

PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

AREIA E SEIXO NA REGIÃO DE OURÉM- CAPITÃO POÇO, NORDESTE DO PARÁ



INFORME DE RECURSOS MINERAIS

Série Rochas e Minerais Industriais, nº 30

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Albuquerque

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Alexandre Vidigal de Oliveira

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Márcio José Remédio

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Geologia

Lúcia Travassos da Rosa Costa

Chefe da Divisão de Geologia Básica

Vladimir Cruz de Medeiros

Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

Chefe do Departamento de Recursos Minerais

Marcelo Esteves Almeida

Chefe da Divisão de Minerais Industriais

Michel Marques Godoy

Chefe da Divisão de Geologia Econômica

Felipe Mattos Tavares

Chefe da Divisão de Geoquímica

Silvana de Carvalho Melo

Chefe do Departamento de Informações Institucionais

Edgar Shinzato

Chefe da Divisão de Documentação Técnica

Roberta Pereira da Silva de Paula

Chefe da Divisão de Geoprocessamento

Hiran Silva Dias

Chefe da Divisão de Cartografia

Fábio Silva da Costa

Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação

Patrícia Düringer Jacques

Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação

Washington José Ferreira Santos

Chefe do Departamento de Apoio Técnico

Maria José Cabral Cezar

Chefe da Divisão de Editoração Geral

Valter de Alvarenga Barradas

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELÉM

Superintendente Regional

Jânio Souza Nascimento

Gerente de Geologia e Recursos Minerais

César Lisboa Chaves

Responsável Técnico do Projeto

Raphael Neto Araújo

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

AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL

AREIA E SEIXO NA REGIÃO DE OURÉM-CAPITÃO POÇO, NORDESTE DO PARÁ

Estado do Pará

ORGANIZADORES

Raphael Neto Araújo
José Maria do Nascimento Pastana
Manoel Correa da Costa Neto

INFORME DE RECURSOS MINERAIS
Série Rochas e Minerais Industriais, nº 30



SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
CPRM

Belém
2020

REALIZAÇÃO

Superintendência Regional de Belém

ORGANIZADORES

Raphael Neto Araújo
José Maria do Nascimento Pastana
Manoel Correa da Costa Neto

TEXTO EXPLICATIVO

1 Introdução

Raphael Neto Araújo
Manoel Correa da Costa Neto
José Maria do Nascimento Pastana

2 Contexto Geológico Regional

Raphael Neto Araújo
Manoel Correa da Costa Neto

3 Caracterização Geológica dos Depósitos de Areia e Seixo

Raphael Neto Araújo
Manoel Correa da Costa Neto

4 Caracterização dos Insumos

Raphael Neto Araújo
Manoel Correa da Costa Neto

5 Lavra e Beneficiamento

José Maria do Nascimento Pastana
Bruna Roberta Martins Guimarães

6 Impactos Ambientais e Medidas Mitigadoras

José Maria do Nascimento Pastana
Bruna Roberta Martins Guimarães
Wilton Marcello Santos Teixeira

7 Análise Socioeconômica da Atividade Extrativa de Seixo e Areia em Ourém e Capitão Poço

Lívia Maria de Araújo Cavalcante
Raquel dos Santos Albuquerque

8 Legislações Minerária e Ambiental

Abraão Fernando Figueira de Melo

9 Conclusões

Raphael Neto Araújo
José Maria do Nascimento Pastana

Referências

APOIO TÉCNICO

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS

Pedro Cordeiro de Almeida
Luiz Otávio de A. Maranhão Júnior (SEDEME)

LABORATÓRIO DA SUREG - BE REDE LAMIN DE LABORATÓRIOS

Denise Correa Lobato
Érica de Jesus Fernandes Costa

CARTOGRAFIA DIGITAL E GEOPROCESSAMENTO

Hugo de Souza Ferreira

PROJETO GRÁFICO/EDITORIAÇÃO

Capa (DIMARK)

Washington José Ferreira Santos

Miolo (DIEDIG)

Andréia Amado Continentino
Agmar Alves Lopes

Diagramação (SUREG-BE)

Marcelo Henrique Borges Leão
Nelma Fabrícia da Paixão Ribeiro Botelho

NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Nelma Fabrícia da Paixão Ribeiro Botelho
Ana Paula Silva

REVISÃO FINAL

Michel Marques Godoy
Angela Pacheco Lopes
César Lisboa Chaves
Ulisses Antônio Pinheiro da Costa

Serviço Geológico do Brasil – CPRM

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

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

A6789 Areia e seixo na região de Ourém-Capitão Poço, nordeste do Pará / Raphael Neto Araújo, José Maria do Nascimento Pastana e Manoel Correa da Costa Neto. – Belém: CPRM, 2020.
1 recurso eletrônico: PDF

Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral.
Avaliação dos Recursos Minerais do Brasil.
ISBN 978-65-5664-052-5

1. Minerais industriais – Pará. 2. Materiais de construção – Pará.
3. Geologia econômica – Pará. I. Araújo, Raphael Neto (org.).
II. Pastana, José Maria do Nascimento (org.). III. Neto, Manoel
Correa da Costa (org.). IV. Título. V. Série.

CDD 553.609815

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Nelma Botelho - CRB2 1092

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – CPRM
É permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

APRESENTAÇÃO

O Serviço Geológico do Brasil – CPRM tem a grata satisfação de disponibilizar aos empresários do setor mineral, aos gestores públicos paraenses e à comunidade geocientífica de um modo geral, mais um produto denominado “Areia e seixo na região de Ourém-Capitão Poço, nordeste do Pará”.

O projeto foi uma ação desenvolvida dentro do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, em parceria entre o Serviço Geológico do Brasil – CPRM e a Secretaria Estadual de Desenvolvimento Econômico, Mineração e Energia (SEDEME), do Governo do Estado do Pará. Tal projeto está alinhado com as diretrizes do governo Paraense, reportado no Plano de Mineração do Estado do Pará (2014-2030) por tratar de materiais de uso imediato na construção civil (seixo e areia). A região é considerada o principal polo supridor de seixo para a Região Metropolitana de Belém (RMB), mas apesar da importância socioeconômica, a exploração dos depósitos na região vem sendo realizada de forma desordenada, sem nenhuma orientação técnica, o que tem causado desperdício de minério, rápida exaustão das reservas, evasão de tributos e graves impactos socioambientais.

A área do projeto está localizada no nordeste do Pará, a cerca de 150 km de Belém. Os depósitos de areia e seixo localizam-se principalmente no limite entre os municípios de Ourém e Capitão Poço, e estão inseridos em duas folhas com corte padrão 1:100.000 (SC.23-V-C-II e SC.23-V-C-V).

O principal objetivo do trabalho foi a caracterização da matéria-prima, denominada de agregado, areia e seixo, utilizada no setor da construção civil, que ocorre na região dos municípios de Ourém e Capitão Poço, nordeste do Pará, e que abastece principalmente a região metropolitana de Belém. Adicionalmente, foi elaborado o diagnóstico técnico da atividade mineira de agregados, com avaliação do atual quadro ambiental e socioeconômico envolvido no processo de produção de seixo.

Os dados obtidos neste projeto estão sintetizados neste produto e ordenados em banco de dados corporativo do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, que pode ser acessado através do site www.cprm.gov.br.

Esteves Pedro Colnago

Diretor-Presidente

Marcio José Remédio

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

RESUMO

A região de Ourém e Capitão Poço, municípios do nordeste do estado do Pará, constitui a principal área de exploração de areia e seixo, que tem suprido a região metropolitana de Belém nos últimos 50 anos. Apesar do enorme potencial na produção desses agregados, essa área ainda carece de um estudo que permita uma compreensão adequada dessa atividade mineira, que vem se desenvolvendo de maneira desordenada e com impactos negativos ao meio ambiente. Com o objetivo de suprir em parte essa demanda, esse relatório apresenta um estudo integrado desses depósitos, abordando seus aspectos geológicos, tecnológicos, da mineração e os seus impactos socioambientais. Os depósitos de areia e seixo da região de Ourém e Capitão Poço ocorrem inseridos no contexto dos estratos miocênicos predominantemente siliciclásticos, denominados de Formação Barreiras, que recobrem em discordância os depósitos carbonáticos da Formação Pirabas. A análise de fácies sedimentares revelou um sistema fluvial entrelaçado de alta energia, possivelmente conectado a um sistema de leque aluvial, que transportou e sedimentou o material seixoso e terrígeno em uma planície bem desenvolvida e extensa durante o Mioceno médio a superior. Resultados de datação de grãos de quartzo por Luminescência Óptica Estimulada (LOE) indicaram idades de 110.600 ± 15.100 e 87.800 ± 11.100 anos, interpretadas como prováveis idades da última exposição subaérea (paleosuperfícies) desses depósitos durante o Pleistoceno. Como resultado do processo do intemperismo superficial, os depósitos altamente lixiviados assumem uma coloração esbranquiçada (podzolização), enquanto que os oxidados uma coloração tipicamente avermelhada. No que refere a sua utilização na construção civil, apesar dos agregados analisados apresentarem desempenho dentro do aceitável em várias normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), alguns resultados mostraram-se abaixo dos níveis aceitáveis. Para uso na fabricação de vidro, as análises químicas apontaram grande quantidade de óxidos de ferro, titânio e cromo, o que inviabiliza a aplicação dessas areias para esse fim. Com relação à lavra e beneficiamento cadastrados, cerca de 30 a 50% do material lavrado constitui essencialmente seixo. O processo de exploração se caracteriza por ser rápido e de baixa complexidade, assim como o processo de beneficiamento, que consiste basicamente em separação hidrogravítica. O método de lavra consiste em extração a céu aberto, de forma mecanizada, e compreende as etapas de desmatamento, decapeamento, extração, carregamento e transporte. Enquanto que o beneficiamento inclui essencialmente as etapas de lavagem, britagem e peneiramento. Para avaliação dos impactos ambientais foi utilizada a metodologia de lista de verificação, na qual foram descritos os impactos originados durante a implantação, operação e desativação da atividade mineira. Na área do projeto foram diagnosticados impactos ambientais físicos e biológicos, que incluem a retirada da cobertura vegetal, erosão dos solos e assoreamento dos cursos de água, modificando e alterando as características originais da paisagem, além da poluição dos recursos hídricos, em consequência da descarga de óleos lubrificantes, utilizados na atividade mineira. Alternativamente, foi sugerido como forma de mitigar os impactos ambientais, a aplicação do método de “lavra em tiras”, que compreende basicamente a retirada do material estéril das camadas superiores do depósito, e acumulação desse material dentro dos cortes formados nas etapas anteriores de desenvolvimento da mina, além da revegetação da área em que a vegetação foi inicialmente suprimida.

ABSTRACT

The region of Ourém and Capitão Poço, municipalities from the northeast of Pará State, is the main production area for sand and pebble, and has been the supplier for the Belém metropolitan area for the last 50 years. Despite the great potential in these aggregates production, this area still misses a study that allows a proper comprehension of this mining activity, that has been developed in a non-ordered way and with some side effects to the environment. With no intention to be a complete and detailed source of information, but aiming to supply part of this demand, this report presents an integrated study of these deposits, including geological and technological aspects of the mining and its social-environmental impacts. From the geological overview, the sand and pebble deposits of Ourém and Capitão Poço region are inserted in the siliciclastic dominated miocenic strata, called Barreiras Formation, that overlain in unconformity the carbonaceous deposits of the Pirabas Formation. The analysis of the sedimentary facies revealed a high energy braided fluvial system, possibly connected to an alluvial fan that transported the terrigenous sediments in a wide and developed lowland during the middle and upper Miocene. Results from quartz grains dating using Optically-Stimulated Luminescence (OSL) indicated ages of 110.600 ± 15.100 and 87.800 ± 11.100 , interpreted as probable ages of the last sub-aerial exposure (paleosurfaces) for this Pleistocenic deposits. As a result of surface weathering, the highly leached deposits acquires a whitish color (podzolization), while the oxidized acquires a reddish color. Concerning its usage in construction, besides the considered aggregates show behavior inside the parameters established by the Brazilian Association of Technical Parameters (ABNT), in some aspects the results are below the acceptable levels. For the usage in glass manufacture, the chemical analysis has revealed high concentration of iron oxides, titanium and chromium, what makes these sands unsuitable for this end. Concerning mining and processing, about 30 to 50% of the mined material is essentially pebble. The exploitation process is fast e low complexity, as well as the processing, wich consists only in hdrogravitic separation. The mining method consists in open pit extraction, with machinery, and comprises the stages of deforestation, exploitation, loading and transport. The processing includes essentially the stages of cleaning, crushing and sifting. For the evaluation of environmental impacts was used the list of verification methodology, in which it was described the impacts originated during the settling, operation e deactivation of the mine. In the project's area were found physical and biological environmental impacts, which includes the deforestation, soil erosion and silting up of the water pathways, modifying and altering the original landscape's features, as well as the contamination of the hydric resources in response to lubricating oil discharge, largely used in mining activity. Alternatively we suggest, in turn to mitigate the environmental impacts, the application of the "mining in stripes", which comprehends basically the withdraw of barren material of the upper layers of the deposit, accumulation of this material inside trenches created in the earlier stages of the mine development, and further reforestation of the area that vegetation was previously suppressed.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	08
1.1 APRESENTAÇÃO	08
1.2 LOCALIZAÇÃO	08
1.3 JUSTIFICATIVA E OBJETIVO	08
1.4 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS	10
1.5 MATERIAIS E MÉTODOS	11
2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	12
3 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DOS DEPÓSITOS DE AREIA E SEIXO	16
3.1 A SUCESSÃO SEDIMENTAR BARREIRAS E PÓS BARREIRAS	17
3.2 ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES DA FORMAÇÃO BARREIRAS	17
3.2.1 Associação de fácies de leque aluvial proximal (AF1).....	17
3.2.2 Associação de fácies de leque aluvial distal (AF2)	23
3.3 ASPECTOS GENÉTICOS.....	24
3.4 IDADE DOS DEPÓSITOS.....	24
3.5 PERFIL DOS DEPÓSITOS DE SEIXO E AREIA	26
4 CARACTERIZAÇÃO DOS INSUMOS.....	29
4.1 CONCEITOS, ESPECIFICAÇÕES E APLICAÇÕES	29
4.2 AMOSTRAGEM E ENSAIOS TECNOLÓGICOS	32
4.3 ANÁLISES QUÍMICAS DE AREIAS	34
4.4 DISCUSSÕES SOBRE OS RESULTADOS DAS ANÁLISES	36
5 LAVRA E BENEFICIAMENTO	38
5.1 ETAPAS DA ATIVIDADE DE LAVRA	40
5.1.1 Supressão Vegetal	41
5.1.2 Decapeamento	41
5.1.3 Extração	42
5.1.4 Carregamento	42
5.1.5 Transporte.....	42
5.2 ETAPAS DA ATIVIDADE DE BENEFICIAMENTO.....	43
5.2.1 Lavagem	43
5.2.2 Peneiramento	44
5.2.3 Britagem	44
5.3 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	44
6 IMPACTOS AMBIENTAIS E MEDIDAS MITIGADORAS.....	45
6.1 IMPACTOS AMBIENTAIS NA ATIVIDADE DE LAVRA	45
6.1.1 Alteração da paisagem devido à retirada da cobertura vegetal	46
6.1.2 Poluição sonora provocada pela operação de veículos e máquinas.....	47
6.1.3 Contaminação da água por óleo combustível, graxas e outros efluentes	47
6.1.4 Compactação do solo pelo tráfego de veículos pesados ao longo dos acessos	49
6.1.5 Contaminação de solos por destinação inadequada de resíduos sólidos.....	49

6.2 IMPACTOS AMBIENTAIS NA ATIVIDADE DE BENEFICIAMENTO.....	50
6.2.1 Impactos ambientais na operação de lavagem.....	50
6.2.2 Impactos ambientais no transporte do minério.....	50
6.3 MEDIDAS MITIGADORAS	50
6.3.1 Frente de lavra.....	51
6.3.2 Tratamento da substância mineral, na disposição do estéril e rejeito	54
7 ANÁLISE SOCIOECONÔMICA DA ATIVIDADE EXTRATIVISTA DE SEIXO E AREIA EM OUREM E CAPITÃO POÇO	55
7.1 PERFIL SOCIOECONÔMICO DOS MUNICÍPIOS DE OURÉM E CAPITÃO POÇO	55
7.2 CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE SEIXO E AREIA.....	55
7.3 PERFIL DA MÃO DE OBRA OCUPADA NA EXTRAÇÃO DE SEIXO E AREIA	57
8 LEGISLAÇÕES MINERÁRIA E AMBIENTAL	60
8.1 REGIMES DE APROVEITAMENTO DE RECURSOS MINERAIS	60
8.1.1 Regime de licenciamento	60
8.1.2 Regime de autorização e concessão	61
8.1.3 Regime de registro de extração	61
8.2 TAXA ANUAL POR HECTARE	62
8.3 COMPENSAÇÃO FINANCEIRA PELA EXPLORAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS.....	62
8.4 LICENCIAMENTO AMBIENTAL	63
8.4.1 Licenciamento ambiental no regime de registro de licenciamento	63
8.4.2 Licenciamento ambiental no regime de autorização e concessão.....	63
8.4.3 Licenciamento ambiental no regime de registro de extração.....	64
8.5 O INTERESSE SOCIAL DAS ATIVIDADES DE EXTRAÇÃO DE AREIA, ARGILA, SAIBRO E CASCALHO, NA LEI Nº 12.651/2012	64
9 CONCLUSÕES	65
REFERÊNCIAS.....	66

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

Este relatório técnico faz referência ao Projeto Areia e Seixo na região de Ourém-Capitão Poço, Nordeste do Pará. A proposição deste projeto pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM foi induzida pelo Plano de Mineração do Estado do Pará (2014-2030) e elaborada pela extinta Secretaria de Indústria, Comércio e Mineração – SEICOM do Governo do Estado do Pará, cujas ações estão atualmente incorporadas à Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico, Mineração e Energia – SEDEME.

O Serviço Geológico do Brasil – CPRM, através da Superintendência Regional de Belém, participou ativamente de diversas reuniões promovidas pela SEICOM, visando à elaboração do documento citado, nos temas relacionados à mineração, geologia, e impactos desta atividade no desenvolvimento socioeconômico do estado do Pará. Um dos temas tratados com destaque nas reuniões foi a “mineração social”, cujo foco são os materiais de uso imediato na construção civil, com a discussão de alternativas para o desenvolvimento e ordenamento da atividade exploratória na região nordeste do Pará. Neste caso, a região de Ourém-Capitão Poço ganha destaque por ser o principal polo supridor de seixo para a Região Metropolitana de Belém (RMB).

Apesar da importância socioeconômica, a exploração dos depósitos de Ourém-Capitão Poço vem sendo realizada de forma desordenada, sem nenhuma orientação técnica, o que tem causado desperdício de minério, rápida exaustão das reservas, evasão de tributos e graves impactos socioambientais. Pouco se conhece sobre reservas, técnicas de lavra, qualidade do material, valor da produção e os métodos de recuperação ambiental das áreas já lavradas. Este enfoque está alinhado às diretrizes do Departamento de Recursos Minerais – DEREM, através da Divisão de Minerais Industriais – DIMINI, vinculados à Diretoria de Geologia e Recursos Minerais – DGM do Serviço Geológico do Brasil – CPRM.

O objetivo principal do projeto foi fornecer subsídios técnicos de potencialidade mineral a mineradores e a gestores públicos nas escalas federal, estadual e municipal. Desta maneira, deseja-se contribuir para o ordenamento desta atividade na região de Ourém-Capitão Poço, contemplando orientações para um melhor aproveitamento do minério através da exploração racional e organizada com vistas à preservação do meio ambiente, considerando perspectivas de desenvolvimento social e econômico dos municípios produtores.

1.2 LOCALIZAÇÃO

A área do projeto está localizada no nordeste do Pará, a cerca de 150 km de Belém, com acesso rodoviário a partir da capital pela rodovia BR-316 até a bifurcação com a rodovia PA-124, pela qual se atinge as cidades-sedes dos dois municípios. Os depósitos de areia e seixo localizam-se principalmente no limite entre os municípios de Ourém e Capitão Poço, e estão inseridos em duas folhas com corte padrão 1:100.000, conforme Figura 1.1.

1.3 JUSTIFICATIVA E OBJETIVO

Em termos globais, o Brasil é reconhecido como um importante *player* na produção mineral. A magnitude desse setor na economia brasileira é evidenciada pela produção e comercialização de cerca de 70 tipos de bens minerais, sendo 21 tipos de metais, quatro tipos de combustíveis e 45 tipos de minerais industriais, tornando a mineração responsável por quase 5% do PIB nacional, com produtos de ampla utilização em indústrias metalúrgicas, siderúrgicas, de fertilizantes e, principalmente, petroquímicas. O segmento denominado “Agregados para Construção Civil” caracteriza materiais granulares sem forma e volume definidos, com dimensões e propriedades adequadas para uso em obras de engenharia civil.

A importância 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* igual a até seis vezes superior ao do Brasil (LUZ; LINZ, 2005).

Com relação aos usos da areia como matéria prima, além da construção civil, são destacadas outras aplicações por Luz e Lins (2005, 2008). 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 (SiO₂), 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

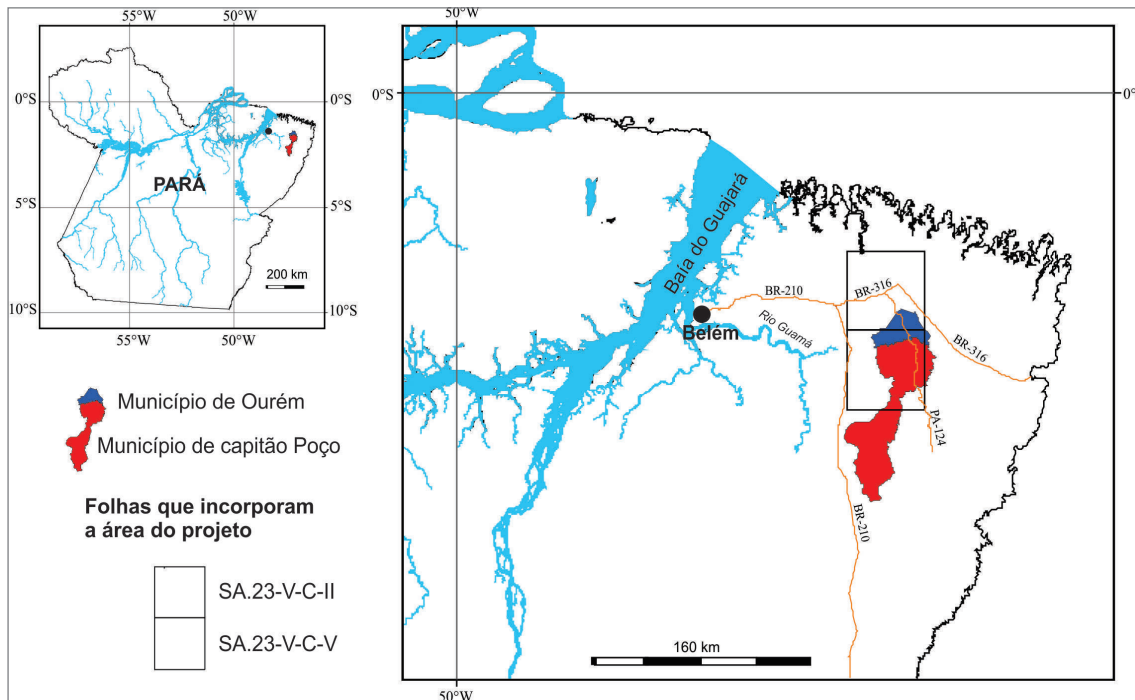


Figura 1.1 - Localização e acesso à área de estudo, com demarcação das folhas cartográficas em escala 1:100.000 que compreendem a região de interesse para depósitos de areia e seixo.

seus principais usos. Os agregados miúdos podem ser aplicados também na indústria cerâmica branca, na fabricação de refratários e de cimento, na indústria química, na fabricação de ácidos e de fertilizantes, no fraturamento hidráulico para recuperação secundária de petróleo e gás, como carga e extensores em tintas e plásticos, e também em aplicações não industriais como na horticultura e em locais de lazer.

Os agregados são considerados bens minerais de uso social e matérias-primas brutas ou beneficiadas de emprego imediato na indústria da construção civil ou incorporadas a produtos. Representam os insumos mais consumidos no mundo e podem ser classificados em função de sua origem, densidade e tamanho dos fragmentos. Este projeto se restringe à investigação de areia e seixo. “Areia” é um termo granulométrico e caracteriza um material natural cujos grãos variam entre 0,075 e 2,0 mm, de acordo com a norma reguladora ABNT - NBR 6502. “Seixo” (ou cascalho) é uma denominação genética dos fragmentos de rochas situados em uma faixa granulométrica entre 4,0 e 64,0 mm, segundo a escala de Wentworth (1922). Esses insumos são utilizados principalmente na confecção de concreto, blocos para revestimento de edifícios, proteção de taludes de barragens, blocos para calçamento de ruas e avenidas, pavimentação asfáltica, filtros, lastro, na permeabilização de vias e pátios, entre outras aplicações diretamente relacionadas à qualidade de vida da população.

A mineração de agregados possui como características típicas: grandes volumes de produção, beneficiamento

simples, baixo preço unitário, alto custo relativo de transporte e necessidade de proximidade entre as fontes produtoras e os locais de consumo. Esta atividade minerária é desenvolvida fundamentalmente por empresas de pequeno e médio porte, voltadas à produção de agregados para construção civil, que contribui significativamente para a geração de emprego e renda, notadamente nas periferias das sedes municipais, tanto de forma artesanal como industrial.

Em termos nacionais, o setor de agregados é responsável pela geração de aproximadamente 68 mil empregos diretos, sendo 47 mil na produção de areia e 21 mil na produção de brita, incluindo um total de 3100 empresas, das quais 2500 atuam na lavra de areia e 600 na produção de brita (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES DE PRODUTORES DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2012). Deve ser ressaltado que esses dados se referem apenas ao mercado formal, e no caso da extração de areia, a produção informal é bastante expressiva em todo país. No contexto atual, as restrições ambientais representam fatores limitantes à utilização de certas áreas para a produção de areia para construção civil, como por exemplo, as áreas de várzea e leitos ativos de rios.

Em se tratando do Estado do Pará, a capital paraense e os municípios que integram a Região Metropolitana de Belém (RMB) representam os maiores centros consumidores de agregados para a construção civil, em toda a região norte. Tal fato decorre do grande crescimento desse mercado, tanto no segmento de imóveis residenciais como nas grandes obras de engenharia que vêm

sendo realizadas em Belém e seu entorno. No caso da areia, o abastecimento do mercado consumidor local não é afetado pela falta do insumo, uma vez que tanto o município de Belém, como o seu entorno, apresenta um contexto geológico favorável à presença de grandes depósitos desse bem mineral.

A partir de um levantamento realizado em concreteiras e estâncias instaladas na capital paraense, Nogueira Júnior et al. (2007) verificaram que um grande percentual dos agregados graúdos utilizados na fabricação de concreto em Belém é constituído por seixos provenientes de 12 jazidas localizadas no município de Ourém. No presente trabalho, foi verificado que a demanda atual desse material na RMB é suprida principalmente a partir de dez “seixeiras” localizadas no município de Ourém, e seis localizadas em Capitão Poço, preferencialmente na área de influência do rio Guamá, que representa o limite ao sul do município de Ourém e o limite norte de Capitão Poço. Estes dados sugerem que a indústria extrativa de agregados para construção civil, especialmente de seixo, é um setor relevante na economia dos municípios de Ourém e Capitão Poço. Entretanto, essa atividade vem sendo realizada sem o devido acompanhamento técnico e sem uma fiscalização efetiva por parte dos órgãos governamentais, provocando o desperdício de minério, rápida exaustão das reservas, evasão de tributos e graves impactos socioambientais em quase todas as frentes de lavra. Nos municípios supramencionados, pouco se conhece sobre as reservas de minério, as técnicas de lavra, a qualidade do material e, principalmente, sobre os métodos de recuperação ambiental, sendo que esse último pode implicar em problemas futuros, principalmente com relação a impactos nos recursos hídricos da região.

Esse quadro de dificuldades, o panorama econômico e o potencial geológico da área motivaram a investigação das áreas de produção de seixo e areia em Ourém e Capitão Poço. O projeto foi executado com o intuito de gerar informações capazes de subsidiar o governo do Pará na elaboração de políticas públicas voltadas para o ordenamento dessa importante atividade produtiva, assim como propor e implementar atividades de gestão territorial nesses municípios. Com este propósito, foi estabelecida uma parceria entre o Serviço Geológico do Brasil – CPRM e o Governo do Estado do Pará, através da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico, Mineração e Energia – SEDEME. Após a consolidação desta parceria interinstitucional foram definidas as ações a serem desenvolvidas pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM e SEDEME, considerando as respectivas competências das duas instituições.

O objetivo principal do trabalho foi a caracterização da matéria-prima, denominada de agregado de seixo-areia, utilizada no setor da construção civil, que ocorre

na região dos municípios de Ourém e Capitão Poço, nordeste do Pará, que abastece principalmente a região metropolitana de Belém. Adicionalmente, foi elaborado o diagnóstico técnico da atividade mineira, com avaliação do atual quadro ambiental e socioeconômico envolvido no processo de produção de seixo.

Este projeto piloto representa um instrumento operacional de análise de dados e informações, além de um diagnóstico situacional com a proposição de métodos de abordagem, constituindo o passo inicial no enfrentamento da problemática da mineração de agregados nos municípios supramencionados, podendo se tornar um modelo a ser replicado em outros municípios paraenses que tenham na mineração de agregados um dos componentes de sua base produtiva.

1.4 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

Em valores absolutos, o município de Ourém tem uma área de 562 km² e o município de Capitão Poço ocupa uma superfície de 2899 km²; onde residem respectivamente 16.311 e 51.893 habitantes (IBGE, 2010). A economia do município de Ourém tem como um dos principais segmentos a mineração de seixo e areia, que são extraídos principalmente nas regiões centro sul, central e centro norte do município, nas áreas de influência dos rios Guamá e Caeté. A produção de seixo do município é a maior do estado do Pará, sendo que no ano de 2014 chegou a produzir cerca de 450.000 m³, o que representam juntamente com Capitão Poço os principais fornecedores de agregados da RMB. Além da mineração, cerca de 60% da população ouremense vive da agricultura familiar, e a pecuária se destaca com a atividade de pequenos proprietários rurais, através da criação de rebanho bovino de aproximadamente 19 mil cabeças (IBGE, 2013). Já uma pequena parcela sobrevive da produção de cerâmica, enquanto que a indústria do turismo, representada principalmente por hotéis e pousadas instalados às margens de rios e igarapés, constitui uma atividade econômica importante do município.

Com relação a Capitão Poço, além da pecuária, que apresenta um grande rebanho de bovinos, suínos e caprinos, a agricultura é um dos principais componentes da base econômica, em especial a fruticultura, sendo o município um dos maiores produtores e exportadores de laranja no estado paraense. Outros importantes produtos cultivados são: arroz, feijão, milho, mandioca, pimenta do reino, melão, banana e maracujá. O comércio e a prestação de serviços têm importância secundária, embora relevante, pois estão atrelados à atividade básica, enquanto a indústria é incipiente.

De acordo com Prefeitura Municipal de Capitão Poço, a partir de dados do IBGE (2018), foi verificado que a população economicamente ativa está distribuída

por diversos setores, com destaque para a agricultura que absorve 70% do total dessa população, sendo 40% somente na citricultura. A pecuária envolve cerca de 10% e o comércio 15%, enquanto que os 5% restantes estão relacionados à indústria e ao extrativismo.

Com relação à atividade extrativa de agregados, o destaque é para a produção de seixo, que no ano de 2014 atingiu cerca de 360.000 m³, dos quais, cerca de 75% foram destinados a outros municípios, notadamente para a RMB. A indústria extrativa mineral de material para construção civil (areia, seixo e quartzo industrial) é caracterizada por uma mineração de pequeno e médio porte.

1.5 MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto foi executado em cinco fases distintas. A primeira fase consistiu na integração, em ambiente SIG, de todas as informações disponíveis da área de estudo: mapas geológicos, informações planimétricas, bases hidrográficas, imagens de sensores remotos, além da localização de ocorrências/depósitos de areia e seixo. Esses dados foram utilizados para planejar as atividades de campo e definir áreas prioritárias de abordagem.

A segunda fase envolveu os trabalhos de campo, realizados em duas etapas, cujos objetivos foram: 1) cadastramento e descrição das principais frentes de lavra, com coleta de materiais para análises, além da avaliação do processo de exploração e impactos ambientais decorrentes; e 2) Avaliação dos depósitos do ponto de vista morfoestrutural e sedimentológico/estratigráfico.

A terceira fase do projeto esteve relacionada ao cadastramento das amostras coletadas e análises laboratoriais. Ao todo foram executadas quatro análises distintas nos agregados de areia e seixo:

1) Ensaios tecnológicos em agregado graúdo e miúdo em amostras de seixo e areia (análise da massa específica aparente, porosidade aparente, absorção de água aparente, análise granulométrica, ensaio da forma dos fragmentos em agregado graúdo, resistência à abrasão Los Angeles, determinação do material fino que passa na peneira de 75 µm por lavagem e determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis);

2) Datação por método de Luminescência Otimamente Estimada (LOE) por meio do protocolo SAR; 3) Confecção e descrição de lâminas delgadas de arenitos-conglomerados;

4) Análises químicas por meio de Fluorescência de Raios-X em amostras de areia para análise do teor de óxidos.

A quarta fase consistiu no tratamento e interpretação de dados, especificamente, na avaliação, interpretação e integração dos dados oriundos dos levantamentos de campo e das análises laboratoriais. Adicionalmente, pesquisas bibliográficas foram usadas para traçar o perfil socioeconômico, os impactos ambientais, lavra e beneficiamento, medidas mitigadoras e legislação mineral relacionada à extração de agregados para construção civil.

A quinta fase do projeto envolveu a apresentação dos resultados e elaboração dos produtos finais. O conjunto de dados resultante foi apresentado na forma de mapas anexados ao texto, ilustrações e tabelas, que integraram um Informe de Recursos Minerais.

2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A área do projeto engloba partes de dois compartimentos tectônicos distintos, a Província Parnaíba e a Plataforma Bragantina. A Província Parnaíba inclui a bacia sedimentar fanerozoica de São Luís-Grajaú, e os domínios pré-cambrianos representados pelo Fragmento Cratônico São Luís e o Cinturão Gurupi. A Plataforma Bragantina comporta unidades exclusivamente cenozoicas, representadas na área de estudo principalmente pela Formação Barreiras (Figuras 2.1 e 2.2).

O Fragmento Cratônico São Luís (Figura 2.1) engloba rochas pré-cambrianas riacianas que afloram próximas à costa atlântica, na região limítrofe entre os estados do Pará e Maranhão. Na área de estudo é representado por um corpo da Suíte Intrusiva Tracuateua (Figuras 2.1 e 2.2), que aflora no extremo nordeste da área, como uma janela do embasamento em meio a rochas sedimentares fanerozoicas (VASQUEZ; ROSA-COSTA, 2008). De acordo com Costa e Ricci (2000) são sieno e monzogranitos a duas micas, róseos a acinzentados com granulação variada a seriada, maciços a foliados. Quando afetados por zonas de cisalhamento, com assinatura química semelhante a granitos tipo S. Idades de 2086 ± 10 e 2091 ± 5 Ma foram obtidas por Palheta (2001) pelo método de evaporação de Pb em zircão, interpretadas como idades mínimas para a cristalização.

