



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MINERAL

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**“DIAGNÓSTICO DO SETOR DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO
CIVIL NA REGIÃO METROPOLITANA DE NATAL - RN”**

Autor: GUSTAVO ALEXANDRE SILVA

Orientador: Prof. Dr. Júlio César de Souza
Co-orientador: Prof. Dr. Evenildo Bezerra de Melo

RECIFE-PE
2012

Catálogo na fonte
Bibliotecário Marcos Aurélio Soares da Silva, CRB-4 / 1175

S586d Silva, Gustavo Alexandre.
Diagnóstico do setor de agregados para a construção civil na região metropolitana de Natal - RN / Gustavo Alexandre Silva. - Recife: O Autor, 2012.
xviii, 193 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Profº Drº. Júlio Cesar de Souza.
Co-orientador: Prof. Dr. Evenildo Bezerra de Melo.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, 2012.
Inclui Referências, Apêndices e Anexos.

1.Engenharia Mineral. 2.Agregados Minerais. 3.Granito. 4.Areia. 5.Brita. I. Souza, Júlio Cesar (orientador). II. Título.

622.35 CDD (22. ed.) UFPE
BCTG/2012 - 267



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MINERAL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA

DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE

GUSTAVO ALEXANDRE SILVA

“DIAGNÓSTICO DO SETOR DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO
CIVIL NA REGIÃO METROPOLITANA DE NATAL - RN”

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: MINERAIS INDUSTRIAIS

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência
do Dr. Júlio César de Souza

Gustavo Alexandre Silva, Aprovado.

Recife, 10 de Agosto de 2012.

Dr. JÚLIO CÉSAR DE SOUZA

Orientador (UFPE)

Dr. ELDEMAR DE ALBUQUERQUE MENOR

Examinador Interno (UFPE)

Dr. CARLOS OTÁVIO PETTER

Examinador Externo (UFRGS)

Dr. MÁRCIO LUIZ DE SIQUEIRA CAMPOS BARROS

Examinador Interno (UFPE)

*Dedico esta Dissertação
a Deus, a minha mãe Dulcineia
Cajazeira, a minha família e a todos os que me apoiaram!*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Mário e Dulcineia por terem me fornecido o subsídio para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

À minha família pelo apoio, e incentivo.

Aos meus orientadores: Prof. Júlio César de Souza e Prof. Evenildo Bezerra de Melo, pela forma gentil, disponível, parceira e hábil de me conduzir nesse desafio do mestrado.

Aos colegas do mestrado em Engenharia Mineral que me apoiaram nos momentos em que precisei dos mesmos.

Aos colegas de trabalho da CPRM – Serviço Geológico do Brasil, pelo apoio técnico e camarada na realização das atividades com uso de softwares e visitas de campo em especial a Manoel Henrique (geólogo e parceiro de projeto), Dalvanise da Rocha e ao estagiário Alexandre Baltar.

À banca examinadora pela contribuição para o aperfeiçoamento deste trabalho.

À CPRM por ter me dado todo apoio necessário para o desenvolvimento dos trabalhos teóricos e de campo, em especial a José Wilson de C. Temoteo (Superintendente) e Adeilson Alves Wanderley (Gerente de área).

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Mineral da UFPE pela oportunidade de reciclagem dos conhecimentos na área de minerais industriais.

Por fim, de forma igualmente importante, a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para realização desse trabalho.

RESUMO

O setor de agregados para a construção civil possui a parcela de insumos minerais mais consumidos e, conseqüentemente, os mais significativos em termos de quantidades produzidas no mundo. Apesar de serem abundantes e apresentarem baixo valor unitário, seu consumo é um importante indicador do perfil sócio-econômico de desenvolvimento de um país, estado ou região metropolitana. Este trabalho foi concebido no intuito de suprir a carência de informações e dados sobre o setor de agregados para construção civil na Região Metropolitana de Natal-RN (RMN), conforme sua geologia e os recursos minerais, modo de ocorrência, especificações dos materiais e dados econômicos. Formada por dez municípios, a RMN se apresenta como uma das regiões de maior dinamismo econômico-social do Estado. Em relação a sua urbanização, a diferença é visível, uma vez que a população rural supera a população urbana em alguns municípios. Sua área abrange uma superfície de 2.807,54 km², isto corresponde a 5,3% do território estadual. Sua população, de acordo com o Censo Demográfico de 2010, atingiu 1.351.004 habitantes. Isso representa 42,6% da população do Rio Grande do Norte (3.168.133 habitantes), compreendendo uma taxa de crescimento no período 2000 – 2010 de 1,88% ao ano. O Produto Interno Bruto (PIB) da RMN teve um aumento consistente de 2003-2008. No entanto, sua contribuição para o PIB do Estado, cai em média 0,63% ao ano devido processo de interiorização do desenvolvimento que o Rio Grande do Norte vem passando nos últimos anos. Na abordagem da geologia optou-se pela discussão dos registros geológicos em termos de unidades pré-quadernárias (anteriores a 2 milhões de anos) e unidades quadernárias. As rochas britadas e os sedimentos como areias e cascalhos são os materiais naturais utilizados como agregados na construção civil. Enquanto os sedimentos são usados, geralmente, como encontrados na natureza, as rochas podem passar por processos de britagem e moagem para atingir as especificações granulométricas. Na data da consulta havia registrados no DNPM destinados a produção de areia e brita 57 processos e dentre os 10 municípios da RMN os que apresentaram maiores quantidades de processos minerários foram: São Gonçalo do Amarante (28%), Ceará - Mirim (19%) e Monte Alegre (19%). O método de lavra de areia comumente utilizado na RMN é o de dragagem em leito de rio ou cava submersa, já que cerca de 85% da produção são provenientes de áreas localizadas nos leitos dos rios. Os 15% restantes vêm dos terraços denominados de depósitos eólicos, riachos de menor porte. No caso da exploração de Brita o método de lavra é a céu aberto. O consumo de brita da Grande Natal é suprido pela produção de unidades pertencentes a três grupos empresariais. A produção de brita para a Grande Natal, foi estimada em 1.570.140 m³/ano ou 2.590.731 t/ano, enquanto que a ociosidade média das instalações de beneficiamento das unidades produtoras está próxima de 50%. Em 2011 a produção anual de areia para construção civil foi de 1.967.159 m³ ou 2.950.738 t. Os Preços médios de brita, pesquisados, variaram desde R\$ 30,00/t (ROM) até R\$ 58,00/t (nas casas de materiais de construção), já os de areia foi de R\$ 7,00 /t (ROM) até R\$ 20,00/t (no varejo). As reservas estimadas (medidas e indicadas) de agregados, considerando a produção consumida atualmente na RMN, são suficientes para atender a demanda projetada para os próximos 15 anos isto sem levar em conta as reservas inferidas que podem aumentar substancialmente este tempo.

Palavras-chaves: Agregados Minerais. Granito. Areia. Brita.

ABSTRACT

The most widely used inputs in the construction aggregates sector in the world are the mineral. Despite their abundance and low unit value, their use is an important indicator of the socioeconomic profile of a country, state or metropolitan region. This paper aimed to provide information and data, which are scarce, on the construction aggregates segment in the Metropolitan Region of Natal – RN (RMN), considering its geology, mineral resources, mode of occurrence, material specifications and economic data. Formed by ten cities, the RMN is the State region with the greatest economic and social dynamics. Regarding its urbanization, the rural population exceeds the urban population in some cities. The RMN covers an area of 2.807,54 km², accounting for 5.3% of the state territory. According to Brazilian Census 2010, its population reached 1,351,004 inhabitants, which corresponds to 42.6% of the population of Rio Grande do Norte (3,168,133 inhabitants), and a growth rate in the 2000 – 2010 period of 1.88% per year. The Gross Domestic Product (GDP) of the RMN has increased consistently from 2003-2008. However, its contribution to the state GDP falls 0.63% on average per year due to the recent process of internal development in Rio Grande do Norte. Concerning the geological approach, we decided to focus on the pre-Quaternary (< 2 million years ago) and Quaternary geologic periods. The crushed rocks and sediments such as sand and gravel are natural materials used as aggregates in construction. As the sediments are used generally in their natural condition, the rocks may undergo crushing and grinding process to achieve the required specifications. On the date of the consultation there were 57 processes recorded at the DNPM for the production of sand and gravel. São Gonçalo do Amarante (28%), Ceará - Mirim (19%) and Monte Alegre (19%) were the RMN cities with the highest number of mineral processing activities. The sand mining method commonly used in the RMN concerns river bed dredging or digging trial pits, since 85% of the production comes from fields located in riverbeds. The remaining 15% come from terraces known as aeolian deposits, small streams. Regarding the exploitation of gravel, the open pit mining method is used. The consumption of gravel in the *Grande Natal* region is supplied by production units belonging to three business groups. The production of gravel in the *Grande Natal* region was estimated in 1,570,140 m³/year or 2,590,731 t/year, while the average idleness of the processing facilities of the production units close to 50%. In 2011 the annual building and construction sand was 1,967,159 m³ or 2,950,738 t. The average prices of gravel found ranged from R\$ 30,00/t (ROM) to R\$ 58,00/t (in construction material shops). The average prices of sand, in turn, ranged from R\$ 7,00 /t (ROM) to R\$ 20,00/t (in retail stores). Given the current production rates of aggregates in the RMN, the estimated reserves (measured and indicated) are sufficient to meet the demand forecast for the next 15 years, without taking into consideration the inferred reserves that can substantially increase this period.

Key-words: Mineral Aggregates. Granite. Sand. Gravel.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo na Região Metropolitana de Natal... .5	5
Figura 2 – Visualização da área de trabalho por imagem de satélite (distância 25 km) .6	6
Figura 3 – Mapa de vias de acesso da RMN 7	7
Figura 4 – Representação percentual da população dos municípios na RMN, 2010 9	9
Figura 5 – Crescimento demográfico da RMN para as próximas décadas (copilado de Freire, 2011) 10	10
Figura 6 – Evolução da mancha urbana e consolidação do segundo arco – na RMN, partir de 2000 (modificado de FADE, 2006)..... 14	14
Figura 7 – Evolução da mancha urbana da Região Metropolitana de Natal entre 1997 e 2006 copilado de Queiroz (2010) 15	15
Figura 8 – Crescimento do PIB da RMN entre os anos de 2003 e 2008..... 16	16
Figura 9 – Participação percentual da RMN no PIB estadual (2003 – 2008) 17	17
Figura 10 – Relação entre os PIBs da RMN, RN e do Brasil / 2003 – 2008..... 17	17
Figura 11 – Participação do PIB dos município no PIB da RMN..... 18	18
Figura 12 – PIB per capita da Região Metropolitana 2003-2008..... 18	18
Figura 13 – Evolução dos PIBs dos municípios da RMN, excluindo Natal e Parnamirim 19	19
Figura 14 – Evolução dos PIBs per capita da RMN, RN e Brasil..... 20	20
Figura 15 – Precipitação média na RMN entre 2001 – 2011 21	21
Figura 16 – Mapa das zonas de proteção ambiental - ZPA's de Natal 24	24
Figura 17 – Mapa do meio físico – RMN (modificado de Diagnóstico para o Plano Estratégico de Natal, 2006) 29	29
Figura 18 – Classificação dos agregados conforme sua origem..... 39	39
Figura 19 – Classificação dos agregados conforme sua densidade/massa específica 41	41
Figura 20 – Classificação dos agregados em função das suas dimensões..... 42	42

Figura 21 – Agregado graúdo (pedra granítica britada)	44
Figura 22 – Agregado miúdo (areia), quanto à dimensão dos fragmentos.....	45
Figura 23 – Fluxograma típico do processo produtivo.....	50
Figura 24 – Operações unitárias: determinação do local de exploração, limpeza e decapeamento (etapa 1)	52
Figura 25 – Operação unitária de perfuração e desmonte por explosivo (etapa 2)	52
Figura 26 – Operação unitária adicional, desmonte secundário, por meio de rompedores hidráulicos	52
Figura 27 – Carregamento do material desmontado com escavadeira hidráulica	53
Figura 28 – Carregamento do material desmontado com pá-carregadeira (etapa 2).....	53
Figura 29 – Britador primário, etapa inicial de beneficiamento (etapa 4).....	53
Figura 30 – Transporte da brita entre os britadores e/ou rebitadores por correias transportadoras	54
Figura 31 – Diversos produtos gerados de acordo com os diâmetros nominais das peneiras.....	54
Figura 32 – Expedição dos produtos	54
Figura 33 – Fluxograma básico de produção de areia para construção civil.....	49
Figura 34 – Lavra por desmonte hidráulico em cava seca ou encostas de morros.....	61
Figura 35 – Lavra por dragagem em leito de rio ou cava submersa.....	62
Figura 36 – Desmonte mecânico por escavadeiras ou tratores / pás-carregadeiras.....	64
Figura 37 – Relação entre o cimento, os agregados (areia e brita), a argamassa e o concreto	70
Figura 38 – Participação de agregados no concreto, em volume	71
Figura 39 – Participação de agregados no concreto, em valor	71
Figura 40 – Bloco de fundação de edificação residencial com 9 anos de de idade, localizado na Região Metropolitana de Recife.....	72
Figura 41 – Bloco de fundação de um edifício comercial com 25 anos de idade	72
Figura 42 – Evolução da produção de agregados para construção civil no	

Brasil 1988-2009	87
Figura 43 – Similaridades na evolução da produção de cimento e agregados no Brasil 1990 – 2009	88
Figura 44 – Preço médio da tonelada de brita nº 2 por região (jan-jul/2009).....	92
Figura 45 – Variação do preço por tonelada de brita nº 2 nos estados da Região Nordeste – (2001-jun/2009)	92
Figura 46 – Preço médio da tonelada de areia fina por região (jan-jul/2009).....	93
Figura 47– Preço médio da tonelada de areia média por região (jan-jul/2009)	93
Figura 48 – Preço médio da tonelada de areia grossa por região (jan-jul/2009).....	94
Figura 49 – Variação do preço da areia fina na região nordeste (jun/2001-2009)	94
Figura 50 – Variação do preço da areia média na região nordeste (jun/2001-2009).....	94
Figura 51 – Variação do preço da areia grossa na região nordeste (jun/2001-2009)	95
Figura 52 – Local de coleta da amostra de rochas na pedreira situada na localidade de Serrinha de Cima, município de São Gonçalo do Amarante	101
Figura 53 – Local de coleta da amostra de rochas na pedreira situada na localidade de Jundiá, município de São Gonçalo do Amarante	101
Figura 54 – Amostras utilizadas nos ensaios tecnológicos, amostra GA-01 ¹ , amostra GA- 02 ² , amostra GA-03 ³ , amostra GA-04 ⁴ , amostra GA-05 ⁵	102
Figura 55 – Representação percentual das fases atuais dos processos minerários (areia e brita) na RMN – 2011	107
Figura 56 – Representação percentual dos processos minerários (areia e brita) por município da RMN – 2011).....	107
Figura 57 – Pedreira localizada no município de Macaíba (localidade Granja Ferreiro Torto, Pedreira Potiguar)	108
Figura 58 – Carregamenro realizado por carregadeira sobre pneus, município de São Gonçalo do Amarante (localidade de Serrinha de Cima, Pedreira Serrinha)	109
Figura 59 – Escavadeiras trabalhando sobre a pilha de rocha desmontada, município de Macaíba (localidade de Jundiá, Pedreira Potiguar)	109
Figura 60 – Perfuração da rocha para carregamento com explosivo, município de São Gonçalo do Amarante (localidade Serrinha de Cima, Pedreira Serrinha).....	110
Figura 61 – Etapa de britagem e rebitagem, município de Macaíba (localidade	

Jundiáí, Pedreira Potiguar)	111
Figura 62 – Etapa de classificação do material britado (peneiras com decks), município de São Gonçalo do Amarante (na localidade Serrinha de Cima, Pedreira Serrinha)	112
Figura 63 – Carregamento para expedição pela forma mecanizada (1, com pá carregadeira) ou automatizada (2, diretamente das correias, Pedreira Potiguar, localizada em Macaíba (localidade Jundiáí).....	113
Figura 64 - Caminhão basculante rodoviário, equipamento mais utilizado no transporte de brita na RMN	113
Figura 65 – Fluxograma típico das etapas de exploração de Brita na RMN	114
Figura 66 – Área produtora de areia, em leito de rio (depósito aluvionar, Rio Trairí em Monte Alegre (localidade de Quatro Bocas)	115
Figura 67 – Área produtora de areia em depósito eólico localizado no município de Ceará-Mirim (localidade Rancho das Esmeraldas).....	115
Figura 68 – Draga com bomba de sucção de 6” (seis polegadas) acoplada a motor diesel de 6 cilindros 11/13 comumente utilizada na exploração de areia na RMN (no município de Ielmo Marinho)	116
Figura 69 – Dragagem por barcaça com ancoragem fixa nos limite dos municípios de Ielmo Marinho e São Gonçalo do Amarante (Draga do Sr. Walter Ferreira)	117
Figura 70 – Lavra com auxílio de pá carregadeira hidráulica no Rio Potengi (limite entre os municípios de Ielmo Marinho e São Gonçalo do Amarante (localidade de Pitombeira)	118
Figura 71 – Lavra rudimentar com auxílio da pá manual na localidade de Igreja Nova, em São Gonçalo do Amarante.....	118
Figura 72 – Avanço da lavra ocorre longitudinalmente (no sentido do canal fluvial), Rio Trairí em Lagoa Salgada.....	120
Figura 73 – Pilhas de estoque temporário, localidade de quatro bocas no município de Monte Alegre.....	120
Figura 74 – Fluxograma típico das etapas de exploração de areia na RMN	121
Figura 75 – Principais produtos comercializados pelas pedreiras da RMN, 1 (brita 1, 2 e 3) e 2 (pó de pedra, brita 0 e brita graduada simples – BGS	124
Figura 76 – Contribuição percentual da produção de brita por município da área de estudo.....	125
Figura 77 – Areia proveniente de depósitos aluvionares (rios). Areia fina, média e grossa.....	126

Figura 78 – Areia proveniente de depósitos eólicos (cobertura arenosa). Areia fina a média, bem selecionada	126
Figura 79 – Contribuição da produção de areia por município do área de estudo	127
Figura 80 – Distribuição da Produção consumida de brita na RMN em 2011	129
Figura 81 – Distribuição da Produção consumida de areia na RMN em 2011	130
Figura 82 – Vista geral com superfície levantante ou “capeado”, 090Az – 270Az (23/180Az), em uma das frentes de lavra da pedreira potiguar (Extremo Noroeste da pedreira), na localidade de Jundiá, município de Macaíba	134
Figura 83 – Marcador de deformação tipo fratura de cisalhamento expressando superfície Alongante 035Az – 215Az (55/125Az) e “degraus” indicativos de movimento com forte componente segundo a linha de maior declive, frequência 3/metro, evidenciando o estágio /condição rúptil do maciço rochoso.....	134
Figura 84 – Frente exposto superfície alongante (“liso”) e trincante, em tipo de rocha de cor mais clara, rica em K-feldspato creme a róseo, presente na bancada mais superior da pedreira, na localidade de Serrinha de Cima, em São Gonçalo do Amarante (vista da parte sudeste).....	135
Figura 85 – Presença de minerais metálicos (inclusive sulfetos), no maciço rochoso em Serrinha de Cima, na frente de lavra analisada.....	136
Figura 86 – Classificação das rochas estudadas no triângulo de Streckeisen	138
Figura 87 – Distribuição granulométrica da amostra GA-01	142
Figura 88 – Distribuição granulométrica da amostra GA-02	142
Figura 89 – Distribuição granulométrica da amostra GA-03	143
Figura 90 – Distribuição granulométrica da amostra GA-04	143
Figura 91 – Distribuição granulométrica da amostra GA-05	144
Figura 92 – Área de extração de areia em área de depósito eólico no Município de Ceará-Mirim (próximo da localidade Rancho das Esmeraldas), evidências o impacto paisagístico	150
Figura 93 – Área de extração de areia na margem do Rio Trairi no Município de Mote Alegre (localidade de Quatro Bocas), evidências da ação do processo erosivo e consequentemente o assoreamento do curso d’água.....	151
Figura 94 – Área de extração de areia na margem do Rio Potengi nos limites dos Municípios de Ilmo Marinho e São Gonçalo do Amarante (localidade de Pitombeira), evidências da modificação no curso e Redução da energia de vazão	

causada pelo processo erosivo	151
Figura 95 – Área de extração de areia na margem do Rio Potengi nos limites dos Municípios de Ielmo Marinho e São Gonçalo do Amarante (localidade de Pitombeira), evidências da reação de desmoronamento da margem e, por conseguinte a vegetação ciliar	152
Figura 96 – Materiais particulados gerados na frete de lavra ¹ (Pedreira Serrinha localizada no Município de São Gonçalo do Amarante) e Materiais particulados gerados nas etapas de beneficiamento ² (Pedreira Potiguar, no município de Macaíba)154	
Figura 97 – Área com recursos potenciais de material rochoso para produção de brita, localizada no município de São Gonçalo do Amarante (localidade de Serrinha do meio)	158
Figura 98 – Área com recursos potenciais para produção de areia para construção civil, paralisada temporariamente, localizada na divisa dos Municípios de Ceará-Mirim e Maxaramguape nas proximidades da BR-101	159
Figura 99 – Projeção da demanda por agregados minerais (areia e brita) na RMN, cenário 1	167
Figura 100 – Projeção da demanda por agregados minerais (areia e brita) na RMN, cenário 2	168
Figura 101 – Projeção da demanda por agregados minerais (areia e brita) na RMN, cenário 3	168

QUADROS

Quadro 1 – Localização geográfica, altitude dos municípios, distância rodoviária da capital e acesso às sedes municipais.....	6
Quadro 2 – Municípios da RMN, leis de criação, áreas municipais e população	8
Quadro 3 – Índice de desenvolvimento humano dos municípios da RMN.....	11
Quadro 4 – Recursos minerais agregados para construção civil (areia e brita) RMN....	36
Quadro 5 – Classificação do agregado graúdo quanto à dimensão, normalizada x comercial	43
Quadro 6 – Classificação do agregado miúdo (areia) quanto à dimensão (NBR).....	43
Quadro 7 - Forma de ocorrências e métodos de exploração.....	60
Quadro 8 – Composição dos cimentos Portland.....	67
Quadro 9 – Teores médios dos componentes dos cimentos Portland brasileiros.....	68
Quadro 10 – Relação de rochas e minerais susceptíveis ao desenvolvimento da reação com álcalis	74
Quadro 11 – Estimativa de lucro líquido mensal para um Areial na RMN.....	122
Quadro 12 – Parâmetros obtidos com o material de Serrinha de Cima.....	137
Quadro 13 – Parâmetros obtidos com o material de Jundiáí	137
Quadro 14 – Resultados das análises químicas das amostras das areias, realizadas na SGS GEOSOL Laboratórios Ltda	146
Quadro 15 – Cenários para o Futuro da Economia da RMN e Projeções de indicadores Econômicos de crescimento real (2012 a 2027)	167
Quadro 16 – Demanda total estimada para o consumo de areia e brita na RMN, 2011/2027	169

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção de areia e brita do Estado do Rio Grande do Norte.....	85
Tabela 2 – Evolução da produção de agregados minerais no Brasil 1988 – 2010	86
Tabela 3 – Evolução da produção de cimento e agregados no Brasil 1990 – 2009	88

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 - MOTIVAÇÕES PARA ELABORAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	1
1.2 - OBJETIVO GERAL	2
1.3 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.4 - JUSTIFICATIVA	3
1.5 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO	4

CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS	8
2.1.1 - Perfil Demográfico em 2010 e Estimativas para as Próximas Décadas.....	10
2.1.2 - Educação, Trabalho e Renda.....	11
2.1.3 - O Processo de Formação e Crescimento da Mancha Metropolitana.....	13
2.1.4 - A Dimensão Econômica.....	16
2.2 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	20
2.2.1 - Clima	20
2.2.2 - Vegetação.....	21
2.2.3 - Áreas protegidas por legislação geral ou específica.....	22
2.2.4 - Solos.....	26
2.2.5 - Recursos Hídricos	27
2.3 - GEOMORFOLOGIA	28
2.4 - GEOLOGIA	29
2.4.1 - Contexto Geológico da Área de Estudo	29
2.4.1.1 - Registros Geológicos Pré-quadernários	30
2.4.1.2 - Registros Geológicos Quadernários.....	31
2.4.1.3 - Classificação dos depósitos eólicos.....	32
2.5 - RECURSOS MINERAIS NA RMN.....	33
2.5.1 - Depósitos de Areia	33
2.5.2 - Brita (Rocha britada).....	34
2.6 - AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	37
2.6.1 - Materiais naturais utilizados como agregados na construção civil	37

2.6.2 - Definição de Agregados para Construção Civil.....	37
2.6.3 - Classificação dos Agregados para Construção Civil.....	38
2.6.4 - Brita (rocha britada)	45
2.6.4.1 - Definição	45
2.6.4.2 - Modo de Ocorrência.....	46
2.6.4.3 - Especificações, Usos e Funções	46
2.6.4.4 - Tecnologias da Lavra e do Beneficiamento	49
2.6.5 Areia.....	55
2.6.5.1 - Definição	55
2.6.5.2 - Modo de Ocorrência.....	55
2.6.5.3 - Especificações, Usos e Funções	56
2.6.5.4 - Tecnologias da Lavra e do Beneficiamento	58
2.6.6 - Aglomerantes	66
2.6.6.1 - Cimento	66
2.6.6.2 - Concreto	69
2.6.6.3 - Argamassas	69
2.6.7 - Substâncias Nocivas.....	72
2.7 - CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE AGREGADOS MINERAIS.....	77
2.8 - ASPECTOS DA LEGISLAÇÃO MINERAL E AMBIENTAL NA EXPLOTAÇÃO DE AGREGADOS	78
2.8.1 - Legislação Mineral.....	78
2.8.1.1 - Regime de Licenciamento.....	79
2.8.1.2 - Regime de Autorização e Concessão	80
2.8.2 - Legislação Ambiental.....	80
2.9 - O CENÁRIO ECONÔMICO DO SETOR DE AGREGADOS NO BRASIL	82
2.9.1 - Produção Brasileira	83
2.9.2 - Areia Manufaturada	89
2.9.3 - Consumo de Agregados no Brasil.....	90
2.9.4 - Preços Praticados no País.....	91
2.9.5 - Déficit habitacional	95

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA EXPERIMENTAL

3.1 - LEVANTAMENTO DE DADOS TÉCNICO E SÓCIO-ECONÔMICOS	96
3.2 - LEVANTAMENTO DE CAMPO	98
3.3 - LEVANTAMENTO DE CAMPO: OCORRÊNCIAS, DEPÓSITOS E MINAS..	99
3.3.1 - Visitas as Áreas Produtoras de Areia e Brita	100
3.4 - ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA.....	103
3.5 - METODOLOGIA DA PROJ. DA DEMANDA POR AGREGADOS NA RMN	103
3.6 - ELABORAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	105

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - DIREITOS MINERÁRIOS DE AGREGADOS NA RMN	106
4.2 - EXPLOTAÇÃO DE AGREGADOS (AREIA E BRITA) NA RMN.....	108
4.2.1 - Exploração de Brita	108
4.2.2 - Exploração de Areia	115
4.3 - PRODUÇÃO	122
4.3.1 - Brita.....	122
4.3.2 - Areia.....	125
4.4 - CONSUMO DE BRITA E AREIA E PREÇOS PRATICADOS NA GRANDE NATAL.....	127
4.4.1 - Preços Praticados na Grande Natal.....	131
4.5 - QUALIFICAÇÃO DOS PRODUTOS.....	133
4.5.1 Brita	133
4.5.1.1 - Análise Textural e Estrutural.....	133
4.5.1.2 - Análise Petrográfica	137
4.5.1.3 - Resistência à Compressão Simples	138
4.5.1.4 - Resistência à Tração por Flexão.....	139
4.5.1.5 - Resistência ao Impacto do Corpo Duro	139
4.5.1.6 - Índices Físicos.....	140
4.5.2 - Areia	141
4.5.2.1 - Análise Granulométrica	142
4.5.2.2 - Índice de Material Pulverulento	144

4.5.2.3 - Índice de Torrões de Argila.....	145
4.5.2.4 - Determinação da Massa Específica.....	145
4.5.2.5 - Análise química.....	146
4.6 - RESERVAS DE AGREGADOS MINERAIS NA ÁREA DE ESTUDO	148
4.7 - PROBLEMAS AMBIENTAIS	149
4.8 - ÁREAS POTENCIAIS PARA PRODUÇÃO DE AREIA E BRITA NA RMN..	157
4.9 - INCENTIVOS FISCAIS E FINANCEIROS	159
4.10 - FRAGILIDADES E DESAFIOS À SUSTENTABILIDADE DA METRÓPOLE	162
4.11 - PROJEÇÃO DA DEMANDA POR AGREGADOS NA RMN PARA OS ANOS DE 2012-2027.....	166
 CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	170
 REFERÊNCIAS	176
 APÊNDICE A	185
 APÊNDICE B	190
 ANEXOS	193

1.1 – MOTIVAÇÕES PARA ELABORAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

O setor de agregados para a construção civil possui a parcela de insumos minerais mais consumidos e, conseqüentemente, os mais significativos em termos de quantidades produzidas no Mundo. Os agregados são os recursos minerais mais acessíveis e as matérias-primas mais importantes usadas na indústria da construção civil, sendo o concreto depois da água o segundo material mais consumido em volume pela humanidade (FERREIRA, 2003).

Apesar de serem abundantes e apresentarem baixo valor unitário, seu consumo é um importante indicador do perfil sócio-econômico de desenvolvimento de um país, estado ou região metropolitana. O que mais se destaca no setor de agregados é o fato de estar diretamente ligado à qualidade de vida da população tais como: a construção de moradias, armazéns para os programas de abastecimento voltados para alimentação, saúde e saneamento básico (onde estão incluídos os sistemas de captação, adução, tratamento e distribuição de água e esgoto), educação, transporte (pavimentação e construção de rodovias, vias públicas, ferrovias, hidrovias, portos, aeroportos, pontes, viadutos, pátios e estações) entre outros.

Mas a atividade mineral, tanto na fase de pesquisa quanto de lavra, depende de métodos e equipamentos às vezes dispendiosos e inacessíveis ao pequeno empresário. Os investimentos relativos a essa atividade são bastante variáveis, dependendo da complexidade da jazida, da localização, das condições de acesso, e da infraestrutura disponível, entre outros. Dessa forma é indispensável que sempre existam meios de divulgação da situação do setor pelos quais os governantes e a própria sociedade possam tomar decisões visando o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade vida. Estes foram os motivos que despertaram interesse pelo presente estudo, com intuito de divulgar o setor e alertar os governos estadual, federal, órgãos de fomento e de desenvolvimento industrial, para a necessidade de se criarem programas de incentivos fiscais, créditos para compra de equipamentos, entre outros incentivos, permitindo a qualificação dos profissionais envolvidos neste setor e conseqüentemente proporcionar a abertura de novas frentes de lavra e/ou indústrias de beneficiamento de uma forma mais organiza e em conformidade com os parâmetros legais.

1.2 – OBJETIVO GERAL.

É propósito suprir a carência de informações e dados sobre o setor de agregados para construção civil na Região Metropolitana de Natal-RMN, capital do Estado do Rio Grande do Norte, conforme sua geologia e os recursos minerais, modo de ocorrência, áreas potenciais, especificações dos materiais, seus principais usos, tecnologia empregada, levantamento das principais empresas do setor e o mercado consumidor, e por fim realizar estimativa de demanda futura por agregados minerais. A divulgação dos dados gerados pela pesquisa visa estimular o desenvolvimento da economia mineral da Grande Natal, uma vez que, este estudo poderá ser utilizado pelos setores público e privado no momento de estabelecerem prioridades nos respectivos planejamentos estratégicos tornando-os mais eficazes e eficientes.

1.3 – OBJETIVO ESPECÍFICO:

- dar ênfase aos agregados normais e naturais (areia e brita);
- analisar o setor definindo suas particularidades;
- identificar as áreas produtoras, as principais jazidas a qualidade dos materiais e áreas potenciais;
- avaliar o grau de tecnologia dos equipamentos, insumos e matéria-prima utilizados no processo produtivo das empresas do setor;
- levantamento dos principais produtos comercializados, destino da produção e preços praticados;
- métodos de gerenciamento de qualidade e ações para preservação do meio ambiente utilizadas pelas empresas;
- mão de obra absorvida pelo setor e grau de especialização;
- conhecer as principais estratégias de concorrência de mercado e principais dificuldades enfrentadas pelo setor de agregados para construção civil;
- apresentar a situação atual do setor de agregados para construção civil na RMN e os desafios a serem enfrentados visando alavancagem da produção;
- fazer estimativas de demanda atual e futura por areia e brita na RMN;
- apresentar recomendações para uma produção sustentável futura de agregados minerais na RMN;

1.4 – JUSTIFICATIVA.

Dentre os setores produtivos do Estado do Rio Grande do Norte podemos destacar à grande cadeia produtiva constituída pelas atividades da construção civil e imobiliárias. A importância relativa da Região Metropolitana está no fato de que do total dos estabelecimentos da construção civil no Estado, aproximadamente 2 mil estavam, em 2005, na metrópole. Com relação às atividades imobiliárias, do total estadual de 1,0 mil estabelecimentos, cerca de 930 situavam-se na metrópole. Daí decorre que do emprego formal total, oferecido por esses dois segmentos (construção civil e atividades imobiliárias), em 2005, de 25,4 mil no Estado, aproximadamente 18,8 mil estavam na Região Metropolitana (FADE, 2006).

Formada pela capital e mais nove municípios, a Região Metropolitana de Natal (RMN) é a região do Estado que possui maior dinamismo econômico e social, com um número de habitantes que representa mais de 42% de toda a população do Rio Grande do Norte. Há uma previsão de que nos próximos 8 anos os municípios que integram a RMN recebam mais 280 mil pessoas, devido principalmente à migração, passando dos 1,35 milhão de habitantes (IBGE, 2010) para 1,63 milhão. Esse crescimento demográfico provocará efeitos conhecidos: a transformação das áreas centrais em bairros comerciais, com o deslocamento da população para a periferia; a ocupação de áreas inadequadas à habitação e a verticalização das edificações. Outro fato relevante é que a RMN também receberá uma das sedes da copa do mundo de 2014. Diante destes fatos citados inevitavelmente ocorrerá o aumento da demanda por agregados normais como: areia e brita.

Como quase a totalidade dos recursos e ou reservas/ jazidas dos materiais objeto deste trabalho (agregados usados para construção na RMN) encontram - se na Grande Natal, uma vez que, os agregados minerais são muito dependentes da distância de transporte, devido ao baixo valor de venda destes produtos, não há dúvidas de que este trabalho específico para RMN será de grande importância para o setor, principalmente pelo fato desta atividade econômica ser atraente do ponto de vista técnico-científico e econômico-social.

1.5 – LOCALIZAÇÃO E ACESSO.

A área de estudo (RMN) possui corte cartográfico nas seguintes coordenadas geográficas:

Vértice	Latitude	Longitude	Hemisfério: Sul	UF: RN	Meridiano Central: 33°.
1	05°25' S	35°05' W			
2	06°15' S	35°05' W			
3	06°15' S	35°35' W			
4	05°25' S	35°35' W			

Abrange parte das folhas SB.25-V-C-I (Pureza), SB.25-V-C-II (Touros), SB.25-V-C-IV (João Câmara), SB.25-V-C-V (Natal), SB.25-Y-A-I (São José do Campestre), SB.25-Y-A-II (São José de Mipibu), englobando os municípios de Ceará-Mirim, Extremoz, Macaíba, Monte Alegre, Nísia Floresta, Parnamirim, São Gonçalo do Amarante, São José do Mipibu, Vera Cruz e Natal (a capital), totalizando uma área de 2.807,54 km² (Figura 1 e 2).

