é identificado visualmente nos ensaios cerâmicos preliminares através uso de uma solução de ácido clorídrico. As argilas de Marabá e Eldorado de Carajás mostraram valores entre 8,82 e 5,39%, e entre 6,04-9,67%, respectivamente. A presença de óxido de ferro nas argilas é responsável pela intensidade e pela coloração vermelha após tratamento térmico nos fornos das indústrias cerâmicas. A presença deste óxido influencia na redução da plasticidade e pode também diminuir a retração e facilitar a secagem.

Os teores de TiO_2 nas amostras são pouco expressivos, variando entre 1,17 e 0,83%. A presença deste óxido no sedimento argiloso via de regra desvia a cor do corpo de prova para um tom alaranjado. O elemento Ti deve-se a presença de minerais resistentes na argila, como ilmenita, rutilo, titanita e anatásio. Os óxidos CaO , MgO , Na_2O , K_2O são fundentes e conferem resistência mecânica quando sinteriza-

Tabela 3.17- Tensão de Resistência a Flexão exigida para alguns produtos cerâmica vermelha.

| Massa cerâmica (extrudada e prensada) | Tijolos | Blocos | Telhas |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|
| TRF de massa seca a 110 °C (mínima) | 15 Kgf/cm ² | 25 Kgf/cm ² | 30 Kgf/cm ² |
| TRF de massa após queima de 950 °C (mínima) | 20 Kgf/cm ² | 55 Kgf/cm ² | 65 Kgf/cm ² |
| Absorção de água da massa após queima de 950 °C (máxima) | – | 8 a 22% | Máximo admissível 20% |

Tabela 3.18 - Correlação plasticidade e Tensão de Resistência à Flexão.

| Plasticidade | TRF a seco (Mpa) | Contração a seco (%) | Observações |
|-------------------------|------------------|----------------------|--|
| Pouco plástica | Até 3 | 3 a 5 | Misturar com outras argilas plásticas |
| Plasticidade normal | 3 a 6 | 4 a 7 | Argilas líticas |
| Plasticidade alta | 6 a 8 | 7 a 9 | Argilas líticas/montmoriloníticas |
| Plasticidade muito alta | 8 a 14 | 9 a 11 | Argilas líticas/montmoriloníticas. Imprescindível desplastificar |

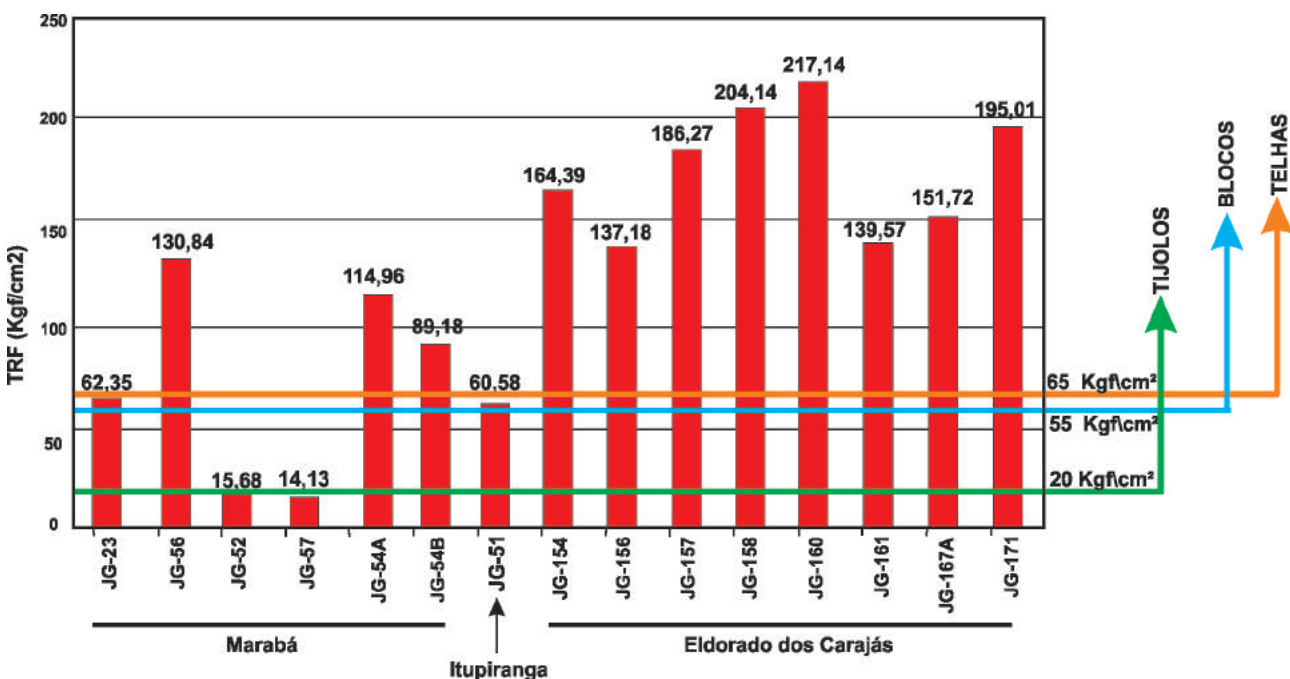


Figura 3.16 - Valores de TRF obtidos neste projeto (barras verticais) na temperatura de 950°C, comparados com padrões de Santos (1989).

dos entre 950° e 1000° C. Nas amostras analisadas os teores são considerados baixos e não influenciaram na temperatura de transformações de fase. A Perda ao Fogo indica em percentagem uma diminuição da massa de material devido à produção de gás e vapor durante o aquecimento. Nas amostras analisadas os valores de PF variam entre 9,80 e 4,53%.

3.2.7.6 - Análise Térmica Diferencial

A tabela 3.20 mostra os acidentes endotérmicos e exotérmicos observados nas análises térmicas de 15 amostras. A figura 3.18 apresenta as curvas de ATD das

amostras de Marabá e Itupiranga, enquanto a figura 3.19 representa as curvas de ATD das amostras de Eldorado dos Carajás. Os picos endotérmicos situam-se entre 120° a 127° C, e estão relacionados à eliminação de água de umidade dos sedimentos. Observa-se um segundo pico endotérmico no intervalo próximo de 600° C, quando ocorre a perda de hidroxila da caulinita (Al₂Si₂O₅(OH)₄). Uma reação por volta de 950°-1000° C indica um pico exotérmico, que corresponde à formação de novas fases a partir da decomposição da metacaulinita. Os padrões observados são característicos de sedimentos aluvionares constituídos predominantemente pelo argilomineral caulinita e por grãos detriticos de quartzo. Em todas as amostras foi identificada

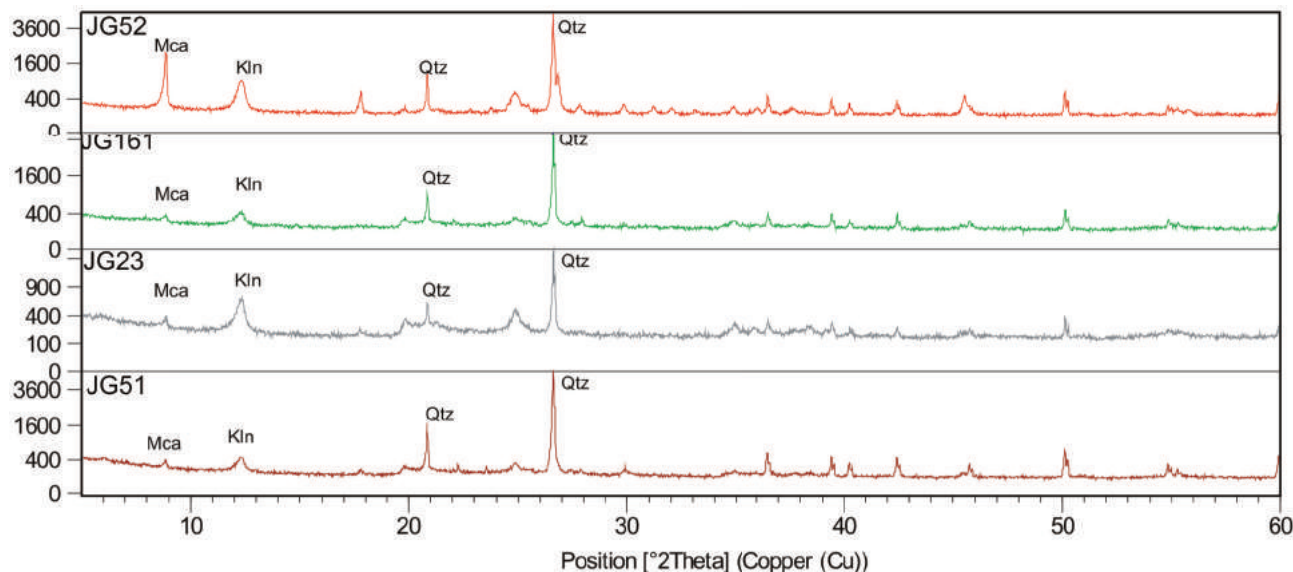


Figura 3.17 - Difratomogramas de amostras de argilas (JG-23, JG-51, JG-161) e filito (JG-52) analisadas. Qtz – quartzo; Kln - Caulinita; Mca – Mica.

Tabela 3.19 – Composição química com base em espectrometria de fluorescência de raios-X.

| Marabá | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|------|-------------------|------------------|--------|-------------------------------|------|
| Amostra | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | CaO ₂ | MgO | Na ₂ O | K ₂ O | MnO | P ₂ O ₅ | PF |
| JG-23 | 52,53 | 25,19 | 8,82 | 1,03 | 0,02 | 0,43 | < 0,01 | 1,50 | 0,02 | 0,14 | 9,80 |
| JG-54 A | 65,71 | 17,96 | 5,39 | 0,98 | 0,24 | 0,46 | < 0,01 | 1,78 | < 0,01 | 0,06 | 6,93 |
| JG-56 | 63,07 | 19,74 | 5,99 | 1,04 | 0,03 | 0,76 | < 0,01 | 1,79 | < 0,01 | 0,05 | 7,56 |
| JG-52* | 65,90 | 17,09 | 6,77 | 0,83 | 0,01 | 0,82 | < 0,01 | 3,74 | < 0,01 | 0,08 | 4,53 |
| JG-54 B** | 59,83 | 18,79 | 8,54 | 0,92 | 0,14 | 2,14 | < 0,01 | 3,46 | 0,07 | 0,12 | 6,39 |
| Itupiranga | | | | | | | | | | | |
| JG-51 | 76,72 | 12,85 | 2,93 | 0,85 | 0,16 | 0,30 | < 0,01 | 1,23 | < 0,01 | 0,04 | 4,72 |
| Eldorado dos Carajás | | | | | | | | | | | |
| JG-154 | 55,58 | 20,99 | 9,67 | 1,17 | 0,37 | 0,64 | 0,17 | 1,57 | 0,30 | 0,09 | 9,11 |
| JG-156 | 56,90 | 20,34 | 9,43 | 1,15 | 0,35 | 0,58 | 0,06 | 1,59 | 0,23 | 0,09 | 8,87 |
| JG-157 | 65,20 | 17,10 | 6,41 | 0,87 | 0,08 | 1,16 | < 0,01 | 2,39 | 0,04 | 0,04 | 6,49 |
| JG-158 | 64,46 | 17,78 | 6,53 | 0,95 | 0,18 | 0,89 | 0,17 | 2,22 | 0,11 | 0,06 | 6,52 |
| JG-160 | 59,20 | 20,50 | 7,37 | 1,02 | 0,46 | 1,18 | 0,06 | 2,42 | 0,11 | 0,08 | 7,86 |
| JG-161 | 64,70 | 18,01 | 6,32 | 0,97 | 0,11 | 0,65 | 0,10 | 2,09 | 0,07 | 0,05 | 6,95 |
| JG-167 A | 67,25 | 16,71 | 6,04 | 0,88 | 0,06 | 0,92 | < 0,01 | 2,15 | 0,01 | 0,04 | 6,27 |
| JG-171 | 57,11 | 21,18 | 8,34 | 1,11 | 0,43 | 0,88 | 0,05 | 1,70 | 0,16 | 0,08 | 8,71 |

Valores em (%). * filito; ** mistura argila+filito; PF – Perda ao fogo.

a presença de sílica livre (quartzo) no pico endotérmico próximo a 600°C durante o resfriamento da execução do ensaio, assim como foram identificados visualmente grãos de quartzo na análise de resíduos.

Entre 900° e 1000° C, a estrutura cristalina transforma-se em massa amorfa, quando então a sílica e a alumina se recombina e cristalizam, formando novos minerais. Geralmente a formação de vidro no interior da cerâmica ocorre em temperaturas mais elevadas que as dos ensaios realizados, devido a fusão da sílica livre na temperatura de 1.200° C, com posterior solidificação, e também contribui para a estabilidade estrutural das cerâmicas, principal-

mente as de alta vitrificação. Nos casos de materiais de cerâmica vermelha estrutural, que normalmente sofrem tratamento térmico entre 900° e 1000° C, a sílica encontra-se na fase amorfa, não se solidificando por completo e contribuindo para propagação de trincas nas peças cerâmicas.

3.2.7.7 - Análise por Microscopia Eletrônica de Varredura

As amostras JG-23 e JG-51 foram analisadas por Microscopia de Varredura – MEV, no laborató-

Tabela 3.20 - Relação de temperaturas e Intensidades de acidentes térmicos significativos obtidos através da ATD.

| Local | Amostra | Acidente endotérmico | | | Acidente exotérmico | | |
|----------------------|-----------|----------------------|--------|--------|---------------------|--------|------|
| | | Baixa | Média | Alta | Baixa | Média | Alta |
| Marabá | JG-23 | | 570 °C | | 800 °C e 927 °C | | |
| | JG-54 A | 120 °C | | 588 °C | 930 °C | | |
| | JG-56 | 121 °C | 577 °C | | | 928 °C | |
| | JG-52* | 591 °C | 139 °C | | | | |
| | JG-57* | | 139 °C | | 591 °C | | |
| | JG-54 B** | 116 °C | | 592 °C | 941 °C | | |
| Itupiranga | JG-51 | | | 592 °C | | 937 °C | |
| Eldorado dos Carajás | JG-154 | | 129 °C | 584 °C | 907 °C | | |
| | JG-156 | | | 586 °C | 912 °C | | |
| | JG-157 | 126 °C | | 580 °C | | | |
| | JG-158 | 127 °C | | | | 581 °C | |
| | JG-160 | | 120 °C | 590 °C | 923 °C | | |
| | JG-161 | | 129 °C | 584 °C | 910 °C | | |
| | JG-167 | | 129 °C | 584 °C | 910 °C | | |
| | JG-171 | 579 °C | 117 °C | | | | |

*Filito, ** mistura filito+argila.

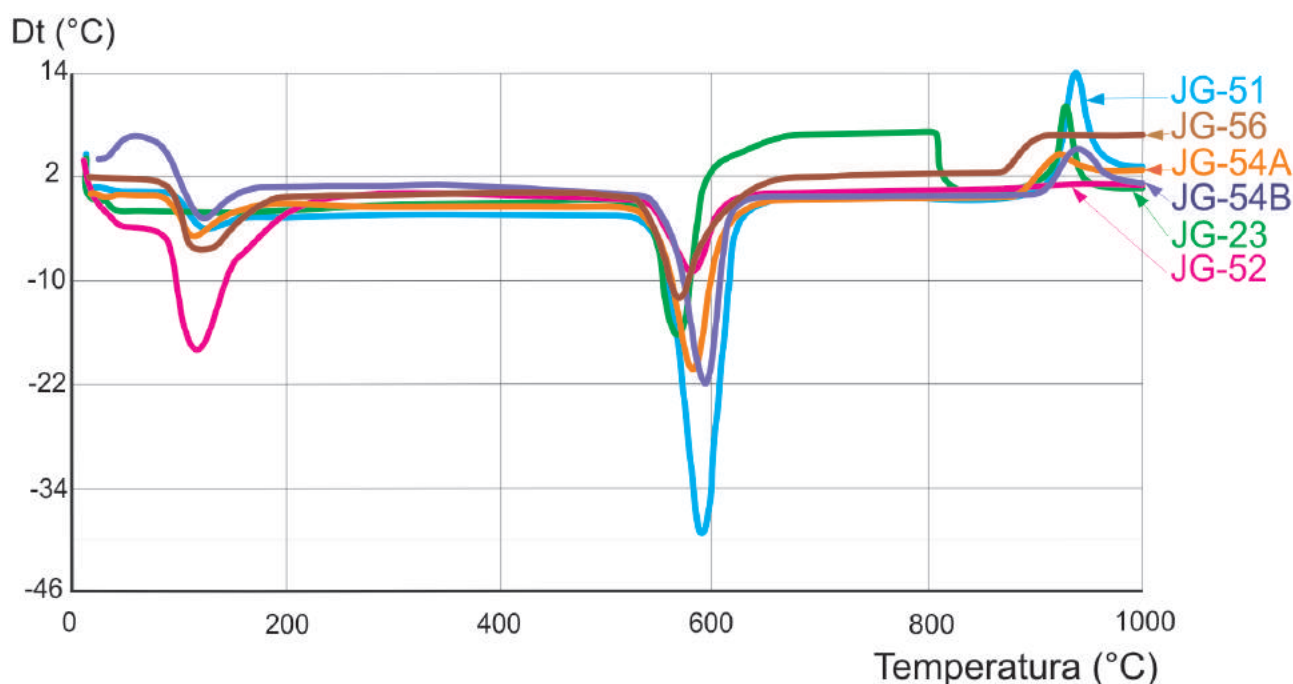


Figura 3.18 - Termogramas de análises térmicas diferenciais de argilas de Marabá e Itupiranga.

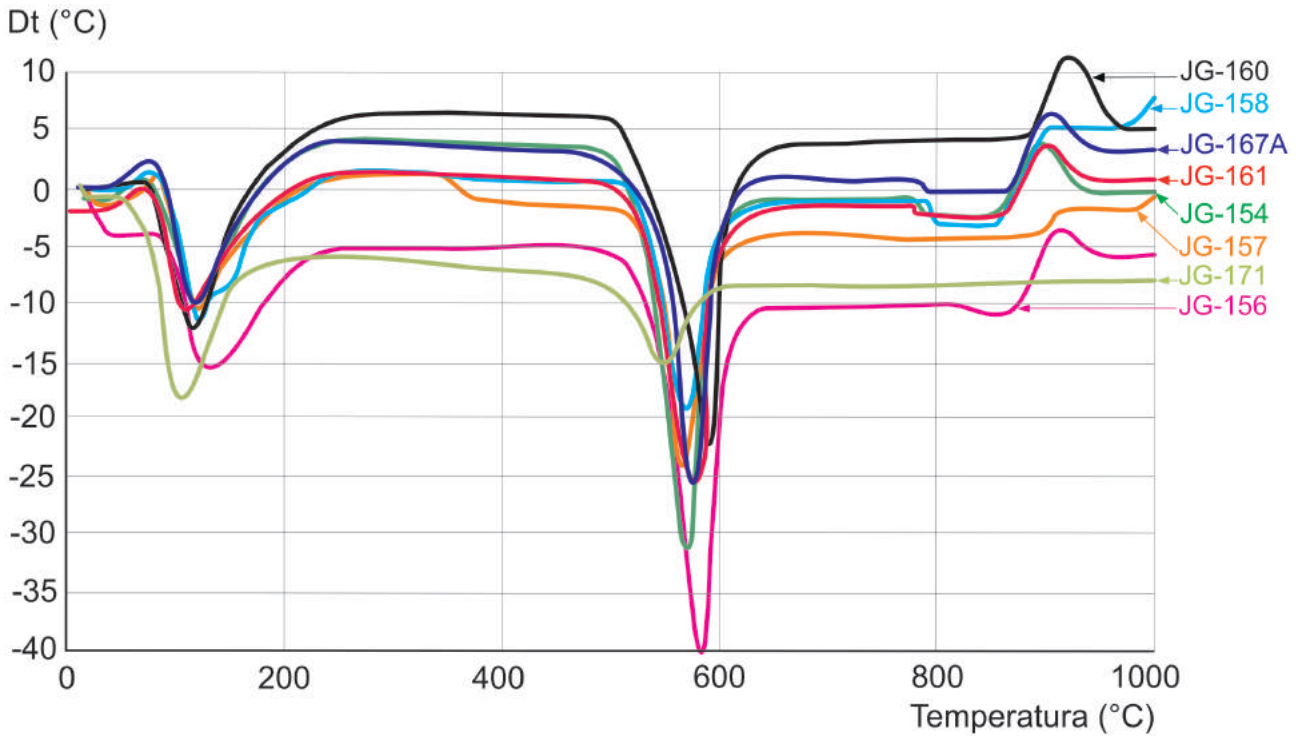


Figura 3.19 - Termogramas das análises térmicas diferenciais de argilas de Eldorado dos Carajás.

rio da CPRM-Superintendência Regional de Belém. Foram realizadas imagens de elétrons secundários, obtidas com voltagem de 15 a 20 kV, correntes entre 200 e 230 nA, distâncias de trabalho de 8 a 9 mm e ampliação entre 1.500 e 5.000 vezes. As figuras 3.20 e 3.21 mostram os minerais presentes (quartzo e caulinita) e os pontos analisados estão dispostos nas tabelas 3.21 e 3.22.

As análises na amostra JG-23 apresentaram valores elevados de O e Si nos pontos 1 e 2, o que indica a presença do mineral quartzo na forma de grãos detríticos, enquanto nos pontos 3, 4, 5 e 6 foram observados valores de O, Si e Al, compatíveis com a presença de caulinita, assim como indícios de elementos menores (Na, Fe, Mg e Ti) no ponto 4 (Tabela 3.21).

Na amostra JG-51 foram observados teores de O e Si compatíveis com a presença de quartzo nos pontos 1, 2, 5, 8, 10 e 11, enquanto nos pontos 3, 4, 6, 7, 9 e 12, a composição trata-se do mineral caulinita. Indícios de elementos menores (Na, K, Ca, Mg, Fe e Ti) foram detectados na amostra analisada (Tabela 3.22).

3.3 - SAIBRO

3.3.1 - Conceito e aplicações

Tradicionalmente, denomina-se de saibro ao produto natural proveniente da decomposição física e química incompleta de rochas cristalinas (granitos e gnaisses) que conservam vestígios da estrutura original. O saibro comum é muito poroso e permeável e é desmontável mecanicamente (enxada). Quando é mais resistente, só é desmontável com picareta

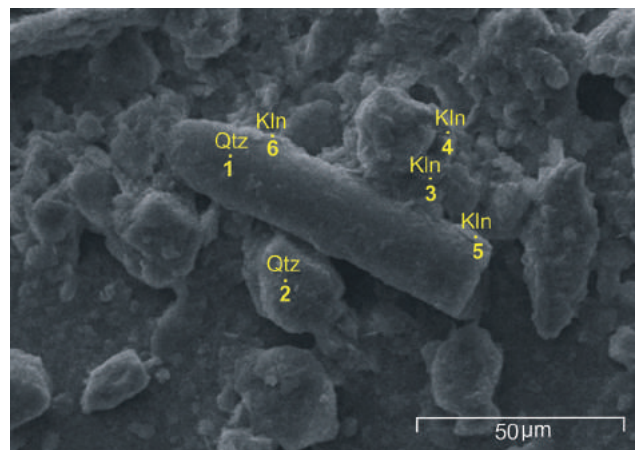


Figura 3.20 - Imagem de elétrons secundários obtida em MEV mostrando a morfologia dos minerais e os pontos analisados para a amostra JG-23. Qtz - quartzo; Kln - caulinita.

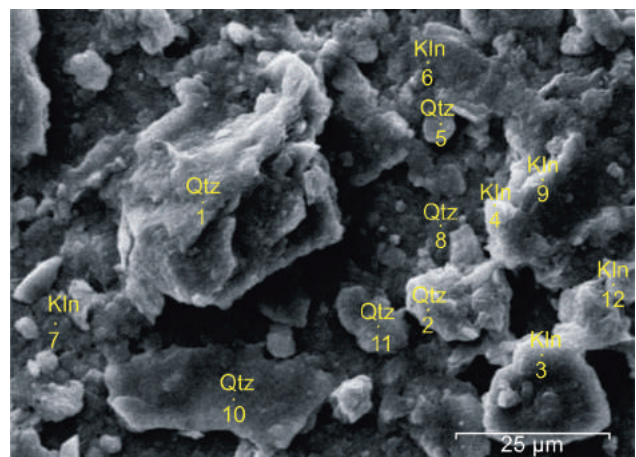


Figura 3.21 - Imagem de elétrons secundários obtida em MEV mostrando a morfologia dos minerais e os pontos analisados para a amostra JG-51. Qtz - quartzo; Kln - caulinita.

ou através da utilização de máquinas, e resulta num produto conhecido como saibro.

Embora na região de abrangência deste informe não se tenha observado o uso de saibro no seu *sensu strictu*, isto é, material derivado de intemperismo de rochas graníticas e/ou gnáissicas, mas sim de rochas sedimentares siliciclásticas (grupos Itapecuru e Barreiras) e de rochas metassedimentares, como filito intemperizado (Formação Couto Magalhães), é mantido o uso do termo “saibro”, em vez de “material de empréstimo”, de uso mais geral em construção rodoviária, conforme Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER (1997), em obediência à terminologia da legislação mineral, que inclui o termo “saibro” no Decreto nº 62.934 (02/04/1968), que aprovou o Regulamento do Código de Mineração. No seu Capítulo 7, Artigo 7º, que classifica as jazidas minerais em 8 classes, o “saibro” aparece na classe II, juntamente com ardósias, areias, cascalhos/seixos, quartzitos.

Trata-se de um material de pouco valor agregado, mas possui grande importância pela sua aplicação em projetos de construção civil e rodoviária. Na região de Marabá e adjacências é amplamente utilizado, tendo em vista o crescimento sócioeconômico e as perspectivas de instalações dos projetos da ALPA e ALINE, assim como da Plataforma Logística Multimodal de Marabá/Porto de Marabá, que integrará o sistema rodoferroviário regional com a Hidrovia Araguaia-Tocantins. Estes fatos vêm fomentando a imigração e a expansão de áreas urbanas, assim como a instalação de indústrias, condomínio residenciais, entre outros empreendimentos, que exigem uma demanda acentuada de saibro, e de outros materiais de construção civil. O saibro é utilizado principalmente para aterro de depressões de terrenos ou de áreas de planícies aluvionares (Figura 3.22), na pavimentação de estradas, no projeto ALPA e construções de habitações (Figuras 3.23 e 3.24).

Tabela 3.21 - Resultados de Análises de MEV (teores % em massa) da amostra JG-23.

| Elemento | Pontos | | | | | |
|--------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| O | 64,70 | 61,40 | 63,10 | 60,50 | 54,70 | 62,30 |
| Si | 34,70 | 36,10 | 18,70 | 15,20 | 26,70 | 22,20 |
| Al | 0,60 | 2,60 | 17,00 | 13,40 | 9,80 | 12,50 |
| Na | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| K | ND | ND | ND | 1,20 | 3,80 | ND |
| Ca | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Mg | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Fe | ND | ND | 1,20 | 2,80 | 5,00 | 3,00 |
| Ti | ND | ND | ND | 6,90 | ND | ND |
| C/matéria orgânica | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Cl | ND | ND | ND | ND | ND | ND |

ND - Não Detectado.

Tabela 3.22 - Resultados de Análises de MEV (teores % em massa) da amostra JG-51.

| Elemento | Pontos | | | | | | | | | |
|--------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| O | 64,70 | 59,30 | 61,00 | 60,30 | 59,70 | 58,50 | 56,00 | 52,50 | 61,20 | 54,30 |
| Si | 34,70 | 22,80 | 20,80 | 20,30 | 36,60 | 21,40 | 26,50 | 27,00 | 19,20 | 24,50 |
| Al | 0,60 | 11,70 | 14,80 | 13,90 | 2,70 | 14,80 | 6,90 | 3,40 | 14,80 | 11,00 |
| Na | ND | 4,60 | ND | ND | 0,50 | 0,80 | 4,40 | 6,30 | ND | 1,50 |
| K | ND | 0,30 | 0,80 | 1,20 | ND | 1,00 | 0,50 | ND | 1,20 | 2,90 |
| Ca | ND | ND | ND | 0,30 | 0,30 | 0,60 | 3,40 | 3,80 | ND | 2,40 |
| Mg | ND | 0,30 | 0,50 | 0,80 | ND | 0,80 | 1,40 | 1,80 | 0,60 | 1,20 |
| Fe | ND | 1,00 | 2,10 | 2,80 | ND | 2,20 | 0,80 | ND | 2,60 | 2,20 |
| Ti | ND | ND | ND | 0,50 | 0,20 | ND | ND | ND | 0,50 | ND |
| C/matéria orgânica | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | 5,20 | ND | ND |
| Cl | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |

ND - Não Detectado.



Figura 3.22 - Paisagem mostrando utilização de saibro em aterro de planície aluvionária, visando instalações industriais no Distrito Cidade Nova, em Marabá.



Figura 3.23 - Paisagem mostrando uso de saibro em obras da ALPA, Marabá.



Figura 3.24 - Paisagem mostrando uso de saibro em obra de construção de residências do Projeto “Minha Casa Minha Vida”, do Governo Federal, em Itupiranga.

Na região de Marabá, principalmente ao longo do trecho entre Marabá a Vila São José, no Km 8 da Rodovia Transamazônica, é onde se observa maior retirada e aproveitamento de saibro, em função de projetos de expansão do Distrito Cidade Nova, principalmente devido construções de condomínios e indústrias. Nesta área destaca-se a expansão do Distrito Industrial de Marabá, sobressaindo-se a construção das instalações da ALPA.

3.3.2 - Especificações

Na região em apreço os materiais utilizados como saibro não obedecem especificações técnicas precisas, tendo em vista que a maior parte destes materiais é utilizada como aterro. Observou-se que alguns sedimentos areno-argilosos de coloração amarelada, denominados de barro, que ocorrem intercalados com camadas de pelitos e areias com matriz caulínica, (Grupo Barreiras), são extraídos seletivamente para uso na mistura com areia e cimento, visando elaboração de argamassa para reboco de casas. Não foram realizados ensaios laboratoriais neste material.

3.4 - BRITA

3.4.1 - Conceito e aplicações

Brita é um termo utilizado para denominar fragmentos de rochas duras, originárias de processos de cominuição, cujo material é extraído de maciços rochosos (granito, gnaiss, basalto, calcário, etc.) com auxílio de explosivos.

A norma da ABNT NBR 7211:2009 (ABNT, 2009) fixa as características exigidas para agregados que podem ser de origem natural ou resultante de processo de britagem. A rocha britada, ou simplesmente brita, enquadra-se nesta norma como agregado graúdo, e é definida como o agregado cujos fragmentos passam pela peneira de malha quadrada, com abertura de 152 mm, e ficam retidos na peneira de 4,8 mm.

A brita constitui material de uso amplo e diversificado na indústria da construção civil, como: 1) concreto estrutural; 2) *radier* (lajes de concreto armado em contato direto com o solo); 3) pavimentação de estradas; 4) edificações; 5) obras civis (lastro de ferrovias, túneis, barragens); 6) enrocamento; 7) obras de infraestrutura (saneamento básico); 8) filtros, e 9) pedra de cantaria.

Vale ressaltar que os municípios de Marabá e Itupiranga não produzem brita, pois normalmente utilizam seixos como agregados. Na área do projeto, no município de Eldorado dos Carajás, existe uma única pedreira, a qual distribui sua produção para os municípios limítrofes.