O Cinturão Gurupi (Figura 2.1) representa um orógeno de configuração neoproterozoica, com forte orientação NNW-SSE, atravessando a fronteira entre os estados do Pará e Maranhão, cujos limites são quase que inteiramente recobertos por unidades sedimentares fanerozoicas. Em linhas gerais é composto por seqüências metavulcanossedimentares, gnaisses e corpos plutônicos de idade riaciana, que representam porções do Fragmento Cratônico São Luís retrabalhados. As unidades neoproterozoicas são mais restritas, e incluem rochas metassedimentares de margem passiva, granitoides e formações siliciclásticas relacionadas a riftes continentais (VASQUEZ; ROSA-COSTA, 2008).

A extremidade noroeste do Cinturão Gurupi aflora na área de estudo, representada pela Formação Rio Piritoró, pelos granitos riacianos Jonasa e Ourém, e pelo Nefelina Sienito Boca Nova e Granito Ney Peixoto, de idades neoproterozoicas (Figura 2.2). A Formação Rio Piritoró (COSTA; ALMEIDA; RICCI, 1996), na porção noroeste do Cinturão Gurupi, é constituída por metassedimentos como filitos quartzosos e carbonosos e quartzitos sericíticos, além de arenitos, siltitos, argilitos e grauvacas (ABREU; VILLAS; HASUI, 1980; COSTA, 1985; RICCI, 2000). As rochas apresentam metamorfismo em condições anquimetamórficas até fácies xisto verde baixo, cujos protólitos sedimentares teriam se depositado em ambiente de margem passiva

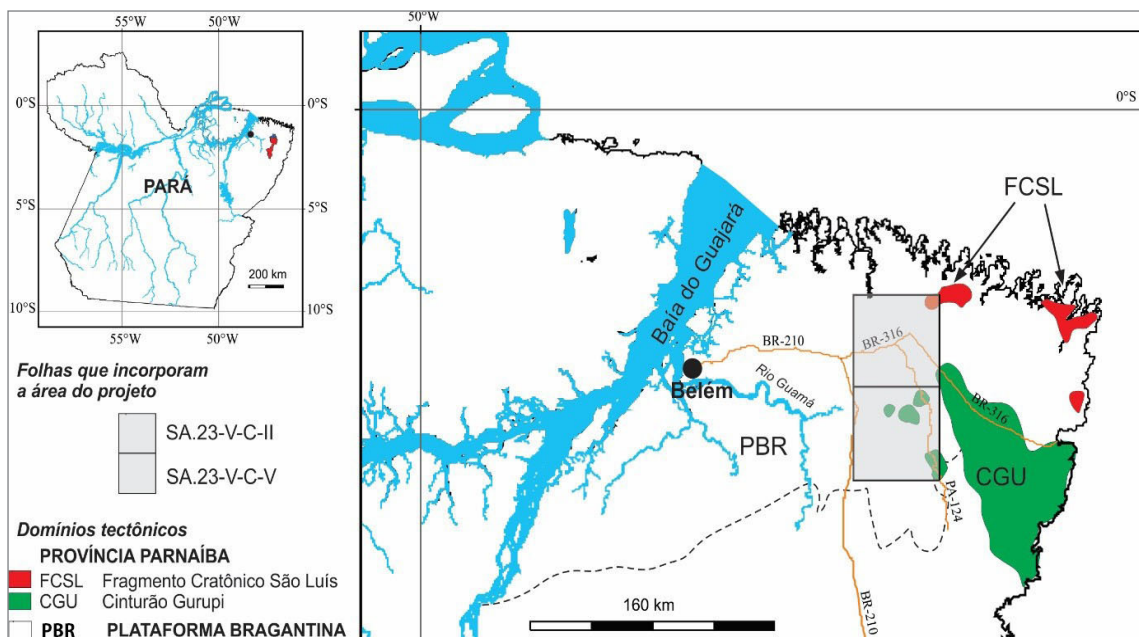


Figura 2.1 - Contexto geológico da área do projeto. Modificado de Vasquez e Rosa-Costa, 2008.

(COSTA; ALMEIDA; RICCI, 1996). A cartografia dos granitos Jonasa, Ney Peixoto e Ourém, apresentada na Figura 2.2, é aquela apresentada por Melo e Oliveira (2020).

O Granito Jonasa constitui um corpo sem relações de contato visíveis com o Cinturão Gurupi, uma vez que tem seus limites recobertos por rochas sedimentares fanerozoicas, assim como os granitos Ourém, Ney Peixoto e o Nefelina Sienito Boca Nova. O Granito Jonasa, datado em 2,06 Ga, é

dominantemente granodiorítico, a duas micas, com abundantes bolsões pegmatíticos. As rochas têm coloração cinza claro e granulação fina a grossa. Apresenta foliação tectônica (milonítica) e foliação magmática preservada (PALHETA, 2001). O Granito Ourém é similar ao Granito Jonasa, com relação à foliação tectônica de mesma orientação, à presença de duas micas e, supostamente, à idade. No entanto, a composição é monzogranítica (PALHETA, 2001) (Figura 2.2).

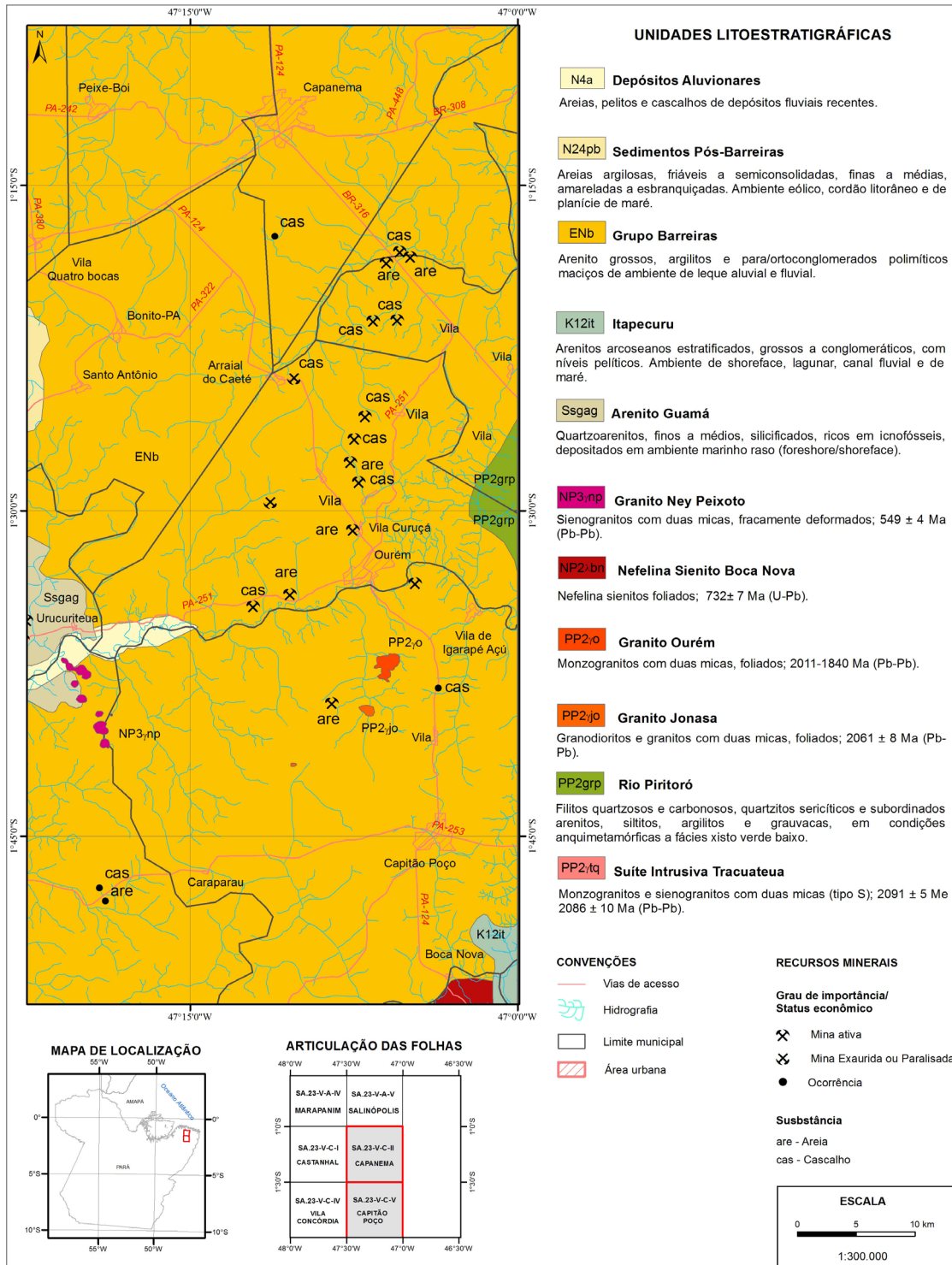


Figura 2.2 - Mapa geológico e de recursos minerais relacionados à extração de areia e seixo na área do projeto. Informações cartográficas extraídas de Vasquez e Rosa-Costa (2008), Melo e Oliveira (2020).

O Nefelina Sienito Boca Nova, além de nefelina, contém proporções menores e variáveis de sodalita, cancrinita e pirocloro (VILLAS, 1982). A idade de cristalização deste corpo foi definida em 732 Ma (KLEIN et al., 2005), tendo sido submetido posteriormente a metamorfismo e deformação em fácies anfibolito, de acordo com Villas (1982) e Lowell e Villas (1983), sendo as texturas magmáticas obliteradas por bandamento gnáissico, migmatização incipiente, veios e pegmatitos compostos por nefelina e feldspato. O Granito Ney Peixoto, datado em 549 Ma, inclui sieno e monzogranitos rosados com duas micas, de granulação predominantemente média, podendo apresentar porções pegmatoides (COSTA; RICCI, 2000; PALHETA, 2001). Apresenta foliação incipiente, com características mineralógicas e texturais ígneas bem preservadas (VILLAS, 2001) (Figura 2.2).

O arenito Guamá aflora na região de São Miguel do Guamá em boas exposições encontradas na fazenda Rio das Pedras, localizada na BR-010 a 5 km de São Miguel; na margem esquerda do rio Irituia, no local denominado “Casa de Pedras”, onde as exposições atingem até 15 m de altura; no rio Guamá, formando corredeiras como, por exemplo, a cachoeira do Miranda (COSTA, 2000). A idade e a posição estratigráfica do arenito Guamá são ainda incertas. Com base na descrição feita por Truckenbrodt e Alves (1982), o Arenito Guamá foi correlacionado à sequência basal do Grupo Serra Grande (fácies distais da Formação Ipu), de idade siluriana superior. O arenito Guamá constitui um quartzarenito médio, maciço e com estratificação plano-paralela incipiente (Figura 3). Os aspectos texturais e a presença de icnofósseis (*skolithos*) sugere um ambiente deposicional de plataforma rasa, provavelmente de *foreshore* a *shoreface* raso.

A Bacia de São Luís-Grajaú é representada pelo Grupo Itapecuru, que aflora no extremo sudeste da área de trabalho (Figura 2.2). O Grupo Itapecuru é uma unidade siliciclástica que constitui arenitos, por vezes caulíniticos, com intercalação de níveis pelíticos a conglomeráticos (PETRI; FÚLFARO, 1983; GÓES, 1981). Anaisse Júnior (1999) definiu ambientes de *shoreface*, canal de maré, laguna e canal fluvial para o Grupo Itapecuru, sugerindo ainda idade Albiano-Cenomaniano.

A Formação Pirabas e a Formação Barreiras se distribuem amplamente pela Plataforma Bragantina e tem sua sedimentação atribuída a variações eustáticas do nível do mar nas margens equatoriais e atlânticas do Brasil durante o Oligoceno-Mioceno (ROSSETTI; BEZERRA; DOMINGUEZ, 2013). Estas unidades foram inseridas no denominado Grupo Barreiras na nota explicativa do Estado do Pará (VASQUEZ; ROSA-COSTA, 2008). Entretanto, descrições detalhadas de testemunhos de sondagem e afloramentos (AGUILERA et al., 2014) indicam que estas unidades apresentam conteúdo paleontológico, padrão de sedimentação, empilhamento estratigráfico e espessuras incompatíveis para serem incluídas em um único grupo. Aqui, nós descrevemos separadamente

estas duas formações e apresentamos a distribuição cartográfica do Grupo Barreiras (VASQUEZ; ROSA-COSTA, 2008) no mapa geológico da área de estudo (Figura 2.2).

A Formação Barreiras (Eo a Mesomioceno), inserida na Plataforma Bragantina (Figura 2.1), é a unidade mais expressiva na área de estudo. Esta unidade constitui um pacote predominantemente siliciclástico (pelitos, ritmitos, arenitos e conglomerados) que recobre depósitos predominantemente carbonáticos da Formação Pirabas. Na área de estudo a Formação Barreiras é constituída principalmente por conglomerados que representam o horizonte de exploração de seixo na região de Ourém e Capitão Poço. De forma geral, a Formação Barreiras é constituída por arenitos quartzosos, depósitos heterolíticos, argilitos e, menos comumente, conglomerados de colorações negra, verde oliva, cinza ou ainda, variegada (ROSSETTI, 2006).

Os sedimentos da Formação Barreiras são descritos como depositados em ambientes litorâneos dominados por correntes de maré (ARAI et al., 1988; ROSSETTI; TRUCKENBRODT; GÓES, 1989; ROSSETTI, 2000; ROSSETTI; SANTOS JR., 2004). A unidade é carente em fósseis, porém abundante em icnofósseis utilizados frequentemente como elementos auxiliares na caracterização paleoambiental. Alguns dos icnofósseis descritos constituem *Thalassinoides*, *Ophiomorpha*, *Skolithos*, *Gyrolithes*, *Planolites*, *Diplocraterion*, *Taenidium*, *Psilonichnus*, *Palaeophycus*, *Teichichnus*, *Chondrites*, *Rhizocorallium*, *Phycosiphon* e *Cylindrichnus*, que indicam ambientes mixoalinos ou marinho-transicionais (GÓES; SOUZA; TEIXEIRA, 1990; TÁVORA; SILVA JR., 2001; NETTO; ROSSETTI, 2003).

Por sua vez a Formação Pirabas consiste em uma unidade predominantemente carbonática, que contém intercalações secundárias de folhelhos negros a esverdeados e arenitos amarelados (PETRI, 1954, 1957; FERREIRA, 1966). Os principais aspectos litoestratigráficos e paleoambientais foram interpretados por Góes, Souza e Teixeira (1990) e Rossetti e Góes (2004), que sugeriram para a unidade um ambiente plataformar *offshore*, litorâneo (*shoreface/foreshore*), lagos marginais e plataforma restrita e mangues de lagos estuarinos. O rico e variado conteúdo fóssilífero permitiu o estabelecimento de idade Oligoceno-Mioceno com base na presença do gastrópode *Orthaulax Gabb*, 1872 (FERREIRA, 1967) e de foraminíferos (PETRI, 1952, 1954, 1957; FERNANDES; TÁVORA, 1990; TÁVORA; FERNANDES, 1999). A curta distribuição temporal e restrita distribuição biogeográfica faz do *Orthaulax* um fóssil guia nos sentidos biocronológicos e paleobiogeográficos (FERREIRA, 1967; TÁVORA et al., 2004).

Os Sedimentos Pós-Barreiras na região são definidos por pacotes siliciclásticos que recobrem discordantemente e indistintamente o Grupo Barreiras e horizontes de perfis das coberturas lateríticas imaturas (Figura 2.2). Incluem, de modo geral, areias consolidadas e semi-consolidadas, variando de creme amareladas a brancas, com

granulometria fina a média, contendo alguma fração de argila, além de clastos milimétricos de quartzo dispostos caoticamente (FARIAS; NASCIMENTO; FERREIRA, 1992). Existe uma significativa variedade faciológica para os Sedimentos Pós-Barreiras, incluindo depósitos eólicos (dunas costeiras), bem como depósitos de cordão litorâneo, planície de maré, canal e mangue (ROSSETTI; GOES; SOUZA, 2001).

Depósitos Aluvionares constituem sedimentos clásticos inconsolidados relacionados às planícies aluvionares atuais dos principais cursos d'água, que constituem basicamente depósitos de barras de canais e de planícies de inundação. Na região de estudo estes depósitos ocorrem distribuídos majoritariamente ao longo do curso do Rio Guamá (Figura 2.2).

3 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DOS DEPÓSITOS DE AREIA E SEIXO

Neste capítulo serão discutidos os aspectos geológicos dos depósitos de areia e seixo utilizados como insumos para construção civil, localizados nos municípios de Ourém e Capitão Poço. Durante os trabalhos de campo, foram confeccionados perfis litoestratigráficos, principalmente em frentes de lavra, nas estações geológicas mostradas na Figura 3.1.

Nesta abordagem foram aplicados preceitos básicos em análise de fácies sedimentares, seguindo o modelamento de fácies de Walker (1992) e Miall (1977), que envolve os seguintes passos: i) A individualização e descrição de fácies,

que procura caracterizar a composição, a geometria, as texturas, as estruturas sedimentares, o conteúdo fóssilífero e os padrões de paleocorrente; ii) A compreensão dos processos sedimentares, que revela como a fácies foi gerada e; iii) A associação de fácies, que agrupa fácies contemporâneas e cogenéticas, que refletem os diferentes ambientes e sistemas deposicionais. A descrição de fácies, na escala dos diferentes litotipos e de afloramentos, foi auxiliada por perfis colunares e seções panorâmicas, estas últimas obtidas por meio de fotomosaicos de afloramentos, seguindo o procedimento estabelecido por Wizevic (1991).

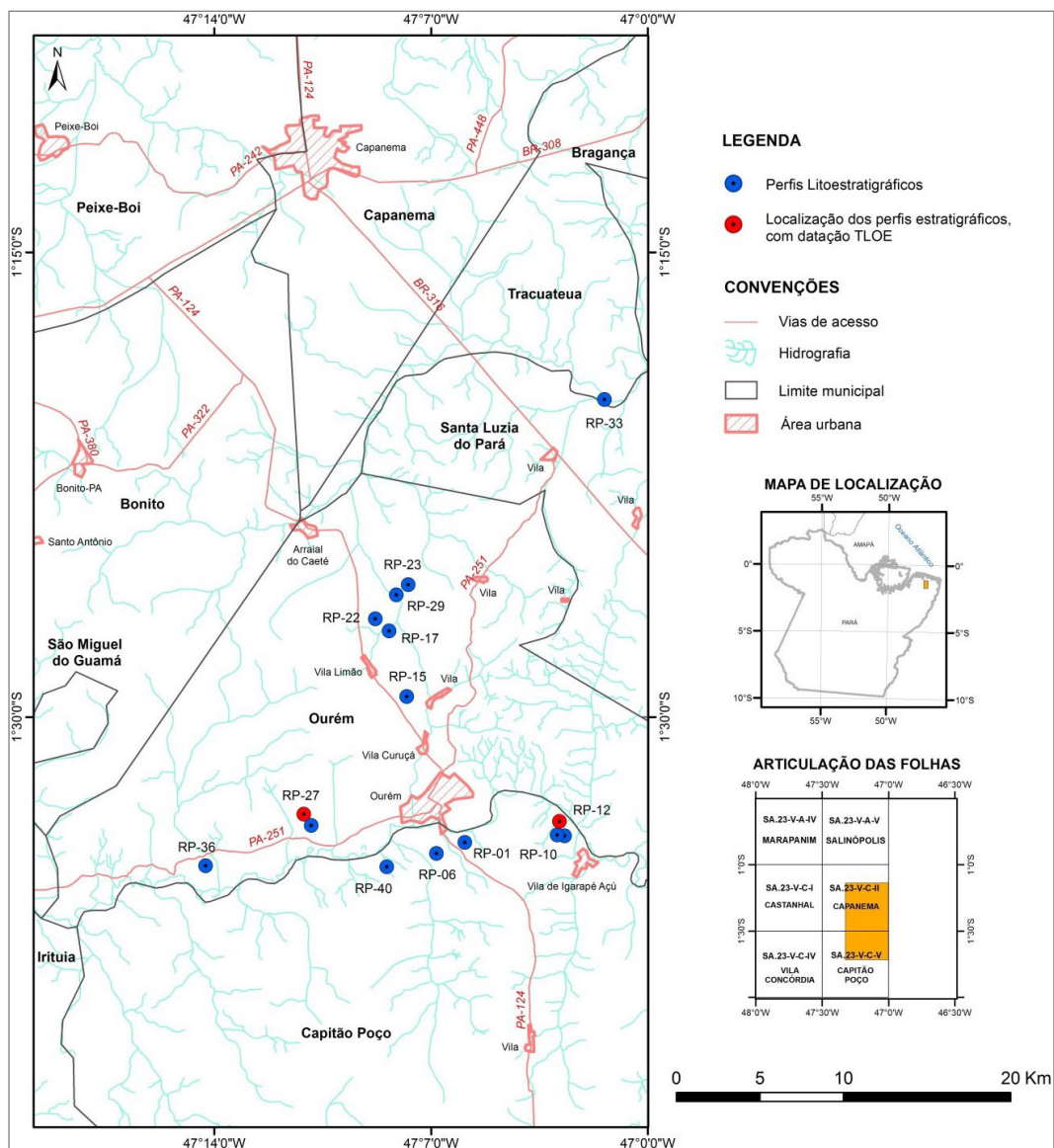


Figura 3.1 - Mapa de localização das estações geológicas onde foram realizados perfis estratigráficos.

Adicionalmente foram realizadas datações por luminescência opticamente estimulada (LOE) em algumas amostras, com o objetivo de definir a idade de deposição dos sedimentos ou da exposição dos depósitos (superfícies), visando compreender a evolução geológica além de balizar o posicionamento estratigráfico dos depósitos de areia e seixo de Ourém e Capitão Poço.

3.1 A SUCESSÃO SEDIMENTAR BARREIRAS E PÓS-BARREIRAS

A sucessão sedimentar estimada pelo empilhamento estratigráfico possui aproximadamente 20 metros de espessura, e é representada por conglomerados, arenitos e pelitos da Formação Barreiras, além de sedimentos sobrepostos areno-argilosos Pós-Barreiras (Figura 3.2). O estudo em superfície baseou-se principalmente na análise de frentes de lavra de areia e seixo, onde foram confeccionados perfis litoestratigráficos, os quais foram posteriormente empilhados e correlacionados (Figura 3.3 e Tabela 3.1). Em superfície, os afloramentos da Formação Barreiras atingem a espessura máxima de 10 m em um único perfil (Figura 3.3, Perfil RP-40). Para os Sedimentos Pós-Barreiras, foi definida apenas uma fácies sedimentar com aspectos paleoambientais indefinidos (Figura 3.3 e Tabela 3.2).

Para a Formação Barreiras foram descritas quatro litofácies sedimentares, organizadas em duas associações de fácies (AF): leque aluvial proximal (AF1) e leque aluvial distal (AF2), representativas de um sistema de leque aluvial a fluvial entrelaçado. A associação de leque aluvial proximal é dominada por fluxo de detritos enquanto que a associação de leque aluvial distal é dominada por processos fluviais. Supõe-se que as associações de fácies descritas se acunham e se sobrepõe indistintamente em geometria lobada, característica de sistemas aluviais a fluviais entrelaçados (NILSEN; ZUFFA, 1982). Apesar de a energia diminuir em direção à jusante, assim como a seleção da fábrica sedimentar aumentar na mesma direção, podemos considerar, de forma geral, as rochas descritas para a Formação Barreiras como mal selecionadas. Essa característica é inerente ao próprio sistema deposicional, sua dinâmica, aporte sedimentar, e taxa de sedimentação. Dados de paleocorrente coletados em arenitos e conglomerados com estratificação cruzada indicam paleocorrente principal para SW com sentido subordinado para NE.

Um dos principais trabalhos que posiciona os depósitos de areia e seixo da região de Ourém e Capitão Poço no contexto geológico da Formação Barreiras é o de Rossetti, Truckenbrodt e Góes (1989). Esses autores atribuem a esses depósitos sedimentação em sistema de leque aluvial instalado nas regiões adjacentes ao Cinturão Gurupi e conectados em direção à N-NE aos

depósitos litorâneos/costeiros da própria Formação Barreiras (fácies arenosas e pelíticas), assim como, aos depósitos carbonáticos da Formação Pirabas, restrita às porções marginais da Plataforma Bragantina. Rossetti, Truckenbrodt e Góes (1989) sugerem que os sedimentos da Formação Barreiras se tornam mais finos em direção ao norte da área, sentido Ourém-Capanema. A relação dessa distribuição se dá em virtude da rápida diminuição da granulometria para jusante do sistema aluvial, haja vista que o Cinturão Gurupi, a sul-sudeste, foi provavelmente a área-fonte principal de sedimentos.

No topo da Formação Barreiras ocorre um horizonte intensamente ferruginizado e endurecido, sugerindo períodos de exposição subaérea prolongada e enriquecimento supergênico de ferro. Esses depósitos são genericamente relacionados a perfis lateríticos imaturos distribuídos indistintamente na região, instalado no topo dos depósitos da Formação Barreiras e sotoposto aos Sedimentos Pós-Barreiras. Rossetti, Góes e Souza (2001), Rossetti (2004), Rossetti, Rocca e Tatum (2013) e Rossetti, Bezerra e Dominguez (2013) descrevem essa superfície de exposição com formação de paleosolo laterítico que separa a Formação Barreiras dos Sedimentos Pós-Barreiras e a posiciona no intervalo entre o Mioceno Médio até o Plioceno Superior/Pleistoceno Inferior.

Especificamente na região bragantina, nordeste do Pará, os Sedimentos Pós-Barreiras são constituídos por sedimentos areno-argilosos sobrepostos discordantemente aos depósitos da Formação Barreiras. Rossetti, Truckenbrodt e Góes (1989) descrevem os Sedimentos Pós-Barreiras na região constituídos por apenas uma litofácies areno-argilosa (AA) com características distintas: 1) aspecto quase homogêneo; 2) granulometria fina; 3) aparência friável; 4) coloração marrom-avermelhada; 5) deposição acima de superfícies erosivas lateralmente contínuas; 6) ausência de fragmentos argilosos. Além do fato de terem sido depositados sobre superfícies irregulares, comumente recobertas por níveis detríticos, por vezes, sobrepostos diretamente sobre materiais intensamente lixiviados de coloração branca.

3.2 ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES DA FORMAÇÃO BARREIRAS

3.2.1 Associação de fácies de leque aluvial proximal (AF1)

A AF1 compõe um pacote sedimentar com aproximadamente 15 m de espessura e se estende lateralmente por uma área de aproximadamente 50 km². É constituída pela intercalação de orto e paraconglomerados maciços (fácies Cm), arenitos grossos e seixosos com estratificação cruzada (fácies Ac) e argilitos maciços (fácies Pm) com

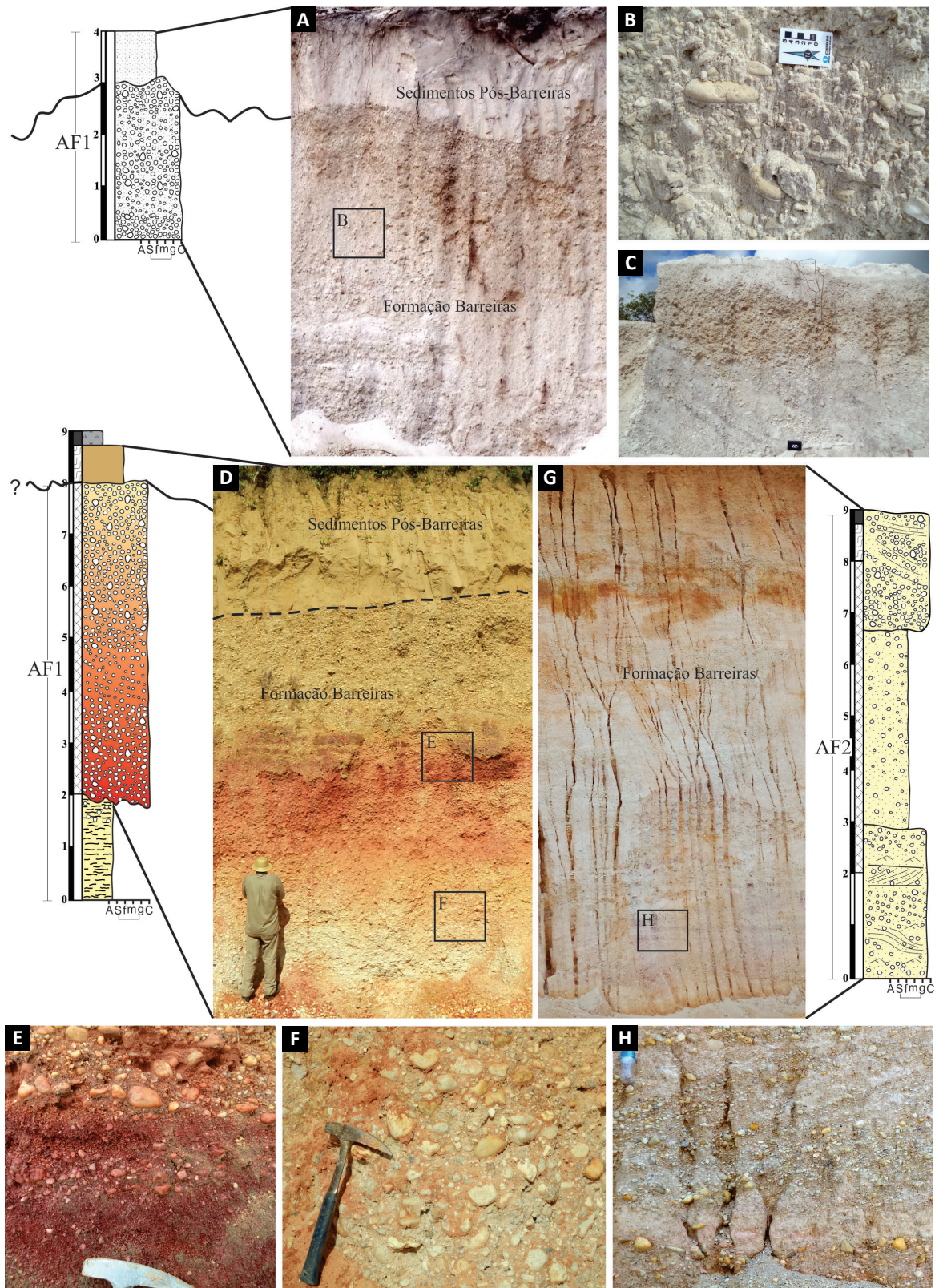


Figura 3.2 - Aspectos gerais dos depósitos da Formação Barreiras e dos Sedimentos Pós-Barreiras na região de Ourém e Capitão Poço. Perfis descritos para os depósitos da Formação Barreiras, AF1 representam depósitos de leque aluvial proximal e AF2 registra depósitos de leque aluvial distal, com diferentes cores, que variam do branco, amarelo e vermelho. Em A, B, C e H detalhes de depósitos de conglomerados esbranquiçados (altamente lixiviado) com sedimentos friáveis. Em D, E, F e G detalhes de perfis de conglomerado rico em óxido/hidróxido de ferro (hematita e goetita) com sedimentos consolidados.

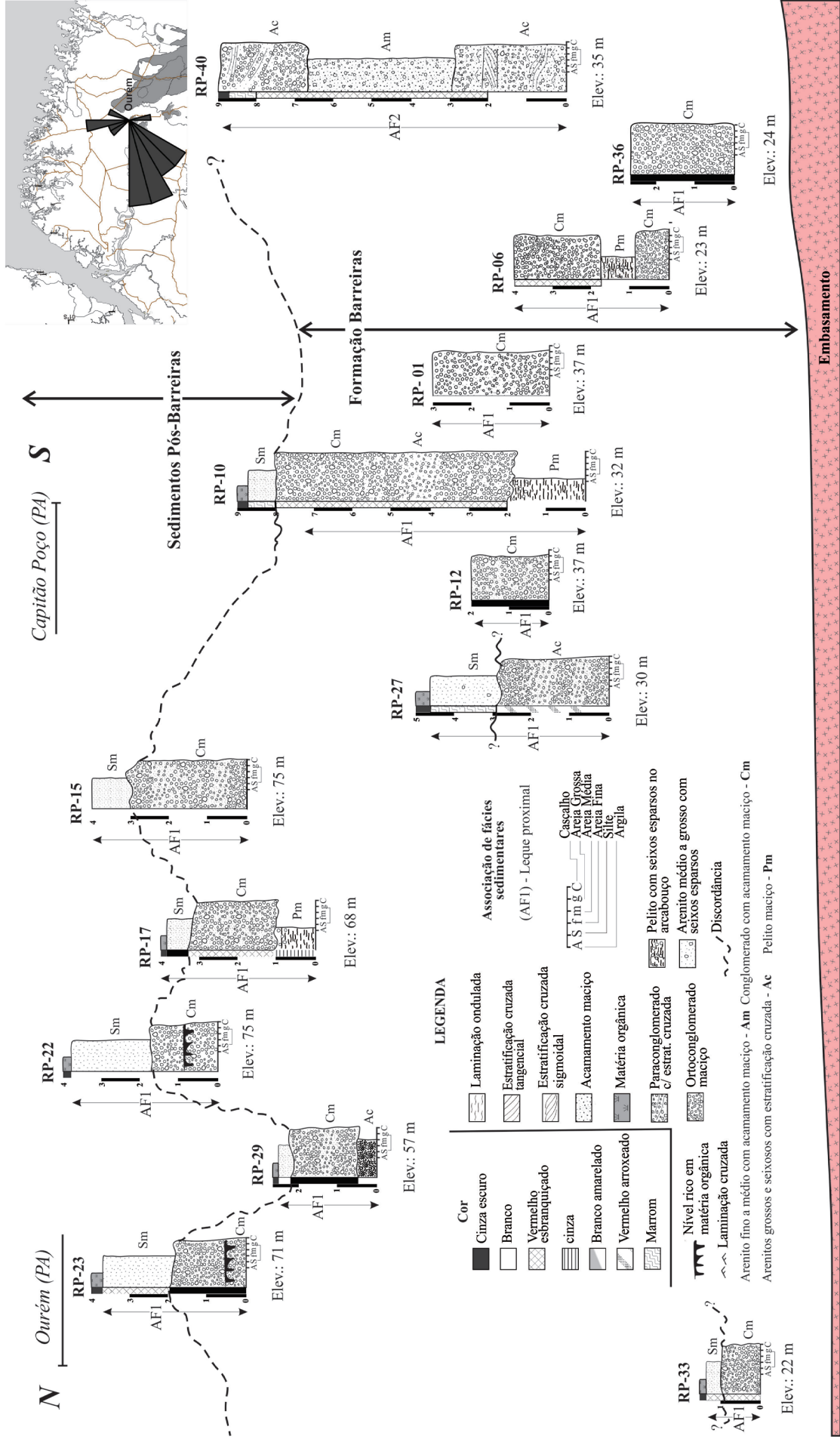


Figura 3. Perfis litostratigráficos elaborados nos depósitos de seixo e areia na região de Ourém e Capitão Poço, nordeste do Estado do Pará. Ver código das fácies e respectivas descrições nas Tabelas 3.1 e 3.2.