Os municípios de Ceará-Mirim, Nísia Floresta, Macaíba, São Gonçalo do Amarante e São José do Mipibu estão inseridos na mesorregião Leste Potiguar e na microrregião Macaíba, já os municípios de Extremoz, Parnamirim e Natal, situam-se na mesorregião Leste Potiguar e na microrregião Natal. Por fim, Vera Cruz e Monte Alegre estão situados na mesorregião Agreste Potiguar e na microrregião Agreste Potiguar.

O Quadro 1 apresenta a localização, altitude média da sede, distância rodoviária da capital e acesso principal às sedes de cada um dos municípios pertencentes à Região Metropolitana de Natal.

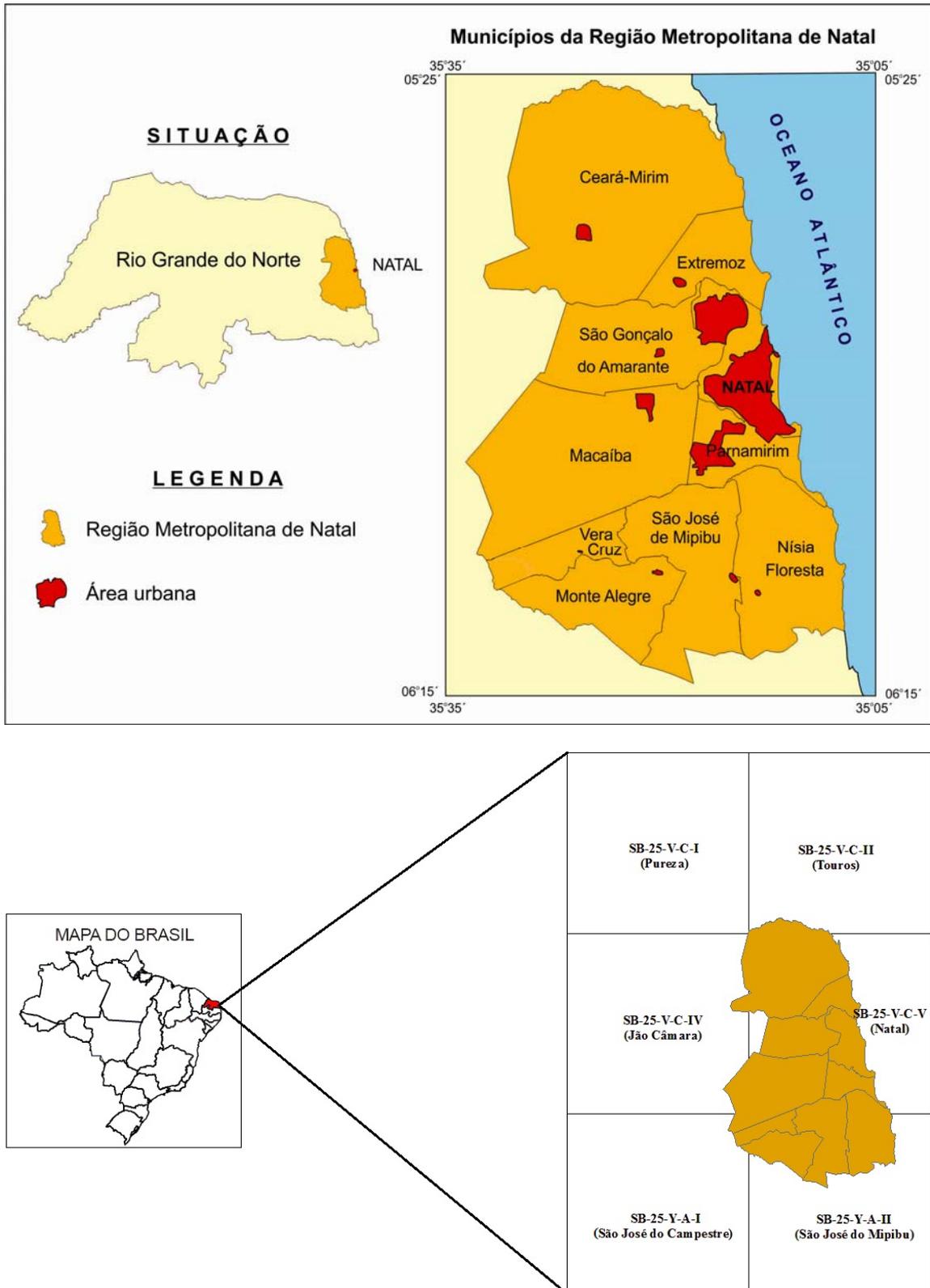


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo na Região Metropolitana de Natal.
Fonte: Mapa construído a partir de dados cedidos pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM – 2010.

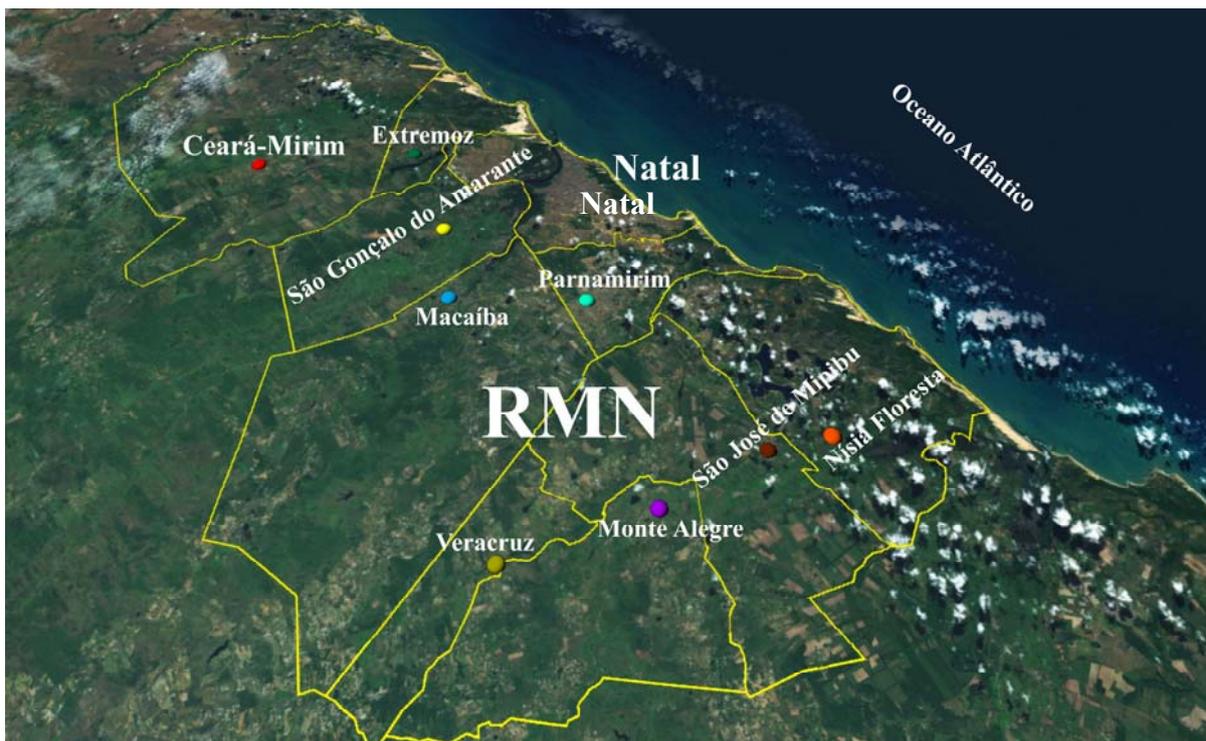


Figura 2 – Visualização da área de trabalho por imagem de satélite (distância 25 km).
 Fonte: Imagem obtida a partir do software ArcGis -ArcGlobe – ArcEditor.

Municípios da RMN	Localização Geográfica		Altitude nas Sedes Municipais (m)	Distância Rodoviária da Capital às Sedes Municipais	Acesso a partir da Capital
	Latitude (S)	Longitude (W)			
Ceará-Mirim	5°38'04"	35°25'32"	33	28	Efetuated através da rodovia pavimentada BR-406
Extremoz	5°42'20"	35°18'26"	41	16	Efetuated através das rodovias pavimentadas BR-406 e RN-160
Macaíba	5°51'30"	35°21'14"	11	14	Efetuated através da rodovia pavimentada BR-304
Monte Alegre	6°04'04"	35°19'56"	52	34	Efetuated através das rodovias pavimentadas BR-101 e RN-002
Natal	5°47'42"	35°12'34"	30	-	-
Nísia Floresta	6°05'28"	35°12'31"	20	35	Efetuated através das rodovias pavimentadas BR-101 e RN-063
Parnamirim	5°54'56"	35°15'46"	53	12	Efetuated através rodovias pavimentadas BR-101 e BR-304
São Gonçalo do Amarante	5°47'36"	35°19'46"	15	11	Efetuated através da rodovia pavimentada RN-160
São José de Mipibu	6°04'29"	35°14'16"	58	31	Efetuated através da rodovia pavimentada BR-101
Vera Cruz	6°02'38"	35°25'41"	94	37	Efetuated através das rodovias pavimentadas BR-226 e RN-160

Quadro 1 – Localização geográfica, altitude dos municípios, distância rodoviária da capital e acesso às sedes municipais.

Fonte: Tabela obtida, com base nos dados do Serviço Geológico do Brasil – CPRM: Atlas Digital dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Rio Grande do Norte, 2005.

Na Figura 3 é apresentado o mapa modal da RMN, com base nos dados do DNIT de 2010.

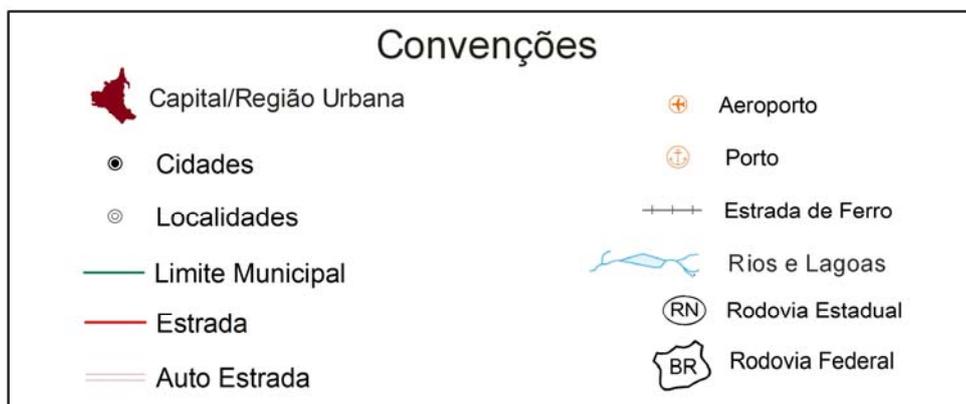
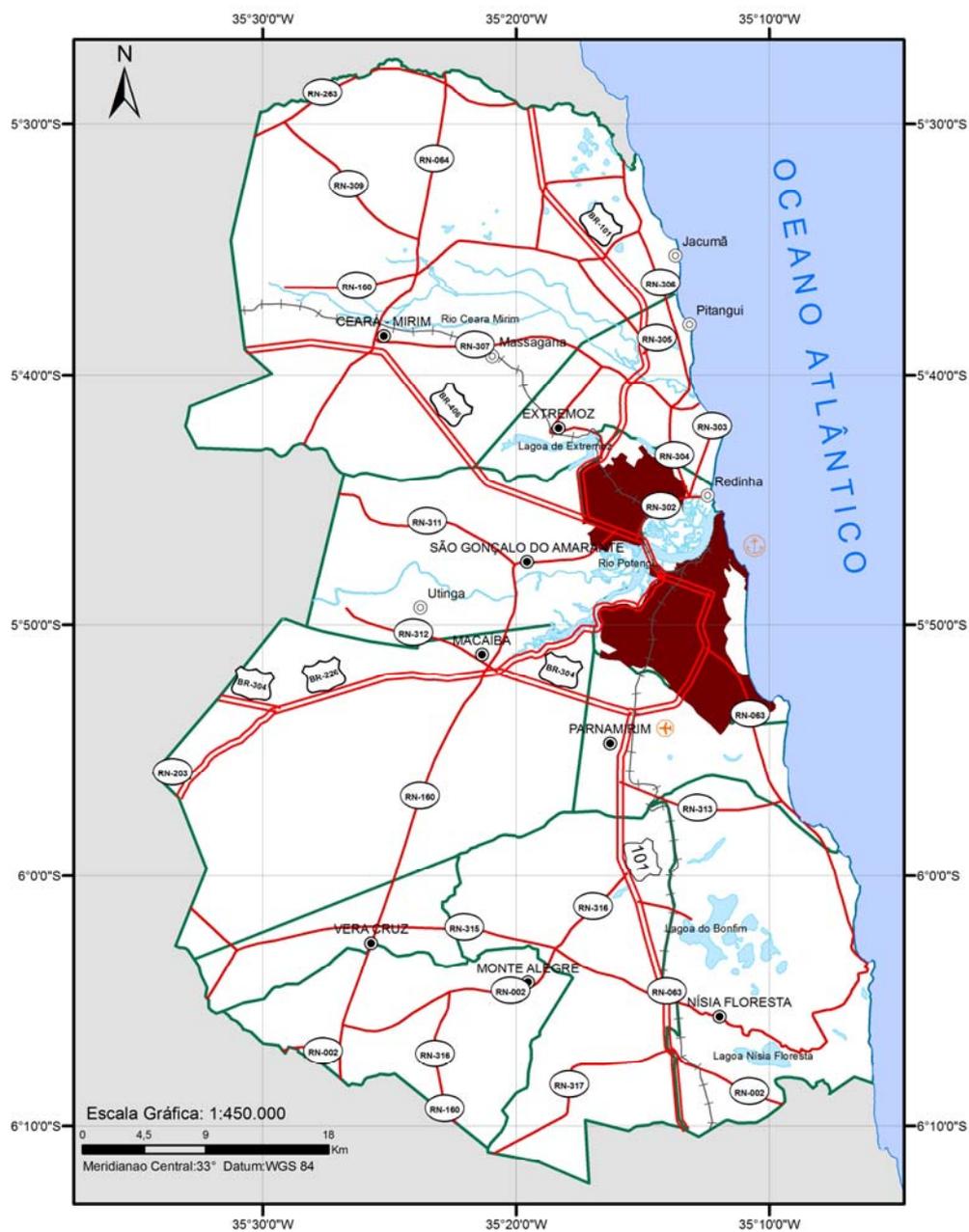


Figura 3 – Mapa de vias de acesso da RMN.

Fonte: mapa construído pelo autor a partir de dados em formato vetorial, cedidos pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT – 2010.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS.

A criação da RMN ocorreu por meio da lei estadual Complementar nº 152, de 16 de janeiro de 1997, inicialmente compreendendo os municípios de Natal, Parnamirim, São Gonçalo do Amarante, Ceará-Mirim, Macaíba e Extremoz. Nísia Floresta e São José de Mipibú foram incluídos na RMN em 10 de janeiro de 2002. Posteriormente, por força da Lei Complementar nº 315, de 30 de novembro de 2005, foi adicionado o município de Monte Alegre. E em 2009 é a vez de Vera Cruz integrar a região, Quadro 2. Formada por dez municípios, a RMN se apresenta como uma das regiões de maior dinamismo econômico-social do Estado. Em relação a sua urbanização, a diferença é visível, uma vez que a população rural supera a população urbana em alguns municípios. Sua área abrange uma superfície de 2.807,54 km², isto corresponde a 5,3% do território estadual. Sua população, de acordo com o Censo Demográfico de 2010, atingiu 1.351.004 habitantes. Isso representa 42,6% da população do Rio Grande do Norte (3.168.133 habitantes), compreendendo uma taxa de crescimento no período 2000 – 2010 de 1,88% ao ano, conforme apresentado no quadro 2. O maior município em área territorial é Ceará-Mirim com 724,377 km². Já Vera Cruz é o menor em área com 83,463 km².

Município	Legislação (lei estadual Complementar)	Área total (km ²)	População Total - 2000	População Total - 2010	Taxa de Cres. 2000-2010 (%)
Ceará-Mirim	LCE 152/97	724,377	62 424	68.141	0,88%
Extremoz	LCE 152/97	139,569	19 572	24.569	2,30%
Macaíba	LCE 152/97	510,753	54 883	69.467	2,38%
Monte Alegre	LCE 315/05	211,341	18 874	20.685	0,92%
Natal	LCE 152/97	167,16	712 317	803.739	1,21%
Nísia Floresta	LCE 221/02	307,839	19 040	23.784	2,25%
Parnamirim	LCE 152/97	123,589	124 690	202.456	4,97%
São Gonçalo do Amarante	LCE 152/97	249,122	69 435	87.668	2,36%
São José de Mipibu	LCE 221/02	290,329	34 912	39.776	1,31%
Vera Cruz	LCE 391/09	83,463	8 522	10.719	2,32%
RMN		2807,54	1.124.669	1.351.004	1,88%

Quadro 2 – Municípios da RMN, leis de criação, áreas municipais e população.

Fontes: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), área territorial oficial (Resolução nº 5 de 10 de outubro de 2002), Censo de 2000 e 2010 e Freire e Clementino, 2011.

Já o município mais populoso é Natal (capital) seguido de parnamirim e São Gonçalo do Amarante, enquanto que Veracruz é a unidade municipal de menor população como pode ser observado na Figura 4.

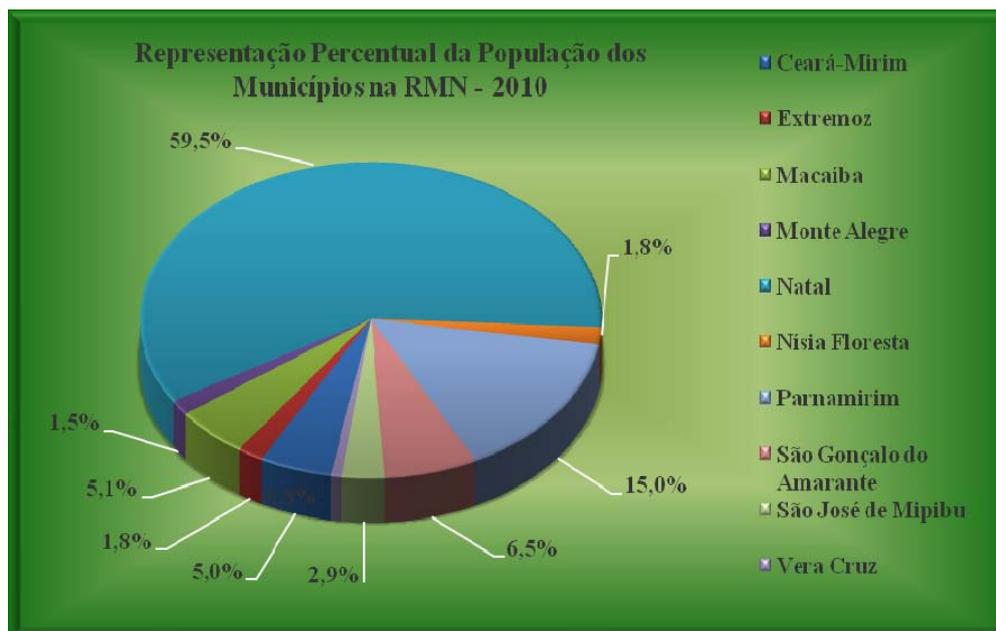


Figura 4 – Representação percentual da população dos municípios na RMN, 2010.
 Fonte: gráfico elaborado, com base nos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE – Censo Demográfico 2010.

O município com maior ganho populacional entre 2000 e 2010 foi Parnamirim (no censo passado, a cidade tinha 124 mil habitantes em 2010 o número de habitantes passou dos 202 mil, sua taxa de crescimento populacional foi de 4,97% ao ano, uma das maiores do Brasil. Segundo dados do Censo demográfico 2010, os municípios com as maiores densidades demográficas são: Natal (4.808 habitantes/km²), Parnamirim (1.638 habitantes/km²) e São Gonçalo do Amarante (352 habitantes/km²), e os de menores, Monte Alegre (98 habitantes/km²), Ceará-Mirim (94 habitantes/km²) e Nísia Floresta (77 habitantes/km²), además a Grande Natal possui uma densidade de 481 habitantes/km²).

Cerca de 90% da população total da RMN vive em áreas urbanas (2010), em 2000 era quase 85%, contra 10,00% em áreas rurais; entretanto, se excetuarmos a capital Natal, estes números invertem-se para 30,48 em áreas urbanas e 69,52% em áreas rurais, indicando ainda a presença de uma forte ruralidade na RMN e o peso desequilibrador do polo de Natal na configuração da área urbana da metrópole. Um dos resultados sócio-econômicos dessa relação rural-urbana é a forte presença da pobreza nos municípios aglomerados à Natal, principalmente os que detêm maior parcela de população rural que vive em condição de indigência, situação de pobreza e elevada concentração de renda, com destaque para Ceará-Mirim, Monte Alegre, Nísia Floresta, São José de Mipibu e Veracruz.

2.1.1 - Perfil Demográfico em 2010 e Estimativas para as Próximas Décadas.

Em 2010 a distribuição por sexo da população do Estado do Rio Grande do Norte se apresenta bastante equilibrada entre homens e mulheres. No estado de forma geral, 48,89% são homens e 51,11% são mulheres, sendo que a maior diferença entre os sexos ocorre na capital, Natal, onde 52,98% dos habitantes são do sexo feminino. O cenário, apresentado é de que no interior do estado, assim como na periferia metropolitana, há equiparação entre homens e mulheres. A maior diferença entre sexos ocorre na RMN em função do que ocorre no município de Natal. De acordo com as estimativas feitas por Freire (2011), a tendência demográfica pela qual o Brasil vem passando e em consonância com o que tem ocorrido em Natal e seu entorno nas últimas duas décadas, a taxa de crescimento demográfico da Grande Natal continuará sua tendência de queda e sua população estará, praticamente, estagnada, próxima dos 1,65 milhões na década de 2030. Na região metropolitana de Natal, por exemplo, conforme o gráfico da Figura 5, seu ritmo de crescimento declinou de uma taxa média anual de 3,7% nas décadas de 70 e 80 para uma taxa de 2,6% nos anos 90 e de 1,88% na década 2000/2010. Dessa forma, acredita-se que o incremento demográfico (a variação em termos absolutos do número de habitantes) da presente década ficará em torno de 180 mil habitantes (abaixo das últimas duas décadas) e continuará declinando para algo em torno de 100 mil novos habitantes na década de 20.



Figura 5 - Crescimento demográfico da RMN para as próximas décadas.

Fonte: Freire (2011) e IBGE: Censo demográfico 2011.

A apropriação diferenciada da riqueza produzida no espaço metropolitano resulta em índices diferenciados de desenvolvimento humano e também a inserção diferenciada na classificação nacional, conforme mostra o Quadro 3.

Municípios	Esperança de vida ao Nascer	Índice de Longevidade (IDHM-L)	Índice de Educação (IDHM-E)	Índice de Renda (IDHM-R)	Índice de Des. Humano Municipal (IDH-M)	Classificação no Estado	Classificação Nacional
Ceará-Mirim	65,32	0,67	0,72	0,54	0,65	52°	3.826°
Extremoz	67,67	0,71	0,78	0,59	0,70	17°	3.080°
Macaíba	66,62	0,69	0,74	0,57	0,67	33°	3.533°
Monte Alegre	70,59	0,76	0,76	0,50	0,65	55°	3.844°
Natal	68,78	0,73	0,89	0,75	0,79	1°	874°
Nísia Floresta	65,44	0,67	0,75	0,58	0,67	32°	3.518°
Parnamirim	68,27	0,72	0,76	0,70	0,76	2°	1.578°
São Gonçalo do Amarante	69,10	0,74	0,78	0,57	0,69	18°	3.083°
São José de Mipibu	68,59	0,72	0,73	0,55	0,67	31°	3.445°
Vera Cruz	-	-	-	-	0,61	124°	4.547°

Quadro 3 – Índice de desenvolvimento humano dos municípios da RMN.

Fontes: Modificado de Freire e Clementino, 2011(SEMURB - Natal e sua Região Metropolitana, 2006). Wikipédia, a enciclopédia livre e PNUD, 2000.

Nota: Valores mais atualizados destes índices ainda não haviam sido publicados por município (em 19/12 de 2011).

No caso da estrutura etária, um indicador muito usado para avaliar o estágio de envelhecimento de uma população é o índice idoso ou índice de envelhecimento. A partir da relação entre a população com idade igual ou superior 65 anos, e a população com menos de 15 anos, obtém-se dessa forma a relação entre idosos e jovens da região em estudo. O município de Natal está bem acima da média do estado (27,86), com índice de envelhecimento igual a 32,37 (isto significa que temos 32,37 idosos para cada 100 jovens com 14 anos ou menos). Porém quando se observa os arredores de Natal, verifica-se que os municípios periféricos da RMN possuem índices bem menores. Em toda a literatura sobre migração observa-se que o migrante é mais jovem do que a população não migrante, salvo exceções de movimentos migratórios mais específicos (FREIRE e CLEMENTINO, 2011).

2.1.2 – Educação, Trabalho e Renda.

As investigações realizadas das características de educação da Região Metropolitana de Natal levaram em consideração os dados de analfabetismo, onde essa taxa representa o percentual de pessoas de 15 anos ou mais de idade que não sabem ler e escrever um bilhete simples, conforme a metodologia do IBGE adotada no censo (2010). Dessa forma, foi constatado que os municípios com melhores desempenhos (menor taxa de analfabetismo)

foram: Natal (8,3 %), Parnamirim (8 %) e Macaíba (6,9 %) e os de piores desempenhos foram: Veracruz (31,7 %), Monte Alegre (28,9 %), São José de Mipibu (24,5 %), Nísia Floresta (22,2 %), Ceará – Mirim (21,8 %) e Extremoz (17,2 %). Em termos comparativos, a taxa de analfabetismo do estado do Rio Grande do Norte foi de 18,5 %, da região nordeste ficou em 17,6% e do Brasil 9,6%, conforme dados do Censo 2010. Os indicadores educacionais da Grande Natal revelaram um gradiente, tendo como ponto de partida, a região centro-sul de Natal em direção ao interior. Dessa forma se fosse necessário fazer uma classificação da RMN, no assunto educação, uma proposta seria: a região centro-sul de Natal e grande parte de Parnamirim como as áreas com os melhores indicadores de educação; depois a zona norte de Natal; numa terceira faixa estaria na zona oeste de Natal e por último, as áreas mais distantes de Natal compostas pelos municípios menores e as áreas rurais.

- **Trabalho e Renda**

No diagnóstico da Região Metropolitana de Natal, conforme os indicadores de trabalho e renda foram considerados os dados sobre a população que trabalhou remunerado na semana em que foi realizado o censo de 2000 (dados mais atualizados com este foco ainda não haviam sido divulgados pelo IBGE, por unidade da federação, até a data 15/12/2011).

De acordo com o percentual de pessoas com 10 anos ou mais de idade que possuía, na semana da coleta dos dados, algum trabalho remunerado, foi constatado que: Monte Alegre foi o município que apresentou o menor percentual de trabalhadores remunerados. Por outro lado, Parnamirim – Centro – BR 101, também denominada Nova Parnamirim se destacou com o maior percentual de pessoas que trabalhavam com algum tipo de remuneração. E com percentuais próximos ao de Monte Alegre, apareceram a Parte Rural de Ceará-Mirim e a Parte Rural de Macaíba. Em Natal, Parque das Dunas – Capim Macio e Petrópolis – Tirol foram as duas regiões com os maiores percentuais de trabalhadores remunerados. Esse estudo também revelou que a maior parte da população da RMN (57,56%) possuía responsáveis pela família com renda concentrada na classe que ganha até dois salários mínimos, incluídos os que não tinham rendimento. A Parte Rural de Macaíba (90,91%) e a Parte Rural de Ceará-Mirim (90,08%) foram os locais com os maiores percentuais nesta classe de renda. Enquanto isso a classe de renda compreendida entre mais de 5 e 10 salários mínimos foram Pitimbu (31,89%), Neópolis (20,20%) e Parnamirim – Centro – BR 101 (24,91%) como sendo as regiões com percentuais mais significativos. Já as populações com renda superior a 10 salários mínimos destacam-se os responsáveis pelas famílias concentradas em Petrópolis – Tirol (56,71%),

Parque das Dunas – Capim Macio (52,46%) e Candelária (40,07%). Em termos monetários: Petrópolis – Tirol (9,8 salários mínimos) e Parque das Dunas – Capim Macio (8,1 salários mínimos), foram áreas que obtiveram as maiores rendas médias, Candelária, Lagoa Nova – Nova Descoberta e Ponta Negra tiveram renda média de 6, 5,9 e 4,9 salários mínimos, respectivamente. Por fim, São José de Mipibu, São Gonçalo do Amarante, Monte Alegre, a Parte Rural de Macaíba e a Parte Rural de Ceará-Mirim apresentaram renda média inferior a 1 salário mínimo, e as demais áreas/municípios apresentaram rendas médias que variam entre 1 e 3,8 salários mínimos.

2.1.3 – O Processo de Formação e Crescimento da Mancha Metropolitana

Ainda segundo estudos da FADE (2006), na década de 70, não se verifica a presença da mancha metropolitana, o que se observa é a presença de fragmentos de ocupação de sedes municipais ao longo da via férrea, ao norte Ceará-Mirim e Extremoz e ao sul de Parnamirim.

Já ao longo da década de 70 foram sendo implementadas várias ações que tiveram efeitos relevantes na transformação do espaço físico da RMN nos anos de 1980. Dentre elas a: Implantação do Distrito Industrial de Extremoz e área industrial de Parnamirim / Macaíba, as margens das BRs 101 e 304, e a construção de conjuntos habitacionais notadamente na Zona Norte. Distantes da malha urbana existente, a construção de conjuntos habitacionais definiram estruturas específicas de crescimento periférico dos municípios da Grande Natal, com influências significativas sobre os limites dos municípios de Parnamirim, ao sul, e São Gonçalo do Amarante, a noroeste. Na década de 1980, a formação de dois arcos de integração funcional entre os municípios interligados pelos eixos viários principais, contribuindo dessa maneira para a integração da mancha no sentido norte-sul. A partir da década de 1990, verifica-se o crescimento da mancha no sentido norte/sul, ainda na década de 1990, o projeto Rota do Sol reafirmou o eixo de lazer, interligando o litoral sul através da RN-226, até o município de Nísia Floresta. A partir de 2000 a expansão da mancha aponta para a consolidação do segundo Arco, demarcando o eixo de indústria e serviço. Também se confirma a expansão da ocupação litorânea com a definição do eixo de turismo e diferenciação da zona interiorizada. Nas Figuras 6 e 7, é possível observar a evolução da mancha urbana com os fenômenos citados anteriormente, entres as décadas de 2000 e 2006.

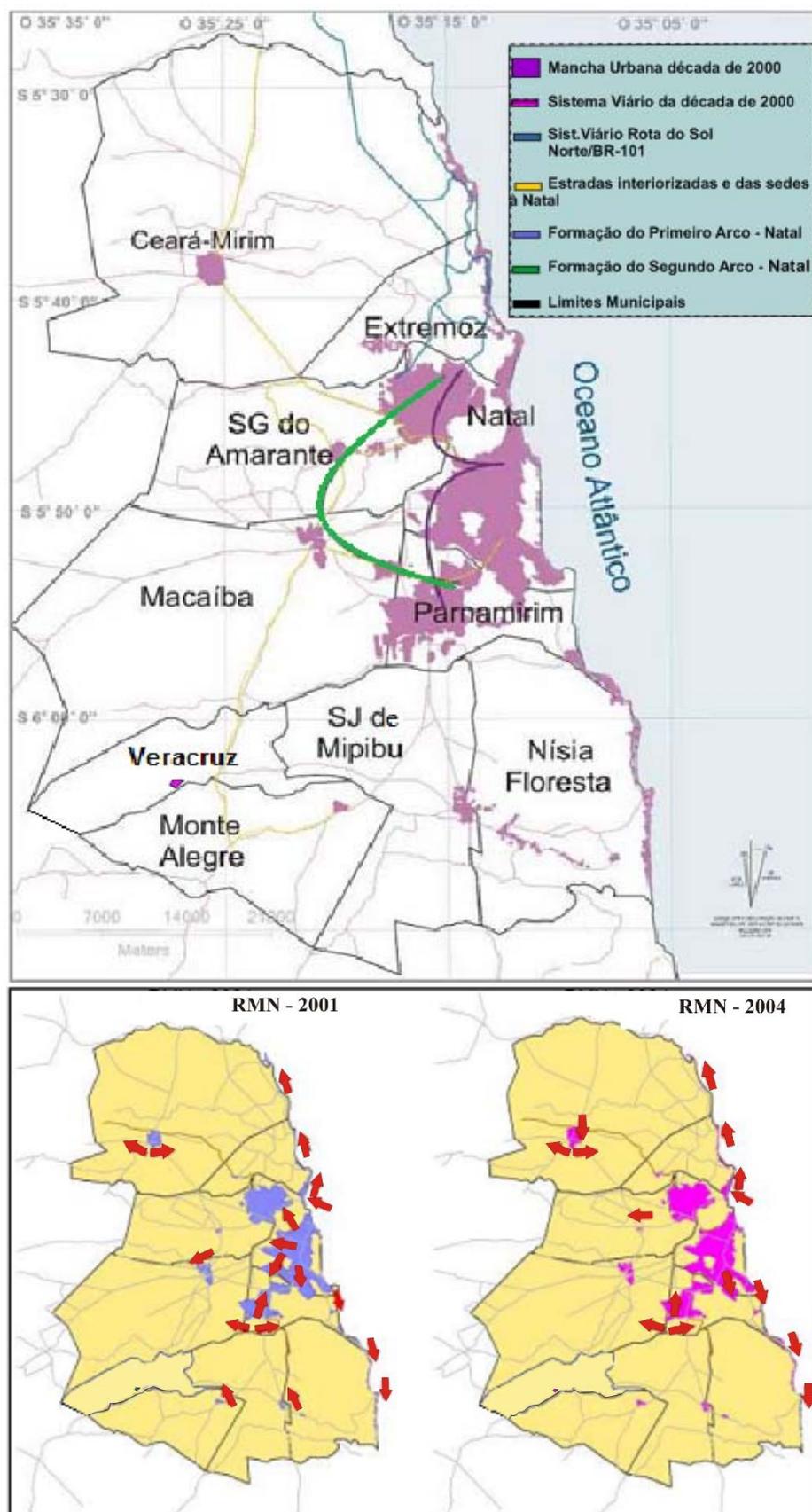


Figura 6 – Evolução da mancha urbana e consolidação do segundo arco – na RMN, partir de 2000 (modificado de FADE, 2006).

Fonte: Base de dados do Observatório das Metrópoles: Núcleo RMNatal, processada pelo INPE.