De maneira geral os produtos oriundos da britagem de rocha são denominados pelos seguintes termos (Tabela 3.23):

3.4.2 - Novas possibilidades para brita

Trabalhos de campo realizados neste projeto, acompanhados por interpretação de imagens aerogeofísicas e estudos petrográficos, permitiram a individualização do Granito Mumui, na porção norte da área de trabalho, a oeste da cidade de Marabá. Com objetivo de contribuir para identificação de novas fontes de rochas para brita, foram realizados ensaios tecnológicos para avaliar o potencial deste corpo para uso como brita ou rocha ornamental e revestimento. Foi coletada uma amostra do Granito Mumui (JG-16) no Assentamento Mumui, no Km 37,1 da BR-230 (rodovia Transamazônica), sentido Marabá-Itupiranga, nas coordenadas geográficas 5° 12' 46.85" S e 49° 22' 49.95" W.

Morfológicamente a região de ocorrência do Granito Mumui se caracteriza pela presença de morros isolados, com altitudes variando entre 80 a 158 metros, com presença de afloramentos na forma de blocos e lajeiros em encostas, e em regiões aplainadas a levemente onduladas. Na estação JG-16 aflora um leucossienogranito de granulação média, coloração esbranquiçada, onde se destacam pontuações amarronzadas de granada (Figura 3.25 A). Apresentam deformação evidenciada pela orientação mineral, mas sem definir claramente uma estrutura penetrativa. Sob o microscópio observa-se uma textura protomilonítica, definida por pórfiros de feldspato alcalino e granada, em matriz quartzo-feldspática fortemente recristalizada (Figura 3.25 B).

3.4.3 - Ensaios tecnológicos para brita

Os ensaios foram realizados no Departamento de Engenharia de Minas/Centro de Tecnologia e Geociências da UFPE. A Determinação de Índices de Torrões de argila foi realizado segundo a norma da NBR NM 7218:1987 e acusou a presença de 0,26 % de material pulverulento na amostra britada, o que constata que a brita obtida está dentro dos limites aceitáveis para uso em concreto, tendo em vista que o máximo admissível é igual a 1,5%. As medidas de Massa Específica foram realizadas segundo a norma ABNT NBR NM 725:1982. Os ensaios realizados demonstram que a Massa Específica aparente situa-se em torno de 1,331 t/m³, estando dentro dos resultados médios aceitáveis para britas empoadas.

Foi realizada a análise granulométrica da rocha britada (Tabela 3.24), segundo os procedimentos da norma da ABNT NBR 7211:2005 e DNER-EM 083/98 (DNER, 1998b). O material cominuído em britador de mandíbula com abertura de 2" (50,8 mm) resultou em uma distribuição granulométrica com diâmetro médio de 1" (25,4 mm), e cerca de 70% de material em granulometria acima de ¾" (19 mm). A geração de finos na fração areia e argila na britagem ascendeu a cerca de 12,5% da alimentação do britador.

Foram realizados ensaios para determinação do Índice de Material Pulverulento, de acordo a norma da ABNT NBR NM 46:2006, onde é definida a quantidade de material fino que passa na peneira de 75 µm, através da lavagem do material britado. As partículas de argila e outros materiais que se dispersam por lavagem, assim como materiais solúveis em água, foram removidos do agregado durante o ensaio. O resultado do ensaio indicou um percentual de material pulverulento de 1,03%, valor este inferior ao limite máximo aceitável de 5%, estabelecido pela norma da ABNT para aplicação em concreto.

Os procedimentos que visaram determinar o Índice de Forma dos fragmentos resultantes da britagem foram realizados conforme a norma da ABNT NBR 6954:1990. As análises indicaram que

os produtos da britagem possuem forma predominantemente cúbica (53,57%), com relação média $b/a = 0,67$ e $c/b = 0,65$. Ademais foram encontradas também formas lamelares (28,57%) e alongadas (17,86%).

O Ensaio de Abrasão *Los Angeles* obedeceu à norma DNER ME - 035/98. Este ensaio corresponde ao desgaste sofrido pela brita, quando colocada na máquina *Los Angeles*, juntamente com uma carga abrasiva, e submetida a um determinado número de revoluções à velocidade de 30 a 33 rpm, até completar 500 rotações (DNER, 1998a). Esse desgaste é convencionalmente expresso em percentagem de massa do material passante, após o ensaio, na peneira de malhas quadradas. Segundo a norma utilizada, o valor da abrasão *Los Angeles* deverá ser inferior a 50% em massa do material. O ensaio foi

Tabela 3.23 – Classificação de britas.

| | |
|-------------------------------------|---|
| Rachão | Material obtido após desmonte da rocha por explosivo, às vezes denominado “rachão de praça”, ou após britagem primária |
| Gabião ou “rachão de gabião” | Material com dimensões entre 100 mm e 150 mm |
| Brita graduada | Mistura de tamanhos de 0 até máximo especificado, com controle de granulometria definida pelo consumidor |
| Brita 0 ou pedrisco | 4,8 mm a 9,5 mm |
| Brita 1 | 9,5 mm a 19 mm |
| Brita 2 | 19 mm a 25 mm |
| Brita 3 | 25 mm a 50 mm |
| Brita 4 | 50 mm a 76 mm |
| Brita 5 | 76 mm a 100 mm |
| Bica corrida | Mistura de tamanhos sem exigência de composição granulométrica, com dimensões variando de zero a 50 mm |
| Pó de pedra | Fração de finos de britagem, com dimensões variando de 0 a 5 mm, com alto teor de finos (máximo de 20%) passantes na malha 200 (0,074 mm) |
| Areia de brita | Pó de pedra sem partículas abaixo da malha 200 (0,074 mm), sendo a retirada dos finos é feita por lavagem do pó |

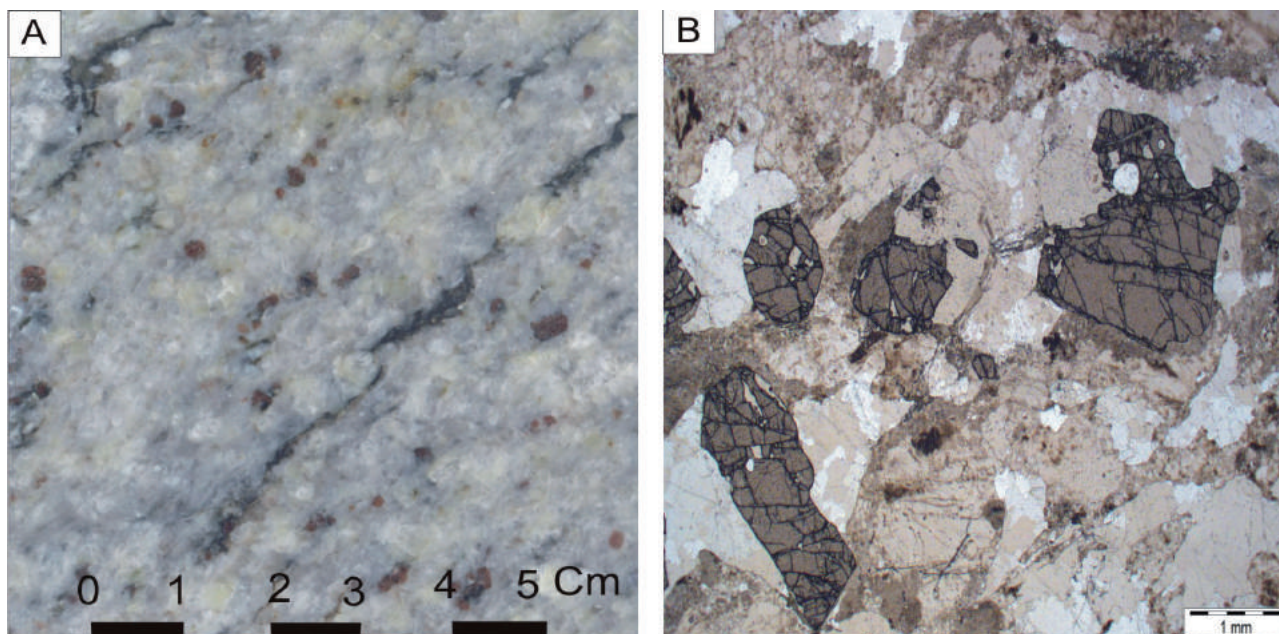


Figura 3.25 – (A) Aspecto textural do leucossienogranito da estação JG-16; (B) Fotomicrografia evidenciando cristais de granada.

realizado na graduação B e o valor obtido para a amostra JG-16 foi de 19%, portanto, com propriedade condizente para utilização em agregados na construção civil. É recomendável, no entanto, que para utilização em concreto o material obedeça à norma da ABNT NBR 15.577:2008 para controle da Reação Álcali-Agregado.

3.5 - ROCHA ORNAMENTAL E DE REVESTIMENTO

3.5.1 - Conceito e aplicações

As rochas ornamentais foram utilizadas inicialmente na arquitetura e na construção civil como elemento estrutural e alcançaram na atualidade um grande uso como elemento de revestimento em pisos, paredes e fachadas. De um modo geral, os aspectos que determinam a utilização de uma rocha para fins ornamentais e/ou de revestimento estão associados ao seu aspecto estético-decorativo, em que merecem destaque as características de cor, a harmonia da textura e/ou estrutura e o estado de alterabilidade da rocha. O campo de utilização é bastante amplo e historicamente tem sua aplicação distribuída como 75% em obras civis, 15% em arte funerária e 10% em aplicações diversas. A ABNT define o termo “rocha de revestimento” como rocha natural que, submetida a processos diversos de beneficiamento, pode ser utilizada no acabamento de superfícies, especialmente pisos, paredes e fachadas, em obras de construção civil. Esta definição é similar aquela adotada pela *American Society for Testing and Materials* (ASTM, 2001), que denomina este material de *dimension stone*, e define como pedra natural que foi selecionada, regularizada ou cortada em tamanhos e formas es-

pecificados ou indicados, com ou sem superfícies mecanicamente acabados (FRASCÁ, 2003).

A realização de ensaios de caracterização tecnológica são determinantes para avaliação da qualidade das rochas, além de fornecerem subsídios para os cálculos de projetos, sobretudo no tocante ao dimensionamento das peças (massa específica e resistência à flexão) a serem ancoradas por insertos metálicos nos revestimentos externos. Desta forma o desempenho da rocha após sua aplicação será influenciado pela porosidade, absorção d'água, desgaste à abrasão e sua resistência mecânica à compressão e flexão, que são influenciadas pela existência de minerais friáveis ou solúveis, que podem comprometer seu uso, durabilidade e o custo de manutenção.

As principais aplicações da rocha ornamental e de revestimento são como revestimentos internos e externos de paredes, pisos, pilares, colunas e soleiras, em edificações, ou como peças isoladas, tais como, esculturas, tampos e pés de mesa, balcões, lápides e arte funerária em geral.

Segundo Frascá (2003), os ensaios e análises necessários para definição das propriedades das rochas visando aplicação como rocha ornamental e de revestimento conforme a situação de uso são listados na Tabela 3.25.

3.5.2 - Ensaios para rocha ornamental e de revestimento

Estes ensaios foram realizados também no leucossienogranito da estação JG-16, do Granito Mumi. Os resultados obtidos estão reunidos nas tabelas 3.26 e 3.27.

Na figura 3.26 encontram-se os resultados obtidos em alguns ensaios, estando correlacionados

Tabela 3.24 - Resultados da de ensaios granulométricos de brita na amostra JG-16.

| Granulometria (mm) | Retido (g) | Passante (g) | Retido (%) | Passante (%) | Retido acumulado | Passante acumulado |
|--------------------|------------|--------------|------------|--------------|------------------|--------------------|
| 50,00 | 0,00 | 4985,00 | 0,00 | 100,00 | 0,00 | 100,00 |
| 38,00 | 1410,00 | 3575,00 | 28,30 | 71,70 | 28,30 | 71,70 |
| 25,00 | 1498,00 | 2077,00 | 30,10 | 41,70 | 58,30 | 42,70 |
| 19,00 | 575,00 | 1502,00 | 11,50 | 30,10 | 69,90 | 30,10 |
| 12,50 | 408,00 | 1094,00 | 8,20 | 22,00 | 78,10 | 22,00 |
| 9,50 | 177,00 | 917,00 | 3,60 | 18,40 | 81,60 | 18,40 |
| 6,30 | 178,00 | 739,00 | 3,60 | 14,80 | 85,20 | 14,80 |
| 4,80 | 117,00 | 622,00 | 2,40 | 12,50 | 87,50 | 12,50 |
| 2,40 | 198,00 | 424,00 | 4,00 | 8,50 | 91,50 | 8,50 |
| 1,20 | 112,00 | 312,00 | 2,30 | 6,30 | 93,70 | 6,30 |
| 0,60 | 129,00 | 183,00 | 2,60 | 3,70 | 96,30 | 3,70 |
| 0,30 | 118,00 | 65,00 | 2,40 | 1,30 | 98,70 | 1,30 |
| 0,20 | 29,00 | 36,00 | 0,60 | 0,70 | 99,30 | 0,70 |
| 0,10 | 33,00 | 3,00 | 0,70 | 0,10 | 99,90 | 0,10 |
| < 0,075 | 3,00 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 100,00 | 0,00 |
| TOTAL | 4985,00 | 4985,00 | 100,00 | - | - | - |

com os índices padrões da ASTM (1999) e de Frazão e Farjallat (1996), que estabelecem as especificações de limites para seleção das rochas como materiais de

revestimento e de construção civil. Os ensaios realizados na amostra JG-16 indicam que esta atende os requisitos para aplicação como rocha de revestimento.

Tabela 3.25 - Parâmetros tecnológicos exigidos para a escolha e utilização de rocha em revestimento.

| Ensaio | Tipo de Aplicação | | | | | |
|------------------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|--------|
| | Pisos | | Paredes | | Fachadas | Tampas |
| | Exterior | Interior | Exterior | Interior | | |
| Absorção de água | X | X | X | X | X | X |
| Desgaste abrasivo | X | X | | | | |
| Flexão | X | X | | | X | X |
| Compressão | | | X | X | X | |
| Dilatação térmica | X | X | X | X | X | |
| Acabamento superficial | X | X | | | X | |
| Alterabilidade | X | X | | | X | X |

Tabela 3.26 - Correlação entre os padrões de índices físicos e os resultados obtidos nos ensaios da amostra JG-16.

| Ensaio | Norma utilizada | Padrão | | JG-16 | Diagnóstico |
|---|---------------------|-------------|---------------------------|--------------|-------------|
| | | ASTM (1999) | Frazão & Farjallat (1995) | | |
| Absorção de água máxima (%) | ABNT NBR 12766:1992 | ≤ 0,40 | ≤ 0,40 | 0,281±0,029 | Atende |
| Massa específica seca (g/m ³) | | ≥ 2.560 | ≥ 2.550 | 2,643±0,009 | Atende |
| Massa específica saturada (g/m ³) | | - | - | 2,649±0,009 | Atende |
| Porosidade máxima (%) | | n.e. | ≤ 1,00 | 0,741±0,076 | Atende |
| Resistência a compressão simples (Mpa) | ABNT NBR 12767:1992 | ≥ 131,00 | ≥ 100 | 187,07±12,98 | Atende |
| Resistência à tração por flexão (Mpa) | ABNT NBR 12763:1992 | ≥ 10,34 | ≥ 10 | 14,25±3,29 | Atende |
| Índice de desgaste AMSLER 500 m (mm) | ABNT NBR MB 3379 | n.e. | ≤ 1,00 | 0,557±0,134 | Atende |
| Índice de desgaste AMSLER1000 m (mm) | | - | - | 1,123±0,070 | - |

Tabela 3.27 - Resultados de ensaios de resistência ao impacto de corpo duro, nas diferentes alturas, obtidos nos ensaios da amostra JG-16.

| Ensaio | Resultado | Norma |
|---|-----------|------------------------|
| Resistência ao impacto de corpo duro/altura 30 cm | Fissura | ABNT NBR MB 12764:1992 |
| Resistência ao impacto de corpo duro/altura 35 cm | Lasca | |
| Resistência ao impacto de corpo duro/altura 40 cm | Ruptura | |

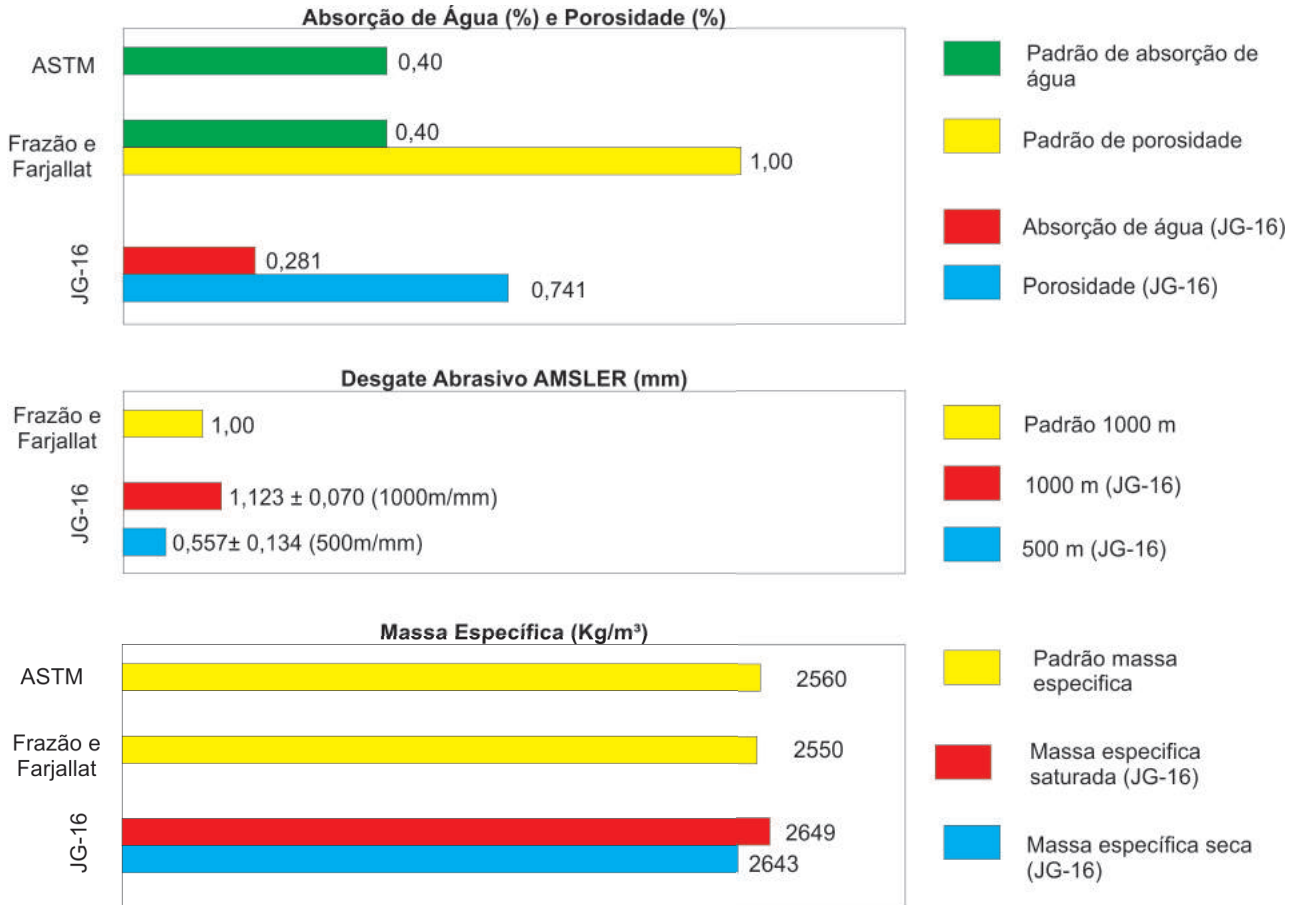


Figura 3.26 - Infográfico comparativo dos valores padrões de índices de Porosidade, Absorção de Água e Desgaste AMSLER com valores obtidos na amostra JG16 (Adaptado de ALTOÉ; QUEIROZ, 2008).

4 - MÉTODOS DE LAVRA E BENEFICIAMENTO

4.1 - INTRODUÇÃO

A mineração é uma atividade praticada em todo mundo e as técnicas de extração empregadas estão em constante evolução. Os métodos são condicionados pela disponibilidade e desenvolvimento dos equipamentos e, como todos os fatores que influenciam em sua seleção, devem ser avaliados levando-se em conta os aspectos tecnológico, social, econômico e político. A seleção do método de lavra é um dos principais elementos em qualquer análise econômica de uma mina, e sua escolha permite o desenvolvimento da operação. A seleção imprópria tem efeitos negativos na viabilidade da mina.

Comumente o método de lavra é designado como sendo a técnica de extração do material. Isso define a importância de sua seleção, já que todo o projeto é elaborado em torno da técnica utilizada para lavar o depósito. Os trabalhos de infraestrutura estão diretamente relacionados com o método. Embora possam ocorrer modificações durante os serviços de lavra, implicando custos adicionais, essas alterações, geralmente, não produzirão um projeto ótimo em termos de eficiência operacional, porém, caso sejam necessárias essas modificações, será preciso estabelecer um método que possua maior flexibilidade em termos de variações na técnica de extração.

Destacam-se entre as matérias-primas mineiras utilizadas pelo setor da construção civil da área do projeto, areia, seixo e argilas, rochas para brita, e em menor escala, materiais de empréstimo. Neste capítulo serão abordados os principais métodos de lavra e beneficiamento destes insumos.

4.2 - PROCESSOS DE LAVRA

4.2.1 - Lavra através de dragagem em leitos ativos dos rios

A operação de lavra em leitos ativos dos rios Tocantins e Itacaiúnas, nos arredores de Marabá, é realizada através de dragagem com sucção, utilizando-se bombas instaladas em barcos estacionários, que posteriormente abastecem barcas utilizadas para transporte dos sedimentos/agregados para a margem dos rios. Os agregados podem ser selecionados no local da dragagem ou enviados para plantas de classificação, onde são separados seletivamente. As figuras de 4.1 a 4.6 mostram os passos seguidos, desde a dragagem até a separação granulométricas dos agregados.

4.2.2 - Lavra de areia branca em depósitos associados a paleodepósitos aluvionares

Nas visitas realizadas em 2013 foram observadas quatro áreas com exploração ativa e/ou inativa em ocorrências de areia branca localizadas na margem da BR-222, 2 km a sul do Distrito Morada Nova (Figura 4.7). Estes depósitos são aqui interpretados como resultantes de processos pedogenéticos de formação de espodosolos, desenvolvidos sobre paleodepósitos fluviais, possivelmente quaternários. Segundo Brandy e Weil (2013), a formação destes espodosolos envolve processos de lixiviação ácida sobre sedimentos arenosos em climas tropicais. O Horizonte Eluvial "E" do perfil de solos é constituído predominantemente de areia branca, quartzosa, insumo de interesse para uso na construção civil da região.

A imagem de satélite da figura 4.7 mostra as localizações das cavas referentes às quatro ocorrências de areia branca, aqui denominadas de área I, II, III e IV. No areal I, a lavra já se encontrava extinta e as cavas estavam inundadas. Atualmente a área é utilizada para criação de peixes e lazer. As áreas II e III correspondem ao areal do Cunhadinho. A área II mostra uma superfície de 300 m x 55 m e profundidade observada *in loco* variando entre 1,5 a 2,0 m. Estima-se que um volume de 24.750 a 33.000 m³ de areia branca foi extraído desta cava. Atualmente está exaurida, com a cava inundada servindo também para atividade de piscicultura. A área III estava sendo lavrada quando da visita realizada em dezembro de 2013. Apresentava uma dimensão de 300 m x 75 m com profundidade que variava entre 1,5 e 2,0 m. Estima-se que um volume de areia de 33.750 a 45.000 m³ já tenha sido extraído deste depósito. Na área IV a atividade estava paralisada.

Na área III observou-se que o processo de extração era bastante rudimentar. A área apresenta uma topografia plana e vegetação aberta, constituída por arbustos, capins e palmeiras de pequeno porte, o que facilita a exploração. O processo de extração e beneficiamento obedece às seguintes etapas:

Primeira Etapa: Inicia-se com a retirada da vegetação e da camada superior do solo, constituída pelos horizontes A e O do perfil do espodosolo, com uso de trator de esteira e lâmina, visando limpar e preparar a área para a lavra. A retirada desta camada se faz necessária devido à presença de contaminantes indesejáveis na areia, tais como, matéria orgânica finamente disseminada, folhas, raízes e troncos de árvores, abundantes na camada superior do solo. Este material é estocado separadamente nas vizinhanças da futura cava (Figura 4.8).



Figura 4.1 - Dragagem de agregados no leito do Rio Tocantins (1); Barcaça de transporte de agregados (2); Bomba de sucção utilizada para direcionar os agregados para classificação granulométrica (3).



Figura 4.2 - Barcaça com agregados (1), sendo descarregada com bombas de sucção (2) para planta de classificação.



Figura 4.3 - Classificação granulométrica de agregados do Rio Tocantins. a, b, c e d representam as graduações de seixos 0, 1, 2, e 3, respectivamente. Em "e" está a areia não classificada.



Figura 4.4 - Agregados classificados separados em pilhas de areia grossa (1), areia média (2) e seixos (3), nas margens do Rio Tocantins.

Segunda Etapa: Extração da areia do Horizonte Eluvial E, composto de areia branca constituída predominantemente por grãos de quartzo. A lavra é realizada inicialmente pelo método de cava seca, com utilização de retroescavadeira de pneus, que usa uma lança para cavar e concha para depositar e acumular areia na periferia da cava, sendo posteriormente carregada para veículos basculantes. Nesta etapa, a lavra é realizada até o nível superior do lençol freático, quando o surgimento de água inviabiliza a continuidade da extração (Figura 4.9). Na figura 4.9 pode ser observada a superfície superior do Horizonte Espódico B, que, segundo Brandy e Weil (2013), se caracteriza pela presença de areia cimentada por matéria orgânica e óxidos de ferro, semi-endurecido.

Terceira Etapa: A lavra é realizada quando a cava já se encontra submersa. Nesta etapa a extração é realizada na base e nas paredes laterais da cava, que já se encontra preenchida parcialmente com água. Na extração, utiliza-se uma instalação rudimentar de dragagem, constituída por uma bomba de sucção com rotor, adaptada numa plataforma de madeira instalada sobre tambores flutuantes (Figura 4.9). O equipamento de dragagem possui uma mangueira com "maraca" na extremidade, por onde se realiza a entrada da polpa (constituída por material sólido + água) através operação dirigida manualmente por um operador, e na outra extremidade a polpa é lançada sobre uma tela adaptada em estrutura de madeira. Na medida em que a polpa é lançada sobre a tela, os finos (areia) passam e se acumulam numa bacia de decantação, sendo posteriormente retirados e empilhados por uma retroescavadeira (Figura 4.10). O material que não passa na tela, constituído predominantemente por matéria orgânica, torrões de areia e/ou de argila, é monitorado por um operador que manualmente os retira da tela a fim de impedir o entupimento da mesma (Figura 4.10).

4.2.3 - Lavra de seixos em terraço fluvial do Rio Vermelho

Estes depósitos de terraços estão localizados na margem do Rio Vermelho, em níveis topográficos mais elevados, expostos durante o período de estiagem. A lavra destes depósitos foi observada na estação JG-165B. Inicialmente é feito o decapeamento do depósito, utilizando-se tratores de esteiras e pás-carregadeiras, dependendo da compactação do sedimento. A lavra é realizada por desmonte hidráulico, evoluindo para o formato de uma cava ou de um talude irregular. O desmonte hidráulico consiste na desagregação da areia e dos seixos, utilizando-se jatos d'água de alta pressão com uso de bomba (Figura 4.11). Este jato é direcionado para a base do talude da cava provocando desmoronamento dos sedimentos semiconsolidados. O material desmoronado, desagregado, forma uma polpa, que desce por gravidade até uma pequena bacia de acumulação. Posteriormente, o material é enviado através de bomba de sucção para um sistema artesanal de classificação, constituído por uma tela de aço instalada em estrutura de madeira, onde se dá a



Figura 4.5 - Classificadores de areia fina (1) e média (2) nas margens do Rio Tocantins.



Figura 4.6 - Carregamento de areia para comercialização em Marabá.

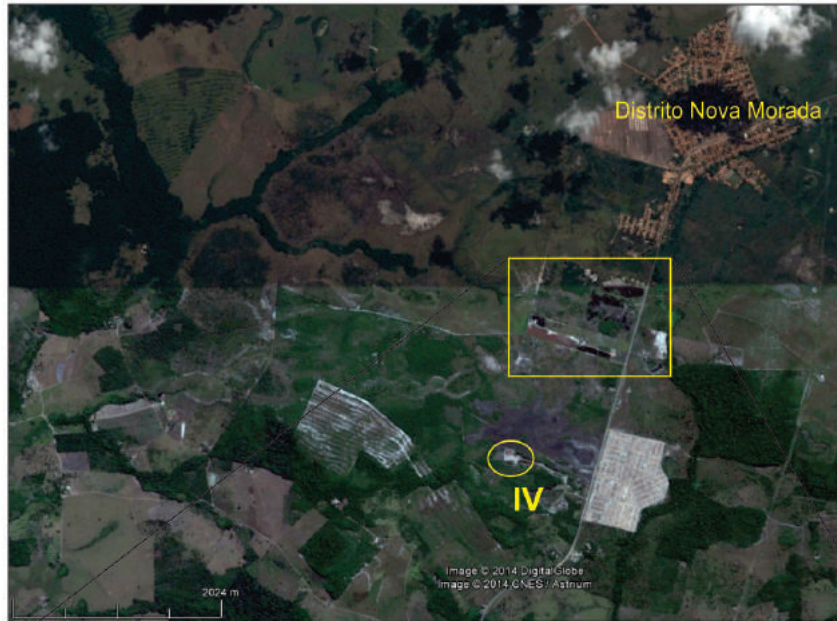


Figura 4.7 - Imagens de satélite mostrando localização dos depósitos de areia branca localizados na margem da BR-222, a sul do Distrito Morada Nova. Imagens obtidas em: <<http://Earth.google.com>>. Acesso em 01/08/2014.

separação de seixos e areia (Figura 4.12). Em seguida o material classificado é carregado em caçambas basculantes e transportado para comercialização.

4.2.4 - Extração de argila em planícies aluviais

A lavra de argila em Marabá visando retirada de matéria-prima para fabricação de cerâmica vermelha é realizada atualmente nas planícies dos rios Tocantins e Itacaiúnas (Figura 4.13), e em Itupiranga, nas margens do Rio Tocantins. Na região de Eldorado dos Carajás as planícies do Rio Vermelho e seus



Figura 4.8 - Retirada da camada superior do solo, rica em matéria orgânica, para posterior extração do horizonte de areia branca.



Figura 4.9 - Foto mostrando a extração de areia branca em cava seca, exibindo o Horizonte Eluvial E de interesse (1), o Horizonte Espódico B e o nível superior do lençol freático (2) e bomba de sucção (3).



Figura 4.10 - Exploração em fase de cava submersa. (1) Bacia de acumulação de areia lavada; (2) Pilha de areia branca lavada pronta para carregamento e comercialização; (3) Detalhe do operador responsável pela retirada de impurezas do material.

afluentos Grota Verde e Igarapé do Cardoso, nos arredores da sede municipal, são palco da extração de argila para suprimento de matéria prima de 13 indústrias cerâmicas locais, obedecendo aos mesmos procedimentos dos realizados em Marabá e Itupiranga.

O método de extração é realizado nas seguintes etapas: 1) Retirada da vegetação e decapeamento do gleissolo (argila com matéria orgânica) com utilização de retroescavadeira e/ou trator de esteira; 2) A extração da argila é realizada com a concha articulada, sendo o material acumulado em pilhas ao redor da cava, e posteriormente carregado por caçambas basculantes de 12 ou 16 m³ (Figura 4.14). Problema comum é a inundação das cavas quando é atingida a porção superior do lençol freático (Figura 4.15), o que resulta na paralisação da exploração e deixa um grande passivo ambiental.