Tabela 3.1 - Fácies descritas para a Formação Barreiras (Mioceno Médio a Superior), na região de Ourém-Capitão Poço.

FÁCIES SEDIMENTARES (CÓDIGO DA LITOFÁCIES)	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	PROCESSOS	ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES (AF)	
Arenito fino a médio com acamamento maciço (Am)	Camadas delgadas de arenitos até 0,5 m, intercaladas com camadas de conglomerados polimíticos. Apresentam acamamento maciço. Podem ocorrer seixos esparsos dispersos na matriz arenosa	Rápida deposição a partir de correntes trativas unidirecionais de alta energia	Leque aluvial distal (AF2)	SISTEMA DE LEQUE ALUVIAL A FLUVIAL ENTRELACADO
Arenitos grossos e seixosos com estratificação cruzada acanalada (Ac)	Arenitos grossos com grãos esparsos de seixos (predominantemente de quartzo) no arcabouço. Os sedimentos são mal selecionados, e apresentam estratificação cruzada acanalada, incipiente e tangencial (corte oblíquo de acanalada)	Migração de formas de leito 2D sob fluxo unidirecional em regime de fluxo inferior		
Conglomerado com acamamento maciço (Cm)	Camadas maciças com até 8 m de espessura, com topo e base irregulares. Apresentam clastos que variam do tamanho seixo a calhau, de composição polimítica, subarredondados a angulosos, mal selecionados e com baixa esfericidade. Os conglomerados apresentam-se ora sustentados pela matriz, constituindo paraconglomerados, e ora sustentados pelos clastos, constituindo ortoconglomerados. A matriz é formada por sedimentos que variam de argila a grânulo, entretanto predominantemente arenosa. Esta fácies é a principal explotada para insumo na construção civil	Deposição por fluxo de detritos (debris flow) de alta viscosidade e energia	Leque aluvial proximal (AF1)	
Pelito maciço (Pm)	Camadas tabulares com base plana e topo truncado por conglomerados e arenitos da fácies Cm. O pelito apresenta-se geralmente maciço e com colorações que variam de branca a cinza claro	Deposição de material em suspensão em ambiente de baixa energia		

Tabela 3.2 - Fácies descritas para os Sedimentos Pós-Barreiras, na região de Ourém-Capitão Poço.

FÁCIES SEDIMENTARES (CÓDIGO DA LITOFÁCIES)	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	PROCESSOS	ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES (AF)	
Sedimentos areno-argilosos maciços (Sm)	Sedimentos com granulometria entre argila e areia fina, com acamamento maciço. Cor marrom, amarela, branco e marrom avermelhada	Liquefação, alta taxa de sedimentação e instabilidade gravitacional. Rápida deposição	Indefinida	INDEFINIDA

cores que variam entre vermelho, amarelo e branco. As litologias tornam-se endurecidas quando apresentam cores vermelhas, enquanto que, quando assumem cor branca tornam-se friáveis, pulverulentas e facilmente quebradiças (Figuras 3.4 e 3.5).

A fácies Cm, que compõem amplamente esta associação, é constituída por camadas contínuas com topo e base irregulares de até 8 metros de espessura e extensão lateral da ordem de quilômetros, sendo a fácies que concentra os depósitos de seixo explotados na região. Na base, truncam litologias arenosas e pelíticas (fácies Ac e Pm), enquanto que no topo encerram-se com uma discordância erosiva (exposição) na qual se assentam os Sedimentos Pós-Barreiras. Os conglomerados apresentam-se por

vezes sustentados pela matriz, constituindo paraconglomerados, e em outras, sustentados pelos clastos, constituindo ortoconglomerados. Os clastos variam de cascalho grosso até calhau e são principalmente formados por quartzo, quartzitos e quartzo leitoso de veio, por vezes com turmalinas, ocorrendo subordinadamente fragmentos de rochas como anfíbolitos, gnaisses e granitos. A matriz varia de argila a grânulo, muito mal selecionados, com ampla predominância de areia na matriz (material arenoso explotado para fabricação de areia para construção). Os grãos, em geral, são subarredondados a angulosos e com baixa esfericidade. O empacotamento é normal e o cimento é constituído principalmente por óxido/hidróxido de ferro (telodiagenético).

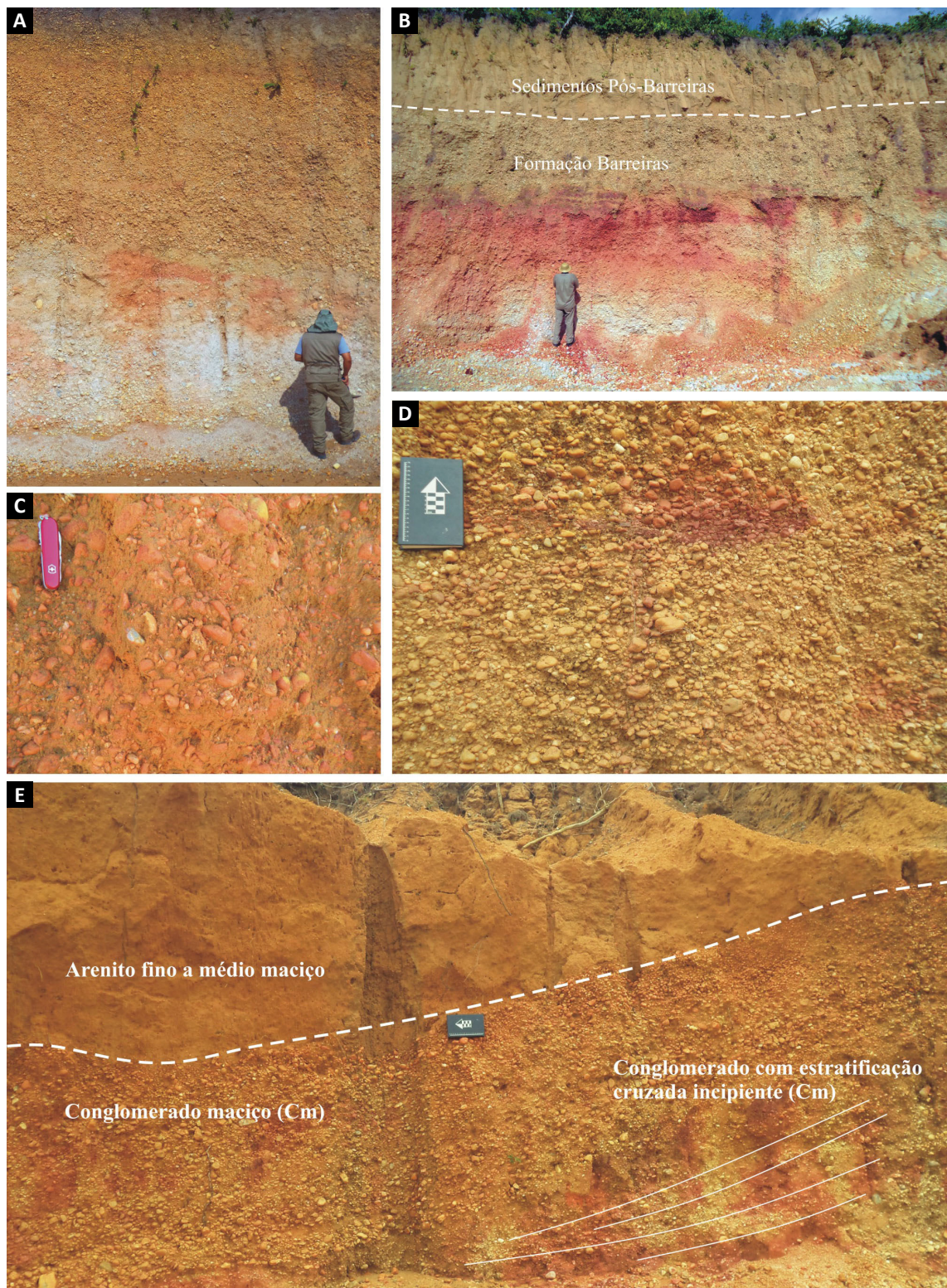


Figura 3.4 - Aspectos sedimentares dos depósitos de leque proximal (AF1) da Formação Barreiras sobrepostos por Sedimentos Pós-Barreiras na região de Ourém e Capitão Poço. (A) Depósitos de seixos maciços (fácies Cm). Linha branca tracejada separa nível acima de ortoconglomerado maciço e abaixo de paraconglomerado maciço. (B) Depósitos da Formação Barreiras com contato irregular no topo. Linha tracejada separa a Formação Barreiras (fácies Cm e Ac) dos Sedimentos Pós-Barreiras (fácies Sm). (C) Paraconglomerado com matriz constituída por sedimentos que variam de grânulo a argila, em grande quantidade (fácies Cm). (D) Detalhe de ortoconglomerado maciço (fácies Cm). (E) Fácies da Formação Barreiras na base, conglomerados maciços e arenitos com estratificação cruzada (fácies Cm e Ac) e no topo os Sedimentos areno-argilosos (fácies Sm) Pós-Barreiras (limitado pela linha branca tracejada).

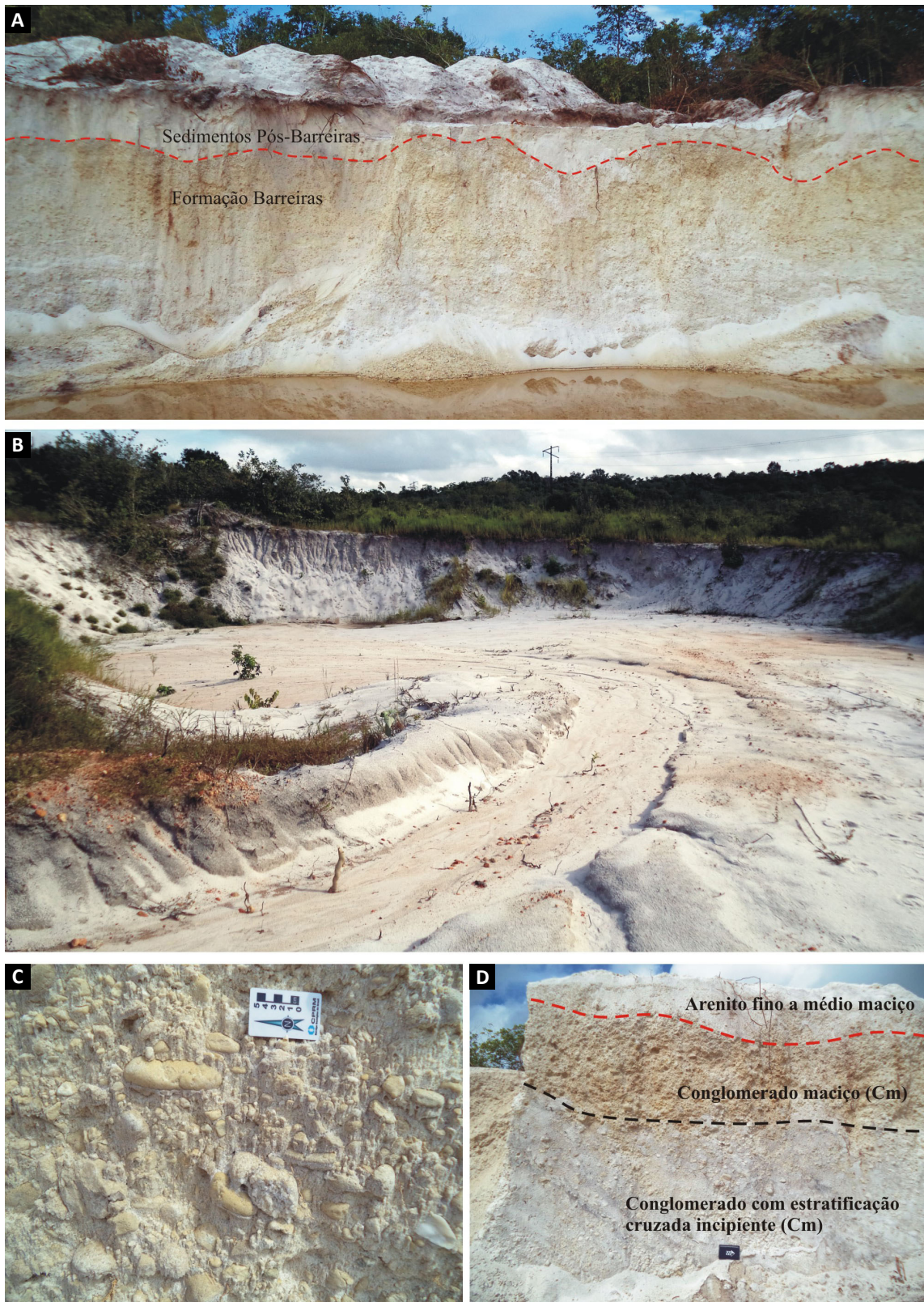


Figura 3.5 - Fácies sedimentares e aspectos geológicos dos depósitos de seixo de leque proximal (AF1) em litologias de coloração branca da região de Ourém-Capitão Poço. (A) Aspecto geral do depósito. A linha branca delimita a superfície irregular (discordância) que separa a Formação Barreiras de Sedimentos Pós-Barreiras. (B) Antiga frente de extração de areias espodosólicas (fácies Ac e/ou Sm). (C) Detalhe de paraconglomerados (fácies Cm) lixiviados, com clastos que variam de seixo a calhau. (D) Ortoconglomerado com acamamento maciço e paraconglomerado com estratificação cruzada incipiente (fácies Cm) da Formação Barreiras.

A origem da fácies Cm está relacionada à deposição por fluxos de detritos (*debris flows*) concentrados de alta energia, em regime de fluxo inferior, associados à rápida deposição com liquefação associada, que conferem acamamento maciço a esta fácies. Formas de leito bi e tridimensionais com baixo contraste granulométrico, e estratificações cruzadas incipientes em arenitos grossos a seixosos (fácies Ac) estão associadas a perda de energia em direção à jusante. Arenitos grossos e seixosos com estratificação cruzada (fácies Ac) perfazem camadas com espessuras de até 3 m, com topo e base irregulares e extensão lateral da ordem de poucos metros. A origem desta fácies está relacionada à migração de formas de leito 2D sob fluxo unidirecional em regime de fluxo inferior.

Pelitos maciços (fácies Pm) constituem camadas com até 1,5 m de espessura e extensão lateral da ordem de poucos metros, truncadas no topo (irregular) por conglomerados e arenitos (fácies Cm e Ac). A origem desta fácies está relacionada à deposição de material por suspensão em ambiente de baixa energia sobre leito arenoso/conglomerático, em curtos intervalos de declínio energético. As camadas pelíticas apresentam base plana, conformando o topo das camadas subjacentes e geralmente apresentam cor que varia entre branco a cinza claro.

3.2.2 Associação de fácies de leque aluvial distal (AF2)

Esta associação foi observada em apenas um ponto dentre os perfis estudados (estação RP-40, Figura 3.3), no qual se verificou um pacote de aproximadamente 9 m de espessura e com extensão lateral da ordem de dezenas de metros. Esta associação de fácies é constituída por arenito grosso seixoso com estratificação cruzada (fácies Ac) e arenito fino a médio com acamamento maciço (fácies Am).

Arenitos grossos a seixosos formam camadas com até 2 m de espessura com topo e base ligeiramente inclinados. Apresentam grãos variando de areia grossa a seixo, com clastos esparsos de seixos no arcabouço e estratificação cruzada acanalada e incipiente (fácies Ac). Arenitos finos a médios maciços ocorrem de forma subordinada nesta associação constituindo camadas com até 0,5 m de espessura (fácies Am).

A fácies Am ocorre intercalada indistintamente com a fácies Ac, organizadas em ciclos granodecrescentes ascendentes, típicos de retrabalhamento por correntes fluviais (Figura 3.6). As litologias da associação AF2 são mosqueadas e constituem, de forma geral, depósitos estéreis para exploração de seixo.

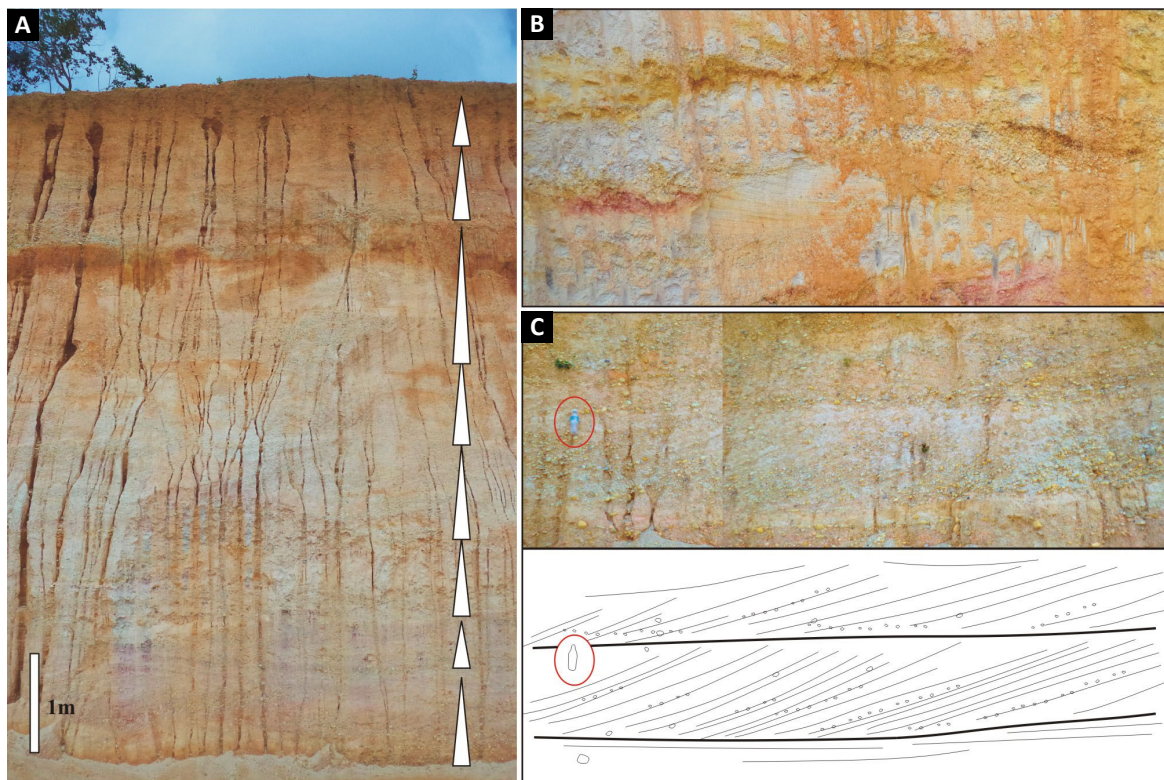


Figura 3.6 - Depósitos de leque distal a fluvial entrelaçado da associação AF2. (A) Visão geral do depósito formado por arenitos finos, grossos e seixosos de cores variadas e com estratificação cruzada incipiente (fácies Ac e Am), organizados em ciclos granodecrescente ascendentes (triângulos brancos identificam os ciclos). (B) Arenitos grossos seixosos com estratificação cruzada acanalada (fácies Ac). (C) Arenitos grossos seixosos com estratificação cruzada tangencial (fácies Ac). Abaixo desenho esquemático de mostrando os *foresets* de estratificação cruzada tangencial. Notar seixos de quartzo nos *foresets* (*lag residual*) e nos *bottomsets*.

3.3 ASPECTOS GENÉTICOS

Os depósitos siliciclásticos da Formação Barreiras na região de Ourém e Capitão Poço (conglomerados, arenitos e pelitos) formam, genericamente, camadas tabulares maciças e com estratificação cruzada e plano-paralela, com base plana e topo irregular, distribuída lateralmente por vários quilômetros. Fácies de conglomerado maciço (fácies Cm), por vezes com estratificação cruzada incipiente, forma, em geral, o pacote mais expressivo ao longo da sucessão, ocorrendo intercalado subordinadamente com fácies de arenitos grossos seixosos com estratificação cruzada (fácies Ac), arenito fino a médio com acamamento maciço (fácies Am) e fácies de pelito maciço (fácies Pm).

A análise de fácies e associação de fácies sugere um ambiente deposicional de leque aluvial a fluvial entrelaçado para os sedimentos que afloram na região de Ourém-Capitão Poço, associados à Formação Barreiras. A região próxima ao limite dos municípios de Ourém-Capitão Poço provavelmente constitui a porção proximal do leque aluvial (AF1) dominada por fluxo de detritos, enquanto que a porção distal, sentido W/NW da área de estudo, constitui a porção distal do leque aluvial (AF2) dominada por fluxos predominantemente unidirecionais (NE) do sistema fluvial entrelaçado. De acordo com Nilsen e Zuffa (1982), nas partes mais distais dos leques são comumente verificados depósitos de granulometria mais fina, produtos de correntes de areia e de lama. Rossetti, Truckenbrodt e Góes (1989) atribuem um sistema de leque aluvial para os sedimentos conglomeráticos da Formação Barreiras, com ocorrências de conglomerados mais finos no sentido à cidade de Capanema, que em direção à costa grada para sistema fluvial com mangues sob influência de maré.

Depósitos de leques aluviais são sistemas siliciclásticos caracterizados por áreas de sedimentação contínua à jusante dos pontos onde lateralmente fluxos canalizados se expandem. O acúmulo é geralmente dentro de um vale estreito, inserido em uma área com declive (COLLINSON, 1996). Leques aluviais dominados por processos gravitacionais são comumente associados a margens de bacias em áreas tectonicamente ativas.

A distribuição lateral da ordem de quilômetros indica ambiente plano a ligeiramente inclinado e com alto influxo de sedimentos. A ampla distribuição verificada para os depósitos originados por fluxos de massa na área estudada sugere a existência de frentes montanhosas, com coalescência de uma série de leques aluviais adjacentes (ROSSETTI; TRUCKENBRODT; GÓES, 1989). Os corpos apresentam, de forma genérica, geometria lenticular (lobos) com forma convexa para o topo seguindo o modelo de Nilsen e Zuffa (1982) (Figura 3.7). Os dados de paleocorrente indicam paleofluxo com sentido principal para SW e subordinado para NE, sugerindo área-fonte posicionada em NE e/ou S, provavelmente relacionado ao Cinturão Gurupi.

A baixa maturidade textural apontada por grãos mal selecionados e subarredondados a angulosos, além da grande quantidade de argila e areia na matriz indicam uma área-fonte relativamente próxima ao sítio deposicional. De acordo com Miall (1992), as rochas formadas em leques aluviais apresentam baixa maturidade textural como resultado de fluxo de detritos em ambientes de clima árido a semiárido. Considera-se que o embasamento seja constituído por rochas metamórficas do Cinturão Gurupi, provavelmente da Formação Santa Luzia de acordo com Rossetti, Truckenbrodt e Góes (1989).

Em seguida, está sendo apresentado o modelo deposicional, proposto por este trabalho, para os depósitos de areia e seixo da região de Ourém e Capitão Poço pertencentes à Formação Barreiras. O modelo segue a proposta de Rossetti, Truckenbrodt e Góes (1989) para os sedimentos Barreiras na Região Bragantina, no nordeste do estado do Pará. Adicionalmente, foi feita uma relação entre o modelo apresentado e modelo clássico de leque aluvial proposto por Nilsen e Zuffa (1982) (Figura 3.7).

3.4 IDADE DOS DEPÓSITOS

Duas amostras foram coletadas para datação por luminescência opticamente estimulada (LOE) de intervalos de arenito. As amostras foram encaminhadas para análise em laboratório e encontram-se posicionadas próximo ao limite superior da Formação Barreiras (camadas de conglomerado/arenito). Para amostragem foram utilizados tubos de PVC, com diâmetro de 5 cm e comprimento de 30 cm. O tubo foi vedado e isento de exposição à luz e indicado a direção de inserção da coleta (Figura 3.8). Buscou-se sempre selecionar os níveis mais arenosos para coleta, mantendo sempre atenção para o isolamento completo do material.

As amostras, previamente selecionadas, foram datadas utilizando o protocolo SAR (*Single-Aliquot Regeneration*) com 15 alíquotas. Nesse método, quanto maior o número de alíquotas, mais precisa será a idade e mais representativo será o perfil do histograma para interpretação do histórico da amostragem. A partir das análises foram elaboradas 15 curvas de calibração, onde foram fornecidas 15 idades distintas, a partir das quais foi obtida uma idade média. A idade média encontrada pela técnica de LOE representa a data na qual a amostra foi exposta por um longo tempo à luz solar pela última vez (de 10 a 16 horas).

A partir das análises das amostras por LOE foram obtidas idades distintas: uma idade de 110.600 ± 15.100 , e outra idade de 87.800 ± 11.100 anos, ambas correspondendo ao Pleistoceno Superior (Tabela 3.3). As concentrações medidas dos isótopos radioativos Th^{232} , $U^{238}+U^{235}$, K^{40} utilizados para calcular a dose anual são apresentadas na Tabela 3.4.

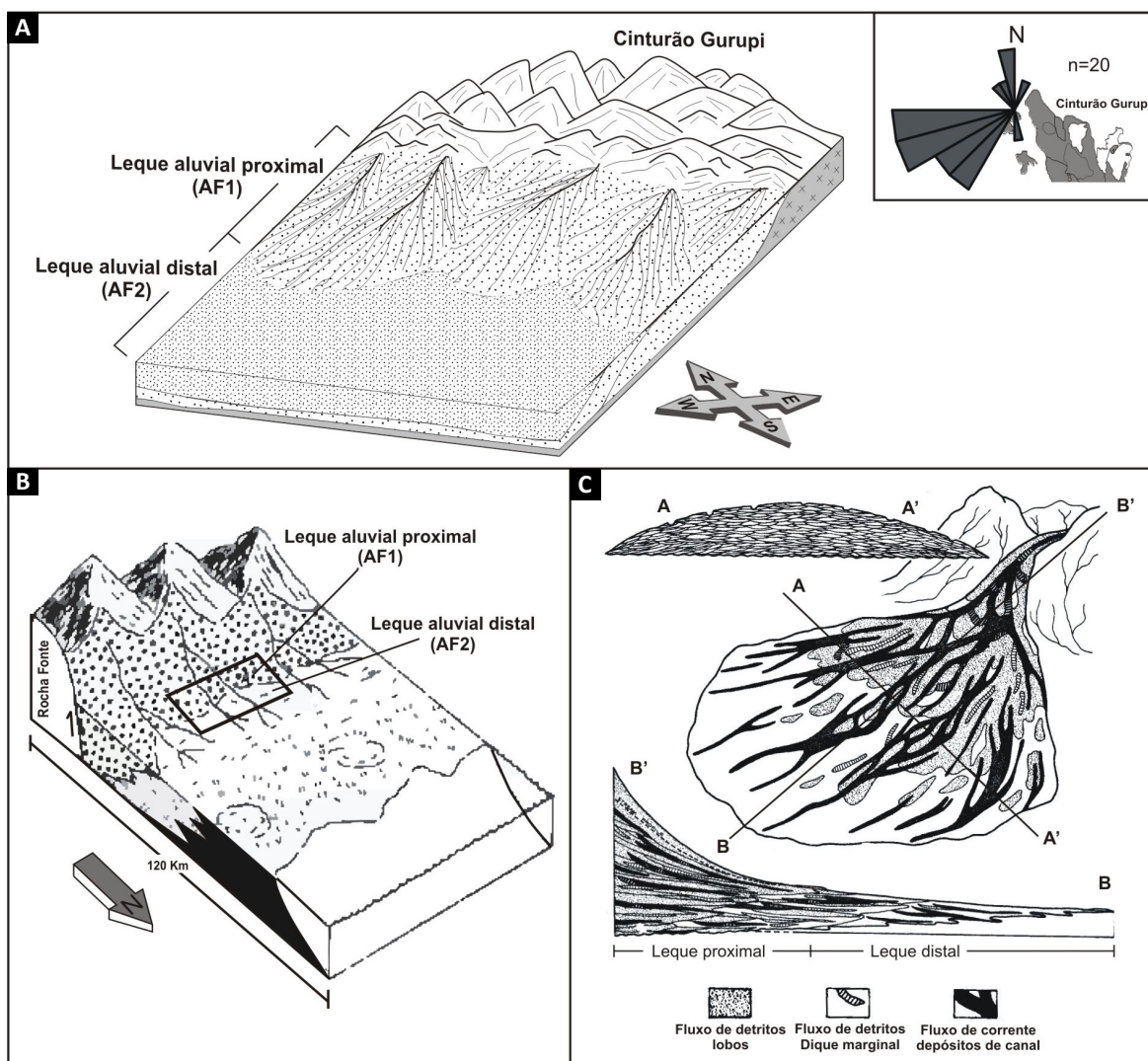


Figura 3.7 - Modelo deposicional dos depósitos de seixo e areia na região de Ourém-Capitão Poço. A) Modelo deposicional proposto neste trabalho. B) Modelo deposicional para os sedimentos Barreiras na Região Bragantina, nordeste do estado do Pará, com destaque para a porção estudada (adaptado de ROSSETTI; TRUCKENBRODT; GÓES, 1989) e; C) Modelo clássico de leque aluvial proposto por Nilsen e Zuffa (1982).

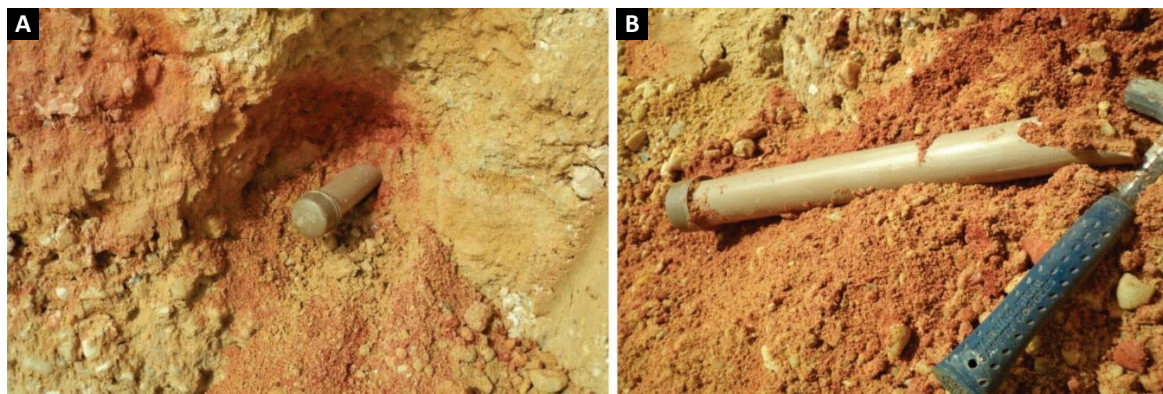


Figura 3.8 - Amostras coletadas para datação por LOE. Tubos de PVC de aproximadamente 30 cm de comprimento por 5 cm de diâmetro, chanfrados. (A) Tubos inseridos nas porções arenosas do depósito da Formação Barreiras; (B) Tubos foram fechados e protegidos da luz solar.

Tabela 3.3 - Resultado das análises por LOE. Estão sendo apresentadas as amostras analisadas, dose anual, paleodose média (P) e idade média obtida.

AMOSTRA	DOSE ANUAL	P (Ga)	IDADE MÉDIA (ANOS)
RP-27-D	1.350 ± 120	149,2	110.600 ± 15.100
Desvio padrão →		29,2	
RP-10-B	1.540 ± 120	135,3	87.800 ± 11.100
Desvio padrão →		41,4	

Tabela 3.4 - Concentrações dos isótopos radioativos utilizados para o cálculo das idades por LOE.

AMOSTRA	TH (PPM)	U (ppm)	K (%)	UMIDADE (%)
RP-27-D	4,778 ± 0,172	1,967 ± 0,232	0,296 ± 0,043	5,4
RP-10-B	6,774 ± 0,244	2,274 ± 0,229	0,274 ± 0,040	8,5

De acordo com Rossetti, Rocca e Tatumi (2013), por um longo período de tempo, do final do Cretáceo até o Oligoceno Superior, a maior parte da costa brasileira permaneceu exposta à erosão e ao desenvolvimento de solo laterítico. Entretanto, a combinação de mudanças no nível do mar e subsidência tectônica promoveram a sedimentação *onshore* de várias bacias. Dois episódios transgressivos ocorreram: um datado do Oligoceno-Mioceno e outro do Mioceno Médio a Inferior. Este último evento propiciou a deposição dos sedimentos da Formação Barreiras. Durante o Mioceno Médio, mudanças eustáticas para nível de mar alto na costa brasileira fomentaram uma nova e extensa fase de não deposição e exposição subaérea com formação de solo laterítico, processo que durou até ao Pleistoceno Superior. Após o período de exposição, a porção continental foi submetida à deposição dos Sedimentos Pós-Barreiras, datados por Rossetti, Rocca e Tatumi (2013) na zona costeira da Bacia São Luís (Estado do Maranhão), entre 84.000 e 38.000 anos para a Sucessão 1, 29.000 e 16.000 anos para a Sucessão 2 e 11.000 a 500 anos para a Sucessão 3. Ainda de acordo com Rossetti, Rocca e Tatumi (2013), o início da deposição desses sedimentos se deu após o último interglacial coincidente com a elevação do nível do mar de alta frequência.

Trabalhos de datação em Sedimentos Pós-Barreiras ainda são relativamente escassos. Nesse contexto, destaca-se o trabalho de Tatumi et al. (2008), que utilizou métodos de datação por luminescência opticamente estimulada (LOE) e datação por ¹⁴C em Sedimentos Pós-Barreiras na região da Plataforma Bragantina obtendo idades entre 22.400 ± 3.000 anos (Ilha do Outeiro-Praia Brasília) e 67.000 ± 9.000 anos (Ilha do Outeiro-Praia do Amor).

As idades obtidas por LOE por este trabalho não refletem a idade de deposição da Formação Barreiras,

e sim, a idade de exposição dos estratos miocênicos. Após o intervalo de exposição, houve a deposição dos Sedimentos Pós-Barreiras em aproximadamente 85.000 anos. Dessa forma, os Sedimentos Pós-Barreiras na região de Ourém-Capitão Poço corresponderiam a Unidade 1 definida na região bragantina (ROSSETTI; GÓES; SOUZA, 2001) ou a Sucessão 1 definida na Bacia de São-Luís (ROSSETTI; BEZERRA; DOMINGUEZ, 2013).

3.5. PERFIL DOS DEPÓSITOS DE SEIXO E AREIA

A maior parte dos depósitos de seixo e areia que se encontra em processo de exploração na área do projeto está localizada dentro da área do município de Ourém, a norte da margem direita do Rio Guamá, no seu trecho leste-oeste. No município de Capitão Poço, os depósitos em exploração margeiam o Rio Guamá. O horizonte de interesse para exploração é principalmente aquele definido pela fácies de conglomerado com acamamento maciço (fácies Cm) da AF1. Os depósitos de areia e seixo da Formação Barreiras foram classificados, de acordo com a cor dos sedimentos, como depósitos de seixo e areia esbranquiçados e depósitos de seixo e areia avermelhados e amarelados (Figura 3.9).