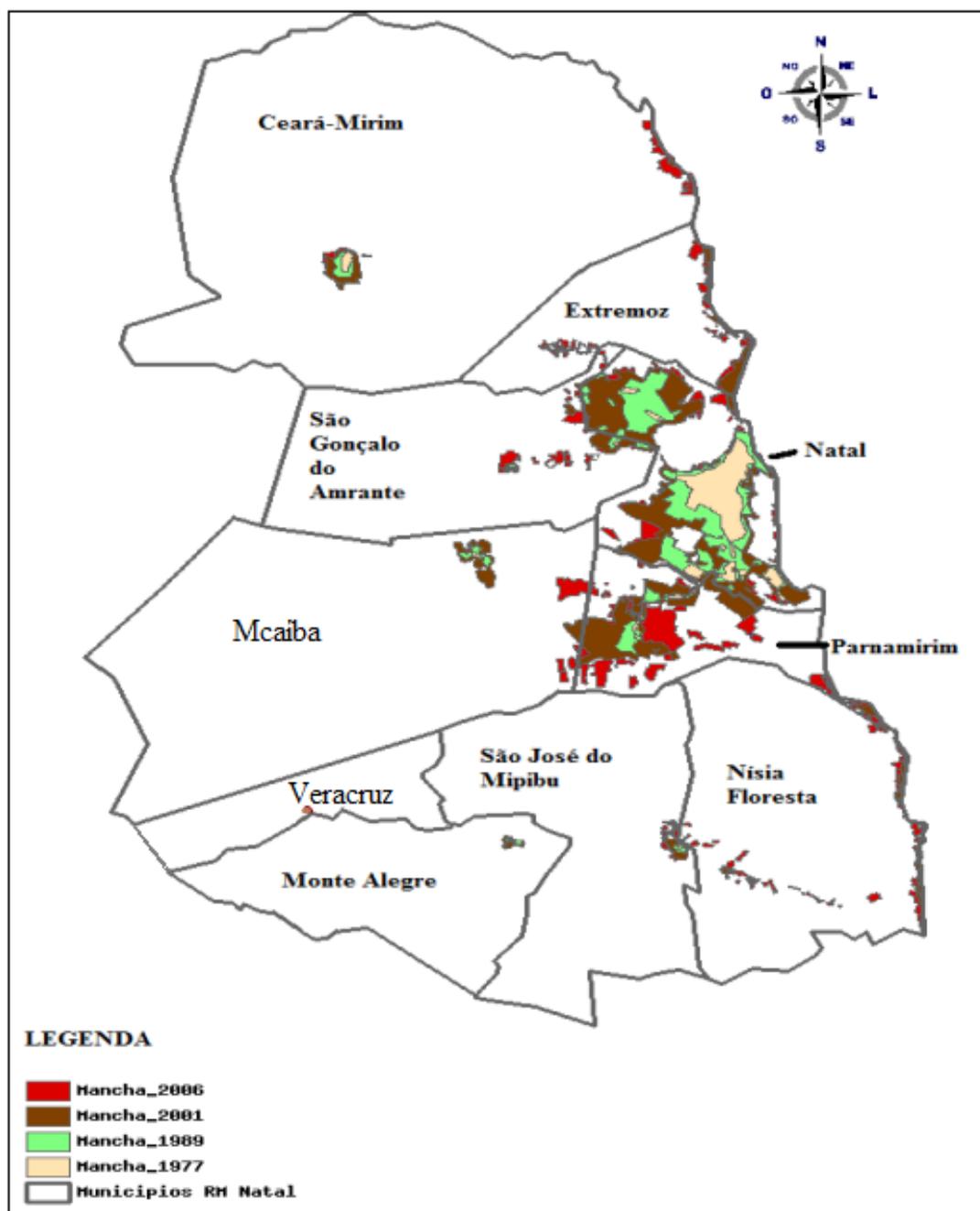


Figura 7 – Evolução da mancha urbana da Região Metropolitana de Natal entre 1977 e 2006 copilado de Queiroz (2010).

Fonte: Observatório das Metrôpoles – Núcleo RMNatal (2006).

A mancha de crescimento, a partir de 2006, se concentra nos municípios de Parnamirim, Natal e São Gonçalo do Amarante que se constituem, atualmente, na principal área de conurbação da RMN.

2.1.4 – A Dimensão Econômica

A consolidação da Região Metropolitana de Natal ainda requer um amplo processo de integração e definição de políticas e ações integradas entre os seus municípios. Nela, observam-se processos de distribuição da atividade industrial, com atividades fabris nos municípios de Macaíba, Parnamirim e São Gonçalo do Amarante e Extremoz, também integrações a partir da atividade turística. Entretanto, na estrutura produtiva regional o peso recai nas atividades terciárias: comércio varejista e atacadista e pelas atividades de serviços – públicos e privados.

O Produto Interno Bruto da RMN teve um aumento consistente de 2003-2008 segundo dados do IBGE, Figura 8. No entanto, sua contribuição para o produto Interno Bruto do Estado, vem caindo em média 0,63% ao ano, Figura 9. E quando se trata da capital Natal, a perda de importância no PIB do RN aumenta para 0,9% ponto percentual ao ano. Isto ocorreu devido ao relativo processo de interiorização do desenvolvimento que o Estado do Rio Grande do Norte vem passando nos últimos anos, em especial o ganho de participação das zonas homogêneas (Natal Metr pole, Agreste, Alto Apodi, Caicó, Currais Novos, Litoral oriental – sem Natal Metr pole -, Serras Centrais e Mossoroense), onde o maior destaque é dado a performance significativa de crescimento da zona Homog nea Mossoroense, que cresceu a uma taxa superior a 8% ao ano, no período de (2003 – 2008), e após uma crescente aproxima o, seu PIB industrial ultrapassa o PIB industrial de Natal em 2008 (Natal com 1,13 bilhões e Mossoró com 1,18 bilhões), puxado especialmente pela presença do Petróleo e complementarmente as atividades de produ o de gás natural, explora o de sal e da produ o de fruticultura irrigada.

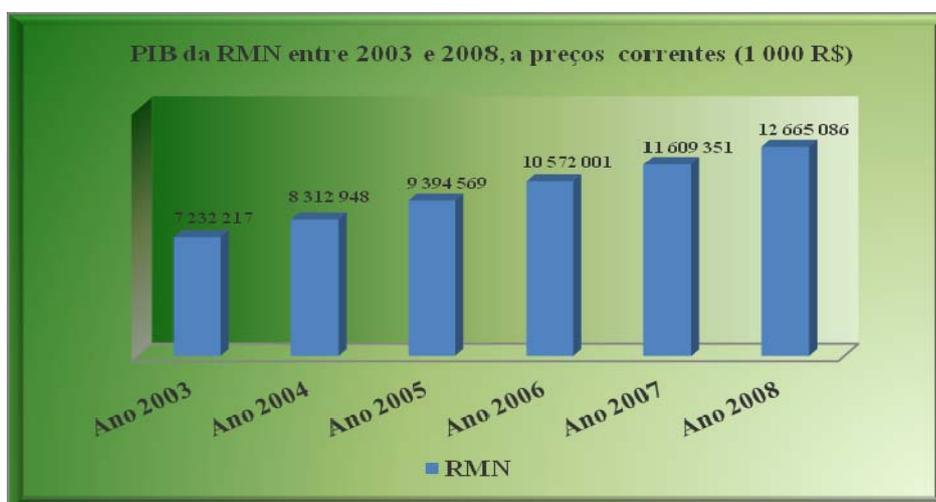


Figura 8 – Crescimento do PIB da RMN entre os anos de 2003 e 2008.

Fonte: Gráfico elaborado pelo autor, com base nos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): dados do Produto Interno Bruto dos Municípios 2003-2008 – IBGE.

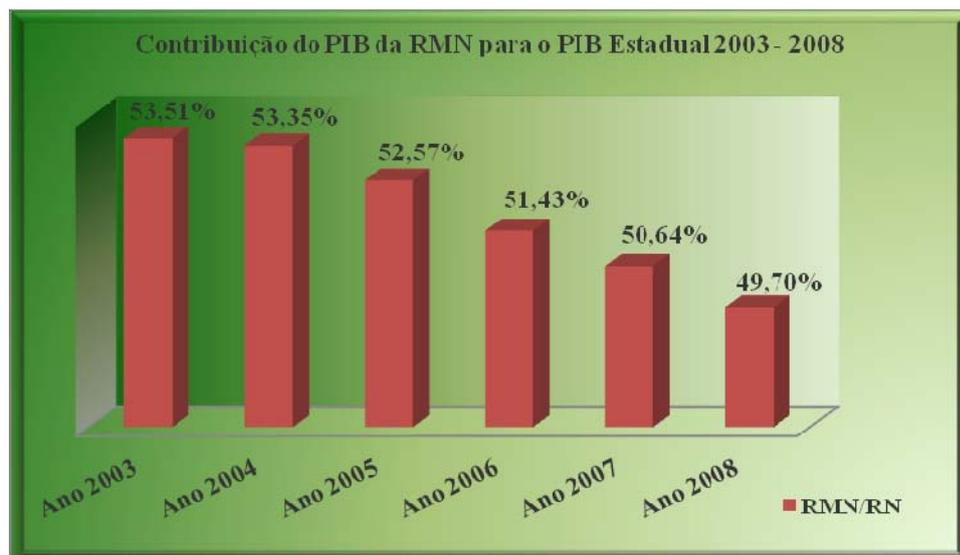


Figura 9 – Participação percentual da RMN no PIB estadual (2003 – 2008).

Fonte: Gráfico elaborado pelo autor, com base nos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): dados do Produto Interno Bruto dos Municípios 2003-2008 – IBGE.

No contexto regional/nacional, o Nordeste vêm ganhando participação no PIB nacional desde 2003, avançando 0,4% no período, ao passo que a Região Metropolitana de Natal seguiu a tendência já apresentada de diminuição da participação na economia estadual, e na comparação com a região nordeste e com o Brasil foram observadas perdas de 0,14% e 0,01% respectivamente no período, Figura 10. É notável a diminuição da concentração econômica do Estado, só a capital Natal vem perdendo 1% de participação no PIB estadual ao ano (em 2008, era de 34%).

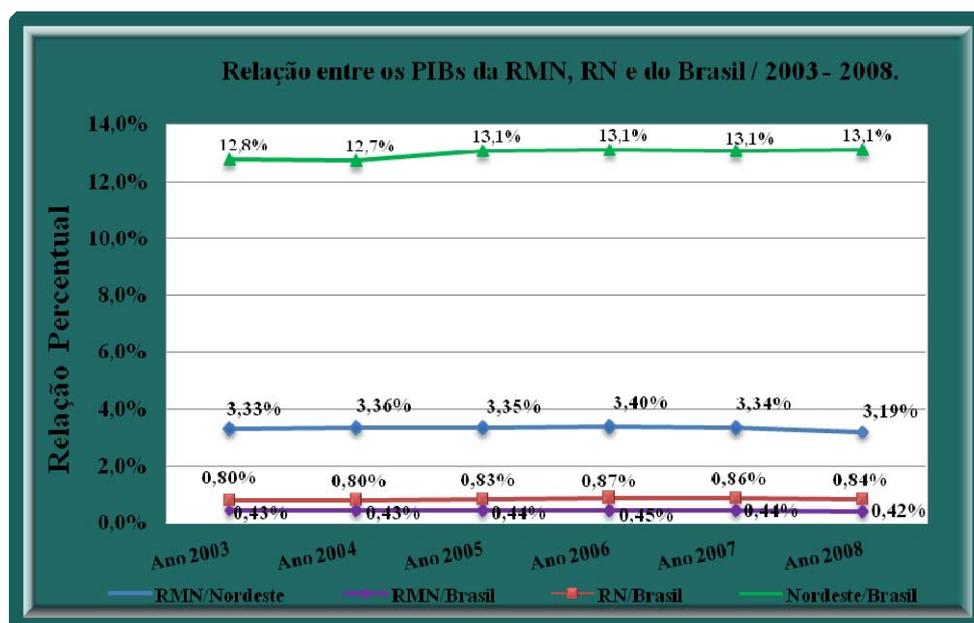


Figura 10 – Relação entre os PIBs da RMN, RN e do Brasil / 2003 - 2008.

Fonte: Gráfico elaborado pelo autor, com base nos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): dados do Produto Interno Bruto dos Municípios 2003-2008 – IBGE.

Os municípios de maior participação no PIB da RMN são: Natal (capital) com 68,4 %, Parnamirim com 13,1% e São Gonçalo do Amarante com 5,2 % e os de menor participação, Nísia Floresta, Monte Alegre e Veracruz, como pode ser visualizado no gráfico da figura 11.

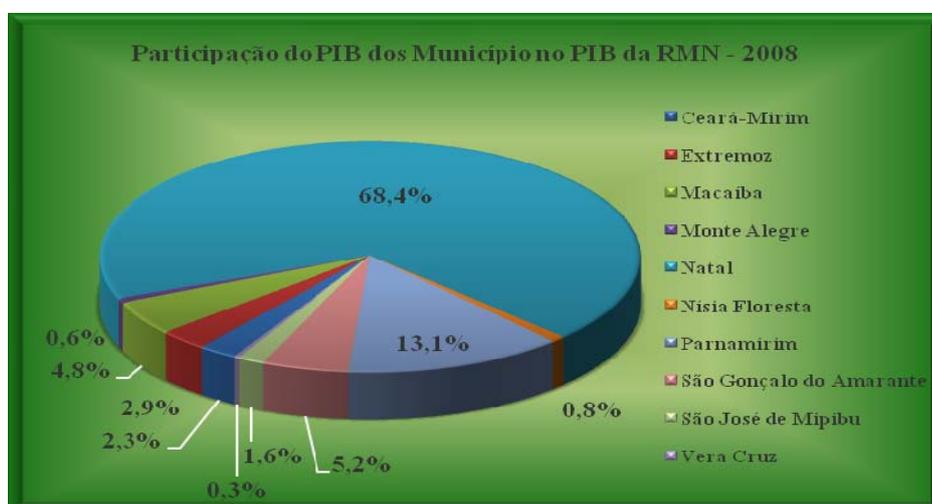


Figura 11 - Participação do PIB dos municípios no PIB da RMN.

Fonte: Gráfico elaborado pelo autor, com base nos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): dados do Produto Interno Bruto dos Municípios 2003-2008.

Naturalmente o PIB Per Capita no mesmo período (2003-2008) acompanhou a crescimento do PIB na Região Metropolitana, a Figura 12 apresenta com clareza este fato.

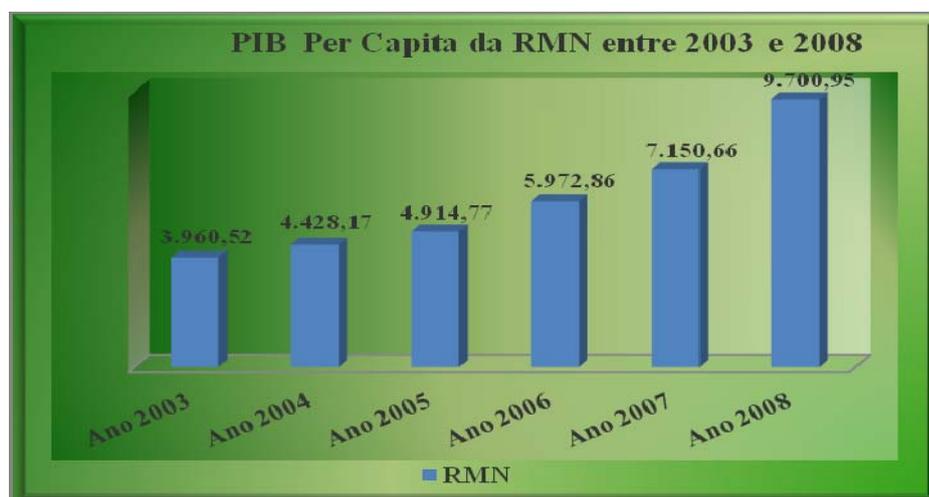


Figura 12 – PIB per capita da Região Metropolitana 2003-2008.

Fonte: Gráfico elaborado pelo autor, com base nos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): Base de dados do Produto Interno Bruto dos Municípios 2003-2008 – IBGE.

A evolução dos PIBs dos municípios da RMN (a preços correntes) se revelou consistente entre os anos de 2003 e 2008, apresentando dessa forma uma boa sintonia com o crescimento do estado, da região nordeste e do Brasil. A Figura 13, demonstra de forma mais clara a evolução dos PIBs dos municípios da Grande Natal.

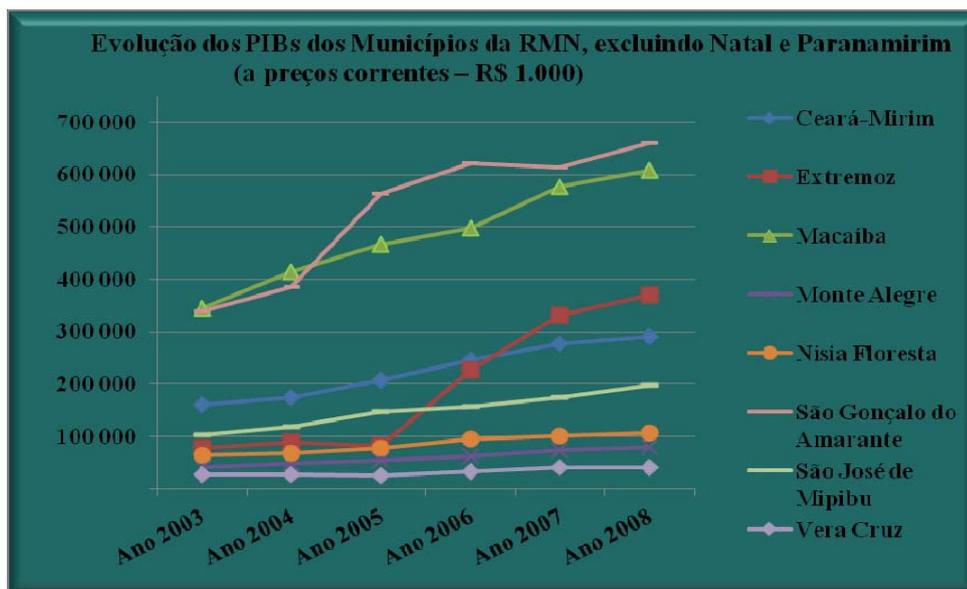


Figura 13 - Evolução dos PIBs dos municípios da RMN, excluindo Natal e Parnamirim.

Fonte: Gráfico elaborado pelo autor, com base nos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): Base de dados do Produto Interno Bruto dos Municípios 2003-2008 – IBGE.

Entre os municípios da RMN, os que obtiveram melhores desempenhos no crescimento, foram os municípios de Extremoz e São Gonçalo do Amarante, estes foram contemplados nos últimos anos, com a entrada de novos empreendimentos e instalação de grandes indústrias, em Extremoz, onde se localiza o Distrito Industrial da Zona Norte de Natal, e formam um conjunto de diversas grandes empresas instaladas e em pleno processo de expansão. No caso de São Gonçalo há uma diversificação maior da economia, como por exemplo, lavouras de cana de açúcar, destaque na pecuária, em especial na criação bovina, destinada a produção de leite, o município ainda conta com a criação de porcos e galinhas para abate, como também para produção de ovos, criações de ovinos e caprinos. Além disso, a criação de crustáceos e moluscos se destaca das demais atividades pesqueiras, principalmente a criação em cativeiro de camarões. Outro destaque é o setor de vendas de produtos alimentícios como supermercados e restaurantes, a atividade industrial também está presente na economia, principalmente a do extrativismo Mineral, nesse aspecto há destaques para indústria cerâmica (se destaca com a produção de tijolos) e para as pedreiras (na produção de britas, paralelepípedos, etc.). Quanto ao PIB Per capita, o maior destaque mais uma vez é para o município de Extremoz que atingiu R\$ 16.440 reais em 2008, ultrapassando a média Nacional.

A capital Natal e a cidade de Parnamirim foram excluídas do gráfico por possuírem PIBs bem maiores que as demais cidades, prejudicando dessa forma a visualização completa

das informações. Quanto aos dois municípios, apresentaram as seguintes evoluções: PIB de Natal no ano de 2003, era 5,22 bilhões, já no ano de 2008 chegou a 8,65 bilhões, enquanto que o PIB de Parnamirim no ano de 2003, foi 0,84 bilhões, em 2008 evoluiu para 1,65 bilhões, também outro destaque, explicado pelo fato de, boa parte do pólo industrial de Natal se localizar neste município. Os PIBs Per Capta da RMN, do Rio Grande do Norte, da Região Nordeste e do Brasil são apresentados no gráfico da Figura 14, onde o PIB Per Capita da RMN ultrapassou o PIB Per Capita do Rio Grande do Norte (RN) no ano de 2008, no entanto, ainda se manteve bem abaixo do Nacional.

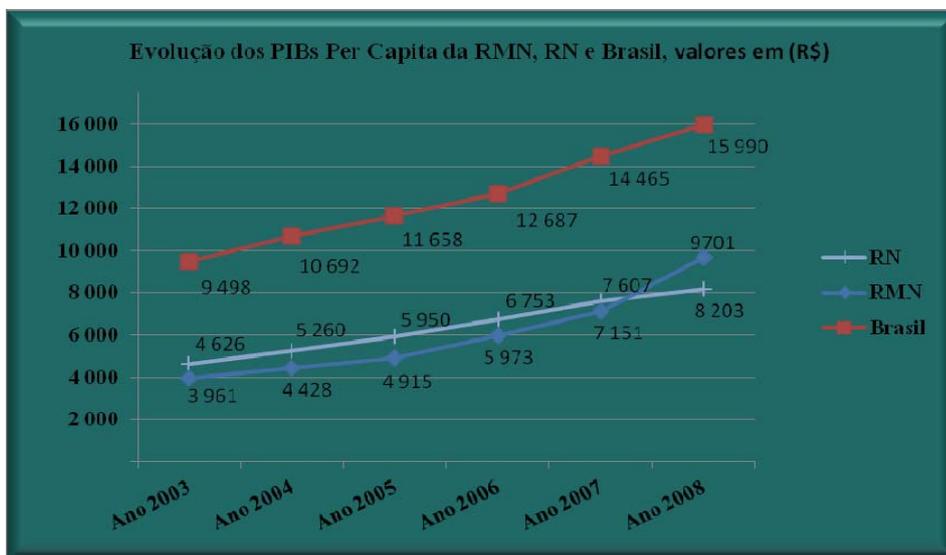


Figura 14 - Evolução dos PIBs per capita da RMN, RN e Brasil.

Fonte: Gráfico elaborado pelo autor, com base nos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Base de dados do Produto Interno Bruto dos municípios 2003-2008 – IBGE.

2.2 – ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

2.2.1 – Clima

A RMN pertence a uma região de clima tropical chuvoso com mínimos de precipitação na estação verão. No que tange a regime pluviométrico na RMN, compreende chuvas durante todo o ano e que ultrapassam os 1.200 mm/ano, decrescendo para valores inferiores aos 750 mm/ano em direção ao interior do Estado; os máximos de precipitações ocorrem no trimestre abril, maio e junho; já de outubro até o mês de janeiro as chuvas são esparsas. A umidade relativa do ar oscila no intervalo de 70 a 90%. A Figura 15 apresenta um histórico da precipitação média dos 10 municípios da RMN entre os anos de 2001 e 2011 (10 anos) de acordo com o mês do ano.

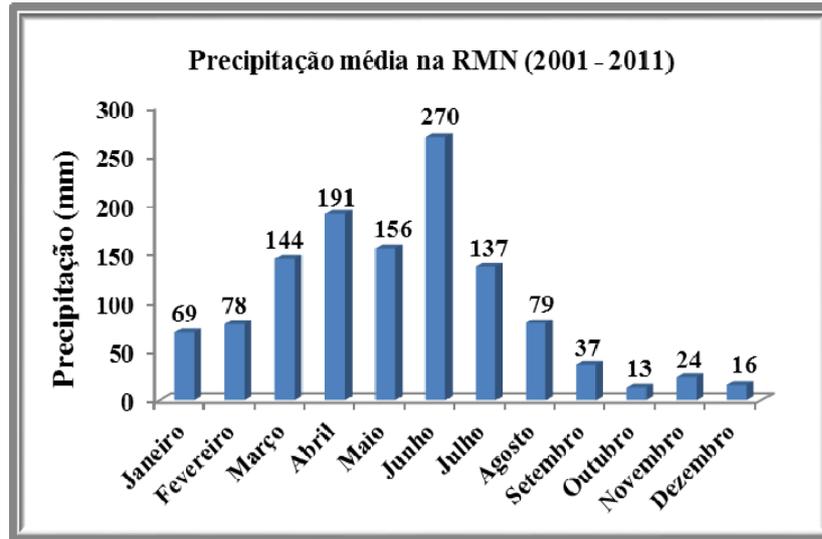


Figura 15 – Precipitação média na RMN entre 2001 – 2011.

Fonte: Gráfico elaborado pelo autor, com base nos dados do Somar Meteorologia.

A circulação atmosférica provenientes de Natal e Parnamirim (municípios com localizações bastante representativas da RMN) segundo Amaral (2000) e Cunha (2004) respectivamente são praticamente constantes, originadas principalmente do quadrante E-SE e os mais fortes sopram principalmente entre os meses de agosto e setembro; as máximas velocidades situam-se entre 3.8 m/s e 5.4 m/s, com rajadas até superiores a 10 m/s. As temperaturas atmosféricas médias anuais chegam aos 28° C, com amplitude térmica histórica predominante no intervalo de +4° C. Os picos de temperaturas no verão podem atingir máximos absolutos de até 39,5° C (FADE, 2006).

2.2.2 – Vegetação

A RMN é caracterizada pela presença de coberturas vegetais: Caatinga, nas áreas mais interiorizadas e de clima mais seco (relacionada principalmente à Superfície Sertaneja); a Mata Atlântica (matas ciliares, mata dos Tabuleiros Costeiros e de parte da Planície Litorânea), também apresenta ecossistemas associados às planícies de maré e dunas. Em síntese a Caatinga é representada pela vegetação hipoxerófila, isto é, uma vegetação adaptada à menor disponibilidade de água que é característica do interior nordestino (o Sertão semi-árido), apresentando arbustos e árvores com espinhos (juazeiro, umbuzeiro, marmeleiro, mandacaru e aroeira) e bromeliáceas (macambira, principalmente), porém de aspecto menos agressivo do que a Caatinga Hiperxerófila.

2.2.3 – Áreas protegidas por legislação geral ou específica

A Lei federal que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), de número 9.985 de 18 de julho de 2000, define em seu Art. 2º, Unidades de Conservação (UC), como: Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção. De acordo com IDEMA (2011) as Unidades de Conservação dividem-se em dois grupos:

- a) **Unidades de Proteção Integral:** é uma área em geral extensa com certo grau de ocupação humana dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas e tem como objetivo proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. O grupo das Unidades de proteção Integral é composto pelas seguintes categorias: Estação Ecológica; Reserva Biológica; Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre.

- b) **Unidades de Uso Sustentável:** é uma área natural que abriga populações tradicionais, cuja existência baseia-se em sistemas sustentáveis de exploração dos recursos naturais, desenvolvidos ao longo de gerações e adaptados às condições ecológicas locais e tem como objetivo compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais garantindo a manutenção da diversidade biológica. Constituem o grupo das Unidades de Uso Sustentável as seguintes categorias de unidades de conservação: Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Refúgio de Vida Silvestre, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

A Grande Natal conta com algumas áreas de proteções ambientais definidas pelos órgãos municipais, estadual (IDEMA) e federal (IBAMA). Segundo a base de dados do IDEMA existem três áreas regulamentadas pelo órgão e uma pelo IBAMA:

- O Parque Estadual das Dunas Jornalista Luiz Maria Alves que está situado na área urbana do município de Natal e possui uma área de 1.172 hectares. Foi criado pelo Decreto Estadual nº. 7.237 de 22.11.77, com objetivo de preservar e conservar os recursos naturais dos ecossistemas Dunas / Mata Atlântica / Tabuleiro Litorâneo;
- A Área de Proteção Ambiental Bonfim-Guaraíras que está localizada nos municípios de Nísia Floresta, São Jose de Mipibu, Ares, Senador Georgino Avelino, Goianinha e Tibau do Sul. A APA Bonfim/Guaraíra foi criada pelo Decreto Estadual no. 14.369 de 22/03/99/IDEMA, com objetivo de preservar e conservar os recursos naturais dos ecossistemas Dunas, Mata Atlântica e Manguezais, lagoas, rios e demais recursos hídricos;
- A Área de Proteção Ambiental Genipabu esta situada entre os municípios de Natal e Extremoz, foi criado por Decreto Estadual nº. 12.620, de 17.05.95, possui 1.881 hectares, e tem o objetivo de preservar e conservar os recursos naturais dos ecossistemas de Dunas, Praias, Mata Atlântica e Manguezais, lagoas, rios e demais recursos hídricos;
- A Floresta Nacional de Nísia Floresta, definida pelo IBAMA – RN, através de Portaria Federal nº445, de 16/08/89, com área de aproximadamente 174,95 hectares, localizada no município de Nísia Floresta, com o objetivo de promover o manejo adequado dos recursos naturais, garantir a proteção dos recursos hídricos, das belezas cênicas e fomentar o desenvolvimento da pesquisa científica, com ênfase na sua exploração sustentável.

Algumas Unidades de conservação estão em processo de criação, são elas: Parque Estadual Mangues do Potengi (em Natal) e Parque Estadual do Jiqui (em Parnamirim).

As Áreas protegidas pela legislação geral como: dunas, manguezais, mata atlântica, margens dos canais fluviais, também podem estar regulamentadas em alguns municípios como áreas de proteção ambiental (ZPA's). No município de Natal existem 10 sítios protegidos por legislação específica (alguns já regulamentados e outros em fase de regulamentação), reunidos como zonas de proteção ambiental. Conforme dados do IDEMA, 2011, as áreas são as seguintes (Figura 16):

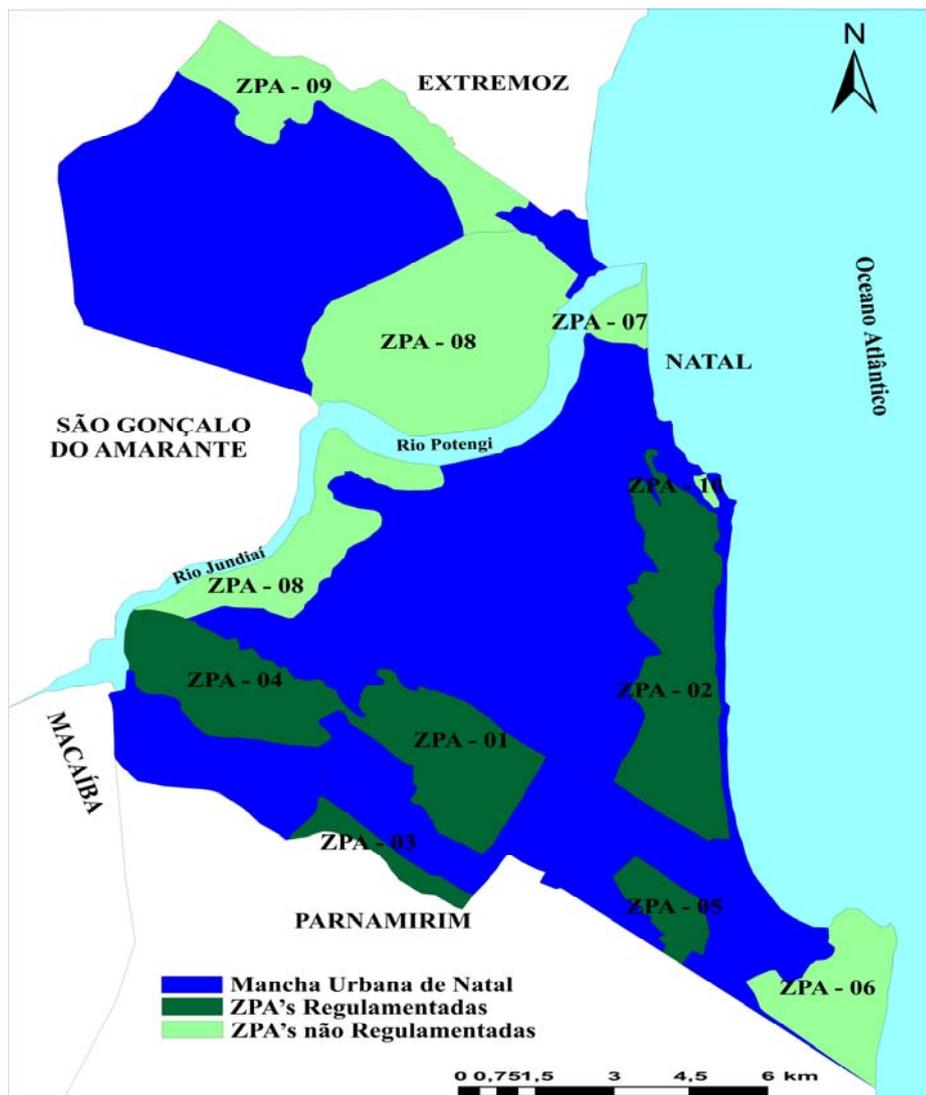


Figura 16 – Mapa das zonas de proteção ambiental - ZPA's de Natal.

Fontes: Mapa construído com base nos dados do IDEMA e da SEMURB, 2011.

ZPA-01 - Campo Dunar do Pitimbu, Candelária e Cidade Nova, é a principal área de recarga do aquífero Dunas – Barreiras, que garante a demanda de grande parte da água potável da cidade, além de proteção da flora e fauna das dunas;

ZPA-02 - Parque Estadual Dunas de Natal e área de Tabuleiro Litorâneo adjacente ao Parque (Avenida Engenheiro Roberto Freire), pela diversidade de sua flora, fauna e das belezas naturais; constitui uma importante unidade de conservação, também é destinada a fins educativos, recreativos, culturais e científicos;

ZPA-03 – Região entre o Rio Pitimbu e a avenida dos Caiapós (Conjunto Habitacional Cidade Satélite), correspondendo a uma parte da bacia hidrográfica do rio Pitimbu, com solo fértil nas

margens, caracterizadas por feições de terraços e vertentes com dunas sobrepostas; sua função principal é o suprimento de água doce para a Lagoa do Jiqui;

ZPA-04 - Cordões de Dunas do Guarapes, destacada pela sua relevante contribuição a beleza cênico-paisagística da cidade, decorrentes dos contrastes de relevo, com o tabuleiro costeiro e o estuário do Rio Potengi. Possui considerável importância na minimização de escoamento pluvial, por absorver água e realimentar o aquífero;

ZPA-05 - Representa uma associação de dunas e lagoas do bairro de Ponta Negra (Região de Lagoinha), correspondendo ao complexo de dunas e lagoas com desenvolvimento de vegetação com espécies predominantes de formação de tabuleiro litorâneo e espécies da Mata Atlântica. Constitui uma das principais áreas (ecossistema) de recarga dos aquíferos na região metropolitana;

ZPA-06 - Morro do Careca e dunas associadas, como um recanto natural de beleza particular, por seus aspectos panorâmicos, florísticos e paisagísticos, de interesse cultural, recreativo e turístico;

ZPA-07 - Fortaleza dos Reis Magos e seu entorno, como um sítio de relevante valor artístico, arquitetônico, cultural, turístico e histórico, onde se encontra o marco de fundação da cidade, tombado pelo Patrimônio Histórico Nacional; e localizada sobre recifes adjacentes ao estuário do Potengi;

ZPA-08 - Estuário do Rio Potengi e manguezal, definida, como um ecossistema litorâneo de grande importância ambiental e socio-econômica para a cidade, por ser uma área de reprodução de espécies de fauna marinha, refúgio natural de peixes e crustáceos, propiciador da indústria de pesca e atividades de aquicultura, portuária e de recreação, além de ser uma fonte de alimento para a população ribeirinha;

ZPA-09 - Complexo de lagoas e dunas ao longo do Rio Doce; se trata de um ambiente de potencial paisagístico e turístico, compreendendo o sistema de dunas e lagoas associado ao vale do Rio Doce, também exerce importante papel na recarga dos aquíferos e além da perenização do rio.

ZPA-10 - Encostas dunares adjacentes ao farol de Mãe Luiza, pelo valor cênico-paisagístico, histórico, cultural e de lazer.

Neste estudo não foram encontradas informações de áreas de proteção ambiental por leis específicas para os municípios de: São Jose de Mipibu, Monte Alegre, Extremoz, Ceará-Mirim e Veracruz. Nos demais municípios foi possível identificar as seguintes áreas de proteção, segundo base de dados do IDEMA (2011):

- São Gonçalo do Amarante: manguezais do rio Potengi – Jundiaí, em continuidade a ZPA-08 de Natal;
- Macaíba: manguezais dos rios Potengi – Jundiaí, contigua a ZPA-08 de Natal;
- Parnamirim: Reserva de Mata Atlântica na área da Barreira do Inferno, em parceria com a Aeronáutica;
- Nísia Floresta: área de dunas, lagoas e vegetação associada, na área das lagoas;

Das 10 ZPA's, apenas cinco foram regulamentadas. Para ano 2011/2012, estão previstas as regulamentações das seguintes Zonas de Proteção Ambiental (ZPA's): 6 (área militar após Ponta Negra), 7 (Forte dos Reis Magos e seu entorno), 8 (margens do Rio Potengi na zona Oeste da cidade), 9 (Lagoa Azul, na zona Norte) e 10 (dunas de Mãe Luiza). Além destas, está previsto a revisão das ZPA's 3 (rio Pitimbu), 4 (dunas em Felipe Camarão) e 5 (dunas e lagoas em Ponta Negra).