A argila é retirada durante os períodos de estiagem (junho-outubro) e acumulada na forma de pilha no pátio da indústria cerâmica visando a sua maturação. A distância da jazida de argila para a indústria cerâmica geralmente não excede 3 km. Esta matéria prima supre a demanda de insumo durante o ano seguinte.



Figura 4.11 - Desmonte hidráulico do depósito de terraço da margem direita do Rio Vermelho (Sítio Prainha).



Figura 4.12 - Classificação de depósitos de terraço aluvial em seixos (1) e areia não selecionada (2).



Figura 4.13 - Extração de argila na planície do Rio Itacaiúnas, no Distrito Cidade Nova.



Figura 4.14 – Retroescavadeira carregando de argila caçamba truncada, em via de transporte para pátio da cerâmica.



Figura 4.15 – Cavas inundadas após retirada de argila na planície do Rio Vermelho, a montante da cidade de Eldorado dos Carajás.

4.2.4.1 - Processos de fabricação de produtos cerâmicos

O processo de transformação mineral das argilas aluvionares em produtos de cerâmica vermelha, principalmente tijolos e telhas, nos polos cerâmicos de Marabá, Itupiranga e Eldorado dos Carajás obedece a um fluxograma comum, com algumas variações e/ou adaptações no circuito do processo (Figura 4.16).

As figuras 4.17 a 4.20 mostram etapas do processo de fabricação de cerâmica vermelha. O material proveniente da jazida é conduzido para a indústria de cerâmica, onde se procede a blendagem dos diversos tipos de argila. A pá carregadeira alimenta o processo produtivo obedecendo às seguintes etapas: o material argiloso é disposto em uma caixa alimentadora (Figura 4.17) que fornece o minério de maneira uniforme para a linha de produção, por meio de uma correia transportadora (Figura 4.18), evitando interrupções na produção por falta ou excesso de material. Em seguida este material é conduzido por correia transportadora ao desintegrador para umidificação (Figuras 4.19 e 4.20), que faz a pré-laminação, através da passagem entre os rolos (4 a 9 mm) de onde segue para o misturador, que garante a mistura homogênea de diversos tipos de argila, distribuindo água e triturando os torrões. Posteriormente, o laminador realiza o processo de eliminação dos pedregulhos e completa a mistura da massa. O material é encaminhado em seguida para a “maromba” ou extrusora, onde se encontra um molde para formar coluna contínua, que é cortada em dimensões pré-definidas. A máquina extrusora tem a função de homogeneizar, desagregar e compactar as massas cerâmicas dando forma ao produto.

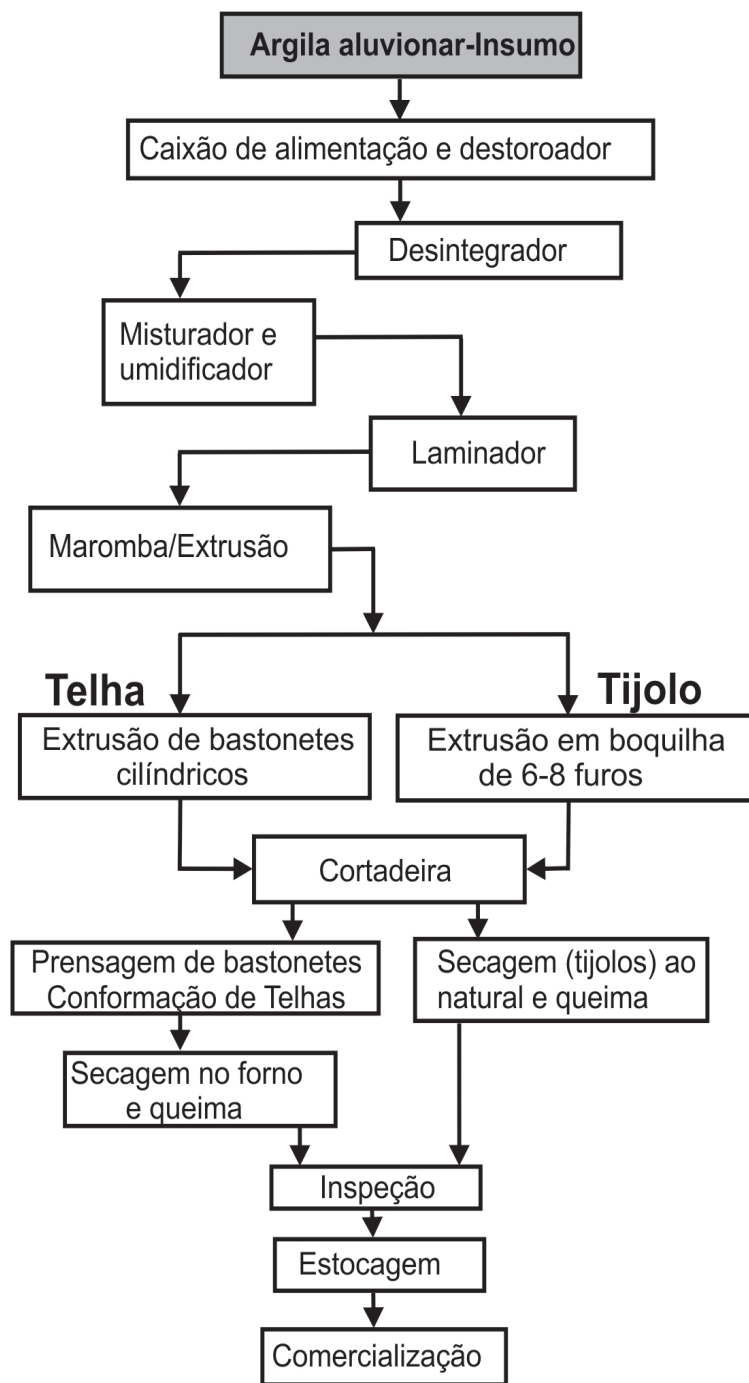


Figura 4.16 - Fluxograma do processo de fabricação de produtos cerâmicos (tijolos e telhas) da região de Marabá, Itupiranga e Eldorado dos Carajás.



Figura 4.17—Caixa de alimentação com argila in natura misturada com restos de material extrudado irregularmente e reaproveitados.



Figura 4.20- Misturador e processo de umidificação com aspersão de água.



Figura 4.18. - Correia transportadora de argila fragmentada vinda do destorroador (2) e desintegrador (3).



Figura 4.19 - Correia transportadora de material vindo do desintegrador para o misturador.

Após a conformação, inicia-se a etapa de secagem. Esse processo é uma operação muito importante na fabricação da cerâmica vermelha e requer alguns cuidados especiais para garantir que a água contida nos produtos seja lenta e uniformemente eliminada por toda a massa cerâmica,

visando evitar possíveis defeitos nas peças, como trincas, empenamentos ou quebras durante a futura queima dos produtos. É realizada a secagem natural, próxima aos fornos para aproveitamento do calor circulante, por um período que varia de 2 a 4 dias, de acordo com a umidade relativa do ar no local de secagem e as características do material utilizado.

A queima é a etapa mais importante de todo processo produtivo. A matéria prima é queimada a temperaturas que variam entre 650° C e 1.000° C, por até 4 dias. Após o resfriamento, os produtos cerâmicos resultantes estão aptos para a comercialização.

4.2.5 - Extração de brita

Embora existam inúmeros afloramentos rochosos localizados na borda leste do Cráton Amazônico (domínios tectônicos Bacajá e Carajás), a brita que abastece o mercado do eixo Marabá-Parauapebas-Canaã dos Carajás é produzida no município de Eldorado dos Carajás, a partir de uma mina que explora rochas do Complexo Xingu (Figura 4.21). No local da extração ocorrem principalmente ortognaisses migmatíticos, com neossomas graníticos, lentes de anfibolito e injeções/diques graníticos.

Nos municípios de Parauapebas e Canaã dos Carajás, fora da área do projeto, existem outras pedreiras que suprem as demandas locais de brita.

Os produtos finais da britagem são obtidos em função da demanda comercial na região e abrangem as seguintes graduações: britas nº 0, 1, 2 e pó de brita (Figura 4.22). As quatro primeiras são utilizadas em construção civil, enquanto a última é usada em mistura asfáltica aplicada na pavimentação de estradas.

A granulometria dos produtos de britagem na pedra em referência segue a padronização da ABNT NBR 7211:2009. A Figura 4.23 mostra detalhes dos produtos comercializados.



Figura 4.21 – Mina de brita do município de Eldorado dos Carajás. 1 - Regolito; 2-Frente de lavra; 3-Blocos e matacões de rochas produzidos pelas detonações; 4 - Escavadeiras de esteira em operação abastecendo caçamba de 15 toneladas; 5-Cavadeira de esteira em operação na retirada do estéril (regolito).



Figura 4.22 - Pilhas de produtos britados expostos no pátio de estocagem da mina. (1) Brita nº 2; (2) Brita nº 1; (3) Brita nº 0; (4) Pó-de-Brita.



Figura 4.23 - Pilas de britas produzidas.

A extração de rocha para brita segue o fluxograma habitual da extração de qualquer rocha dura a céu aberto, obedecendo aos seguintes procedimentos:

1 - Limpeza da área com remoção da cobertura vegetal;

2 - Decapeamento do regolito através de escavadeiras de esteira com caçamba retroescavadora (*shovel*) visando remoção do estéril e transporte com caminhões de 15 toneladas para áreas de “bota-fora”. A espessura do regolito é variável podendo ter no mínimo de 2 metros e no máximo de 7 metros;

3 - Desmorte primário da rocha com perfuratriz e explosivo;

4 - Cominuição dos blocos e matacões maiores com martelos hidráulicos (rompedores hidráulicos) e explosivos visando assim adequar o tamanho dos mesmos com as bocas dos britadores;

5 - Carregamento de caminhões de 15 toneladas com blocos e matacões com uso de escavadeiras de esteira com caçamba retroescavadora (*shovel*), visando transporte da rocha fragmentada do interior da cava para a planta de britagem;

6 - Britagem e beneficiamento. A britagem da rocha pode ser dividida em primária e secundária. A britagem primária tem como objetivo a fragmentação dos blocos através de britador de mandíbula, que tem bocas de dimensões de 80/50 e 100/80, e operam sempre em circuito aberto. A britagem primária é realizada a seco. A britagem secundária (rebritagem) subsequente é realizada por um britador giro esférico. A operação ocorre normalmente em circuito aberto, a seco. O fluxograma da figura 4.24 apresenta a disposição dos equipamentos do circuito de britagem.

7 – A etapa seguinte é o transporte dos produtos rebritados através de correia transportadora para peneiras classificadoras, que separam as frações britadas correspondentes a brita 0,1, 2 e pó de brita, as quais são transportadas por outras esteiras, que dispõem cada fração em pilhas individuais no pátio da pedreira;

8 - Estocagem e embarque. Os produtos da britagem estocados no pátio da pedreira são embarcados em caminhões de 15 toneladas para comercialização.

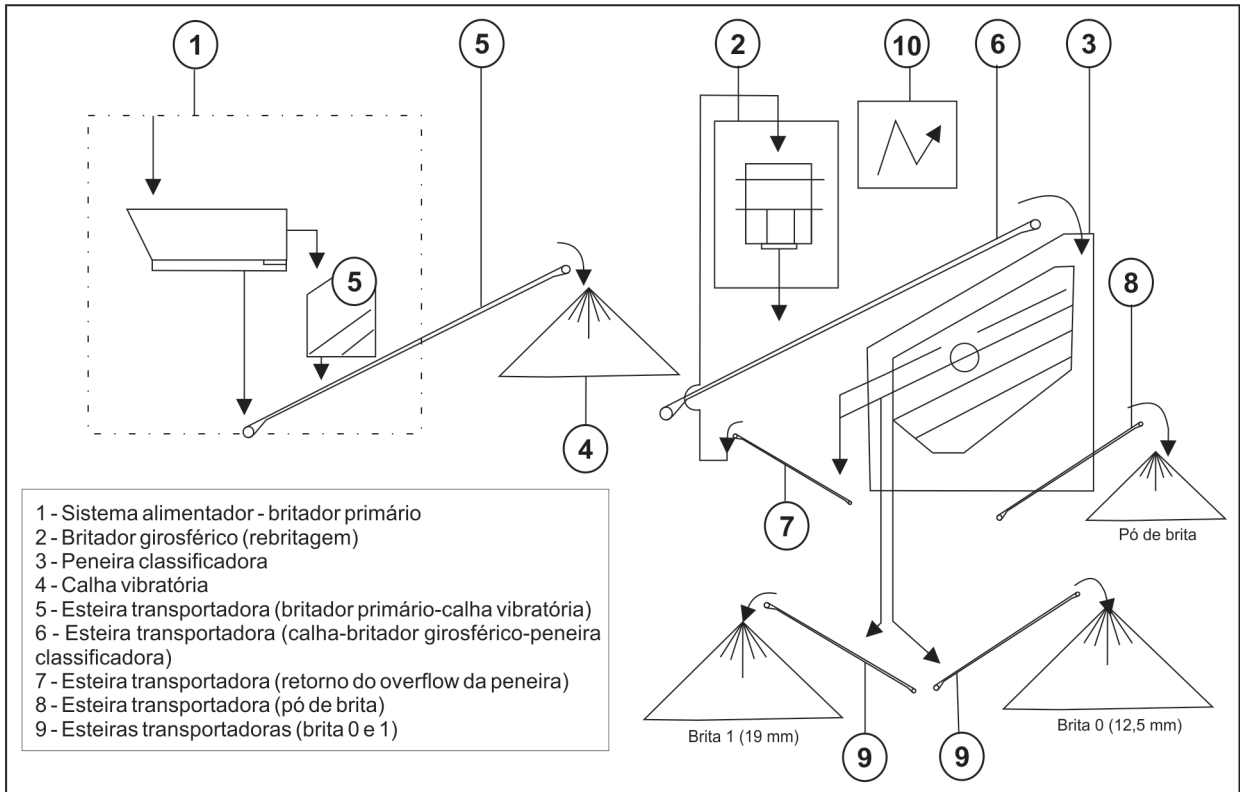


Figura 4.24– Fluxograma de processo de britagem e produtos.

5 - DIREITOS MINERÁRIOS E POTENCIAL MINERAL

De acordo com o programa institucional de acompanhamento das áreas requeridas para mineração, o SIGMINE – Sistema de Informação Geográfica da Mineração, em maio de 2013, as folhas Marabá e Rio Vermelho, que incluem a área de maior interesse deste projeto, apresentam 98 processos com vistas ao aproveitamento de areia, cascalho, argila para cerâmica vermelha, saibro, e rochas para brita e revestimento (DNPM, 2013b) (Tabela 5.1). As figuras 5.1 a 5.3 mostram a espacialização destes processos na área do projeto.

Com base na análise das informações dos processos citados, pode-se emitir as considerações abaixo, visualizadas na figura 5.4:

a) 37 processos visam o aproveitamento de areia, sendo que destes, 29 referem-se a registro de licenciamento, 2 correspondem a alvará de pesquisa, 3 são requerimentos de licenciamento e 3 áreas estão em disponibilidade, ou seja, em fase de processamento para serem consideradas livres para novos requerimentos;

b) 12 processos estão voltados para o aproveitamento de cascalho (seixo), sendo que 3 referem-se ao registro de licenciamento, 1 está em disponibilidade e 8 associam-se à fase de requerimento de licenciamento;

c) 22 processos visam o aproveitamento da argila para cerâmica vermelha, sendo que 18 referem-se ao registro de licenciamento, 3 a requerimento de licenciamento e 1 a requerimento para autorização de pesquisa;

d) 11 processos relacionam-se ao aproveitamento de rocha para brita e para revestimento, dos quais 4 estão voltados para o alvará de pesquisa e 1 para o registro de licenciamento, 4 correspondem a requerimento para autorização de pesquisa e 2 a requerimento de licenciamento;

e) 15 processos visam o aproveitamento de saibro, sendo que 9 correspondem ao registro de licenciamento, 3 ao de alvará de pesquisa, 2 referem-se a requerimento de licenciamento e 1 a requerimento de pesquisa;

f) Apenas 1 processo de requerimento para licenciamento relaciona-se ao aproveitamento de ardósia para revestimento.

5.1 - CADASTRO MINERÁRIO NO CAMPO

Com base no levantamento das áreas correspondentes aos direitos minerários referentes a materiais de emprego imediato na construção civil foram

Tabela 5.1 – Direitos minerários nas folhas Marabá e Rio Vermelho. Fonte: DNPM (2013b).

| Fase processual | Substância | Quantidade de Processos | |
|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| | | Folha Marabá (SB-22-X-D-I) | Folha Rio Vermelho (SB-22-Z-B-I) |
| Alvará de Pesquisa | Areia | 2 | – |
| | Granito para brita/revestimento | 3 | 1 |
| | Saibro | 3 | – |
| Registro de licenciamento | Areia | 26 | 3 |
| | Cascalho | 3 | – |
| | Granito para brita/revestimento | – | 1 |
| | Argila para cerâmica vermelha | 16 | 2 |
| | Saibro | 9 | – |
| Requerimento de pesquisa | Granito para brita/revestimento | 4 | – |
| | Argila para cerâmica vermelha | – | 1 |
| | Saibro | 1 | – |
| Requerimento para licenciamento | Areia | 3 | – |
| | Cascalho | 8 | – |
| | Granito para brita/revestimento | 1 | 1 |
| | Argila para cerâmica vermelha | 3 | – |
| | Saibro | 2 | – |
| Disponibilidade | Areia | 3 | – |
| | Cascalho | 1 | – |

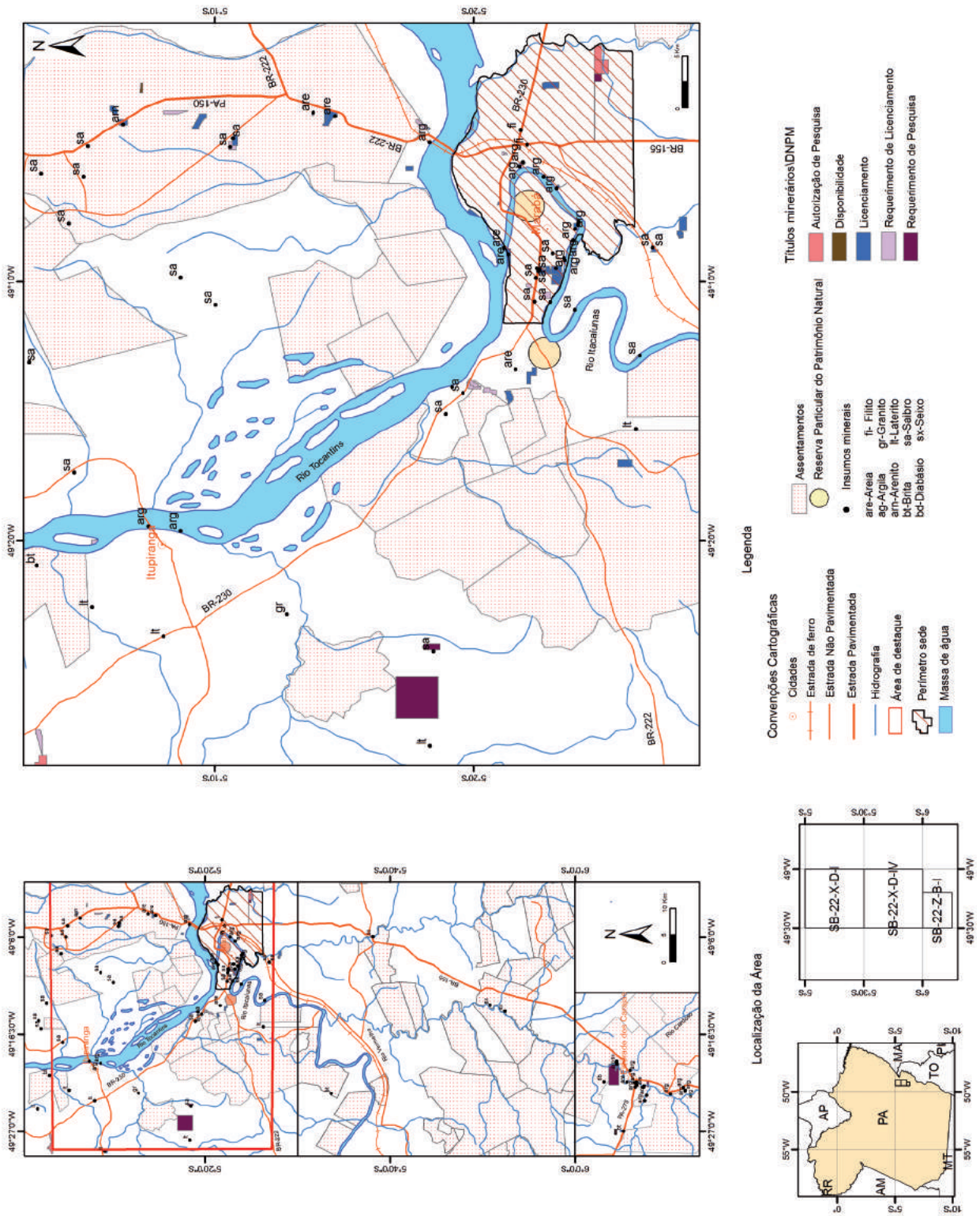


Figura 5.1 – Direitos minerários referentes a materiais de uso imediato na construção civil na área da Folha SB.22-Y-D-I.

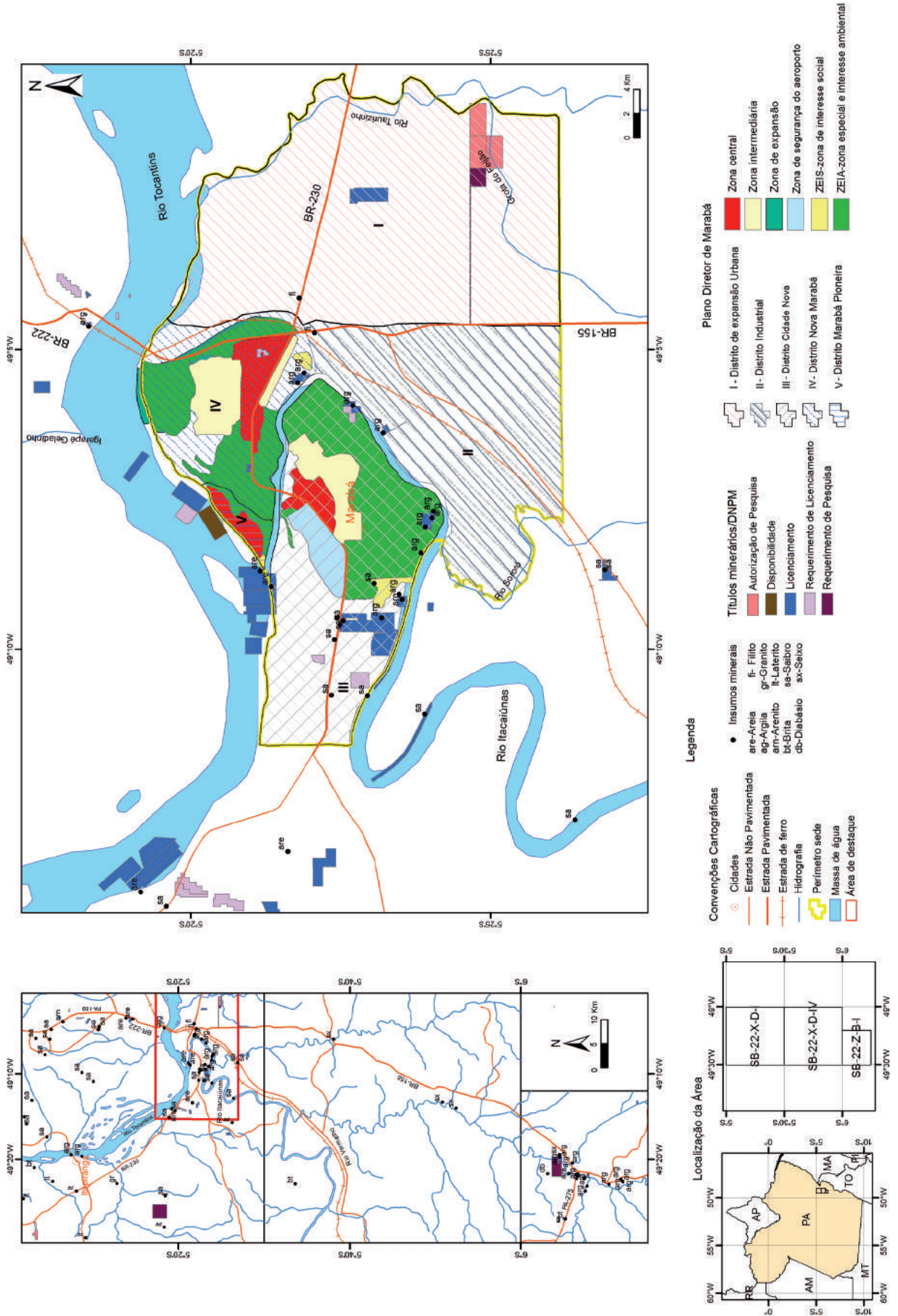


Figura 5.2 – Direitos minerários (materiais de uso imediato na construção civil) na área correspondente à Sede do município de Marabá.

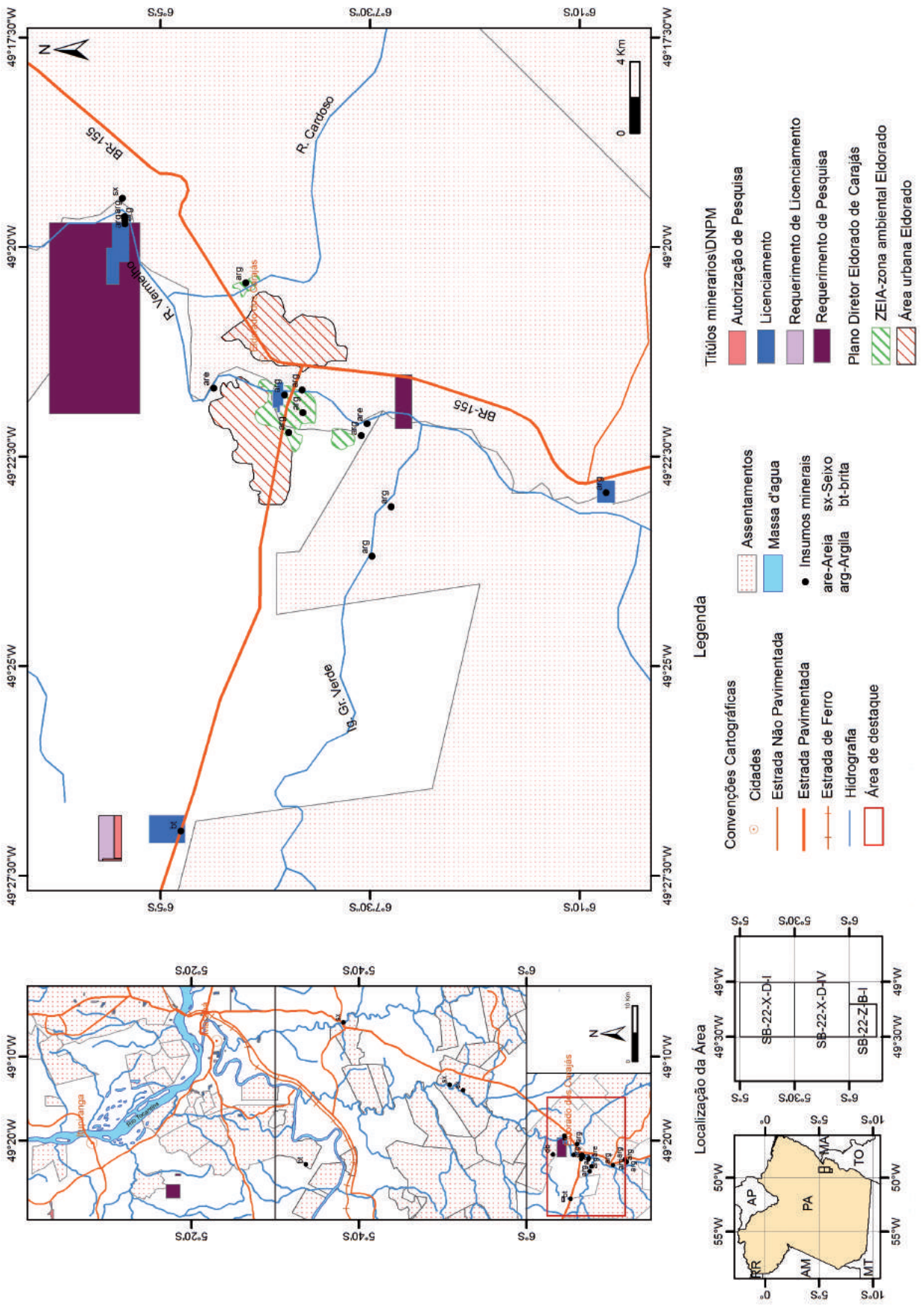


Figura 5.3 – Direitos minerários (materiais de uso imediato na construção civil) na área correspondente à Sede do município de Eldorado dos Carajás.

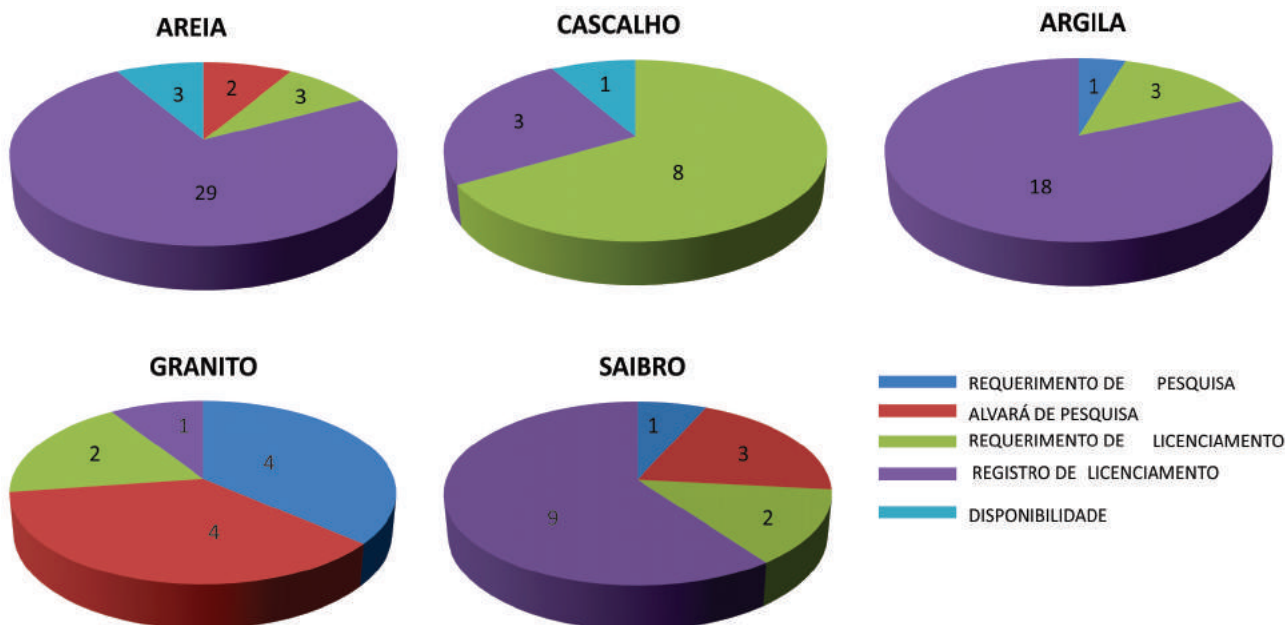


Figura 5.4 – Situação dos processos minerários por substância.

realizadas visitas às principais frentes de extração dessas substâncias, atividade que culminou com o cadastro de 84 jazimentos minerais (Tabela 5.2), dos quais 39 correspondem a minas e 45 foram considerados como ocorrências. As 39 frentes de extração visitadas se apresentam distribuídas em: a) 10 frentes de extração de areia e/ou seixos; b) 24 frentes de extração de argila para cerâmica vermelha; c) 4 frentes de extração de saibro, d) 1 frente de extração de rochas para brita (Figura 5.5 A). As 45 ocorrências minerais cadastradas estão assim distribuídas: 3 ocorrências de seixos; 6 ocorrências de argila para cerâmica vermelha; 22 ocorrências de saibro; 7 ocorrências de laterito; 5 ocorrências de rochas para brita e/ou revestimento, e, 2 ocorrências de filito para aditivo na produção de cerâmica vermelha (Figura 5.5 B).