Os depósitos de areia e seixo apresentam cores variando entre branco, amarelo e vermelho. As diferenças de intensidade de alteração, e consequentemente de coloração, foram controladas por fatores locais como relevo, vegetação, pluviosidade e o nível do lençol freático. A cor dos sedimentos tem relação direta com a presença de ferro e a história geoquímica superficial dos depósitos, com implicações diretas na qualidade do material produzido. A cor vermelha e amarela (Figuras 3.10 e 3.11) é resultado do enriquecimento em oxi-hidróxidos de ferro, goetita e hematita,

respectivamente. Esses depósitos são os que apresentam melhor qualidade física para produção de seixo na indústria de agregados. Os seixos são coesos e não quebram com o atrito simples com a mão. O óxido/hidróxido de ferro funciona como cimento e confere aspecto compacto à rocha.

A cor branca desses depósitos (Figuras 3.12 e 3.13) é resultado de intensa lixiviação ácida relacionada à podzolização em que o Fe^{3+} é reduzido. Como resultado,

superficialmente forma-se um solo do tipo espodosólico. Nesse processo a matéria orgânica no topo é rebaixada para um nível subjacente ao horizonte espódico, formando um horizonte cimentado escuro rico em matéria orgânica e ferro (fragipã, duripã ou “ortstein”). Fisicamente, a atuação dos processos intempéricos leva ao afrouxamento da coesão entre grãos minerais tornando as rochas friáveis, quebradiças e pulverulentas ao atrito com a mão.

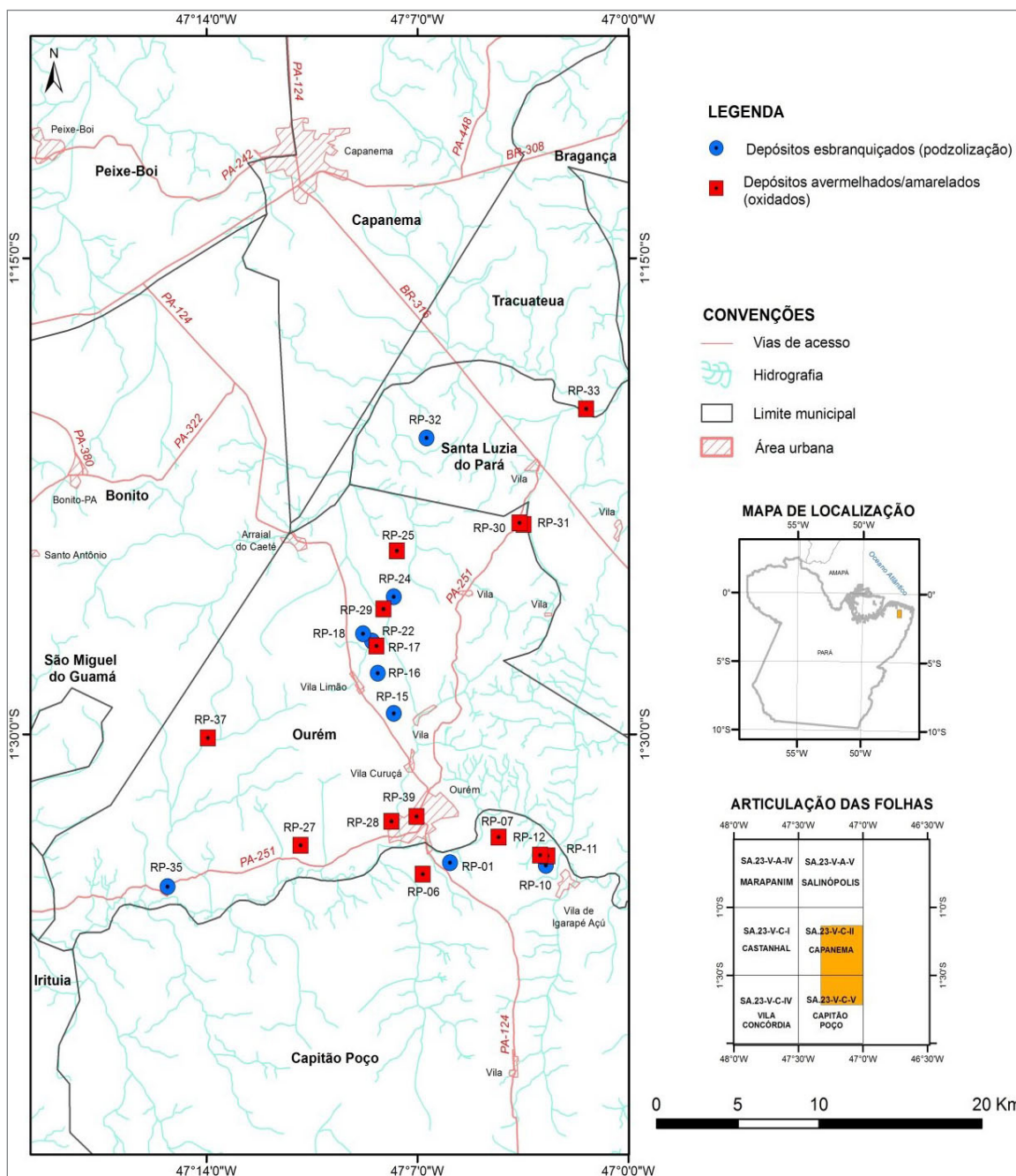


Figura 3.9 - Mapa de localização dos depósitos de seixo e areia da Formação Barreiras, de acordo com a cor dos sedimentos (estados de oxidação do ferro).



Figura 3.10 - Vista geral do afloramento de conglomerado e arenito avermelhado/amarelado, resultado do enriquecimento em hematita e goetita, respectivamente. Notar contato superior com os Sedimentos Pós-Barreira.



Figura 3.11 - Detalhe do arcabouço do conglomerado da Formação Barreiras. Zonas amareladas e avermelhadas distribuem-se indistintamente no arcabouço da rocha conferindo aspecto maciço.



Figura 3.12 - Exposição em frente de lavra de depósitos de areia e seixo esbranquiçados.



Figura 3.13 - Detalhe dos conglomerados esbranquiçados (fortemente lixiviado).

4 CARACTERIZAÇÃO DOS INSUMOS

Neste capítulo serão abordados conceitos, especificações e possíveis utilizações dos agregados areia e seixo, além dos resultados dos ensaios analíticos realizados em amostras coletadas em frentes de lavra de seixeiras e em ocorrências minerais não explotadas (Figura 4.1).

4.1 CONCEITOS, ESPECIFICAÇÕES E APLICAÇÕES

Areia e seixo são denominados de agregados minerais miúdo e graúdo respectivamente. Possuem ampla utilização na construção civil, principalmente na formulação de concretos e em argamassas, onde, em conjunto com um aglomerante (pasta de cimento *Portland* + água), constituem matérias primas minerais 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 e Rezende (2009) os agregados são os materiais mais utilizados no mundo, e na construção civil os preços de comercialização resultam principalmente da relação entre local de exploração e distância de distribuição em empreendimentos.

Conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 7211 (2009), 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 nocivas 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 ABNT especifica os requisitos exigíveis para os agregados destinados à produção de concreto, através de normas. A ABNT NBR 9935 (2011), por exemplo, define o termo agregado 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”.

Os agregados são classificados em função da origem, massa específica aparente 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 ($MEA < 1000 \text{ kg/m}^3$), normais

($1000 \text{ kg/m}^3 < MEA < 2000 \text{ kg/m}^3$) e pesados ($MEA > 2000 \text{ kg/m}^3$). Quanto à granulometria, são considerados agregados miúdos (areias) 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 0,15 mm. Para os agregados miúdos a escala granulométrica da ABNT corresponde às faixas granulométricas adotadas pela escala de Wentworth (1922): areia fina (0,250-0,125 mm), areia média (0,50-0,250 mm), areia grossa (1,00-0,50 mm), areia muito grossa (2,00-1,00 mm), grânulos (4,00-2,00 mm), seixo fino ($\leq 4,75 \text{ mm}$) e pedregulho (2-60 mm). Os agregados graúdos (seixos rolados e brita) passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm.

O agregado total é 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. Um importante parâmetro a ser abordado é o Módulo de Finura (MF), que 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: $2,20 < MF < 2,90$; 2) Zona Utilizável Inferior: $1,50 < MF < 2,20$; 3) Zona Utilizável Superior: $2,90 < MF < 3,50$.

A ABNT NBR 7211 (2009) assinala que a análise granulométrica, determinada segundo a ABNT NBR 248 (2003), deve apresentar limites e distribuição granulométrica de agregado miúdo, determinada conforme as peneiras de aberturas de malha concordante com a ABNT NBR NM ISSO 3310-1 (2010), 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 estudo prévio de dosagem comprove sua aplicabilidade. Os dados empíricos da análise granulométrica padrão especificada na norma da ABNT NBR 7211 (2009) (Tabela 4.1) são lançados para construir as curvas granulométricas que estabelecerão os limites inferiores e superiores das 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.

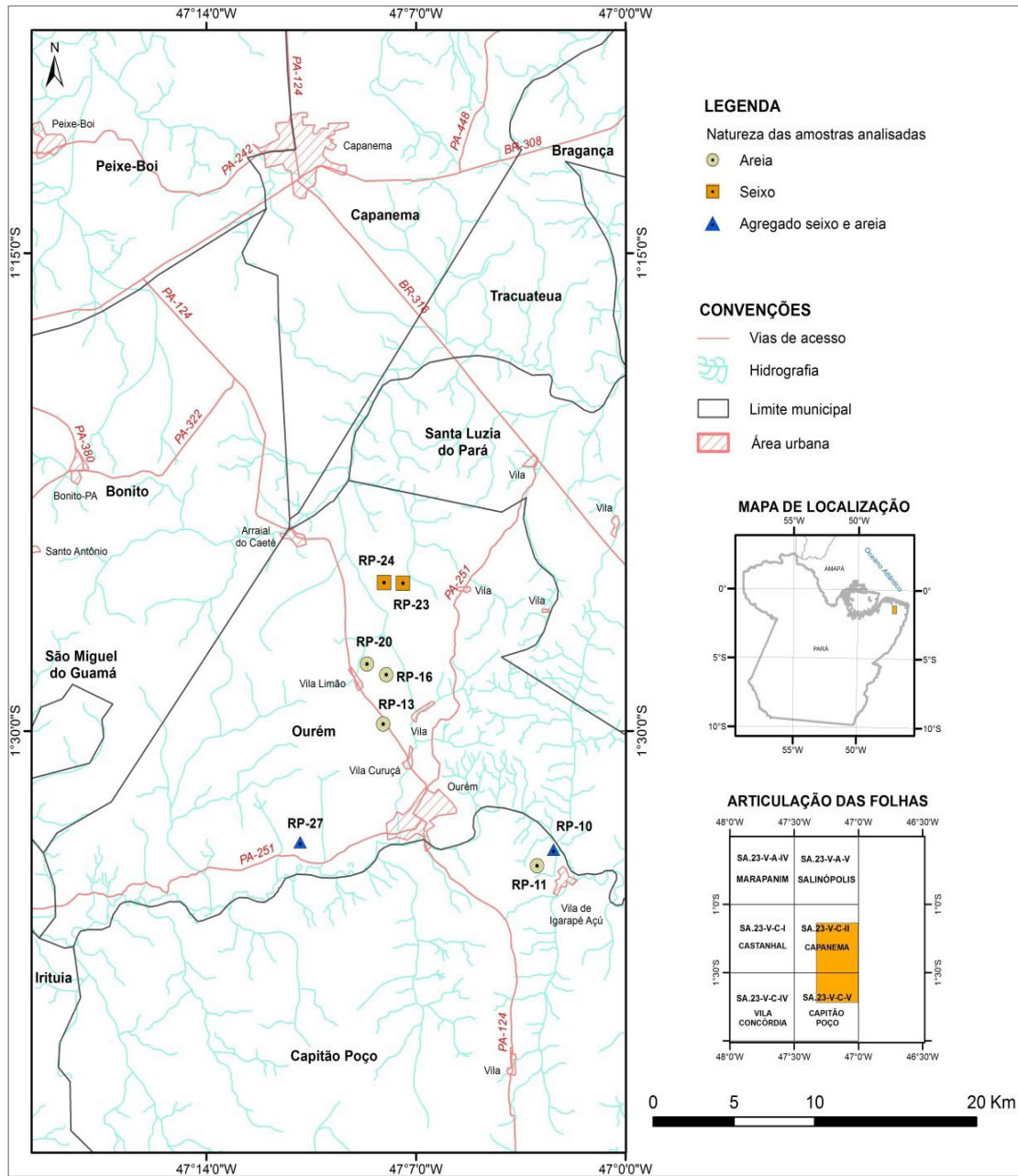


Figura 4.1 - Mapa de localização das amostras de areia e seixos analisadas.

Tabela 4.1 - 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			
Nº	mm	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
0	9,5	0	0	0	0
2	6,3	0 a 3	0 a 7	0 a 7	0 a 7
4	4,8	0 a 5 (A)	0 a 10	0 a 11	0 a 12
8	2,4	0 a 5 (A)	0 a 15 (A)	0 a 25 (A)	5 (A) a 40
18	1,2	0 a 10 (A)	0 a 25 (A)	10 (A) a 45 (A)	30 (A) a 70
30	0,6	0 a 20	21 a 40	45 a 65	60 a 85
50	0,3	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

De acordo com a ABNT NBR 7389 (1992), os grãos potencialmente deletérios ou reativos são aqueles dos quais se suspeita, devido a seus aspectos estruturais, texturais e/ou mineralógicos, a possibilidade de virem a apresentar reação nociva com a pasta de cimento, por exemplo. Neste grupo estão incluídos, além de quartzo policristalino, grãos de quartzito, arenito, etc. Os grãos deletérios ou reativos são aqueles que reagem quimicamente quando em contato com a pasta de cimento, mesmo apresentando resistência físico-mecânica adequada, por exemplo, calcedônia, opala, vidro, certas formas de pirita, marcassita, pirrotita, gipsita e anidrita. A matéria orgânica também pode ser deletéria. Os grãos inócuos são constituídos por minerais que não reagem quimicamente quando em contato com a pasta de cimento e apresentam resistência físico-mecânica adequada, como quartzo.

A norma ABNT NBR 7211 (2009) chama a atenção para a necessidade de avaliar a presença de substâncias nocivas que podem comprometer a qualidade do concreto. A Tabela 4.2 especifica os limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas no agregado em relação à massa do material.

Ainda para avaliação da qualidade dos agregados, é importante que seja realizada a análise petrográfica, que visa à identificação e estimativa dos minerais, microtexturas e microestruturas presentes na amostra, além do seu estado de alteração e da propriedade físico-mecânica da rocha/sedimento, e deve obedecer à norma ABNT NBR 7389 (2009). As técnicas utilizadas para a investigação do agregado através da análise petrográfica auxiliam na identificação de minerais potencialmente reativos, que resultam na Reatividade Álcali-Agregado (RAA). A RAA trata-se de um processo químico que tem origem na 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, podendo originar fissuras, aumento de permeabilidade, diminuição da resistência física e química e consequente perda de homogeneidade, resistência mecânica e de durabilidade. A avaliação desta reação deve seguir as diretrizes da norma da ABNT NBR 15577-3 (2008).

Em agregados provenientes de regiões litorâneas, ou extraídos de águas salobras ou ainda quando houver suspeita de contaminação natural (regiões onde ocorrem sulfatos naturais como a gipsita) ou industrial (água do lençol freático contaminado por efluentes industriais), devem ser avaliados os teores de cloretos e sulfatos que não devem exceder os limites estabelecidos na Tabela 4.3. Para evitar a ocorrência de reações expansíveis deletérias devidas à Reação Álcali-Agregado, deve ser atendido o que estabelece a NBR 15577-1 (ABNT, 2008).

Agregados que excedem os limites estabelecidos para cloretos podem ser utilizados em concreto, desde que o teor trazido ao concreto por todos os seus componentes (água, agregados, cimento, adições e aditivos químicos), verificado por ensaio realizado pelo método ABNT NBR 14832 (2002) (determinação no concreto) ou ASTM C 1218 (2018), não exceda os seguintes limites, dados em porcentagem sobre a massa de cimento: 1) concreto pretendido $\leq 0,15\%$; 2) concreto armado exposto a cloretos nas condições de serviço da estrutura $\leq 0,15\%$; 3) concreto armado em condições de exposição não severas (seco ou protegido da umidade nas condições de serviço da estrutura) $\leq 0,40\%$; 4) outros tipos de construção com concreto armado $\leq 0,30\%$. A ABNT NBR 14832^B (2002) estabelece como determinar o

Tabela 4.2 - Limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas no agregado em relação à massa do material.

Observações: A - Quando não for detectada a presença de materiais carbonosos durante a apreciação petrográfica, pode-se prescindir do ensaio de quantificação dos materiais carbonosos; B - Para o agregado total, o limite pode ser composto de até 6,5%, desde que se comprove por apreciação petrográfica que os grãos não interferem nas propriedades do concreto; C - Para os agregados produzidos a partir de rochas com absorção de água inferior a 1%, o limite pode ser de 2%.

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 de 75 mm por lavagem (material pulverulento)	ABNT NBR NM 46	Concreto submetido a desgaste superficial	3,0	
		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	10 %	

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 7218 (2010), NRB NM 46 (2003), NRB NM 49 (2001), NBR 7221 (2012) e American Society for Testing And Materials C 123 (2014).

teor de cloretos em clínquer e cimento *Portland*. Neste caso específico, o método pode ser utilizado para o ensaio de agregados. Agregados que excedam o limite estabelecido para sulfatos podem ser utilizados em concreto, desde que o teor total trazido ao concreto por todos os seus componentes (água, agregados, cimento, adições e aditivos químicos) não exceda 0,2% ou que fique comprovado o uso de cimento *Portland* resistente a sulfatos, conforme a ABNT NBR 5737 (1992), no concreto.

Segundo a Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro (<https://abividro.org.br/normas-abnt/>), as especificações das areias silicosas para indústria de vidro são: teores de $\text{SiO}_2 \geq 99,3\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \leq 1,0\%$ e Fe_2O_3 entre 0,015 a 0,10%, com os finos geralmente removidos por lavagem e peneiramento para produzir granulometria uniforme e assegurar fusão por igual. Manchas ferruginosas podem ser retiradas com tratamento através de lixiviação ácida. Praticamente todas as rochas são passíveis de resultar em areias pela desagregação mecânica. Porém, são mais favoráveis àquelas com altos teores de quartzo, uma vez que esse mineral restará como resíduo, após a decomposição física e/ou química.

Destaca-se que nos últimos anos é acentuado o uso alternativo de areia artificial provenientes de britagem de

rocha para elaboração de concreto na construção civil. A Tabela 4.4 apresenta a possibilidade do uso de finos derivados de britagem de rochas. O uso destas areias tem se tornado uma solução ecologicamente louvável pelo fato de diminuir a estocagem de grandes quantidades de materiais, que antes eram considerados rejeitos de lavra (volume estéril). Ademais, seu uso na construção civil em substituição à areia natural, via de regra extraída de leitos de rios, de rochas intemperizadas ou de sedimentos incoesos, vem contribuindo para a diminuição dos impactos ambientais em algumas regiões do Brasil.

4.2 AMOSTRAGEM E ENSAIOS TECNOLÓGICOS

Na área do projeto, os agregados de seixo e areia são explotados em diversas frentes de lavra instaladas na região. Para este estudo foram coletadas quatro amostras de agregados em frentes de lavra, sendo que cada uma foi representada por cerca de 40 kg de material. O material coletado constituiu uma mistura de areia e seixo, ou foram representadas apenas por seixo, conforme a Tabela 4.5, que também informa as análises realizadas. Todas as amostras analisadas provêm de depósitos de seixo e areia esbranquiçados da Formação Barreiras.

Tabela 4.3 - Limites máximos para a expansão devida à Reação Álcali-Agregado com relação a teores de cloretos e sulfatos presentes nos agregados.

DETERMINAÇÃO	MÉTODO DE ENSAIO	LIMITES
Sais solúveis em água	ABNT NBR 9917	-
Teor de cloretos ^A (CL)	ABNT NBR 9917 ABNT NBR 14832B	Sais solúveis em água
		Sais solúveis em água
		Sais solúveis em água
Teor de sulfatos ^C (SO_4^{2-})	ABNT NBR 9917	Sais solúveis em água

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 9917 (2009), NBR 14832 (2002).

Tabela 4.4 - Utilização de areia artificial na construção civil, conforme a faixa granulométrica do material. CBUQ = Concreto betuminoso usinado a quente; PMF = Pré-misturado a frio; PMQ = Pré-misturado a quente.

INTERVALO GRANULOMÉTRICO (mm)	UTILIZAÇÃO
0,075 a 1,00	Obras para acabamento (reboco) e alvenaria
1,00 a 2,40	Concreto estrutural e acabamento (reboco)
2,40 a 4,80	Concretos estruturais sejam manuais, em betoneiras ou centrais de concreto; usinas de asfalto (CBUQ, PMF e PMQ); fábricas de pré-moldados de concreto (lajes, blocos, tubos e pisos intertravados); produto drenante e filtros em estação de tratamento de esgoto

Tabela 4.5 - Quadro demonstrativo das análises feitas nas amostras realizadas.

AMOSTRA	SUBSTÂNCIA COLETADA	LIMITES
RP-10A	Seixo e areia	1) absorção de água aparente (seixo); 2) análise granulométrica (seixo e areia); 3) forma dos grãos (seixo); 4) Resistência à abrasão <i>Los Angeles</i> (seixo); 5) Análise petrográfica (areia); 6) Determinação de material fino <0,075 µm (areia); 7) determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis (areia)
RP-27B	Seixo e areia	
RP-23	Seixo	1) Massa específica aparente, porosidade aparente, absorção de água aparente; 2) análise granulométrica; 3) forma dos grãos; 4) Resistência à abrasão <i>Los Angeles</i>
RP-24	Seixo	

As amostras foram analisadas no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), para caracterização das propriedades tecnológicas do material, seguindo normas da ABNT, com intuito de identificar a possibilidade de aplicação destes materiais na construção civil. Os procedimentos do IPT e normas utilizadas nas análises listadas na Tabela 4.5 estão listados abaixo. Os resultados obtidos das análises são apresentados nas Tabelas 4.6 e 4.7, e nas Figuras 4.2 e 4.3.

1 - Massa específica aparente, porosidade aparente e absorção de água aparente: Procedimento CT-OBRAS-LMCC-P-PE-017, de acordo com a norma ABNT NBR 5564 (2011);

2 - Análise granulométrica: Procedimento CT-OBRAS-LMCC-P-PE-010, conforme a norma ABNT NBR NM 248 (2003). Nas amostras compostas de seixo e areia, os materiais foram separados conforme o retido e o passante na peneira de 4,75 mm, e analisados individualmente;

3 - Ensaio da forma dos fragmentos em agregado graúdo: Procedimento CT-OBRAS-LMCC-P-PE-016, de acordo com a norma ABNT NBR 7809 (2008);

4 - Resistência à abrasão *Los Angeles*: Procedimento CT-OBRAS-LMCC-P-PE-021, de acordo com a norma ABNT NBR NM 51 (2001);

5 - Apreciação petrográfica: Procedimento CT-OBRAS/LMCC-P-PE-028, de acordo com a norma NBR 7389:2009-1;

6 - Determinação do material fino que passa na peneira 75 µm por lavagem: Procedimento CT-OBRAS-LMCC-P-PE-033, de acordo com a norma ABNT NBR NM 46 (2003);

7 - Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis: Procedimentos CT-OBRAS-LMCC-Q-PE-044 e CT-OBRAS-LMCC-Q-PE-064, conforme a norma da ABNT NBR 9917 (2009).

Tabela 4.6 - Resultados da análise petrográfica das amostras RP-10A e RP-27B (fração areia). 1 = quartzo; 2 = feldspato; 3 = mineral máfico; 4 = estauroilita (provável); 5 = quartzo policristalino; 6 = matéria orgânica; 7 = quartzo criptocristalino (calcedônia); 8 = mica.

Amostra	COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DO MATERIAL RETIDO (% EM NÚMEROS DE GRÃOS)											
	Cor	E	A	S	Inócuos				Potencialmente deletérios		Deletérios	Friáveis
					1	2	3	4	5	6	7	8
RP-10A	Branca	Alta	Subanguloso	Rugosa	96,4	0,2	0,1	0,6	2,4	0,0	0,2	0,2
RP-27B	Bege	Alta	Subanguloso	Rugosa	96,3	0,3	0,2	0,1	2,1	1,0	1,0	-

Tabela 4.7 - Resumo dos resultados dos ensaios de agregados realizados nas amostras extraídas de frentes de lavra da região de Ourém e Capitão-Poço.

AMOSTRA	RP-10A		RP-27B		RP-23	RP-24
Tipo de material	Seixo	Areia	Seixo	Areia	Seixo	Seixo
Dimensão máxima (mm)	50 mm	6,3 mm	76 mm	4,75 mm	25 mm	25 mm
Módulo de Finura	7,52	3,02	7,84	3,15	5,73	5,64
Classificação granulométrica	-	Zona utilizável	-	Zona utilizável	-	-
Principal constituinte	-	Quartzo (96,4%)	-	Quartzo (96,3%)	-	-
Material Fino < 75 µm (média)	-	22,2	-	14,5	-	-
Cor/esfericidade/arredondamento/superfície	-	Branca/alta/subanguloso/rugosa	-	Bege/alta/subanguloso/rugoso	-	-
Índice de forma	1,80	-	1,80	-	1,80	1,80
Massa Específica Aparente (Kg/m ³)	2,591	-	2,574	-	2,501	2,517
Porosidade (%)	2,02	-	2,62	-	5,65	4,81
Absorção de água (%)	0,79	-	1,03	-	2,30	1,95
Abrasão <i>Los Angeles</i> . Perdas (%)	71	-	69	-	71	70
Sais solúveis em água (%)	-	0,17	-	0,16	-	-
Íons sulfato (SO ₄ ²⁻) (%)	-	< 0,01	-	< 0,01	-	-
Íons cloreto (Cl ⁻) (%)	-	< 0,01	-	< 0,01	-	-

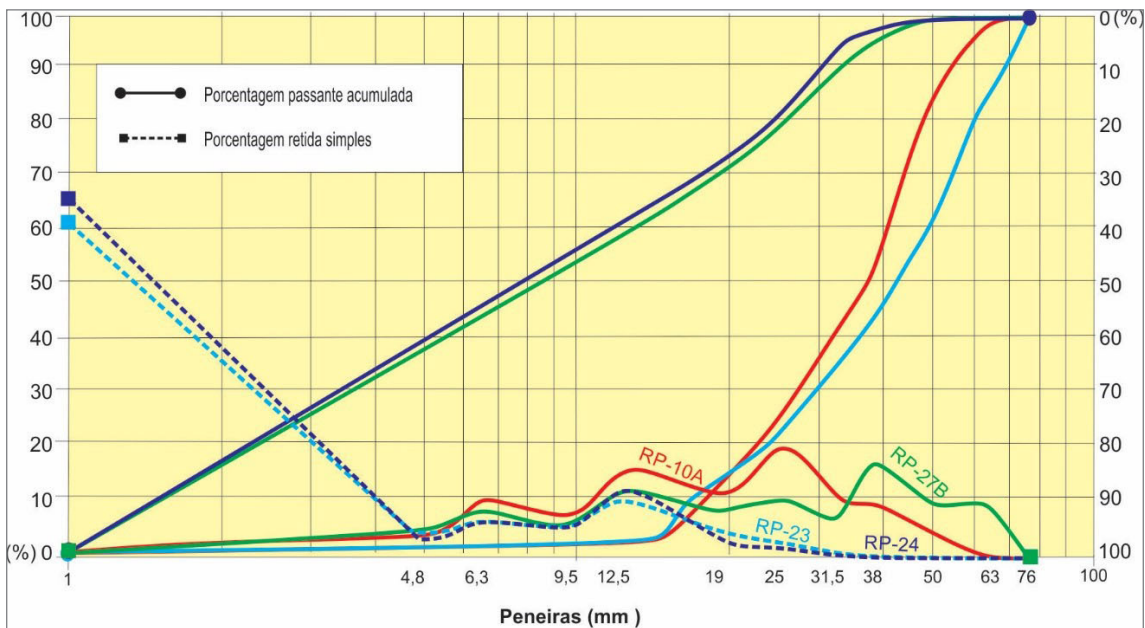


Figura 4.2 - Curvas granulométricas de ensaios com seixos.

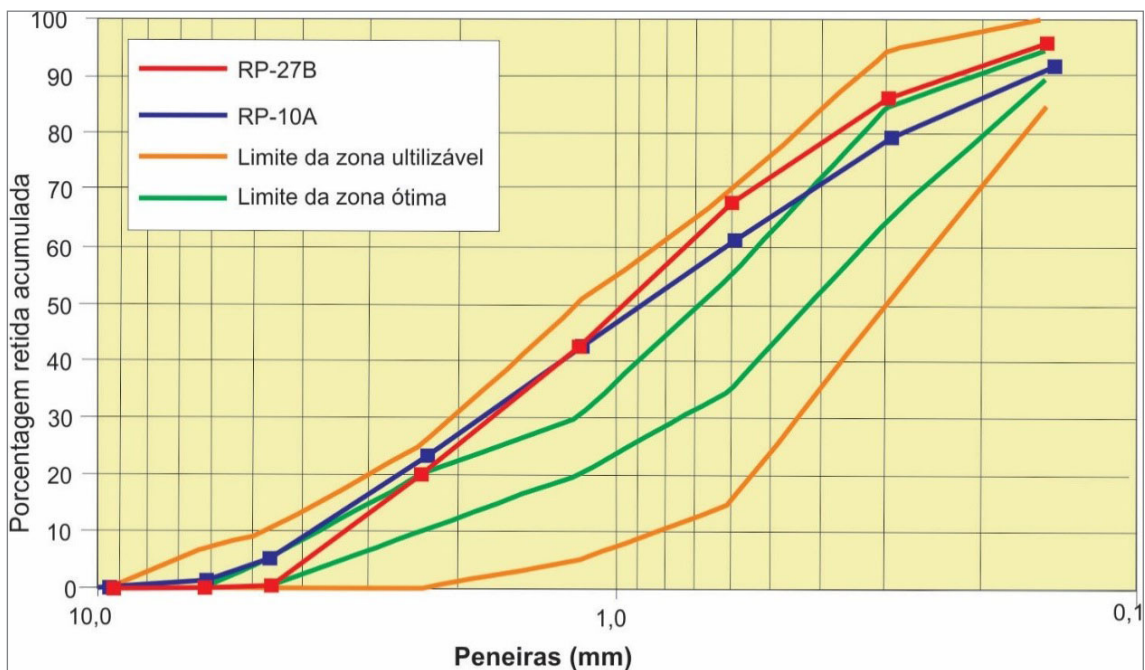


Figura 4.3 - Curvas granulométricas referentes aos ensaios na fração areia.

4.3 ANÁLISES QUÍMICAS DE AREIAS

Foram realizadas análises em quatro amostras (RP-11, RP-13, RP-16B, RP-20) de areia (Figura 4.1) por Fluorescência de Raios-X (fusão com tetraborato de lítio), utilizando o protocolo XRF79C. Os ensaios foram realizados no SGS GEOSOL Laboratórios LTDA. Estas análises foram realizadas com intuito de determinar os teores de sílica (SiO_2) e outros óxidos (Al_2O_3 , Fe^{2+}O^3 , BaO , CaO , TiO_2 , MgO , P_2O_5 , Na_2O , K_2O e MnO), com o objetivo de avaliar a aplicação alternativa destas areias para fins

industriais, como por exemplo na fabricação de vidros. Os resultados das análises são apresentados na Tabela 4.8, apresentada a seguir.

Na indústria do vidro, os produtos mais importantes em volume de produção, são os vidros planos, e os vidros brancos e coloridos de embalagem. Outras aplicações são na fabricação de bulbos de lâmpadas e tubos de luz fluorescente, telas de televisão e de computadores, fibras de vidro, entre muitas outras (BRITISH GEOLOGICAL SURVEY, 2004). De forma geral, a areia deve apresentar um teor elevado de sílica, baixo teor de ferro e de material

refratário. Hermann (1992) sintetiza os teores para alguns óxidos especificados para uso de areias na indústria de vidros onde as graduações A, B, C e D são os tipos de vidros possíveis de se fabricar com as especificações químicas correspondentes.

A Tabela 4.9 traça a comparação entre os resultados das amostras de areia analisadas neste projeto e as especificações de Hermann (1992). Por sua vez, a Tabela

4.10 sumariza as amostras que se encontram dentro e fora dos limites aceitáveis, em termos de óxidos, para fabricação de vidro.

Tipo A - vidros especiais (óticos, oftálmicos, etc.); Tipo B - vidros brancos de alta qualidade (cristais, frascarias e artigos de mesa); Tipo C - vidros brancos comuns (embalagens em geral e planos); Tipo D - vidros coloridos (frascarias, embalagens em geral e vidros planos).

Tabela 4.8 - Composição química de amostras de areia da região de Ourém e Capitão Poço.

ANÁLISES	Al ₂ O ₃ (%)	BaO (%)	CaO (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	K ₂ O (%)	LOI (%)
Limite Detecção	0,10	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
RP- 11	0,31	0,04	< 0,01	< 0,01	0,85	<0,01	< 0,01
RP-13	< 0,10	0,06	< 0,01	< 0,01	0,66	<0,01	< 0,01
RP-16B	< 0,10	0,03	< 0,01	< 0,01	0,74	<0,01	< 0,01
RP-20	0,12	<0,01	< 0,01	< 0,01	0,63	<0,01	< 0,01

ANÁLISES	MgO (%)	MnO (%)	Na ₂ O (%)	Nb ₂ O ₅ (%)	P ₂ O ₅ (%)	SiO ₂ (%)	TiO ₂ (%)
Limite Detecção	0,10	0,01	0,10	0,05	0,010	0,10	0,01
RP- 11	< 0,10	< 0,01	< 0,10	< 0,05	< 0,010	> 99,0	0,14
RP-13	< 0,10	< 0,01	< 0,10	< 0,05	< 0,010	> 99,0	0,09
RP-16-B	< 0,10	< 0,01	< 0,10	< 0,05	< 0,010	> 99,0	0,11
RP-20	< 0,10	0,01	< 0,10	< 0,05	< 0,010	> 99,0	0,14

Tabela 4.9 - Especificações químicas (limites máximos de óxidos) da areia para a indústria vidreira (HERMANN, 1992). Ao lado direito da tabela (em negrito), a comparação com os dados obtidos pelo projeto.

ÓXIDOS (%)	TIPO A	TIPO B	TIPO C	TIPO D	AMOSTRAS			
						RP-13	RP-16B	RP-20
SiO ₂	99,5	99,5	99,4	99,0	> 99,0	> 99,0	> 99,0	> 99,0
Al ₂ O ₃	0,20	0,20	0,30	0,50	0,31	< 0,10	< 0,10	0,12
Fe ₂ O ₃	0,002	0,015	0,03	0,15	0,85	0,66	0,74	0,63
TiO ₂	0,02	0,02	0,03	0,05	0,14	0,09	0,11	0,14
Cr ₂ O ₃	0,0002	0,0003	0,0005	0,0005	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PF (%)	0,10	0,20	0,20	0,30	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01

Tipo A - vidros especiais (óticos, oftálmicos, etc.); Tipo B - vidros brancos de alta qualidade (cristais, frascarias e artigos de mesa); Tipo C - vidros brancos comuns (embalagens em geral e planos); Tipo D - vidros coloridos (frascarias, embalagens em geral e vidros planos).