2.2.4 – Solos

O desenvolvimento dos solos corre como uma resposta aos processos morfoclimáticos atuantes sobre o substrato (sedimentos e rochas), com indispensável participação de seres vivos. A disponibilidade de água na maior parte desta área de estudo propiciou o desenvolvimento de uma expressiva cobertura vegetal (ora bastante descaracterizada pela atividade humana), a qual foi acompanhada de uma fauna igualmente diversificada; que aliada, a atuação do intemperismo químico propiciou o desenvolvimento de perfis de solos mais espessos nas áreas mais úmidas (pela proximidade ao litoral) do que naquelas mais afastadas do litoral (interiorizadas). Os solos encontrados na Superfície dos Tabuleiros são representados por Argissolo Vermelho Amarelo Abrúptico Plinthico, e Latossolo Amarelo Distrófico típico; apresentam textura média, relevo plano, profundos e porosos, fertilidade natural e mais elevada que os demais tipos, encontrados ao longo de toda a região

Metropolitana. São bastante utilizados para fruticultura (manga, banana, jaca, abacate, etc.), além de mandioca, milho, feijão e pastagens.

Os Gleissolos sálicos correspondem às áreas de mangue; compreendem solos planos, pobremente drenados, espessos, com textura arenosa fina a argilosa e alto conteúdo de sais. Essas áreas estão sujeitas a intensa pressão, devido ao crescimento das áreas urbanas e também ao crescimento da atividade econômica, pela construção de equipamentos turísticos e, principalmente, pela locação de tanques para aquicultura. Já os Neossolos litólicos eutróficos correspondem aos solos pouco espessos desenvolvidos sobre as rochas do embasamento e mesocenozóicas (arenitos e conglomerados), associados às superfícies Sertanejas e dos Tabuleiros, o suporte vegetal é baixo nas rochas cristalinas e conglomerados Barreiras e moderado nos arenitos e coberturas colúvio-aluvionares, com textura arenosa a cascalhosa, excessivamente drenada, relevo plano e fertilidade natural baixa. É um tipo de solo bastante aproveitado para culturas de caju, coco, cana de açúcar e pela pecuária (FADE, 2006).

2.2.5 – Recursos Hídricos

Os recursos hídricos da área de estudo são formados por uma rede fluvial de caráter perene, ou seja, possuem baixos cursos das drenagens principais, centenas de lagoas e reservatórios subterrâneos de alta capacidade de armazenamento e de bombeamento (Aquífero Dunas – Barreiras), a Região Metropolitana de Natal possuía disponibilidade de água potável que certamente asseguraria o seu abastecimento por várias décadas; porém, a ocupação desordenada do espaço fez com que este potencial hídrico fosse severamente comprometido por vários fatores que causaram impactos em diversos aspectos relacionados a esses reservatórios (AMARAL et al., 2005 apud FADE 2006). O sistema fluvial é compreendido pelas bacias hidrográficas dos rios Maxaranguape (margem direita) Ceará Mirim, Doce Potengi, Pirangi e Trairi, entre outras e estão reunidas sob a denominação bacias de escoamento difuso do litoral oriental. O regime climático de semi-aridez impõe o caráter de intermitência aos cursos fluviais mais a montante e de efemeridade às drenagens nas cabeceiras; a perenidade observada no baixo curso dos rios principais demonstra a contribuição das águas subterrâneas. O litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte é recortado por uma série de canais fluviais de arranjo angular com a orientação leste-oeste conjugado com nordeste-sudoeste. Este padrão continua para além do limite sul da área, mas se modifica após o limite norte, quando se alcança a chamada faixa de escoamento difuso do litoral norte. As lagoas complementam o cenário hidrogeológico de superfície. Estas ocorrem

mais próximas ao limite da Superfície dos Tabuleiros com a Planície Costeira. Os reservatórios de águas subterrâneas estão relacionados aos aquíferos Cristalinos que é a unidade basal e aflora somente em porções isoladas da Região Metropolitana de Natal. Sua capacidade de bombeamento é considerada baixa e a água tem normalmente alto teor em sais.

O Aquífero Cretáceo aflora em porções isoladas no município de Ceará Mirim e está relacionado às rochas da Bacia Potiguar e também encoberto pela Formação Barreiras a sul de Natal (associado às rochas da Bacia Pernambuco – Paraíba). A potencialidade hídrica deste Aquífero é pouco conhecida, já que, poucos são os poços que são perfurados até estes horizontes. Já os aquíferos Barreiras e Dunas constituem um sistema integrado e interdependente e correspondem à maior área de afloramentos da Região Metropolitana de Natal. Os Aquíferos Barreiras referem-se a uma seqüência siliciclástica (cascalhos – areias – argilas) e representa a principal fonte potencial de água para a metrópole; o Aquífero Dunas compreende as areias eólicas que recobrem grande parte da Planície Litorânea e a parte mais oriental dos Tabuleiros Costeiros.

Segundo Diniz e Melo, 2004 apud FADE (2006) o resultado do grande potencial deste sistema é proveniente de um conjunto de fatores positivos tais como: elevadas precipitações pluviométricas, tipos de rochas e sedimentos, porosidade e permeabilidades altas, ampla área de recarga. No entanto, o crescimento desordenado de núcleos urbanos da metrópole compromete de maneira considerável essas condições naturais, provocando déficits de recarga por: impermeabilização do solo, rebaixamento do nível estático e, principalmente, a infiltração de agentes contaminantes (nitrito, nitrato, etc.) provenientes de fossas “sépticas”, devido principalmente à falta de investimentos em saneamento básico, sendo este fato agravado pela carência de fiscalização mais abrangente, feita por órgãos como: CREA, SEMURB’s, IDEMA (FADE, 2006).

2.3 – GEOMORFOLOGIA

A RMN apresenta conforme a orientação oeste - leste, a Depressão Sertaneja (domínio dos terrenos pré-cambrianos), os Tabuleiros Costeiros que são domínios das rochas mesozóicas e da Formação Barreiras, a Planície Litorânea que é ocupada pelas planícies fluvio - marinhas, praias e paleopraias e a Plataforma Rasa. As dunas e os campos de dunas ocorrem associados à Planície Litorânea e aos Tabuleiros Costeiros. (Figura 17). A região de estudo não apresenta consideráveis desníveis de relevo, com exceção de alguns trechos do litoral, onde é possível a ocorrência dunas sobre algumas falésias.

Quanto às altitudes máximas, elas estão associadas a elevações residuais da Superfície Sertaneja, que podem atingir níveis próximos dos 170 metros nos municípios de Monte Alegre – São José de Mipibu. No caso do litoral, as máximas altitudes estão marcadas pela ocorrência de dunas sobre algumas das falésias, cuja maior cota corresponde à Ponta Negra (Morro do Careca) atingindo o valor de 96 m.

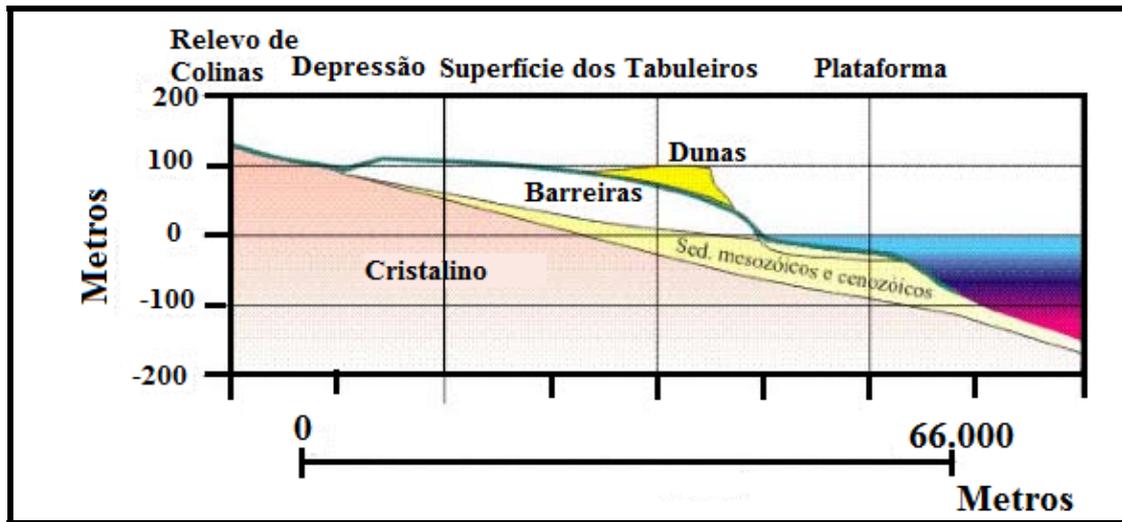


Figura 17 – Mapa do meio físico – RMN (modificado de Diagnóstico para o Plano Estratégico de Natal, 2006).

Fonte: FADE, 2006.

2.4 – GEOLOGIA

2.4.1 - Contexto Geológico da Área de Estudo

Segundo Angelim (2006), o arcabouço geológico da Região Metropolitana de Natal (RMN), resulta da ação de vários processos geodinâmicos que atuaram nesta porção da crosta (vide ANEXO A). As rochas do embasamento cristalino na área de estudo são de idade pré-cambriana, compostas pelas rochas plutônicas neoproterozóicas e os ortognaisses arqueanos associados aos Complexos Brejinho e Presidente Juscelino. As demais litologias constituem sequências fanerozóicas inseridas no contexto das bacias Potiguar (aproximadamente a norte do paralelo de Natal) e Pernambuco – Paraíba (a sul desse paralelo), onde os processos evolutivos são de idades meso-cenozóicas, ou seja, a instalação e o desenvolvimento dessas bacias ocorrem desde cerca de 120 milhões de anos até os momentos atuais.

Esta região (RMN) é caracterizada por apresentar coberturas sedimentares cenozóicas, sendo estas, os depósitos arenosos de dunas antigas, dunas recentes, sedimentos aluvionares e sedimentos de mangue na faixa intermaré. Na zona de estirâncio e de ante-praia ocorrem os

beach rocks, em cordões paralelos e linha de costeira atual, constituídos por arenito amarelados a cinza. A unidade aflorante mais antiga é constituída de sedimentos areno-argilosos, com porções conglomeráticas pertencentes à Formação Barreiras de idade terciária /quaternária, a qual repousa de maneira discordante sobre as unidades Pré-Cambrianas e mesozóicas da região (MELO, F. T. L., 1999).

Na abordagem da geologia feita nesta dissertação optou – se pela discussão dos registros geológicos em termos de unidades pré - quaternárias (anteriores a 2 milhões de anos) e unidades quaternárias, tendo em vista que os registros mais antigos normalmente se comportam de forma passiva aos processos geodinâmicos atuais, ao passo que os registros quaternários traduzem diretamente esses processos, tais como: solos, sedimentos, rochas sedimentares e as paisagens associadas inclusive rede fluvial e lacustre.

2.4.1.1 - Registros Geológicos Pré-quaternários.

O Complexo Presidente Juscelino, é constituído de gnaisses diversos e rochas graníticas a dioríticas intrusivas e deformadas conjuntamente com os gnaisses, cuja idade mais antiga obtida (cerca de 3,45 bilhões de anos, método U-Pb). Já uma suíte granítica mais jovem (cerca de 600 milhões de anos) exhibe rochas pouco ou não deformadas. Estas rochas de embasamento estão encobertas na maior parte da área da RMN, aflorando apenas em locais próximos aos limites da Grande Natal, da mesma forma nas vizinhanças da capital (Natal), de onde se faz seu aproveitamento econômico de maneira artesanal por meio de pedreiras de granitos em Macaíba, São Gonçalo do Amarante e Ceará-Mirim.

A deformação tectônica é de natureza tangencial e polifásica, resultando em frequentes padrões de superposição de dobramentos e fábricas, que afetaram os Complexos Brejinho e Presidente Juscelino. Além disso, as zonas de cisalhamento dúcteis do tipo transcorrente, direção NE e rejeito sinistral também são frequentes na região e reorientaram as estruturas pretéritas gerando a fase de dobramentos F₃ em estilo aberto, de plano-axial subvertical, que afetaram as rochas pré-cambrianas e as estruturas anteriores (DANTAS et al., 1997).

A porção norte da RMN é ocupada pelo Mesozóico da Bacia Potiguar e está relacionada à Plataforma de Touros e aflora na região de Ceara Mirim – São Gonçalo do Amarante.

A Bacia Pernambuco – Paraíba não ocorre aflorante no domínio da RMN, sendo visível apenas por meio de poços perfurados na região mais ao sul. Os estágios evolutivos da Bacia Potiguar são normalmente descritos em termos de: fases rifte (Magmatismo Rio Ceará - Mirim e formações Pendência e Pescada), transicional (Formação Alagamar) e de deriva ou

de margem passiva, que correspondem às formações Açú, Ponta do Mel, Quebradas, Ubarana, Jandaíra, Guamaré, Tibau e Barreiras, além do registro quaternário e os basaltos das formações Serra do Cuo e Macau. Dando ênfase apenas as unidades na área de estudo deste trabalho/RMN, a presença do Magmatismo Rio Ceará-Mirim está representada por basaltos e diabásios que constituem uma eleva quantidade de diques aflorantes na borda da Bacia Potiguar, desde as proximidades do Rio Ceará - Mirim até o sul do Ceará. Os diques são de largura métrica a decamétrica e extensão de dezenas até poucas centenas de metros, aflorando principalmente como blocos e ‘manchas’ de alteração (solos e coluvios argilosos escuros).

A Formação Açú representa uma unidade fluvial a flúvio-costeira que é constituída de arenitos e, no topo, gradam a arenitos carbonáticos, marcando sua transição para a Formação Jandaíra que é essencialmente carbonática, representando fácies estuarinas, de plataforma rasa, bem como ambientes restritos de alta evaporação (onde ocorre a de deposição de gipsita). É aflorante em uma pequena área no município de Ceará - Mirim; estas duas unidades representam uma superfície tabular com fraco mergulho estrutural para o oceano, ocorre que a decomposição dos arenitos pode ser confundida com lençóis arenosos quaternários; a decomposição dos carbonatos gera uma cobertura argilosa de cor creme a esverdeada. A Formação Barreiras constitui uma unidade de origem continental (fluvial) a transicional provavelmente miocênicas (do intervalo 18 a 6 milhões de anos anteriores a data atual) que afloram no interior, constituindo a Superfície dos Tabuleiros e, na área costeira suportando falésias e paleofalésias bastante comuns nesta região. Esta Formação caracteriza-se sedimentos areno-argilosos por apresentar arenitos e conglomerados pouco coesos, cujas características composicionais e texturais são bastante diversas, e representam os diferentes processos de deposição na sua geração e degradação que sofreram devido à ação de processos geodinâmicos ao longo do Quaternário. Os depósitos coluvionares ocorrem sobrejacentes a todas as unidades pré-quaternárias e, em alguns casos, podem estar associados diretamente a eventos pré-quaternários, uma vez que, eles também podem ocorrer na interface com as unidades mais antigas, isto é, constituindo o contato basal do Grupo Barreiras. (FADE, 2006).

2.4.1.2 - Registros Geológicos Quaternários.

No Quaternário os processos geológicos envolvidos são decorrentes da ação das variáveis oceanográficas (ondas, mares, correntes, flutuações do nível do mar) e climáticas (regime de ventos, precipitações pluviométricas), além disso, existe a ocorrência de eventos deformativos modernos. Os produtos correspondem à sedimentação associada às bacias

hidrográficas da região, aos processos costeiros e aos aspectos naturais e induzidos de degradação da paisagem.

Quanto à contribuição da Neotectônica ela está materializada pela ocorrência de estruturas paleossísmicas em conglomerados na região de Ceará - Mirim e Macaíba e pela proximidade de uma zona sismogênica atual (FADE, 2006). No que tange os depósitos fluviais, estão associados aos leitos dos rios principais e a alguns riachos. Nas desembocaduras dos rios que cortam a região litorânea constituem bancos arenosos e, nas margens, depósitos lamosos sobre os quais se instalam os manguezais. Os depósitos argilosos ocorrem associados a antigos leitos de rios e riachos e bordas de lagoas e em algumas vezes podem se mostrar ricos em restos vegetais, constituindo turfeiras.

Os sedimentos lacustres podem ser arenosos de contribuição fluvial ou de retrabalhamento de areias eólicas, argilosos quando da descarga de material em suspensão provenientes de rios e/ou orgânicos (fragmentos e detritos de animais e vegetais), dentre os quais se destacam a diatomita e argilas, que são exploradas de forma econômica.

Os arenitos de praia apresentam morfologia representativa de antigas zonas de praia e os depósitos associados às praias modernas são predominantemente arenosos, com freqüentes contribuições de minerais pesados tais com: ilmenita, zircão, turmalina, entre outros e bioclastos que são fragmentos de algas, conchas, etc. (FADE, 2006, op.cit.).

2.4.1.3 - Classificação dos depósitos eólicos.

São classificados em dunas fixas e dunas móveis. As dunas fixas são compostas predominantemente por areias quartzosas, selecionadas e com grãos arredondados e se encontram fixadas pela vegetação, isto confere aos sedimentos uma coloração escura variando entre amarelada, avermelhada e amarronzada. As dunas móveis são aquelas que, por não possuírem vegetação estão sujeitas ao retrabalhamento eólico e também são constituídas de areias quartzosas, selecionadas e com grãos arredondados, porém apresentam cores claras.

Devido a sua grande mobilidade, os sedimentos eólicos podem recobrir quaisquer das demais unidades geológicas. No que concerne à morfologia das dunas fixas no litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte, elas formam extensos cordões com direção NW/SE, que se estendem por mais de 10 km continente adentro, porém mais adentro do continente, estas dunas se apresentam arrasadas, podendo estar a cotas semelhantes as da Superfície dos Tabuleiros. Já as dunas, moveis, são sedimentos eólicos que estão associadas ao desenvolvimento atual do litoral e formam extensos cordões paralelos a praia. Recobrem tanto o Grupo Barreiras como formações fluviais e lacustres mais recentes. São compostas

predominantemente de quartzo, em grãos (tamanho de areia), arredondados, bem selecionados e de cor clara (FADE, 2006). Ainda no mapa do **ANEXO A** é possível visualizar as unidades geológicas presentes na Região Metropolitana de Natal (RMN).

2.5 – RECURSOS MINERAIS NA RMN

Os recursos minerais abordados neste estudo são os do segmento do setor mineral que produz matéria-prima mineral bruta ou beneficiada de emprego imediato na indústria da construção civil. Convém salientar que a expressão “emprego imediato na construção civil”, presente na legislação mineral, não é tão correta, já que nem sempre são usadas dessa forma.

Em muitas situações entram em misturas como o concreto e a argamassa, antes de serem utilizadas na construção civil. São basicamente a areia e a rocha britada. Também no **ANEXO A** podem ser visualizados (no mapa de Geologia e Recursos Minerais da RMN) estes recursos minerais plotados.

2.5.1 – Depósitos de Areia.

Os depósitos de areias são representados por quatro principais tipos: aluvionares, lacustres, coberturas arenosas e praias. O primeiro tipo, os depósitos aluvionares são os mais importantes economicamente. Eles são amplamente distribuídos na RMN, com larguras e extensões consideráveis e espessuras médias de 1,50m. Na área de estudo os depósitos mais significativos são os dos rios Apodi, Ceará-Mirim, Pium, Potengi e Trairi. Nestes depósitos as areias aluvionares são essencialmente quartzosas, constituídas por até 85% de quartzo, e o restante, por feldspato, mica, limonita, minerais pesados e concentrações argilosas. Elas são consideradas como de má qualidade para aplicações nobres, em função dos teores de sílica (<90%, variando entre 81,8% a 86,3%) e de elementos contaminantes, como as argilas (Al_2O_3 varia entre 6,1% a 9,5%), feldspato (K_2O entre 3,2% a 4,1%), limonita (<1%) e outros (ANGELIM, L. A. A. (org.) et al., 2006).

São depósitos com elevado potencial de reservas, em 2005 existiam cerca de 17 produtores na RMN, produzindo e comercializando areias aluvionares. Toda a produção é destinada à indústria da construção civil, sendo bastante utilizada na fabricação de argamassa de assentamento, revestimento e na produção de concretos. Os depósitos lacustres estão presentes principalmente em lagoas, situados a norte da cidade de Natal, abrangendo principalmente os municípios de Extremoz e Ceará - Mirim, mas não são explorados.

São depósitos essencialmente quartzosos, com até 98% de quartzo, ocorrendo em menores proporções, feldspato, mica, minerais pesados (ilmenita, rutilo, anatásio, monazita e magnetita), matéria orgânica entre outros. Apresentam grãos de quartzo subarredondados e subangulosos, cujo tamanho varia de areia fina a muito fina. Há predominância da fração entre 32 mesh e 115 mesh. São areias consideradas como de excelente qualidade para aplicações nobres, como fonte de silício, indústrias de fundição, vidro, cerâmica, eletrônica, dentre outras, em função dos elevados teores de sílica (>90%, variando entre 95,8% a 99,2%) e dos baixos teores de elementos contaminantes, tais como: $Al_2O_3 < 1,0\%$, $TiO_2 < 0,20\%$ e $Fe_2O_3 < 0,20\%$. Os últimos tipos, os depósitos praias, estão distribuídos paralelamente ao longo da linha de costa e são constituídos predominantemente por areias quartzosas, esbranquiçadas e inconsolidadas. São bastante difíceis de serem explorados, por situarem-se em áreas de ecossistemas costeiros, de preservação ambiental. Foram cadastrados 14 depósitos de areias aluvionares, este tipo de depósito representa quase a totalidade dos recursos de areia cadastrados, representado cerca de 78% do total na RMN (ANGELIM, L. A. A. (org.) et al., op.cit.).

Os depósitos de coberturas arenosas ocorrem principalmente capeando rochas sedimentares. Eles são mais importantes que os depósitos aluvionares, e diferem destes, devido as suas especificações químicas e físicas, pois podem ter usos mais diversificados. A distribuição de recursos minerais para produção de areia destinada a construção civil, por município da RMN, estava em 2005, de acordo com Angelim (2006), da seguinte forma: 35,3% localizados no município de São Gonçalo do Amarante, 23,5 % em Monte Alegre, 11,8 % em Nísia Floresta e Ceará - Mirim e 5,9 em Extremoz e São José de Mipibu.

2.5.2 – Brita (Rocha britada).

As rochas britadas são principalmente provenientes dos granitos brasileiros, que fornecem a maior parte da sua produção. As principais pedreiras na RMN situam-se nos municípios de Macaíba e São Gonçalo do Amarante. Os granitos também fornecem outros produtos, como paralelepípedos, meio-fios, lajes e pedras marroadas. Foram cadastrados 5 depósitos de rocha para brita na op.cit.).

Ainda segundo Angelim (2006), a distribuição de recursos minerais para produção de brita, destinada a construção civil, por município da RMN, estava em 2005, da seguinte forma: 60% localizados no município de Macaíba e outros 40 % em São Gonçalo do Amarante. O número de recursos minerais conhecidos atualmente, na Grande Natal, usados

na produção de agregados, é bastante limitado um vez que, estudos neste sentido não foram estimulados nas últimas décadas, porém, esta realidade vem mudando. O grande interesse do governo federal (através do Ministério de Minas e Energia - MME), aliado a grande demanda por matérias como areia e brita nas regiões metropolitanas e as restrições de sua exploração, vêm estimulando a realização de estudos neste sentido nas regiões metropolitanas do Brasil.

Como a empresa do Governo Federal, responsável por estudos desta natureza (Geologia e Recursos Minerais), vinculada ao MME, a CPRM - Serviço Geológico do Brasil, está intensificando seus estudos no sentido de ampliar o número de recursos e/ou depósitos conhecidos, este fato se verifica com a implantação e execução do Projeto Materiais de Construção da Região da Metropolitana de Natal, iniciado em 2011 com previsão para sua publicação em 2013. Após a conclusão deste projeto o número de ocorrências e depósitos minerais destinados à produção de agregados para construção civil deverá aumentar consideravelmente.

O quadro 4 apresenta informações sobre os recursos minerais da RMN, filtrados do trabalho publicado pela CPRM 2006 - Angelim (op.cit.) - Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte, tais como: localização geográfica, rocha hospedeira, status econômico e classe genética. Também foi feita a inclusão das minas/pedreiras em atividade na época, já que, não estavam presentes nessa publicação de 2006.

Número Sequencial	Substância Mineral	Local	Município	Latitude (S)	Longitude (W)	Rocha Hospedeira	Status Econômico	Classe Genética
1	Are	Fazenda São José	Extremoz	-5,712500	-35,225556	Sedimento eólico	Garimpo	Sedimentar Clástica
2	Are	Estivas	Ceará-Mirim	-5,670278	-35,261944	Alúvio	Ocorrência	Sedimentar Clástica
3	Are	Fazenda Guajiru	Ceará-Mirim	-5,696667	-35,465833	Alúvio	Ocorrência	Sedimentar Clástica
4	Are	Passagem da Vila	Natal	-5,709167	-35,271111	Sedimento eólico	Garimpo	Sedimentar Clástica
5	Bt	Fazenda Serrinha	São Gonçalo do Amarante	-5,736500	-35,418500	Granito	Garimpo	Magmática Plutônica
6	Bt	Fazenda Serrinha	São Gonçalo do Amarante	-5,736500	-35,418500	Granito	Mina	Magmática Plutônica
7	Are	Guajirú I	São Gonçalo do Amarante	-5,748333	-35,325000	Cobertura Arenosa	Garimpo	Sedimentar Clástica
8	Are	Guajirú II	São Gonçalo do Amarante	-5,754167	-35,311944	Alúvio	Garimpo	Sedimentar Clástica
9	Are	Santo Antonio do Potengi (Rio Potengi)	São Gonçalo do Amarante	-5,795833	-35,318611	Alúvio	Garimpo	Sedimentar Clástica
10	Are	Poço de Pedras I, II E III (Rio Potengi)	São Gonçalo do Amarante	-5,811389	-35,434167	Alúvio	Garimpo	Sedimentar Clástica
11	Are	Arvoredo (Rio Potengi)	São Gonçalo do Amarante	-5,813611	-35,373611	Alúvio	Garimpo	Sedimentar Clástica
12	Are	Igreja Nova I E II (Rio Potengi)	São Gonçalo do Amarante	-5,818611	-35,450278	Alúvio	Garimpo	Sedimentar Clástica
13	Are	Fazenda Lagoa do Fumo (Rio Trairi)	São José de Mipibu	-6,066944	-35,291944	Alúvio	Garimpo	Sedimentar Clástica
14	Are	Pium (Leito do Rio Pium)	Nisia Floresta	-5,953056	-35,163333	Alúvio	Ocorrência	Sedimentar Clástica
15	Are	Fazenda Santa Luzia	Nisia Floresta	-6,013558	-35,143388	Paleoduna	Garimpo	Sedimentar Clástica
16	Are	Retiro (Rio Trairi)	Monte Alegre	-6,056219	-35,327922	Alúvio	Garimpo	Sedimentar Clástica
17	Are	Barrenta (Rio Trairi)	Monte Alegre	-6,056525	-35,355500	Alúvio	Garimpo	Sedimentar Clástica
18	Are	Pitanga I E II (Rio Trairi)	Monte Alegre	-6,058611	-35,358889	Alúvio	Garimpo	Sedimentar Clástica
19	Are	Fonte I E II (Rio Trairi)	Monte Alegre	-6,099444	-35,390556	Alúvio	Garimpo	Sedimentar Clástica
20	Bt	Loteamento Nova Betânia	Macaíba	-5,851667	-35,342222	Alúvio	Garimpo	Magmática Plutônica
21	Bt	Granja Ferreiro Torto	Macaíba	-5,87906	-35,334930	Granito	Mina	Magmática Plutônica
22	Bt	Jundiá	Macaíba	-5,90068	-35,378270	Granito	Garimpo	Magmática Plutônica

Are - Areia

Bt - Brita

Quadro 4 – Recursos minerais agregados para construção civil (areia e brita) RMN.

Fonte: base de dados GEOBANK - CPRM, 2011.

2.6 – AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.6.1 – Materiais naturais utilizados como agregados na construção civil.

As rochas e os sedimentos como areias e cascalhos são os materiais naturais utilizados como agregados na construção civil. Enquanto os sedimentos são usados, geralmente, como encontrados na natureza, as rochas podem passar por processos de britagem e moagem para atingir as especificações granulométricas.

De acordo com Almeida e Luz (2009) as características geológicas do território brasileiro exibem uma grande diversidade de rochas utilizadas como agregados. O tipo de rocha utilizada vai depender basicamente da disponibilidade local ou regional, exemplos:

- (i) granito e gnaisse: são utilizadas na maioria dos estados brasileiros;
- (ii) basalto: regiões sul e sudeste (bacia do Paraná);
- (iii) calcários e dolomitos: Minas Gerais, Goiás, Bahia e norte Fluminense;
- (iv) lateritas: Região Amazônica e Minas Gerais;
- (v) areia/cascalho: maioria dos estados.

No Estado do Rio Grande do Norte, os calcários sedimentares, vêm sendo excelentes fontes de brita para concreto, sendo também empregados como meio fio e paralelepípedo, principalmente nas cidades localizadas no Alto Oeste Potiguar. Não há indícios de utilização de calcário e dolomito como brita (rocha britada), ou seja, como agregado na Região Metropolitana de Natal, dessa forma, não foi feita a inclusão deste material no presente estudo.

2.6.2 – Definição de Agregados para Construção Civil.

Os profissionais ligados à construção civil no Brasil utilizam as definições da ABNT, enquanto os profissionais que atuam no meio rodoviário tendem a adotar a terminologia do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura). A tendência dos geotécnicos em geral é usar a nomenclatura do Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS) da ASTM (American Society for Testing and Materials).

Há várias discrepâncias tanto na denominação das classes texturais, como nos limites granulométricos adotados para as suas subdivisões, a depender da norma ou instituição, neste

trabalho optou-se pelas definições adotadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. De acordo com a ABNT, norma NBR 9935/2011 “Agregados – Terminologia”, os agregados são conceituados como materiais granulares, geralmente inertes, com dimensões e propriedades adequadas para preparação de argamassa ou concreto.

2.6.3 – Classificação dos Agregados para Construção Civil.

Segundo Frazão e Paraguassu (1998), Frazão (2006), os agregados podem ser classificados considerando a origem, a densidade e o tamanho dos fragmentos, no entanto existem outras definições quanto à forma e arredondamento das partículas, quanto à textura da superfície, etc. De acordo com a NBR 7211/2009 “Agregados para concreto – Especificação” e a NBR 9935/2011 “Terminologia”, as classificações para os agregados segundo a origem, densidade e o tamanho de suas partículas, são feitas da seguinte forma:

a) Quanto à origem.

- **Agregados naturais:** São materiais pétreos granulares que podem ser utilizados tal como encontrados na natureza, podendo ser submetidos à lavagem e a classificação ou britagem, por exemplo, areia, areia de britagem, rocha britada e cascalho.

- **Agregados artificiais:** São materiais granulares resultantes de processos industriais envolvendo alterações mineralógicas, químicas ou físico-químicas da matéria-prima original, para uso como agregado em concreto ou argamassa, por exemplo, resíduos da construção civil e subprodutos da demolição da construção civil. (Figura 18).

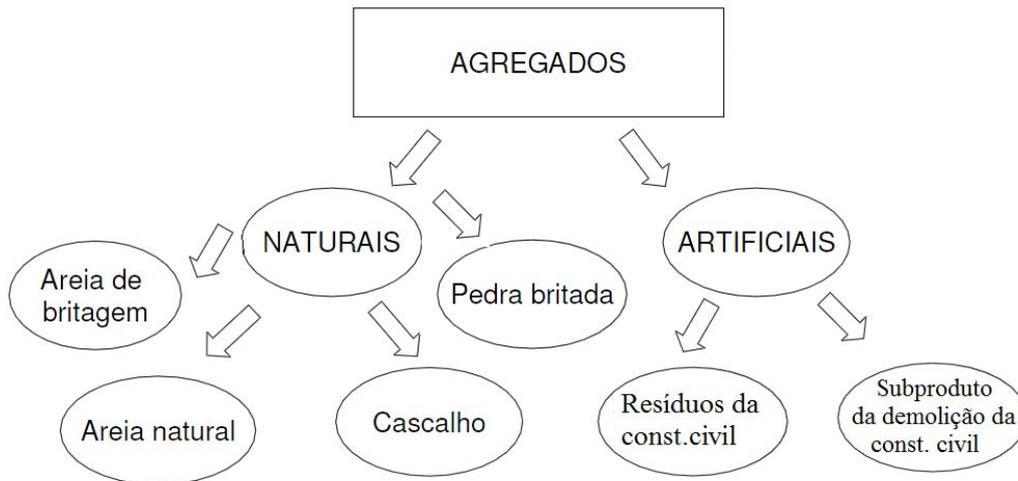


Figura 18 – Classificação dos agregados conforme sua origem.

- **Agregado reciclado:** material obtido de rejeitos, subprodutos da produção industrial, mineração, processo de construção ou demolição da construção civil, incluindo agregados recuperados de concreto fresco por lavagem.

- **Agregado especial:** agregado cujas propriedades podem conferir ao concreto ou argamassa um desempenho que permite ou auxilia no atendimento de solicitações específicas em estruturas não usuais.

b) Quanto à Massa Específica Aparente (γ).

- Agregados *leves* – $\gamma < 1000 \text{ kg/m}^3$, por exemplo: pedra-pomes, argila expandida, escoria siderúrgica, ardósia, lixo sinterizado, folhelhos e outros;

- Agregados normais – $1000 \text{ kg/m}^3 < \gamma < 2000 \text{ kg/m}^3$, por exemplo: areias e cascalhos, seixos rolados, rocha britada de gnaiss, de granito e de calcários, etc;

- Agregados densos ou pesados – $\gamma > 2000 \text{ kg/m}^3$, por exemplo: brita de barita, magnetita, hematita, limonita, agregados de aço, etc.

A massa específica aparente γ : é a relação entre a massa de um certo volume total de agregados e este volume incluindo os vazios entre os grãos.

$$\gamma = m / V$$

Onde: γ = massa específica aparente

m = massa da amostra

V = volume total do material, inclusive os vazios entre os grãos.

A NBR 7251 (ABNT, 1982), agregado em estado solto, determinação da massa unitária, propõe para a determinação da massa específica aparente do agregado o uso de um recipiente metálico em forma de paralelepípedo, de volume (V) conhecido. A amostra seca é nele colocada sem qualquer adensamento, procurando-se desse modo reproduzir a situação da obra, quando o operário transporta o agregado em baldes ou padiolas, sem adensamento.

É de grande importância essa determinação, uma vez que é a partir dela que se faz a transformação dos traços em peso para volume e vice-versa. Em média os agregados apresentam massa específica aparente da seguinte ordem:

- areia fina = 1,52 t/ m³;
- areia média = 1,50 t/ m³;
- areia grossa = 1,48 t/ m³;
- brita 1 = 1,45 t/ m³;
- brita 2 = 1,42 t/ m³;
- brita 3 = 1,40 t/ m³;
- seixo rolado = 1,50 t/ m³.

Os agregados, comumente usados em concreto normal, apresentam massa unitária aproximada entre 1,30 a 1,75 t/m³. Para muitas rochas comumente utilizadas, a massa específica varia entre 2,60 e 2,70 t/m³. A Figura 19 apresenta a classificação de agregados conforme sua massa específica aparente.