5.1.1 - Frentes de extração de areias e/ou seixos

Foram cadastradas 10 frentes de extração de areias e/ou seixos. As frentes de extração de areias relacionadas aos depósitos de leitos ativos dos rios

predominam, constituindo 7 frentes, sendo que em apenas 3 a areia é a única substância explotada, enquanto que nas 4 restantes, embora a areia seja a substância principal extraída, a extração de seixo também é feita de modo subordinado. Dessas 7 frentes citadas, 2 situam-se no Rio Tocantins (estações JG-01, JG-193), 2 no Rio Itacaiúnas (estações JG-172 e JG-196) e 3 no Rio Vermelho (estações JG-159, JG-163, JG-165-A).

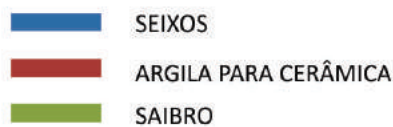
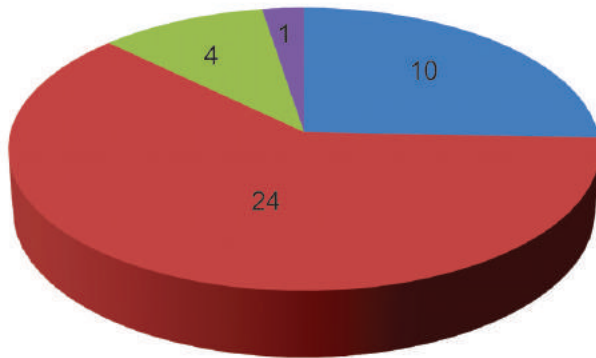
Duas frentes de extração de areia branca são desenvolvidas em terraços fluviais que se apresentam entrecortados pela drenagem atual. Estão localizadas na margem da BR-222, a sul do Distrito Morada Nova. Tais areias têm granulação fina a média, são esbranquiçadas, com pacotes apresentando espessura média de 2 m, e em princípio são admitidas como oriundas da lixiviação parcial de paleodepósitos aluvionares. A partir da locação dos areais citados em imagem de satélite, foi possível, interpretativamente, delimitar uma área de 1600,7 hectares, definida como Área de Relevante Interesse Mineral com vocação para aproveitamento (vide Figura 6.1 do Capítulo 6). No interior desta área foi individualizada uma área de 275,1 hectares que se encontra em

Tabela 5.2 - Recursos minerais cadastrados na área do projeto.

| Status Econômico | Agregados | | | | | | Saibros | | | | Lateritos | Argila | Filito |
|------------------|-------------------------|----------|-----------|-------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------------|----------------------------|-----------|--------|--------|
| | Brita e/ou revestimento | | | Seixo | Areia + seixo | Areia | Grupo Barreiras | Grupo Itapecuru | Areia/argila/seixo | Sedimentos indiferenciados | | | |
| | Granito | Are-nito | Dia-básio | | | | | | | | | | |
| Mina | 1 | - | - | 1 (E) | 4 (A) | 3 (A) 2 (B) | 1 | 3 | - | - | - | 24 (C) | - |
| Ocorrências | 3 | 1 | 1 | 3 (D) | - | - | 8 | 10 | 3 | 1 | 7 | 6 (C) | 2 |
| TOTAL | 4 | 1 | 1 | 4 | 4 | 5 | 9 | 13 | 3 | 1 | 7 | 30 | 2 |

A = Leito ativo aluvionar; B = Areias brancas de terraços fluviais (lixiviadas); C = Argilas de planície de inundação aluvionar; D = Conglomerados ; E = Cascalhos e areias de terraços fluviais .

A



B

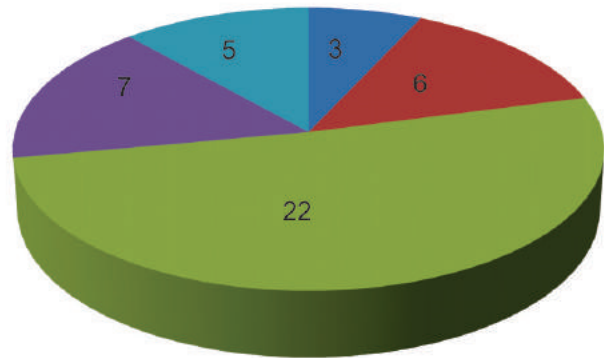


Figura 5.5 – Distribuição por substância das minas (A) e (B) ocorrências visitadas.

franco processo de lavra, tendo sido definida como Área de Relevante Interesse Mineral com aproveitamento comprovado. Segundo informações obtidas nas frentes de extração ativas, a produção mensal de areia em cada frente é de 1.500 m³.

Uma única frente de extração de seixos cadastrada na área (JG-165B), referente a terraço fluvial situa-se na região da Chácara Prainha, no Rio Vermelho. Durante as visitas de campo em 2013 esta já se encontrava em fase de exaustão.

5.1.1.1 - Perspectivas futuras e vida útil dos depósitos

Com relação às perspectivas futuras dos depósitos de areia e seixos relacionados aos leitos ativos dos rios, deve ser considerada a importância principalmente dos rios Tocantins e Itacaiúnas, os quais, na região, são os objetos principais da extração desses sedimentos. Pelo que foi observado durante os trabalhos de campo, há um sentimento altamente positivo por parte dos titulares das áreas de extração sobre as perspectivas futuras dos depósitos referentes, havendo inclusive uma a visão futura de crescente expansão desse segmento produtivo, baseada, possivelmente, tanto no porte avantajado dos rios dos quais são extraídos esses sedimentos, como do reconhecimento de que a produção referente a esses rios tem atendido de modo satisfatório, historicamente, às demandas de agregados concernentes aos municípios de Marabá, principalmente.

A respeito das perspectivas futuras dos depósitos de areias brancas de terraços fluviais é importante ressaltar que sua contribuição no processo de abastecimento de areias na região é bastante subordinada, uma vez que no domínio do projeto, apenas dois areais foram reconhecidas fontes produtoras desses sedimentos.

Com base na delimitação da Área de Relevante Interesse Mineral com vocação para aproveitamento, com 1600,7 hectares, mostrada na Figura 6.1 do Capítulo 6, adotando-se o valor de 1,80 m para a espessura estimada do depósito, tal como foi verificado nos dois areais visitados, e admitindo-se uma taxa de aproveitamento de 60% do material no processo de extração, é possível estimar-se, com a devida cautela, um volume disponível de areia branca em torno de 17.287.560 m³, calculado através da fórmula: 60% (percentual de aproveitamento) x 1,80 m (espessura média do depósito) x (16.007.000 m²). É importante ressaltar que é necessária a execução de outros trabalhos com maior detalhamento, preferencialmente envolvendo levantamentos geofísicos terrestres e furos de trado, para se estimar com maior segurança o volume de material que pode vir a ser explorado.

5.1.2 - Frentes de extração de argilas para cerâmica vermelha

Das áreas referentes aos processos vigentes que são utilizadas no aproveitamento de argilas para cerâmica vermelha, 24 frentes de extração de argila foram visitadas. Tais depósitos relacionam-se às planícies de inundação de rios, sendo que, das frentes de extração visitadas, 11 referem-se à planície de inundação do Rio Vermelho, 10 do Rio Itacaiúnas, 2 do Rio Tocantins e 1 do Igarapé Cardoso.

A extração de argilas se desenvolve apenas nos meses de estiagem, ou seja, no período de junho a setembro, e há estocagem de argila para ser utilizada na produção de cerâmica durante o período chuvoso.

Planície aluvial do Rio Itacaiúnas - No âmbito da área do projeto, a planície de inundação do Rio Itacaiúnas se estende ao longo de todo o rio, sendo mais expressiva no trecho compreendido entre a

sua foz, no Rio Tocantins, até a região da foz do Rio Sororó (Figura 5.6) abrange uma superfície de 943,1 ha, sendo que grande parte da mesma se acha inviabilizada para lavra de argila em virtude do avançado processo de urbanização. De todo o modo, nos espaços não urbanizados do referido trecho, diversas minas de argila encontram-se em franca atividade sob o regime de licenciamento. A partir da foz do Rio Sororó, esta faixa da planície de inundação se prolonga até o limite sul da Folha SB.22-X-D-I (Figura 5.6), abrangendo uma área de 4.221,7 ha, na qual estão instaladas diversas lavras de argila. Neste setor, excluindo-se as áreas que estão em processo de lavra, ainda resta uma área em torno de 4.092,18 ha que eventualmente poderá ser objeto de exploração. Assim, considerando-se que apenas 50% dessa área seja lavrável e uma profundidade de 3 m da camada de argila, pode-se estimar uma reserva geológica em torno de 61.382.700 m³ de argila, obtida através do cálculo: 0,50 (percentual aproveitável da área) x 40.921.800 m² (área da planície de inundação) x 3 m (espessura do depósito).

Os setores mais a montante, onde a planície de inundação do Rio Itacaiúnas apresenta-se distribuída em áreas mais restritas e descontínuas (Figura 5.6), também são geologicamente potenciais para extração de argila, embora não tenham sido registradas frentes de lavras durante os trabalhos de campo deste projeto. De todo modo, considerando que o somatório destas áreas descontínuas alcança um valor em torno de 2.612,45 hectares, estas podem ter relevância para exploração de argila, se estudos confirmarem uma espessura do depósito que torne a lavra economicamente viável. Assim, embora realçando a necessidade de que trabalhos de campo sejam efetivados na área citada, em termos de potencialidade, considerando uma profundidade de 3 m da camada de argila, é possível uma estimativa de volume em torno de 78.373.500 m³ (3 m x 26.124.500 m²).

Planície aluvial do Rio Vermelho - A planície de inundação do Rio Vermelho possui maior número (11) de frentes de extração de argila para cerâmica vermelha. Tal planície se estende continuamente no trecho compreendido entre sua foz até a área situada ao norte da sede do município de Eldorado dos Carajás (Figura 5.6). Neste segmento a planície de inundação ocupa uma área de 11.184 ha, no qual não consta registro de qualquer frente de extração de argila. Tal área se mostra potencialmente importante para depósitos de argila, requerendo, no entanto, que trabalhos detalhados de pesquisa sejam executados para que haja a confirmação ou não de tal assertiva. A sul deste segmento da planície de inundação do Rio Vermelho foram executados 3 furos de trado, nas estações JG-180, JG-181 e JG-182, nos quais foram registradas espessuras do pacote de argila de 3,19 m, 2,74 m e 2,68 m, respectivamente.

A sul de Eldorado dos Carajás, a planície de inundação do Rio Vermelho passa a assumir caráter descontínuo, representando-se por três zonas alongadas (Figura 5.6). Foram cadastradas 4 frentes de extração de argila para cerâmica vermelha nas

duas primeiras zonas (estações JG-153, JG-158, JG-160, JG-161 na zona 1, e JG-152, JG-157, JG-167 e JG-191 na zona 2). A zona mais a sul não foi visitada durante os trabalhos de campo, mas é considerada como potencial para argila, por comparação com as áreas vizinhas, embora sejam necessários estudos mais detalhados para confirmação. Nas frentes de lavra visitadas observou-se que a extração de argila se processa até uma profundidade média de 2,5 m, o que permite estimar uma reserva geológica da ordem de 21.952.500 m³, obtida através do cálculo: somatório da área das 3 zonas de planície de inundação (3.540.000 m² + 2.066.000 m² + 3.175.000) x espessura do depósito (2,5 m).

Na Grota Verde e no Igarapé Cardoso, afluentes do Rio Vermelho, foram cartografadas zonas restritas de planícies de inundação. Na Grota Verde a zona abrange 112 ha, na qual foram cadastradas 2 frentes de extração de argilas (estações JG-156 e JG-171), e na planície de inundação do Igarapé Cardoso, a zona abrange cerca de 20 ha, na qual foi cadastrada uma frente de extração de argila (estação JG-154) (Figura 5.6). Levando-se em conta que nas frentes citadas a argila é lavrável até 2,50 metros de profundidade, uma reserva em torno de 2.800.000 m³ (1.120.000 m² x 2,5 m) e 500.000 m³ (2,50 m x 200.000 m²) foi estimada para as zonas da Grota Verde e do Igarapé Cardoso, respectivamente.

Planície aluvial do Rio Tocantins - A planície aluvial do Rio Tocantins, abrange uma superfície de 28.870,9 ha, considerando-se a Folha Marabá/SB.22-X-D-I. Tal área é dominada por barras de canais frontais e laterais, mas ocorrem numerosos lagos e meandros abandonados (alagados na maior parte do ano), fator este que, aliado às dificuldades de acesso e restrições ambientais, tem sido determinante para que nesse espaço o aproveitamento da argila não seja expressivo. Durante os trabalhos de campo foram cadastradas apenas duas frentes de extração de argila, referentes às estações JG-56 e JG-98 (Figura 5.6). Na frente de extração JG-56, que engloba uma área de 2,75 ha, com licenciamento para aproveitamento de argila, foi realizado um furo de trado, que atingiu a profundidade de 2,50 m de argila, permitindo uma estimativa de reserva da ordem de 68.750 m³ (2,75 ha x 2,50 m). Adicionalmente, de acordo com o SIGMINE, nas proximidades da estação JG-56 há uma área de 1,51 ha com regime de licenciamento para extração de argila, na qual, embora não tenha sido visitada durante os trabalhos de campo deste projeto, estima-se uma reserva de argila da ordem 37.750 m³, considerando-se uma espessura de 2,5 m da camada de argila.

Na frente de extração de argila referente à estação JG-98, localizada nos arredores de Itupiranga, a extração se efetiva até a profundidade de 3,6 m, aparentemente de maneira informal, uma vez que tal área não aparece registrada no SIGMINE. Vale destacar que a norte deste ponto, na estação JG-51, foi registrada uma ocorrência de argila com espessura em torno de 3,50 m, a qual merece ser objeto de trabalhos mais detalhados para definição de potencial para lavra.

5.1.2.1 - Perspectivas futuras e vida útil dos depósitos

As áreas que contemplam as frentes de extração de argilas que são utilizadas na produção de cerâmicas vermelhas na região são representadas pelas planícies de inundação dos rios Vermelho e seus afluentes (Grota Verde e Igarapé Cardoso) e Itacaiúnas, principalmente, e em caráter subordinado o Rio Tocantins. Apesar da escassez de informações a respeito da produção de argila nas referidas áreas, há a percepção de que todo o abastecimento dos municípios de Marabá e Eldorado do Carajás seja feito por meio da produção destes locais.

É importante considerar para que haja um melhor dimensionamento dos depósitos de argila relacionados às planícies de inundação, é necessária a realização de trabalhos de campo com execução de furos de trado e levantamento geofísico terrestre. O cálculo de reservas geológicas, como feito neste trabalho, considerando a área das planícies, extraídas a partir de imagens de satélite, e a espessura média das camadas observadas nas frentes de extração, é apenas uma estimativa aproximada. Levando-se em conta reservas estimadas e as características geológicas da área, ou seja, com planícies de inundação apresentando espessas camadas de argila aproveitáveis, fica evidente o grande potencial para expansão do setor cerâmico da região.

5.1.3 - Frentes de extração de saibros

Foram cadastradas na área 4 frentes de extração de saibro, sendo três relacionadas a sedimentos do Grupo Itapecuru e uma ao Grupo Barreiras, sendo este material utilizado como material de empréstimo. Os depósitos de saibro pertinentes ao Grupo Itapecuru situam-se na rodovia PA-150, nas proximidades da Fazenda Sarandi (estação JG-05) e na localidade de Murumuru (estações JG-55A e JG-55B). Referem-se a sequências sedimentares com espessura do afloramento de 5 a 19 m, constituídas, da base para o topo, por arenitos arcoseanos intemperizados, argilitos laminados de coloração avermelhada, e crosta laterítica e/ou arenito ferruginoso.

Informações obtidas na frente de extração de saibro existente na localidade de Murumuru, localizada a 5,5 km da Estrada Nova Morada-Murumuru (estação JG-55 A), apontam para uma produção diária de saibro da ordem de 180 m³/dia. Considerando que o trabalho efetivo é de 26 dias por mês, pode-se estimar a produção mensal de 4.680 m³ e a anual de 56.160 m³.

O depósito de saibro associado ao Grupo Barreiras, atualmente em fase de exploração, situa-se no Km 5,4 da BR-230 (estação JG-25). Nesta observase a sequência sedimentar constituída de pelitos roxos a avermelhados (7 m), arenitos argilosos creme amarelados (3 m), arenitos conglomeráticos (2 m) e arenitos ferruginosos (2 m).

5.1.3.1 - Perspectivas futuras e vida útil dos depósitos

As perspectivas futuras para a produção de saibro se mostram altamente favoráveis, uma vez que a área é potencial, considerando-se a extensão especialmente do Grupo Itapecuru na área de trabalho. Uma questão que deve ser levada em consideração, no entanto, é que o material atualmente extraído do Grupo Itapecuru, é uma mistura de arenitos, pelitos e conglomerados. Uma alternativa seria efetuar uma lavra mais seletiva, principalmente, no que se refere aos domínios nos quais esses litótipos se revelam mais alterados, o que certamente viabilizaria a separação de areia e seixo.

5.1.4 - Frentes de lavra de rochas para produção de britas

A única mina de brita da área do projeto, do município de Eldorado dos Carajás, se efetiva sob o regime de licenciamento. A lavra se processa a céu aberto por meio de bancadas de 11 metros de altura, compreendendo uma área de cerca de 800 m X 625 m. As britas são comercializadas, em geral, diretamente com empresas concreteiras e de construção civil de Eldorado dos Carajás e municípios adjacentes.

As informações obtidas durante a etapa de campo não demonstraram preocupação sobre as reservas de rochas para produção de britas, tendo em vista que a estimativa de vida útil da jazida é de 25 anos.

Com respeito aos preços praticados FOB, em maio de 2013, os valores eram: R\$ 70,00/m³ (matacão), R\$ 85,00/m³ (brita 0), R\$ 80,00/m³ (brita 1), R\$ 80,00/m³ (brita 2), R\$ 65,00/m³ (pó de brita).

5.1.4.1 - Perspectivas futuras e vida útil dos depósitos

A área deste projeto possui elevado potencial para produção de brita, considerando-se as áreas de abrangências das unidades constituídas por rochas cristalinas, como a Suíte Intrusiva Arapari, o Complexo Vila Santa Fé e o Granito Mumui, na porção nordeste, e o Complexo Xingu, a sudeste (Figura 2.2). No domínio da Suíte Intrusiva Amapari, durante os trabalhos de campo, em maio de 2013, constatou-se que duas áreas (com 131,93 e 48,83 ha) estavam sendo objeto de pesquisas com vistas ao aproveitamento de rochas para revestimento.

Neste projeto, em uma amostra do Granito Mumui, coletada na estação JG-16, foram realizados ensaios tecnológicos que comprovaram a possibilidade de uso para brita e rocha para revestimento. Estes resultados foram apresentados no Capítulo 3.

Na área do projeto, a presença de rochas cristalinas situadas nas proximidades dos centros con-

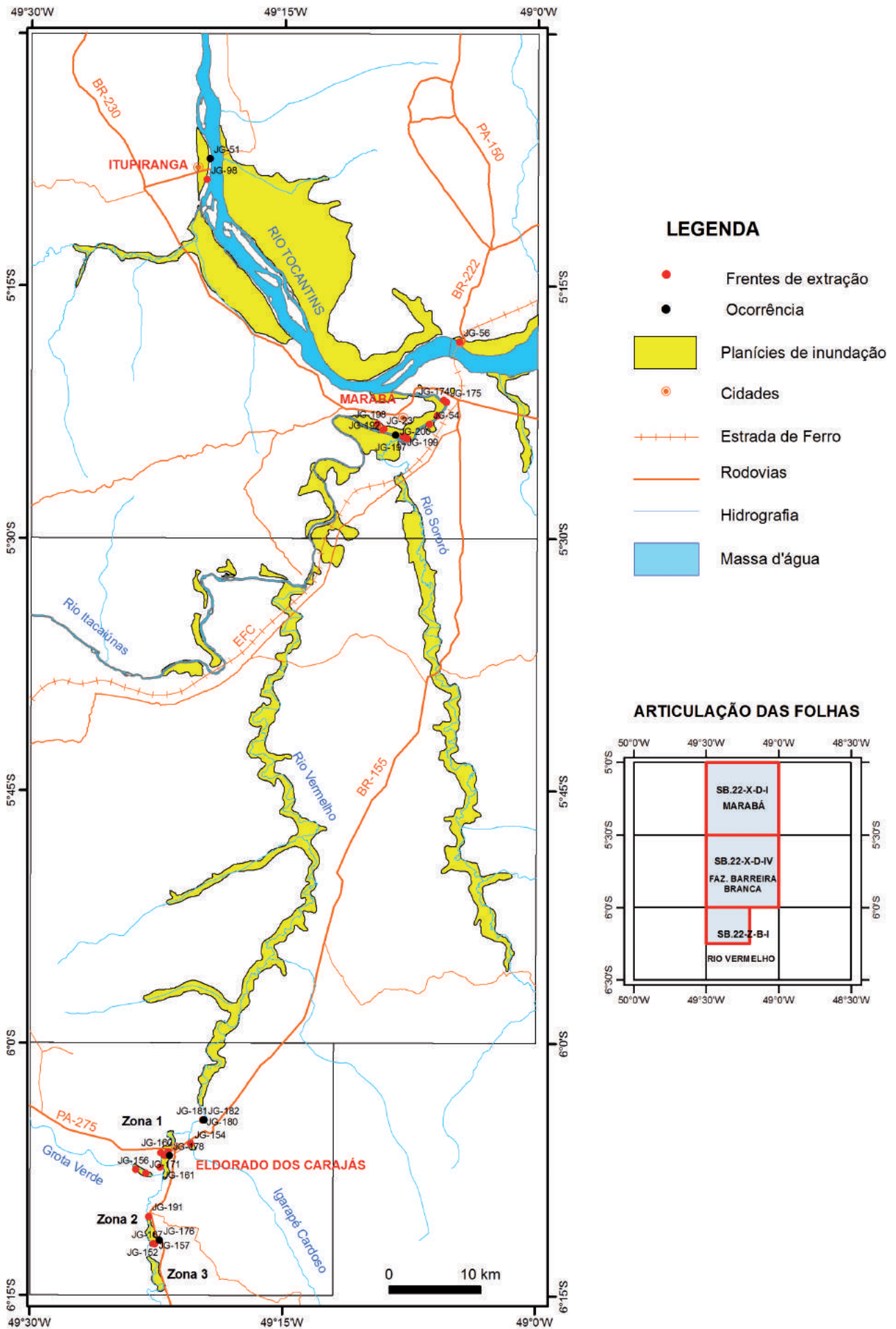


Figura 5.6 – Localização das frentes de extração e ocorrências de argila nas planícies de inundação.

sumidores e com malha viária compatível, configura um cenário altamente favorável para produção de brita. É importante que se admita a possibilidade de uso deste produto na construção civil, em substituição aos seixos extraídos de leitos ativos dos rios Tocantins e Itacaiúnas.

6 - ÁREAS DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL E DE RESTRIÇÃO À MINERAÇÃO

Com vista a propiciar uma visão geral com relação à possibilidade de aproveitamento de substâncias de uso imediato na construção civil, neste capítulo são apresentadas as Áreas de Relevante Interesse Mineral (ARIM) para exploração destes insumos, assim como áreas que apresentam algum tipo de restrição legal para o desenvolvimento da referida atividade mineira.

Para a consecução de tal objetivo foram integradas as informações geológicas disponíveis, dados do SIGMINE, juntamente com as informações de campo. A partir desta integração, na área do projeto foram definidas as seguintes áreas: Áreas de Aproveitamento Mineral Comprovado, Áreas Indicativas para Aproveitamento Mineral e Áreas com Vocação para o Aproveitamento Mineral, com base em DNPM (2013).

As Áreas de Aproveitamento Mineral Comprovado são as que já se encontram em fase de exploração por regime de Licenciamento ou de Autorização/Concessão. Durante as visitas de campo foram observadas situações em que a atividade de exploração estava paralisada ou até abandonada.

As Áreas Indicativas para Aproveitamento Mineral são aquelas que, com base na existência das ocorrências minerais cadastradas durante os trabalhos de campo, foram consideradas como apresentando potencial para aproveitamento.

As Áreas com Vocação para o Aproveitamento Mineral são aquelas que apresentam condições geológicas favoráveis para conter depósitos minerais, mas que em seus limites não foram cadastradas frentes de extração e/ou ocorrências minerais significativas.

As substâncias minerais que foram consideradas para classificação das ARIMs são: areias, seixos, argilas, lateritos, saibros e rochas graníticas (*sensu lato*) para brita e revestimento. Não foram delimitadas ARIMs para as rochas metassedimentares relacionadas à Formação Couto Magalhães, pois, embora estas tenham sido objeto de ensaios tecnológicos visando seu aproveitamento como aditivo na argila que é utilizada na produção de cerâmica vermelha, notadamente telhas e tijolos, não revelaram resultados totalmente satisfatórios.

As ARIMs foram delimitadas e classificadas de acordo com os tipos de insumos minerais e ambientes geológicos, conforme a seguir. Nas figuras 6.1 a 6.4 são apresentadas as Áreas de Relevante Interesse Mineral para materiais de uso imediato na construção civil correspondentes às folhas SB.22-X-D-I, SB.22-X-D-IV e SB.22-Z-B-I, identificando o nível de aproveitamento (Comprovado, Indicativo e Vocação).

- **Areias e seixos de depósitos de leito de canal** - estão relacionados ao leito ativo de canal dos rios Tocantins e Itacaiúnas, os quais incluem

ARIMs nos níveis de Aproveitamento Comprovado, de Indicação de Aproveitamento e com Vocação de Aproveitamento.

As ARIMs com Aproveitamento Comprovado têm grande importância regional na produção de agregados (areias e seixos), pois já são exploradas e representam as principais fontes de abastecimento destes insumos para os municípios de Marabá, Parauapebas e Eldorado dos Carajás. As ARIMs Indicativas de Aproveitamento referem-se especialmente às barras de canal longitudinais do Rio Tocantins, entre as quais se inclui a Praia do Tucunaré, a qual, de acordo com o que estabelece a Lei Orgânica do Município de Marabá corresponde à Área de Preservação Permanente (APP), situação pela qual, em seus domínios a mineração só se torna possível nos casos de interesse social. A maior parte do leito ativo do Rio Tocantins foi considerada como uma ARIM com Vocação para Aproveitamento para agregados.

- **Argilas e areias de depósitos de planície aluvial** - estão relacionadas à planície do Rio Tocantins, onde estão incluídos depósitos de planície de inundação, barras de acreção lateral, barras em pontal e meandros abandonados. Este setor inclui diversos lagos que se mantêm alagados na maior parte do ano, fator este que, aliado às dificuldades de acesso e restrições ambientais, por sua condição de Área de Preservação Permanente, tem sido determinante para que praticamente não tenha havido nesse espaço o desenvolvimento de atividades de mineração. Este segmento foi considerado quase que inteiramente uma ARIM com Vocação para aproveitamento mineral, tendo sido delimitadas duas áreas menores de Aproveitamento Comprovado, nas adjacências de Itupiranga e na porção mais oriental da planície aluvial.

- **Argilas de depósitos aluvionares das planícies de inundação** - estão relacionadas aos rios Itacaiúnas e Vermelho, principalmente, e de modo subordinado ao Igarapé Cardoso e Grota Verde, afluentes do Rio Vermelho. Estas planícies de inundação ficam imersas apenas nos períodos de maior precipitação pluvial (outubro a maio), e durante o período de estiagem (junho a setembro) tornam-se emersas e objeto de extração de argila. Estas áreas representam os mais importantes polos de extração de argila para cerâmica vermelha da região, suprindo as necessidades dos municípios de Marabá, Eldorado dos Carajás e Parauapebas, principalmente. Nestes domínios foram delimitadas Áreas de Relevante Interesse Mineral com Aproveitamento Comprovado, visto que já são áreas produtoras, assim como Áreas de Relevante Interesse Mineral com Vocação de Aproveitamento, por apresentarem as mesmas condições geológicas favoráveis das áreas já exploradas.

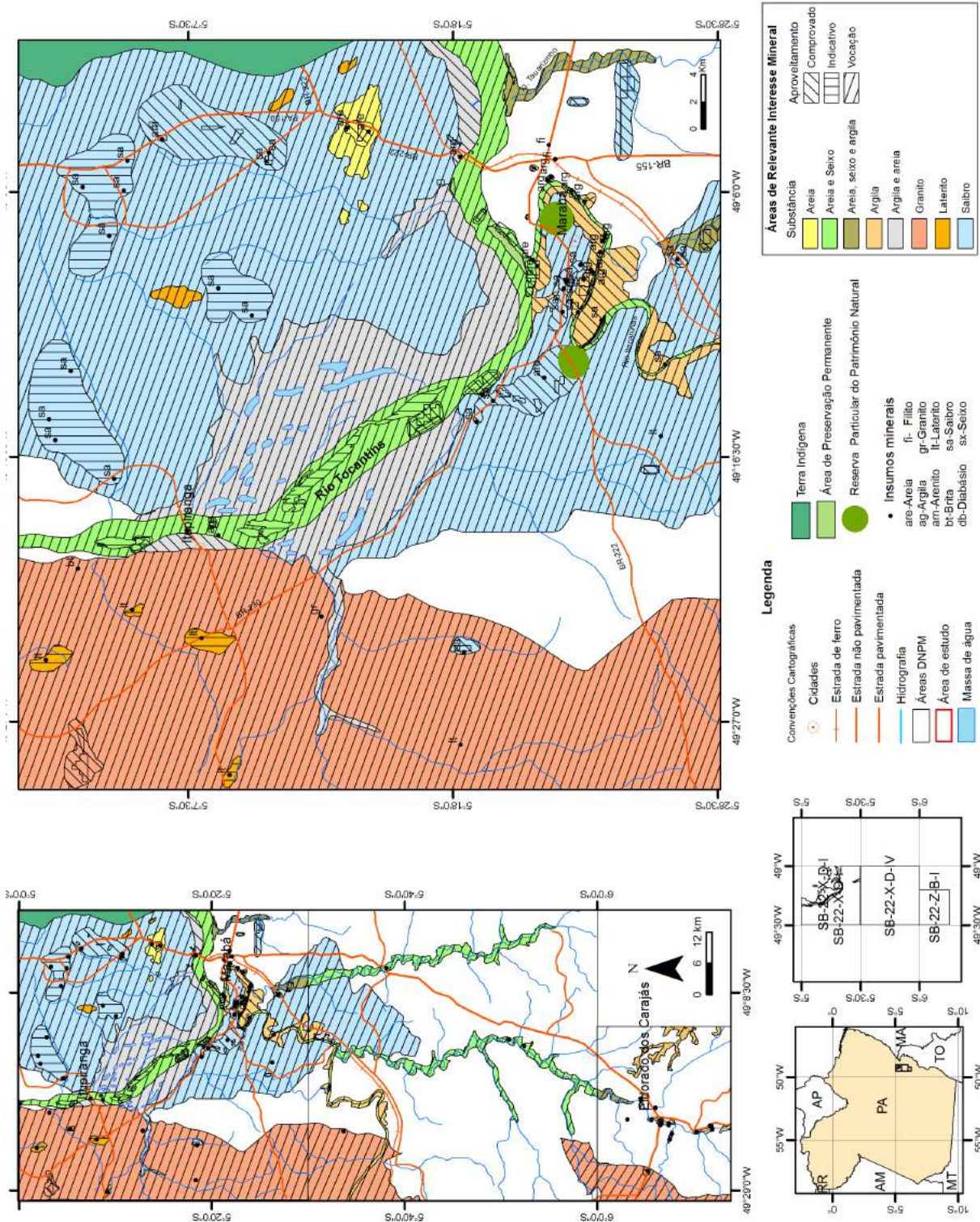


Figura 6.1 – Áreas de Relevante Interesse Mineral na Folha Marabá (SB.22-X-D-1).