Tabela 4.10 - Relação entre as amostras analisadas e os limites, em termos de óxido, para aplicação em vidro. As amostras que se enquadram dentro dos limites aceitáveis estão assinaladas.

Óxidos (%)	TIPO A				TIPO B			
	RP-11	RP-13	RP-16B	RP-20	RP-11	RP-13	RP-16B	RP-20
SiO ₂	X	X	X	X	X	X	X	X
Al ₂ O ₃	-	X	X	X	X	X	X	X
Fe ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-	-	-
TiO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-
Cr ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-	-	-
PF (%)	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabela 4.10 - Relação entre as amostras analisadas e os limites, em termos de óxido, para aplicação em vidro. As amostras que se enquadram dentro dos limites aceitáveis estão assinaladas (continuação).

Óxidos (%)	TIPO C				TIPO D			
	RP-11	RP-13	RP-16B	RP-20	RP-11	RP-13	RP-16B	RP-20
SiO ₂	X	X	X	X	X	X	X	X
Al ₂ O ₃	–	X	X	X	X	X	X	X
Fe ₂ O ₃	–	–	–	–	–	–	–	–
TiO ₂	–	–	–	–	–	–	–	–
Cr ₂ O ₃	–	–	–	–	–	–	–	–
PF (%)	X	X	X	X	X	X	X	X

4.4. DISCUSSÕES SOBRE OS RESULTADOS DAS ANÁLISES

Com base nos resultados das análises realizadas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e tendo em vista a aplicação desses materiais na construção civil, podemos apontar as seguintes conclusões:

1) As curvas de distribuição granulométrica das alíquotas de areia das amostras RP-10A e RP-27A posicionam-se dentro da zona utilizável, e estas apresentam amplo predomínio de quartzo na sua composição, o que é compatível com agregados miúdos de bom desempenho na construção civil;

2) As amostras RP-10A e RP-27B (fração areia) apresentam módulos de finura 3,02 e 3,15, respectivamente. Esses resultados, conforme a norma ABNT NBR 7211 (2009), indicam que a areia contida no agregado total pode ser aplicada na fabricação de concreto, com distribuição granulométrica dentro dos limites da zona utilizável. Entretanto, para a fração seixo, os módulos de finura elevados não permitem enquadrar o agregado graúdo em nenhuma zona de acordo com a norma ABNT NBR 7211 (2009), provavelmente em virtude da má seleção granulométrica;

3) O resultado da distribuição granulométrica das amostras RP-10A e RP-27D (fração areia) permite um bom preenchimento de vazios, tendo em vista o enquadramento desses materiais às especificações granulométricas da norma ABNT NBR 7211 (2009), o que potencializa a aplicação desses materiais na fabricação de concreto. Entretanto, a grande quantidade de friáveis na amostra RP-27B é um impeditivo para fabricação de concreto de acordo com a norma referida;

4) As amostras de seixo analisadas apresentam massa específica aparente dentro dos valores condizentes com a composição mineralógica principal desses materiais, dominada amplamente por quartzo. Os valores de porosidade, e conseqüentemente de absorção de água, apresentam-se bastante elevados, não impedindo, porém, seu uso na construção civil;

5) Os seixos não apresentam forma predominantemente cúbica (equidimensional), entretanto possuem índice de forma igual a 1,8. O índice de forma dos grãos não deve ser superior a três, quando determinado de acordo com a ABNT NBR 7809 (2008). A fração areia apresenta alta esfericidade e forma equidimensional, além dos grãos serem subangulosos, fundamental para melhor acomodação e conseqüente economia de cimento no concreto. A superfície rugosa dos grãos favorece a aderência entre os grãos e o cimento;

6) Os valores de perdas por abrasão “Los Angeles” em todas as amostras foram superiores a 50%, entre 69 e 71%. O índice de desgaste por abrasão “Los Angeles”, determinado segundo a ABNT NBR NM 51 (2001), que especifica como limite aceitável um valor inferior a 50% em massa do material. Desta forma, todas as amostras apresentam perdas por abrasão “Los Angeles” acima dos valores estabelecidos pela norma;

7) As amostras de areia apresentam teor de material fino (abaixo de 75 µm, por lavagem) bem acima (22,2% e 14,5%) dos limites máximos de 3% e 5% recomendados pela ABNT 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;

8) Com relação ao teor de íons solúveis, especificamente íons sulfato (SO₄²⁻) e íons cloreto (Cl⁻), a ABNT estabelece limites máximos de concentração para fabricação de concreto. Segundo a norma ABNT NBR 9917 (2009) o teor de sulfato deve ser < 0,1%, enquanto o teor de cloretos deve ser < 0,2% (concreto simples), < 0,1% (concreto armado), < 0,1% (concreto pretendido). Para as amostras de areia os teores de sulfato e cloreto estão abaixo de 0,01%, assim não havendo impeditivo, neste quesito, para fabricação de concreto;

9) As amostras de areia e seixo analisadas apresentam constituição mineralógica dominada amplamente por quartzo, o que lhes confere propriedades mecânicas adequadas à utilização como agregado na construção civil. No entanto, a análise petrográfica identificou a presença de quantidades ínfimas de material

potencialmente deletério (quartzo policristalino) ou deletério (quartzo criptocristalino) nas amostras de areia analisadas;

10) Os resultados da análise química por Fluorescência de Raios-X em amostras de areia RP-11, RP-13,

RP-16B, RP-20 indicaram teores de SiO_2 condizentes com a mineralogia das amostras de areia. No entanto, as análises apontaram grande quantidade de óxidos de ferro, titânio e cromo nas amostras, o que inviabiliza a aplicação dessas areias para fabricação de vidro.

5 LAVRA E BENEFICIAMENTO

Foram visitadas 16 frentes de lavra ou “seixeiras” (denominação amplamente utilizada para esse tipo de depósito, na região), sendo dez localizadas no município de Ourém e seis em Capitão Poço. O seixo é o principal produto lavrado e sua extração é realizada por meio de maquinário simples, sendo o processo de lavra/exploração relativamente rápido e de baixa complexidade. A fração areia, resultante do “beneficiamento”, geralmente não é comercializada por absoluta falta de demanda, devido à grande distância dos principais centros consumidores.

O horizonte de maior interesse pelos mineradores é representado pela fácies Cm - Conglomerado com

acamamento maciço, que representa o horizonte superior da associação de fácies AF1 - Leque aluvial proximal. A fácies Cm ocorre em camadas com espessura média de 2 metros, e é caracterizada por um conglomerado composto principalmente por seixos de quartzo, além de seixos de quartzitos, em matriz predominantemente arenosa. Às vezes caracteriza depósitos altamente lixiviados, constituídos por conglomerado oligomítico com seixos de quartzo imersos em matriz predominantemente arenosa, coloração esbranquiçada, com espessura média de 2 metros. Os seixos apresentam diâmetros que variam de 1 a 5 cm e, conjuntamente com o material arenoso, constituem o nível de material lavrado (Figuras 5.1 e 5.2).



Figura 5.1 - Depósito altamente lixiviado, constituído por conglomerado oligomítico com seixos de quartzo imersos em matriz predominantemente arenosa, de coloração esbranquiçada.

Fonte: Fotografia do Arquivo da SEDEME.



Figura 5.2 - Detalhe do nível de minério da foto anterior.

Fonte: Fotografia do Arquivo da SEDEME.

Predominam depósitos moderadamente lixiviados de coloração amarelada, representados por conglomerado oligomítico com espessura média de 3 metros, às vezes atingindo até 5 metros, com seixos de quartzo moderadamente a bem arredondados, granulometria variando de 1 a 5 cm, imersos em matriz arenosa. Esse conglomerado apresenta grande importância econômica, uma vez que representa o principal tipo de minério explorado na região (Figura 5.3).

Na maioria dos locais visitados, os depósitos ocorrem cobertos por um capeamento arenoso, às vezes areno-argiloso a argilo-arenoso, de coloração esbranquiçada e espessura média de aproximadamente 1 m, relacionado aos Sedimentos Pós-Barreiras (Figura 5.4), além de finas camadas de solo arenoso rico em

matéria orgânica (*top soil*) (Figura 5.5), que precisam ser previamente removidas para a extração do minério.

De acordo com informações obtidas junto a pequenos mineradores que extraem agregados na região, a composição do material lavrado é de 30% a 70% de seixo, com o percentual de areia variando na mesma proporção para cada m³ de material beneficiado. Entretanto, nos locais visitados durante os trabalhos de campo essa relação foi estimada entre 30% a 50% de seixo. Depois de passar por um processo de beneficiamento bastante simples, consistindo em separação hidrográvica ou simplesmente lavagem por meio da utilização de equipamentos rudimentares, o produto principal, o seixo, está pronto para a comercialização (Figura 5.6).



Figura 5.3 - Depósito moderadamente lixiviado, coloração amarelada, constituído por conglomerado oligomítico com seixos de quartzo que variam de 1 a 5 cm, imersos em matriz arenosa. Fonte: Fotografia do Arquivo da SEDEME.



Figura 5.4 - Capeamento arenoso, às vezes areno-argiloso a argilo-arenoso, coloração esbranquiçada, relacionado aos Sedimentos Pós Barreiras. Fonte: Fotografia do Arquivo da SEDEME.



Figura 5.5 - Camada de solo arenoso com matéria orgânica (*top soil*), localmente areno-argiloso, coloração cinza escuro, com espessura média de 0,20 m. Fonte: Fotografia do Arquivo da SEDEME.



Figura 5.6 - Na foto é possível visualizar o seixo pronto para a comercialização, após passar por processo de beneficiamento bastante simples. Fonte: Fotografia do Arquivo da SEDEME.

Em geral, é utilizada a seguinte classificação para o material lavrado: seixo fino ou pedrisco (< 15 mm); seixo médio (entre 15 mm e 25 mm); seixo grosso (> 25 mm) (Figuras 5.7 A, B e C).

A composição média dos sedimentos lavrados é estimada entre 30% e 50% de seixo e o restante de areia. Com relação a porcentagem arenosa, a mesma praticamente não é comercializada pelas seixeiras da região. Por falta de demanda, somente em um local visitado houve a confirmação da comercialização da fração areia oriunda do beneficiamento primário, mas com um valor cotado muito abaixo do mercado (R\$ 5,00/m³).

O método de lavra utilizado é a extração a céu aberto, efetuada de forma mecanizada (Figuras 5.8 e 5.9), obedecendo apenas às necessidades imediatas de cada minerador. Como não há um trabalho de pesquisa visando o conhecimento prévio das características do corpo de

minério e a geometria do depósito, os trabalhos de lavra são geralmente desenvolvidos de forma empírica.

A área do projeto tem como principais características: terreno arenoso, topografia plana a suavemente ondulada e elevada precipitação média anual (2250 mm), com valores máximos que chegam a atingir 2800 mm, ocasionando uma grande oscilação do nível freático em função do regime pluviométrico. Durante a estiagem, entre os meses de junho e novembro, o referido nível chega a atingir mais de 6 metros de profundidade. Todavia, no ápice do período chuvoso (entre os meses de dezembro e maio) o nível freático chega a aflorar em alguns locais. A associação dessas características com as espessuras médias detectadas para o corpo de minério (2 a 3 metros) indica que a profundidade máxima a ser alcançada pela lavra deve ser em torno de 5 metros, no período de estiagem, quando a atividade extrativa é mais intensa.



Figura 5.7 - Frações de seixos comercializados: A) Seixo fino ou pedrisco (< 15mm), B) Seixo médio (entre 15mm e 25mm) e C) Seixo grosso (> 25mm). Fonte: Fotografia do Arquivo da SEDEME.



Figura 5.8 - Frente de lavra em uma seixeira no município de Capitão Poço, onde ocorre extração de minério com utilização de escavadeira hidráulica (PC). Nesse local, o corpo de minério chega a atingir 6 metros de espessura, sendo observada também espessa camada de solo orgânico (top soil). Fonte: Fotografia do Arquivo da SEDEME.



Figura 5.9 - Antiga área de extração de seixo, localizada próximo à margem direita do rio Guamá, município de Ourém. Extração de minério com o emprego de PC, que também efetua o carregamento em caçamba basculante. Fonte: Fotografia IAECY Consultoria.

5.1 ETAPAS DA ATIVIDADE DE LAVRA

As operações referentes às atividades de lavra e beneficiamento de seixo e areia nos municípios de Ourém e Capitão Poço são apresentadas a seguir, de maneira

sintética, na forma de fluxograma (Figura 5.10), e as etapas são detalhadas nos próximos itens.

Nas frentes de lavras visitadas na área de estudo, o desenvolvimento da atividade de lavra compreende as seguintes etapas:

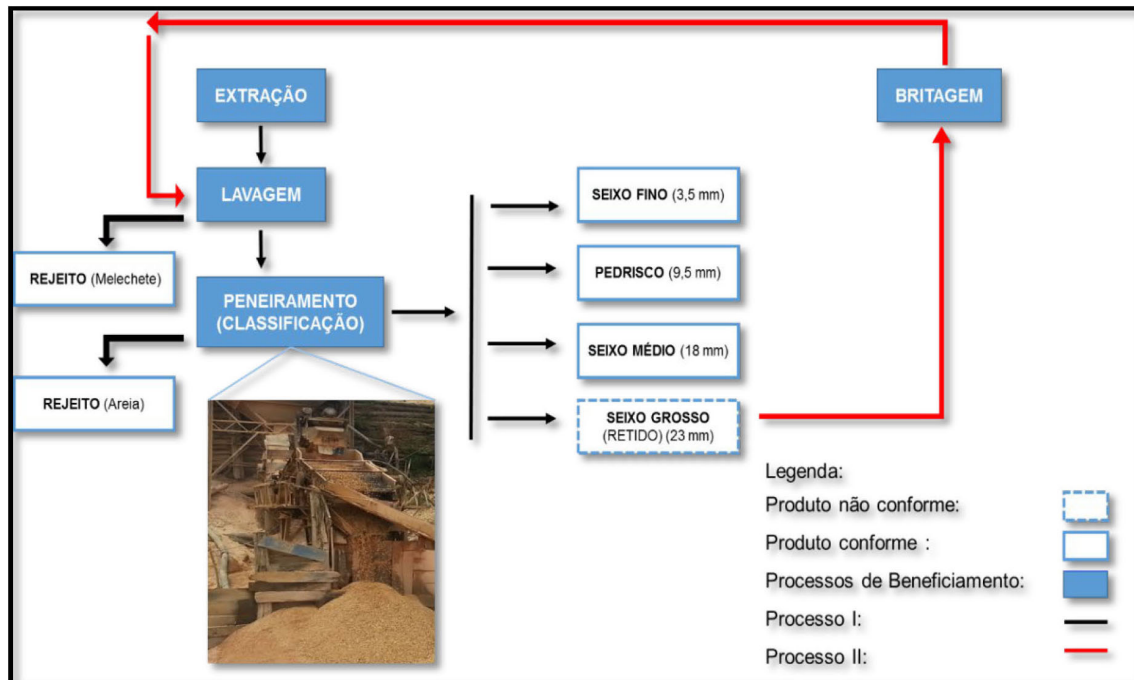


Figura 5.10 - Fluxograma das atividades de lavra e beneficiamento de agregados, nos municípios de Ourém e Capitão Poço. Fonte: Fotografia do Arquivo da SEDEME.

5.1.1 Supressão Vegetal

Nos municípios de Ourém e Capitão Poço a cobertura vegetal remanescente é predominantemente do tipo Floresta Secundária, também conhecida como “capoeira” (Figura 5.11), composta por vegetação de pequeno porte, cujas alturas variam de 5 a 8 metros. Constitui um conjunto homogêneo de poucas espécies vegetais, disposto em alta densidade populacional, além de grandes áreas de pastagem, consequência das inúmeras fazendas implantadas na região.

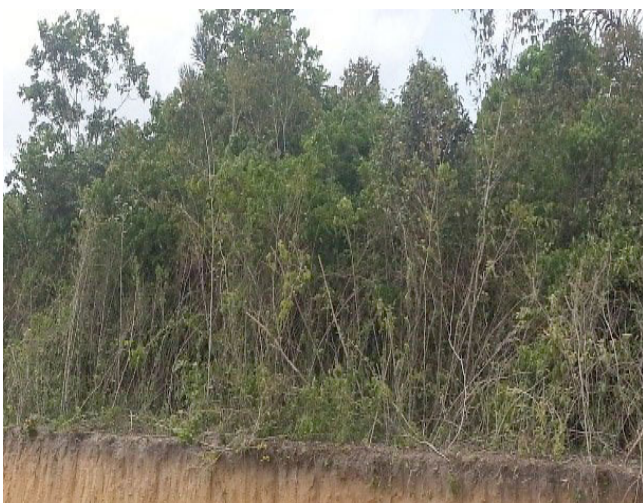


Figura 5.11 - Vegetação secundária tipo “capoeira”, comumente encontrada nas áreas de lavra nos municípios de Ourém e Capitão Poço. Fonte: Fotografia do Arquivo da SEDEME.

A remoção da cobertura vegetal é geralmente efetuada com utilização de trator de lâmina ou com escavadeira hidráulica, restrita à área necessária para o desenvolvimento dos trabalhos de extração mineral e circulação de veículos. Durante a operação de lavra, a retirada da cobertura vegetal resulta em restos vegetais que, em uma atividade minerária devidamente organizada, devem ser recolhidos para servir como cobertura dos estoques de solo, não devendo ser permitida a sua queima. Esses resíduos devem ser estocados em locais apropriados, na própria área do empreendimento.

5.1.2 Decapeamento

O decapeamento consiste na remoção do solo orgânico (*top soil*) e do capeamento arenoso ou areno-argiloso (Sedimentos Pós-Barreiras) que recobrem a camada de minério (Fácies Cm), a fim de expô-lo para permitir a sua extração.

O material resultante do decapeamento é geralmente transportado e estocado em local de disposição, denominado “bota-fora”, para ser aproveitado no trabalho futuro de recuperação da área degradada. Entretanto, esse procedimento nem sempre é seguido pelos mineradores que atuam na região, sendo comum a presença de grandes volumes de material resultante do decapeamento no entorno das áreas de lavra, mesmo após o encerramento da atividade extrativa (Figuras 5.12 e 5.13).



Figura 5.12 - Material resultante da operação do decapeamento, disposto no entorno da área de extração. Fonte: Fotografia do Arquivo da SEDEME.



Figura 5.14 - Extração de minério (seixo e areia) com a utilização de carregadeira hidráulica (PC), no município de Capitão Poço. Fonte: Fotografia do Arquivo da SEDEME.



Figura 5.13 - Operação de decapeamento (retirada de areia branca, associada ao Pós-Barreiras, altamente lixiviado), realizada com carregadeira hidráulica (PC), no município de Ourém. Fonte: Fotografia do Arquivo da SEDEME.

5.1.3 Extração

Nas frentes de lavra de Ourém e Capitão Poço a extração de seixo e areia é comumente realizada por desmonte mecânico, que consiste na retirada da camada de minério por escavação direta. Nesse método, a força mecânica dos equipamentos é suficiente para desagregar o minério, sendo geralmente utilizadas escavadeiras hidráulicas e pás-carregadeiras para a escarificação e carregamento dos seixos em caminhões basculantes (Figura 5.14).

5.1.4 Carregamento

Na área estudada, o carregamento do seixo para abastecer os caminhões e caçambas basculantes também é realizado por carregadeira hidráulica ou pá-carregadeira. É recomendável que o carregamento do caminhão e/ou caçamba basculante seja efetuado com três ou quatro ciclos da pá-carregadeira. Se o número de ciclos for inferior a três, haverá um grande impacto ao ser descarregado o material sobre o caminhão/caçamba, colocando em risco a sua suspensão. Caso o carregamento seja efetuado com um número de ciclos superior a quatro, este fato pode indicar que a concha da pá carregadeira (ou ela própria) é inadequada ao caminhão, devido ao porte inferior ao necessário.

As inadequações dos equipamentos de logística operacional na frente de lavra resultam em custos operacionais mais elevados que acabam se refletindo em aumento do valor do produto. (<https://pt.slideshare.net/homeroalvesdelima/aula-18-equipamentos-para-escavacao-e-compactao-e-transporte-v>).

5.1.5 Transporte

O transporte do material lavrado até o silo (ou moega) da área de beneficiamento é efetuado para separação hidrogravítica ou lavagem do minério por caminhões e caçambas basculantes com capacidade para 12 m³ de minério (Figura 5.15). Em seguida, esses mesmos equipamentos são usados no transporte do seixo e areia beneficiados até o mercado consumidor, sendo também utilizadas caçambas basculantes com carroceria dupla, denominadas de “bi trem”, com capacidade para transportar até 30 m³ de minério (Figura 5.16).



Figura 5.15 - Caçamba basculante com capacidade para 12 m³, usada no transporte de minério da frente de lavra até a “planta de beneficiamento”.



Figura 5.17 - Conjunto de equipamentos da área de beneficiamento utilizado em lavras visitadas no projeto.
Fonte: Fotografia do Arquivo da SEDEME.



Figura 5.16 - Caçambas basculantes com carroceria dupla, denominadas de “bi trem”, com capacidade para transportar até 30 m³ de minério. Fonte: Fotografia do Arquivo da SEDEME.

5.2 ETAPAS DA ATIVIDADE DE BENEFICIAMENTO

A operação de beneficiamento na área consiste, basicamente, na lavagem, peneiramento e britagem do minério em uma planta de beneficiamento (Figuras 5.17, 5.18 e 5.19), por meio de um processo de separação hidrográvica, sem a utilização de substâncias químicas e compreendendo as seguintes etapas:

5.2.1 Lavagem

O minério é descarregado diretamente das caçambas em um “silo” ou “moega”, geralmente com capacidade de até 6 m³, que alimenta a planta de beneficiamento. A planta é constituída por uma pequena mesa plana, usada para concentração hidrogravítica e lavagem do minério, com um sistema de peneiras estacionárias e vibratórias, com telas de malhas de diferentes granulometrias. Nessa etapa, o seixo é separado do material areno-argiloso denominado “melechete”, que representa o “rejeito”, constituído predominantemente por areia e argila.



Figura 5.18 - Detalhe da foto anterior, mostrando o “silo e o conjunto de peneiras que compõem a planta de beneficiamento onde é processada a classificação (peneiramento) do minério.



Figura 5.19 - Vista frontal de área de beneficiamento (sem o “silo”), mostrando o sistema de peneiras e o material britado já selecionado. Fonte: Fotografia do Arquivo da SEDEME.

5.2.2 Peneiramento

Consiste na classificação do seixo em diferentes frações granulométricas, atendendo às especificações das demandas, geralmente com a seguinte seleção: seixo fino ou pedrisco, seixo médio e seixo grosso. Normalmente, o seixo grosso retorna ao processo, e depois de passar por uma breve britagem é novamente lavado e peneirado, sendo que nesta etapa também ocorre a produção de rejeito (areia).

5.2.3 Britagem

O processo de britagem de seixos através da fragmentação mecânica tem como finalidade a obtenção da granulometria desejada. Na área estudada, o seixo grosso é o único que passa pela britagem em um britador de martelos.

A água proveniente da lavagem do minério, contendo areia e argila em suspensão, geralmente é drenada através de uma canaleta até uma bacia de decantação. Após a sedimentação da areia e argila, a água limpa retorna ao processo de beneficiamento, formando um circuito fechado, enquanto que a areia decantada está pronta para ser estocada ou, até mesmo comercializada, o que ocorre muito raramente, conforme já explicado no início do capítulo.

5.3 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Na área estudada os equipamentos comumente utilizados na atividade extrativa de seixo e areia são:

- Trator de lâmina ou pá carregadeira: usado para operações de desmatamento, decapeamento e terraplenagem;

- Pá carregadeira (Figura 5.20): usada também para escarificação e carregamento do minério;

- Escavadeira hidráulica (PC): usada para escarificação e carregamento do minério;

- Caçamba/caminhão basculante e “bi trem”: usado para o transporte do minério.

No caso dos equipamentos utilizados para beneficiamento do minério nos municípios de Ourém e Capitão Poço, os mesmos constituem maquinário antigo, e por vezes rudimentar, mas que atendem as expectativas dos mineradores:

- Silo ou “moega” (Figura 5.21): usado para alimentar a planta de beneficiamento e direcionar o minério para próxima fase do processo;

- Mesa plana: usada para concentração (seleção) hidrogravítica do minério, processo que consiste na separação das partículas de diferentes densidades, tamanhos e formas, por forças gravíticas ou por forças centrífugas. Na “lavagem” do minério ocorre a separação do seixo e do material areno areno/argiloso (“melechete”).

- Peneira vibratória: usada para classificação (seleção) do minério em diferentes tamanhos;

- Britador: máquina usada na cominuição (fragmentação) de seixos com o objetivo de adequá-los aos diferentes tamanhos recomendados, no caso, a brita.



Figura 5.20 - Pá carregadeira, utilizada na operação de desmatamento, decapeamento e terraplenagem.

Fonte: Fotografia do Arquivo da SEDEME.



Figura 5.21 - Silo ou “moega”, usado para alimentar os equipamentos de beneficiamento.

Fonte: Fotografia do Arquivo da SEDEME.

6 IMPACTOS AMBIENTAIS E MEDIDAS MITIGADORAS

Conforme pode ser comprovado pela expressiva produção das “seixeiras” instaladas nos municípios de Ourém e Capitão Poço, o seixo e a areia representam os agregados minerais predominantemente extraídos quando da implantação de empreendimentos minerários de pequeno porte. No ano de 2014, de acordo com os dados de campo obtidos pela equipe da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico, Mineração e Energia – SEDEME, os dois municípios foram responsáveis pela extração de aproximadamente 800.000 m³ de seixo e 18.000 m³ de areia, sendo estes volumes um indicativo da importância desse segmento na base produtiva dos municípios.

Entretanto, à semelhança do que ocorre em outros municípios da Amazônia e, em especial no estado do Pará, a produção desses agregados tem sido desenvolvida sem priorizar o conhecimento geológico, as técnicas de lavra e a disposição final dos rejeitos. Além disso, a falta de recuperação das áreas degradadas resulta em múltiplos impactos ambientais comumente associados a essa atividade, como a erosão dos solos e o assoreamento das drenagens naturais.

Dessa maneira, mesmo considerando a importância socioeconômica da produção de seixo e areia, gerando emprego e internalizando renda na economia dos referidos municípios, este tipo de mineração vem sendo realizada, ao longo de décadas, de forma desordenada, sem acompanhamento técnico e sem controle efetivo dos organismos públicos em todas as suas instâncias. Esta situação tem contribuído para o desperdício de minério, rápida exaustão das reservas, evasão de tributos e impactos socioambientais.

A metodologia utilizada para avaliação dos impactos ambientais nos municípios de Ourém e Capitão Poço contou com uma “Lista de Verificação”, que consiste na descrição dos impactos originados durante as fases de implantação, operação e desativação da atividade minerária.

Esse trabalho foi precedido por uma ampla pesquisa bibliográfica sobre a área, com levantamento de informações referentes aos meios físico, biótico e socioeconômico, incluindo o estudo de bases cartográficas de diferentes temas, além de informações sobre legislação ambiental, em todas as suas instâncias.

A integração dos dados obtidos a partir da pesquisa bibliográfica, dos trabalhos de campo e da interpretação de produtos de sensoriamento remoto, notadamente

imagens de satélite, possibilitou a caracterização dos impactos ambientais associados à atividade minerária (lavra e beneficiamento) e a proposição de medidas mitigadoras.

6.1 IMPACTOS AMBIENTAIS NA ATIVIDADE DE LAVRA

Na Amazônia brasileira, o nordeste paraense ou mesorregião Nordeste do Pará, onde estão inseridos os municípios de Ourém e Capitão Poço, representa uma das mais antigas regiões de colonização. Atualmente 90% de sua cobertura vegetal estão representados pelas florestas secundárias, que são formações vegetais resultantes de processos sucessionais, após a perda de florestas primárias por causas antrópicas ou naturais (SCHWARTZ, 2007). As florestas secundárias (capoeiras) formam mosaicos de diversas séries sucessionais, incluindo desde campos sujos até florestas semelhantes às primárias (BAAR; CONCEIÇÃO, 1993; VIEIRA et al., 1996).

Dentre as ações antrópicas mais intensas registradas na Amazônia, o maior impacto está relacionado diretamente aos desmatamentos, que, por sua vez, têm uma íntima relação com as atividades agropecuárias, sobretudo a criação extensiva de gado. De acordo com Cordeiro et al. (2017):

"[...] Diferentes estudos sugerem que a retirada da floresta tropical, as atividades agropecuárias em geral e a produção familiar têm sido apontadas como principais causadoras dos problemas ambientais, em que, particularmente, o Estado do Pará tem se destacado".

Nos municípios em questão a vegetação original foi bastante alterada em decorrência dos desmatamentos relacionados fundamentalmente à atividade agropecuária, a partir da implantação das inúmeras fazendas existentes nessa região. Em Ourém, predomina a Floresta Secundária (capoeiras) com eventuais testemunhos de mata primária, cujo subtipo pertence à Floresta Densa dos baixos platôs e Floresta Densa em relevo dissecado. Nas áreas aluviais, sob influência do rio Guamá, está presente a Floresta Densa dos terraços aluviais ou Floresta de Várzea. Com relação ao município de Capitão Poço, o mesmo se enquadra na região fitoecológica da floresta equatorial subperenifólia, caracterizada pela cobertura de Floresta Densa Latifoliada de platô, terraços e vegetação aluvial (INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ, 2014). Grande parte

dessa vegetação já foi alterada, restando atualmente apenas poucos fragmentos remanescentes de florestas nativas, encontrados em propriedades particulares.

De uma maneira geral, a mineração constitui uma atividade produtiva capaz de impulsionar o desenvolvimento de uma região, contribuindo para o bem-estar e a melhoria da qualidade de vida das gerações presentes e futuras, desde que realizada com sustentabilidade socioambiental. Entretanto, independente do porte do empreendimento e da substância minerada, é sabido que essa atividade econômica é geradora de impactos, tanto de ordem ambiental quanto social, exatamente por se tratar da extração de um bem natural não renovável. Assim, o planejamento, a forma de utilização e o conhecimento geológico dos jazimentos são fatores essenciais para que a atividade seja desenvolvida de acordo com os fundamentos da sustentabilidade, tais como: crescimento econômico, melhoria da qualidade de vida da população e, naturalmente, equilíbrio ambiental.

À semelhança do que ocorre em outras regiões, no nordeste paraense e, em especial nos municípios de Ourém e Capitão Poço, a atividade de lavra de seixo e areia é considerada potencialmente geradora de impactos ambientais de magnitude variáveis. Nas frentes de lavra são identificados vários tipos de impactos associados a essa atividade, conforme detalhado a seguir.

6.1.1 Alteração da paisagem devido à retirada da cobertura vegetal

A atividade extrativa de seixo e areia, assim como qualquer outra modalidade de mineração, provoca modificações da paisagem nos locais da extração. Nos municípios supramencionados a cobertura vegetal remanescente é predominantemente de Floresta Secundária do tipo “capoeira”, composta por espécies de pequeno porte cujas alturas variam de 5 a 8 metros, compondo um conjunto homogêneo de poucas espécies vegetais, disposto em alta densidade populacional, além de expressivas áreas de pastagem, em decorrência da implantação de inúmeras fazendas na região. A alteração da paisagem relacionada à retirada da cobertura vegetal em decorrência da atividade minerária geralmente é pontual, direta e reversível, desde que haja um manejo adequado.

A retirada da vegetação é localizada, envolvendo áreas diminutas cobertas por “capoeira” e, também, por áreas de pastagens. Geralmente é efetuada com a utilização de trator de lâmina ou com escavadeira hidráulica, restrita à área necessária para o desenvolvimento dos trabalhos de extração mineral e circulação de veículos. Dentre as consequências mais preocupantes dessa ação, podem ser destacadas: perda da biodiversidade, erosão e empobrecimento do solo, além da possível interferência no ciclo da água (Figuras 6.1, 6.2 e 6.3).



Figura 6.1 - Alteração da paisagem devido à extração de seixo/areia no município de Ourém, com perda de biodiversidade e modificação do relevo original.

Fonte: Fotografia do arquivo da SEDEME.



Figura 6.2 - Efeitos do desmatamento em área de extração de seixo/areia (município de Ourém), alterando a paisagem original, com perda de biodiversidade e de solo orgânico.

Fonte: Fotografia do arquivo da SEDEME.



Figura 6.3 - Alteração da paisagem original no município de Capitão Poço, devido à extração de seixo/areia, pela combinação dos processos de desmatamento, erosão do solo e interceptação do lençol freático. Fonte: Fotografia do arquivo da SEDEME.

Deve ser também considerado que a ação humana, embora de pequena expressão, pode dar início a um grande processo erosivo. O desmatamento de uma área com cobertura vegetal de floresta secundária tipo Capoeira, ou pasto, para a extração de seixo e areia, como verificado em Ourém e Capitão Poço, pode levar a um processo de degradação ambiental, considerando que os solos na área desses municípios são predominantemente arenosos e altamente susceptíveis à erosão (Figura 6.4).



Figura 6.4 - Cobertura de floresta tipo Capoeira e solo arenoso, com ampla distribuição nos municípios de Ourém e Capitão Poço. O desmatamento de uma área com essas características, sem as devidas medidas de proteção ambiental, pode dar início a um intenso processo erosivo com o consequente assoreamento de cursos d'água. Fonte: Fotografia do arquivo da SEDEME.

O assoreamento de cursos d'água representa um impactante processo relacionado à degradação do meio ambiente, sendo uma das questões ambientais mais relevantes em áreas degradadas pela atividade minerária, como por exemplo, a extração de agregados. Este tipo de atividade está intimamente relacionado ao processo de desmatamento, sendo responsável pela exposição das referidas áreas aos processos erosivos. O assoreamento ocasiona a colmatagem de canais fluviais, levando à ocorrência de constantes enchentes, notadamente nas épocas de grandes precipitações.

Nos municípios estudados, um dos exemplos mais marcantes de uma área seriamente ameaçada de degradação ambiental em razão da combinação de processos de desmatamento/erosão/assoreamento está localizada na parte norte do município de Ourém, às proximidades de áreas de nascentes do rio Caeté, que deságua na baía homônima, no litoral do município de Bragança (Figura 6.5).

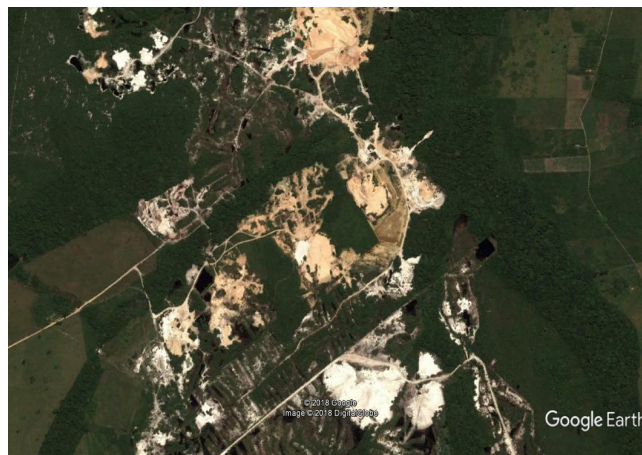


Figura 6.5 - Áreas de extração de seixo/areia na parte Centro Norte do município de Ourém. As áreas intensamente antropizadas (coloração esbranquiçada, na parte central da cena) correspondem às áreas desmatadas, nas frentes de lava. Fonte: Google Earth.