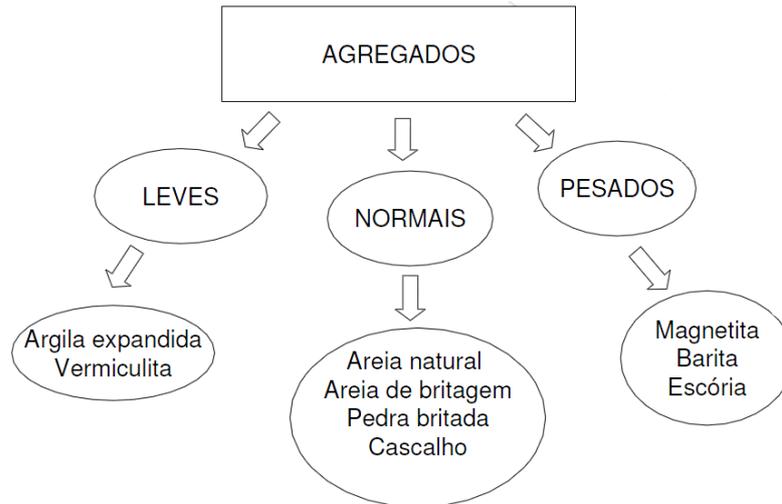


Figura 19 - Classificação dos agregados conforme sua densidade/massa específica.

Nesta dissertação serão abordados apenas os agregados naturais e normais como: areia, rocha britada e cascalho, já que são os materiais agregados comumente usados para construção civil na Grande Natal.

c) Quanto às Dimensões dos Fragmentos.

- **Matacão:** Material pétreo de dimensões superiores a 250 mm, podendo ser chamado de bloco de rocha quando obtido artificialmente;
- **Pedra de mão ou Rachão:** Material pétreo de dimensões entre 76 mm e 250 mm;
- **Agregado graúdo:** Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR ISO 3310-1;
- **Agregado miúdo:** Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 μ m, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR ISO 3310-1;
- **Filler:** É o agregado mais fino constituído por partículas minerais de dimensões inferiores a 0,075 mm. Pode-se dizer que suas dimensões estão entre 5 μ m e 75 μ m. Como por peneiramento não é possível analisar o material abaixo de 40 μ m, geralmente estuda-se o filler por sedimentação;

- **Pó de pedra:** material resultante da britagem de rocha com diâmetro máximo de 4,8 mm;
- **Pedrisco isto:** Agregados resultantes de britagem de rochas ou naturalmente granular, que passa pela peneira com abertura de malha de 12,5 mm;
- **Pedregulho/Cascalho:** De acordo com NBR NM 66/1998, são materiais compostos predominantemente por partículas maiores que 2 mm. Segundo a NBR 9935/2011, são agregados graúdos que podem ser utilizados em concreto tal qual é encontrado na natureza, sem qualquer tratamento que não seja lavagem e seleção. Um esquema de classificação é mostrado na Figura 20.

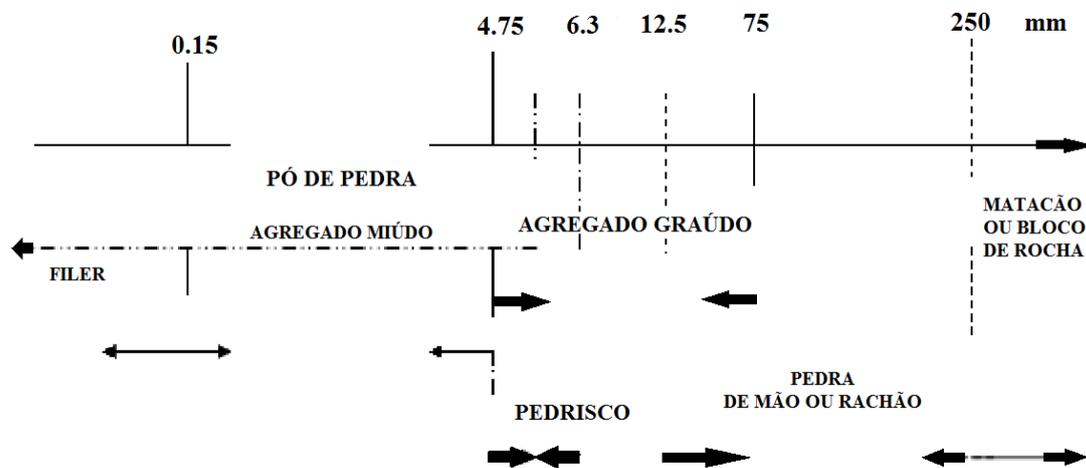


Figura 20 – Classificação dos agregados em função das suas dimensões, modificado de Cruz, M.O. (2009).

Avaliação das normas vigentes: A norma NBR 7225/1993 “Materiais de pedra agregados naturais” que tratava das definições sobre: agregado, agregado graúdo, agregado miúdo, areia, areia grossa, areia média, areia fina, areia bruta, areia graduada, areia lavada, bloco de pedra, brita, brita corrida, filer, etc. Foi cancelada e não há referência de substituição.

Também foi cancelada a NBR 9935/2005 “Agregados – Terminologia”, e substituída pela NBR 9935/2011. Por fim a NBR 9942/1987 foi substituída pela NBR NM 66/1998 “Agregados – Constituintes mineralógicos dos agregados naturais – Terminologia”. Dessa forma as normas relacionadas a este assunto, em vigor, na data da consulta, 10/10/2011 são: NBR NM 66/1998, 9935/2011, NBR 12655/2006 e NBR 7211/2009 (ABNT, 2011).

Definições conflitantes: De acordo com NBR NM 66/1998, o Pedregulho; cascalho são materiais compostos predominantemente por partículas maiores que 2 mm e a NBR 9935/2011, define estes materiais como agregados graúdos (agregados cujos grãos passam

pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm), isso é predominância de partículas maiores que 4,75 mm.

Mesmo com o cancelamento da NBR 7225 (cancelada em 08/01/2009) sem referência de substituição, há uma norma em vigor que faz a classificação com base na abertura nominal de peneiras (NBR 7211/2009), esta norma consegue proporcionar o mesmo resultado/classificação (a série vai desde 150 µm até 75 mm, para agregado graúdo e de 150 µm até 9,5 mm, para agregado miúdo), contudo, é importante conhecer a classificação definida por ela até então e a classificação utilizada comercialmente pela maioria das empresas do setor para os agregados graúdos e miúdos, Quadro 5 e 6.

Rocha Britada Numerada	Tamanho Nominal da Malha da Peneira (mm)		Tamanho Nominal da Malha da Peneira (mm)	
	(NBR - 7211/NBR - 7225)		Comercial	
Número	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Brita 0	4,8	12,5	4,8	9,5
Brita 1	12,5	25	9,5	19
Brita 2	25	50	19	38
Brita 3	50	76	38	50
Brita 4	76	100	50	76
Pedra de mão			76	100

Quadro 5 – Classificação do agregado graúdo quanto à dimensão, normalizada x comercial.

Nota: outra classificação comercial, feita em polegadas, é bastante utilizada para os tipos de materiais mais comuns com: brita “0” ou 12,5 mm (1/2”), brita “1” ou 19 mm (-3/4”), brita “2” ou 25 mm (1”), brita “3” ou 38 mm (1^{1/2}”), cascalhinho (-3/8” e +3/16”) e pó de pedra (-3/16”).

Tipo de Areia	Tamanho Nominal (mm)		Módulo de Finura (MF)
	Mínima	Máxima	
Fina	0,075	0,42	MF < 2,4
Média	0,42	1,2	2,40 < MF < 3,90
Grossa	1,2	2,0	MF > 3,9

Quadro 6 – Classificação do agregado miúdo (areia) quanto à dimensão (NBR-7225).

Nota: o MF (Módulo de finura) = é a soma das porcentagens acumuladas em todas as peneiras da série normal, dividida por 100. Quanto maior o módulo de finura mais grosso será o agregado (ABNT NBR 9935, 2011 e NBR 7211, 2009).

Na Figura 21 são mostradas fotos de amostras de rocha britada (brita) de rocha granítica, com granulometria variando de pó de pedra a rachão e na figura 22, as fotos dos tipos de areia.

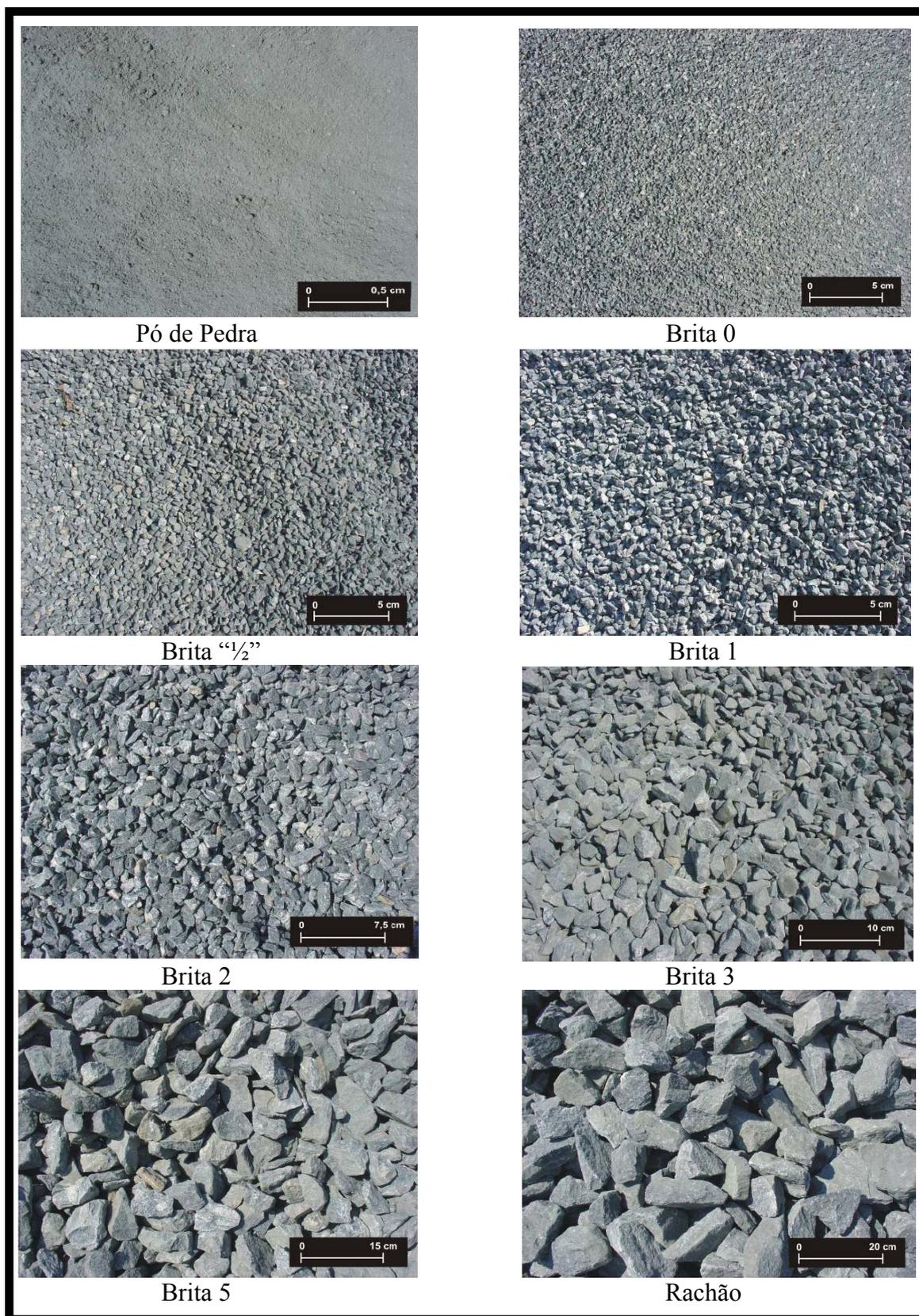


Figura 21 – Agregado graúdo (pedra granítica britada), modificado de Pinho, D. (2007).



Figura 22 – Agregado miúdo (areia), quanto à dimensão dos fragmentos.
 Fonte: Portodeareia.com

2.6.4 – Brita (rocha britada).

2.6.4.1 – Definição.

A brita ou rocha britada para construção civil é o produto do processo de cominuição ou fragmentação de vários tipos de rochas. O termo Brita é usado para denominar fragmentos de rochas duras, originários de processos de beneficiamento (britagem e peneiramento) de blocos maiores, extraídos de maciços rochosos, com auxílio de explosivos. A rocha ou pedra era usada inicialmente, na forma bruta ou pouco trabalhada, nesta época, os fragmentos eram justapostos, para erigir paredes, pilares ou colunas e pavimentos. Ao se aproveitarem fragmentos poliédricos e se valerem da rugosidade de suas superfícies, garantia-se um coeficiente de atrito mínimo para se alcançar a estabilidade do conjunto.

Em edificações monumentais, as rochas mais macias eram trabalhadas manualmente e as peças assumiam funções estruturais e estéticas. Com a chegada do cimento Portland, um forte aglutinante, e a evolução da tecnologia do concreto associada à tecnologia do aço, proporcionaram um rápido desenvolvimento da tecnologia da construção. Assim a rocha passou, então, a participar das construções na forma de fragmentos provenientes de britagem

(fragmentação da Rocha), atendendo às exigências dessa nova tecnologia sob a denominação de agregados graúdos (pedras britadas). Entre os agregados graúdos (granulometria entre 4,8 e 76 mm) de massa específica normal ($1000 \text{ kg/m}^3 < \gamma < 2000 \text{ kg/m}^3$), estão as pedras britas (britas), obtidas através da fragmentação das rochas compactas como: granitóides, gnaisses, basaltos e calcários microcristalinos.

Os cascalhos naturais (pertencente ao mesmo intervalo granulométrico da brita) obtidos geralmente em leitos de rios, depósitos residuais ou conglomerados inconsolidados, também são definidos como agregados graúdos.

2.6.4.2 – Modo de Ocorrência.

As rochas para produção de brita são encontradas na natureza sem muita dificuldade, dessa forma, são consideradas recursos minerais abundantes. Porém, essa relativa abundância deve ser encarada com devida cautela, pois os custos de transporte desde as pedreiras até os centros urbanos encarecem os preços finais, uma vez que os valores agregados destes materiais são muito baixos. Praticamente todo o transporte é feito por via rodoviária. Portanto, idealmente, a brita deve ser produzida o mais próximo possível dos centros de consumo, o que torna antieconômico boa parte dos recursos minerais disponíveis na natureza. Geralmente os grandes centros consumidores estão localizados em regiões geologicamente favoráveis a existência de depósitos de boa qualidade. Contudo, a urbanização crescente é o maior problema para o aproveitamento das reservas, já que, inviabiliza importantes jazidas ou restringe a extração. O modo de ocorrência dos depósitos de rochas para britas é geralmente em serras de fácil acesso, formadas por corpos de origem ígnea e/ou metamórficos, que, por condições geológicas desfavoráveis, não podem ser utilizados como produtos mais nobres, por exemplo, no mercado de rochas para fins ornamentais.

2.6.4.3 – Especificações, Usos e Funções.

- **Especificações**

Para atender, de forma satisfatória, aos requisitos exigidos para os diversos usos das pedras britadas, estas devem apresentar elevado grau de sanidade mineralógica, baixa alterabilidade, alto grau de cubicidade e elevada resistência mecânica. A qualidade das pedras britadas depende das propriedades intrínsecas à natureza da rocha da qual foi originada e da

resistência mecânica decorrente. Essas propriedades estão relacionadas com o tipo e a quantidade relativa dos minerais e seu arranjo, que resultam na sua textura e estrutura. Outro fato importante é que deve ser considerada a eventual presença de minerais secundários (decorrentes da alteração da rocha) e de deletérios que são potenciais causadores de reações diversas (como por exemplo, as reações álcalis-agregado), indesejáveis no meio onde se inserem. Neste sentido devem ser evitadas as rochas que predominem os minerais como as micas (especialmente biotita e clorita, em percentagem superior a 20%), assim como os óxidos, sulfetos e carbonatos em grãos grossos.

É preferível rochas com ausência de minerais desagregados ou em decomposição (feldspato, micas e máficos). O arranjo e o estado de alteração dos minerais influenciam o grau de porosidade e a capacidade de absorção d'água da brita. Quanto à resistência mecânica das pedras britadas, ela também depende dos parâmetros da natureza, já que ela é influenciada pela granularidade dos minerais presentes e seu estado de alteração, da porosidade, da textura e da estrutura da rocha. A textura da rocha fonte deve ser coesa e não muito grossa, com baixa porosidade, ausência de plano de fraqueza ou estrutura isotrópica. Não é recomendável utilizar rochas xistosas, com acamamento, foliações finas e micro fraturas.

A estrutura influencia, por sua vez, também o formato das britas (formas arredondadas e superfícies lisas reduzem a porosidade entre os grãos e facilitam a fluidez do concreto, formas angulosas e superfícies rugosas facilitam a aderência do cimento), outras propriedades de interesse são: a distribuição granulométrica e a massa unitária que, além dos parâmetros de natureza da rocha, dependem do processo adotado na sua produção; a adesividade a ligantes betuminosos que é influenciada pela natureza da rocha. Essas especificações técnicas, necessárias ao bom aproveitamento dos materiais britados, são determinadas por meio de ensaios tecnológicos normalizados.

- **Usos e Funções**

Filler: É utilizado nos serviços de: preparação de concretos, para preencher espaços vazios, na adição a cimentos, na preparação da argamassa betuminosa, como espessante de asfaltos fluídos, representa o “material de enchimento”.

Pó de Pedra: É usado na construção civil em obras de terraplenagem como material para sub-base, calçamento de pisos pré-moldados e paralelos, identificação de rede e drenagem - usina

de asfalto (fabricação de massa asfáltica para recapeamento de estradas, avenidas e estabilização do solo).

Brita 0: Aplicada na confecção de asfalto, concretos para lajes pré-moldadas ou para estruturas de ferragem densa, artefatos de concreto (pré-moldados), chapiscos e brita graduada para base de pistas.

Brita 1: É a mais usada nas construções, pois seu tamanho permite um concreto leve para virar e uma ótima resistência na liga. Também é muito usada para pavimentação de calçamentos e ruas, centrais de concreto – fabricação do concreto convencional e bombeado; usina de asfalto - fabricação da massa asfáltica, indústria de pré-moldados - fabricação de manilhas, blocos de concreto, meio-fio, lajes pré-fabricadas, galpões e postes de concreto. Por apresentar facilidades no seu manuseio e aplicação, é utilizada em concreto para lajes pré-moldadas.

Brita 2: Seu uso é recomendado para concreto, pavimentação e calçamento, é a segunda rocha britada mais usada em obras em geral.

Brita 3: Recomendada para pavimentação e calçamento de ruas e terrenos, pela característica de sua granulometria, este agregado é indicado para lastro ferroviário, decantação de fossas sépticas e drenagem de solo.

Brita 4: Recomendada para a pavimentação e calçamento de ruas e terrenos, a pedra 4 é a maior rocha britada, é bastante usada na construção civil para confecção de filtros de decantação de dejetos sanitários, drenagem, estabilização de solo.

Rachão Gabião: É formada por grandes pedras, em geral são usadas em drenos grandes, muros de contenção de barrancos e encostas.

Bica Corrida ou Brita Corrida: Material sem graduação definida (máxima de 20 mm) constituída de uma parte de brita (20 – 50 %) e outra de pó de pedra (50 – 80%), obtido diretamente do britador primário, sem separação por peneiramento. Sua utilização é dada em aterro, base e sub-base de pavimentos e regularização de áreas e vias sem pavimentação. Este produto substitui o saibro devido a sua capacidade de absorção de água, mantendo a compactação e conservando o trecho trafegável.

2.6.4.4 – Tecnologias da Lavra e do Beneficiamento

A Lavra de rocha para brita possui as mesmas características da exploração de qualquer rocha dura a céu aberto, com extração em bancadas, consistindo-se de operações unitárias de limpeza e decapeamento, perfuração e desmonte por explosivos, carregamento e transporte para o britador, britagem e de expedição dos produtos.

As operações de limpeza e decapeamento, normalmente, são feitas no início da atividade, com a remoção do material intemperizado e seu depósito em áreas de bota-fora, sendo comum a contratação de terceiros para esses trabalhos. As pedreiras trabalham com bancadas de alturas que variam, geralmente, entre 9 m e 25 m. Os diâmetros dos furos mais comuns são 63 mm (2 ½”) e 89 mm (3 ½”) e são realizados através de perfuratrizes normalmente pneumáticas.

Atualmente no desmonte é adotado, pela maioria das empresas, o sistema de iniciação não-elétrico, em função de exigências ambientais, e a emulsão bombeada também vem substituindo os explosivos encartuchados. Na maioria das pedreiras, o carregamento é feito por carregadeiras sobre pneus, embora muitas estejam adotando o uso de escavadeiras trabalhando sobre a pilha de rocha desmontada. Outro fato comum é que o transporte da rocha para a britagem é feita por caminhões fora-de-estrada com capacidade de (de 25 t a 35 t).

A figura 23 apresenta a fluxograma típico do processo Produtivo da rocha britada (brita). As etapas são basicamente: perfuração da rocha, desmonte com explosivo, transporte do material desmontado para o pátio de beneficiamento, britagem/rebritagem, classificação por peneiras e expedição dos produtos.

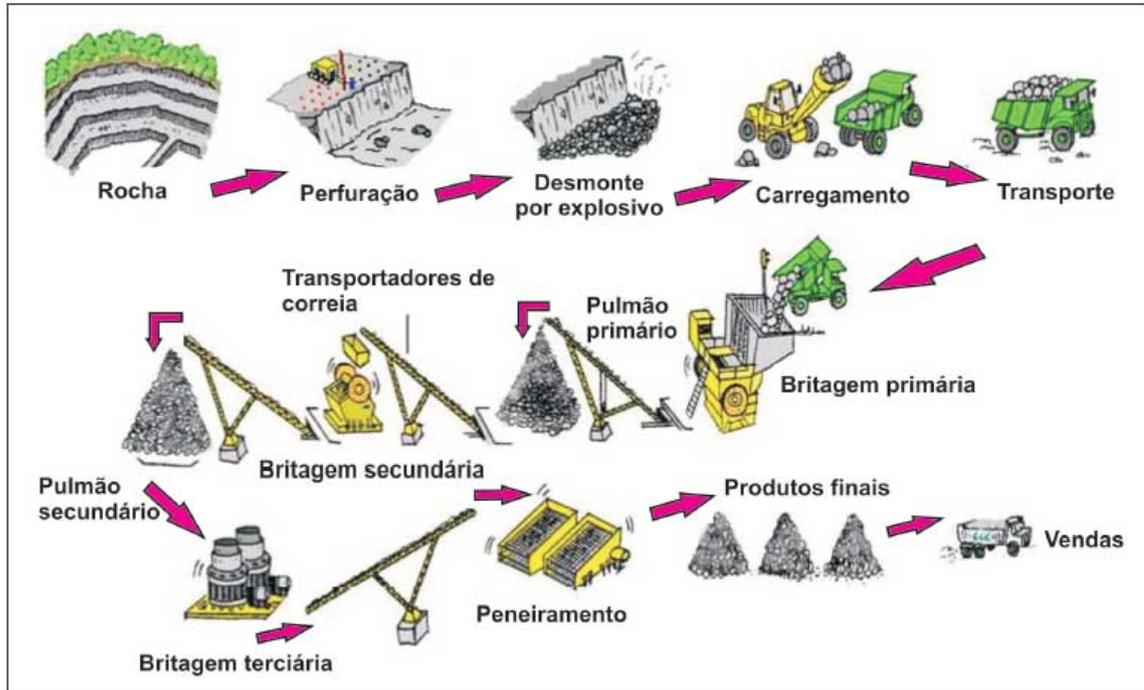


Figura 23 – Fluxograma típico do processo produtivo.

Fonte: Fonte: *Google/imagens* (scielo.br)

Na maioria dos casos as etapas de britagem e classificação são constituídas de plantas fixas, mas, nos casos em que a pedreira é implantada para atender a uma obra específica, o uso de equipamentos móveis é bastante difundido como uma solução de melhor relação custo-benefício. Algumas poucas pedreiras comerciais já estão utilizando essa solução e há muito interesse entre os empresários sobre o assunto.

De acordo com os fabricantes, a vantagem principal do sistema móvel é a rapidez de implantação. Não há necessidade de criar novos projetos, já que quem compra sabe quais são os modelos oferecidos e podem verificar se os desenhos foram aprovados e comprovados em situação de operação. Após a entrega do produto (montagem), o início da operação é quase imediato. Outras vantagens são: a planta vai à rocha economizando dessa forma com o transporte (o transporte é feito do material já britado e não da rocha, como no caso tradicional); alimentação e operação pode ser realizada por uma só pessoa, já que o sistema funciona por controle remoto que fica com o operador da carregadeira ou escavadeira e não há necessidade de projeto elétrico ou de construção civil, a instalação do conjunto é facilmente adaptada ao local de implantação.

- **Descrição das etapas típicas do processo produtivo da rocha britada (brita).**

A lavra de rocha britada ou brita é feita a céu aberto, geralmente, em meia encosta, e as operações se iniciam com a determinação do local de exploração (com auxílio de dados topográficos), seguido da limpeza do maciço rochoso, retirada de vegetação e excesso de solo (decapeamento). Em seguida é realizada a perfuração da rocha e carregamento dos furos com explosivo.

Depois de observadas as recomendações de segurança é então execução do plano de fogo para desmonte primário (perfuração + detonação por explosivos), que fragmenta cada trecho das bancadas da frente de lavra. Caso o material não esteja com dimensões adequadas para a entrada na planta de beneficiamento (fragmentos maiores que 1 metro), efetua-se o desmonte secundário, por fogacho, com uso de explosivo (raramente), martelo hidráulico (rompedores hidráulicos) ou *drop Ball*. Na seqüencia é executado o carregamento do material desmontado com pás-carregadeiras (ou carregadeiras sobre rodas) em caminhões, que depositam o material em locais junto às instalações de britagem, conhecidos como praças de alimentação, para armazenagem temporária e alimentação dos britadores em horários específicos. Outra opção é o transporte do material diretamente até os britadores primários. A etapa seguinte é a de beneficiamento que se trata, basicamente de britagem primária, secundária e rebritagem em uma ou duas etapas (britagem terciária e quaternária), e pode ser realizada a seco ou a úmido. O britador primário, geralmente de mandíbulas, faz a fragmentação dos matacões, e neste ponto pode ou não ocorrer lavagem da pedra, para a diminuição de material pulverulento durante a cominuição e classificação da rocha. Na situação de ocorrer lavagem, as partículas menores são descartadas nas fases seguintes, e são isentas de quaisquer impurezas anteriores, tais como capeamento, matéria orgânica, dentre outras. Quando não há lavagem, é comum a separação de bica corrida ou brita corrida após a primeira britagem, onde o material é enviado para ser comercializado sem qualquer classificação. A formação de pilhas-pulmão é realizada após a fragmentação do britador primário, elas por sua vez são as que alimentam os britadores secundários. O britador secundário pode ser de mandíbulas ou do tipo cônico, enquanto que os britadores terciários e quaternários são cônicos, ou de impacto, sendo atualmente usados com a finalidade de reduzir a lamelaridade da brita e a produção de finos. As etapas do processo de lavra e beneficiamento, típicas de rocha britada, são apresentadas nas Figuras: 24 (etapa 1, limpeza e decapeamento), 25 (etapa 2, perfuração e desmonte por explosivos), 26 (etapa adicional), 27 e 28 (etapa 3, carregamento e transporte para o britador), 29 (etapa 4, britagem e rebritagem), por último é a etapa de expedição dos produtos, esta já pertencente ao setor comercial.



Figura 24 - Operações unitárias: determinação do local de exploração, limpeza e decapeamento (etapa 1).

Fonte: Google/imagens (embusa.com.br)



Figura 25 - Operação unitária de perfuração e desmonte por explosivo (etapa 2).

Fonte: Google/imagens (embusa.com.br)



Figura 26 - Operação unitária adicional, desmonte secundário, por meio de rompedores hidráulicos.

Fonte: Google/imagens



Figura 27 - Carregamento do material desmontado com escavadeira hidráulica (etapa 2).

Fonte: Google/imagens (embusa.com.br)



Figura 28 - Carregamento do material desmontado com pá-carregadeira (etapa 2).

Fonte: Google/imagens (volvoce.com)



Figura 29 - Britador primário, etapa inicial de beneficiamento (etapa 4).

Fonte: Google/imagens (talleresalquezar.es).

Para realização do transporte da rocha britada entre os britadores e/ou rebitadores são instaladas uma série de correias ou sistema de correias transportadoras (Figura 30), sempre procurando aproveitar o desnível topográfico de forma a economizar energia na etapa beneficiamento. Para minimizar a quantidade de pó em suspensão, gerado pela atividade de britagem, algumas pedreiras utilizam sistemas de aspersão de água, instalados nas bocas dos britadores e ao longo das correias transportadoras. Por fim, a brita é passada em peneiras onde é classificada de acordo com sua granulometria, feita em peneiras vibratórias, com telas de aço ou borracha, em decks ou silos. Normalmente, a fração retida nas peneiras superiores retorna aos rebitadores, entrando novamente no circuito de beneficiamento.

Diante das diversas opções de saídas do sistema de classificação (Figura 31), são gerados produtos, denominados brita 0, 1, 2, 3 e outros ou a combinação destes. A fração passante compõe as pilhas de estoque, principal forma de armazenamento dos produtos, que deste ponto em diante faz parte da etapa/setor de expedição.



Figura 30 - Transporte da brita entre os britadores e/ou rebitadores por correias transportadoras.

Fonte: Google/imagens (pedreira Rolim).



Figura 31- Diversos produtos gerados de acordo com os diâmetros nominais das peneiras.

Fonte: Google/imagens (talleresalquezar.es).

A última etapa já pertencente a o setor comercial é apresentada na Figura 32, expedição dos produtos. O carregamento para expedição/comercialização é realizado de forma mecanizada ou automatizada e o transporte geralmente é dependente de pagamento de frete.



Figura 32 - Expedição dos produtos.

Fonte: Google/imagens (autoagora.blogspot)

2.6.5 – Areia

2.6.5.1 – Definição

As areias são definidas como depósitos detríticos silicosos compostos, principalmente, por partículas de quartzo, mas a composição química e mineralógica dessas partículas pode variar dependendo da origem: orgânica, química, vulcânica ou clástica. A areia para construção civil ou agregado miúdo, possui granulometria entre 0,15 e 4,8 mm (classificadas em areias finas, médias e grossas) e massa específica normal ($1000 \text{ kg/m}^3 < \gamma < 2000 \text{ kg/m}^3$).

A areia, utilizada para produção de argamassas e concretos, pode ser classificada como natural (rios, minas, várzeas) e artificial (resíduo fino de pedreiras ou pó de pedra). Na forma natural provém de arenitos inconsolidados, aluviões (antigos ou atuais), depósitos residuais, solos de alteração, dunas, entre outros. Na forma artificial representa o subproduto resultante da lavra de pedreira e da unidade de britagem, sendo utilizada como matéria-prima para a produção de concreto betuminoso e pré-moldado. Este material quando devidamente processado, pode substituir a areia natural. No Brasil, esta prática representa 5 a 10% do mercado de areia, com previsão de crescimento para os próximos anos, uma vez que nas nações desenvolvidas como, por exemplo, nos Estados Unidos e países da Europa, soluções deste tipo já são corriqueiras.

2.6.5.2 – Modo de Ocorrência

As areias ou depósitos arenosos podem se formar em vários domínios geológicos, a depender da sua origem e dos processos naturais de transformação, através de rochas sedimentares, das rochas metamórficas e das rochas ígneas (plutônicas e vulcânicas). Essas transformações, rochas em areia, dependerá de vários fatores, como o grau de consolidação, intensidade de intemperismo que estas rochas possam estar expostas e a composição química e mineralógica que estas rochas apresentam. De acordo com Sumário Mineral Brasileiro do DNPM (2010), os principais locais de produção de areia no Brasil são várzeas, leitos de rios, depósitos lacustres e mantos de decomposição de rochas. Também é possível a partir de depósitos de areia e cascalhos marinhos recentes, mas no Brasil essa modalidade ainda é pouco explorada, diferentemente de alguns países da Europa e Ásia. A produção de areia é caracterizada pelo grande volume extraído e baixo valor agregado, onde o transporte corresponde, aproximadamente, a 2/3 do preço final do produto. Isto impõe a necessidade de

extraí-la o mais próximo possível do mercado consumidor, que são os aglomerados urbanos. No entanto enfrenta as restrições ambientais impostas e também a expansão da mancha urbana (crescimento dos aglomerados urbanos) que provoca o deslocamento dos mineradores para locais cada vez mais distantes dos grandes centros urbanos, o que onera o preço final da areia natural, dificultando ainda mais a exploração desse bem mineral. Uma opção apontada por alguns produtores, devido às facilidades e proximidades dos maiores centros de consumo, é a utilização de areias de praias e dunas litorâneas, mas estas não apresentam boa qualidade como material para construção civil devido à presença de sais.

2.6.5.3 – Especificações, Usos e Funções.

- **Especificações**

Segundo o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura - IBDA (2011), a areia é um elemento indispensável para qualquer construção, já que é usada em várias partes, desde as fundações até as coberturas passando pela estrutura, vedações e acabamentos. Mas é importante salientar que para cada finalidade deve ser escolhido um tipo, variando a granulometria e a pureza do material. O concreto pode usar areia grossa, média ou fina, entretanto, areias finas podem conter um teor excessivo de material intruso pulverizado, o que pode causar sérios danos à qualidade do concreto.

Normalmente, não se lava a areia de rio, pois considera-se que ela já está lavada, no entanto, a areia de cava (ou de barranco) pode exigir lavagem por conter impurezas. O fato dos areias possuírem diferentes cores (brancas, avermelhadas ou amareladas), não é tão importante e diz respeito ao tipo da rocha mãe ou formação. É preciso apenas observar se a cor não é resultante de impurezas como, por exemplo, excesso de solo (terra) que veio misturado à areia por esta ser de procedência duvidosa. Areia contendo impurezas deve ser utilizada apenas em funções de baixa responsabilidade (lastros, enchimentos) e, se possível, devem ser recusadas na obra.

De acordo com Gonçalves, Moreira e Borges (2008), algumas aplicações de areia não possuem especificações muito restritivas, sendo a escolha da areia determinada pela disponibilidade local, a baixo custo. Como exemplo, no preparo de argamassas para assentamento e revestimento de paredes, a cultura e a disponibilidade de cada região determinam o melhor material a ser usado, considerando a granulometria e a presença de argila que sejam mais adequadas para cada aplicação definida, além da avaliação da

ocorrência deletéria de sais solúveis e matéria orgânica. No entanto, no preparo de concreto hidráulico e argamassas prontas para assentamento de revestimentos cerâmicos, geralmente são empregadas areias com especificações mais rígidas quanto à natureza mineralógica e forma dos grãos, distribuição granulométrica e presença de impurezas químicas. Outra informação importante é a natureza mineralógica, pois é conveniente que os grãos sejam constituídos de minerais ou agregados de minerais com boa resistência mecânica e à degradação química (alteração), além de boa aderência (especialmente para asfalto) e interação química com o cimento. As areias naturais usuais são geralmente constituídas por grãos de quartzo, sendo indesejável a presença significativa de torrões de argila, micas, feldspatos, sulfetos, óxidos e outros minerais frágeis à desagregação e decomposição.