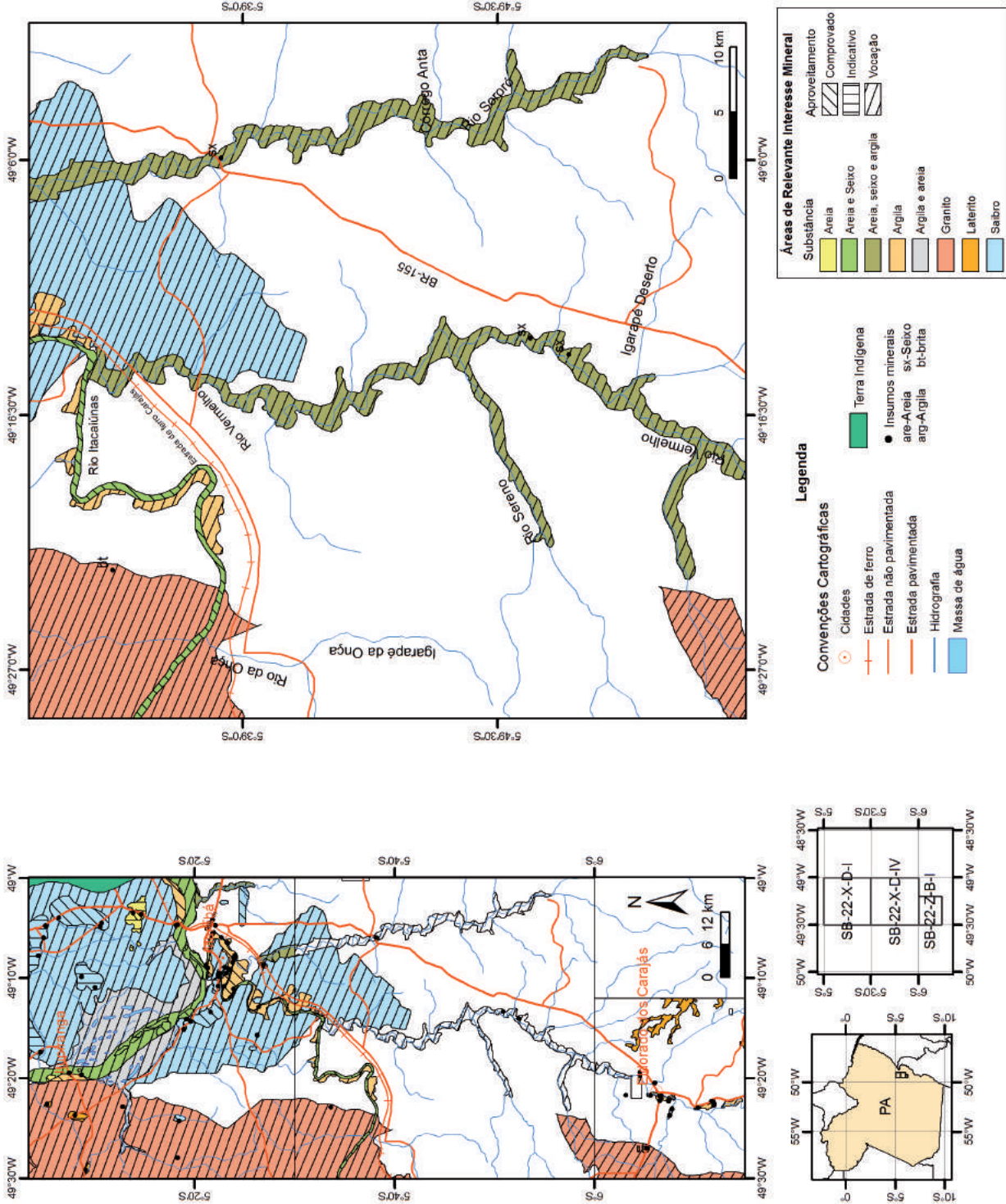
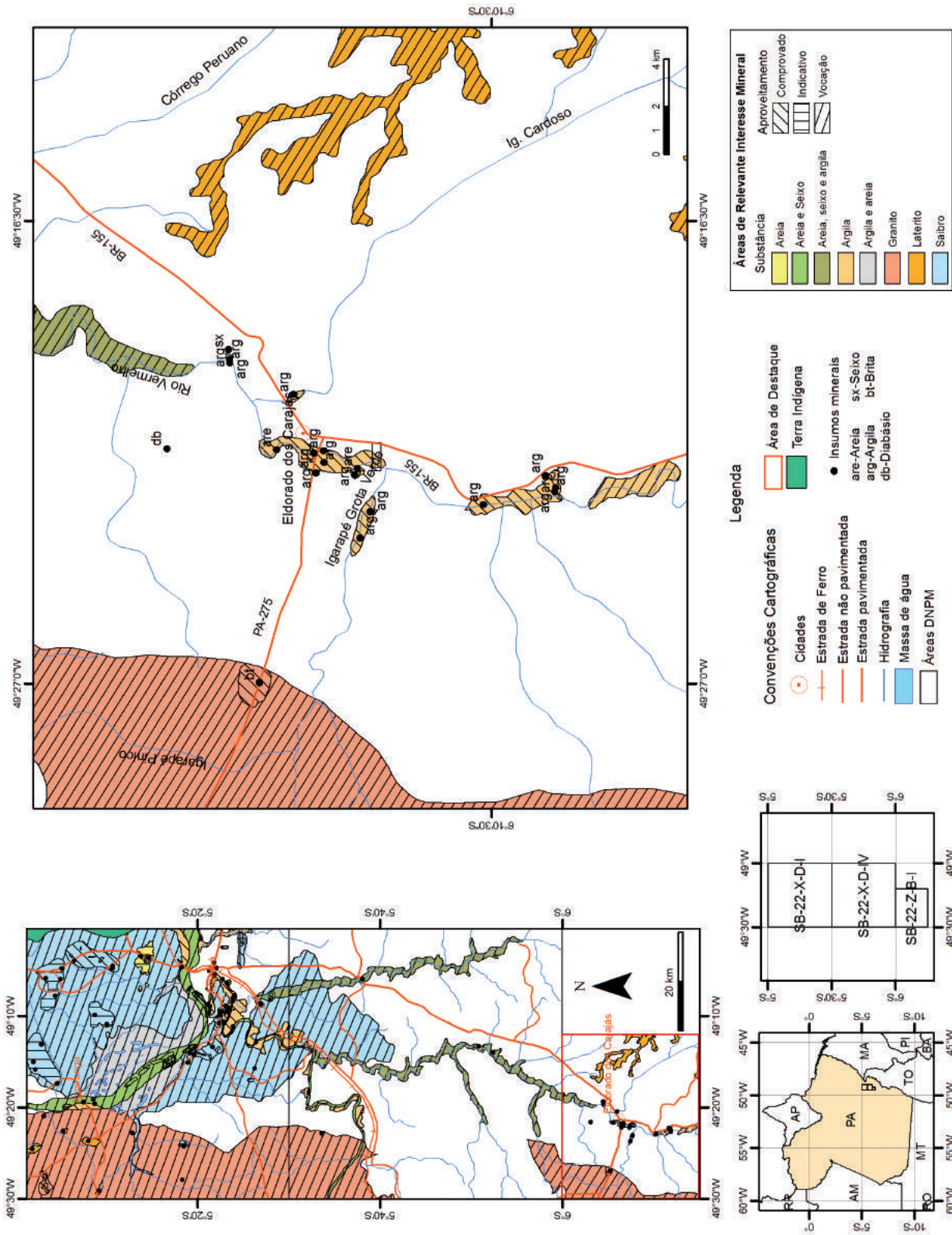


Figura 6.2 – Áreas de Relevante Interesse Mineral na Folha Barreira Branca (SB.22-X-D-IV).



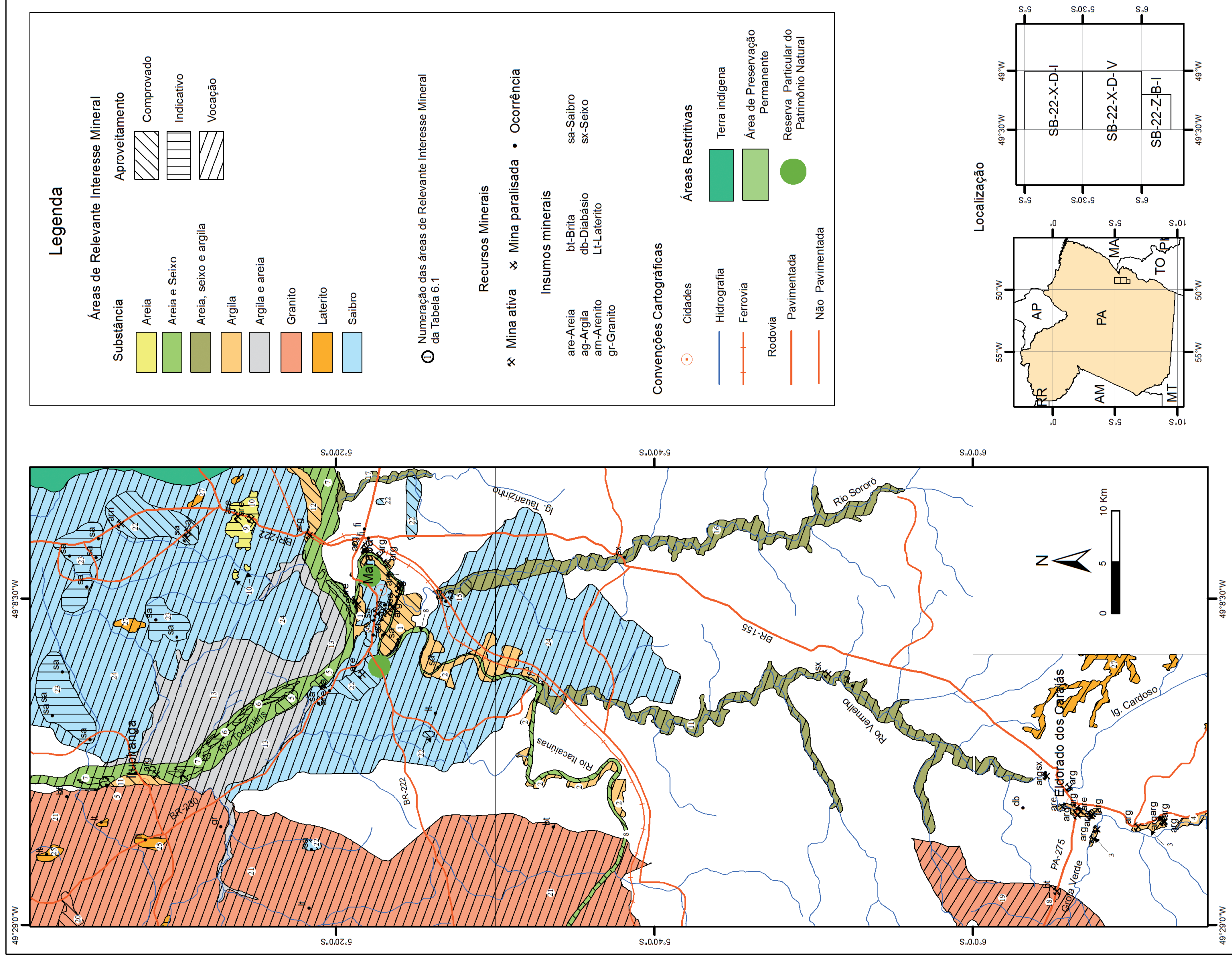


Figura 6.4 – Identificação das Áreas de Relevante Interesse Mineral na área do projeto.

Vale salientar que embora os depósitos de planície de inundação do alto curso do Rio Vermelho, no âmbito da Folha SB.22-X-B-I tenham sido interpretados neste trabalho como representados por zonas descontínuas e alongadas, é possível que elas integrem uma faixa contínua. A delimitação dos limites mais precisos da faixa de planície de inundação exige uma reinterpretação das imagens de sensores remotos, aliada a trabalhos de campo.

Nas porções correspondentes à planície de inundação do Rio Itacaiúnas (alto curso) que foram delimitadas como Áreas de Relevante Interesse Mineral com Vocação para Aproveitamento, a execução de trabalhos de campo para comprovação do tipo de depósito sedimentar também é necessária.

- **Areias, seixos e argilas relacionadas a depósitos aluvionares** - neste grupo estão incluídos as faixas aluvionares dos rios Vermelho, Sereno e Sororó, e Igarapé Tauarizinho, que incluem os canais ativos e planícies de inundação. Nestas faixas foram delimitadas Áreas de Relevante Interesse Mineral em nível de Vocação para Aproveitamento, devido às condições geológicas favoráveis para exploração de areia e seixo no leito ativo e de argila nas planícies de inundação. Trabalhos adicionais são necessários para comprovação do potencial.

- **Areias brancas de paleodepósitos aluvionares** - estas ocorrem distribuídas em áreas de ocorrência de rochas sedimentares do Grupo Itapecuru, e sua origem é interpretada como resultante de processos pedogenéticos de formação de espodosolos, desenvolvidos sobre paleodepósitos fluviais, possivelmente quaternários. Em tal domínio foram delimitadas Áreas de Relevante Interesse Mineral em nível de Aproveitamento Comprovado e de Indicação para Aproveitamento, com auxílio de interpretação de imagens de satélites e trabalhos de campo.

- **Lateritos** - estes ocorrem associados a platôs lateríticos ferruginosos instalados sobre rochas do Grupo Itapecuru, da Formação Couto Magalhães e de unidades cristalinas da porção nordeste da área. O perfil laterítico é geralmente constituído, da base para o topo, por argila mosqueada, crosta laterítica colunar e crosta laterítica em processo de desmantelamento. Com base em ocorrências de lateritos cadastradas durante os trabalhos de campo e em interpretação de imagens de satélite foram delimitadas áreas de Relevante Interesse Mineral com Indicação de Aproveitamento lateritos e com Vocação para Aproveitamento.

- **Saibros** - estão representados por arenitos com níveis conglomeráticos e intercalações de pelitos arroxeados, relacionados principalmente ao Grupo Itapecuru. Tais rochas, de farta distribuição na área do projeto, são utilizadas na região unicamente como material de empréstimo. Na área de ocorrência do Grupo Itapecuru foram delimitados Áreas de Relevante Interesse Mineral em nível de Aproveitamento Comprovado, Indicação para Aproveitamento e de Vocação para Aproveitamento. Adicionalmente foram definidas ARIMs de Aproveitamento Comprovado relacionadas à Formação Couto Magalhães, mas de ocorrência bastante subordinada.

- **Rochas** - Foram consideradas nesta avaliação ocorrência na área do projeto de unidades de rochas cristalinas, relacionadas aos complexos Xingu e Vila Santa Fé, à Suíte Intrusiva Amapari e ao Granito Mui, definido neste projeto, que têm grande potencial como fornecedores de matéria prima para britas e até como rochas ornamentais/revestimento. Foi delimitada uma Área de Relevante Interesse Mineral com Aproveitamento Comprovado, a qual responde pelo abastecimento de britas, a partir de rochas do Complexo Xingu, para os municípios de Marabá, Eldorado dos Carajás e Parauapebas. Também foi delimitada uma única Área de Relevante Interesse Mineral com Aproveitamento Comprovado para rochas de revestimento, situada no domínio da Suíte Intrusiva Arapari, onde há registro de autorização de pesquisa para rocha para revestimento. As demais áreas de rochas cristalinas foram delimitadas como Áreas de Relevante Interesse Mineral com Vocação para Aproveitamento. Ressalta-se que embora na área do projeto apenas áreas de ocorrência de charnoquitos da Suíte Intrusiva Arapari tenham sido objeto de licenciamento com vistas ao aproveitamento como rochas para revestimento, em princípio as demais rochas das unidades supracitadas com vocação para aproveitamento para brita, também são passíveis de aproveitamento como rocha de revestimento/ornamental.

Vale salientar que para delimitação das Áreas de Relevante Interesse Mineral não foram incluídas áreas de restrição à mineração: a) Área Indígena Mãe Maria, b) Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) referentes às fazendas Pioneira e Tibiriçá, e c) Áreas de Proteção Permanentes (APP).

A área indígena Mãe Maria é de restrição total à mineração uma vez que por sua natureza, de acordo com o art. 231, §3º, da Constituição Federal, somente pode ser objeto de pesquisa e lavra, mediante autorização do Congresso Nacional. As áreas das Reservas Particulares do Patrimônio Natural são unidades de Conservação de Uso Sustentável, sendo por isso, incompatível em seus domínios a atividade de mineração. Com respeito às Áreas de Proteção Permanentes, vale destacar que somente foram delimitadas aquelas criadas em função do que estabelece o art. 8º da Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012), que faculta a criação dessas áreas por meio de ato do Poder Público, para alcançar alguma das finalidades que indica, tal como as que se referem às praias Tucunaré e Geladinho, ambas, objeto da Lei Orgânica do município de Marabá. Assim, em termos de Áreas de Preservação Permanente, apenas não foram delimitadas, com objetivo de não comprometer a clareza da figura, as áreas de preservação permanentes que decorrem diretamente do art. 4º da Lei nº 12.651/2012, referentes aos cursos d'água.

Finalmente, para obter-se uma visão geral sobre a distribuição dos dados supracitados, foi elaborada a Figura 6.4, correspondente ao domínio integral do projeto, na qual foram delimitadas e identificadas com a numeração sequencial de 1 a 27, as Áreas de Relevante Interesse Mineral, devi-

damente classificadas, de acordo com seu nível de aproveitamento (Comprovado, Indicativo e Vocação), além das áreas de restrição total à mineração, mencionadas anteriormente. No mesmo sentido, na Tabela 6.1, estão relacionadas às Áreas de Re-

levante Interesse Mineral contempladas na figura citada, destacando-se, em coluna própria, as áreas potenciais (níveis Comprovado, Indicativo e Vocação) para extração de materiais de uso imediato na construção civil.

Tabela 6.1 – Associação dos insumos minerais com as Áreas de Relevante Interesse Mineral. Observar que a numeração da última coluna da tabela refere-se à numeração da Figura 6.4.

| Substância | Características gerais dos depósitos | Toponímia | Áreas de relevante interesse mineral | |
|-----------------------|---|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| | | | Nível de aproveitamento | Identificação das áreas |
| Argila | Depósitos relacionados às planícies de inundação constituídos por argilas plásticas, de coloração amarela, cinza clara, cinza escura e preta | Rio Itacaiúnas | Comprovado | 1 |
| | | | Vocação | 2 |
| | | Rio Vermelho (alto curso) | Comprovado | 3 |
| | | | Vocação | 4 |
| Areia e seixo | Depósitos aluvionares de leito ativo de canal dos rios incluindo barras de canal longitudinais | Rio Tocantins | Comprovado | 5 |
| | | | Indicativo | 6 |
| | | | Vocação | 7 |
| Areia e seixo | Depósitos aluvionares de leito ativo de canal dos rios incluindo barras de canal longitudinais | Rio Itacaiúnas | Comprovado | 8 |
| | | Areais da magem da BR-222 | Comprovado | 9 |
| Areia branca | Areias brancas relacionadas a paleodepósitos aluvionares resultantes de processos pedogenéticos | Areais da magem da BR-222 | Vocação | 10 |
| Argila e areia | Depósitos relacionados a planície aluvial, barras de acreção lateral, barras em pontal, planícies de inundação, meandros abandonados, com lagos associados. | Rio Tocantins | Comprovado | 11 e 12 |
| | | | Vocação | 13 |
| Areia, seixo e argila | Depósitos aluvionares incluindo os de leito ativo e de planície de inundação | Rio Vermelho | Vocação | 14 |
| | | Rio Sororó | Comprovado | 15 |
| | | | Vocação | 16 |
| | | Igarapé Tauarizinho | Vocação | 17 |
| Rochas | Rochas cristalinas dos complexos Xingu e Vila Santa Fé, da Suíte Intrusiva Arapari e ao Granito Mumui | Região ocidental da área do projeto | Comprovado | 18 |
| | | | Vocação | 19 |
| | | | Comprovado | 20 |
| | | | Vocação | 21 |
| Saibro | Rochas sedimentares clásticas do Grupo Itapecuru ou rochas metassedimentares da Formação Couto Magalhães. | Folha SB.22-X-D-I | Comprovado | 22 |
| | | | Indicativo | 23 |
| | | | Vocação | 24 |
| Lateritos | Lateritos relacionados a platôs desenvolvidos sobre o Grupo Itapecuru e Formação Couto Magalhães | Folha SB.22-X-D-I | Indicativo | 25 |
| | | | Vocação | 26 |
| | | Folha SB.22-Z-B-I | Vocação | 27 |

7 - MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE

O presente capítulo aborda o tema referente aos impactos ambientais e suas relações com a atividade de extração dos insumos minerais da construção civil, nas adjacências de Marabá e Eldorado dos Carajás. Ao longo do texto são apresentadas considerações a respeito das técnicas de lavra de extração de argila para cerâmica vermelha, areia, saibro, cascalho e rochas para brita na área do projeto, bem como os impactos ambientais relacionados. Adicionalmente, visando fazer frente aos impactos negativos decorrentes da extração desses insumos, são propostas ações preventivas e/ou mitigadoras.

Para caracterização ambiental foram realizados trabalhos de campo e de escritório. Em escritório, foi efetivada uma pesquisa bibliográfica, com vistas à seleção das principais frentes de lavras referentes a insumos minerais de construção civil. Tais dados foram locados em carta geológica (Figura 2.2), produto este que serviu de base para visitas de campo, quando foram coletados dados referentes à forma e produção de cada empreendimento, e feitos registros fotográficos.

7.1 - IMPACTOS DECORRENTES DA MINERAÇÃO

7.1.1 - Desmatamento e remoção do solo

Os depósitos de argila utilizáveis como cerâmica vermelha ocorrem nas planícies de inundação dos rios Tocantins e Itacaiúnas, nos arredores de Marabá, e Rio Vermelho (incluindo a gruta Verde e Igarapé Cardoso), em Eldorado dos Carajás. Na fase que antecede a operação de lavra desses depósitos é feito o desmatamento da área de interesse, pela supressão da cobertura vegetal nativa, incluindo às vezes a mata ciliar, e em seguida é feito o decapeamento, com remoção do solo orgânico, para que haja a liberação do acesso ao material a ser explorado. Essas atividades quando levadas a efeito sem que se proceda as medidas preventivas e/ou mitigadoras, provocam impactos diretos na vegetação e na fauna, como também no próprio solo, pela intensificação do escoamento das águas pluviais e maior erosão, ocasionando maior turbidez das águas dos rios. Tais atividades embora sejam efetivadas majoritariamente na área de extração da substância de interesse, também, de modo mais restrito, são levadas a efeito nas áreas de acessos, proporcionando os mesmos impactos citados anteriormente, além das alterações morfológicas do terreno, decorrentes de sua retificação topográfica, contexto este que propicia mudanças no ciclo hidrológico. A movimentação dos veículos, além de acentuar a compactação do solo, intensificando o processo de escoamento,

também provoca a emissão de gases e particulados que comprometem a qualidade do ar atmosférico, além da poluição sonora que compromete a saúde dos empregados e contribuem sobremaneira com o afugentamento da fauna.

As medidas com vistas à atenuação dos impactos citados são:

- com respeito ao desmatamento e remoção do solo das vias de acesso é fundamental que tais operações sejam estritamente limitadas aos espaços necessários para o desenvolvimento de circulação de veículos, evitando-se a abertura de vias que não sejam imprescindíveis;

- para mitigação dos impactos causados pelo desmatamento e decapeamento do solo, é importante que o solo removido, em virtude de sua função como banco de sementes de espécies nativas, seja estocado e, ao fim da lavra, reutilizado na área, com vistas a natural revegetação da área minerada. Uma sistematização do processo de extração de argila no sentido de facilitar a recuperação da área, pode ser viabilizada por meio do desmembramento em setores/lotes. As atividades de desmatamento, decapeamento, desmonte mecânico e carregamento e transporte do material lavrado devem ser desenvolvidas em um primeiro setor, e após a extração da argila, este deve ser recuperado, para em seguida a mineração ser transferida para um segundo setor, e assim sucessivamente.

Como resultado da extração de argila na planície de inundação dos rios, é frequente na região a presença de cavas inundadas que se sobressaem na paisagem e produzem um passivo ambiental, situação que poderia ser contornada com a destinação sistemática dessas áreas para outros fins, por exemplo, em atividades de piscicultura.

Com respeito à extração de areias brancas relacionadas a paleodepósitos aluvionares, situados fora do leito ativo de rios, e que são considerados oriundos da lixiviação ácida sobre sedimentos arenosos, esta é subordinada na área do projeto. A atividade inicia com a retirada da vegetação e remoção do solo orgânico, e em seguida é realizada a extração da areia branca inferior com retroescavadeira, até alcançar o nível do lençol freático. Com a inundação da cava, passa a ser utilizada a bomba de sucção para extração e condução da areia para o porto de estocagem. Normalmente, finalizada a extração o que resta é a cava inundada, que deveria ser utilizada para atividade de piscicultura. Este tipo de extração é realizada nos areais da margem da BR-222, a sul do Distrito Morada Nova, e durante as atividades de campo observou-se que uma cava inundada já estava sendo utilizada para criação de peixes. No caso da extração da areia ser paralisada ao ser atingido o lençol

freático, ou seja, esta não evolui para a fase de extração em cava inundada, recomenda-se que no final da atividade o solo orgânico retirado inicialmente seja recolocado na cava rasa, para recuperação da área.

7.1.2 - Erosão

No caso das áreas remanescentes do processo de extração de argila, a erosão gerada pela ação de agentes climáticos se manifesta de modo marcante, notadamente por águas pluviais, que carreiam os sedimentos argilosos remanescentes do processo de extração para os rios, provocando a turbidez de suas águas (Figura 7.1). Tal situação é gerada principalmente em função do desmatamento e decapeamento, que precedem o processo de lavra, no entanto, pode ser mitigada por meio da implementação das medidas descritas no item anterior.

A lavra de agregados no leito ativo de grandes rios é a que mais comumente ocorre na região. O aproveitamento desses sedimentos, a exemplo do que é feito nos rios Tocantins e Itacaiúnas, é realizado por meio da utilização de bombas de sucção para acondicionamento do material em barcaças, que os transportam até o porto, quando, por meio de tubulação são conduzidos para classificação e acumulação na área de estocagem (Figura 7.2). A extração de areia na área, em geral, é realizada nos leitos ativos dos grandes rios, condição esta que, em alguns casos pode proporcionar a compensação dos sedimentos extraídos com a bomba, pela carga que é transportada pela corrente. A continuação de tal processo, no entanto, pode gerar o desequilíbrio nos regimes dessas drenagens, causando o incremento da erosão e desmoronamento à montante bem como assoreamento à jusante, tal como ocorre quando a extração se desenvolve nas proximidades de uma das margens do canal fluvial, daí porque tal situação deve ser rigorosamente evitada.

A extração de cascalhos a partir de terraços fluviais foi constatada em um único ponto, na margem do Rio Vermelho, sendo desenvolvida por meio de desmonte hidráulico. Tal operação pode acelerar o processo de erosão das margens dos rios, e pode ocasionar turbidez localizada, pelo escoamento da água rica em partículas sedimentares.

Com respeito à extração de saibro, um dos efeitos mais graves refere-se à geração de escarpas verticalizadas nas sequências sedimentares, submetendo-as a uma condição de facilidade aos processos erosivos. Os procedimentos operacionais indicados seriam a

suavização do gradiente do talude e posterior revegetação. Com igual gravidade, por maior exposição à erosão, se apresentam, também, as paredes verticalizadas que ocorrem relacionadas à frente de extração de rochas para brita especialmente nos casos de existência de espesso capeamento de solo (Figura 7.3). Tal fato onera sobremaneira o custo final do produto, pois quanto maior a relação estéril/minério, maiores investimentos serão necessários tanto na lavra quanto na britagem. A disposição das bermas, com plantio de árvores nativas, estabelecendo-se cortinas de proteção, drenagens adequadas, muros de arrimos além de outras medidas que venham atenuar este processo se fazem necessárias, sobretudo com acompanhamento por técnico especializado.



Figura 7.1 – Área de extração de argila na planície de inundação do Rio Vermelho (estação JG-154). A exposição da superfície argilosa desprovida da cobertura vegetal por apresentar-se exposta aos processos erosivos contribui para o aumento da turbidez das águas dos rios.



Figura 7.2 - Carregamento da barcaça com agregados (areia e seixos) extraídos por sucção do leito do Rio Tocantins, para ser classificado e estocado na margem do rio. A atuação contínua e descontrolada de tal processo de extração pode provocar desequilíbrio do regime do rio.



Figura 7.3 – Visão geral de pedreira de brita da região de Eldorado de Carajás, rodovia PA-275. Paredes verticalizadas e espesso capeamento de solo favorecem a atuação dos processos erosivos e evidenciam a instabilidade do talude (estação JG-162).

7.1.3 - Assoreamento

De uma maneira geral, tanto as atividades voltadas para a viabilização das vias de acessos para a entrada e saída de maquinários, como para extração e transporte das substâncias de uso imediato na construção civil, acabam contribuindo com o assoreamento das drenagens locais, uma vez que, para a viabilização das vias de acessos é feita a sua retificação topográfica e também a remoção da vegetação nativa e da cobertura superficial do solo. Tais atividades proporcionam alterações morfológicas do terreno, intensificam o processo de escoamento das águas pluviais em detrimento de sua infiltração, provocando mudanças no ciclo hidrológico e aumento da erosão da área do entorno. O quadro que é agravado pela movimentação dos veículos que, além de acentuarem a compactação do solo, intensificam o processo de escoamento das águas, contribuindo com o processo de assoreamento das drenagens e de áreas de baixios.

Nas atividades de extração de areia do leito ativo de rios, principalmente quando a operação é desenvolvida nas proximidades de suas margens, tal como já foi realçado no item anterior, pode causar o seu desmoronamento à montante, provocando como consequência o assoreamento, no caso de não haver o monitoramento do processo de extração. Sobre a referida questão, vale salientar que Rosa-Costa, Mendes e Melo (2001), através de estudos batimétricos, observaram que a ação contínua das dragas de sucção para extração de agregados no leito Rio Tocantins, provocaram depressões com paredes íngremes, com profundidades de 2 a até 34 metros a partir do assoalho do canal, e larguras de até 65 m. Estes autores também observaram formas de leito arenosas com magnitudes variadas, como barras de meio de canal e lençóis subaquosos, que podem estar concentradas em alguns locais, definindo setores assoreados no leito do Rio Tocantins.

7.1.4 - Contaminação de aquíferos

A vulnerabilidade de um aquífero refere-se ao seu grau de proteção natural às possíveis ameaças de contaminação potencial, e depende das características litológicas e hidrogeológicas dos estratos que o separam da fonte de contaminação (geralmente superficial), e dos gradientes hidráulicos que determinam os fluxos e o transporte das substâncias contaminantes através dos sucessivos estratos e dentro do aquífero. A contaminação ocorre pela ocupação inadequada de uma área que não considera a sua vulnerabilidade, ou seja, a capacidade do solo em degradar as substâncias tóxicas introduzidas no ambiente, principalmente na zona de recarga dos aquíferos. A contaminação pode se dar por fossas sépticas e negras, infiltração de efluentes industriais, fugas da rede de esgoto e galerias de águas pluviais, vazamentos de postos de serviços, por aterros sanitários e lixões, uso indevido de fertilizantes nitrogenados, depósitos de lixo próximos dos poços mal construídos ou abandonados e, no caso, por impurezas provenientes da área exaurida e/ou em lavra, que poderá causar enormes prejuízos, à medida que impossibilita o uso das águas subterrâneas.