6.1.2 Poluição sonora provocada pela operação de veículos e máquinas

Os equipamentos de extração, carregamento, beneficiamento e transporte do minério (Figuras 6.6 A, B e C) são os responsáveis por esse tipo de impacto ambiental. O fluxo de veículos transportando seixo e areia contribui para o aumento nos índices de poluição sonora, além da trepidação e dos riscos de acidentes de trânsito, principalmente ao longo das estradas e caminhos de acesso às áreas de lava. Entretanto, considerando o caráter pontual das áreas de extração, os ruídos provocados podem ser perfeitamente atenuados em grandes distâncias.

6.1.3 Contaminação da água por óleo combustível, graxas e outros efluentes

Com relação à contaminação hídrica superficial, a presença de cursos d'água perenes ou intermitentes na área de um empreendimento minerário representa um fator de risco. Entretanto, os trabalhos de campo desenvolvidos em Ourém e Capitão Poço mostraram que, via de regra, nas áreas de lava não é comum a presença de recursos hídricos. Porém, no entorno de algumas "seixeiras" são encontradas áreas de nascentes expostas a esse tipo de impacto ambiental. Em se tratando de áreas de nascentes, quaisquer que sejam suas localizações, as mesmas são consideradas Áreas de Preservação Permanentes (APPs), de acordo com a Lei Federal Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal e estabelece que: Art. 2º, consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas: c) nas nascentes, mesmo nos chamados "olhos d'água", seja qual for a sua situação topográfica.



Figura 6.6 - Equipamentos usados na operação de lavra, causadores do aumento do nível de poluição sonora. Entretanto, pelo caráter pontual das frentes de lavra, esse impacto pode ser atenuado em grandes distâncias. Fonte: Fotografia do arquivo da SEDEME.

De maneira geral, as áreas de extração de seixo e areia em Ourém e Capitão Poço têm como principais características: terreno arenoso, topografia plana a suavemente ondulada e elevada precipitação média anual (2250 mm), com valores máximos que chegam a atingir 2800 mm, ocasionando uma grande oscilação do nível freático em

função do regime pluviométrico. Entretanto, como nem sempre há o devido cuidado em manter um limite para o aprofundamento da lavra, em vários locais é possível observar a exposição do lençol freático, como lagos artificiais de formas e dimensões variadas (Figuras 6.7 e 6.8), colocando em risco a qualidade das águas subterrâneas.

O risco de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos fica por conta do manuseio inadequado de óleos, graxas e outros efluentes, uma vez que os lagos artificiais são comumente utilizados para lavagem de veículos, máquinas e equipamentos empregados na atividade extrativa de seixo e areia. No entorno de algumas cavas é possível observar entulhos, que podem se tornar criatórios de mosquitos, colocando em risco a saúde de empregados da lavra e moradores que residem próximo às áreas mineradas. Por vezes, até a qualidade da água extraída de poços rasos que captam o lençol freático poderá ser afetada por contaminação de efluentes.



Figura 6.7 - Intercepção do lençol freático, no canto esquerdo inferior da foto (cor marrom), devido ao aprofundamento da lavra de seixo/areia (município de Ourém). Fonte: Fotografia do arquivo da SEDEME.



Figura 6.8 - Lago artificial formado pela intercepção do lençol freático, devido à extração de seixo/areia, no município de Ourém. Fonte: Fotografia do arquivo da SEDEME.

6.1.4 Compactação do solo pelo tráfego de veículos pesados ao longo dos acessos

O processo de compactação do solo caracteriza-se como uma alteração provocada pela movimentação dos equipamentos de extração, carregamento e transporte de minério. O trânsito pesado de veículos e equipamentos acaba interferindo na permeabilidade do solo, dificultando ou impedindo a sua reabilitação natural. Esse tipo de alteração não apresenta grande magnitude nos municípios estudados, estando restrito às frentes de lavra e às vias de acesso. Entretanto, pode dificultar a atividade de revegetação nas frentes de lavra.

6.1.5 Contaminação de solos por destinação inadequada de resíduos sólidos

As diversas atividades humanas relacionadas à ocupação do meio físico são responsáveis por geração de resíduos (sacos plásticos, garrafas PET, latas, pneus, etc.), que por vezes são descartados sem planejamento, poluindo solo ou cursos d'água. Nos municípios estudados essa atividade foi verificada, e pode ser controlada a partir de algumas orientações em educação ambiental, dentro dos limites das áreas de influência indireta dos empreendimentos.

Quanto aos resíduos sólidos resultantes da atividade de lavra, a extração mecanizada à céu aberto, da maneira como vem sendo realizada em Ourém e Capitão Poço, embora economicamente satisfatória para o minerador é prejudicial em termos ambientais. Essa extração nem sempre é efetuada com critérios técnicos definidos que priorizem as relações entre o capeamento e a camada de minério, a espessura

e a geometria do corpo de minério, a profundidade máxima de lavra, entre outros. Dependendo das dimensões da área lavrada, os resultados negativos em termos de impactos ambientais podem acabar encarecendo excessivamente os trabalhos de recuperação ambiental, ou até mesmo torná-los economicamente inviáveis.

Nas Figuras 6.9 A e B podem ser observados exemplos de rejeitos da atividade de lavra de areia (A) e material denominado localmente como “melechete” (B), que consiste em uma mistura de argila e areia. Nas duas áreas, os materiais lavrados estão dispostos de forma irregular, geralmente no entorno das cavas, ou mesmo no interior das mesmas, porém sem nenhum cuidado com a recuperação ambiental.

De acordo com essa DN, a atividade de extração de areia para utilização na construção civil é classificada como de médio potencial poluidor/degradador. Quanto ao porte, o mesmo é definido de acordo com a produção bruta. Se essa produção for menor ou igual a 30.000 m³/ano, o empreendimento é classificado como de pequeno porte; para uma produção bruta entre 30.000 e 100.000m³/ano é considerado de porte médio; e, para produção bruta maior que 100.000m³/ano, é considerado de grande porte.

De acordo com esses critérios, os empreendimentos instalados nos municípios de Ourém e Capitão Poço podem ser considerados como de médio potencial poluidor/degradador. Quanto ao porte, são de considerados de porte médio, uma vez que em 2014, ano da referência dos dados de produção utilizados na pesquisa, cada seixeira instalada nesses municípios produziu, em média, cerca de 50.000 m³ de seixo (16 seixeiras produziram um total de 800.000 m³ de seixo).



Figura 6.9 - Rejeitos da lavra de seixo/areia dispostos de maneira irregular no entorno e no interior das cavas (com interceptação do lençol freático), sem nenhum critério técnico, dificultando (e encarecendo) sobremaneira a recuperação ambiental. Fonte: Fotografias do arquivo da SEDEME.

6.2 IMPACTOS AMBIENTAIS NA ATIVIDADE DE BENEFICIAMENTO

De acordo com as Normas Reguladoras da Mineração (NRM), entende-se por beneficiamento de minério “o tratamento que visa preparar granulometricamente, concentrar ou purificar minérios por métodos físicos ou químicos, sem alteração da constituição química dos minerais”.

6.2.1 Impactos ambientais na operação de lavagem

Na operação de “lavagem” o minério recebe fortes jatos d’água de maneira a retirar partículas e materiais indesejados, resultando na separação do seixo e do “rejeito”. O rejeito é constituído por material arenoso (areia) e argiloso/argilo-arenoso denominado “melechete”. O rejeito é conduzido por meio de tubulações ou canaletas para ser depositado em “pilhas de rejeito ou “barragens de rejeito” (Figura 6.10).

Em se tratando de empreendimentos de pequeno a médio porte, voltados à extração de seixo e areia que são considerados materiais minerais inertes, as atividades relacionadas às lavras de agregados podem ser consideradas de baixo potencial de poluição, pois são realizados preferencialmente em cavas secas (quando não há o seccionamento do lençol freático) e caracterizam pequenas operações que, unitariamente, poderiam ser pouco impactantes. Porém, quando concentram um grande número de empreendimentos em uma mesma bacia hidrográfica apresentam potencial para a geração de impactos ambientais como erosão e assoreamento dos cursos d’água, além da poluição por sólidos em suspensão e efluentes. Em geral, esse quadro foi verificado nos municípios estudados.



Figura 6.10 - Pilha de rejeito (material arenoso ou arenoargiloso), resultante do processo de beneficiamento do minério (município de Ourém). Fonte: Fotografia do arquivo da SEDEME.

6.2.2 Impactos ambientais no transporte do minério

Durante a operação de transporte do minério podem ocorrer dois tipos principais de impactos ambientais: poluição atmosférica e poluição sonora, cujas intensidades variam em função do período de extração, sendo menos intensas no período mais chuvoso (de dezembro a maio), e mais intensas durante a estiagem (de junho a novembro).

O tráfego de veículos transportando seixo e areia pode ocasionar impactos negativos, pela liberação de poeira nos trajetos de tráfego. Com relação aos gases e partículas provenientes da queima de combustíveis pelos veículos a poluição é considerada desprezível. O fluxo de veículos transportando seixo e areia também pode contribuir para o aumento nos índices de poluição sonora, além da trepidação e dos riscos de acidentes de trânsito, principalmente ao longo das estradas e caminhos de acesso às áreas de lavra.

6.3 MEDIDAS MITIGADORAS

A mineração é uma atividade capaz de causar impactos significativos ao meio ambiente, cujas intensidades podem ser minimizadas pela adoção de medidas mitigadoras, entendidas como qualquer ação prevista para diminuir os efeitos dos impactos negativos. O impacto ambiental representa qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e/ou biológicas do meio ambiente, provocada direta ou indiretamente por atividades humanas, podendo afetar a saúde, a segurança e/ou a qualidade dos recursos naturais.

Nos municípios de Ourém e Capitão Poço os principais tipos de impactos ambientais relacionados à extração de seixo e areia podem ser classificados em: físicos e biológicos. Os impactos físicos são bem mais intensos e facilmente identificados, e estão associados à destruição da cobertura vegetal, erosão dos solos e assoreamento dos cursos d’água, que modificam a paisagem e alteram as características originais das áreas de extração (geralmente no entorno das áreas de lavra, desenvolvidas prioritariamente em cavas secas, ou seja, fora dos leitos ativos). Menos intensos e de difícil detecção, os impactos biológicos são responsáveis pela poluição dos recursos hídricos em consequência da descarga de óleo diesel, graxa e detergentes, oriundos da limpeza e manutenção de máquinas e equipamentos.

A proposição de medidas mitigadoras tem como objetivo orientar os gestores municipais, os pequenos mineradores e as populações locais na elaboração de ações voltadas à minimização dos impactos ambientais gerados pela atividade extrativa mineral, que constitui um desafio de grande relevância por envolver interesses técnicos, econômicos, políticos e sociais.

6.3.1 Frente de Lavra

Nos municípios supramencionados, o resultado da extração mecanizada a céu aberto, da maneira como vem sendo realizada, embora economicamente satisfatório para o minerador é prejudicial em termos ambientais. Essa extração nem sempre é efetuada com critérios técnicos definidos que priorizem as relações entre o capeamento e a camada de minério, a espessura e a geometria do corpo de minério, a profundidade máxima de lavra, entre outros, com resultados negativos em termos de impactos ambientais, que, dependendo das dimensões da área lavrada pode acabar encarecendo excessivamente os trabalhos de recuperação ambiental, ou até mesmo torná-los economicamente inviáveis. Os trabalhos desenvolvidos pelas equipes de campo do Projeto possibilitaram, ainda que em caráter preliminar, a identificação e a caracterização dos impactos ambientais mais comuns, considerando as diferentes atividades de implantação e operação da extração de seixo/areia.

Foram identificados ou prognosticados inúmeros impactos para a área de influência direta dos empreendimentos, a grande maioria de caráter negativo, média duração e abrangência local. A partir desses trabalhos, foi também possível detectar que a intensidade dos impactos ambientais nas frentes de lavra está diretamente associada ao método de lavra empregado. Portanto, a escolha de um método de extração apropriada é fundamental para a minimização dos impactos ambientais sobre a área a ser lavrada, enquanto que a caracterização do corpo de minério, incluindo sua forma e espessura são determinantes para a escolha do método de lavra.

No caso das seixeiros de Ourém e Capitão Poço, cuja atividade extrativa vem se desenvolvendo há algumas décadas, já existe no ambiente técnico algum conhecimento sobre esses depósitos, dispostos geralmente em camadas horizontais a sub-horizontais, na forma de lentes com dimensões variadas, cujas espessuras que variam entre 1 e 3 metros (embora, ocasionalmente, possam atingir até 5 metros), normalmente localizadas em profundidades de 1 a 2 metros (valores médios), com capeamento arenoso e presença de delgada camada de *top soil* (0,20 m em média).

Da maneira como as operações de lavra vêm sendo desenvolvidas atualmente, após a exaustão do minério a maioria das cavas se transforma em lagos que acabam abandonados e em processo de eutrofização, que nada mais é do que o excesso de nutrientes na água, que acaba provocando a proliferação de organismos que se alimentam deles (<https://www.embrapa.br/contadocencia/agua//assetpublisher/EljjNRSeHvoC/content/agricultura-e-a-qualidade-da-agua/1355746?inheritRedirect=false>).

Esse procedimento repetido ao longo da mesma área cria um adensamento de lagos, alterando

significativamente o ambiente original em razão dos impactos cumulativos. Entretanto, deve ser ressaltado que nos Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRADs), que são apresentados pelos mineradores às Secretarias Municipais de Meio Ambiente dos municípios de Ourém e Capitão Poço, geralmente constam a destinação dessas áreas para o uso futuro em atividades sustentáveis, como piscicultura/aquicultura, lazer e outras, mas que nem sempre são colocadas em prática.

Ainda com relação ao PRAD, a exigência para a apresentação dos mesmos é relativamente recente, havendo uma evidente dissociação entre as medidas propostas e àquelas efetivamente praticadas. Os trabalhos de recuperação das áreas degradadas pela extração de seixo e areia, quando existentes, têm caráter incipiente e baseiam-se, fundamentalmente, na execução de medidas como revegetação, visando atenuar o impacto visual gerado.

A partir dessas observações, a principal medida mitigadora recomendada é o emprego do método de “lavra em tiras” (*strip mining*) para as seixeiros da região de Ourém e Capitão Poço. Com a utilização desse método, o material estéril retirado das camadas superiores do depósito (*top soil* e capeamento) é acumulado dentro dos cortes formados nas etapas anteriores de desenvolvimento da mina (Figura 6.11).

Esse método atenua os impactos ambientais, já que diminui consideravelmente a quantidade de estéril depositado na superfície. Isto reflete positivamente sobre o desempenho econômico do empreendimento, além de contribuir com os ecossistemas locais e facilitar uma posterior exploração econômica da área após o término da mineração (MACEDO FILHO; ALFONSO; SOUZA, 2012). Deve ser ressaltado que o método de “lavra em tiras” é amplamente utilizado pela mineração de grande porte na exploração (lavra) de depósitos horizontalizados (carvão, bauxita, caulim e outros), podendo também ser aplicado pela atividade minerária de pequeno porte.

Com a utilização dessa metodologia o capeamento não fica acumulado na área de “bota-fora” (formando pilhas de estéril), sendo depositado diretamente em áreas adjacentes já lavradas (Figura 6.12), podendo o mesmo equipamento ser utilizado para efetuar a escavação e o transporte do estéril, em uma operação unitária (SOUZA, 1994).

A “lavra em tiras” permite ainda o aproveitamento do terreno da cava após a fase de mineração, combinando essa atividade com outras formas de aproveitamento econômico, dando-lhe um caráter de sustentabilidade. Tal aproveitamento continuado pode ser realizado através da agricultura, piscicultura, desenvolvimento urbano e implantação de parques industriais ou energéticos (vegetal/eólico/solar), ou por meio da reabilitação da cava para depósito de água (consumo animal) ou para diferentes usos recreativos (MACEDO FILHO; ALFONSO; SOUZA, 2012).

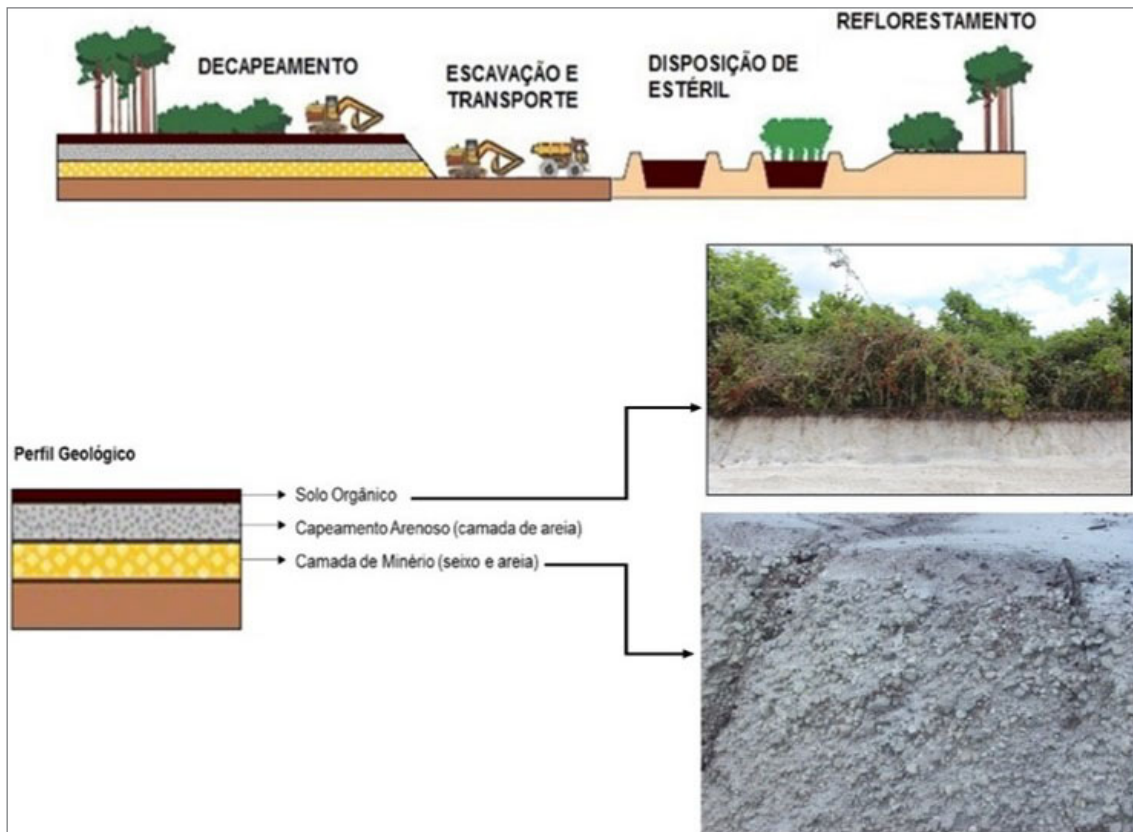


Figura 6.11 - Ilustração do método de “lavra em tiras” sugerido para exploração de seixo e areia na região de Ourém e Capitão Poço. Fonte: Mineração Rio do Norte Fonte: Ilustração do arquivo da SEDEME.

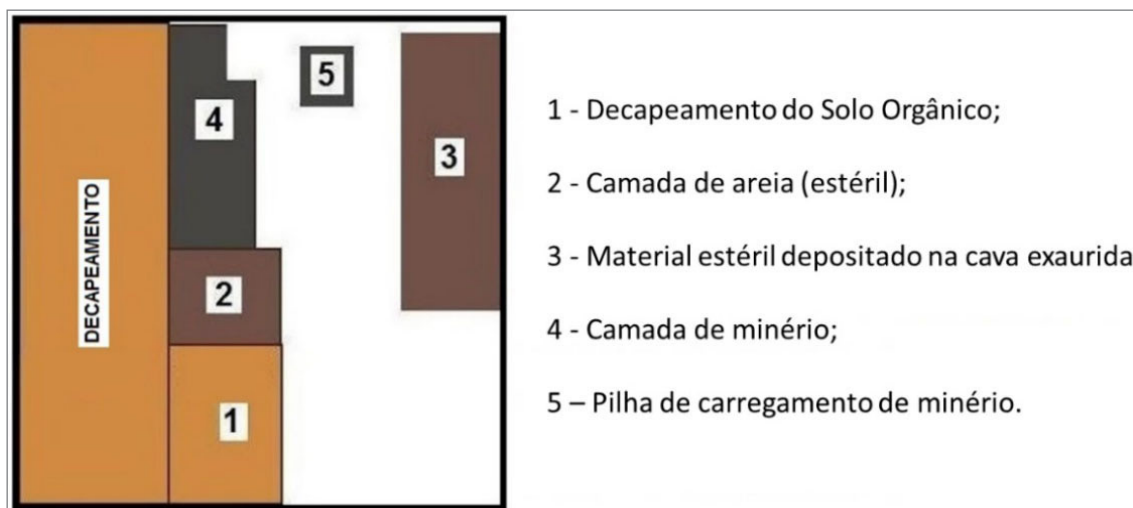


Figura 6.12 - Planta esquemática do método de Lavra em Tiras (strip mining). Fonte: Mineração Rio do Norte. Fonte: Ilustração do arquivo da SEDEME.

Ainda com relação ao método da “lavra em tiras” (*strip mining*), deve ser ressaltado que a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará – SEMAS/PA tornou o seu emprego obrigatório através da Instrução Normativa Nº 06, de 10 de novembro de 2014, publicada no DOE/PA Nº 32.765, de 11/11/2014. De acordo com essa IN a extração do “minério” (no caso, seixo/areia) deve ser realizada em processo de “lavra em

tiras” (*strip mining*), que consiste na abertura de “tiras” (ou “trincheiras”) paralelas e sucessivas, efetuando-se primeiramente a abertura de uma “tira”, removendo o estéril e expondo o minério a ser lavrado. Após a retirada do minério, o estéril é depositado na cava e é aberta uma nova “tira”, contígua à primeira, expondo o minério na nova “trincheira”. Dessa maneira, a lavra terá continuidade, sucessivamente.

A Tabela 6.1 apresenta uma relação de vantagens e desvantagens decorrentes da utilização da lavra em tiras, podendo ser considerada, com as devidas adaptações, para a atividade extrativa de seixo nos municípios de Ourém e Capitão Poço. Fonte: <http://www.mineropar.pr.gov.br>planodiretor>relatório>capitulo4>).

Por outro lado, a falta de orientação técnica na operação de lavra pode acarretar sérios problemas ambientais, tais como: desmatamento ilegal em APPs, escavações profundas, intenso processo de erosão, perda de matéria orgânica do solo, assoreamento de cursos d'água, disposição inadequada de rejeitos, contaminação das águas e deslizamentos, entre outros, podendo afetar a qualidade de vida das populações residentes nas proximidades das áreas de extração. Na Figura 6.13 pode ser observado um exemplo de extração de seixo/areia sem a devida orientação técnica, evidenciando a perda de espessa camada de solo orgânico (*top soil*), que poderia ser utilizado no uso futuro da área.

Dentre outras medidas mitigadoras propostas para a minimização dos impactos ambientais nas frentes de lavra, devem ser destacadas:

- A retirada da vegetação secundária (capoeira) e limpeza da área para a mineração deverá ser realizada de maneira a favorecer a recuperação futura, obedecendo a procedimentos e orientações específicas para a retirada da vegetação, retirada e reserva do solo, para cada um dos diferentes ambientes observados na área.

- Imediatamente após o início da lavra deve ser iniciada a etapa de reconformação da topografia e sistema de drenagem. Para tanto, deve ser realizado, previamente, um estudo topográfico detalhado na área que será minerada, que servirá de base para o

reestabelecimento da topografia original. A recomposição da topografia deverá propiciar estabilidade ao solo, auxiliar no controle dos processos erosivos, ter similitude com o relevo anteriormente existente no local, atender a aspectos paisagísticos e estéticos, tentando enquadrar de forma harmônica a área lavrada no contexto da paisagem da região e comportar o uso futuro pretendido.

Na sequência, são apresentadas propostas para ações de recomposição dos sistemas hídrico e vegetal, favorecendo o restabelecimento da função ecológica da área objeto da recuperação.

- A recomposição vegetal deve prever: (I) Preparo das áreas a serem revegetadas; (II) Reestruturação e correção da qualidade do solo; (III) Revegetação.

- Antes de revegetar uma área de extração é necessário realizar o aterro das cavas de onde foi extraído o minério, utilizando o material estéril que deve ser estocado com essa finalidade. Depois que o aterro for concluído, deve ser efetuado o recapeamento, utilizando a camada de solo orgânico (*top soil*) previamente retirada e estocada para esse fim (importância do método da lavra em tiras). Devem ser utilizadas técnicas que recuperem as características do solo (fertilidade, estrutura, textura, etc.), envolvendo práticas como o reflorestamento e a recomposição paisagística, no sentido de oferecer uma nova alternativa de uso, levando sempre em consideração os anseios dos interessados no processo.

- Após a recuperação do relevo e da cobertura de solo, a área pode ser utilizada para o plantio de espécies da flora resgatada na frente de lavra. Nesse caso, é frequente o plantio de espécies frutíferas nativas que facilmente se adaptaram aos terrenos arenosos da região.

Tabela 6.1 - Vantagens e desvantagens do emprego do método da Lavra em Tiras

VANTAGENS	DESVANTAGENS
O capeamento não é transportado para as pilhas de estéril, mas depositado diretamente nas áreas adjacentes já lavradas	Limitado pela profundidade (< 9 m) – limites impostos pelos equipamentos
Maior produtividade	Limitado pela relação estéril/minério
Pouco intensivo em mão-de-obra	Grande investimento de capital
Produção em larga escala	Produção dependente de um só equipamento
Custo de lavra baixo	Necessita de operações sincronizadas
Mão-de-obra não especializada, exceto alguns operadores-chave	Mais adequado a jazidas com grandes extensões laterais
Cadência flexível (menos flexível que na lavra por bancadas)	Sujeito a condições climáticas adversas (inundações)
Permite boa estabilidade dos taludes (o corte fica aberto por pouco tempo)	Meio ambiente: gera grandes áreas a serem recuperadas
Desenvolvimento e acessos simples	Necessidades de bombeamento onde o nível do lençol freático seja alcançado ou devido às águas pluviais
Segurança e higiene satisfatórias	
Atrativo em termos de meio ambiente	



Figura 6.13 - Exemplo de lavra desordenada em uma seixeira no município de Capitão Poço. Em destaque, a perda do solo orgânico (*top soil*). Fonte: Fotografia do arquivo da SEDEME.

6.3.2 Tratamento da substância mineral e disposição do estéril e rejeito

Considerando a composição essencialmente quartzosa dos seixos e areias, com pouca ou nenhuma matriz argilosa, sendo os mesmos absolutamente inertes, não é necessário submeter as pilhas de estéril e rejeito qualquer tipo de tratamento.

Com relação à disposição do estéril e dos rejeitos também não há necessidade da proposição de medidas mitigadoras, desde que utilizado o método da lavra em tiras, uma vez que deve ser mínima a infraestrutura a ser montada para o armazenamento temporário dos mesmos, já que prioritariamente devem ser reaproveitados para a recuperação do relevo, após a conclusão da atividade de lavra.

A atividade de lavra nos depósitos de seixo/areia deve ser efetuada em conformidade com as orientações técnicas de um profissional devidamente habilitado, que deve acompanhar e ser responsável por todas as fases da operação.

Com relação ao material oriundo do decapeamento é necessário ressaltar que nas áreas de lavra em geral ocorre uma cobertura de solo orgânico (*top soil*), constituído basicamente de areia com resíduos vegetais, que deve ser retirada com a utilização de trator de lâmina e/ou pá-carregadeira e armazenado em separado, para posterior utilização na fase de revegetação. O armazenamento deve ser realizado às proximidades da jazida, em caráter temporário, não necessitando, portanto, de nenhuma medida específica de controle ambiental, sendo ressaltado que essa remoção deve ser restrita às áreas de lavra.

Em função das características das áreas de lavra em Ourém e Capitão Poço, tais como: material arenoso, topografia plana a suavemente ondulada e elevada precipitação média anual, o nível freático apresenta uma grande oscilação. Durante a estiagem, entre junho e novembro, o referido nível chega a atingir mais de 6 metros de profundidade. Todavia, no ápice do período chuvoso (entre os meses de dezembro e maio) o nível freático chega a aflorar em algumas áreas. A fim de evitar o seccionamento do nível freático é recomendada a verificação do nível freático durante a atividade de lavra, e assim, manter uma distância mínima de 1 metro, entre o fundo da cava e a superfície freática.

O manuseio e a armazenagem de óleos e graxas devem ser efetuados de forma correta e em recipientes adequados. Caso ocorra algum vazamento desses produtos próximo às drenagens e áreas úmidas, o solo contaminado deve ser imediatamente removido, acondicionado em recipiente impermeável e, em seguida, armazenado em local apropriado. É necessária a manutenção constante dos veículos e equipamentos utilizados nas diferentes operações, a fim de minimizar a ocorrência desse tipo de problema.

Próximo às áreas de lavra deve sempre ser instalado um pequeno acampamento/escritório, para suporte às atividades inerentes ao empreendimento. O lixo doméstico gerado deve ser depositado em recipientes apropriados (containers, tambores, etc.), para posterior remoção para o aterro sanitário local.

É importante ressaltar, mais uma vez, o caráter de sustentabilidade que o método de “lavra em tiras” confere a projetos voltados para a extração de seixo/areia, uma vez que possibilita a combinação da mineração com outras formas de aproveitamento econômico das áreas mineradas. Esse método é capaz de transformar a mineração de seixo/areia, ainda considerada ambientalmente não sustentável, em uma atividade capaz de gerar desenvolvimento econômico e melhoria da qualidade de vida da população, em consonância com o equilíbrio ambiental, princípios que norteiam o conceito de desenvolvimento em bases sustentáveis.

Após a exaustão do minério, as áreas recuperadas podem ser reaproveitadas para várias outras atividades produtivas, como: agricultura, desenvolvimento urbano, depósitos de água para dessedentação animal ou para diferentes usos recreativos. Assim, uma simples mudança no método de lavra é capaz de minimizar os impactos ambientais, na medida em que reduz substancialmente o volume de material estéril, combinando a mineração com outras atividades menos impactantes e mais perenes, capazes de viabilizar o uso das áreas de lavradas no futuro.

7 ANÁLISE SOCIOECONÔMICA DA ATIVIDADE EXTRATIVA DE SEIXO E AREIA EM OURÉM E CAPITÃO POÇO

Conforme enfatizado anteriormente, dentre as ações da SEDEME no presente projeto, se destaca o trabalho realizado por equipes dessa secretaria nas áreas de lavra, levantando informações sobre as condições de trabalho, incluindo: número de empregados, regime de trabalho, período diário de funcionamento, remuneração e CTPS, entre outros. A pesquisa de campo foi realizada no ano de 2014, com o objetivo de identificar o perfil socioeconômico da atividade extrativa dos agregados para construção civil, em especial seixo e areia. De acordo com a metodologia estabelecida, a pesquisa foi sistematizada em três etapas distintas.

A primeira etapa consistiu na elaboração de um questionário para a coleta das informações referentes à produção, comercialização e mão de obra empregada na atividade. Para aplicação dos questionários foram necessárias entrevistas presenciais.

Na segunda etapa da pesquisa foi realizada a coleta de dados, a preparação e construção de uma base de dados. O universo da pesquisa originou-se de 10 empresas entrevistadas em Ourém e 6 empresas no município de Capitão Poço.

A terceira etapa consistiu na análise das informações e caracterização da atividade extrativa de seixo e areia, com vistas ao maior entendimento das dimensões econômica e social e, nas fases seguintes, analisar sua relação com as oportunidades de negócios que surgem a partir de outros investimentos.

7.1 PERFIL SOCIOECONÔMICO DOS MUNICÍPIOS DE OURÉM E CAPITÃO POÇO

Pertencente à Região de Integração Rio Capim, o município de Ourém possui uma área de 562 Km² e uma população de aproximadamente 16 mil habitantes, dos quais 54,4% residem na zona rural (IBGE, 2010). O sistema de ensino conta com 36 escolas distribuídas entre municipais e estaduais, possuindo uma taxa de analfabetismo de 23,2%. Na área da saúde o município apresenta, entre outros indicadores: Taxa de Mortalidade Geral de 4,13 (por mil habitantes) e Taxa de Mortalidade Infantil de 16,45 (por mil nascidos vivos) (BRASIL, 2011).

O PIB municipal é de R\$ 77 milhões e a composição setorial do Valor Adicionado (R\$ 75 milhões) está distribuída entre os setores de serviços (R\$ 54 milhões), indústria (R\$ 14 milhões) e agropecuária (R\$ 7 milhões) (INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E AMBIENTAL

DO PARÁ, 2014). O município possui um total de 59 estabelecimentos empresariais com vínculo empregatício, com um estoque de 850 empregos formais (RAIS/MTE-2013).

O município de Capitão Poço também pertence à Região de Integração Rio Capim, possui uma área de 2900 km² e uma população de aproximadamente 52 mil habitantes, sendo que 58,7% encontram-se na zona rural (IBGE, 2010). O sistema de ensino conta com 127 escolas distribuídas entre municipais e estaduais, possuindo uma taxa de analfabetismo de 27,5%. Na área da saúde, Capitão Poço apresenta Taxa de Mortalidade Geral de 3,53 (por mil habitantes) e Taxa de Mortalidade Infantil de 6,34 (por mil nascidos vivos) (BRASIL, 2011). Com um PIB de R\$ 232 milhões, a composição setorial do Valor Adicionado (R\$ 223 milhões) está distribuída entre os setores de serviços (R\$ 164 milhões), agropecuária (R\$ 38 milhões) e indústria (R\$ 22 milhões) (INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ, 2014). O município possui um total de 389 estabelecimentos empresariais e outras organizações atuantes, com população assalariada em torno de 4034 (IBGE, 2018).

7.2. CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE SEIXO E AREIA

Com relação à produção de seixo, o resultado da pesquisa de campo indica que esse agregado para construção civil apresentou o maior volume na produção anual, principalmente no município de Ourém, onde a extração desse bem mineral é mais intensa. No ano da pesquisa (2014) o município teve uma produção estimada de 449.100 m³ de seixo, além de 66.000 m³ de areia. No município de Capitão Poço foi identificada somente a extração de seixo, totalizando uma produção anual de 360.000 m³. A Figura 7.1 ilustra os resultados da produção dos dois municípios, no ano de 2014.

Com relação às quantidades comercializadas, no ano de 2014 os valores referentes ao município de Ourém foram: 482.400 m³ de seixo e 18.000 m³ de areia. Já em Capitão Poço apenas o seixo foi comercializado, num total de 360.000 m³ (Figura 7.2).

A produção comercializada de agregados para construção civil no município de Ourém foi destinada principalmente para outros municípios do estado do Pará. A distribuição da comercialização de areia mostrou que 83% da produção destinou-se a outros municípios, e que somente 17% da produção ficou no município produtor.

Com relação à produção de seixo, 50% foram comercializados no próprio município e 50% para outros municípios. No município de Capitão Poço a produção comercializada de agregados também destinou maior parte de sua produção para outros municípios do Estado. A distribuição da comercialização de seixo indicou que 76% da produção

foram comercializados para outros municípios, e apenas 24% foram comercializados no próprio município (Figura 7.3). Deve ser ressaltado, entretanto, que independentemente do local onde esses agregados foram produzidos e comercializados, a destinação final foi preferencialmente a Região Metropolitana de Belém.