Forma e superfície dos grãos têm relativa importância na preparação do concreto. Os grãos arredondados escoam melhor, facilitando a trabalhabilidade da massa dentro das armações, com uso de menor proporção de água, isso permite uma maior resistência mecânica do concreto pronto. Os grãos equidimensionais ou esféricos compactam melhor e necessitam de menor proporção de cimento, atribuindo maior resistência e economicidade ao concreto. Contudo os grãos tabulares ou muito irregulares e arestados, que dificultam a trabalhabilidade, devem ser evitados, pois é exigido mais água, o que pode diminuir a qualidade do concreto. Também é de grande importância a distribuição granulométrica, uma vez que, no concreto, a areia ocupa os espaços entre os fragmentos de brita, deixando entre seus vazios o espaço mínimo para a cimentação (cimento e água de hidratação do cimento). Por este motivo seus grãos não devem ser menores que 0,15 mm, além de ter granulagem bem distribuída ou gradada entre 0,15 e 4,8 mm, para melhor compactação e redução dos espaços maiores que 0,15mm. Na fabricação de argamassa pré-fabricada para assentamento de revestimentos cerâmicos é conveniente o emprego de areias mais finas e arredondadas, com boa distribuição granulométrica, ausência de torrões, baixas proporções de argila e baixa salinidade, entre outras qualidades, com pequenas variações entre os diversos fabricantes. Durante a fiscalização da obra o construtor deverá apresentar o plano de obtenção de areias, lavagem e seleção, proveniência, transporte e armazenagem, a fim de se verificar a garantia da sua produção e fornecimento com as características convenientes e constantes, nas quantidades e dimensões exigidas.

- **Usos e Funções**

Areia Fina: É usada para acabamento da obra, normalmente para reboco, também na confecção de argamassa para revestimentos de acabamento e acabamento refinado da obra (reboco e emboço). A areia fina é ideal para argamassa de assentamento, revestimento externo e interno, contrapiso aderido e contrapiso acústico, regularização da piscina e fôrmicas e regularização de impermeabilização.

Areia Média: É a mais usada, pois a sua estrutura permite a confecção de concreto em geral, artefatos de concreto (pré-moldados), com isso, está presente em praticamente todas as fases da obra. A areia média é ideal para chapisco rolado, contrapiso, assentamento de alvenaria, vedação estrutural, revestimento interno e externo.

Areia grossa: Geralmente é usada como agregado do concreto ou em trabalhos que exigem uma maior resistência da liga ou em trabalhos que dispensam um trabalho mais refinado. É utilizada para confecção de asfalto, concretos para lajes pré-moldadas ou para estruturas de ferragem densa, artefatos de concreto (pré-moldados), chapiscos e brita graduada para base de pistas e em lugares que exijam maior resistência e acabamento menos refinado.

2.6.5.4 – Tecnologias da Lavra e do Beneficiamento.

De acordo com Rodrigues (2004), a areia é extraída em unidades de mineração chamadas de areiais ou portos de areia, podendo ser extraída do leito de rios, depósitos lacustres, veios de areia subterrâneos (minas) ou de dunas. As operações unitárias para a produção de areia são relativamente simples, a maior parte da areia produzida no Brasil é de leito de rios ou extraída de minas, com formação de cavas inundadas pelo lençol freático. A areia juntamente com a água é bombeada para silos suspensos, ou então, acumulada no terreno, para posteriormente ser embarcada em caminhões basculantes com destino ao distribuidor ou ao consumidor final. Nas operações em reservatórios ou rios mais largos, vários tipos de dragas são usados e de acordo com o tipo de depósito mineral, varia o processo de lavra, que pode ser por desmonte hidráulico, escavação mecânica ou por dragagem. O beneficiamento da areia é bastante simples, constituído da remoção de impurezas finas (lavagem), classificação granulométrica e desaguamento (secagem), que separam granulometricamente as frações interessantes aos setores de aplicação. Na Figura 33 é

apresentado um fluxograma básico do processo produtivo da areia de acordo com os três principais métodos de exploração.

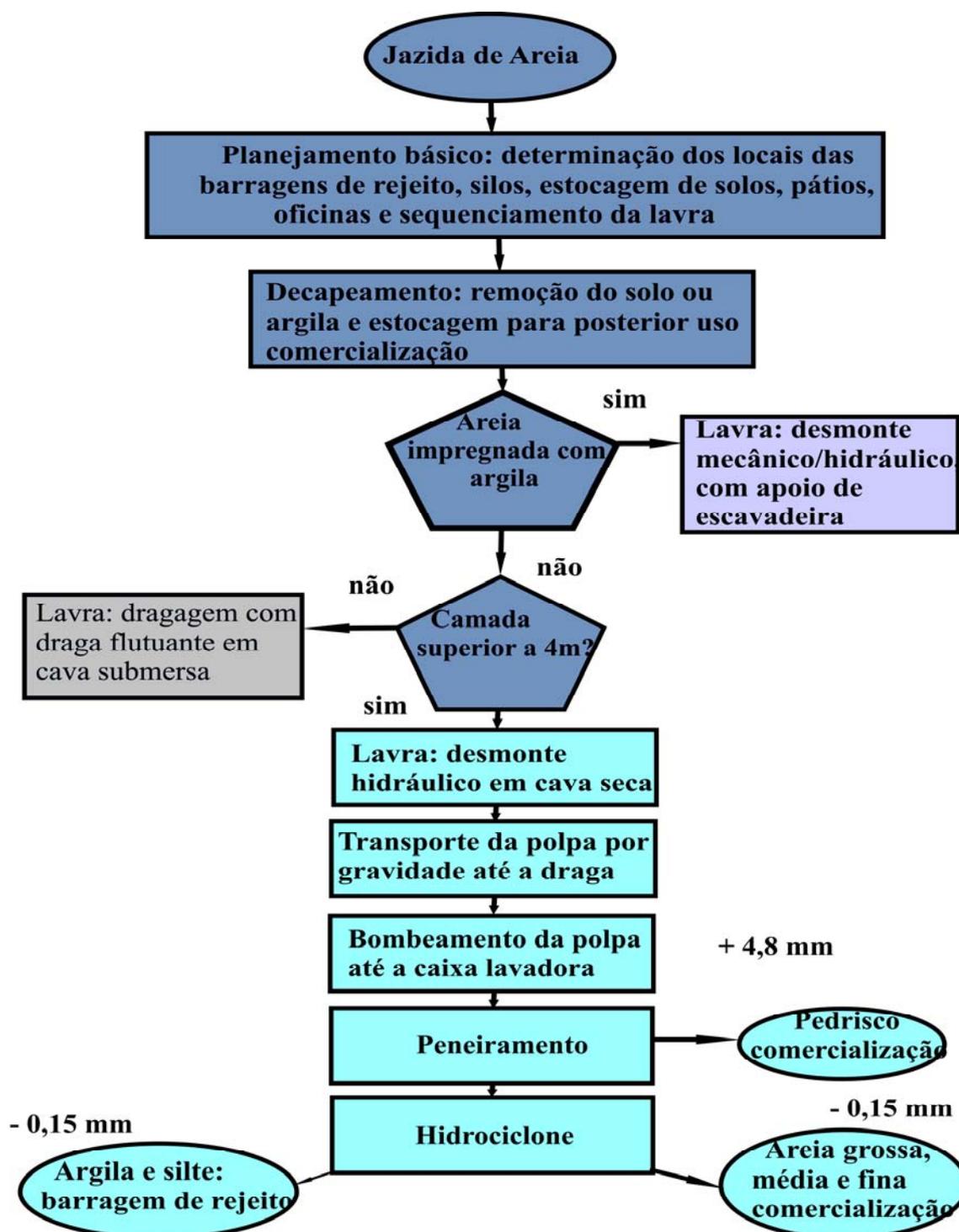


Figura 33 – Fluxograma básico de produção de areia para construção civil.
 Fonte: Cruz, 2010 (modificado).

- **Descrição das etapas típicas do processo produtivo de areia e cascalho.**

Os métodos de extração de areia e cascalho variam em função da sua forma de ocorrência, além de características intrínsecas da jazida e região. No quadro 7, é apresentada uma correlação entre as formas de ocorrência de areias e cascalhos e os métodos comumente empregados na sua exploração. Na sequência são apresentadas as características básicas de cada um destes três métodos conforme, MME, 2009 (Relatório Técnico 31).

Forma de ocorrência de areia e cascalho	Métodos típicos de exploração
Não coesa, encontrada nos leitos de rios atuais	Dragagem
Não coesa, encontrada nas planícies e terraços aluviais	Desmorte hidráulico ou dragagem
Não coesa, encontrada em dunas litorâneas	Desmorte mecânico
Areia consolidada na forma de arenitos ou quartzitos, formando platôs, com escarpas	
Cascalho desagregado, resultante da alteração de rochas ígneas, principalmente basaltos e diabásios	

Quadro 7 - Forma de ocorrências e métodos de exploração.

Fonte: ANEPAC, 2011.

- **Desmorte hidráulico**

Neste método, o desmorte é obtido pela ação de um jato de água sob pressão, que forma uma polpa composta por cerca de 15% em massa de material sólido. Consiste basicamente no direcionamento, através de um monitor, de um jato de água de alta pressão sobre a base do talude. Com a reação provocada pela força da água e contribuição da gravidade, o material desmorona de forma controlada, sendo carregado em forma de polpa (Figura 34).

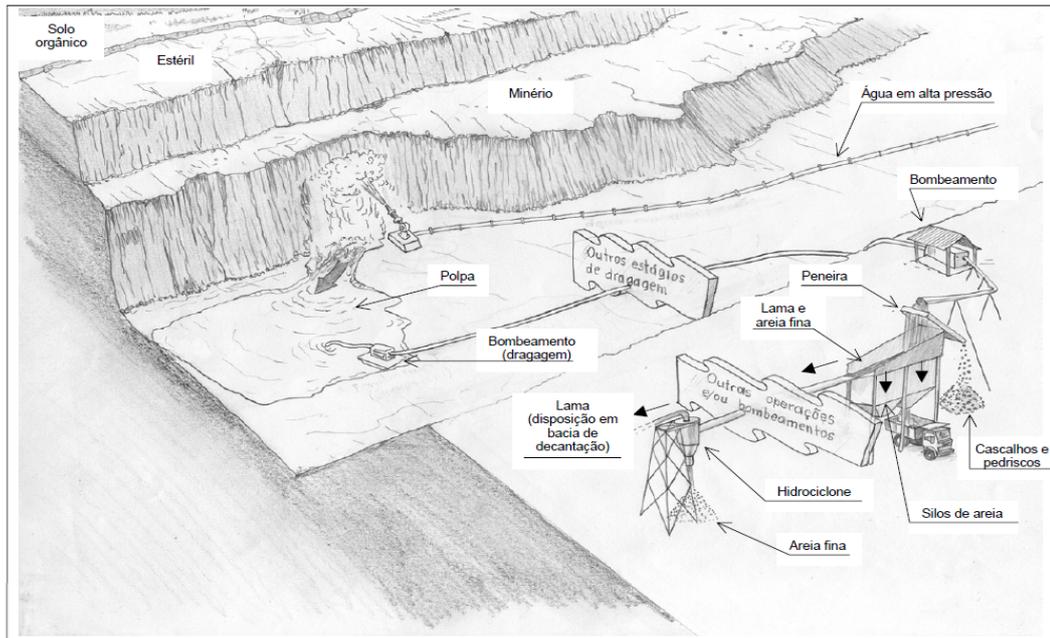


Figura 34 - Lavra por desmonte hidráulico em cava seca ou encostas de morros.
Fonte: Almeida, 2002.

Por fim o material desmontado converge para um ponto na base do talude e sua retirada é realizada pela ação de uma draga de sucção, que fixada em um ponto pré-determinado, transfere a polpa, composta por água, areia e finos, para posterior tratamento e em seguida transporte para o centro consumidor ou depósito de estocagem.

Em algumas situações, são usadas canaletas para auxiliar no direcionamento do transporte do material e pode ser utilizado mais de um monitor na frente de lavra, e esta assume formas irregulares de avanço, com alturas recomendadas de 4 até 20 m. É possível listar algumas vantagens e desvantagens deste método. As principais vantagens são:

- alta produção;
- baixos custos operacionais (se comparado ao desmonte mecânico);
- baixos investimentos;
- boa recuperação; e
- bombeamento da polpa para as instalações de beneficiamento promove a desagregação e atrição das partículas, propiciando melhores condições de peneiramento e classificação.

As desvantagens são:

- considerável necessidade de água;
- limitado a depósitos inconsolidados que se desagregam hidraulicamente; e,
- baixa seletividade.

Alguns requisitos devem ser observados para esse tipo de lavra, tais como:

- material passível de desagregação por meio da força hidráulica do jato d'água;
- grande volume de água para suprir as necessidades da lavra;
- espaço disponível para a disposição dos rejeitos do processo;
- possibilidade de incorporação das operações de beneficiamento, a fim de permitir a separação do minério em meio aquoso;
- gradiente favorável nas frentes de lavra que possibilite o transporte da polpa por gravidade;
- condições operacionais que permitam o controle dos impactos ambientais, especialmente os relacionados ao controle da qualidade da água excedente e na recuperação das áreas atingidas.

- **Dragagem**

Neste método, a sucção é realizada por um sistema de bombeamento da polpa, formada na superfície de ataque do leito submerso (Figura 35). A draga pode possuir também um dispositivo mecânico na extremidade da tubulação de fundo, cuja função é desagregar o material da superfície do leito e facilitar o trabalho de formação de polpa.

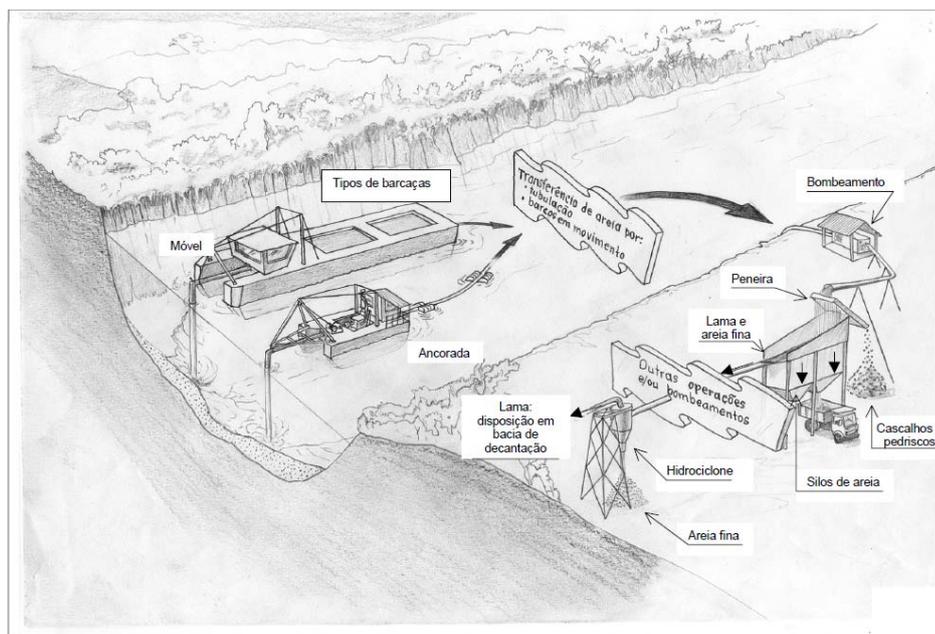


Figura 35 - Lavra por dragagem em leito de rio ou cava submersa.
Fonte: Almeida, 2002.

Esse sistema de bombeamento pode ser montado de duas formas, sobre:

- barcaça móvel (autopropulsão ou com auxílio de barco reboque), que transporta o minério;
- barcaça com ancoragem fixa, com o minério transportado por tubulação sustentada sobre tambores flutuantes.

Entre as vantagens desse método está a grande versatilidade, já que a draga pode se movimentar em áreas diferentes ao longo de leitos de rios, sendo de grande utilidade em locais onde o depósito possui uma ampla distribuição ao longo de um rio ou represa. Quanto à sucção esta é realizada por meio de uma tubulação que fica em contato com a superfície do leito.

Há duas possibilidades de extração de areia e cascalho nos leitos de rio ou em lagos, estas são:

- a) Uma draga semi-estacionária flutuante equipada com um conjunto moto-bomba succiona a areia (polpa areia-água) do leito do curso d'água e a bombeia através de tubulações para o beneficiamento. A draga é deslocada no leito do curso d'água por cabos de aço fixados nas margens de acordo com a localização dos bolsões de areia.
- b) A draga é embarcada em um barco (batelão) e navega até o ponto de extração. Na etapa de dragagem, a polpa é bombeada para dentro do batelão até que seus compartimentos fiquem cheios. Finalmente o barco retorna ao porto onde uma draga estacionária retira a areia dos compartimentos e a bombeia por tubulações para o beneficiamento.

O método de dragagem em leitos de rios e represas é um método largamente aplicado para depósitos horizontais a sub-horizontais que se desagregam com facilidade em locais com quantidades suficientes de água. Este método também possui vantagens e desvantagens. As vantagens são:

- alta produtividade;
- baixos custos operacionais; e
- boa recuperação.

Desvantagens:

- necessidade considerável de água;
- limitação a depósitos que se desagregam, alta diluição da polpa e a baixa seletividade.

No método de extração por dragagem existe uma variante que consiste na extração em área de várzea, com circuito em cava fechada, onde é formada uma lagoa em circuito fechado e não ligada diretamente aos cursos d'água, com o retorno das partículas finas e água para a própria lagoa. Quando o nível do lençol freático é atingido, são introduzidas dragas de sucção, que conduzem a areia e o cascalho até os locais de estocagem, que por sua vez sofrem drenagem natural. Por fim as partículas finas e a água são direcionadas de volta para a lagoa ou para uma lagoa de decantação de finos por meio de canaletas e/ou canais coletores MME, 2009 (Relatório Técnico 31).

- **Desmonte mecânico**

O desmonte mecânico é recomendado para locais secos (não inundados) e com boa sustentação para equipamentos pesados, é um método relativamente simples que consiste de escavação mecânica direta do minério, por equipamentos de escavação (escavadeiras ou tratores / pás-carregadeiras) e carregamento em caminhões basculantes que fazem o transporte do material da frente de lavra até o beneficiamento (para atender as especificações de construção) ou diretamente para depósitos ou casas de materiais de construção, Figura 36.



Figura 36 – Desmonte mecânico por escavadeiras ou tratores / pás-carregadeiras.

Fonte: *Google/imagens* (areiaseringa.blogspot.com e terraplenagem.net).

Obs.: Há também o método de extração manual. Um método rudimentar, realizado por meio de pás manuais. A extração acontece manualmente, ocorre de forma isolada, mesmo assim, sua produção deve ser levada em conta, já que isso ocorre em diversos lugares dentro de uma região. A degradação causada por esse tipo de extração é bastante significativa, destruindo matas ciliares e degradando margens de cursos d'água. O transporte, de maneira geral, é feito por veículos de tração animal, carroças e outros.

Para tornar o material lavrado adequado para uso como agregado na construção civil, são necessárias as operações de beneficiamento, que deve garantir que cerca de 95% da massa do produto final encontre-se na faixa granulométrica $- 4,8\text{mm} + 0,075\text{ mm}$. Nos processos de beneficiamento mais simples, o minério passa por uma peneira estática de 1 deck que terá a função principal de reter partículas de granulometria acima de 4,8 mm. O material retido na peneira, composto predominantemente por cascalho e matéria orgânica, é encaminhado para pilhas de estocagem de cascalho e rejeito respectivamente. O material passante segue em forma de polpa para uma pilha desaguadora. A parte fina, desaguada desta pilha, junto com a água do beneficiamento vai por canaletas até um tanque de clarificação, e deste, para a caixa de dissipação de energia, antes do retorno ao curso d'água. A pilha de areia após desaguamento e secagem é retomada por pá-carregadeira que carrega os caminhões responsáveis pelo transporte até o centro consumidor.

Nos processos de beneficiamento mais elaborados, o minério lavrado passa inicialmente por uma peneira fixa que faz corte em 4,8 mm. O passante vai para os silos desaguadores, onde as partículas finas presentes na polpa ($- 0,075\text{ mm}$) tendem a ser carregadas junto com a água no overflow (excedente). Com isso, concomitante ao desaguamento, ocorre à lavagem da areia. A água proveniente do overflow dos silos desaguadores escoar por tubulação até a bacia de clarificação. Então a areia é descarregada dos silos diretamente para os caminhões.

Há situações em que, após o corte na peneira fixa, o passante é direcionado para uma caixa de bomba e em seguida bombeado para ciclones, para sofrer deslamagem e desaguamento. Dessa forma, a fração mais fina da polpa (overflow) é direcionada até a caixa de clarificação, e o restante (underflow) escoar por calhas para formar pilhas de estocagem. A água das pilhas é direcionada para um tanque de clarificação.

Nos casos de materiais mais problemáticos, o material lavrado passa primeiramente por uma peneira vibratória de dois decks. Neste primeiro deck é retido o cascalho em sua fração mais grossa ($+ 9,5\text{ mm}$), que é direcionando para uma pilha de estocagem, dando origem a um produto conhecido por cascalho grosso. O material passante segue para o segundo que faz o corte em 4,8 mm e o material retido é direcionado à outra pilha de estocagem, dando origem ao produto denominado cascalho fino ($- 9,5 + 4,8\text{ mm}$).

A fração composta por areia, finos e água (passante), vai para cone desaguador e depois para o lavador de rosca. Neste equipamento, as partículas finas presentes na polpa ($- 0,075\text{ mm}$) tendem a ser carregadas junto com a água como sobrenadante, sendo direcionadas para a bacia de rejeitos, enquanto que as partículas mais grossas afundam e seguem para a correia transportadora formando uma pilha de estocagem. Nas instalações de beneficiamento mais

bem estruturadas, pode haver uma combinação de todos esses elementos: caixas desaguadoras, ciclones, e lavadores de rosca.

2.6.6 – Aglomerantes

De acordo com Araujo (2011), é o material ativo, ligante, em geral pulverulento, cuja principal função é formar uma pasta que promove a união entre os grãos do agregado. Eles são utilizados na produção de argamassas e concretos, na forma da própria pasta, que são na verdade, misturas de aglomerante com água.

A pasta formada é capaz de endurecer através de reações químicas (iônicas e covalentes), aderindo-se aos materiais com os quais se acha envolvido, e cuja resistência aumenta com o tempo (IFMG, 2011).

Os aglomerantes podem ser classificados, de acordo com seu princípio ativo, em:

- aéreos: são os aglomerantes que endurecem pela ação química do CO₂ no ar, como por exemplo, a cal aérea;
- poliméricos: são os aglomerantes que tem reação devido à polimerização de uma matriz; e
- hidráulicos: são os aglomerantes que endurecem pela ação exclusiva da água (hidratação), como por exemplo, a cal hidráulica e o cimento. Será dada uma atenção maior para este último, já que é o material que possui maior relação com produção/consumo de argamassas e concretos e conseqüentemente de agregados (areia e brita).

2.6.6.1 – Cimento

A denominação técnica do material usualmente conhecido na construção civil como cimento é Cimento Portland, ele foi criado e patenteado em 1824, por um construtor inglês, chamado Joseph Aspdin. Era modismo na Inglaterra (1824), construir com uma pedra, de cor acinzentada, originária da ilha de Portland, situada na região sul do país. Devido ao bom desempenho e semelhança, tanto de cor como de dureza, a invenção bem sucedida de Aspdin foi patenteada com o nome de cimento Portland, (ARAUJO et al.,op.cit.).

Em suma, é um material pulverulento (um pó fino) com propriedades aglutinantes, que endurece sob ação da água, sendo, portanto, um aglomerante hidráulico. Depois de

endurecido, mesmo sob ação da água, não se decompõe mais. O cimento é hoje, sem dúvida, o mais importante dos aglomerantes, sendo de fundamental importância o conhecimento suas propriedades, para poder aproveitá-las da melhor forma possível. O fenômeno físico-químico através do qual a pasta de cimento se solidifica é denominado de pega. Mesmo após a pega o processo de endurecimento continua durante longo período de tempo, aumentando gradativamente a sua dureza e resistência. Como exemplo desse fato a resistência à compressão de um bloco de argamassa de cimento e areia, de traço 3:1, após 3 dias é igual a 80 kg/cm², em 7 dias é igual a 180 kg/cm² e após 28 dias já possui uma resistência de 250 kg/cm². A pega sofre influência de diversos fatores: é retardada pelas baixas temperaturas, e na presença de sulfatos e cloretos de cálcio, e acelerada pelas altas temperaturas e pelos silicatos e carbonatos.

Não é recomendada a estocagem do cimento por prazo muito logo, pois pode iniciar a pega na embalagem pela umidade do ar, que por sua vez propicia a perda gradativa do seu poder cimentante. O prazo máximo de estocagem normalmente é de um mês. O Quadro 8 apresenta os diversos tipos de cimentos portland e seus respectivos materiais constituintes, enquanto que no Quadro 9 é apresentada a composição química dos cimentos brasileiros.

Cimento Portland (ABNT)	Tipo	Clínquer + Gesso (%)	Escória siderúrgica (%)	Material pozolânico (%)	Calcário (%)
CP I	Comum	100	-	-	-
CP I - S	Comum	95-99	1-5	1-5	1-5
CP II - E	Composto	56-94	6-34	-	0-10
CP II - Z	Composto	76-94	-	6-14	0-10
CP II - F	Composto	90-94	-	-	6-10
CP III	Alto-forno	25-65	35-70	-	0-5
CP IV	Pozolânico	45-85	-	15-50	0-5
CP V - ARI	Alta resistência inicial	95-100	-	-	0-5

Quadro 8 – Composição dos cimentos Portland.

Fonte: Araújo, et al., 2011.

O clínquer é um material resultante das transformações químicas ocorridas entre os elementos do calcário e da argila, sai do forno a uma temperatura de ± 1000 °C, após percorrê-lo em ± 3 horas. Ele tem a forma de grãos de 2 a 5 μ m, é escuro, e muito duro. O clínquer resfriado e estocado, está apto a entrar na última fase de fabricação do cimento portland, qual seja, a moagem final, juntamente com a gipsita e as adições. Os materiais pozolânicos, são materiais silicosos ou sílico aluminosos.

Componente	Percentual
$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (C_3S)	42 a 60 %
$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (C_2S)	14 a 35 %
$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ (C_3A)	06 a 13 %
$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ (C_4AF)	05 a 10 %
SO_3	1,0 a 2,3 %
MgO	0,8 a 6,0 %
$\text{K}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{O}$	0,5 a 1,5 %
$\text{TiO}_2 - \text{Mn}_3\text{O}_4 - \text{P}_2\text{O}_5$	Traços

Quadro 9 – Teores médios dos componentes dos cimentos Portland brasileiros.

Fonte: Araújo, et al., 2011.

As contribuições (para as propriedades do cimento) das adições realizadas na fabricação do cimento podem ser resumidas em:

- gesso: tem como função básica regular o tempo de pega do cimento;
- escória de alto-forno: é o subproduto obtido durante a produção de ferro-gusa nas indústrias siderúrgicas, resultante do processo de fusão do minério de ferro com cal e carvão. A separação da escória do ferro gusa ocorre por diferença de densidade e quimicamente é composta de uma série de silicatos, que ao serem adicionados ao clínquer do cimento, são aptos a sofrerem reações de hidratação e posterior endurecimento. Sua adição no cimento proporciona melhoria de algumas propriedades do mesmo, como por exemplo, a durabilidade e a resistência a agentes químicos;
- materiais pozolânicos: são rochas vulcânicas ou matérias orgânicas fossilizadas encontradas na natureza, certos tipos de argilas queimadas em elevadas temperaturas e derivados da queima de carvão mineral nas usinas termelétricas, etc. São materiais que apresentam propriedades ligantes, no entanto, para que desenvolva a propriedade de ligante, é necessária a presença de mais outro material, por exemplo, o clínquer. O cimento com adição desse material possui a vantagem de apresenta maior impermeabilidade as misturas feitas com ele;
- materiais carbonáticos: são minerais moídos e calcinados. Tem a função de tornar a mistura mais trabalhável, servindo como um lubrificante entre as partículas dos demais componentes do cimento.

2.6.6.2 – Concreto

É um material resultante da mistura íntima e controlada de um aglomerante (cimento), agregado miúdo (areia), agregado graúdo (brita) e água. É o material mais importante da construção civil, onde tem inúmeras aplicações: estruturas, pavimentos, paredes, fundações, barragens, reservatórios e outras. Para obtenção de um bom concreto de acordo com sua finalidade, devem ser efetuadas operações básicas de produção do material, com procedimentos normalizados, tais operações são basicamente: dosagem, mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura. Dessa forma, são estudadas propriedades do concreto fresco que influem nas propriedades do concreto endurecido (CONSTRUINDO, 2011).

Os estudos das operações básicas do processo produtivo do concreto são:

- Dosagem: estudo, indicação das proporções e quantificação dos materiais componentes da mistura, com a finalidade de obter um concreto com determinadas características previamente estabelecidas.
- Mistura: dar homogeneidade ao concreto, isto é, fazer com que ele apresente a mesma composição em qualquer ponto de sua massa.
- Transporte: levar o concreto do ponto onde foi preparado ao local onde será aplicado, podendo ser dentro da obra ou para ela, quando misturado em usina ou fora dela.
- Lançamento: colocação do concreto no local de aplicação, em geral, nas formas.
- Adensamento: compactação da massa de concreto, procurando retirar-se dela o maior volume possível de vazios - Ganho de resistência.
- Cura: conjunto de medidas com o objetivo de evitar a perda de água (evaporação) pelo concreto nos primeiros dias de idade, água essa necessária para reação com o cimento (hidratação).

2.6.6.3 – Argamassas

É uma mistura feita com pelo menos aglomerante, agregado miúdo e água. O aglomerante pode ser a cal, o cimento ou o gesso. O agregado mais comum é a areia, embora

possa ser utilizado o pó de pedra. No caso de argamassas poliméricas, os aglomerantes são normalmente resinas sintéticas e o agregado o pó de pedra.

Os materiais agregados (areia e pó de pedra) têm a finalidade de diminuir a retração, melhorar a trabalhabilidade e a secagem e baixar o custo. Devem ser resistentes para suportarem esforços, cargas e choques, resistir aos agentes atmosféricos e ao desgaste.

Quando enterradas ou submersas devem resistir à ação da água. Em geral a resistência das argamassas aumenta com o passar do tempo (CONSTRUINDO, 2011).

A qualidade de uma boa argamassa pode ser dada pelas seguintes condições: resistência mecânica; compacidade; impermeabilidade; aderência; constância de volume e durabilidade. A maior ou menor importância de cada condição citada depende da finalidade da argamassa. Normalmente a qualidade é obtida com a aderência e envolvimento de todos os grãos do agregado e também com o preenchimento dos vazios entre estes pela pasta. Em resumo, a Figura 37 apresenta um esquema demonstrativo da relação íntima existente entre o cimento, os agregados (areia e brita), a argamassa e o concreto:

Cimento + Água = Pasta

Pasta + Areia = Argamassa

Argamassa + Brita = Concreto.

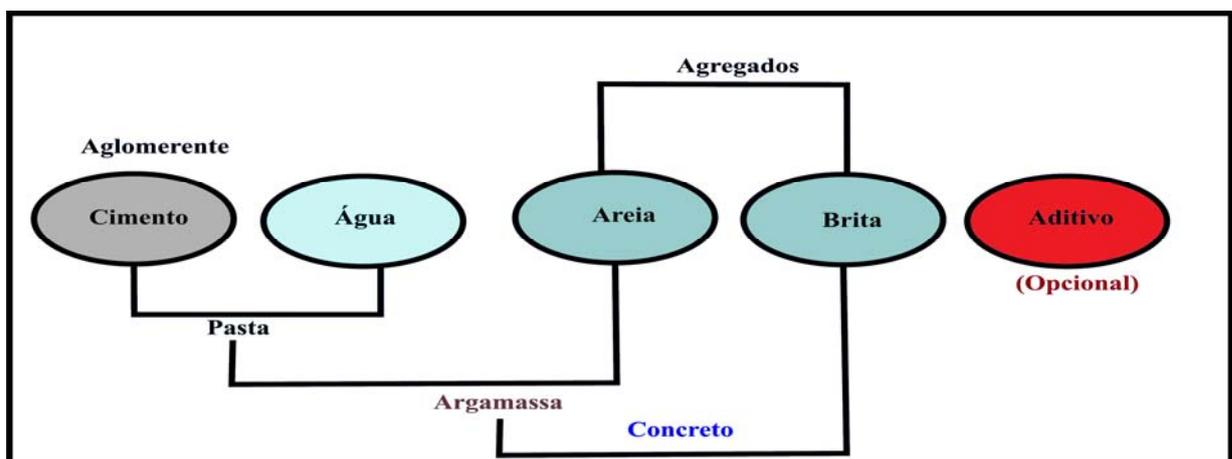


Figura 37 – Relação entre o cimento, os agregados (areia e brita), a argamassa e o concreto.

Fonte: ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland.

As participações médias dos agregados em concretos no Brasil (volume x valor), percentuais, são apresentadas nas Figuras 38 e 39.

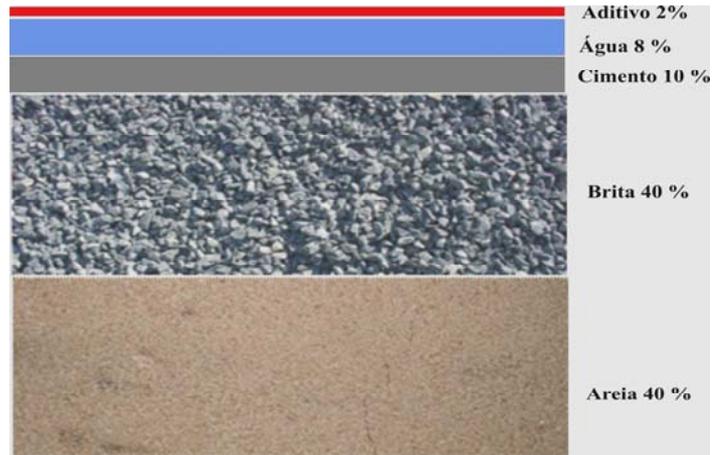


Figura 38 – Participação de agregados no concreto, em volume.

Fonte: FIPE/USP/ANEPAC, 2007.

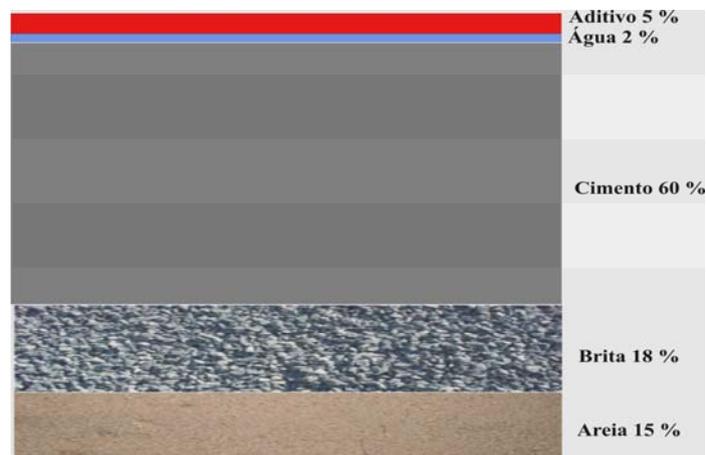


Figura 39 – Participação de agregados no concreto, em valor.

Fonte: FIPE/USP/ANEPAC, 2007.

Uma das mais importantes informações que se deve ter, antes de dosar os ingredientes na fabricação de concreto e argamassa, é sobre o traço (que depende do destino que será dado ao concreto ou argamassa). Este termo expressa a quantidade dos elementos que compõem as argamassas e concretos. A forma mais conveniente de expressar o traço é em volume, mas são comuns também seus valores em massa. Assim o traço de 1: 2 : 4 de concreto, indica 1 parte de cimento para 2 partes de areia e 4 partes de brita. E o traço de 1:5 de argamassa, indica 1 parte de cimento para 5 partes de areia. Para cada aplicação existe um traço específico. Em geral, quanto maior a proporção de aglomerante, maior a resistência, aumentando também o custo, com isso deve-se procurar adequar o traço à resistência requerida. O **ANEXO B** apresenta os tipos de traços de concreto e argamassa comumente usados no Brasil respectivamente, e suas aplicações, também mostra o consumo de materiais e faz uma breve descrição sobre pavimentação asfáltica.