A contaminação de aquífero é um tipo de impacto que na área está associado à extração de saibros referentes aos grupos Itapecuru e Barreiras e areias/seixos dos terraços fluviais, unidades reconhecidas como excelentes armazenadores de água subterrânea.

Os reservatórios se restringem aos estratos mais arenosos, que em geral são de natureza livre, sendo que, nos casos das unidades Itapecuru e Barreiras, podem apresentar-se como semi-confinados, recobertos por capeamento de sedimentos pelíticos de até 1,5 m de espessura. Sob tal situação, a eventual lavra de sedimentos pelíticos no empreendimento, acaba representando a exposição do reservatório arenoso à contaminação, daí a necessidade de que perante contextos similares ao citado, estudos hidrogeológicos sejam encetados com vistas a nortearem a alternativa de uma lavra seletiva e/ou análise com base na relação custo/benefício, sob a ótica ambiental, para que o órgão fiscalizador competente possa decidir sobre a efetivação ou não da lavra.

No caso específico da lavra de areia em terraços de paleodepósitos fluviais, como a utilização do método mecânico convencional de extração à base de retroescavadeira promove a eliminação do reservatório, o ideal é que o material a ser extraído seja desagregado por meio de desmonte em cava fechada e, posteriormente, por meio do uso de bomba de sucção, seja conduzido para a classificação (areia e cascalho), situação que possibilitará que a cava resultante seja destinada, por exemplo, para atividade de piscicultura ou área de lazer.

No projeto inicial deve estar previsto o *pit* final da lavra, efetuando-se estudos que permitam evitar a contaminação destes aquíferos, principalmente com a adoção de medidas que evitem extrapolar-se o nível de aproveitamento destes bens minerais, além de isolar as áreas de abastecimento de máquinas e equipamentos.

7.1.5 - Impacto na paisagem

O impacto na paisagem pode ser decorrente de qualquer ação relacionada ao processo de lavra, a qual por ser conduzida sem a preocupação com o meio ambiente acaba causando na paisagem um aspecto visual desagradável. Na área do projeto uma situação de alta gravidade que se verifica em diversos empreendimentos de extração de argila em planície de inundação de rios, uma vez que as cavas utilizadas para retirada do referido material frequentemente são abandonadas, servindo como zonas de acumulação de água e restos de vegetais em decomposição, além de resíduos sólidos, configurando um quadro paisagístico altamente negativo. Tal situação se mostra ainda mais perturbadora, uma vez que diversos empreendimentos estão localizados próximos a áreas urbanas, o que, além de produzir paisagem ambiental negativa, pode causar problemas na saúde de considerável número de pessoas. Um estudo a ser executado por técnico especializado torna-se indispensável para análise de possível utilização de tais cavas, por exemplo, em atividades de piscicultura ou até de lazer. No âmbito do projeto, cavas inundadas e abandonadas são oriundas da extração de argilas (Figuras 7.4 e 7.5) e de areias brancas (Figura 7.6).

7.1.6 - Poluição sonora

Das atividades de lavra que são efetivadas para insumos de uso imediato na construção civil na área do projeto, as referentes à brita são as que provocam em termos de poluição sonora os efeitos mais substanciais. Tal modalidade de impacto ambiental é decorrente de detonações, vibrações e atritos dos equipamentos utilizados no processo de lavra, bem como pelos ruídos decorrentes das movimentações de veículos no transporte de materiais ao longo das vias de acessos dos empreendimentos mineiros.

Em geral a poluição sonora atinge as pessoas diretamente envolvidas no processo de extração e as que habitam na zona do entorno. Tal processo também pode causar afugentamento da fauna.

Como medidas mitigadoras dos impactos explicitados, devem ser utilizados equipamentos de proteção individual pelas pessoas envolvidas na extração. Para proteção de habitantes da área de entorno, pode ser implantada uma barreira natural para servir de anteparo entre a área de lavra e os núcleos habitacionais mais próximos, como, por exemplo, uma plantação de eucalipto.



Figura 7.4 - Cavas inundadas remanescentes da exploração de argila na planície de inundação do Rio Itacaiúnas, nas proximidades de Marabá (estação JG-194).



Figura 7.5 – Cavas inundadas remanescentes da extração de argila na planície de inundação do Rio Vermelho, nas proximidades de Eldorado dos Carajás (estação JG-167).



Figura 7.6 - Cavas inundadas remanescentes da exploração de areias brancas na região do Km 7 da BR-222 (estação JG-04).

7.1.7 - Poluição atmosférica

As atividades de lavra para aproveitamento de insumos de uso imediato na construção civil, de uma maneira geral, provocam poluição atmosférica relacionada à emissão de gases decorrentes do funcionamento dos equipamentos utilizados, tanto na extração como no transporte do material. Na área do projeto, o processo de extração de rocha para uso como brita no município de Eldorado dos Carajás é a que produz maior grau de poluição atmosférica, pois, além dos gases citados, provoca ainda a emissão de particulados decorrentes da fragmentação da rocha, gerando uma redução da intensidade de luz e da visibilidade. O quadro exposto pode causar comprometimento da saúde das pessoas envolvidas com a extração, se não forem utilizados equipamentos de proteção individual, e até da população existente no entorno da área de lavra, gerando problemas respiratórios e alérgicos, além de outros.

As atividades geradoras dos efeitos citados, relacionadas diretamente ao processo de lavra em uma pedreira, são notadamente a perfuração das rochas, a detonação das cargas explosivas para desmonte das mesmas, o carregamento e transporte do material rochoso fragmentado, e o processo de britagem (Figura 7.7).

Algumas ações mitigadoras e de controle dos impactos ambientais referentes a poeiras e gases poluidores da atmosfera relacionados à lavra podem ser implementadas:

a) Usar dispositivo úmido na perfuração para desmonte das rochas;

b) Levando-se em conta o sentido preferencial do vento, utilizar como anteparo entre a frente de lavra e o núcleo populacional uma faixa de vegetação para retenção de poeiras e gases, e também com vistas a atenuar a poluição sonora e o impacto visual;

c) Para evitar a formação de poeiras, usar carros-pipa para umectar os acessos de veículos e de transporte de materiais, bem como nas pilhas de estoques e circuito de britagem.

7.2 - CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

Os impactos ambientais observados na área do projeto em decorrência da extração dos materiais de uso imediato na construção civil foram discutidos anteriormente de maneira individualizada. Com base nas informações de campo obtidas nas frentes de extrações visitadas, e para caracterização ambiental da área como um todo, apresenta-se um resumo dos impactos ambientais nas diversas frentes de lavra na Tabela 7.1, em termos qualitativos e quantitativos. Com base na tabela, fica caracterizado que a lavra de argila é a que mais produz impactos ambientais na área estudada, relacionados ao desmatamento e, principalmente, à poluição visual (impacto na paisagem). Outro tipo de impacto registrado na área decorre da extração de areia no leito ativo dos rios. Em ambos os casos, os processos de extração se efetivam aparentemente sem controle ambiental.



Foto 7.7 – Dispersão de particulados durante o processo de britagem em pedreira da região de Eldorado dos Carajás.

Tabela 7.1 – Resumo dos Impactos ambientais relacionados à extração de materiais de uso imediato na construção civil na área do projeto.

| Tipo de depósito lavrado | Status | | Porte | | | | Impacto ambiental | | | | | | Total | Percentual (%) | |
|--------------------------------|------------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-------------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------------|------|
| | Paralisado | Ativo | P | M | G | E | DE | ER | PV | AS | CA | PS | | | PA |
| Argilas para cerâmica vermelha | | 24 | | 1 | 8 | 15 | 24 | 24 | 24 | | | | | 24 | 61,5 |
| Areias brancas | | 2 | | | 1 | 1 | 2 | | 2 | | 2 | | | 2 | 5,1 |
| Areias de leito ativo | | 3 | | | 1 | 2 | | 3 | | 3 | | | | 3 | 7,7 |
| Areias/seixos de leito ativo | 1 | 3 | 2 | | | 2 | | 4 | | 4 | | | | 4 | 10,2 |
| Seixos de terraço fluvial | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | | 1 | | | 1 | 2,6 |
| Saibro (Grupo Itapecuru) | | 3 | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | | | | | 3 | 7,7 |
| Saibro (Grupo Barreiras) | | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | 2,6 |
| Brita (Complexo Xingu) | | 1 | | | | 1 | 1 | | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 2,6 |
| Total | 1 | 38 | 3 | 1 | 10 | 25 | 32 | 36 | 32 | 7 | 3 | 1 | 1 | | |
| Percentual (%) | 2,6 | 97,4 | 7,7 | 2,6 | 25,6 | 25,6 | 82,0 | 92,3 | 82,0 | 17,9 | 7,7 | 2,5 | 2,5 | | |

PORTE: P - Pequeno, M - Médio, G - Grande, E – Especial; IMPACTO AMBIENTAL: DE – Desmatamento, ER - Erosão, PV - Poluição Visual, AS - Assoreamento, CA – Contaminação de Aquífero, PS - Poluição Sonora, PA - Poluição Atmosférica.

8 - ASPECTOS ECONÔMICOS

O termo “agregados para construção civil” é empregado no Brasil para identificar um segmento do setor mineral que produz matéria-prima mineral bruta ou beneficiada de uso imediato na indústria da construção civil. Os agregados mais comuns são pedra britada, areia e cascalho, e são as substâncias minerais mais consumidas no Brasil e no mundo.

O setor de agregados no Brasil vive um momento virtuoso, sustentado pelos investimentos em obras de infraestrutura e habitação, reflexo do crescimento do nível de renda da população, da redução do desemprego e maior disponibilidade de crédito. O bônus demográfico é outro componente positivo na sustentabilidade desse crescimento, pelo menos por mais uma década.

Embora persista a expectativa de manutenção de forte demanda por agregados em médio e longo prazo, ocorrem pontualmente quedas de atividades em setores relacionados à construção civil, como observado em junho 2012, com o decréscimo de 8,5% na produção de aço, segundo o Instituto Aço Brasil, e de 9% no comércio de materiais de construção, como informa a Associação Nacional dos Comerciantes de Material de Construção - Anamac.

As obras do PAC e o aumento dos investimentos nacionais em infraestrutura para que o Brasil realizasse a Copa do Mundo de 2014 e sedie as Olimpíadas em 2016 garantirão que a demanda por agregados continue em alta até 2022. De acordo com o IBRAM, o indicador BRASIL para o consumo de agregados em 2011 foi de 3,50 t/habitante. O consumo *per capita* brasileiro evoluiu de 3,3 toneladas de agregados por habitante/ano em 2010 para 3,5 t/habitante em 2011, ou seja, um incremento de 6%. Comparativamente aos países desenvolvidos, o Brasil ainda está muito distante do valor médio histórico de 6 a 7 toneladas por habitante/ano, como por exemplo ocorre nos Estados Unidos. O consumo de agregados *per capita* é um importante indicador da situação econômica e social de um país, bem como seu nível de desenvolvimento, uma vez que o uso de agregados é relacionado com a melhoria da qualidade de vida e geração de conforto.

O Brasil consumiu no ano de 2012, cerca de 673.763.863 toneladas de agregados, enquanto o Estado do Pará consumiu neste período 19.012.575 t, correspondendo a 2,82% do material consumido no Brasil e 41,33% da região norte (Tabela 8.1).

Dados técnicos-científicos demonstram que para cada km de uma linha do metrô construída são consumidos 50.000 t de agregados, enquanto a construção de cada km de estrada pavimentada consome cerca de 9.800 t. Para se ter uma ideia, em casas populares de 50 m² são consumidas 68 t de agregados e em edifícios são consumidos 1.360 t para cada 1.000 m².

De acordo com a ANEPAC (2012), os principais segmentos consumidores de brita e areia, são os seguintes (Tabela 8.2):

O Brasil é um grande produtor mundial de produtos cerâmicos, ao lado da Espanha, Itália e China, mas consome quase toda a sua produção. De acordo com a Associação Brasileira de Cerâmica - ABC, a abundância de matérias-primas naturais, fontes alternativas de energia e disponibilidade de tecnologias práticas embutidas nos equipamentos industriais, fizeram com que as indústrias cerâmicas brasileiras evoluíssem rapidamente e muitos tipos de produtos dos diversos segmentos cerâmicos atingissem nível de qualidade mundial com apreciável quantidade exportada.

As regiões que mais se desenvolveram foram a Sudeste e a Sul, em razão da maior densidade demográfica, maior atividade industrial e agropecuária, melhor infraestrutura, melhor distribuição de renda, associado ainda às facilidades de matérias-primas, energia, centros de pesquisa, universidades e escolas técnicas. Portanto, são nestas regiões onde se tem uma grande concentração de indústrias de todos os segmentos cerâmicos. Convém salientar que as outras regiões do País têm apresentado certo grau de desenvolvimento, principalmente no Nordeste, com aumento da demanda de materiais cerâmicos, principalmente nos segmentos ligados a construção civil, o que tem levado à implantação de novas fábricas cerâmicas nessa região.

O setor cerâmico brasileiro, de um modo geral, apresenta uma deficiência grande em dados estatísticos e indicadores de desempenho, ferramentas indispensáveis para acompanhar o seu desenvolvimento e melhorar a competitividade, entre outros fatores. Daí as dificuldades de se ter um panorama mais amplo dessa importante área industrial, com diversos segmentos altamente geradores de empregos, e com forte apelo social. Na Tabela 8.3 é apresentado um resumo das entidades relacionadas direta ou indiretamente com o setor cerâmico no Brasil.

De acordo com a ANICER – Associação Nacional da Indústria Cerâmica, este segmento é composto por aproximadamente 6.900 empresas, distribuídas em todos os estados brasileiros. Na sua grande maioria, cerca de 90%, são empresas classificadas como micro ou pequenas, algumas médias, geralmente de estrutura familiar. O segmento da cerâmica vermelha brasileira produz mensalmente cerca de 4 bilhões de blocos/tijolos e 1,3 bilhões de telhas, consumindo 10,3 milhões de toneladas de argila. O faturamento anual desse setor gira em torno de 18 bilhões de reais, originando aproximadamente 300 mil postos de trabalho diretos, somados a quase 1 milhão indiretos, o que representa 4,8% da indústria da construção civil.

Tabela 8.1 – Consumo de agregados no Brasil. Fonte: Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil - ANEPAC (2012).

| Estado/Região | Agregados (toneladas) | Percentual de consumo |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Amazonas | 10.511.744 | |
| Pará | 19.012.575 | 41,33 % |
| Acre | 1.888.866 | |
| Rondônia | 7.408.262 | |
| Roraima | 1.183.520 | |
| Amapá | 1.801.562 | |
| Tocantins | 4.192.791 | |
| Norte | 45.999.319 | 6,83 % |
| Bahia | 37.702.689 | |
| Alagoas | 7.484.543 | |
| Sergipe | 5.769.790 | |
| Pernambuco | 26.778.265 | |
| Paraíba | 8.823.781 | |
| Rio Grande do Norte | 8.547.150 | |
| Ceará | 19.692.468 | |
| Piauí | 6.696.278 | |
| Maranhão | 14.024.997 | |
| Nordeste | 135.519.961 | 20,11 % |
| Goiás | 23.595.020 | |
| Distrito Federal | 14.915.681 | |
| Mato Grosso | 11.426.783 | |
| Mato Grosso do Sul | 8.572.237 | |
| Centro-Oeste | 58.509.721 | 8,68 % |
| São Paulo | 177.158.361 | |
| Minas Gerais | 71.076.418 | |
| Rio de Janeiro | 61.930.077 | |
| Espírito Santo | 13.877.637 | |
| Sudeste | 324.042.493 | 48,10 % |
| Paraná | 41.941.737 | |
| Santa Catarina | 28.455.865 | |
| Rio Grande do Sul | 39.272.768 | |
| Sul | 109.670.369 | 16,28 % |

Tabela 8.2 – Principais segmentos consumidores de brita e areia. Fonte: ANEPAC (2012).

| Brita (%) | Segmento | Areia (%) |
|-----------|----------------------------------|-----------|
| 32 | Concreteiras | 20 |
| 24 | Construtoras | 15 |
| 14 | Indústrias de pré-fabricados | 10 |
| 10 | Revendedores/lojas | 10 |
| 9 | Pavimentadoras/usinas de asfalto | 5 |
| 7 | Órgãos públicos | 3 |
| 4 | Outros | 2 |
| – | Argamassa | 35 |

8.1 - CENÁRIO DA REGIÃO DE MARABÁ E EL DORADO DOS CARAJÁS

Neste trabalho foram efetuados levantamentos no âmbito dos municípios de Marabá, Eldorado dos Carajás e Itupiranga, sobre os aspectos relacionados à exploração matérias-primas para construção civil, como áreas produtoras, produção e consumo. Diante das informações obtidas, foram feitas estimativas de demanda futura para areia, rocha para brita, seixo, material de empréstimo e argila para cerâmica vermelha.

A divulgação dos dados gerados pela pesquisa visa estimular o desenvolvimento da economia mineral destes municípios, uma vez que este estudo poderá ser utilizado pelos setores público e privado no momento de estabelecerem prioridades nos respectivos planejamentos estratégicos, tornando-os mais eficazes e exitosos.

A região estudada possui potencial geológico natural para o desenvolvimento da mineração de agregados. A presença de argilas, areias, seixos e rochas para brita garante boa oferta destes materiais de uso imediato na construção civil, e o crescimento econômico associado à demanda sobrepujada por construções habitacionais e ainda, as deficiências da estrutura urbana formam o cenário favorável à expansão dessa atividade na região.

Historicamente, segundo Montarroyos (2013) a produção de cerâmica vermelha na região de Marabá começou com instalações de pequenas olarias, após a criação do “Burgo de Itacaiúnas”, em 1895, pelo Governo Estadual. O IBGE (Informação disponível em: <http://www.maraba.pa.leg.br>) destaca um momento histórico em 1929, no qual a cidade de Marabá já se encontrava iluminada por uma usina à lenha, e em 17 de novembro de 1935 o primeiro avião pousou no aeroporto recém-inaugurado na cidade. Nesse período, a cidade já era composta por 450 casas e tinha cerca de 1.500 habitantes, o que se deduz que já nesta época, Marabá possuía olarias em plena atividade, e que eram explorados os depósitos argilosos associados à planície do Rio Itacaiúnas, localizados no atual Distrito da Cidade Pioneira.

No ano de 2013 o polo cerâmico de Marabá era constituído por 18 indústrias cerâmicas (incluindo Itupiranga) em plena atividade, com produ-

Tabela 8.3 – Entidades relacionadas ao setor cerâmico no Brasil. Fonte: Associação Brasileira de Cerâmica (2014).

| Entidades | Nº |
|---|-----|
| Associações - área cerâmica | 26 |
| Sindicatos - área cerâmica | 51 |
| Associações e sindicatos diversos | 25 |
| Instituições de ensino | 45 |
| Instituições de pesquisas e serviços | 15 |
| Empresas fabricantes e distribuidoras/representantes de produtos e serviços | 418 |
| Empresas fornecedoras para indústria, instituições e mineração | 249 |
| Empresas fornecedoras para artistas ceramistas | 15 |

ção aparente de nove milhões de peças (tijolos e telhas)/mês. A indústria cerâmica de Itupiranga é incipiente e formada por duas cerâmicas de pequeno porte.

Por outro lado, a indústria cerâmica de Eldorado dos Carajás evoluiu com a fundação da cidade no ano de 1991, e hoje conta com 13 indústrias que fabricam basicamente tijolos e telhas, e tem uma produção aparente de seis milhões de peças cerâmicas/mês.

Deve-se ressaltar que não foram encontrados dados oficiais referentes a reservas, produção e preços praticados para os insumos minerais da área de estudo do presente projeto. A dificuldade na obtenção destes dados se prende ao fato de que muitas empresas trabalham na maioria dos casos sob o regime de Licenciamento, que não exige cubagem de reservas, e em muitos casos em caráter informal.

O levantamento de reservas de recursos minerais é importante para saber a relação entre produção e reservas, de modo a acompanhar sua evolução, prever exaustão de reservas, indicar necessidade de novos investimentos em pesquisa mineral, criar políticas de incentivo à busca de recursos, etc.

A falta de mão de obra qualificada é um dos maiores problemas enfrentados hoje pela indústria no Brasil. Na região do projeto e entorno este quadro se repete, principalmente no segmento da construção civil, necessitando, portanto, de pessoal com maior qualificação, tanto na esfera gerencial/administrativa, como na área operacional. Praticamente inexistem geólogos e engenheiros de minas a frente destes empreendimentos, com dedicação exclusiva.

8.1.1 - O PAC e a área estudada

De acordo com dados do PAC II, foram efetuados investimentos na área de saneamento, pavimentação, construção de viadutos, UBS (Unidade Básica de Saúde), creches e pré-escolas, praças, quadras esportivas nas escolas, urbanização de assentamentos precários, construção de moradias, programa Minha Casa, Minha Vida dos municípios de Marabá e Eldorado dos Carajás, ampliação do aeroporto e estudo para implantação do terminal de cargas no município de Marabá. Estes investimentos foram oriundos da utilização de grande parte dos insumos minerais para construção civil dos municípios da área do projeto.

8.1.2 - Analisando a CFEM

Cabe ressaltar a importância para a economia dos municípios estudados na arrecadação da CFEM - Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais oriundo da exploração de agregados para construção civil. Dentro da área do projeto, sobressai-se o município de Marabá na arrecadação da CFEM, principalmente devido à mineração de cobre da mina do Salobo (Tabela 8.4).

A Tabela 8.5 mostra os valores da CFEM arrecadados pela extração de insumos minerais para construção civil no período de 2010 – 2013 para os municípios enfocados neste estudo.

Para interpretação destes dados, são importantes alguns esclarecimentos:

I - Os dados disponíveis da CFEM não especificam a fonte geradora (título de lavra), sendo totalizados por substância para todo o município;

II - A análise da CFEM foi feita por substância e por município;

III - Nos casos em que há ocorrência de pelo menos um título para a substância analisada, toda a CFEM do município relativa a essa substância foi computada;

IV - Também estão excluídos desta análise os bens minerais que não estão no escopo do projeto;

V - Em relação ao cascalho e seixo, acredita-se tratar de uma mesma finalidade de uso.

O município de Eldorado dos Carajás sobressai-se dos demais, em face da instalação da única pedreira de rocha para brita da região estudada. Quanto à argila, destaca-se Marabá, onde está instalado

Tabela 8.4 – Evolução da CFEM no período de 2010 – 2013 (DNPM, 2014). Valores em R\$.

| CFEM (R\$) | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Pará | 314.965.828,81 | 462.694.917,93 | 524.726.883,35 | 804.541.264,28 |
| Belém | – | – | – | 231,69 |
| Marabá | 6.092.220,49 | 1.880.098,49 | 4.161.939,37 | 20.789.076,23 |
| Eldorado dos Carajás | 64.051,07 | 102.995,46 | 426.488,02 | 281.766,33 |
| Itupiranga | – | – | 201,38 | 3.513,21 |

Tabela 8.5 – Evolução da CFEM por substância/município no período de 2.010 – 2013 (DNPM, 2014). Valores em R\$.

| Município | Substância | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|----------------------|------------|-----------|-----------|------------|------------|
| Marabá | Areia | 6.459,12 | 33.875,54 | 37.499,16 | 24.482,34 |
| | Argila | 26.533,59 | 16.790,29 | 24.384,88 | 12.378,37 |
| | Cascalho | 1.923,23 | 18.871,19 | 32.231,86 | 14.870,99 |
| | Seixo | 229,33 | – | – | – |
| | Saibro | – | 760,85 | 4.057,45 | 1.208,32 |
| Eldorado dos Carajás | Areia | – | 495,66 | 98,25 | 7.021,18 |
| | Argila | 1.542,17 | 7.731,32 | 15.165,83 | 2.058,73 |
| | Granito | 62.508,90 | 94.768,48 | 411.223,94 | 272.686,42 |
| Itupiranga | Areia | – | – | 201,38 | 1.327,93 |
| | Cascalho | – | – | 2.185,28 | – |

o maior polo produtor da indústria cerâmica dos três municípios da área de abrangência do projeto, o mesmo ocorrendo com relação a cascalho (seixos).

8.2 - INSUMOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

8.2.1 - Areia

De acordo com a ANEPAC, a areia é conceituada na indústria como um bem mineral constituído predominantemente por quartzo, de granulação fina, e pode ser obtida a partir de depósitos de leitos de rios e planícies aluviais, rochas sedimentares e mantos de alteração de rochas cristalinas. Areias de praias e dunas litorâneas não apresentam boa qualidade como material para construção civil, devido à presença de sais.

Na área do projeto, os depósitos de areia são de origem natural, predominando as extraídas do leito ativo do Rio Tocantins, e subordinadamente de terraços de paleodepósitos fluviais. O principal uso deste material se destina a fabricação de concreto. As diversas areias produzidas atendem principalmente as demandas locais dos distritos adjacentes da sede do município de Marabá.

8.2.2 - Argila

Na área de abrangência do projeto, foram visitadas 24 frentes de lavra de argila, e os polos de cerâmica vermelha de Marabá, Eldorado dos Carajás e Itupiranga, e são constituídos por 31 indústrias, na sua maioria de pequeno a médio porte, todas voltadas principalmente para fabricação de tijolos de 6 a 8 furos e telhas tipo *plan*, e apresentam uma produção superior a 15 milhões de peças/mês, gerando em torno de 800 empregos diretos (Tabela 8.6).

A representatividade deste setor dentro do contexto socioeconômico do estado do Pará não é bem conhecida, principalmente devido à informalidade e as dificuldades de obtenção de informações com os produtores, mas possui sua

importância na geração de empregos na região e no suprimento de produtos necessários as construções de casas residenciais e de prédios comerciais.

O IBGE (2012) estima que cerca de 95% das empresas do setor cerâmico do Brasil são micro e pequenas empresas. Na região de interesse deste projeto, elas representam somente 0,44% deste total, mas apresentam relevante papel na economia e na geração de empregos da região, embora se observe um descompasso tecnológico com relação aos outros setores cerâmicos no Brasil.

Na área do projeto a argila é utilizada é extraída principalmente das planícies de inundação dos rios Itacaiúnas e Vermelho, para ser utilizada como matéria prima para cerâmica vermelha, na produção de tijolos e telhas. A indústria de cerâmica caracteriza-se por duas etapas distintas: a primária, que envolve a exploração e transporte da matéria prima, e a de transformação para elaboração do produto final. O processo produtivo é relativamente simples, entretanto precisa de controle de qualidade. A localização das cerâmicas é determinada por dois fatores principais: a proximidade das jazidas (necessidade de transporte de grande volume e peso da argila) e proximidade dos mercados consumidores (custos do transporte). Os fatores secundários são, principalmente, a mão de obra e sua rotatividade, custo de energia, tecnologia acessível, linhas de crédito e financiamento e fornecimento de equipamentos.

Os preços médios praticados, de acordo com informações coletadas em campo em 2013, mostram uma variação de preço do milheiro de tijolos de R\$ 350,00 a R\$ 400,00, e para telhas de R\$ 500,00 a R\$ 550,00.

8.2.3 - Rochas para brita

A pedra britada ou brita é um agregado graúdo, oriundo da fragmentação mecânica de rochas cristalinas, onde sua produção na área do projeto é proveniente basicamente de migmatitos, no município de Eldorado dos Carajás. Os diversos tipos de brita

Tabela 8.6 Localização, distribuição e porte das indústrias de cerâmica vermelha em atividade em Marabá, Itupiranga e Eldorado dos Carajás.

| Cerâmica | Município | Porte da cerâmica | | |
|-------------------------|----------------------|-------------------|---|---|
| | | P | M | G |
| Cerita | Marabá | | | X |
| Lacerda | | | X | |
| BBL | | | X | |
| Bambu 1 | | | X | |
| Bambu 2 | | | | |
| Zucatelli | | | X | |
| Bonanza | | X | | |
| Dezem | | | X | |
| Itapoã | | | | X |
| Oliveira | | | X | |
| Folha 33 | | X | | |
| União | | X | | |
| Divinino Espírito Santo | | X | | |
| Castanheira | | | X | |
| Fernandes | | | X | |
| Nova Era | | | X | |
| Carvalho | Itupiranga | | X | |
| Tocantins | | X | | |
| Rio Vermelho | Eldorado dos Carajás | | X | |
| Terra Brasil | | | X | |
| SulPará | | X | | |
| Madecastro | | | X | |
| AA - Alto Bonito | | X | | |
| Barro Bonito | | | X | |
| Mota | | | | X |
| Rio do Vale | | | | |
| Conquista | | | X | |
| Ferrovia | | | X | |
| Mineira | | | X | |
| Fênix | | | X | |
| Luará | | X | | |

produzidas atendem principalmente as demandas locais dos municípios da área do projeto.

A produção informada dos diversos tipos de brita (Figura 8.4) na única pedreira localizada em Eldorado dos Carajás é da ordem de 120.000 m³/ano, e os preços/m³ praticados (FOB maio, 2013) são os seguintes (Tabela 8.7):

8.2.4 - Seixo

O seixo é considerado como agregado graúdo, destinado para uso da construção civil em aplicações na fabricação de concreto, concreto ciclópico, na regularização/preenchimento de baldrame em construções, preenchimento de leito/camada base em asfaltamento de estradas rodoviárias e ferroviárias.

A utilização na manutenção da extensa rede de estradas de terra como revestimento superficial é o que mais consome seixos na área do projeto, sendo o fator determinante a proximidade do local de aplicação, independente da extensão superficial e grandeza do depósito. Este insumo é extraído principalmente do leito ativo dos rios Tocantins, Itacaiúnas

Tabela 8.7 – Preços praticados em pedreira de brita de Eldorado dos Carajás.

| Tipo de brita | Preço médio/m ³ FOB (R\$) |
|---------------|--------------------------------------|
| Brita 0 | 85,00 |
| Brita 1 | 80,00 |
| Brita 2 | 80,00 |
| Pó de brita | 65,00 |

e Vermelho. O valor médio do frete é de R\$ 25,00/m³, e o preço médio informado por produtores locais, durante os trabalhos de campo em 2013, apresentam a seguinte variação (Tabela 8.8):

Tabela 8.8 – Preços de seixos praticados na região.

| Tipo de seixo | Preço médio/m³ FOB (R\$) |
|----------------------|--|
| Seixo 0 | 28,00 - 50,00 |
| Seixo 1 | 25,00 - 50,00 |
| Seixo 2 | 20,00 - 50,00 |
| Seixo 3 | 15,00 - 50,00 |

9 - ASPECTOS INSTITUCIONAIS

9. 1 - LEGISLAÇÃO MINERÁRIA

9.1.1 - Regimes de aproveitamento mineral

A diversidade de substâncias minerais, o grau de dificuldade de seu aproveitamento, o destino da produção obtida, bem como os aspectos de seu caráter social, serviram de base para que, no Brasil, a legislação mineral vigente contemple os seguintes regimes de aproveitamento de recursos minerais: regimes de autorização e concessão, licenciamento, registro de extração, permissão de lavra garimpeira, e de monopólio. Desses regimes, serão discutidos no presente trabalho os regimes de Licenciamento, Autorização e Concessão, e Registro de Extração, por serem os únicos que se aplicam para os insumos minerais enfocados na área do presente projeto.

Regime de Licenciamento

É o regime por meio do qual o aproveitamento da substância mineral de emprego imediato na construção civil independe de trabalhos prévios de pesquisa mineral para estimativas de reserva ou qualificação.