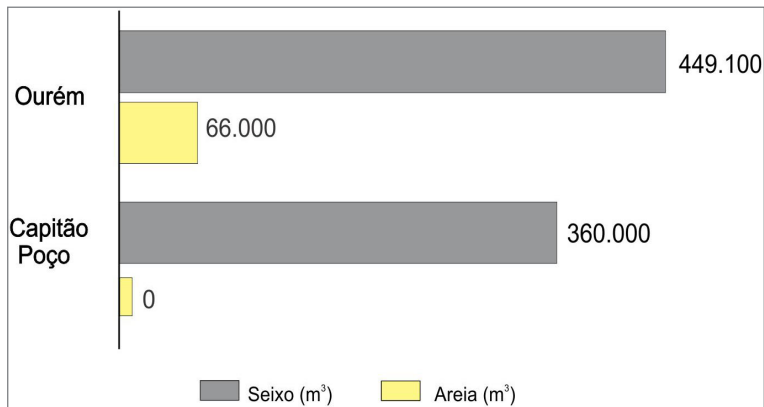


Figura 7.1 - Produção anual nos municípios, por tipo de agregado (m³) em 2014.

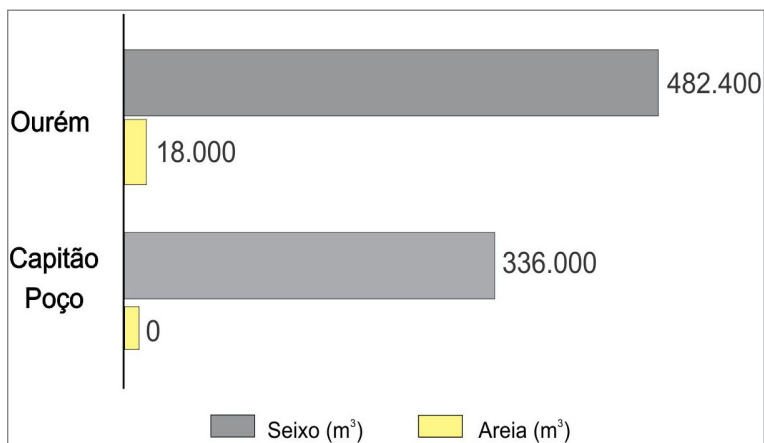


Figura 7.2 - Quantidade anual (2014) comercializada, por tipo de agregado (m³).

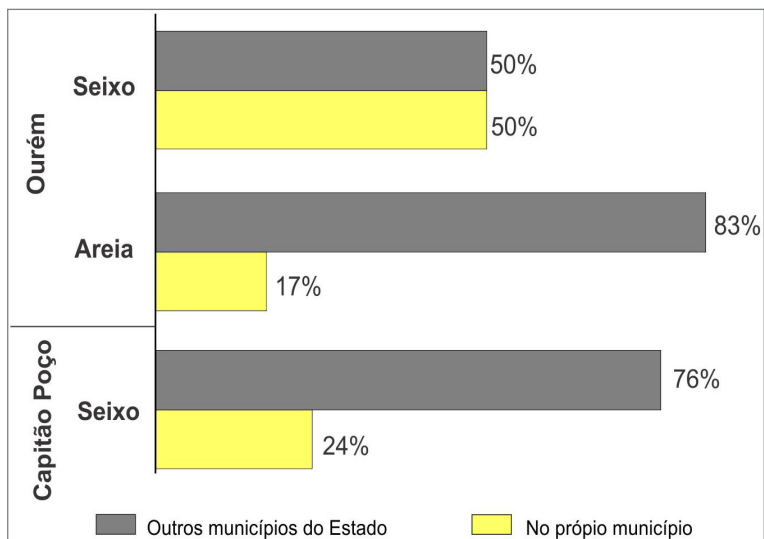


Figura 7.3 - Distribuição da produção anual comercializada, por tipo de agregado.

7.3 PERFIL DA MÃO DE OBRA OCUPADA NA EXTRAÇÃO DE SEIXO E AREIA

O município de Ourém se destacou como maior responsável por absorver mão de obra, totalizando 156 trabalhadores, sendo 142 homens e 14 mulheres. Os dados referentes ao perfil da mão de obra ocupada na atividade extrativa de seixo e areia são apresentados na Figura 7.4. A pesquisa também apontou que no município de Capitão Poço, 89 pessoas trabalham nessa atividade, das quais 77 pertencem ao sexo masculino e 12 são do sexo feminino.

Os dados por faixa etária apresentados na Figura 7.5 mostram que o número mais significativo de

trabalhadores no município de Ourém ficou entre as faixas etárias de 26 a 35 anos (40%) e de 36 a 45 anos (28%), ou seja, na população mais adulta, sendo esses desempenhos bastante favoráveis quando comparados com as demais faixas etárias, no caso dos jovens, cujo percentual também foi muito representativo, da ordem de 24% para a faixa etária de 18 a 25 anos.

De forma semelhante, no município de Capitão Poço os trabalhadores estão concentrados nas faixas etárias entre 26 a 35 anos (47%) e de 36 a 45 anos (26%). Já no caso dos jovens, na faixa etária de 18 a 25 anos, a participação foi bastante reduzida (8%) (Figura 7.5).

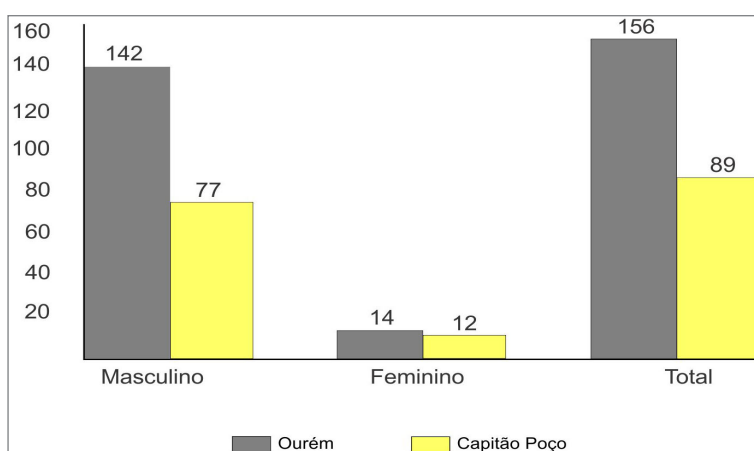


Figura 7.4 - Total da mão de obra ocupada na atividade extrativa de seixo e areia, segundo a distribuição por gênero.

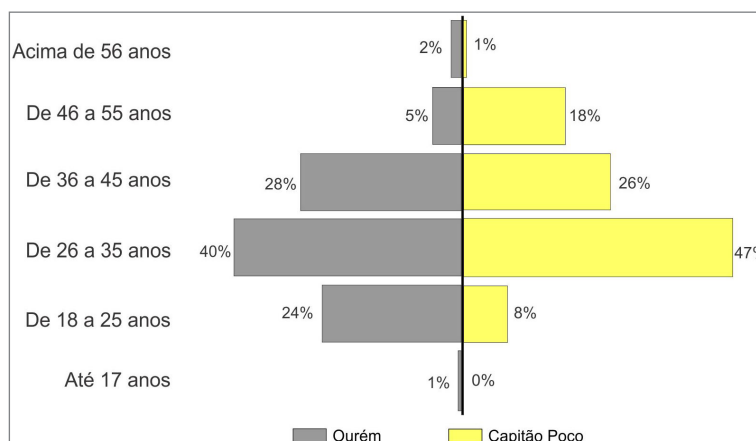


Figura 7.5 - Distribuição da mão de obra por faixa etária ocupada na atividade de extração de seixo e areia em Ourém e Capitão Poço.

Com relação ao grau de instrução, os dados apontaram uma relativa diferença de comportamento (Figura 7.6). No município de Ourém, os trabalhadores com o ensino fundamental incompleto possuem maior representatividade (47%), com menor participação para os que são analfabetos e os que possuem curso superior incompleto, ambos com 1%. No município de Capitão Poço, os resultados da pesquisa indicam uma parcela

expressiva de trabalhadores com ensino fundamental completo, cuja representatividade foi de 47%, com menor participação dos analfabetos (2%) e daqueles com curso superior incompleto (1%). Cabe mencionar que o grau de instrução superior completo também apresentou relativa participação, de 8%. Em ambos os municípios a maioria dos trabalhadores possui pouca qualificação.

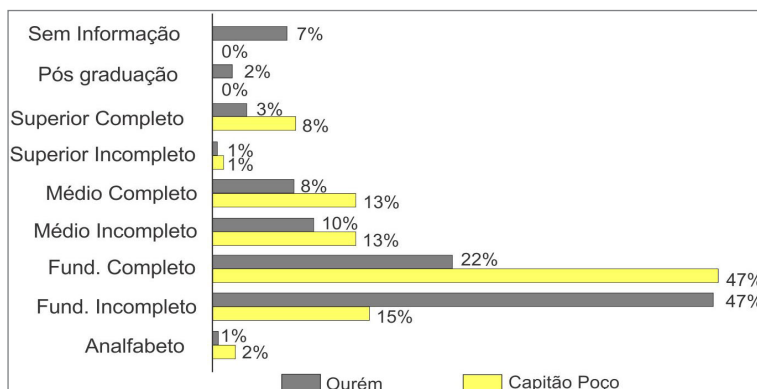


Figura 7.6 - Distribuição da mão de obra ocupada na atividade dos agregados minerais por grau de instrução.

A Figura 7.7 apresenta a faixa salarial dos trabalhadores, em salários mínimos, segundo os resultados apontados no levantamento de campo. No município de Ourém foi verificada a maior parcela salarial nas faixas de 1 a 2 (63%) e de 2 a 4 (17%) salários mínimos. O faturamento dos trabalhadores na faixa acima de 4 salários mínimos representou 15%. No município de Capitão Poço, os trabalhadores que apresentaram maior participação em termos salariais também se situaram na faixa de 1 a 2 salários mínimos, representando 45%, com um diferencial em relação aos que recebem entre

2 a 4 salários mínimos, que representam 17%. Cumpre ressaltar que foi nas maiores faixas salariais que se observou a menor participação (8%) de salário auferido pelos trabalhadores, o que revela uma grande desigualdade.

A situação das relações de trabalho é apresentada na Figura 7.8. No município de Ourém 54% dos trabalhadores são formalizados, ou seja, possuem carteira de trabalho assinada na atividade, enquanto 28% não possuem carteira assinada, e somente 12% dos ocupados são sócios proprietários.

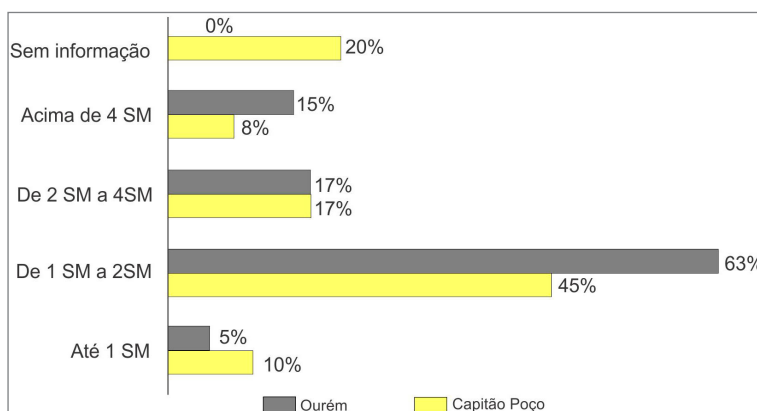


Figura 7.7 - Distribuição da mão de obra ocupada na extração de agregados, por faixa salarial.

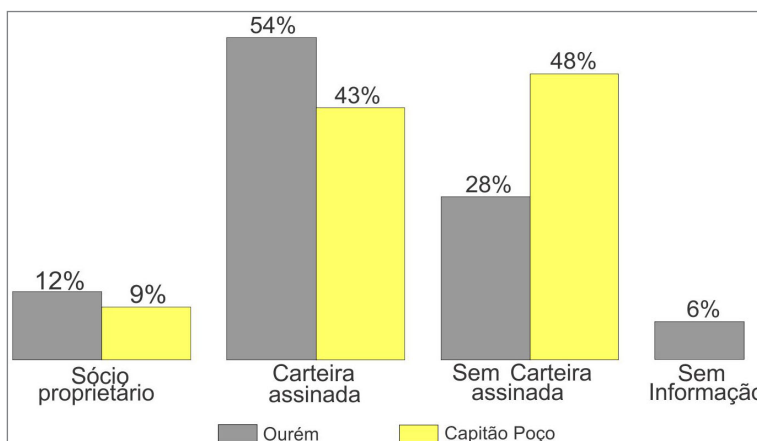


Figura 7.8 - Distribuição da mão de obra por relação de trabalho, na extração dos agregados.

Com relação à situação de formalização dos trabalhadores do município de Capitão Poço, 43% são formalizados e possuem carteira de trabalho assinada. Em contrapartida, 48% são informais, ou seja, a maioria não possui carteira de trabalho assinada, e apenas 9% são sócios proprietários.

A Figura 7.9 apresenta os dados do tipo de atividade exercida pelos trabalhadores na atividade extrativa de agregados

para construção civil (seixo e areia). No município de Ourém, a pesquisa apontou que 84% exercem atividade operacional e somente 16% desempenham atividade administrativa. De forma semelhante, no município de Capitão Poço a maior parte da mão de obra concentra-se na atividade operacional, com o índice de 82%, enquanto 16% estão na área administrativa.

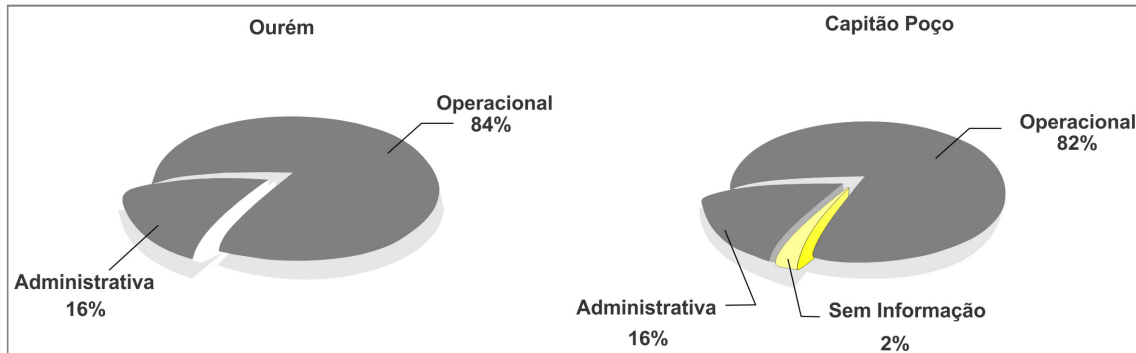


Figura 7.9 - Distribuição da mão de obra por tipo de atividade nos municípios de Ourém e Capitão Poço.

8 LEGISLAÇÃO MINERÁRIA E AMBIENTAL

No modelo de ordenamento constitucional brasileiro para o aproveitamento das riquezas minerais, 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, as minerárias e ambientais. Tal atividade é disciplinada pela Constituição Federal, pelo Código de Mineração – Decreto-Lei nº 227/1967 (BRASIL, 1967) com as alterações referentes às leis nº 13.540 (BRASIL, 2017) (decorrente da MP 789/2017), 13.575 (BRASIL, 2017), (decorrente da MP 791/2017), Decreto nº 9.587 (BRASIL, 2018), Decreto 9.406 (BRASIL, 2018), Decreto 9.407 (BRASIL, 2018), pela fiscalização e regulamentações que emanam da Agência Nacional de Mineração (ANM), além de regulamentações do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Com base nas referências legais supracitadas as seguintes considerações devem ser explicitadas:

- As riquezas minerais, de acordo com a Constituição do país pertencem a União e não ao proprietário da área onde as mesmas se localizam;

- A Agência Nacional de Mineração é o órgão que regulamenta e fiscaliza a pesquisa, extração e comercialização de bens minerais no país;

- O direito ao aproveitamento do recurso mineral será prioridade do interessado cujo requerimento tenha por objeto a área considerada livre, para a finalidade pretendida à data de protocolização do pedido na ANM, atendidos os demais requisitos cabíveis;

- O Código de Mineração – Decreto-Lei nº 227 (BRASIL, 1967) é o diploma que detalha sobre pesquisa, extração e comercialização de massas individualizadas de substâncias minerais ou fósseis, encontradas na superfície ou no interior da terra, formando os recursos minerais;

- As regras para obter o direito de extrair uma substância mineral não são exatamente as mesmas em todos os casos, pois dependem do tipo de substância.

8.1 REGIMES DE APROVEITAMENTO DE RECURSOS MINERAIS

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, definida pelo Código de Mineração – Decreto-Lei nº 227 (BRASIL, 1967), contemple os seguintes regimes de aproveitamento de recursos minerais: Concessão, Autorização Licenciamento, Registro de Extração, Permissão de Lavra Garimpeira, e de Monopólio. No presente trabalho apenas serão discutidos os regimes de Licenciamento, Autorização e Concessão, e Registro de Extração, por serem os únicos que se aplicam aos insumos minerais enfocados no presente projeto.

8.1.1 Regime de licenciamento

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

De acordo com a Lei nº 6.567 (BRASIL, 1978), alterada pela Lei nº 8.982 (BRASIL, 1995), e a Portaria DNPM nº 266, de 10 de julho de 2008 (DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL, 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 na Agência Nacional de Mineração (ANM), 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 da ANM, 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 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 a ANM, 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 da ANM, 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 da ANM, 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. 41 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.

8.1.2 Regime de autorização e concessão

O regime de Autorização e Concessão, de acordo com o art. 2º do Código de Mineração de 1967 (BRASIL, 2011), 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 do Diretor Geral da ANM, 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 pela ANM, cabendo ao titular do direito ainda a obrigação de indenizar ao superficiário por eventuais danos às benfeitorias.

8.1.3 Regime de registro de extração

O Regime de Registro de Extração, de acordo com o art. 13, parágrafo único, I, do Decreto nº 9.406 (BRASIL, 2018), destina-se a utilização exclusiva dos órgãos da administração direta e autárquica da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, aos quais, em conformidade com a Resolução nº 1, de 10 de dezembro de 2018 (AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO, 2018), será permitida 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 devem ser executadas as obras, e é vetada à comercialização. Por tal instituto o prazo concedido para a extração é determinado pela ANM, de acordo com as necessidades da obra e a extensão da área objetivada no requerimento, sendo possível uma única renovação.

Vale ainda ressaltar, os seguintes pontos referentes ao regime de Registro de Extração:

- Somente pode ser aproveitado para as substâncias enumeradas taxativamente na Portaria nº 23 do Ministro de Minas e Energia, de 3 de fevereiro de 2000 (BRASIL, 2000), como sendo de emprego imediato na construção civil: 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;

- Depende de registro na ANM. A extração fica adstrita à área máxima de cinco hectares;

- Poderá ser requerido em área considerada livre, nos termos do art. 8º, do Decreto nº 9.406, de 12 de junho de 2018 (BRASIL, 2018), e nas seguintes hipóteses: a) em área aguardando publicação de edital de declaração de disponibilidade, a critério da ANM; b) em área onerada, desde que o titular do direito minerário preexistente autorize expressamente a extração.

- O Registro de Extração será requerido à ANM, por intermédio da unidade regional da entidade em cuja circunscrição se localize a área pretendida, onde será mecânica e cronologicamente numerado e registrado;

- O prazo do Registro de Extração será determinado e ao juízo da ANM, com base nas necessidades da obra devidamente especificada a ser executada e a extensão da área objetivada no requerimento, admitida uma única prorrogação.

É importante destacar que os trabalhos de movimentação de terras e de desmonte de materiais *in natura* que se fizerem necessários à abertura de vias de transporte, obras gerais de terraplenagem e de edificações, não estão sujeitos aos preceitos do Código de Mineração, desde que não haja comercialização dos materiais resultantes dos referidos trabalhos, ficando o seu aproveitamento restrito à utilização na própria obra.

8.2 TAXA ANUAL POR HECTARE

De acordo com a ANM, a Taxa Anual por Hectare (TAH) foi instituída pela Lei nº 7.886, de 20 de novembro de 1989 (BRASIL, 1989), posteriormente alterada pela Lei nº 9.314, de 14 de novembro de 1996 (BRASIL, 1996), 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 a ANM.

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.

8.3 COMPENSAÇÃO FINANCEIRA PELA EXPLORAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS

A Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) foi prevista na Constituição Federal de 1988, em seu Art. 20, § 1º, instituída pelas Leis nº 7.990 (BRASIL, 1989) e 8.001 (BRASIL, 1990) e regulamentada

pelo Decreto nº 01 de 11 de janeiro de 1991 (BRASIL, 1991) e, a partir de então, passou a ser exigida a quem exerce atividade de mineração em decorrência da exploração ou extração de recursos minerais. A CFEM 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. A ANM compete baixar normas e exercer fiscalização sobre a arrecadação da CFEM (Lei Nº 8.876/94, art. 3º - inciso IX).

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.

De acordo com a Lei nº 13.540, de 18 de dezembro de 2017 (BRASIL, 2017) (decorrente da conversão da Medida Provisória nº 789 de 2017), a alíquota, para efeito de CFEM (Compensação Financeira pela Exploração Mineral), referente a rochas, areias, cascalhos, saibros e demais substâncias minerais para uso imediato da construção civil, além de rochas ornamentais, águas minerais e termais, na venda, será de 1%, sobre a receita bruta da venda, deduzidos os tributos incidentes sobre a sua comercialização.

A distribuição da CFEM, com base nas alterações ocorridas no art. 2º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990 (BRASIL, 1990), passa a vigorar com os seguintes percentuais e critérios: a) 7% (sete por cento) para a ANM; b) 1% (um por cento) para o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT); c) 1,8% (um inteiro e oito décimos por cento) para o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), vinculado ao Ministério da Ciência e, Tecnologia, Inovações e Comunicações; d) 0,2% (dois décimos por cento) para o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e) 15% (quinze por cento) para o Distrito Federal e os Estados onde ocorrer a produção; f) 60% (sessenta por cento) para o Distrito Federal e os municípios onde ocorrer a produção; g) 15% (quinze por cento) para o Distrito Federal e os municípios, quando afetados pela atividade de mineração e a produção não ocorrer em seus territórios.

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 específico, 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.

8.4 LICENCIAMENTO AMBIENTAL

A lei nº 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 (BRASIL, 1989), em seu art. 10, 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 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 1997), 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 nº 9 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 1990), 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, 1989).

8.4.1 Licenciamento ambiental no regime de registro de licenciamento

O Licenciamento ambiental, de acordo com a Resolução CONAMA nº 10 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 1990), 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.

8.4.2 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, 1989), 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. 16, da Lei nº 7.805, de 18 de Julho de 1989 (BRASIL, 1989), 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 CONAMA nº 9 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 1990), bem como com o art. 1º, Parágrafo Primeiro, da Resolução CONAMA nº 237 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 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.

8.4.3 Licenciamento ambiental no regime de registro de extração

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

8.5 O INTERESSE SOCIAL DAS ATIVIDADES DE EXTRAÇÃO DE AREIA, ARGILA, SAIBRO E CASCALHO, NA LEI Nº 12.651/2012

Algumas das frentes de extração de insumos minerais para uso imediato na construção civil, existentes nos municípios de Ourém e Capitão Poço, de acordo com a Lei nº 12.651 (BRASIL, 2012), situam-se no domínio de Áreas de Preservação Permanente, definidas como aquelas protegidas, cobertas 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. Tal condição, embora em princípio inviabilize o processo de extração dessas substâncias, pela impossibilidade legal de supressão de vegetação nessas áreas, 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 Área 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, outorgada pela autoridade competente, uma vez que tais atividades são consideradas, conforme explicita o art. 3º, IX, Alínea “f”, da Lei nº 12.651 (BRASIL, 2012), como de interesse social.

9 CONCLUSÕES

Os depósitos de areia e seixo da região de Ourém e Capitão-Poço, nordeste do estado do Pará, são explorados de estratos sedimentares de idades do Mioceno, predominantemente terrígenos atribuídos à Formação Barreiras. Estes depósitos estão relacionados a sedimentos depositados em um sistema de leque aluvial que esteve conectado a um sistema fluvial entrelaçado amplo e bem desenvolvido, instalado após o último avanço transgressivo na Plataforma Bragantina. Embora haja uma moderada diversidade faciológica, estratos predominantemente seixosos são espessos e lateralmente contínuos e constituem o alvo principal da atividade mineral. A fácies Cm - Conglomerado com acamamento maciço, que representa o horizonte superior da associação de fácies AF1 - Leque aluvial proximal, é aquela efetivamente explorada. A fácies Cm ocorre em camadas com espessura média de 2 metros, e é caracterizada por um conglomerado composto principalmente por seixos de quartzo, além de seixos de quartzitos, em matriz predominantemente arenosa. Às vezes caracteriza depósitos altamente lixiviados, constituídos por conglomerado oligomítico com seixos de quartzo imersos em matriz predominantemente arenosa, coloração esbranquiçada, com espessura média de 2 metros. Os seixos apresentam diâmetros que variam de 1 a 5 cm e, conjuntamente com o material arenoso, constituem o nível de material lavrado.

Embora rochas do Cinturão Gurupi sejam a provável área-fonte dos sedimentos de areia e seixos, áreas mais distantes da bacia deposicional não podem ser descartadas. As idades obtidas a partir da datação por Luminescência Óptica Estimulada (LOE) forneceram idades de *ca.* 84.000 e 110.000 anos, interpretadas como a idade da última exposição (paleosuperfícies) desses depósitos durante o Pleistoceno.

Os agregados foram submetidos a análises seguindo as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e se mostraram, na maioria das análises, dentro das normas, no que se refere a sua utilização na construção civil. Por outro lado, para utilização na indústria do vidro, o material *in natura*, se apresentou fora dos parâmetros exigidos para estes fins. Embora esses dados tenham relevância qualitativa eles não podem ser considerados conclusivos, e necessitam ser reavaliados em trabalhos posteriores, que devem levar em consideração, principalmente, um número maior de amostragem e resultados.

Até o momento, a produção desses agregados tem sido desenvolvida sem priorizar o conhecimento geológico, as técnicas de lavra e a destinação final dos resíduos. Além disso, a falta da recuperação das áreas degradadas resulta em múltiplos impactos ambientais comumente associados a essa atividade. Os trabalhos de recuperação de áreas degradadas, quando existem, têm caráter incipiente e se baseiam na implementação de medidas restritas à revegetação da área minerada. A partir da avaliação dos impactos ambientais (metodologia da “lista de verificação”) foi possível identificar, durante a atividade de lavra e beneficiamento, os principais agentes causadores de danos ao meio ambiente, sejam aqueles relacionados a impactos físicos (supressão da cobertura vegetal, erosão dos solos e assoreamento dos cursos d’água) ou biológicos (poluição dos recursos hídricos). No caso de boas práticas para lavra, sugere-se como medida mitigadora, a utilização do método de “lavra em tiras”, onde o material estéril é acumulado dentro dos cortes formados nas etapas anteriores de desenvolvimento da mina.

REFERÊNCIAS

- ABREU, F. A. M.; VILLAS, R. N. N.; HASUI, Y. Esboço estratigráfico do Pré-cambriano da região do Gurupi; estados do Pará e Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., Camboriú. **Resumos** [...]. Camboriú: SBG, 1980. v. 2, p. 647-658.
- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **Resolução nº 1, de 10 de dezembro de 2018**. Disciplina o registro de extração, previsto no inciso I do parágrafo único do art. 13 do Decreto nº 9.406, de 12 de junho de 2018. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 de dezembro de 2018. Disponível: http://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/KujrwOTZC2Mb/content/id/54735724/do1-2018-12-12-resolucao-n-1-de-10-de-dezembro-de-2018-54735502 Acesso em: 20 de dez. 2019.
- AGUILERA, O.; SCHWARZHANS, W.; MORAES-SANTOS, H.; NEPOMUCENO, A. Before the flood: Miocene otoliths from eastern Amazon Pirabas Formation reveal a Caribbean-type fish fauna. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 56, p. 422-446, 2014.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **C 123**: Standard test method for lightweight particles in aggregate. United States: ASTM, 2014.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **C 1218**: Standard Test Method for Water-Soluble Chloride in Mortar and Concrete. United States: ASTM, 2018.
- ANAISSE JUNIOR, J. **Fácies costeiras dos depósitos Itapecuru (Cretáceo), região de Açailândia, Bacia do Grajaú**. 1999. 86 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5564**: via férrea - lastro ferroviário - requisitos e métodos de ensaio. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 26 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5737**. Cimentos Portland resistentes a sulfatos. Rio de Janeiro, ABNT, 1992. 4 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**. Agregados para concreto - especificação. 3. ed. Rio de Janeiro, ABNT, 2009. 9 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7218**: agregados - determinação do teor de argila em torrões e materiais fríaveis. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2010. 7 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7221**: agregado - índice de desempenho de agregado miúdo contendo impurezas orgânicas - método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 4 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7389**: apreciação petrográfica de materiais naturais, para utilização como agregado em concreto. 1. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 7 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7809**: agregado graúdo - determinação do índice de forma pelo método do paquímetro - método de ensaio. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2008. 3 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9917**: agregados para concreto - Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 10 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9935**: agregados - terminologia. 3. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 12 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14832**: cimento portland e clínquer - determinação de cloreto pelo método do íon seletivo. Rio de Janeiro: ABNT, 2002. 5 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15557-1**: agregados - reatividade álcali-agregado. Parte 1: guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2008a. 15 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15557-3**: agregados - reatividade álcali-agregado. Parte 3: análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2008b. 8 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 46**: agregados - determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. 1. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 6 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 49**: agregado fino - determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro: ABNT, 2001. 3 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 51**: agregado graúdo - ensaio de abrasão "Los Angeles". 1. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2001. 6 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: agregados - determinação da composição granulométrica. 1. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM ISO 3310-1**: peneiras de ensaio - requisitos técnicos e verificação Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico (ISO 3310-1, IDT). Rio de Janeiro: ABNT, 2010. 20 p.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES DE PRODUTORES DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Anuário ANEPAC 2012**. São Paulo: ANEPAC, 2012. Disponível em: <http://www.anepac.org.br/publicacoes/anuario/item/126-anuario-2012> Acesso em: 07 ago. 2020.

ARAI, M.; UESUGUI, N.; ROSSETTI, D.; GÓES, A. Considerações sobre a idade do Grupo Barreiras no nordeste do Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., 1988, Belém. **Anais** [...]. Belém: SBG, v. 2, p. 738-752, 1988.

BAAR, R.; CONCEIÇÃO, M. C. A. Diversity of secondary vegetation as a function of stand age and different forms of utilisation. In: **SHIFT WORKSHOP**, 1., 1993, Belém. Summaries of lectures and posters. Belém: SHIFT, 1993. p. 154-155.

BRASIL. **Código de Mineração**: e legislação correlata. 2. ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2011. Coleção ambiental, v. 2. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/496300/000961769.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 01 out. 2020.

BRASIL. **Decreto nº 1, de 11 de janeiro de 1991**. Regulamenta o pagamento da compensação financeira instituída pela Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/d0001.htm. Acesso em: 01 out. 2020.

BRASIL. **Decreto nº 3.358 de 2 de fevereiro de 2000**. Regulamenta o disposto na Lei no 9.827, de 27 de agosto de 1999, que "acrescenta parágrafo único ao art. 2º do Decreto-Lei no 227, de 28 de fevereiro de 1967, com a redação dada pela Lei nº 9.314, de 14 de novembro de 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3358.htm. Acesso em: 20 mar. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 9.406, de 12 de junho de 2018**. Regulamenta o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, a Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978, a Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989, e a Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9406.htm. Acesso em: 20 mar. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 9.407, de 12 de junho de 2018**. Regulamenta o disposto no inciso VII do § 2º e no § 5º do art. 2º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9407.htm. Acesso em: 20 mar. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 9.587, de 27 de novembro de 2018**. Instala a Agência Nacional de Mineração e aprova a sua Estrutura Regimental e o seu Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9587.htm. Acesso em: 20 mar. 2019.

www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9587.htm. Acesso em: 20 mar. 2019.

BRASIL. **Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967**. Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940. (Código de Minas). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0227.htm. Acesso em: 20 mar. 2014.

BRASIL. **Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978**. Dispõe sobre regime especial para exploração e o aproveitamento das substâncias minerais que especifica e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6567.htm. Acesso em: 20 mar. 2014.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acesso em: 20 mar. 2016.

BRASIL. **Lei nº 7.804, de 18 de julho de 1989**. Altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, a Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989, a Lei nº 6.803, de 2 de julho de 1980, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7804.htm. Acesso em: 01 out. 2020.

BRASIL. **Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989**. Altera o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, cria o regime de permissão de lavra garimpeira, extingue o regime de matrícula, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7805.htm. Acesso em: 01 out. 2020.

BRASIL. **Lei nº 7.886, de 20 de novembro de 1989**. Regulamenta o art. 43 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7886.htm. Acesso em: 01 out. 2020.

BRASIL. **Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989**. Institui, para os Estados, Distrito Federal e Municípios, compensação financeira pelo resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, de recursos minerais em seus respectivos territórios, plataformas continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, e dá outras providências. (Art. 21, XIX da CF). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7990.htm. Acesso em: 20 mar. 2014.

BRASIL. **Lei nº 8.001**, de 13 de março de 1990. Define os percentuais da distribuição da compensação financeira de que trata a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e dá outras providências. Disponível em: [planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8001.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8001.htm). Acesso em: 4 mar. 2020.

BRASIL. Lei nº 8.982, de 24 de janeiro de 1995. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 jan.1995.

Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8982.htm. Acesso em: 4 mar. 2020.

BRASIL. **Lei nº 9.314**, de 14 de novembro de 1996. Altera dispositivos do Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9314.htm. Acesso em: 4 mar. 2020.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 4 mar. 2020.

BRASIL. **Lei nº 13.540, de 18 de dezembro de 2017**. Altera as Leis nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e 8.001, de 13 de março de 1990, para dispor sobre a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13540.htm. Acesso em: 20 mar. 2019.

BRASIL. **Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017**. Cria a Agência Nacional de Mineração (ANM); extingue o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM); altera as Leis nº 11.046, de 27 de dezembro de 2004, e 10.826, de 22 de dezembro de 2003; e revoga a Lei nº 8.876, de 2 de maio de 1994, e dispositivos do Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13575.htm. Acesso em: 20 mar. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Gestão Participativa. **IDB-2011 Brasil - Indicadores e Dados Básicos para a Saúde**. Rio de Janeiro: Editora MS, 2011. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/idb2011/folder.htm>. Acesso em: abr. 2020.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Portaria nº 23, de 3 de fevereiro de 2000. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 04 fev. 2000. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=67&IDPagina=84&IDLegislacao=635>. Acesso em: 27 fev. 2020.

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY. **Mineral Planning Factsheet**. Silica Sand, 2004, 9 p.