2.6.7 – Substâncias Nocivas

São aquelas existentes nas areias ou britas que podem afetar algumas propriedades desejáveis nos concretos, fabricados com esses agregados.

❖ Reatividade Potencial ou Álcali-Agregado (RAA)

Segundo Silva (2009), a reação álcali-agregado (RAA) é uma reação química que ocorre internamente em estruturas de concreto. Consiste no processo em que alguns minerais reativos dos agregados reagem com hidróxidos alcalinos normalmente provenientes do cimento, resultando na formação de gel que em presença de água se expande, podendo originar fissuras, as Figuras 40 e 41 mostram os resultados do processo de reação (geração de fissuras na estrutura do concreto).



Figura 40 - Bloco de fundação de edificação residencial com 9 anos de idade, localizado na Região Metropolitana de Recife.

Fonte: Andrade, 2006.



Figura 41 - Bloco de fundação de um edifício comercial com 25 anos de idade, localizado na Região Metropolitana de Recife.

Fonte: Andrade, 2006.

De acordo com Tiecher (2006) grande parte das evidências da reação álcali-agregado envolvem obras hidráulicas, principalmente barragens, uma vez que para a reação ocorrer é necessário que a solução alcalina nos poros do concreto consiga fazer a dissolução de alguns minerais presentes nos agregados. Com isso, qualquer estrutura de concreto que contenha agregado reativo e que esteja exposta à umidade pode sofrer essa reação e manifestar os problemas dela decorrentes. Ainda de acordo com Tiecher (2006), dependendo dos minerais envolvidos, a RAA subdivide-se em reação álcali-sílica, álcali-silicato e álcali-carbonato.

a) Reação álcali-sílica (RAS)

É o tipo de reação álcali-agregado em que participam a sílica reativa dos agregados e os álcalis, na presença do Ca(OH)_2 (hidróxido de cálcio) originado pela hidratação do cimento, formando um gel expansivo (NBR 15577-1/2008). Na reação álcali-sílica, geralmente há exsudação (fenômeno migratório das águas existentes na composição do material aplicado, em seu processo de cura) do gel na superfície do concreto, o qual é composto basicamente de sílica e álcalis. Esse tipo de reação é mais comum do que as reações álcali-silicato e álcali-carbonato, devido ao fato de grande parte das rochas utilizadas como agregados no concreto possuírem sílica (TIECHER, 2006).

b) Reação álcali-silicato (RASS)

De acordo com Cavalcante et al.(2005), é um tipo específico de reação álcali-sílica, em que participam os álcalis e alguns tipos de silicatos presentes em certas rochas. Os silicatos reativos mais comuns são o quartzo tensionado por processos tectônicos, e os minerais da classe dos filossilicatos presentes em ardósias, filitos, xistos, gnaisses, granulitos, quartzitos e outros (NBR 15577-1/2008). O mecanismo é semelhante ao da reação álcali-sílica, no entanto ocorre mais lentamente, em função dos minerais estarem mais dispersos em seu retículo cristalino, trata-se do tipo de RAA mais encontrada nas diversas regiões do Brasil.

c) Reação álcali-carbonato (RAC)

A RAC é o tipo de reação em que participam os álcalis e os agregados rochosos carbonáticos. A forma mais conhecida de deterioração do concreto é devida à desdolomitização da rocha e, conseqüentemente, ao enfraquecimento da ligação pasta-agregado. Em termos práticos a dolomita reage com os hidróxidos alcalinos para formar a calcita, a brucita e o CO_3^{-2} . Os cristais de calcita e brucita formados são muito finos e circundados de muito vácuo. No concreto o CO_3^{-2} reage com a portlandita para formar nova calcita e hidróxidos alcalinos, levando a desdolomitização. Essa reação resulta da pressão de cristalização causada pelo crescimento da fina calcita e brucita confinadas e irá continuar até que acabe a dolomita (SILVEIRA, 2006). De acordo com Kihara (1993), expondo em ordem decrescente de reatividade encontram-se os minerais com estrutura amorfa (opala e vidro), microcristalina a criptocristalina (calcedônia), metaestável (tridimita e cristobalita) e cristalina

(quartzo, feldspatos deformados e filossilicatos alterados). No Quadro 10 é apresentada uma relação de rochas e minerais susceptíveis ao desenvolvimento da reação com álcalis.

Material Reativo (cristalinidade baixa ou sílica metaestável e vidros vulcânicos)	Rochas sedimentares	Rochas vulcânicas
Opala, tridimita ou cristobalita, vidro vulcânico ácido, intermediário ou básico.	Rochas sedimentares contendo opala, como folhelho, arenito, rochas silicificadas, alguns cherts e flints e diatomito.	Rochas vulcânicas com vidro ou vitrofíricas: rochas ácidas, intermediárias ou básicas como riolito, dacito, latito, andesito, tufo, perlita, obsidiana e todas as variedades contendo uma matriz vítrea, alguns basaltos.
Mat. Reativo (Rochas contendo quartzo)	Tipos de Rocha	
Calcedônia, quartzo microcristalino e criptocristalino Quartzo macrogranular, com o retículo cristalino deformado, rico em inclusões, intensamente fraturado, com quartzo microcristalino no contato do grão	Chert, flint, veios de quartzo, quartzito, quartzo arenito, arenito quartzoso, calcário silicoso. Rochas vulcânicas com vidro devitrificado micro ou criptocristalino. Rochas micro ou macrogranulares que contenham quartzo micro ou criptocristalino ou quantidade significativa de quartzo moderadamente ou intensamente tensionado: <ul style="list-style-type: none"> ➤ rochas ígneas: granito/granodiorito e charnockito; ➤ rochas sedimentares: arenito, grauvaca, siltito, argilito/folhelho, calcário silicoso, arenito e arcóseo; ➤ rochas metamórficas: gnaisse, quartzo-mica xisto, quartzito, filito, ardósia. 	

Quadro 10 – Relação de rochas e minerais susceptíveis ao desenvolvimento da reação com álcalis.

Fonte: NBR 15577-3/2008.

A caracterização das reações álcali-agregado através de seus produtos permite avaliar o grau de comprometimento da estrutura e balizar eventuais ações para minimização dos danos decorrentes.

- Alternativas para se evitar a reação: a forma conveniente de evitar a reação álcali-agregado é antes de tudo escolher um agregado não reativo. Mas essa alternativa é dificultada por causa dos custos envolvidos com o transporte destes materiais (de qualidades adequadas), que nem

sempre estão localizados nas proximidades do centro consumidor, e por possuírem baixo valor agregado, sua utilização se torna desestimulante por parte dos construtores. Outra opção seria limitar o teor de álcalis no cimento o que possibilitaria minimizar a reação expansiva. De acordo com Nassar (2006) para ocorrer à reação é essencial à existência simultânea de três ingredientes: disponibilidade de álcalis (Na_2O e K_2O), agregados reativos e umidade. A maior fonte de contribuição dos álcalis é o próprio cimento Portland, entre outras como, exemplo já citado, os próprios agregados, a água de amassamento, agentes externos, etc. Algumas normas internacionais já limitam o teor de álcalis no cimento para a prevenção da RAA em, no máximo, 0,6% de Na_2O equivalente. Outras opções são: - realização de análises petrográficas dos agregados que serão utilizados no concreto; - Criar proteção contra umidade, já que é essencial na expansão do gel, pois para que ocorra a expansão do concreto, não é necessário que a estrutura encontre-se submersa, uma vez que estruturas de concreto que estejam em um ambiente com umidade relativa do ar acima de 85%, por longos períodos de tempo, já podem sofrer esses efeitos da reação.

- Ações mitigadoras: algumas precauções podem ser tomadas para reduzir a velocidade das reações, separadamente ou em conjunto, dependendo de cada situação, tais como: - atenuar a velocidade do processo reativo através da limitação de acesso de água e de umidade, através de produtos impregnantes, penetrantes, selantes e membranas impermeáveis e estanques; - atenuar a velocidade das reações através de tratamentos químicos com injeções de sais de lítio. Essa medida tem limitações práticas para aplicações em peças maciças, com grande volume de concreto; - restringir as deformações por meio de encapsulamento/cintamento com concreto armado e/ou protendido, aplicando tensões de compressão que possibilitem a redução, ou até mesmo, paralise o desenvolvimento das reações e, conseqüentemente, das expansões deletérias. - para qualquer solução de recuperação de estruturas afetadas pela RAA é de fundamental importância que haja o monitoramento adequado e acompanhamento do desempenho da estrutura durante sua vida útil, (NASSAR, 2006). O perfeito entendimento do mecanismo de expansão do gel poderia ajudar a solucionar esses problemas e, conseqüentemente, encontrar soluções mais eficazes que poderão ser adotadas após o início da reação, neste sentido existem alguns grupos de trabalhos nacionais e internacionais, pesquisando novas soluções.

❖ **Teor de cloretos (encontrados nas areias de dunas e praias)**

Os cloretos têm efeito danoso em concretos destinados às estruturas armadas, porém são utilizados como aceleradores de pega. O aço das armações é atacado pelo cloreto de forma que a seção reta de uma barra pode crescer até 16 vezes o tamanho original, lascando o concreto e expondo a armação, reduzindo a capacidade de trabalho das peças estruturais. O teor máximo de cloreto de sódio deve ser de 0,08% do peso da areia.

❖ **Argila em Torrões, Material Pulverulento, Materiais Friáveis e Materiais Carbonosos, Fragmentos Macios e Friáveis e Óleos.**

a) Argila em torrões: são partículas presentes nos agregados, suscetíveis de serem desfeitas pela pressão entre os dedos polegar e indicador (nos agregados miúdos o máximo é de 1,5%, em peso seco).

b) Material pulverulento: é um material impalpável que pode ser encontrado na superfície dos grãos do agregado graúdo, o qual pode prejudicar a aderência da argamassa, reduzindo o desempenho do concreto. Nos concretos submetidos ao desgaste superficial, o percentual máximo em peso de material pulverulento deve ser de 3% e para os demais concretos até 5%.

c) Materiais friáveis e materiais carbonosos: são materiais constituídos de partículas de carvão, madeira e matéria vegetal sólida, desse modo é permitido um máximo de 0,5% para concretos onde a aparência é importante e de 1,0 % para os demais concretos.

d) Fragmentos macios e friáveis: a presença destes materiais altera a distribuição granulométrica e introduzem material de alta absorção de água, o que altera a trabalhabilidade e a resistência do concreto.

e) Óleos: estes podem atacar quimicamente o concreto, pois penetram nos poros do concreto seco e, por sua ação lubrificante reduzem a resistência do mesmo, e podem até destruir a aderência entre a argamassa, os grãos e a armação, resultando na desagregação do concreto.

2.7 – CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE AGREGADOS MINERAIS.

Para uma utilização correta dos agregados na construção civil, é necessário o prévio conhecimento e qualificação destes materiais e qualificar os mesmos significa definir suas propriedades. Os agregados apresentam expressiva diversidade de propriedades, algumas são relevantes para um dado uso, enquanto outras são para outro; umas terão utilidades diretas, outras indiretas. No caso dos agregados normais para construção civil as propriedades mais importantes podem ser classificadas em geológicas, físicas e mecânicas.

As propriedades geológicas são, na verdade, propriedades químicas, mineralógicas e petrográficas e estão muito ligadas à natureza da rocha (composição mineralógica, textura, estrutura, bem como seu estado e tipo de alteração mineralógica), ou do agregado em estudo. Outras propriedades também importantes e decorrentes da alteração mineralógica são: solubilidade, cristalinidade, alterabilidade, reatividade, forma das partículas na fragmentação e coerência destas. As propriedades físicas e mecânicas são consideravelmente influenciadas pelas propriedades geológicas. Elas podem ser resumidas em: densidade, massa específica, porosidade, permeabilidade, capacidade de absorção d'água, dureza, calor específico, condutibilidade térmica, dilatação térmica, expansibilidade, contabilidade e adesividade. São propriedades que podem ser convenientemente determinadas em laboratório e algumas até no campo, utilizando-se técnicas apropriadas e procedimentos padronizados.

A caracterização tecnológica de agregados para uso como material de construção é feita por meio de técnicas apropriadas que permitem conhecer suas propriedades de forma isolada ou em conjunto e de maneira direta ou indireta (FRAZÃO, E. B., 2004).

Os principais ensaios tecnológicos comumente adotados no Brasil para a caracterização tecnológica são:

- Apreciação macroscópica e análise petrográfica microscópica;
- Análise granulométrica;
- Determinação de índices físicos (massa específica, porosidade e absorção d'água);
- Determinação da forma de partículas;
- Ensaio de reatividade;
- Ensaio de adesividade;
- Ensaio de alterabilidade;
- Ensaio conjugado de abrasão e impacto (Ex.: do tipo *Los Angeles*);
- Ensaio de impacto;

- Ensaio de esmagamento;
- Ensaio de compressão uniaxial e determinação de módulo de deformabilidade (elasticidade) estático;

As características e particularidades dos ensaios tecnológicos de agregados para construção civil são descritas no **ANEXO C**.

2.8 – ASPECTOS DA LEGISLAÇÃO MINERAL E AMBIENTAL NA EXPLOTAÇÃO DE AGREGADOS.

Este tópico trata da legislação Mineral e Ambiental relativa aos Agregados para a Construção Civil. Na legislação mineral, é destacado o Regime de Licenciamento e o de Autorização e Concessão de Lavra. E para a Legislação Ambiental, o enfoque é sobre as orientações para requerimentos de licenças ambientais no Registro de Licença, na Autorização de Pesquisa, na Guia de Utilização e na Concessão de Lavra, que são fundamentais no regime regular de exploração de agregados. Por fim, é feita uma explanação sobre a Legislação Tributária. As informações aqui apresentadas foram obtidas no Guia do Minerador Regime de Licenciamento versão impressa e digital, adquiridas junto ao DNPM-PE e de publicações como: Manual de Agregados para Construção Civil, de Almeida e Luz (2009), Agregados para Construção Civil: Relatório Técnico 30 e 31, de Quaresma (2009) e Agregados para Construção Civil no Brasil: Contribuições para Formulação de Políticas Públicas, de Campos (2007).

2.8.1 – Legislação Mineral

De acordo com a legislação o aproveitamento dos bens minerais agregados para construção civil (areias, pedras britadas e cascalhos de utilização imediata, no preparo de agregados e argamassas, desde que não sejam submetidos a processo industrial de beneficiamento nem se destinem como matéria-prima à indústria de transformação) está disciplinado pela Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978, alterada pela Lei nº 8.982, de 25 de janeiro de 1995, e regulamentado pela Portaria DNPM nº 266, de 10 de julho de 2008.

Essas substâncias minerais podem ser aproveitadas, em área máxima de cinquenta hectares, tanto pelo regime de licenciamento, como pelo regime de autorização e concessão.

Uma desvantagem na exploração dos agregados da construção civil através do Regime de Licenciamento é que investidor/produtor não possui segurança quanto ao período dentro da legalidade, já que o mesmo fica permanentemente dependendo de uma Licença da Prefeitura do Município. Com isso a renovação da licença pode não ser realizada dentro do prazo estabelecido (ela depende do “de acordo” da autoridade municipal) que, por qualquer razão, pode não fornecer a renovação da licença no prazo próprio e com isso o registro de licenciamento será cancelado e a área colocada em disponibilidade. Segundo especialistas do setor, há duplo grau de jurisdição: da Prefeitura que concede a licença e do DNPM que a registra. É considerado injustamente por alguns autores como sendo inconstitucional, já que a outorga, segundo eles, não poderia ser municipal e discordam dessa posição, já que, de acordo com os mesmos, há efetiva e predominante participação do DNPM na regularização do minerador e salientam que a licença municipal deve ser entendida como mera anuência ao exercício da atividade naquele espaço físico municipal. A decisão reguladora da atividade é do DNPM, que pode não registrar a licença expedida quando contrariar interesses supervenientes. Diante desse fato, os especialistas no assunto recomendam que os agregados da construção civil sejam aproveitados através do Regime de Autorização e Concessão, uma vez que, mesmo sabendo da necessidade de maiores investimentos para executar trabalhos de pesquisa mineral, elaborar o Relatório Final e o Plano de Aproveitamento Econômico da substância mineral (agregado) pretendida, haverá total segurança jurídica após a publicação da Portaria de Concessão de Lavra, não precisando mais de Licença Municipal, logo a Concessionária poderá investir na lavra, com a certeza de que poderá explorar a jazida até sua exaustão, desde que não infrinja as demais exigências presentes no Código de Mineração e legislação correlata em vigor.

2.8.1.1 - Regime de Licenciamento

Este regime é especial e para seis substâncias – areia para construção civil, cascalho para construção civil, saibro para construção civil, brita para construção civil, rochas calcárias para corretivo de solos e argila para cerâmica. O aproveitamento mineral através desse não depende de prévios trabalhos de pesquisa e é facultado exclusivamente ao proprietário do solo ou a quem dele tiver a expressa autorização, salvo se a jazida estiver situada em imóveis pertencentes à pessoa jurídica de direito público, quando, nesta situação, o licenciamento ficará sujeito ao prévio assentimento desta e, se for o caso, à audiência da autoridade federal sob cuja jurisdição se encontrar o imóvel.

2.8.1.2 - Regime de Autorização e Concessão

Neste Regime o aproveitamento das substâncias minerais segue a regra geral do Código de Mineração, ou seja, estando livre a área de ocorrência mineral de emprego imediato na construção civil, será atribuído o Direito de Prioridade a quem primeiro protocolizar no DNPM, o seu Requerimento de Autorização de Pesquisa. Nestes termos o Direito de Prioridade é a precedência de entrada do Requerimento de Autorização de Pesquisa no protocolo do DNPM (para área considerada livre). Dessa forma se o Requerimento de Autorização de Pesquisa não estiver sujeito a indeferimento de plano, este adquire o Direito de Prioridade e em seguida será publicado o respectivo alvará de autorização de pesquisa, após as formalidades legais. No Regime de Autorização e Concessão não há necessidade que o proprietário do solo autorize que sejam explorados agregados para a construção civil em sua propriedade superficiária, como ocorre no caso do Regime de Licenciamento.

2.8.2 – Legislação Ambiental

Para obtenção de direito mineral e posterior exploração de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil, são necessárias três Licenças Ambientais indispensáveis: Licença Prévia - LP, Licença de Instalação - LI e Licença de Operação - LO, seja através do Regime de Licenciamento, seja através do Regime de Autorização e Concessão. É indispensável o licenciamento ambiental para a outorga e publicação do Registro de Licenciamento. Ele está disciplinado pela Resolução CONAMA nº 10, de 6 de dezembro de 1990, que também disciplina a solicitação da Licença Prévia - LP, de Instalação - LI e de Operação - LO, e exige a apresentação dos documentos pertinentes, conforme o tipo ou fase em que se encontre o empreendimento.

Em função de sua natureza, localização, porte e demais peculiaridades e a critério do órgão ambiental competente, o empreendimento poderá ser dispensado de apresentar os Estudos de Impacto Ambiental - EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, que é o caso do aproveitamento dos agregados para construção civil, uma vez que, normalmente, este setor da mineração não promove dano muito significativo ao meio ambiente. Na hipótese da dispensa de apresentação dos EIA/RIMA, o minerador deverá apresentar um Relatório de Controle Ambiental - RCA, elaborado de acordo com as exigências estabelecidas pelo órgão ambiental.

A Licença Prévia deverá ser requerida ao órgão ambiental, nesta ocasião, o minerador deverá apresentar os Estudos de Impacto Ambiental com o respectivo Relatório de Impacto Ambiental ou o Relatório de Controle Ambiental e demais documentos necessários. Depois da análise por parte do órgão ambiental competente, sairá à decisão sobre a concessão da Licença Prévia. De posse do Plano de Controle Ambiental – PCA, contendo os projetos executivos de minimização dos impactos ambientais, que foram avaliados na etapa da Licença Prévia, o minerador deverá apresentá-lo ao órgão ambiental competente, para requerer a Licença de Instalação, acompanhado dos demais documentos exigidos. O órgão ambiental analisa a documentação apresentada e decide sobre o fornecimento da Licença de Instalação. Ainda se necessário, será solicitado ao minerador a autorização de desmatamento, nos termos da Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006. Após análise e aprovação da documentação, o órgão ambiental competente expedirá a Licença de Instalação – LI, e o registro de licença será então outorgado e publicado pelo DNPM, isso depois da apresentação da Licença de Instalação. Depois de obter o Registro de Licença e implantação dos projetos previstos no Plano de Controle Ambiental - PCA, o minerador é orientado a requerer a Licença de Operação, apresentando a documentação obrigatória.

O órgão ambiental irá verificar a implantação dos projetos constantes do Plano de Controle Ambiental - PCA e analisar a documentação pertinente, diante disso, decidirá sobre a concessão da Licença de Operação. Se o órgão ambiental competente negar a Licença, em qualquer uma das modalidades, deverá comunicar o fato ao minerador e ao DNPM, com informações sobre os motivos do indeferimento, porém, dessa decisão cabe recurso. Caso a licença for concedida, o Titular do Registro de Licença poderá iniciar a extração e comercialização dos agregados para a construção civil. Vale lembrar que o mesmo só poderá extrair e comercializar seus produtos, após a obtenção da Licença de Operação.

Quanto a Autorização de Pesquisa, a outorga e publicação do alvará de autorização não dependem de prévio licenciamento ambiental, mesmo que a área pleiteada esteja dentro de uma Unidade de Conservação Ambiental. No entanto, para casos como este, o Titular da Autorização depende de prévia autorização do órgão ambiental, para poder iniciar os trabalhos de prospecção mineral, conforme prever o artigo 17, da Lei 7.805, de 18 de julho de 1989. Se durante a vigência do alvará de Autorização de Pesquisa, o respectivo titular pretender extrair e comercializar agregados para a construção civil, previamente, deverá obter guia de utilização, fornecida pelo DNPM.

O licenciamento ambiental necessário para a outorga de guia de utilização para explorar e comercializar agregados para a construção civil, está disciplinado pela Resolução CONAMA n° 9, de 6 de dezembro de 1990. Já no caso da Concessão de Lavra, a outorga e publicação da Portaria de Concessão dependem de prévio licenciamento (Licença Prévia - LP, da Licença de Instalação - LI e da Licença de Operação - LO), estando à área objetivada dentro ou fora de Unidade de Conservação Ambiental, nos termos do artigo 16, da Lei n° 7.805, de 18 de julho de 1989. Contudo, se a área estiver fora de Unidade de Conservação Ambiental, basta a Licença de Instalação para que a Portaria de Concessão de Lavra seja outorgada e publicada, conforme o artigo 6°, da Resolução CONAMA n° 9, de 6 de dezembro de 1990. Essa exigência também está presente no § 1°, do artigo 1°, da Resolução CONAMA n° 237, de 19 de dezembro de 1997.

2.9 – O CENÁRIO ECONÔMICO DO SETOR DE AGREGADOS NO BRASIL.

A demanda por agregados é caracterizada pela existência de dezenas de micro-mercados, em geral independentes e limitados por um raio de até 150 km, tais como as regiões metropolitanas (VALVERDE, 2006). São os materiais de construção mais utilizados no mundo, o setor desses bens minerais proporciona insumos para a infraestrutura urbana, industrial e malha viária nacional, de forma a atender a crescente demanda por matéria-prima, estimulada por políticas setoriais que promovem a melhoria das condições de vida e, normalmente, induzem os setores consumidores de agregados tais como: a saúde pública, que não pode prescindir da demanda por agregados para construção de novos hospitais e a ampliação do setor, a infraestrutura de saneamento básico (construção de sistemas de captação, adução, tratamento e distribuição de água), transporte (rodovias, vias públicas, ferrovias, hidrovias, portos, aeroportos, pátios e estações), energética, segurança pública, educação e habitação popular.

A possibilidade de substituição de agregados normais (areia, cascalho e brita) por outros produtos naturais ou industrializados é quase nula. Por serem produtos de baixo valor e constituírem recursos minerais dos mais acessíveis à população, eventualmente pode ocorrer sua substituição em algum processo na construção civil. Prédios podem ser construídos utilizando-se estruturas metálicas em vez do concreto e o reaproveitamento de entulhos da construção civil também é uma solução já bastante utilizada em alguns estados brasileiros. A tradicional divisória de argamassa e tijolos pode ser substituída por produtos feitos com gesso, madeira compensada ou plástico, etc. (VALVERDE, 2001).

A mineração de areia e brita está presente em todo o território nacional e está entre as mais importantes atividades extrativas do setor mineral brasileiro, devido ao volume produzido ser comparável ao volume de produção do minério de ferro, principal produto mineral brasileiro. No que se refere à produtividade, a mineração brasileira de agregados tem muito a desenvolver se comparada a dos países da Europa Ocidental e dos EUA, onde a mão de obra é treinada e grandes investimentos são feitos na modernização das instalações de produção. Por exemplo, nos Estados Unidos da América a produtividade varia de 1.500 a 2.000 m³/homem/mês, enquanto que, no Brasil, a média fica em torno de 250 m³/homem/mês no caso da areia (Plano Plurianual para o Desenvolvimento do Setor Mineral, 1994 apud Almeida e Luz, 2009).

2.9.1– Produção Brasileira

Nas análises que envolvem os agregados para a construção civil, existe um grande problema que é a falta de uma base estatística confiável, já que existe um elevado grau de ilegalidade devido à atuação de empresas clandestinas que operam nesse mercado. Somado a isso, os dados divulgados pelo DNPM são recolhidos através de relatórios elaborados com base nos questionários (Relatórios Anuais de Lavra – RAL) respondidos apenas pelas empresas legalizadas. O fato do DNPM não dispor de uma estrutura de coleta e análises de dados apurados sobre o setor, não há uma estatística sobre agregados que possibilite prestar informações precisas. Atualmente as principais fontes de dados estatísticos sobre agregados são obtidas a partir de informações coletadas pelo DNPM, estimativas baseadas no consumo de cimento, através dos (RALs) e das associações de produtores, que fornecem as estimativas de produção, onde a mais reconhecida dentre elas, a Associação Nacional das Entidades Produtoras de Agregados para Construção Civil – ANEPAC que é a entidade que faz estimativa tanto para a brita como para a areia. Segundo Almeida e Luz (2009) a produção de rochas britadas, presente em todas as unidades da federação, está oficialmente distribuída com as seguintes estatísticas:

- ❖ envolve, oficialmente, cerca de 500 empresas;
- ❖ gera cerca de 20.000 empregos diretos;
- ❖ 60% das empresas produzem menos de 200.000 t/ano;
- ❖ 30% produzem entre 200.000 e 500.000 t/ano;
- ❖ 10% produzem mais do que 500.000 t/ano.

De acordo com a ANEPAC, a participação dos tipos de rochas utilizadas na produção de brita no Brasil segue na média a seguinte distribuição:

- ❖ granito e gnaisse - 85%;
- ❖ calcário e dolomito - 10%;
- ❖ basalto e diabásio - 5%.

Quanto à areia, ainda de acordo com Almeida e Luz (2009):

- ❖ cerca de 2.000 empresas registradas se dedicam à extração de areia;
- ❖ na grande maioria, pequenas empresas familiares;
- ❖ geram cerca de 45.000 empregos diretos;
- ❖ destas, 60% produzem menos de 100.000 t/ano;
- ❖ 35% produzem entre 100.000 e 300.000 t/ano; e
- ❖ 5% delas produzem mais do que 300.000 t/ano.

De toda produção oficial de areia no Brasil, 90% é realizada em leito de rios, sendo que no Estado de São Paulo, maior produtor brasileiro, esse relação muda, 45% da areia é produzida a partir de várzeas, 35%, de leitos de rios, e o restante, de outras fontes. Além disso, o estado responde por 39% da produção nacional, seguido de Rio de Janeiro (16%), Minas Gerais (12,5%), Paraná (6,5%), Rio Grande do Sul (4,2%) e Santa Catarina (3,5%).

Os dados de produção do Estado do Rio Grande do Norte, entre os anos de 2006 e 2010 estão passando por revisão. O fato dos materiais utilizados para construção civil possuírem um regime especial (há opção de explorar agregados por regime de licenciamento, nestes termos os mineradores não tem mais a obrigação de fornecer o RAL – Relatório Anual de Lavra), dificulta cada vez mais a obtenção de dados estatísticos de produção destes bens minerais, obrigando ao DNPM realizar estimativas baseadas em informações de produtores (os que costumeiramente informam os dados de suas atividades) e de entidades representativas como a Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil - ANEPAC e Sindicato Nacional da Indústria do Cimento – SNIC, uma vez que existe uma boa relação de produção e consumo entre materiais agregados (areia e brita) e o cimento. Aliado a estas dificuldades esta a grande informalidade desse setor que é agravada pela carência de pessoal na fiscalização. Dessa forma, os dados estaduais e oficiais de material beneficiado, divulgados até o momento pelo DNPM (Anuário Mineral Brasileiro)

dizem respeito aos anos de 2000 até 2005. Foi feita uma estimativa da produção para 2006, 2007, 2008, 2009 e 2010, pelo autor, com base na relação entre a produção oficial do Estado do Rio Grande do Norte e a produção nacional dos anos de 2000 até 2005 (produção do RN/produção do Brasil). De posse da relação média obtida, da areia 0,713% e da brita coincidentemente 0,713 % foi realizada uma estimativa de 2006 até 2010, Tabela 1.

Tabela 1 – Produção de areia e brita do Estado do Rio Grande do Norte.

Produção Mineral - RN		
Ano	Areia (m³)	Brita (m³) *
2000	1.609.500,00	1.122.164,00
2001	1.802.500,00	1.210.765,00
2002	1.640.783,00	1.102.137,00
2003	1.428.928,00	959.831,00
2004	1.396.675,00	938.167,00
2005	1.575.494,00	934.871,00
2006 **	1.446.935,34	1.176.313,03
2007 **	1.632.257,10	1.318.896,43
2008 **	1.846.089,91	1.547.029,86
2009 **	1.824.706,63	1.539.900,69
2010 **	2.701.421,14	1.782.292,47

Nota: * Produção beneficiada. ** Estimativa feita pelo autor.
Fonte: DNPM (Anuário Mineral Brasileiro, 2001 - 2006).

De acordo com a tabela 1, o valor estimado para produção beneficiada de brita no ano de 2010 é de 1,7 milhões de m³ por ano ou 2,9 milhões de toneladas por ano (densidade do material 1,65 t/m³) e de areia, 2,7 milhões de m³ ou 4 milhões de toneladas por ano (densidade do material 1,50 t/m³). O reflexo da crise financeira mundial de 2008 provocou uma pequena queda na produção nacional/estadual de agregados no ano de 2009, no entanto se comparado aos demais setores produtivos este foi um dos que menos sofreu com a crise.

O grande aumento na produção observado no ano 2010 é explicado pela retomada do crescimento neste ano que foi estimulado pelos grandes incentivos governamentais como, por exemplo, o Programa Minha Casa, Minha Vida. Ainda de acordo com dados do DNPM, na produção nacional predominam as minas de pequeno porte, um fato explicado, em parte, pela existência de micromercados regionalizados. Como os custos de transporte inviabilizam o comércio entre grandes distâncias, os mercados onde cada mina/pedreira pode destinar sua produção ficam limitados. Nessa situação, a escala de produção fica restrita aos volumes compatíveis com o que cada mercado regional/local pode absorver.

Um dado curioso é que no período de 2001 a 2007 as minas de rocha britada e de areia representaram, respectivamente, 25 e 28% do total de minas a céu aberto acima de 10.000 t operando no país e as minas de rocha britada representaram 41% do total de minas de porte médio (abaixo de um milhão e acima de 100 mil t), enquanto as de areia representaram 34% do total de minas de pequeno porte (abaixo de 100 mil e acima de 10 mil t). Os dados oficiais da produção de agregados para construção civil no Brasil de 1988 até 2009 são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Evolução da produção de agregados minerais no Brasil 1988 -2010.

Ano	Areia (10 ⁶ t)	Brita (10 ⁶ t)	Total (10 ⁶ t)
1988	51	93	144
1989	62	67	129
1990	15	85	100
1991	14	81	95
1992	82	97	179
1993	75	93	168
1994	79	96	175
1995	87	105	192
1996	159	96	255
1997	205	141	346
1998	200	146	346
1999	205	142	347
2000	226	156	382
2001	236	163	399
2002	230	156	386
2003	191	130	321
2004	201	187	388
2005	238	172	410
2006	203	165	368
2007	229	185	414
2008	259	217	476
2009	256	216	472
2010	379	250	629

Fonte: ANEPAC, 2011, DNPM (Sumário mineral Brasileiro – 2010) e MME (sinopse -2011).

De acordo com os dados da tabela 2, a produção de agregados no Brasil cresceu de 1993 até o ano de 2001, teve 2 anos seguidos de decréscimo e voltou a crescer até 2005 quando houve outra queda em 2006. Em 2007 houve um aumento de produção, mas em 2009 sofreu uma suave retração, como reflexo da crise mundial de 2008 (o setor foi um dos que menos sentiu o impacto da crise internacional de 2008), no entanto a tendência de crescimento vem se mantendo até hoje.

O gráfico da figura 42 apresenta de forma mais clara estes dados. Com relação à crise que se estabeleceu em 2008, a mesma não afetou de imediato o suprimento de agregados para construção. Um choque adverso na economia impacta o setor de construção civil com defasagem, pois as obras executadas num dado momento, foram contratadas no período anterior. É importante destacar os trabalhos de elaboração do Plano Nacional de Agregados pelo Ministério de Minas e Energia. O objetivo principal do plano é garantir para o futuro o suprimento contínuo e estável de agregados para o país, visando, principalmente, a inclusão da atividade nos ordenamentos territoriais.

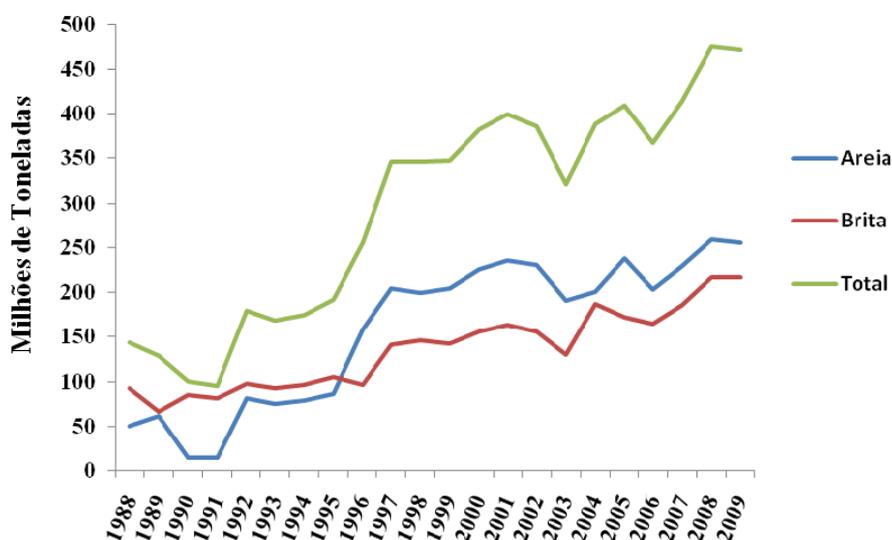


Figura 42 – Evolução da produção de agregados para construção civil no Brasil 1988-2009.

Fonte: ANEPAC, 2011, DNPM (Sumário mineral Brasileiro – 2010) e MME (sinopse -2011).

De acordo com dados do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento – SNIC (2009), no ranking mundial de fabricantes de cimento, após ajustes, a China lidera com 49% a produção, a Índia vem em segundo lugar, distante, com 6,5% e em terceiro lugar os Estados Unidos com 3%. Já o Brasil ocupa a oitava posição com a participação de 1,8% da produção, sendo o maior produtor e consumidor da América Latina. Em 2010 o Estado do Rio Grande do Norte consumiu cerca de 850.000 toneladas de Cimento.

Há uma correlação direta da produção de agregados com a produção de cimento no Brasil, esta observação pode ser feita na tabela 3 e no gráfico da figura 43.