De acordo com a Lei nº 6.567/1978 (BRASIL, 1978), alterada pela Lei nº 8.982/1995 (BRASIL, 1995), e a Portaria DNPM nº 266, de 10 de julho de 2008 (DNPM, 2008), podem ser aproveitados, em área máxima de 50 hectares, tanto pelo regime de licenciamento como pelos regimes de autorização e concessão, na forma da lei: a) areias, cascalhos e saibros para utilização imediata na construção civil, no preparo de agregados e argamassas, desde que não sejam submetidos a processo industrial de beneficiamento e nem se destinem como matéria-prima à indústria de transformação; b) rochas e outras substâncias minerais, quando aparelhadas para paralelepípedos, guias, sarjetas, moirões e afins; c) argilas usadas no fabrico de cerâmica vermelha; d) rochas quando britadas para uso imediato na construção civil e, e) calcários empregados como corretivo de solo na agricultura.

O regime de licenciamento depende que o interessado obtenha licença específica, expedida pela autoridade administrativa local, no município de situação da jazida, bem como registro no Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), do Ministério das Minas e Energia, mediante requerimento, cujo processamento será disciplinado em portaria do Diretor Geral desse órgão, a ser expedida no prazo de 60 dias. Tal regime é facultado exclusivamente ao proprietário do solo ou a quem dele tiver autorização expressa, salvo se a jazida localizar-se em imóveis pertencentes à pessoa jurídica de direito público, quando

então o licenciamento ficará sujeito ao seu prévio assentimento e, se for o caso, à audiência da autoridade federal sob cuja jurisdição situa-se o imóvel, na forma da legislação específica. No caso de haver publicação do ato do Diretor Geral do DNPM, determinativo do cancelamento do registro de licença, o aproveitamento da jazida ficará facultado a qualquer interessado, independentemente da autorização do proprietário do solo, observados os demais requisitos legais.

Além dos documentos essenciais para o requerimento de qualquer substância mineral, são exigidos também os seguintes documentos exclusivamente apropriados para o caso: a) licença específica expedida pela autoridade administrativa competente dos municípios de situação da área requerida; b) declaração do requerente de que ele é proprietário de parte ou da totalidade do solo e/ou instrumento de autorizativo do proprietário para lavrar a substância mineral indicada no requerimento em sua propriedade; c) assentimento da pessoa jurídica de Direito Público, no caso de a esta pertencer parte ou a totalidade dos imóveis, excetuando-se as áreas em leito de rio.

Estabelece o art. 6º da referida Portaria, que ao requerente caberá apresentar ao DNPM, no prazo de até 60 dias contados a partir da protocolização do pedido de registro de licença, a licença ambiental de instalação ou de operação, ou comprovar por meio de cópia do protocolo do órgão ambiental competente que requereu o licenciamento ambiental, dispensada qualquer exigência por parte do DNPM, sob pena de indeferimento do requerimento de registro de licença.

A outorga do registro de licença é condicionada à apresentação da licença ambiental expedida pelo órgão ambiental competente. Desse modo, satisfeitas as obrigações ambientais e as demais previstas na legislação, o registro de licença será autorizado pelo Diretor Geral do DNPM, em livro próprio ou em meio magnético, do qual se formalizará extrato a ser publicado no DOU, e que valerá como título de licenciamento.

O art. 41º da Portaria DNPM nº 266, acima citada, estabelece que, exaurido o prazo do registro de licença sem que o titular tenha requerido a sua prorrogação, será efetuada a baixa na transcrição do registro de licença com o arquivamento dos autos e o processo referente à autorização de pesquisa prosseguirá nos seus trâmites normais. Em tal hipótese, será vedada ao titular, a realização de quaisquer atividades de lavra até a outorga da respectiva portaria, salvo se autorizado mediante guia de utilização.

Regime de Autorização e Concessão

O regime de autorização e concessão, de acordo com o art. 2º do Código de Mineração (BRASIL, 1967a),

pode ser utilizado no aproveitamento de todas as substâncias minerais, inclusive as de emprego imediato na construção civil, excetuando apenas as protegidas por monopólio (petróleo, gás natural e substâncias radioativas). Para o caso de aproveitamento de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil, há a faculdade de utilização do regime de Licenciamento ou, alternativamente, do regime de Autorização e Concessão.

A utilização dos regimes de autorização e concessão visa, num primeiro momento (regime de autorização), a expedição de alvará de autorização do Diretor Geral do DNPM, que credenciará o titular a realizar trabalhos de pesquisa na área autorizada, bem como obras e serviços auxiliares necessários, em terrenos de domínio público ou particular, desde que abrangidos pela área de pesquisa, e que seja pago ao superficiário uma renda pela ocupação dos terrenos e uma indenização pelos danos e prejuízos causados em decorrência dos trabalhos de pesquisa. A fase subsequente refere-se ao regime de concessão, cujo objetivo final é o de obtenção de um título que corresponde a uma Portaria do Ministro de Minas e Energia, que permita a lavra da substância mineral de interesse, a qual deve ocorrer em conformidade com o Plano de Aproveitamento Econômico aprovado pelo DNPM, cabendo ao titular do direito ainda a obrigação de indenizar ao superficiário por eventuais danos às benfeitorias.

Regime de Registro de Extração

É o regime que, com base no que estabelece a Lei nº 9.827, de 28 de agosto de 1999 (BRASIL, 1999), regulamentada pelo Decreto nº 3.358, de 2 de fevereiro de 2000 (BRASIL, 2000a), e, pela Portaria do Ministro de Minas e Energia de nº 23, de 4 de fevereiro de 2000 (BRASIL, 2000c), permite aos órgãos da administração direta e autárquica da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, a extração de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil para uso exclusivo em obras públicas por eles executadas diretamente, respeitados os direitos minerários em vigor nas áreas onde devam ser executadas as obras, sendo vedada a comercialização. As substâncias minerais de emprego imediato na construção civil enumeradas taxativamente pela Portaria do Ministro de Minas e Energia nº 23, para fins de aplicação do disposto no Decreto nº 3.358, são as seguintes: a) areia, cascalho e saibro, quando utilizados *in natura* na construção civil e no preparo de agregado e argamassas; b) material síltico-argiloso, cascalho e saibro, empregados como material de empréstimo; c) rochas, quando aparelhadas para paralelepípedos, guias, sarjetas, moirões ou lajes para calçamento; e d) rochas, quando britadas para uso imediato na construção civil.

Vale ainda ressaltar, os seguintes pontos referentes ao regime de registro de extração, em conformidade com o Decreto nº 3.358: 1) Somente pode ser efetuado para as substâncias enumeradas na Portaria do Ministro de Minas e Energia, de nº 23; 2) Depende de registro no DNPM; 3) A extração fica adstrita à área máxima de 5 hectares; 4) O registro de extração será efetuado em área considerada li-

vre, nos termos do art. 18º do Código de Mineração (BRASIL, 1967a), mas, excepcionalmente, será admitido em área onerada, desde que o titular do direito minerário pré-existente autorize expressamente a extração; 5) O registro de extração será requerido ao Diretor Geral do DNPM, por intermédio da unidade regional desta autarquia em cuja circunscrição se localize a área pretendida, onde será numerado e registrado; 6) O prazo do registro de extração será determinado e ao juízo do DNPM, com base nas necessidades da obra devidamente especificada a ser executada e a extensão da área objetivada no requerimento, admitida uma única prorrogação.

9.1.2 - Taxa anual por hectare

De acordo com o DNPM, a Taxa Anual por Hectare (TAH) foi instituída pela Lei nº 7.886, de 20 de novembro de 1989 (BRASIL, 1989c), posteriormente alterada pela Lei nº 9.314, de 14 de novembro de 1996 (BRASIL, 1996b), e tem natureza jurídica de preço público. A TAH é devida pelo titular da autorização de pesquisa, em decorrência da publicação no DOU do título autorizativo de pesquisa (Alvará de Pesquisa) e destina-se exclusivamente ao DNPM.

O pagamento da TAH será efetuado anualmente obedecendo aos seguintes prazos: 1) Até o último dia útil do mês de janeiro, para as autorizações de pesquisa e respectivas prorrogações de prazo publicadas no DOU no período de 1º de julho a 31 de dezembro imediatamente anterior; 2) Até o último dia útil do mês de julho, para as autorizações de pesquisa e respectivas prorrogações de prazo publicadas no DOU no período de 1º de janeiro a 30 de junho imediatamente anterior.

9.1.3 - Compensação financeira pela exploração de recursos minerais

A Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), estabelecida pela Constituição de 1988, em seu Art. 20º, § 1º, é devida aos Estados, ao Distrito Federal, aos Municípios, e aos órgãos da administração da União, como contraprestação pela utilização econômica dos recursos minerais em seus respectivos territórios.

Ao DNPM compete baixar normas e exercer fiscalização sobre a arrecadação da CFEM (Lei nº 8.876/94, art. 3º - inciso IX).

A CFEM é devida por quem exerce atividade de mineração em decorrência da exploração ou extração de recursos minerais.

A exploração de recursos minerais consiste na retirada de substâncias minerais da jazida, mina, salina ou outro depósito mineral, para fins de aproveitamento econômico.

Constitui fato gerador da CFEM a saída por venda do produto mineral das áreas da jazida, mina, salina ou outros depósitos minerais. E ainda a utilização, a transformação industrial do produto mineral, ou mesmo o seu consumo por parte do minerador.

A CFEM é calculada sobre o valor do faturamento líquido, obtido por ocasião da venda do produto mineral. Entende-se por faturamento líquido o valor da venda do produto mineral deduzindo-se os tributos (ICMS, PIS, COFINS), que incidem na comercialização, como também as despesas com transporte e seguro.

Quando não ocorre a venda, porque o produto mineral é consumido, transformado ou utilizado pelo próprio minerador, então considera-se como valor, para efeito do cálculo da CFEM, a soma das despesas diretas e indiretas ocorridas até o momento da utilização do produto mineral.

As alíquotas aplicadas sobre o faturamento líquido para obtenção do valor da CFEM variam de acordo com a substância mineral: 1) 3% para minério de alumínio, manganês, sal-gema e potássio; 2) 2% para ferro, fertilizante, carvão e demais substâncias; 3) 0,2% para pedras preciosas, pedras coradas lapidáveis, carbonados e metais nobres; 4) % para ouro.

O pagamento da CFEM deve ser realizado mensalmente, até o último dia útil do segundo mês subsequente ao fato gerador, devidamente corrigido. O pagamento é feito por meio de boleto bancário, emitido no *site* do DNPM, em qualquer agência bancária, até a data de vencimento.

Os recursos da CFEM são distribuídos da seguinte forma: 1) 12% para a União (DNPM, IBAMA e MCT); 2) 23% para o Estado onde for extraída a substância mineral; 3) 65% para o município produtor.

O município produtor é aquele onde ocorre a extração da substância mineral. Caso a extração abranja mais de um município, deverá ser observada a proporcionalidade da produção efetivamente ocorrida em cada um deles.

Estados e Municípios serão creditados com recursos da CFEM em suas respectivas contas de movimento específicas, no sexto dia útil, que sucede ao recolhimento por parte das empresas de mineração.

Os recursos originados da CFEM não poderão ser aplicados em pagamento de dívida ou no quadro permanente de pessoal da União, dos Estados, Distrito Federal e dos Municípios. As receitas deverão ser aplicadas em projetos, que direta ou indiretamente revertam em prol da comunidade local, na forma de melhoria da infraestrutura, da qualidade ambiental, da saúde e educação.

9.1.4 - Novo Marco Regulatório da Mineração

O atual cenário da política mineral brasileira experimenta um momento de grande expectativa de mudança, uma vez que, o Projeto de Lei nº 5.807/2013 (BRASIL, 2013), em trâmite desde junho de 2013, no Congresso Nacional, visa alterar conceitos básicos do atual Código de Mineração - Decreto-Lei nº 227/1967 (BRASIL, 1967a), com vistas à construção de um novo marco regulatório.

Os principais pontos que estão contemplados no referido projeto, em termos gerais, se norteiam em duas vertentes propositivas: 1) Contém inova-

ções institucionais como a criação do Conselho Nacional de Política Mineral (órgão consultivo de caráter estratégico) e da Agência Nacional de Mineração (agência reguladora do setor mineral); 2) Implementa mudanças regulatórias, focadas na substituição do regime de prioridade por um sistema de certames públicos para autorização de títulos minerais, e no aumento dos *royalties* incidentes sobre os minerais.

Os regimes de exploração mineral previstos no projeto são Autorização e Concessão (caput do art. 4º), em sintonia com o art. 176º, § 1º, da Constituição Federal (BRASIL, 2014), valendo salientar, no entanto, que tais termos adotados no projeto do novo marco regulatório têm significados diferentes dos que são utilizados no atual Código de Mineração.

O regime de Licenciamento, no sentido do atual código de mineração, foi substituído pelo regime de Autorização, por meio do qual poderão ser aproveitadas substâncias que não exigem grande esforço de pesquisa e são aproveitáveis de imediato ou com pouco beneficiamento (art. 4º, § 3º, do projeto), tais como os minerais para emprego imediato na construção civil: argilas destinadas à fabricação de tijolos, telhas e afins, rochas ornamentais, água mineral, e minérios empregados como corretivo de solo na agricultura. Em tal listagem, observa-se que foram acrescentadas duas substâncias minerais (água mineral e rochas ornamentais), estabelecido pela Lei nº 6.567/1978 (BRASIL, 1978), para aproveitamento pelo regime de Licenciamento do atual código de mineração. Destaque-se também que tal conjunto de substâncias utilizáveis pelo regime de Autorização, poderá incluir outras substâncias, dependendo da decisão do CNPM, ou seja, não há pelo projeto exigência de lei para estabelecer tal flexibilidade, mas somente de decisão do Poder Executivo Federal.

O projeto extingue o privilégio do proprietário para aproveitamento, existente no atual regime de Licenciamento, pois, a Autorização, pelo novo projeto, se fará a requerimento do interessado, por meio de termo de adesão (caput 17, do projeto), com dispensa de licitação e prazo de 10 anos, admitidas prorrogações sucessivas (art. 17º, § 1º, do projeto), podendo a competência para a sua expedição ser delegada aos entes federados (art. 17º, § 3º, do projeto).

O novo regime de Autorização, em caso de viabilidade técnica, pode ser outorgada, para o caso de área já onerada (art. 17º, § 2º, do projeto), desde que as substâncias minerais aproveitadas sejam subordinadas a regimes jurídicos distintos (art. 21º, do projeto).

Quanto ao regime de Autorização de Pesquisa e de Concessão de Lavra, o projeto prevê sua substituição pelo regime de Concessão, que será aplicado às substâncias minerais não incluídas no futuro regime de Autorização, sendo seu significado, portanto, abrangente das fases de pesquisa e de lavra. A Concessão terá prazo de até 40 anos, sendo permitidas prorrogações sucessivas de até 20 anos (caput do art. 15º, do projeto).

A utilização da Concessão como regime de Aproveitamento, se dará em áreas previamente definidas pelo poder concedente, a partir de proposta elaborada pelo CNPM, obedecendo a um processo de licitação, o

que significa o fim do direito de prioridade. Os dados geológicos das áreas eventualmente licitadas serão repassados às empresas pela CPRM, instituição que assume pelo novo projeto, mediante modificação do art. 2º da Lei nº 8.970/1994 (BRASIL, 1994), as seguintes atribuições: 1) Elaborar estudos e pesquisas para subsidiar o planejamento das atividades de mineração; 2) Desenvolver, apoiar e realizar estudos, pesquisas científicas e tecnológicas, voltadas para o aproveitamento dos recursos minerais no território nacional; 3) Realizar pesquisas para identificação de áreas com potencial geológico, obedecendo as políticas setoriais definidas pelo poder concedente; 4) Realizar estudos, pesquisas e avaliação de recursos minerais fora da plataforma continental; 5) Implantar e gerir o sistema de informações sobre geologia recursos minerais continentais e marinhos no âmbito nacional.

Pelo novo projeto, haverá modificações na sistemática de cobrança da CFEM, no que tange à alíquota e à base de cálculo. Assim, a alíquota máxima subirá de 3% para 4% (caput do art. 36º, do projeto), sendo que sua definição passará a ser feita por regulamento, diferentemente do que ocorre atualmente, em que a alíquota incidente sobre as substâncias minerais é definida pela Lei nº 8.001 (BRASIL, 1990). A nova base de cálculo da CFEM será a receita bruta da venda, após dedução dos tributos efetivamente pagos, incidentes sobre a sua comercialização, conforme definição em regulamento.

Sobre a legislação minerária vigente, vale destacar que o ordenamento constitucional brasileiro no que tange ao aproveitamento das riquezas minerais se coaduna com o a tradição dos grandes países mineradores, na qual o Estado detém o domínio e o controle sobre os recursos minerais e consente sua exploração pelo particular. Nesse sentido, para o aproveitamento de substâncias minerais no Brasil, o interessado deve cumprir, além das leis próprias exigidas para o exercício de uma atividade econômica, também legislações minerais e ambientais. Tal atividade é disciplinada pela Constituição Federal, pelo Código de Mineração - Decreto Lei nº 227/1967 (BRASIL, 1967a) e pelas regulamentações que emanam do DNPM, além de regulamentações da CONAMA.

9.2 - LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

9.2.1 - Licenciamento ambiental

A lei 6.938/1981 (BRASIL, 1981) que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) é considerada o primeiro diploma legal do direito positivo brasileiro que disciplina de forma sistematizada o meio ambiente, criando o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e indicada os seus instrumentos legais, entre outras disposições. Tal diploma arrola entre os instrumentos de política nacional do meio ambiente, o instituto do licenciamento ambiental para as atividades efetiva ou potencialmente poluidoras. Assim, a referida lei, com a redação dada pela Lei

nº 7.804, de 1989 (BRASIL, 1989a), em seu art. 10º, estabelece que a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades que utilizem recursos ambientais, considerados efetiva e potencialmente poluidores, além dos que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento de órgão estadual competente, integrante do SISNAMA, e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), em caráter supletivo, sem prejuízo de outras licenças exigíveis.

Com a Resolução CONAMA nº 237/1997 (CONAMA, 2012c), os procedimentos referentes ao licenciamento ambiental foram regulamentados, ficando estabelecido que, estão sujeitos ao licenciamento ambiental empreendimentos e atividades ligadas à extração de materiais de uso imediato na construção civil (Classe II). No mesmo sentido a Resolução CONAMA/1990 (CONAMA, 2012b), estabelece critérios específicos para o licenciamento ambiental dessas atividades, visando o controle dessas atividades, em conformidade com as Leis nº 6.567/78 (BRASIL, 1978), 6.938/81 (BRASIL, 1981) e 7.805/89 (BRASIL, 1989b).

Na região correspondente ao presente relatório, os procedimentos locais referentes ao Licenciamento Ambiental estão a cargo da Secretaria de Meio Ambiente de cada município ao qual se vinculam o empreendimento licenciado, no caso, Marabá, Eldorado de Carajás e Itupiranga, em conformidade com a legislação estadual e federal pertinente à matéria. Nesse sentido, vale ressaltar que a Lei 16.885 de 22 de abril de 2002 (MARABÁ, 2002), que dispõe sobre a Política Municipal de Meio Ambiente, Sistema, Conselho, Fundo, Controle e Licenciamento Ambiental e dá outras providências, é o instrumento legal em que o município de Marabá estabelece os critérios e diretrizes do licenciamento e controle de todas as atividades desenvolvidas na cidade. A referida lei, em seu art. 21º, define o licenciamento ambiental municipal como sendo o procedimento técnico administrativo, baseado na legislação vigente e na análise de documentação apresentada, que objetiva estabelecer as condições, restrições e medidas de controle a serem obedecidas pelo empreendedor, para localização, construção, instalação, operação, diversificação, reforma e ampliação de empreendimentos ou atividades.

A referida lei municipal citada, além de regulamentar especificamente os procedimentos atinentes ao licenciamento ambiental, estabeleceu também que o poder público, no exercício de sua competência de controle, expedirá as licenças prévia (L.P.), de instalação (L.I.) e de operação (L.O.) cujos principais aspectos são:

- A Licença Prévia (L.P.) será concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade, aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas fases seguintes a sua implementação;

- A Licença de Instalação (L.I.) autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de

controle ambiental e demais condicionantes, da qual contribuem motivos determinantes;

- A Licença de Operação (L.O.) autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta nas licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.

No caso do órgão ambiental competente negar a licença, em qualquer de suas modalidades, deverá comunicar tal fato ao minerador e ao DNPM, informando as razões do indeferimento, valendo ressaltar que de tal decisão cabe recurso.

Levando-se em conta que o aproveitamento dos materiais de uso imediato na construção civil, pode ser feito pelo regime de licenciamento ou facultativamente pelo regime de autorização e concessão, e, no caso de obras públicas, pelo regime de registro de extração, apresenta-se a seguir, alguns aspectos do licenciamento ambiental, perante cada regime citado.

Licenciamento ambiental no regime de registro de Licenciamento

O Licenciamento ambiental, de acordo com a Resolução CONAMA nº 10/1990 (CONAMA, 2012b), é indispensável para a outorga e publicação do Registro de Licenciamento. Para a solicitação da licença prévia, de instalação e de operação, deverão ser apresentados os documentos relacionados nos Anexos, I, II e III da resolução, de acordo com o tipo de empreendimento e fase em que o mesmo se encontre.

A Licença Prévia referente ao aproveitamento de materiais de uso imediato na construção civil deverá ser requerida ao órgão ambiental, quando então o minerador deverá apresentar o Relatório de Controle Ambiental e demais documentos necessários (Requerimento de Licença Prévia e Cópia da publicação de pedido de LP).

A Licença de Instalação ao ser requerida ao órgão ambiental, o minerador deverá apresentar o Plano de Controle Ambiental (PCA), o qual conterá os projetos executivos de minimização dos impactos ambientais na fase de Licença Prévia, acompanhado dos demais documentos necessários. Após análise do PCA, e da documentação pertinente (Requerimento de Licença de Instalação, cópia da publicação da LP, cópia da autorização de desmatamento expedida pelo IBAMA, Licença da Prefeitura Municipal e cópia da publicação do pedido da LI), o órgão ambiental decidirá sobre o fornecimento da Licença de Instalação.

Com a aprovação do PCA, o órgão ambiental expedirá a Licença de Instalação, comunicando ao minerador que deverá requerer a Licença de Operação. O registro de licença será outorgado e publicado pelo DNPM, após a apresentação da Licença de Instalação.

Após a obtenção do registro de licença e da implantação dos projetos constantes do PCA, aprovados por ocasião do fornecimento da Licença de Instalação, o minerador deverá requerer a Licença de Operação, apresentando a documentação necessária.

O órgão ambiental, após verificar e comprovar a implantação dos projetos constantes do PCA, bem como analisar a documentação pertinente, decidirá sobre a concessão da Licença de Operação.

É importante destacar que o Titular do Registro somente poderá iniciar a extração e comercialização dos materiais de uso imediato na construção civil, após ter obtido a Licença de Operação.

Licenciamento ambiental no regime de Autorização e Concessão

Embora a outorga e publicação de Alvará de Autorização de Pesquisa não careçam de prévio licenciamento ambiental, de acordo com a Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989 (BRASIL, 1989b), no caso do empreendimento situar-se dentro dos limites de uma Unidade de Conservação Ambiental, o titular da autorização somente poderá iniciar os trabalhos para prospecção mineral mediante autorização do órgão ambiental administrador da referida unidade.

No prazo da vigência do Alvará de Autorização de Pesquisa, o titular poderá extrair e comercializar materiais de uso imediato na construção civil, desde que, previamente, obtenha guia de utilização a ser fornecida pelo DNPM.

Com relação ao Regime de Concessão, tanto no caso do empreendimento situar-se fora ou dentro dos limites de uma Unidade de Conservação Ambiental, de acordo com o art. 16º, da Lei nº 7.805, de 18 de Julho de 1989 (BRASIL, 1989b), a outorga e publicação da Portaria de Concessão de Lavra ficarão na dependência do prévio Licenciamento Ambiental, sendo que, de acordo com o art. 6º da Resolução nº 9/CONAMA/1990 (CONAMA, 2012a), bem como com o art. 1º, § 1º, da Resolução nº 237/CONAMA/1997, somente, no caso do empreendimento localizar-se fora dos limites de uma unidade de conservação, é que bastará a Licença de Instalação para que seja outorgada e publicada a Portaria de Concessão de Lavra.

Licenciamento ambiental no regime de Registro de Extração

O Decreto nº 3.358, de 2 de fevereiro de 2000 (BRASIL, 2000a), estabelece que o aproveitamento de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil, pelo Registro de Extração, depende do seu registro no DNPM. De acordo, ainda com o mesmo diploma, no ato de protocolização de tal registro, deve ser apresentado ao DNPM a Licença de Instalação do empreendimento.

9.2.2 - Unidades de conservação

A Lei nº 9.885, de 18.07.2000 (BRASIL, 2000b), regulamentada pelo Decreto 4.340, de 22.08.2002 (BRASIL, 2002), instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, disciplinando

os critérios para a sua criação implantação e gestão. Com base no art. 2º, I, do referido diploma, Unidade de Conservação consiste no “espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção”.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza é um sistema de âmbito nacional, de forma que os estados e municípios também podem criar unidades de conservação as quais estarão inseridas no referido sistema.

O art. 22º da Lei nº 9.985/2000 (BRASIL, 2000b), prevê que “as unidades de conservação são criadas por ato do Poder Público”, não exigindo, portanto, a forma de lei. Da mesma forma, a ampliação dos seus limites territoriais. Já a desafetação ou a redução dos limites de uma unidade de conservação, de acordo com o art. 225º, § 1º, III, da Constituição Federal (BRASIL, 2014), só poderá ser feita mediante lei específica.

Há dois grandes grupos de unidades de conservação, as Unidades de Proteção Integral e as Unidades de Uso Sustentável. As Unidades de Proteção Integral incluem cinco categorias (Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural, Refúgio de Vida Silvestre) e tem como objetivo básico preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos em lei. Já as Unidades de Uso Sustentável englobam sete categorias (Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável, Reserva Particular do Patrimônio Natural).

A resolução CONAMA Nº 428/2010 (CONAMA, 2012d), estabelece as regras relativas ao licenciamento ambiental para empreendimentos situados dentro dos limites de Unidades de Conservação da Natureza.

Na área correspondente ao presente relatório, de acordo com os dados disponíveis obtidos nos órgãos ambientais, foram criadas 2 unidades de conservação da natureza (Fazenda Pioneira e Fazenda Tibiriçá), sendo ambas reservas particulares do patrimônio natural, pertinentes ao grupo de Unidades de Conservação de Uso Sustentável. As atividades relacionadas aos regimes de aproveitamento de substâncias minerais nessas áreas estão sujeitas às limitações enumeradas na resolução CONAMA 428/2010.

As duas unidades supracitadas embora sejam privadas, são gravadas com perpetuidade com o objetivo de conservar a diversidade biológica. O Decreto 1.922 (BRASIL, 1996a) prevê como incentivo a possibilidade de isenção do Imposto sobre Propriedade Rural (ITR) das áreas correspondentes a tais reservas. O decreto prevê também para áreas de igual natureza, prioridade na análise da concessão de recursos ao Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA) e prefe-

rência na análise do pedido de concessão de créditos agrícolas para propriedades que contenham Reserva Particular do Patrimônio Natural em seu domínio.

9.2.3 - Áreas de preservação permanente

De acordo com o art. 3º, II, da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), que estabelece o novo Código Florestal, uma Área de Preservação Permanente (APP) é aquela protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. O art. 4º estabelece as áreas de preservação permanente a partir de um critério meramente geográfico/topográfico, englobando a vegetação natural encontrada nas margens dos cursos dos corpos d’água, dos lagos, lagoas e nascentes, denominadas matas ciliares, bem como as situadas nos topos e encostas de morros e demais elevações topográficas, prescindindo, portanto, a criação de tais áreas de qualquer ato do Poder Público, pois, elas se originam diretamente pela lei.

Algumas frentes de extração de insumos minerais para uso imediato na construção civil existentes nos municípios de Marabá e Eldorado de Carajás, de acordo com a Lei nº 12.651/2012, situam-se no âmbito das Áreas de Preservação Permanentes. Tal situação, embora em princípio inviabilize o processo de extração dessas substâncias, pela impossibilidade legal de supressão de vegetação nas áreas citadas, mostra-se flexibilizada pela própria lei citada, uma vez que o seu art. 8º estabelece que, excepcionalmente, poderá haver intervenção ou supressão, total ou parcial, de vegetação nativa localizada em Áreas de Preservação Permanente na hipótese de interesse social. A referida hipótese se configura no caso das atividades de pesquisa e extração de areia, argila, saibro e cascalho, outorgadas pela autoridade competente, uma vez que tais atividades são incluídas, conforme o teor do art. 3º, IX, Alínea “f”, da Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012), como de interesse social.

O processo de extração de substâncias de uso imediato na construção civil em Área de Proteção Permanente, tal como ocorre de modo especial, nas faixas aluvionares dos rios Tocantins, Itacaiúnas e Vermelho, tem fundamento legal, pois, decorre de autorização do órgão ambiental competente.

Algumas referências de Áreas de Preservação Permanentes explicitadas pela Lei nº 12.651/2012 são as seguintes:

Art. 1º - Esta Lei estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal, a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos.

Art. 4º - Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para efeitos desta Lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de (Incluído pela Lei nº 12.727 de 2012): 1) 30 metros para os cursos d'água de menos de 10 metros de largura; 2) 50 metros para os cursos d'água que tenham de 10 a 50 metros de largura; 3) 100 metros para os cursos d'água que tenham de 50 a 200 metros de largura; 4) 200 metros, para os cursos d'água com 200 a 600 metros de largura; 5) 500 metros, para os cursos d'água com mais de 600 metros de largura;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de: 1) 100 metros em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 metros; 2) 30 metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012);

Vale ressaltar que de acordo com o art. 6º da referida lei (BRASIL, 2012), é facultada a criação de Área de Preservação Permanente por meio de ato do Poder Público, para alcançar alguma das finalidades que indica. Trata-se, portanto, de uma outra modalidade de criação de APP, bem menos comum, e que não decorre diretamente da Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012).

Complementando o que foi exposto, sobre a extração de substâncias de uso imediato na construção civil, em Área de Preservação Permanente é importante destacar que a extração de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil em APP, sem que haja prévia autorização expedida pelo órgão ambiental competente, sujeita o infrator às penalidades estabelecidas no art. 44º da Lei nº 9.605/1998 (BRASIL, 1998), a qual é conhecida como Lei de Crimes Ambientais:

Art. 44º - Extrair de florestas, sem prévia autorização, pedra areia, cal ou qualquer espécie de minerais. Pena: detenção de seis meses a um ano, além de multa.

Mesmo no caso de uma APP ser utilizada para aproveitamento de substâncias de uso imediato na construção civil, com base no consentimento do órgão ambiental competente, haverá por parte do Poder Público a incumbência de exigir a recuperação do meio ambiente, fundado no Art. 225º, § 2º, da Constituição Federal (BRASIL, 2014), transcrito abaixo:

Art. 225º - Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para às presentes e futuras gerações.

§ 2º - Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado recuperar o meio ambiente degradado,

de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

9.2.4 - Áreas indígenas

No âmbito do presente projeto, uma estreita faixa situada no extremo leste da Folha Marabá/SB.22-X-D-I corresponde à Terra Indígena Mãe Maria. A Terra Indígena Mãe Maria é de usufruto dos povos indígenas dos grupos Gavião do Oeste e Gavião da Montanha, abrange uma área de 62.488 hectares, foi homologada pelo Decreto nº 93.148, em 20 de agosto de 1986 (BRASIL, 1986) e, de acordo com a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), em 2010 contava com uma população de 782 habitantes. Por sua natureza, a referida área deve ser considerada como descartada para o desenvolvimento de atividades de mineração, conforme os dispositivos da Constituição Federal, abaixo, transcritos:

Art. 231º, § 3º - A pesquisa e lavra de suas riquezas minerais, somente podem ser efetivados com autorização do Congresso Nacional, ouvidas as comunidades afetadas, ficando-lhes assegurada participação nos resultados da lavra, na forma da lei.