COLLINSON, J. D. Alluvial sediments. *In*: READING, H. G. **Sedimentary environments: processes, facies, and stratigraphy**. 3rd ed. Oxford: John Wiley & Sons, 1996. p. 37-81.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). **Resolução nº 9, de 6 de dezembro de 1990**. Dispõe sobre normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral, classes I, III a IX. Brasília, DF: MMA, 1990. 3 p. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=106>. Acesso em: 10 out. 2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). **Resolução nº 10, de 6 de dezembro 1990**. Dispõe sobre normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral, classe II. Brasília, DF: MMA, 1990. 2 p. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=107>. Acesso em: 24 mar. 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). **Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997**. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Brasília, DF: MMA, 1997. 9 p. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237>. Acesso em: 24 mar. 2018.

CORDEIRO, I. M. C. C.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; SCHWARTZ, G.; Oliveira, F. A. **Nordeste Paraense: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias**. Belém: EDUFRA, 2017.

COSTA, M. L. Petrologia e geoquímica dos xistos carbonosos de Santa Luzia (Ourém-PA). *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 2., 1985, Belém. **Anais** [...]. Belém: SBG-Núcleo Norte, 1985, v. 2, p. 18-32.

COSTA, J. L. (org.). **Castanhal**: folha SA.23-V-C: estado do Pará. Brasília: CPRM, 2000. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB).

COSTA, J. L.; RICCI, P. S. F. Estratigrafia. *In*: COSTA, J. L. (org.). **Castanhal**: folha SA.23-V-C: estado do Pará. Brasília: CPRM, 2000. p. 13. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB).

COSTA, J. L.; ALMEIDA, H. G. G.; RICCI, P. S. F. Metamorfismo e divisão tectono-estratigráfica do grupo Gurupi no nordeste do Pará e noroeste do Maranhão. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 5., Belém. **Resumos expandidos** [...]. Belém: SBG-Núcleo Norte, 1996. p. 110-112.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Portaria nº 266, de 10 de julho de 2008**. Dispõe sobre o processo de registro de licença e altera as Normas Reguladoras de Mineração aprovadas pela Portaria nº 237, de 18 de outubro de 2001. Disponível em: <http://antigo.anm.gov.br/portal/aceso-a-informacao/legislacao/portarias-do-diretor-geral-do-dnpm/portarias-do-diretor-geral/portaria-no-266-em-10-07-2008-do-diretor-geral-do-dnpm/view>. Acesso em: 01 out. 2020.

FARIAS, E. S.; NASCIMENTO, F. S.; FERREIRA, M. A. A. **Estágio de campo III**: relatório final: área Belém/Outeiro. Belém, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 1992. 247 p.

FERNANDES, M. J. G.; TÁVORA, V. A. Estudo dos foraminíferos da formação Pirabas procedentes do furo CB-UFGA-PI (85), município de Capanema, estado do Pará. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., 1990, Natal. **Anais** [...]. Natal: SBG, 1990. p. 470-475.

FERREIRA, C. S. Contribuição à paleontologia do estado do Pará. A presença da espécie atual *Miltha*

- childreni* (Gray, 1824), na Formação Pirabas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 20., 1996, Vitória. **Resumos** [...]. Vitória: SGB, 1966. p. 79.
- FERREIRA, C. S. Contribuição à paleontologia do estado do Pará. O gênero *Orthaulax Gabb*, 1872 na Formação Pirabas. In: SIMPÓSIO SOBRE A BIOTA AMAZÔNICA, 1., 1996, Belém. **Atas** [...]. Rio de Janeiro: CNPq, 1967. p. 169-181.
- GÓES, A. M. **Estudo sedimentológico dos sedimentos Barreiras, Ipixuna e Itapecuru, no Nordeste do Pará e Nordeste do Maranhão**. 1981. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Geologia) - Universidade Federal do Pará, Belém, 1981.
- GÓES, A. M. O.; SOUZA, J. M. P.; TEIXEIRA, L. B. Estágio exploratório e perspectivas petrolíferas da Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v.4, n. 1 p. 55-64, 1990.
- HERMANN, H. **Política de aproveitamento de areia no estado de São Paulo**: dos conflitos existentes às compatibilizações possíveis. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 1992. (Série Estudos e Documentos, 18).
- IBGE. **Território e População**. 2010. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/capitao-poco/pesquisa/16/12705>. Acesso em: 07 abr. 2020.
- IBGE. **Território e População**. 2018. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/capitao-poco/pesquisa/24/76693>. Acesso em: 07 abr. 2020.
- IBGE. **Socioeconomia**. 2013. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/sociedade-e-economia.html>. Acesso em: 07 abr. 2020.
- INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ. 2014. Disponível em: <http://www.idesp.pa.gov.br>.
- KLEIN, E. L.; MOURA, C. A.; KRYMSKY, R. S.; GRIFFIN, W. L. The Gurupi belt in northern Brazil: lithostratigraphy, geochronology, and geodynamic evolution. **Precambrian Research**, v. 141, n. 3-4, p. 83-105, 2005.
- LA SERNA, H. A.; REZENDE, M. M. **Agregados para a construção civil**. Brasília: DNPM, 2009.
- LOWELL, G. R.; VILLAS, R. N. N. Petrology of nepheline syenite gneiss from Amazonian Brazil. **Geological Journal**, v. 18, n. 1, p. 53-75, 1983.
- 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, 2005. cap. 5, p. 107-126.
- LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. (ed.). **Rochas e minerais industriais**: usos e especificações. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2008. 990p.
- MACEDO FILHO, G.; ALFONSO, P.; SOUZA, J. C. Lavra em tiras - uma alternativa econômica e ambiental na mineração de gipsita no polo gessífero do Araripe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MINAS A CÉU ABERTO, 7., 2012, Belo Horizonte. **Anais** [...]. Brasília: IBRAM, 2012.
- MELO, A. F. F.; OLIVEIRA, J. G. F. **Estudo dos granitoides da região nordeste do Pará para produção de brita**. Belém: Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 2020. 84 p. (Informe de Recursos Minerais. Série Rochas e Minerais Industriais; 29)
- MIALL, A. D. Alluvial deposits. In: Walker, R. G.; JAMES, N. P. (ed.). **Facies Models**: response to sea level changes. St John's (Canada): Geological Association of Canada, 1992. p. 119-141.
- MIALL, A. D. A review of the braided-rivers depositional environment. **Earth Science Review**, v. 13, n. 1, p. 1-62, 1977.
- NETTO, R. G.; ROSSETTI, D. F. Ichnology and salinity fluctuations: a case study in the Early Miocene (Lower Barreiras Succession) of São Luís Basin, Maranhão, Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 6, p. 5-18, 2003.
- NOGUEIRA, G.S.J.; CHAGAS, S.V.M. **Mapeamento dos agregados usados na região metropolitana de Belém na produção de concreto**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.
- NILSEN, T. H.; ZUFFA, G. G. The Chugach Terrane, a Cretaceous trench-fill deposits, Southern Alaska. In: LEGGETT, J. K. **Trench-Forearc Geology**: Sedimentation and Tectonics on Modern and Ancient Active Plate Margins. 9 ed. London: The Geological Society of London, 1982. p. 213-227. (Special Publication, 10).
- PALHETA, E. S. M. **Evolução geológica da região nordeste do Estado do Pará com base em estudos estruturais e isotópicos de granitoides**. 2001. 143 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Geologia) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2001.
- PETRI, S. Ocorrências de foraminíferos fósseis no Brasil. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, Geologia**, v. 7, p. 21-42, 1952.
- PETRI, S. Foraminíferos fósseis da Bacia do Marajó. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, Geologia**, n. 11, p. 4-144, 1954.
- PETRI, S. Foraminíferos miocênicos da Formação Pirabas. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, Geologia**, n. 16, p. 1-79, 1957.
- PETRI, S.; FULFARO, V. J. **Geologia do Brasil (Fanerozóico)**. São Paulo: T. A. Queiroz; EDUSP, 1983.
- RICCI, P. S. F. Metamorfismo e deformação. In: COSTA, J. L. (org.). **Castanhais**: folha SA.23-V-C; estado do Pará. Brasília: CPRM, 2000. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB).
- ROSSETTI, D. F. Influence of low amplitude/high frequency relative sea-level changes in a wave-dominated estuary (Miocene), São Luís Basin, northern Brazil. **Sedimentary Geology**, v. 133, n. 3-4, p. 295-324, 2000.

- ROSSETTI, D. F. Paleosurfaces from northeastern Amazonia as a key for reconstructing paleolandscapes and understanding weathering products. **Sedimentary Geology**, v. 169, n. 3, p. 151-174, 2004.
- ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M. Geologia. In: ROSSETTI D.F.; GÓES A. M. (ed.). **O Neógeno da Amazônia Oriental**. Belém: Editora do Museu Paraense Emílio Goeldi, 2004. p. 13-52. (Coleção Friederich Katzer).
- ROSSETTI, D. F.; SANTOS JR., A. E. A. Facies architecture in a tectonically-influenced estuarine incised valley fill of Miocene age, Northern Brazil. **Journal of South America Earth Sciences**, v. 17, n. 4, p. 267-284, Dec. 2004.
- ROSSETTI, D. F.; BEZERRA, F. H. R.; DOMINGUEZ, J. M. L. Late Oligocene-Miocene transgressions along the equatorial and eastern margins of Brazil, **Earth-Science Reviews**, v. 123, p. 87-112, 2013.
- ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; SOUZA, L. S. B. Estratigrafia da sucessão sedimentar Pós-Barreiras (Zona Bragantina, Pará) com base em radar de penetração no solo. **Revista Brasileira de Geofísica**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 113-130, maio/ago. 2001.
- ROSSETTI, D. F.; ROCCA, R. R.; TATUMI, S. H. Evolução dos Sedimentos Pós-Barreiras na zona costeira da Bacia São Luís, Maranhão, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, v. 8, n. 1, p. 11-25, 2013.
- ROSSETTI, D. F.; TRUCKENBRODT, W.; GÓES, A. M. Estudo paleoambiental e estratigráfico dos Sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras na região Bragantina, nordeste do Pará. **Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências da Terra**, v. 1, p. 25-74, 1989.
- SCHWARTZ, G. Manejo sustentável de florestas secundárias: espécies potenciais no nordeste do Pará, Brasil. **Amazônia: Cia & Desenvolvimento**, Belém, v. 3, n. 5, p. 125-147, 2007.
- TATUMI, S. H.; SILVA, L. P.; PIRES, E. L.; ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; MUNITA, C. S. Datação de Sedimentos Pós-Barreiras no norte do Brasil: implicações paleogeográficas. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, n. 3, p. 514-524, 2008.
- TÁVORA, V.; FERNANDES, J. M. Estudio de los foraminíferos de la Formación Pirabas (Mioceno Inferior), Estado de Pará, Brasil, y su correlación con faunas del Caribe. **Revista Geológica de América Central**, San Jose, v. 22, p. 63-74, 1999.
- TÁVORA, V. A.; SILVA JR., O. G. Icnofósseis da Formação Pirabas (Eomioceno) na baía de Inajá, Estado do Pará. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Rio de Janeiro, v. 2, p. 162-163, 2001.
- TÁVORA, V. A.; IMBELONI, E. F. F.; CACELA, A. S. M.; BAIA, N. B. Paleoinvertebrados. In: ROSSETTI D.F.; GÓES A. M. (ed.). **O Neógeno da Amazônia Oriental**. Belém: Editora do Museu Paraense Emílio Goeldi, 2004. p. 111-131. (Coleção Friederich Katzer).
- TRUCKENBRODT, W.; ALVES, R. J. Sobre a petrologia do arenito Guamá, região de São Miguel do Guamá, NE do estado do Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Geologia**, Belém, n. 27, p. 1-22, 1982.
- VASQUEZ, M. L.; ROSA-COSTA, L. T. (org.). **Geologia e recursos minerais do estado do Pará**: Sistema de Informações Geográficas - SIG: texto explicativo dos mapas geológico e tectônico e de recursos minerais do estado do Pará. Belém: CPRM, 2008.
- VIEIRA, I. C. G.; NEPSTAD, D. C.; SALOMÃO, R. P.; ROMA, J.; ROSA, N. A. Região Bragantina: As florestas secundárias após um século de agricultura na Amazônia. **Revista Ciência Hoje**, São Paulo, n. 119, p. 38-44, 1996.
- VILLAS, R. N. N. Geocronologia das intrusões ígneas na bacia do rio Guamá, nordeste do Estado do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 2., 1982, Belém. **Anais [...]**. Belém: SBG, 1982. v. 1, p. 233-247.
- VILLAS, R. N. N. O granito de duas micas Ney Peixoto, nordeste do Estado do Pará: caracterização petrográfica, petroquímica e contexto tectônico. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 7., 2001, Belém. **Resumos expandidos [...]**. Belém: SBG, 2001. 1 CD-ROM.
- WALKER, R. G. Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. In: WALKER, R. G; JAMES, N. P (ed.). **Facies Models: Response to Sea Level**. St. John's (Canada): Geological Association of Canada, 1992. p. 1-25.
- WENTWORTH, C. K. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. **The Journal of Geology**, v. 30, n. 5, p. 377-392, 1922.
- WIZEVIC, M. C. Photomosaics of outcrops: useful photographic techniques. In: MIALL, A. D.; TYLER, N. (ed.). **The three-dimensional facies architectural of terrigenous clastic sediments and its implication for hydrocarbon Discovery and recovery**. Tulsa: SEMP, 1991. p. 22-24. (Concepts in sedimentology and Paleontology, 3).

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 Bacia do Paraná, 2000.
Nº 22 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Tabuleta - Mato Grosso, 2000.
Nº 23 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Rio Alegre - Mato Grosso, 2000.
Nº 24 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Figueira Branca/Indiavaí - Mato Grosso, 2000.
Nº 25 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar das Áreas Jaburu, Caracarái, Alto Tacutu e Amajari - Roraima, 2000.
Nº 26 - Prospecção Geológica e Geoquímica no Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra da Onça - Pará, 2001.
Nº 27 - Prospecção Geológica e Geoquímica nos Corpos Máfico-Ultramáficos da Suíte Intrusiva Cateté - Pará, 2001.
Nº 28 - Aspectos geológicos, Geoquímicos e Metalogenéticos do Magmatismo Básico/Ultrabásico do Estado de Rondônia e Área Adjacente, 2001.
Nº 29 - Geological, Geochemical and Potentiality Aspects of Ni-Cu-PGE Deposits of the Paraná Basin Magmatism, 2001.
Nº 30 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica da Área Barro Alto - Goiás, 2010.

SÉRIE MAPAS TEMÁTICOS DE OURO - ESCALA 1:250.000

- Nº 01 - Área GO-09 Aurilândia/Anicuns - Goiás, 1995.
Nº 02 - Área RS-01 Lavras do Sul/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 Mucajá - Roraima, 2000.
- Nº 73 - Área RR-06 Rio Amajari - Roraima, 2000.
- Nº 74 - Área BA-03 Jacobina Norte - Bahia, 2000.
- Nº 75 - Área MG-04 Serro - Minas Gerais, 2000.
- Nº 76 - Área BA-02 Itapicuru Sul - Bahia, 2000.
- Nº 77 - Área MG-03 Conselheiro Lafaiete - Minas Gerais, 2000.
- Nº 78 - Área MG-05 Itabira - Minas Gerais, 2000.
- Nº 79 - Área MG-09 Riacho dos Machados - Minas Gerais, 2000.
- Nº 80 - Área BA-14 Correntina - Bahia, 2000.
- Nº 81 - Área BA-12 Boquira Sul - Bahia, 2000
- Nº 82 - Área BA-13 Gentio do Ouro - Bahia, 2000.
- Nº 83 - Área BA-08 Rio de Contas/Ibitiara Sul - Bahia, 2000.
- Nº 84 - Área MT-05 Cuiabá/Poconé - Mato Grosso, 2000.
- Nº 85 - Área MT-04 Jauru/Barra dos Bugres - Mato Grosso, 2000.

SÉRIE OURO - INFORMES GERAIS

- Nº 01 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1996.
- Nº 02 - Programa Nacional de Prospecção de Ouro - Natureza e Métodos, 1998.
- Nº 03 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1998.
- Nº 04 - Gold Prospecting National Program - Subject and Methodology, 1998.
- Nº 05 - Mineralizações Auríferas da Região de Cachoeira de Minas – Municípios de Manaíra e Princesa Isabel - Paraíba, 1998.
- Nº 06 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 2000.
- Nº 07 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/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, Salvador, 2011.
- Nº 14 - Projeto Fosfato Brasil – Estado de Mato Grosso – Áreas Araras/Serra do Caeté e Planalto da Serra, 2011.
- Nº 15 - Projeto Mineralizações Associadas à Plataforma Bambuí no Sudeste do Estado do Tocantins (TO) - Goiânia, 2012.
- Nº 16 - Rochas Carbonáticas do Estado de Rondônia, Porto Velho, 2015.
- Nº 17 - Projeto Fosfato Brasil - Parte II, Salvador, 2016.
- Nº 18 - Geoquímica Orientativa para Pesquisa de Fosfato no Brasil, Salvador, 2016.
- Nº 19 - Projeto Agrominerais da Região de Irecê -Jaguarari, Salvador, 2016.
- Nº 20 - Projeto Fosfato Brasil - Parte III - Bacia dos Parecis, Manaus, 2017.
- Nº 21 - Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil - Fase III: Bacia Sergipe-Alagoas, Sub-bacia Sergipe, Recife, 2017.
- Nº 22 - Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil - Fase III: Centro-leste de Santa Catarina, Salvador, 2018.
- Nº 23 - Avaliação do Potencial do Potássio no Brasil: Bacia do Amazonas, setor centro-oeste, Estados do Amazonas e Pará, Manaus, 2020.
- Nº 24 - Investigação de Anomalias Geofísicas no Escudo Sul-Rio-Grandense com Enfoque em Insumos Agrícolas, Porto Alegre, 2020.

SÉRIE PEDRAS PRECIOSAS

- Nº 01 - Mapa Gemológico da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, 1997.
- Nº 02 - Mapa Gemológico da Região Lajeado/Soledade/Salto do Jacuí - Rio Grande do Sul, 1998
- Nº 03 - Mapa Gemológico da Região de Ametista do Sul - Rio Grande do Sul, 1998.
- Nº 04 - Recursos Gemológicos dos Estados do Piauí e Maranhão, 1998.
- Nº 05 - Mapa Gemológico do Estado do Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 06 - Mapa Gemológico do Estado de Santa Catarina, 2000.
- Nº 07 - Aspectos da Geologia dos Pólos Diamantíferos de Rondônia e Mato Grosso - O Fórum de Juína - Projeto Diamante, Goiânia, 2010.
- Nº 08 - Projeto Avaliação dos Depósitos de Opalas de Pedro II – Estado do Piauí, Teresina, 2015.
- Nº 09 - Aluviões Diamantíferos da Foz dos Rios Jequitinhonha e Pardo - Fase I - Estado da Bahia, Salvador, 2015.
- Nº 10 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado de Minas Gerais, Brasília, 2017 (versão preliminar)
- Nº 11 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado de Rondônia, Brasília, 2017 (versão preliminar)
- Nº 12 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado do Mato Grosso, Brasília, 2017 (versão preliminar)
- Nº 13 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado da Bahia, Brasília, 2017 (versão preliminar)

SÉRIE OPORTUNIDADES MINERAIS - EXAME ATUALIZADO DE PROJETO

- Nº 01 - Níquel de Santa Fé - Estado de Goiás, 2000.

- Nº 02 - Níquel do Morro do Engenho - Estado de Goiás, 2000.
- Nº 03 - Cobre de Bom Jardim - Estado de Goiás, 2000.
- Nº 04 - Ouro no Vale do Ribeira - Estado de São Paulo, 1996.
- Nº 05 - Chumbo de Nova Redenção - Estado da Bahia, 2001.
- Nº 06 - Turfa de Caçapava - Estado de São Paulo, 1996.
- Nº 08 - Ouro de Natividade - Estado do Tocantins, 2000.
- Nº 09 - Gipsita do Rio Cupari - Estado do Pará, 2001.
- Nº 10 - Zinco, Chumbo e Cobre de Palmeirópolis - Estado de Tocantins, 2000.
- Nº 11 - Fosfato de Miriri - Estados de Pernambuco e Paraíba, 2001.
- Nº 12 - Turfa da Região de Itapuã - Estado do Rio Grande do Sul, 1998.
- Nº 13 - Turfa de Águas Claras - Estado do Rio Grande do Sul, 1998.
- Nº 14 - Turfa nos Estados de Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 15 - Nióbio de Uaupés - Estado do Amazonas, 1997.
- Nº 16 - Diamante do Rio Maú - Estado da Roraima, 1997.
- Nº 18 - Turfa de Santo Amaro das Brotas - Estado de Sergipe, 1997.
- Nº 19 - Diamante de Santo Inácio - Estado da Bahia, 2001.
- Nº 21 - Carvão nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, 1997.
- Nº 22 - Coal in the States of Rio Grande do Sul and Santa Catarina, 2000.
- Nº 23 - Kaolin Exploration in the Capim River Region - State of Pará - Executive Summary, 2000.
- Nº 24 - Turfa de São José dos Campos - Estado de São Paulo, 2002.
- Nº 25 - Lead in Nova Redenção - Bahia State, Brazil, 2001.

SÉRIE DIVERSOS

- Nº 01 - Informe de Recursos Minerais - Diretrizes e Especificações - Rio de Janeiro, 1997.
- Nº 02 - Argilas Nobres e Zeolitas na Bacia do Parnaíba - Belém, 1997.
- Nº 03 - Rochas Ornamentais de Pernambuco - Folha Belém do São Francisco - Escala 1:250.000 - Recife, 2000.
- Nº 04 - Substâncias Minerais para Construção Civil na Região Metropolitana de Salvador e Adjacências - Salvador, 2001.

SÉRIE RECURSOS MINERAIS MARINHOS

- Nº 01 – Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental Leste do Ceará - Recife, 2007.

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

- Nº 01 - Projeto Materiais de Construção na Área Manacapuru-Iranduba-Manaus-Careiro (Domínio Baixo Solimões) - Manaus, 2007.
- Nº 02 - Materiais de Construção Civil na região Metropolitana de Salvador - Salvador, 2008.
- Nº 03 - Projeto Materiais de Construção no Domínio Médio Amazonas - Manaus, 2008.
- Nº 04 - Projeto Rochas Ornamentais de Roraima - Manaus, 2009.
- Nº 05 - Projeto Argilas da Bacia Pimenta Bueno - Porto Velho, 2010.
- Nº 06 - Projeto Quartzo Industrial Dueré-Cristalândia - Goiânia, 2010.
- Nº 07 - Materiais de Construção Civil na região Metropolitana de Aracaju - Salvador, 2011.
- Nº 08 - Rochas Ornamentais no Noroeste do Estado do Espírito Santo - Rio de Janeiro, 2012.
- Nº 09 - Projeto Insumos Minerais para a Construção Civil na Região Metropolitana do Recife - Recife, 2012.
- Nº 10 - Materiais de Construção Civil da Folha Porto Velho - Porto Velho, 2013.
- Nº 11 - Polo Cerâmico de Santa Gertrudes – São Paulo, 2014.
- Nº 12 - Projeto Materiais de Construção Civil na Região Metropolitana de Natal - Recife, 2015.
- Nº 13 - Materiais de Construção Civil para Vitória da Conquista, Itabuna-Ilhéus e Feira de Santana - Salvador, 2015.
- Nº 14 - Projeto Materiais de Construção da Região de Marabá e Eldorado dos Carajás - Belém, 2015.
- Nº 15 - Panorama do Setor de Rochas Ornamentais do Estado de Rondônia - Porto Velho, 2015
- Nº 16 - Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Goiânia - Goiânia, 2015
- Nº 17 - Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Porto Alegre - Porto Alegre, 2016

- Nº 18 - Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Fortaleza - Fortaleza, 2016
- Nº 19 - Projeto Materiais de Construção Civil da Região da Grande Florianópolis - Porto Alegre, 2016
- Nº 20 - Projeto materiais de construção da região de Macapá - Estado do Amapá - Belém, 2016.
- Nº 21 - Projeto Materiais De Construção da Região Metropolitana de Curitiba - Estado do Paraná, 2016.
- Nº 22 - Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Luís e Entorno - Estado do Maranhão, 2017.
- Nº 23 - Panorama do Segmento de Rochas Ornamentais do Estado da Bahia, Salvador, 2019
- Nº 24 - Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Paulo - Estado de São Paulo, São Paulo, 2019.
- Nº 25 - Gipsita no sudoeste da Bacia sedimentar do Araripe - Estado de Pernambuco, Recife, 2019.
- Nº 26 - Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Belo Horizonte - Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.
- Nº 27 - Mapa de Potencialidades para Rochas Ornamentais do Estado do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.
- Nº 28 - Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Palmas - Estado do Tocantins, Goiânia, 2020.
- Nº 29 - Estudo dos granitoides da região nordeste do Pará para produção de brita - Estado do Pará, Belém, 2020.
- Nº 30 - Areia e seixo na região de Ourém-Capitão Poço, nordeste do Pará - Estado do Pará, Belém, 2020.

SÉRIE METAIS - INFORMES GERAIS

- Nº 01 - Projeto BANEIO - Bacia do Camaquã - Metalogenia das Bacias Neoproterozóico-eopaleozóicas do Sul do Brasil, Porto Alegre, 2008
- Nº 02 - Mapeamento Geoquímico do Quadrilátero Ferrífero e seu Entorno - MG – Rio de Janeiro, 2014.
- Nº 03 - Projeto BANEIO – Bacias do Itajaí, de Campo Alegre e Corupá - Metalogenia das Bacias Neoproterozoico-eopaleozoicas do Sul do Brasil, Porto Alegre, 2015

SÉRIE PROVÍNCIAS MINERAIS DO BRASIL

- Nº 01 - Áreas de Relevante Interesse Mineral – ARIM, Brasília, 2015
- Nº 02 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Tróia-Pedra Branca, Estado do Ceará, Fortaleza, 2015
- Nº 03 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Sudeste do Tapajós, Estado do Pará, Brasília, 2015.
- Nº 04 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Província Aurífera Juruena-Teles Pires-Aripuanã - Geologia e Recursos Minerais da Folha Ilha Porto Escondido - SC.21-V-C-III, Brasília, 2015.
- Nº 05 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Distrito Zinífero de Vazante - MG, Brasília, 2015.
- Nº 06 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Rochas Alcalinas da Porção Meridional do Cinturão Ribeira. Estados de São Paulo e Paraná, Brasília, 2015.
- Nº 07 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Sudeste de Rondônia, Brasília, 2016.
- Nº 08 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Seridó-Leste, extremo nordeste da Província Borborema (RN-PB), Brasília, 2016.
- Nº 09 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Porção sul da Bacia do Paraná, RS, 2017
- Nº 10 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Eldorado do Juma, Estado do Amazonas, AM, 2017
- Nº 11 - Áreas de Relevante Interesse Mineral: Cinturão Gurupi, Estados do Pará e Maranhão, Brasília, 2017.
- Nº 12 - Áreas de Relevante Interesse Mineral: Reserva Nacional do Cobre e Associados, Estados do Pará e Amapá, Belém, 2017.
- Nº 13 - Áreas de Relevante Interesse Mineral - Vale do Ribeira: Mineralizações Polimetálicas (Pb, Ag, Zn, Cu e Au - “Tipo Painéis”) em zonas de cisalhamento Rúptil, Cinturão Ribeira Meridional, SP-PR, São Paulo, 2017.
- Nº 14 - Área de Relevante Interesse Mineral - ARIM: Distrito Mineral de Paracatu-Unai (Zn-Pb-Cu), MG, 2018
- Nº 15 - Área de Relevante Interesse Mineral - Integração Geológica-Geofísica e Recursos Minerais do Cráton Luís Alves, RS, 2018.
- Nº 16 - Áreas de Relevante Interesse Mineral - Província Mineral de Carajás, PA: Estratigrafia e análise do Minério de Mn de Carajás - áreas Azul, Sereno, Buritirama e Antônio Vicente, PA, 2018.
- Nº 17 - Áreas de Relevante Interesse Mineral - Troia-Pedra Branca - Geologia e mineralização aurífera da sequência metavulcanossedimentar da Serra das Pipocas, Maciço de Troia, Ceará, Estado do Ceará, CE, 2018
- Nº 18 - Áreas de Relevante Interesse Mineral - Reavaliação da Província Estanífera de Rondônia, RO, 2019.
- Nº 19 - Áreas de relevante interesse mineral - Evolução Crustal e Metalogenia da Faixa Nova Brasilândia, RO, 2019.

- Nº 20 - Áreas de Relevante Interesse Mineral - Batólito Pelotas-Terreno Tijucas, Estado do Rio Grande do Sul, 2019.
- Nº 21 - Áreas de Relevante Interesse Mineral - Vale do Ribeira: mineralizações polimetálicas (Pb-Zn-Ag-Cu-Ba) associadas a Formação Perau, Cinturão Ribeira Meridional, Estado do Paraná, São Paulo, 2019.
- Nº 22 - Áreas de relevante interesse mineral - Evolução crustal e metalogenia da Província Mineral Juruena-Teles-Pires, MT, Goiânia, 2019.
- Nº 23 - Áreas de relevante interesse mineral - Projeto evolução crustal e metalogenia da Faixa Brasília setor centro-norte, GO-TO, Goiânia, 2019
- Nº 24 - Avaliação do Potencial Mineral do NW do Ceará, CE, Fortaleza, 2019.
- Nº 25 - Avaliação do Potencial Mineral das faixas Marginais da borda NW do Craton do São Francisco (Área Riacho do Pontal), PI, Teresina, 2019.
- Nº 26 - Avaliação do Potencial Mineral das faixas Marginais da borda NW do Craton do São Francisco (Área Rio Preto), PI, Teresina, 2019.
- Nº 27 - Áreas de Relevante Interesse Mineral - Avaliação do Potencial Mineral do Vale do Ribeira (Área Castro), SP, São Paulo, 2019.
- Nº 28 - Evolução crustal e Metalogenia da região de Aripuanã, MT, Goiânia, 2020.
- Nº 29 - Modelo Prospectivo para Ametista e Água na Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul, RS, Porto Alegre, 2020.
- Nº 30 - Reavaliação das sequências metavulcanossedimentares a Sudoeste do Quadrilátero Ferrífero (SVS), Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020
- Nº 31 - Evolução Crustal e Metalogenia da Província Mineral do Seridó, Estado de Pernambuco, Recife, 2020
- Nº 32 - Avaliação do Potencial Mineral da Serra de Jacobina e das Sequências Metavulcanossedimentares do Greenstone Belt Mundo Novo, Estado da Bahia, Salvador, 2020
- Nº 33 - Integração Geológica e Avaliação do Potencial Mineral da região de Remanso-Sobradinho , Estado da Bahia, Salvador, 2020

SÉRIE MINERAIS ESTRATÉGICOS

- Nº 01 - Diretrizes para Avaliação do Potencial do Potássio, Fosfato, Terras Raras e Lítio no Brasil, Brasília, 2015.
- Nº 02 - Avaliação do Potencial de Terras Raras no Brasil, Brasília, 2015.
- Nº 03 - Projeto Avaliação do Potencial do Lítio no Brasil - Área do Médio Rio Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais, Brasília, 2016.
- Nº 04 - Projeto Avaliação do Potencial de Terras Raras No Brasil - Área Morro dos Seis Lagos, Noroeste do Amazonas, Brasília, 2019.
- Nº 05 - Projeto Avaliação do Potencial da Grafita no Brasil - Fase I, São Paulo, 2020.

SÉRIE GEOQUÍMICA PROSPECTIVA

- Nº 01 - Informe Geoquímico Bacia do Araripe, Estados de Pernambuco, Piauí e Ceará, Recife, 2018.
- Nº 02 - Informe Geoquímico das Folhas Quixadá-Itapiúna, Estado do Ceará, Fortaleza, 2020.

SÉRIE MAPEAMENTO GEOQUÍMICO

- Nº 01 - Levantamento geoquímico do Escudo do Rio Grande do Sul, Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de *17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O **Serviço Geológico do Brasil – CPRM** atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em quatro grandes linhas de atuação:

- Geologia
- Recursos Minerais;
- Hidrologia; e
- Gestão Territorial.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.

Áreas de atuação do Serviço Geológico do Brasil – CPRM e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS

ÁREA DE ATUAÇÃO GEOCIÊNCIAS

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



AValiação DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



SISTEMAS DE ALERTA HIDROLÓGICO



AGROGEOLOGIA



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



RISCO GEOLÓGICO



GEODIVERSIDADE



PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



GEOLOGIA MÉDICA



RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



ÁREA DE ATUAÇÃO SERVIÇOS COMPARTILHADOS

GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



PALEONTOLOGIA



PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



REDE DE BIBLIOTECAS



REDE DE LITOTECAS



GOVERNANÇA



ÁREA DE ATUAÇÃO PROGRAMAS INTERNOS

SUSTENTABILIDADE



PRÓ-EQUIDADE



COMITÊ DE ÉTICA



PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

INFORME DE RECURSOS MINERAIS

**Série Rochas e Minerais
Industriais, nº 30**

AREIA E SEIXO NA REGIÃO DE OURÉM-CAPITÃO POÇO, NORDESTE DO PARÁ

O produto Informe de Recursos Minerais, parte integrante do programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral, objetiva sintetizar 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 na forma de estudos, artigos, relatórios e mapas.

O presente trabalho buscou organizar as informações sobre as atividades minerárias na região nordeste do estado do Pará, voltado para a produção de areia e seixo na região dos municípios de Ourém e Capitão Poço.

Assim, o Serviço Geológico do Brasil - CPRM, empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia, tem a satisfação em apresentar o PROJETO AREIA E SEIXO NA REGIÃO DE OURÉM - CAPITÃO POÇO, NORDESTE DO PARÁ.

O informe representa o relatório final dos trabalhos executados na região, em duas folhas com corte padrão 1:100.000 (SC.23-V-C-II e SC.23-V-C-V), totalizando uma área estudada de 6.000 km². O estudo contemplou considerações sobre o contexto geológico regional e caracterização geológica local, caracterização dos insumos estudados e ensaios tecnológicos, lavra e beneficiamento, impactos ambientais e ações mitigadoras locais desta atividade, uma ampla análise socioeconômica relacionadas aos municípios de Ourém e Capitão Poço relacionada a esta atividade, além de uma análise quanto a questão da legislação minerária e ambiental. A publicação busca contribuir, desta forma, para enfatizar o papel das informações geológicas como indutor no desenvolvimento do setor mineral no país, além de estimular e atrair investimentos para o mesmo, com efeito na geração de empregos, renda e desenvolvimento social, à luz da sustentabilidade ambiental.

Este Informe de Recursos Minerais está disponível para download no portal: www.cprm.gov.br

Sede

Setor Bancário Norte - SBN Quadra 02, Bloco H
Asa Norte - Edifício Central Brasília
Brasília - DF - CEP: 70040-904
Tel: 61 2108-8400

Escritório Rio de Janeiro

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

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais

Tel: 21 2546-0212 - 61 3223-1166

Departamento de Geologia

Tel: 91 31821326

Departamento de Recursos Minerais

Tel: 21 2295-4992

Diretoria de Infraestrutura Geocientífica

Tel: 21 2295-5837 - 61 2108-8457

Superintendência de Belém

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

Assessoria de Comunicação

Tel: 61 2108-8468
E-mail: asscomdf@cprm.gov.br

Divisão de Marketing e Divulgação

Tel: 31 3878-0333
E-mail: marketing@cprm.gov.br

Ouvidoria

Tel: 21 2541-6344
E-mail: ouvidoria@cprm.gov.br

Serviço de Atendimento ao Usuário - SEUS

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

www.cprm.gov.br