Art. 176º, § 1º - A pesquisa e a lavra de recursos minerais, [...] somente poderão ser efetuadas mediante autorização ou concessão da União [...], que estabelecerá as condições específicas quando essas atividades se desenvolverem em faixa de fronteira ou terras indígenas.

9.3 - PLANOS DIRETORES DOS MUNICÍPIOS DE MARABÁ E ELDORADO DOS CARAJÁS

O Estatuto da Cidade é a denominação da Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001 (BRASIL, 2001), que regulamenta as disposições constitucionais referentes ao desenvolvimento urbano com base em competências previstas na Constituição Federal (BRASIL, 2014). Tal lei, cujos princípios básicos são o planejamento urbano e a função social da propriedade, criou uma série de instrumentos para que a cidade busque seu desenvolvimento urbano, sendo o principal deles, o Plano Diretor.

O Plano Diretor é obrigatório para cidades com mais de 20.000 habitantes e se constitui como o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana, devendo, de acordo com o art. 10º, § 3º, da Lei nº 10.257/2001, ser revisado pelo menos a cada dez anos.

A área do projeto engloba frações dos municípios de Marabá, Nova Ipixuna, Itupiranga, Eldorado dos Carajás, Bom Jesus de Tocantins, São João do Araguaia e Curionópolis. Vale salientar, no entanto, que, no âmbito do presente projeto, somente nos quatro primeiros municípios citados foram identificados e cadastrados recursos minerais.

Os municípios de Marabá, Eldorado dos Carajás, Itupiranga e Nova Ipixuna têm seus planos dire-

tores desde 2006, sendo que somente os municípios de Marabá e Eldorado dos Carajás, possuem população superior a 20.000 habitantes.

O Plano Diretor do Município de Marabá foi criado pela Lei Municipal nº 17.213/2006 (MARABÁ, 2006) que, com base nos arts. 6º e 8º subdivide o domínio do município em Zonas Urbanas e Zonas Rurais.

As Zonas Urbanas abrangem a sede municipal e as vilas sedes dos distritos, enquanto as Zonas Rurais incluem as áreas de proteção ambiental e áreas destinadas ao desenvolvimento de atividades produtivas objeto da política de desenvolvimento econômico, identificadas na lei.

De acordo com o art. 14º, os distritos de Marabá Pioneira, Cidade Nova, Nova Marabá e Industrial, juntamente com o Distrito de Expansão Industrial, integram a macrozona urbana da sede municipal. Em conformidade com o parágrafo primeiro do referido dispositivo, o Distrito da Marabá Pioneira subdivide-se em Zona Central e Zona Intermediária, o Distrito de Nova Marabá subdivide-se em Zona Central, Zona Intermediária e Zona de Expansão, e o Distrito da Cidade Nova subdivide-se em Zona Central, Zona Intermediária e Zona de Expansão.

Em conformidade com o art. 38º do citado Plano Diretor, as Zonas Especiais compreendem as áreas que exigem tratamento especial na definição de parâmetros reguladores de usos e ocupação do solo. As Zonas Especiais são classificadas em: I) Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS); II) Zonas Especiais de Interesse Ambiental (ZEIA); III) Zonas Especiais de Proteção do Patrimônio Histórico (ZEPH); IV) Zonas Especiais de Segurança Alimentar (ZESA) e V) Zonas Especiais Industriais (ZEI).

As ZEISs são as destinadas primordialmente à produção e manutenção de habitação de interesse social. As ZEIAS são frações do território municipal, definidas em função do interesse e necessidade coletivas de preservação, conservação, manutenção e recuperação de paisagens naturais com ou sem alteração antrópica. Incluem áreas de várzeas e igapós, não ocupadas ou ocupadas, e, reservas florestais, parques florestais, castanhais, áreas de proteção ambiental, incluindo corredores ecológicos. As ZEPHs são frações do território municipal, definidas em função do interesse coletivo de preservação, manutenção e recuperação do patrimônio histórico, artístico e cultural, tais como edificações, conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, artístico e cultural, além de espaços de populações com forte apego às tradições histórico-culturais do grupo ou comunidades e com práticas socioculturais que definem especificidades e territorialidades estratégicas à reprodução do grupo ou da sociedade local.

O Plano Diretor do Município de Eldorado dos Carajás foi criado pela Lei nº 191/2006 (ELDORADO DOS CARAJÁS, 2006) e apresenta os seguintes destaques:

- No art. 12º estabelece, entre as ações estratégicas, a definição de área de exploração da argila e seus derivados de maneira sustentável e manejo adequado, sem agressão ao meio ambiente;

- No art. 19º ressalta que a política ambiental do município deve atender a preservação dos recursos naturais existentes e recuperação de áreas degradadas;

- No art. 57º define como política de habitação de interesse social do município, reduzir e estabelecer normas especiais para a habitação e interesse social, flexibilizando a regulamentação urbanística geral. Nesse sentido cria a Zona Especial de Interesse Social (ZEIS);

- No art. 61º refere-se à Macrozona Urbana e Macrozona Rural, as quais, por meio de legislações municipais específicas, deverão apresentar em material cartográfico apropriado à demarcação gráfica e descritiva dessas áreas;

- No art. 67º estabelece a subdivisão da sede municipal nas seguintes zonas: 1) Zonas de eixos estruturantes do Km 2 e Km 100; 2) Zona de recuperação e proteção do Rio Vermelho e córregos; 3) Zona de áreas alagáveis; 4) Zonas de áreas impróprias; 5) Zona especial de interesse social (ZEIS); 6) Zona de estruturação e consolidação urbana; 7) Zona Rural pretendida para expansão urbana;

- No art. 114º considera entre as ações estratégicas, a elaboração da Lei Municipal de Uso e Ocupação do solo.

Com relação ao município de Marabá cabe destacar, no âmbito de seu perímetro-sede, a existência concentrada de direitos minerários para aproveitamento de materiais de construção civil, identificando uma situação cuja tendência é de agravar-se, uma vez que requerimentos para aproveitamento desses minerais se fazem presentes até na área de expansão urbana, criada pelo Plano Diretor. Na mesma área correspondente ao perímetro-sede do município, chama a atenção a substancial concentração de frentes de extração de agregados no leito ativo do Rio Tocantins, quadro que conflita com a racionalidade de aproveitamento mineral destacada no referido plano.

A existência na área do projeto, especialmente nas faixas aluvionares dos rios Tocantins, Itacaiúnas e Vermelho, de numerosas cavas de extração de argila, que são frequentemente abandonadas, sem uma destinação racional, exemplifica o longo distanciamento existente entre os objetivos dos planos diretores dos municípios de Marabá e Eldorado dos Carajás, os quais priorizam o processo de recuperação de áreas degradadas.

Além das questões supracitadas, vale salientar que no âmbito dos municípios de Marabá e Eldorado dos Carajás há possibilidade de futuros conflitos agrários, uma vez que áreas correspondentes a direitos minerários de materiais de uso imediato na construção civil estão, em alguns casos, situadas em domínios projetados para áreas de assentamentos pelo INCRA.

10 - CONCLUSÕES

A área do Projeto Materiais de Construção na Região de Marabá e Eldorado dos Carajás está localizada na região sudeste do Estado do Pará, que contempla as sedes dos municípios de Marabá, Eldorado dos Carajás e Itupiranga e, de acordo com o seu arcabouço geológico regional, cadastro de jazimentos e informações oficiais, se notabiliza como importante polo de produção de materiais de construção civil, especialmente, areia/cascalho, areia branca, argila, saibros e brita, suprimindo às demandas desses materiais com relação aos municípios de Marabá e Eldorado dos Carajás, principalmente, bem como, parcialmente, dos municípios de Parauapebas e Canaã dos Carajás.

As amostras de seixo extraídas do leito dos rios Tocantins e Vermelho, em geral, mostraram propriedades mecânicas adequadas à utilização como agregados na construção civil. Da mesma forma, as amostras de areia coletadas nestas drenagens indicam composição predominantemente quartzosa, com algumas apresentando-se dentro da zona utilizável, conforme análises granulométricas, e outras potencialmente utilizáveis, desde que sejam feitos ajustes na curva granulométrica.

Os resultados de fluorescência de raios-x em amostra de areia do depósito do Cunhadinho demonstraram seu potencial para fins industriais, na fabricação de vidro do Tipo D, conforme especificação de Hermann (1992).

Os ensaios preliminares de argila visando fabricação de cerâmica vermelha possibilitaram a caracterização dos parâmetros físico-químicos e bases para estabelecer diagnósticos quanto ao uso destas argilas.

Destaca-se que o ensaio tecnológico realizado em rocha granítica, coletada no Granito Mumui, cartografado neste projeto, atestou seu potencial para uso como brita e rocha ornamental.

De acordo com o base de dados do SIGMINE do DNPM, em maio de 2013, na área do projeto estavam vigentes 98 processos atinentes aos regimes de aproveitamento de materiais de emprego imediato na construção, sendo 37 para areia, 12 para cascalho/seixo, 22 para argila para cerâmica vermelha, 11 para rocha para brita e revestimento, 1 para ardósia para revestimento e 15 para saibro.

Foram visitadas e cadastradas as frentes de extração de 39 minas (10 de areia e/ou seixos, 24 de argila para cerâmica vermelha, 4 de saibro e 1 de rocha para brita) além de 45 ocorrências minerais (3 de seixos, 6 de argila, 22 de saibro, 7 de laterito, 5 de rocha para brita e/ou revestimento, e, 2 de filito para aditivo na produção de cerâmica vermelha).

Foram delineadas Áreas de Relevante Interesse Mineral, bem como as sujeitas a algum tipo de

restrição legal para o desenvolvimento da referida atividade mineira, com vista a propiciar uma visão geral da área do projeto com relação à possibilidade de aproveitamento de areias, seixos, argilas, lateritos, saibros e rochas para brita e revestimento. Para a consecução de tal objetivo foram integradas as informações geológicas com os dados da base SIGMINE do DNPM referentes às minas de substâncias de emprego imediato na construção civil, juntamente com os recursos minerais cadastrados nos trabalhos de campo.

As áreas referentes às planícies de inundação dos rios Itacaiúnas e Vermelho, predominantemente, e em caráter subordinado aquelas relacionadas às do Igarapé Cardoso, e Grota Verde, afluentes do Rio Vermelho, são as que representam os mais importantes polos de extração de argila para cerâmica vermelha da região, suprimindo as necessidades dos municípios de Marabá, Eldorado dos Carajás e Parauapebas. Por outro lado os trechos da planície de inundação correspondentes ao médio curso do Rio Itacaiúnas, e baixo/médio curso do Rio Vermelho, se mostram como potencialmente importantes para argilas.

De acordo com o Programa SIGMINE, no âmbito do município de Marabá as atividades de extração de areias e seixos no leito ativo dos rios Tocantins e Itacaiúnas, em termos de regimes de aproveitamento, mantinham a seguinte relação quantitativa: 17 Registros de Licenciamento para aproveitamento de areias, perfazendo um total de 632,90 hectares, estavam relacionados ao canal do Rio Tocantins, e 2 Registros de Licenciamento para aproveitamento de areias, perfazendo um total de 66,74 hectares, estavam relacionados ao canal do Rio Itacaiúnas.

Além das areias/seixos que são oriundas dos leitos ativos, cuja produção é reconhecida como amplamente majoritária, foram também identificados depósitos de areias brancas relacionadas a paleodepósitos aluvionares.

A área do presente projeto apresenta excelentes condições para a produção de britas a partir de rochas cristalinas *lato sensu*, uma vez que há ampla ocorrência destas em terrenos relativamente próximos aos municípios de Marabá e Eldorado dos Carajás, condições que justificam uma política de incentivo para utilização de brita de rocha em detrimento ao uso de seixos extraídos do leito dos rios.

A área do projeto mostra condições excelentes para a produção de saibro, dada a vasta ocorrência de rochas sedimentares do Grupo Itapecuru, que já têm sido utilizadas para aproveitamento como material de empréstimo.

Foram delimitadas, no âmbito do Projeto, diversas áreas de Relevante Interesse Mineral para aproveitamento de lateritos.

Nos trabalhos de campo, foram identificados diversos impactos decorrentes da mineração de materiais de emprego imediato na construção civil na área do presente projeto. Destacam-se na área a presença de inúmeras cavas remanescentes do processo de lavra de argila para cerâmica vermelha. Tais cavas nas épocas de inverno se mostram inundadas por águas fluviais, pluviais e detritos. Como medidas mitigadoras sugere-se que deveriam ser incentivadas atividades de piscicultura, comumente citadas pelos mineradores como medidas de recuperação em seus projetos. É importante observar também a necessidade de técnicos legalmente habilitados para a consecução desse tipo de empreendimento.

Outro tipo de impacto bastante comum na área se manifesta nas atividades de extração de areias/seixos por meio de dragas de sucção nos leitos ativos dos rios, situação que, pela sua continuidade e intensidade, pode acabar gerando instabilidade na dinâmica do rio, provocando em diferentes locais do seu curso erosão e assoreamento. A medida preventiva a ser implementada necessariamente, passa pelo monitoramento do processo de extração dos sedimentos de interesse por meio da execução de perfis batimétricos dos rios objetos dessas atividades.

Entre as principais dificuldades encontradas com relação aos trabalhos desenvolvidos, foi a de obter informações oficiais e na ocasião dos trabalhos no campo, que inviabiliza uma avaliação técnica e socioeconômica mais aprofundada.

É notória a tendência de crescimento no consumo das rochas e minerais industriais, que passam a desempenhar importante papel na balança comercial de alguns municípios produtores desses bens minerais. Contudo, ainda se faz necessário um trabalho voltado à capacitação tecnológica e gestão organizacional em toda a cadeia produtiva do setor. A grande barreira para o desenvolvimento da mineração na região de abrangência do projeto é de ordem institucional, uma vez que a região carece de ordenamento territorial em alguns municípios. A exploração desordenada, o manuseio, o beneficiamento e a comercialização irregulares são problemas reais, que exaurem os depósitos e geram passivos ambientais. Em alguns desses municípios, a acelerada exaustão das jazidas e dos depósitos mais próximos aos núcleos urbanos decorre das atividades exploratórias não controladas e da demanda por materiais, que é proporcional a velocidade de expansão dos centros urbanos. Todos estes fatores delegam a sociedade e ao poder público o papel de organizar e refinar o conhecimento acerca dos recursos naturais ainda existentes. Exploração com base nos princípios de sustentabilidade, mão de obra qualificada e investimento em novas tecnologias é o melhor caminho para o desenvolvimento dessa região.

Finalmente, a CPRM – Serviço Geológico do Brasil, com a realização deste projeto subsidiado pelo PAC, objetivou contribuir com gestores públicos, mineradores e com a sociedade em geral, pois fornece informações sobre a geologia e recursos minerais, permitindo uma melhor avaliação da qualidade e quantidade dos insumos minerais do segmento da construção civil, imprescindíveis para a realização das atuais e futuras obras da região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, H. G.; MARINHO, P. A. C.; MARTINS, R. C. **Marabá, Folha SB.22-X-D**: estados do Pará, Maranhão e Tocantins. Brasília: CPRM, 1995. 113 p. mapas, Escala 1:250.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB; Projeto Especial Mapas de Recursos Minerais de Solos e de Vegetação para a Área do Programa Grande Carajás. Subprojeto Recursos Minerais.
- ALMEIDA, S. L. M.; LUZ, A. B. (Ed.). **Manual de agregados para construção civil**. Rio de Janeiro: CETEM, 2009. 228 p.
- ALTOÉ, W. B.; QUEIROZ, J. P. C. Correlação entre ensaios de índices físicos e desgaste AMSLER de cinco rochas ornamentais comercializadas no estado do Espírito Santo. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16., Rio de Janeiro, 2008. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM, 2008, 127-133. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/handle/cetem/633/>>
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. **C615**: Standard specification for granite dimension stone. 1992.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. **C615**: Standard terminology relating to dimension stone. 1999.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. **C9/01**: Standard terminology relating to dimension stone. 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. Disponível em: <<http://www.abceram.org.br>>. Acesso em: 24 nov. 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: agregados para concreto – especificação. 3. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 9 p.
- _____. **NBR 9.935**: agregados -terminologia. 3. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 12 p.
- _____. **NBR 12.766**: rochas para revestimento -determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção de água aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- _____. **NBR 12.767**: determinação de resistência e compressão simples. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- _____. **NBR 12.763**: determinação de resistência à flexão. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- _____. **NBR 12.042**: determinação de desgaste AMSLER. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
- _____. **NBR 12.042**: determinação de resistência ao impacto de corpo duro. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES DE PRODUTORES DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL - ANEPAC. 2012. Disponível em: <<http://www.anepac.org.br>>. Acesso em: 24 nov. 2014.
- AVELAR et al. O magmatismo arqueano da região de Tucumã, Província Mineral de Carajás: novos dados geocronológicos. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 29, n. 4, p. 453-460, 1999.
- BRANDY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Bookman, 2013. p. 91.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição [da] República Federativa do Brasil**. 49. Ed. São Paulo: Saraiva, 2014.
- BRASIL. Decreto nº 1.922, de 5 de junho de 1996. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 05 jun. 1996a. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 24 mar. 2014.
- BRASIL. Decreto nº 3.358, de 2 de fevereiro de 2000. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 fev. 2000a. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 24 mar. 2014.
- BRASIL. Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 ago. 2002. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 24 mar. 2014.
- BRASIL. Decreto nº 93.148, em 20 de agosto de 1986. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 ago. 1986. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 24 mar. 2014.
- BRASIL. Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 fev. 1967a. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 20 mar. 2014.
- BRASIL. Decreto-lei nº 318, de 14 de março de 1967. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 14 mar. 1967b. Disponível em: <<http://www4.planalto.gov.br>>. Acesso em: 25 mar. 2014.
- BRASIL. Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 set. 1978. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 20 mar. 2014.
- BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 02 set. 1981. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 24 mar. 2014.

BRASIL. Lei nº 7.804, de 18 de julho de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 jul. 1989a. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 24 mar. 2014.

BRASIL. Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 jul. 1989b. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 24 mar. 2014.

BRASIL. Lei nº 7.085, de 21 de dezembro de 1982. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 dez. 1982. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 25 mar. 2014.

BRASIL. Lei nº 7.886, de 20 de novembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21 nov. 1989c. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 24 mar. 2014.

BRASIL. Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 14 mar. 1990. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 20 mar. 2014.

BRASIL. Lei nº 8.982, de 25 de janeiro de 1995. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 jan. 1995. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 20 mar. 2014.

BRASIL. Lei nº 8.970, de 28 de dezembro de 1994. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 dez. 1994. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 20 mar. 2014.

BRASIL. Lei nº 9.314, de 14 de novembro de 1996. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 nov. 1996b. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 20 mar. 2014.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 fev. 1998 e Retificada 17 fev. 1998. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 24 mar. 2014.

BRASIL. Lei nº 9.827, de 28 de agosto de 1999. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 ago. 1999. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 20 mar. 2014.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 jul. 2000b. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 24 mar. 2014

BRASIL. Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 11 jul. 2001. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 25 mar. 2014.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 24 mar. 2014.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Portaria nº 23, de 3 de fevereiro de 2000. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 04 fev. 2000c. Disponível em: <<http://www.dnmp.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=67&IDPagina=84&IDLegislacao=635>>. Acesso em: 24 mar. 2014.

BRASIL. Projeto de Lei nº 5.807, de 2013. Poder Executivo. Em Tramitação. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 20 mar. 2014.

CONAMA. Resolução n. 9, de 6 de dezembro de 1990. In.: BRASIL. Secretaria do Meio Ambiente; CONAMA. **Resoluções do CONAMA**: resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Ed. Especial. Brasília, DF.: MMA, 2012a. p. 962-964.

CONAMA. Resolução n. 10, de 6 de dezembro de 1990. In.: BRASIL. Secretaria do Meio Ambiente; CONAMA. **Resoluções do CONAMA**: resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Ed. Especial. Brasília, DF.: MMA, 2012b. p. 25540-25541.

CONAMA. Resolução n. 237, de 19 de dezembro de 1997. In.: BRASIL. Secretaria do Meio Ambiente; CONAMA. **Resoluções do CONAMA**: resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Ed. Especial. Brasília, DF.: MMA, 2012c. p. 930-938.

CONAMA. Resolução n. 428, de 17 de dezembro de 2010. In.: BRASIL. Secretaria do Meio Ambiente; CONAMA. **Resoluções do CONAMA**: resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Ed. Especial. Brasília, DF.: MMA, 2012d. p. 1078-1080.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 035/98**: agregados-determinação da abrasão "Los Angeles". Rio de Janeiro: DNER, 1998a. 5 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 083/98**: agregados-análise granulométrica. Rio de Janeiro: DNER, 1998b. 6 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ES 281/97**: terraplenagem - empréstimos. Rio de Janeiro: DNER, 1997. 4 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Diretoria de Procedimentos Arrecadatórios. **Arrecadação CFEM – substâncias**: Marabá; Eldorado dos Carajás. 2014. Disponível em: <https://sistemas.dnmp.gov.br/arrecadacao/extra/Relatorios/arrecadacao_cfem_substancia.aspx>. Acesso em: 20 nov. 2014.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Portaria Nº 266, de 10 de julho de 2008. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 11 jul. 2008. Disponível em: <<http://www.dnmp.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=67&IDPagina=84&IDLegislacao=523>>. Acesso em: 20 mar. 2014.

- DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. **SIGMINE**. Banco de dados. Disponível em: <sigmine.dnmp.gov.br/webmap>. Acesso em: 20 maio 2013.
- FERREIRA FILHO, C. F. et al. Mineralizações estratiformes de PGE-Ni associadas a complexos acamados em Carajás: os exemplos de Luanga e Serra da Onça. In: ROSA-COSTA, L. T.; KLEIN, E. L.; VIGLIO, E. P. (Ed.). **Contribuições à geologia da Amazônia**. Belém: SBG-NO, 2007. v. 5, p. 1-14.
- FRASCÁ, M. H. B. de O. Rochas... In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 4., Fortaleza, 2003. **Anais...** Fortaleza: CETEM, 2003, p. 2-11.
- FRAZÃO, E.B.; FARJALLAT, J.E.S. Proposta de especificação para rochas silicáticas de revestimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 8., 1996, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABGE, 1996. v.1, p. 369-380.
- FORMOSO, M.L.L. Difractometria de raio X. In: GOMES, Celso B. (Coord.). **Técnicas analíticas instrumentais aplicadas à geologia**. São Paulo: Edgard Blucher; Prominério, 1984. Cap. I, p. 2-43.
- HERMANN, Hidelbrando. Política de aproveitamento de areia no Estado de São Paulo: dos conflitos existentes às compatibilizações possíveis. Rio de Janeiro: CETEM, 1992. (Série Estudos e Documentos, 18).
- IBGE. Cidades. **Pará – Marabá**. 2012. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/232mp>>. Acesso em: 21 jun. 2013.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Relatório de ensaios nº 1 044 438-203**: ensaios de caracterização. São Paulo: IPT. Laboratório de Materiais de Construção Civil / CT-Obras, 2013. Paginação Irregular 1-7 / 1-30.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Relatório de ensaios nº 129 828-205**: ensaios de caracterização. São Paulo: IPT. Laboratório de Materiais de Construção Civil / CT-Obras, 2012. Paginação Irregular 1-5 / 1-74.
- LA SERNA, H. A. et al. **Agregados para construção civil**. 2007. Disponível em: <<http://www.dnmp.gov.br/assets/galeriaDocumento/SumarioMineral2008/Agregados.pdf>>. Acesso em: dez. 2014.
- LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. Areia industrial. In: LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. (Ed.). **Rochas e minerais industriais: usos e especificações**. Rio de Janeiro: CETEM; MCT, 2005. 726 p.
- LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. (Ed.). **Rochas e minerais industriais: usos e especificações**. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2008. p. 104-121.
- MACAMBIRA, E. M. B; RICCI, P. S. F. **Geologia e recursos minerais da folha Tucuruí, SA.22-Z-C, Estado do Pará, Escala 1:250.000**. Belém: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2012. 1 mapa.
- MACHADO, L. Z.; KROGH, T. E.; LINDENMAYER, D. U-Pb geochronology of Archean magmatism and basement in the Carajás area, Amazon Shield, Brazil. **Precambrian Research**, v. 49, p. 329-354, 1991.
- MARABÁ (Pará). Lei nº 16.885 de abril de 2002. Dispõe sobre a política municipal do meio ambiente, sistema, conselho, fundo, controle e licenciamento ambiental e dá outras providências. Prefeitura Municipal de Marabá, 2012.
- MARABÁ (Pará). Lei nº 17.213 de outubro de 2006. Institui o Plano Diretor Participativo do
- Município de Marabá, cria o Conselho Gestor do Plano Diretor e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.seidurb.pa.gov.br/pdm/maraba/pdm.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2014.
- MONTARROYOS, H. E. M. História ecológica de um município amazônico antes e depois do Censo de 1950: a experiência de Marabá, sudeste do estado do Pará, Amazônia Oriental, Brasil. **História e-História**, s.n, p.1-220, 2013.
- MOTTA, J. F. M.; ZANARDO, A.; CABRAL JUNIOR, M. As matérias-primas cerâmicas. Parte I: o perfil das principais indústrias cerâmicas e seus produtos. **Cerâmica Industrial**, Rio Claro, v. 6, n. 2, p. 28-39, mar./abr. 2001.
- PRACIDELLI, S.; MELCHIADES, F. G. Importância da composição granulométrica de massas para cerâmica vermelha. **Cerâmica Industrial**, v. 02, n. 01/02, jan./abr. 1997.
- ROSA-COSTA, L. T.; MENDES, A. C.; MELO, A.L. Extração de areia e cascalho no leito do Rio Tocantins – Marabá (PA): Avaliação e estudo de Viabilidade. In: REIS, N. J.; MONTEIRO, M. A. S. (coord). **Contribuições à Geologia da Amazônia**. Manaus: SBG-Núcleo Norte, 2001. p. 177-200.
- SANTOS, J. O. S. Geotectônica dos Escudos das Guianas e Brasil-Central. In: BIZZI, L. A. et al. (Ed.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**: texto, mapas e SIG. Brasília: CPRM- Serviço Geológico do Brasil, 2003. p. 169-226.
- SANTOS, P. S. **Ciência e tecnologia de argilas**. 2.ed. São Paulo: EDGAR BLUCHER, [1989]. v.1. 499 p.
- SOUZA, S.C. R.; RODRIGUES, C.H. S.; SANTOS JR., A. E. A. contribuições paleoambientais para formação barreiras na região de Marabá, sul do sistema de Gráben do Marajo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 46., 2012, São Paulo, **Anais...** São Paulo: SBG, 2012. 1 CD-ROM.
- SUGUIO, K. **Rochas Sedimentares**: propriedades, gênese, importância econômica. São Paulo: Edgar Blucher, 1980. p. 18.
- TAVARES, F. M.; SILVA, C. M. G. **Carta Geológica – Folha Serra Pelada 22-X-CVI**. Escala 1:100.000. Brasília: CPRM- Serviço geológico do Brasil, 2013. 1 mapa.

TEIXEIRA, S. R.; SOUZA, S. A.; NOBRE, M. A. L. Physical and mechanical properties of ceramics from clays of the west of S. Paulo state, Brazil. **Cerâmica**, v. 50, p. 268-273, 2004.

VALVERDE, Fernando Mendes. Agregados para construção civil. In: DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRO-

DUÇÃO MIINERAL. **Balço mineral brasileiro 2001**. Brasília: DNPM, 2002. p. 1-14.

VASQUEZ, M. L.; ROSA-COSTA, L. T. (Org). **Geologia e recursos minerais do Estado do Pará**: texto explicativo. Belém: CPRM, 2008. 328 p. Escala 1:1.000.000. Sistema de Informações Geográficas – SIG.

LISTAGEM DOS INFORMES DE RECURSOS MINERAIS

LISTAGEM DOS 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 Baciado 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, Caracaraí, 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/Caçapava 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 Cariparé - 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 Manáira 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/Caçapava 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/Caçapava do Sul, Subárea Ibaré – Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 09 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava 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/Caçapava 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/Caçapava 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/Caçapava do Sul, Subárea Cambaizinho - Rio Grande do Sul, 2001.
- Nº 14 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava 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/Caçapava 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, 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.

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.

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.

SÉRIE METAIS - INFORMES GERAIS

- Nº 01 - Projeto BANEIO - Bacia do Camaquã - Metalogenia das bacias Neoproterozóico e paleozóicas do sul do Brasil, 2008
- Nº 02 - Mapeamento Geoquímico do Quadrilátero Ferrífero e seu Entorno - MG – Rio de Janeiro, 2014.



INFORME DE RECURSOS MINERAIS

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

Série Rochas e Minerais Industriais, nº 14

Insumos Minerais para a Construção Civil

PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DA REGIÃO DE MARABÁ E ELDORADO DOS CARAJÁS – PA

O produto Informe de Recursos Minerais, parte integrante do Programa Geologia do Brasil, 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.

Este projeto objetivou a caracterização das matérias primas, especialmente areia, seixo, brita e argila, utilizadas no setor da construção civil na região de Marabá e Eldorado dos Carajás, e o diagnóstico técnico da atividade mineira, englobando especialmente os municípios de Marabá, Itupiranga e Eldorado dos Carajás.

O trabalho incluiu levantamentos de campo, pesquisa bibliográfica, análises laboratoriais, avaliação técnica da atividade mineral, sistematização e organização de dados e inserção das informações em base geológica atualizada.

Foram cadastradas 39 frentes de extração e 45 ocorrências minerais, com coleta de amostras para realização de ensaios laboratoriais visando a avaliação da qualidade dos materiais explotados. Também foi elaborado um diagnóstico técnico, abordando aspectos como geologia dos depósitos, métodos de lavra, impactos ambientais, legislação mineral e aspectos socioeconômicos.

Além de ser um instrumento para formulação de políticas públicas, este produto auxilia na atração de investimentos no setor mineral, fator importante para a manutenção do crescimento econômico, cujos efeitos podem resultar na geração de emprego, renda e desenvolvimento social à luz da sustentabilidade e respeito ao meio ambiente.

Sede

SGAN- Quadra 603 – Conjunto J – Parte A – 1º andar
Brasília – DF – CEP: 70830-030
Tel: 61 2192-8252
Fax: 61 3224-1616

Escritório Rio de Janeiro

Av Pasteur, 404 – Urca
Rio de Janeiro – RJ Cep: 22290-255
Tel: 21 2295-5337 - 21 2295-5382
Fax: 21 2542-3647

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais

Tel: 21 2546-0212 - 61 3223-1166
Fax: 21 2295-6196 - 61 3224-0687

Departamento de Recursos Minerais

Tel: 61 3223-7925 - Fax: 61 3225-9913

Divisão de Minerais e Rochas Industriais

Tel: 61 2192-8269 - Fax: 61 3225-3985

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Tel: 21 2295-5837 - 61 3223-1059
Fax: 21 2295-5947 - 61 3323-6600

Superintendência Regional de Belém

Avenida Dr. Freitas, 3645 - Bairro do Marco
Belém - PA - CEP: 66095-110
Tel.: 91 3182-1300 - Fax: 91 3182-1349

Assessoria de Comunicação

Tel: 61 3321-2949 - Fax: 61 3321-2949
E-mail: asscomdf@cprm.gov.br

Divisão de Marketing e Divulgação

Tel: 31 3878-0372 - Fax: 31 3878-0370
E-mail: marketing@cprm.gov.br

Ouvidoria

Tel: 21 2295-4697 - Fax: 21 2295-0495
E-mail: ouvidoria@cprm.gov.br

Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Tel: 21 2295-5997 - Fax: 21 2295-5897
E-mail: seus@cprm.gov.br

www.cprm.gov.br