Tabela 3 – Evolução da produção de cimento e agregados no Brasil 1990 – 2009.

Ano	Produção de Cimento (10^3 t)	Produção de Agregados (10^3 t)
1990	25.980	100.000
1991	27.430	95.000
1992	24.103	179.000
1993	24.924	168.000
1994	25.320	175.000
1995	28.514	192.000
1996	34.925	255.000
1997	38.438	346.000
1998	40.142	346.000
1999	40.200	347.000
2000	39.368	382.000
2001	38.398	399.000
2002	38.856	386.000
2003	35.042	321.000
2004	35.897	388.000
2005	38.609	410.000
2006	41.780	368.000
2007	46.406	415.000
2008	51.970	475.000
2009	51.747	472.000

Fonte: SNIC, ANEPAC e DNPM.

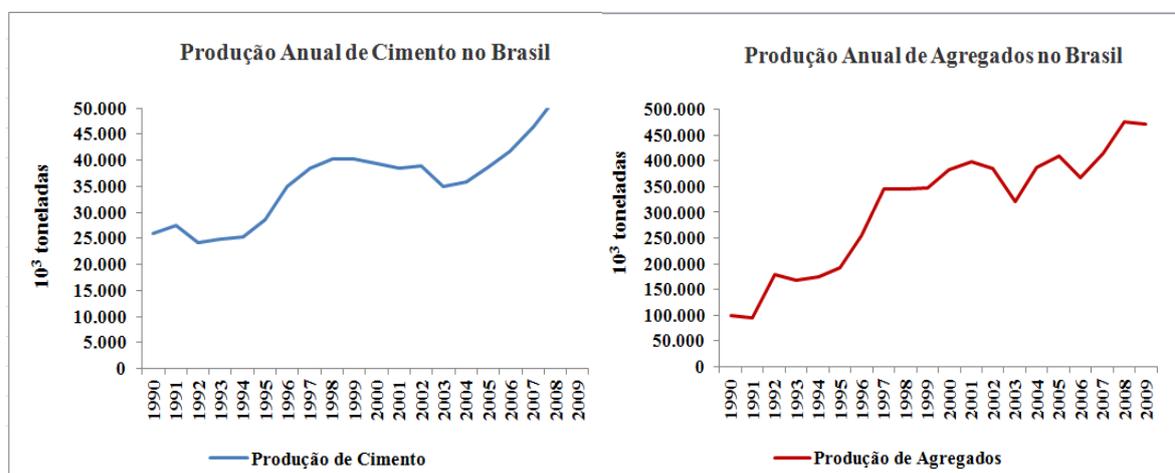


Figura 43 – Similaridades na evolução da produção de cimento e agregados no Brasil 1990 – 2009.

Embora as variações na produção de cimento sejam mais suaves no decorrer do período analisado observam-se crescimentos e decrescimentos em épocas similares.

O crescimento da produção de cimento normalmente acompanha a demanda da indústria de construção civil. A capacidade de produção de cimento instalada no país elevou-se, em 2007, de 48 Mt/ano para 62 Mt/ano, aumentando a capacidade ociosa para 40%. Em

2008 este segmento industrial era constituído por 10 grupos, 32 empresas e 58 fábricas, distribuídas em todo o Brasil, gerando 23.000 empregos diretos. Até o momento não há outro produto que desempenhe perfeitamente as funções do cimento, no entanto, ele enfrenta concorrentes nas construções de estruturas em aço, em madeira (para edificações de pequeno porte), nas vedações e estruturas em cerâmica vermelha (alvenaria armada) ou em alguns tipos de revestimentos e pelo asfalto em pavimentações.

2.9.2 – Areia Manufaturada

Por causar sérios impactos sobre o meio ambiente, em consequência da retirada da cobertura vegetal nas áreas a serem lavradas, causando assoreamento nos rios e conseqüentemente a degradação do curso d'água, a exploração de areia, realizada na sua maioria em rios e também em outros ambientes de sedimentação, tem sido cada vez mais coibida pelos órgãos ambientais de fiscalização. Além disso, a exaustão de áreas próximas aos grandes mercados consumidores e a restrição ambiental tem resultado no deslocamento dos mineradores para locais cada vez mais distantes dos centros urbanos, onerando cada vez mais o preço final devido ao aumento do custo do frete.

Diante deste fato, pesquisadores do Centro de Tecnologia Mineral - CETEM, do Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT, em parceria com a COPPE/UFRJ, com o objetivo de reduzir os impactos ambientais resultantes não só da extração de areia, mas também, do destino final dos resíduos (pó-de-pedra) e visando encontrar alternativas econômicas viáveis para ambos os produtos, se propuseram a estudar a viabilidade de produzir areia artificial a partir de finos de brita. O foco do projeto é solucionar dois problemas a partir da produção de areia artificial: um ambiental e o outro de ordem econômica. No primeiro caso visa à redução dos impactos ambientais ocasionados pelo processo convencional de extração de areia e no segundo caso à econômica, pois a areia artificial pode ser produzida no canteiro das pedreiras, o que reduziria o custo da matéria-prima junto ao maior mercado consumidor, a indústria da construção civil. Como já foi frisado anteriormente, os agregados naturais (areia e brita) podem ser substituídos, na preparação do concreto e da argamassa, por resíduos industriais como escórias siderúrgicas, reciclagem de materiais da construção civil, entre outros. Os materiais que podem substituir a areia e a brita, na construção civil são: os agregados artificiais, como a argila expandida ou a vermiculita e os recicláveis. O agregado reciclado vem apresentando um uso crescente nos últimos anos, resultando em economias de materiais e energia. Geralmente é utilizado o entulho resultante da demolição e dependendo da

quantidade do entulho, pode ser necessária a lavagem do agregado reciclado e, até mesmo, a remoção de material pulverulento. Este tipo de material tem sido usado, com vantagens, em sub-bases, concretos magros, e solo-cimento, pavimentação e em concretos novos, com substituição parcial ou até total dos agregados usualmente empregados.

2.9.3 – Consumo de Agregados no Brasil

De acordo com o DNPM o consumo aparente de agregados para construção civil coincide com o próprio quantitativo produzido internamente no país já que, praticamente inexistente comércio exterior brasileiro (Importação e Exportação) destas substâncias, uma vez que o baixo valor unitário dos produtos inviabiliza o comércio entre grandes distâncias. Dessa forma a tabela 3 (página 86, que mostra a evolução da produção de agregados no Brasil), também ilustra os quantitativos consumidos no país, resultando em um balanço de produção-consumo nulo. Isso não significa que toda a demanda nacional por agregados está atendida, uma vez que o déficit habitacional foi estimado em 5,55 milhões de moradias em 2008, ilustrando a existência de uma grande demanda reprimida. Segundo dados da ANEPAC, no ano de 2008, o mercado consumidor brasileiro apresentou a seguinte destinação dos produtos de brita: concreteiras 32%, construtoras 24%, pré-fabricados 14%, revendedores 10%, usina de asfalto 9%, órgãos públicos 7% e outros 4%. No caso da distribuição setorial do consumo de areia na construção civil no Brasil, pode-se afirmar que 50% da areia consumida pela construção civil são incorporadas às massas, de modo geral, e os outros 50% se subdividem em concreto não usinado e concreto dosado em central. De acordo com o levantamento da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas da Universidade de São Paulo – FIPE, feito para o projeto Diretrizes para a Mineração de Areia na Região Metropolitana de São Paulo, foi constatado que em geral o consumo de agregados (areia e rocha britada) por tipo de obra ocorre da seguinte forma:

- autoconstrução, uma unidade básica de 35 m² consome 21 toneladas de agregados;
- habitações populares, uma unidade básica de 50 m² consome 68 t;
- um edifício público de 1.000 m², 1.360 t;
- obra padrão para escola de 1.120 m², 1.675 t;
- na pavimentação urbana, o consumo por metro quadrado varia de cidade de baixa densidade para a de alta densidade. A primeira consome 0,116 m³/m², enquanto a segunda, 0,326 m³/m².

- um quilômetro de via pública de 10 m de largura consome entre 2.000 t a 3.250 t;
- uma estrada vicinal, cerca de 2.800 t por quilômetro;
- uma estrada pavimentada normal, cerca de 9.500 t por quilômetro;
- manutenção de ruas, cerca de 100 t por quilômetro;
- metrô, cerca de 50.000t por quilômetro.

Os agregados para a construção civil, apesar de serem abundantes e apresentarem baixo valor unitário, representa um importante indicador do perfil sócio-econômico de desenvolvimento de um país. Existe uma relação estreita entre o consumo de agregados minerais na sociedade e o padrão de vida desfrutado por uma população. Para fim de comparação, na Europa em 2009, de acordo com a ANEPAC, foi registrado o consumo per capita de 4,3 t/hab. nos Estados Unidos 6.3 t/hab. Quando se reporta ao Estado de São Paulo e à Região Metropolitana de São Paulo, localizações mais ricas do Brasil, as taxas atingem 3,5t/hab./ano e 4,2t/hab./ano, respectivamente de acordo com o Sumário Mineral Brasileiro de 2009 (ano – base: 2008). Mesmo com o mercado aquecido, o consumo per capita de agregados no Brasil ainda é bastante baixo, mas segundo os últimos dados levantados, estes números têm tido boa evolução onde em 2007 a média nacional foi de 2,1 t/hab./ano, já em 2010 este valor atingiu a casa dos 3,3 t/hab./ano.

2.9.4 - Preços Praticados no País

De acordo com a publicação do DNPM (Economia Mineral do Brasil – 2009) a média nacional de preço da brita número 02 foi de R\$ 38,05/t (valores constantes). A volatilidade foi maior na região norte, sobressaindo nesse aspecto o estado do Amazonas, com maiores valores do país. A região norte é desfavorecida em ocorrência de jazidas de boa qualidade. Os estados com menor volatilidade foram Minas Gerais e Mato Grosso do Sul e os com maiores preços médios do período foram o Acre (R\$ 82,02/t) e o Amazonas (R\$ 63,08/t). No Acre, a brita é proveniente do estado vizinho de Rondônia, sendo encarecida pelo transporte. A região norte tem a brita mais cara do país, enquanto Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Paraná, tiveram os menores preços médios R\$ 25,28/t, R\$ 21,39/t e R\$ 25,02/t respectivamente. A figura 44 apresenta os preços médios de rocha britada (brita) nº 2 por região do Brasil e na Figura 45 a variação dos preços por estado do Nordeste.

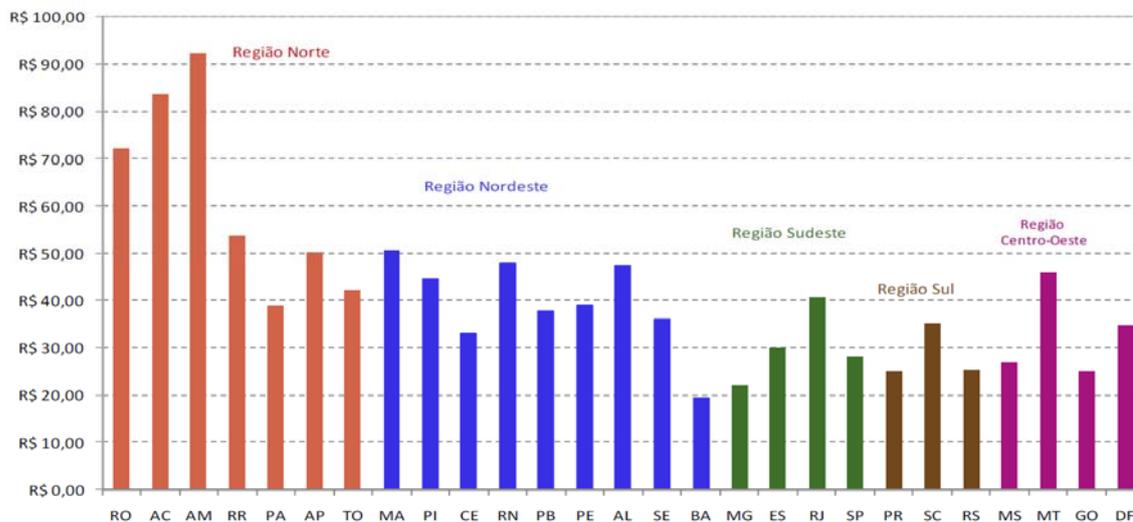


Figura 44 - Preço médio da tonelada de brita nº 2 por região (jan-jul/2009).

Nota: densidade adotada para a brita: 1,8 t/m³. Valores constantes, em base de Jun/2009, deflacionados pelo INCC.

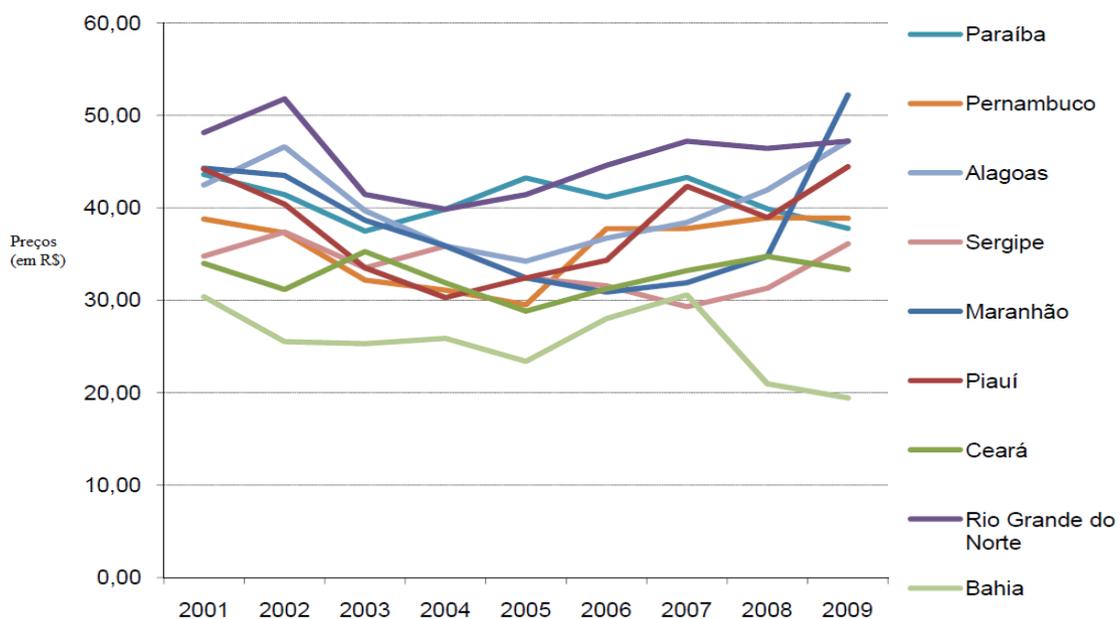


Figura 45 – Variação do preço por tonelada de brita nº 2 nos estados da Região Nordeste – (2001-jun/2009).

Nota: densidade adotada para a brita: 1,8 t/m³. Valores constantes, em base de Jun/2009, deflacionados pelo INCC.

Ainda segundo o DNPM a média nacional do preço da areia fina foi de R\$ 25,05/t (em valores constantes). O destaque foi o DF que apresentou o maior preço médio (R\$ 42,59/t) e baixa variância, em quanto que o menor valor nacional foi em Roraima (R\$ 12,98/t). Em relação à variação dos preços do período, Rondônia tem o maior valor nacional, e MS o menor. Já média nacional do preço da areia média foi de R\$ 24,79/t (valores constantes).

O Distrito Federal novamente obteve o maior preço médio (R\$ 43,43/t) e variância abaixo da média nacional. O Estado com o menor preço médio foi Roraima (R\$ 11,30/t) e nos estados da região norte os preços são menores que a média nacional, com exceção do Amapá e Tocantins. No caso da areia grossa a média foi de R\$ 24,91/t (valores constantes). Nos Estados do DF e SP foram registrados os maiores preços médios nacionais (R\$ 42,30/t e R\$ 34,21/t); Nas Figuras 46, 47 e 48 são apresentados os dados de preço médio da tonelada de areia fina, média e grossa respectivamente por região do Brasil.

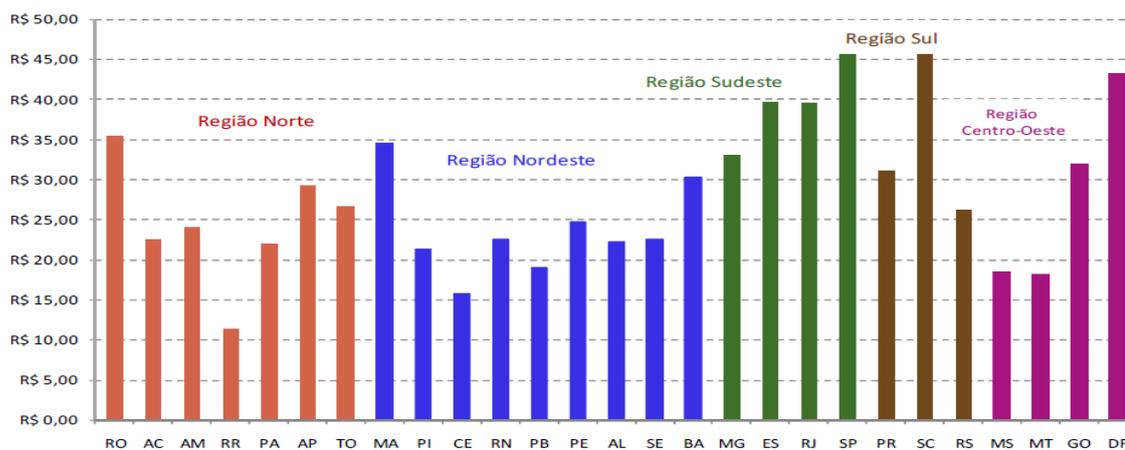


Figura 46 – Preço médio da tonelada de areia fina por região (jan-jul/2009).

Nota: densidade adotada para a Areia: 1,64 t/m³. Valores constantes, em base de Jun/2009, Deflacionados pelo INCC.

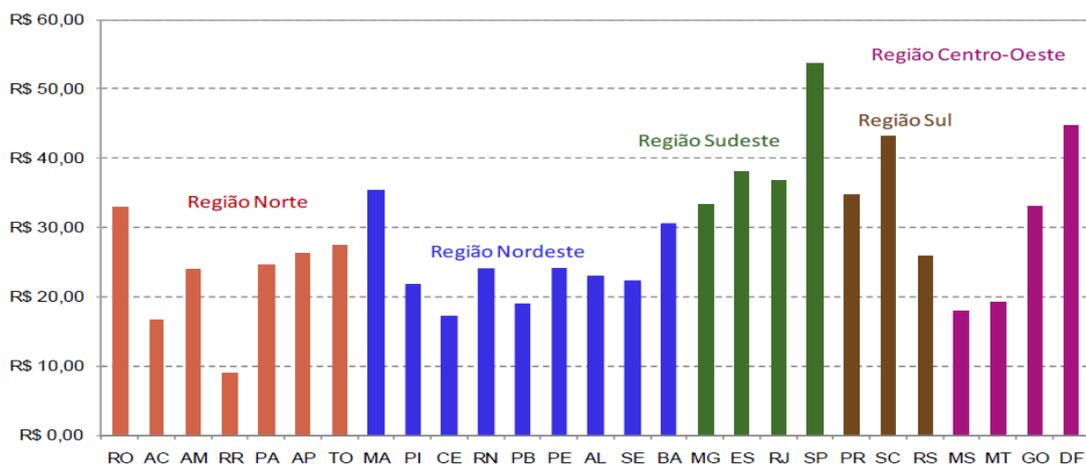


Figura 47 – Preço médio da tonelada de areia média por região (jan-jul/2009).

Nota: densidade adotada para a Areia: 1,64 t/m³. Valores constantes, em base de Jun/2009, deflacionados pelo INCC.

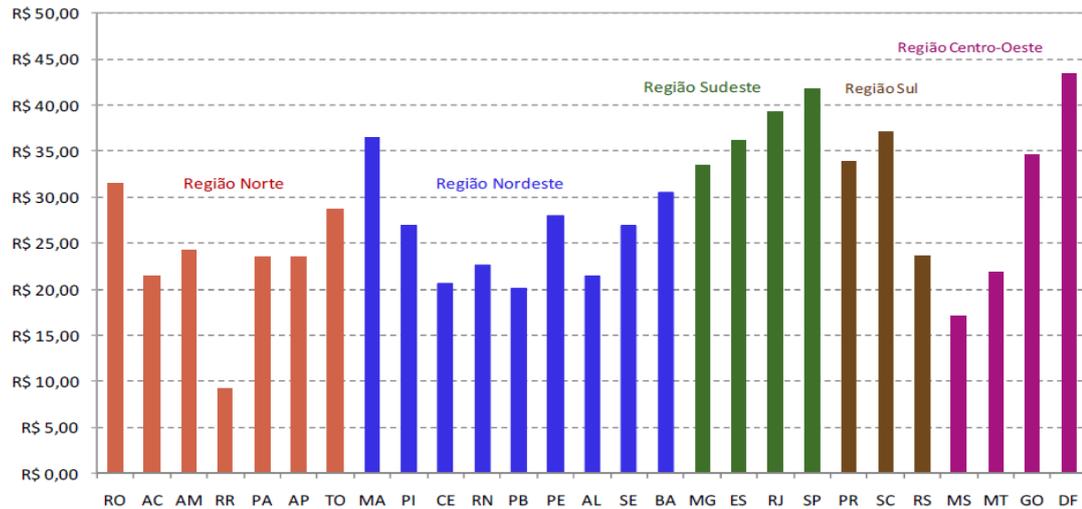


Figura 48 – Preço médio da tonelada de areia grossa por região (jan-jul/2009).

Nota: densidade adotada para a Areia: 1,64 t/m³. Valores constantes, em base de Jun/2009, deflacionados pelo INCC.

Dentre os estados da federação o Rio Grande do Norte foi o que apresentou menor variação de preço entre R\$ 22,00/t e R\$ 25,00/t no caso das areias classificadas como fina e entre R\$ 23,00/t e 25,00/t para areias classificadas como média, no período de 2001 e 2009. No entanto o preço da areia grossa apresentou maior variação entre R\$ 23,00/t e 28,00/t no mesmo período. A tendência apresentada nos últimos 3 anos (2007 e 2009) para o Rio Grande do Norte é de baixa variação de preços médios das areias finas, médias e grossas ficando entre R\$ 22,00/t e R\$ 23,00/t. Nas Figuras 49, 50 e 51 são apresentadas as variações dos preços de areias finas, médias e grossas por estado do nordeste respectivamente.

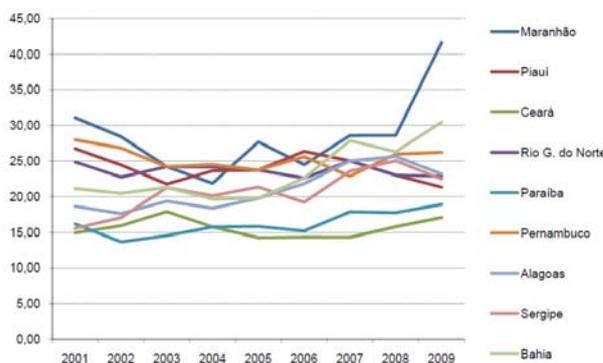


Figura 49 – Variação do preço da areia fina na região nordeste (jun/2001-2009).

Nota: densidade adotada para a Areia: 1,64 t/m³. Valores constantes, em base de Jun/2009, deflacionados pelo INCC.

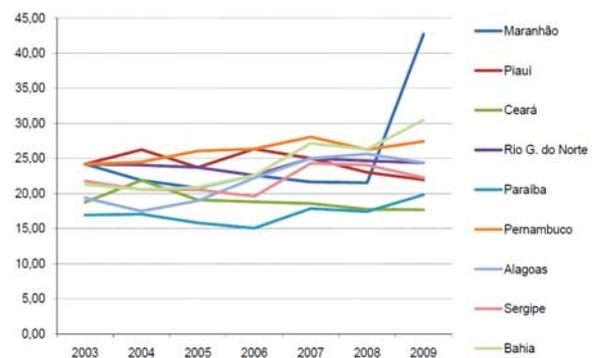


Figura 50 – Variação do preço da areia média na região nordeste (jun/2001-2009).

Nota: densidade adotada para a Areia: 1,64 t/m³. Valores constantes, em base de Jun/2009, deflacionados pelo INCC.

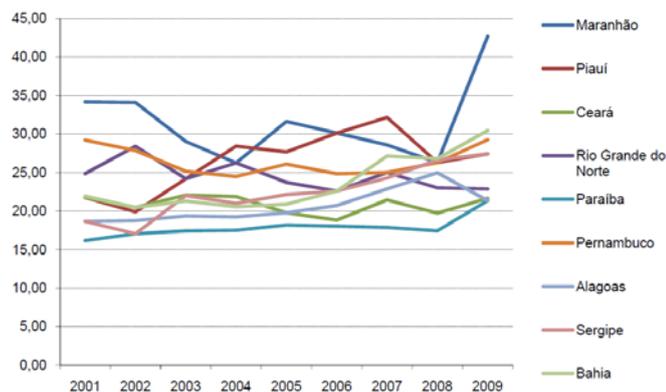


Figura 51 – Variação do preço da areia grossa na região nordeste (jun/2001-2009).

Nota: densidade adotada para a Areia: 1,64 t/m³. Valores constantes, em base de Jun/2009, deflacionados pelo INCC.

2.9.5 – Déficit habitacional

As informações mais recentes sobre as necessidades habitacionais no país, ou seja, o estudo Déficit Habitacional no Brasil mais atualizado é o de 2008 (com dados de 2007 reponderados), obtido de acordo com a metodologia da Fundação João Pinheiro (FJP) em parceria com a Secretaria Nacional de Habitação do Ministério das Cidades e o Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD).

No Brasil, entre 2007 e 2008, houve uma redução de 442 mil unidades no déficit, que passou de 5,98 milhões (2007) para 5,55 milhões (2008). A queda em termos absolutos foi observada também nas Unidades da Federação, exceto em Santa Catarina, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás. No Centro-Oeste houve aumento de 17,7 mil unidades no déficit, pouco representativo em termos relativos (0,2 pontos percentuais). Assim como em 2007, 83,5% do déficit habitacional em 2008 ocorrem nas áreas urbanas. As regiões Sudeste (2,46 milhões) e Nordeste (1,95 milhões) são as que apresentam os maiores volumes e somam cerca de 73,0% do déficit no país, enquanto as regiões Norte (555,13 mil) e Sul (580,89 mil) concentram cerca de 10,0% e 11,0%, respectivamente. A região Centro-Oeste foi a que apresentou a maior variação, com aumento de cerca de um ponto percentual, chegando a 7,5% do total do déficit em 2008. O Estado do Rio Grande do Norte apresentou um déficit de 104.190 mil moradias em 2008. A Grande Natal representa mais de 30% desse déficit.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA EXPERIMENTAL

O presente trabalho de dissertação foi concebido para ser concluído em vinte quatro meses e teve seu início em agosto de 2010. Inicialmente foi efetuada uma extensa pesquisa bibliográfica com enfoque ao conhecimento do estado da arte no que tange ao contexto geológico regional, metalogenético e tectônico da área de estudo, o que incluiu a revisão de mais de 20 trabalhos de renomados pesquisadores. No âmbito nacional e internacional, foram também consultadas inúmeras bibliografias e pesquisados via internet diversos trabalhos relacionados ao estudo e à aplicação dos agregados minerais para construção civil.

3.1 – LEVANTAMENTO DE DADOS TÉCNICO E SÓCIO-ECONÔMICOS.

Devido à dificuldade encontrada na área de estudo para obter informação sobre o setor de agregados no que concerne aos dados de produção, localização de áreas produtoras, empresas ou proprietários envolvidos e a dinâmica deste setor, uma vez que estudos com essa abrangência não existia até então, foram planejadas algumas visitas aos órgãos, departamentos e instituições de ensino que possuíam alguma relação com o estudo almejado. Os órgãos visitados foram:

- ❖ DNPM/RN, para obter informações de dados Técnico-econômicos do setor produtivo de areia e brita;
- ❖ SINDUSCON/RN, para obter informações de dados Técnico-econômicos de consumo de área, brita e cimento (visando determinar a relação de consumo existente entre estes três produtos na fabricação de concreto);
- ❖ IBGE/RN (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), para dados sócio-econômicos;
- ❖ IDEMA/RN (Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente) para dados de aspectos Fisiográficos e áreas de proteção ambiental (estaduais e municipais);

- ❖ IBAMA/RN (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), para dados sobre áreas de proteção ambiental (federais);
- ❖ SET/RN (Secretaria de Estado de Tributação), para obter informações de tributação do setor de materiais de construção, visando-se obter dados de consumo;
- ❖ DNIT/RN (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes), para o consumo de areia e brita nas vias federais dentro do limite da RMN;
- ❖ DER/RN (Departamento de Estradas e Rodagens), para o consumo de areia e brita nas vias estaduais e municipais dentro do limite da RMN;
- ❖ (CT) /UFRN (Centro de Tecnologia da UFRN), para o serviço de ensaio de caracterização tecnológica das amostras de areia e brita;
- ❖ CTG/UFPE (Centro de Tecnologia e Geociência da UFPE), para contratar serviço de ensaio de caracterização tecnológica das amostras de areia e brita.
- ❖ LAPLA/DEMINAS/UFPE (Laboratório de Planejamento de Lavra do Departamento de Engenharia de Minas da UFPE), para ensaios de caracterização tecnológica das amostras de areia e brita.
- ❖ ATEPE/UFPE (Associação Tecnológica de Pernambuco), para pagamento dos ensaios realizados no LAPLA.

Os dados técnico-econômicos foram levantados com a finalidade de se traçar um perfil estadual do setor de agregados para definir sua relação/participação na região nordeste e também no Brasil, para que, com as informações levantadas em campo na RMN, fosse possível fazer alguns comparativos e avaliações. Os dados sócio-econômicos foram levantados com intuito de fornecer uma visão geral da área de estudo, com enfoque para sua infraestrutura, demografia, perfil populacional e dimensão econômica já que são dados imprescindíveis para se definir projeções para o consumo de agregados para construção civil.

Os aspectos Fisiográficos como clima, vegetação, áreas de proteção ambiental, solo e recursos hídricos também foram levantados com o objetivo de fornecer mais subsídios ao entendimento da dinâmica que o processo produtivo de agregados (areia e brita) na área de estudo. Por exemplo: os fatores climáticos, como chuvas intensas afetam consideravelmente a

produção destes bens por prejudicar as atividades de lavra (alagamentos ou cheias) ou até inviabilizar o transporte da produção por falta de acessos adequados. A produção também pode ser prejudicada pelas restrições ambientais que impedem, em muitos casos, a operação da atividade exploratória em locais próximos dos centros consumidores obrigando desta maneira o deslocamento desta atividade para lugares mais distantes, entre outros fatores limitantes que estão relacionados com a fisiografia da área de trabalho.

3.2 – LEVANTAMENTO DE CAMPO.

Para os trabalhos de campo, foram utilizados mapas topográficos do IBGE na escala 1:100.000, mapa geológico do Estado do Rio Grande do Norte (2006) publicado pelo Serviço Geológico do Brasil (Superintendência de Recife) na escala 1:500.000 que foi modificado para obter um mapa geológico e de recursos minerais da RMN na escala 1:300.000. Para orientação também foram utilizadas as folhas abrangentes da área de estudo tais como, SB.25-V-C-I (Pureza), SB.25-V-C-II (Touros), SB.25-V-C-IV (João Câmara), SB.25-V-C-V (Natal), SB.25-Y-A-I (São José do Campestre), SB.25-Y-A-II (São José de Mipibu), na escala de 1:100.000, englobando os municípios de Ceará-Mirim, Extremoz, Macaíba, Monte Alegre, Nísia Floresta, Parnamirim, São Gonçalo do Amarante, São José do Mipibu, Vera Cruz e Natal (a capital), totalizando uma área de 2.807,54 km². Na manipulação desses arquivos, em sua maioria vetoriais e raster (imagem), foram utilizados os seguintes recursos computacionais:

- Software ArcGis (ArcMap 10), na edição e confecção de mapa geológico;
- Software Autodesk AutoCad 2010, na manipulação de mapa rodoviário;
- Software *Excel* (2007), na transcrição dos dados alfanuméricos;
- Software *Corel Draw X3*, para edição e confecção de figuras e mapas complementares; e
- Software *Paint.NET*, para digitalização e tratamento de fotografias.

Também foram utilizados os recursos on-line via Software Google Earth com imagens de satélites, na definição das áreas planejadas para visitas em campo. Foram realizadas diversas visitas técnicas aos areiais (35 entre os que estão estavam em operação ou paralisados temporariamente) e pedreiras (5 em operação e 1 paralisada temporariamente) em atividade e paralisadas dentro da área delimitada para o estudo (raio de 20 km além da RMN).

Em paralelo com as visitas em campo foram observadas as normas de funcionamento das empresas, no que diz respeito ao controle ambiental e danos causados ao meio ambiente pelo processo de extração utilizado. Nesta mesma etapa foram realizadas consultas de preços dos produtos comercializados nas frentes de lavra, diretamente com as construtoras e concreteiras e no varejo, neste último caso através de visitas as casas de matérias de construção nas cidades de Ceará-Mirim, Extremoz, Macaíba, Monte Alegre, Nísia Floresta, São Gonçalo do Amarante, São José do Mipibu, e Vera Cruz. Nas cidades de Parnamirim e Natal (de maiores densidades demográficas) essa pesquisa foi feita via telefone e por amostragem. Ela foi aplicada em todos os bairros, via telefone, com casas de materiais de construção que comercializavam areia e brita à época (setembro de 2011). Nas concreteiras atuantes na RMN (Polimix, Supermix e Cimpor) foram pesquisados os preços e o consumo mensal de areia e brita, visando à confirmação das informações prestadas nos questionários aplicados aos produtores de areia e brita.

3.3 – LEVANTAMENTO DE CAMPO: OCORRÊNCIAS, DEPÓSITOS E MINAS.

Os trabalhos de checagem/visitas no campo das ocorrências, depósitos e minas, tiveram como base as informações contidas no banco de dados do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) denominado GEOBANK, que conta com tecnologias agregadas de disponibilização e armazenamento de dados vetoriais associando as entidades gráficas ao conjunto de tabelas Oracle, com interações em tempo real de mapas temáticos. Neste banco de dados existem cadastradas as diversas ocorrências identificadas nos trabalhos realizados e publicados até o ano de 2006. A etapa inicial consistiu em consultar e explorar desse banco de dados as informações de ocorrências e depósitos minerais de areia e brita do Estado do Rio Grande do Norte para em seguida se realizar um tratamento ou filtragem dos dados para a área do trabalho, com a utilização do Software Excel (2007).

Depois de obtida a planilha definitiva contendo apenas os recursos minerais agregados, iniciou-se uma nova etapa que consistiu de alimentar o aparelho GPS, lembrando que todo trabalho realizado foi com base do datum WGS 84. Também foi alimentado o Software ArcGis (ArcMap 10) para plotagem dos dados no mapa na escala 1:300.000.

Com as informações inseridas no GPS e plotadas no mapa geológico (já delimitado pela área de estado (RMN) foi iniciadas a etapa de checagem das informações no campo. Ao passo que eram feitas as checagens das “ocorrências antigas”, também eram no campo.

3.3.1 – Visitas às Áreas Produtoras de Areia e Brita

As visitas foram realizadas entre os meses de julho e novembro de 2011, em 4 viagens/etapas de campo de 20 dias cada, desenvolvidas paralelamente com um trabalho que está sendo realizado pelo Serviço Geológico do Brasil, também na RMN, intitulado: Projeto Materiais de Construção Civil da Região Metropolitana de Natal. Nesta fase foram aplicados questionários aos produtores pessoa física e jurídica de acordo com o tipo de material explorado, ou seja, para os produtores de brita foi aplicado o questionário do **APÊNDICE A**, e para produtores de areia (que geralmente são pessoas jurídicas/pedreiras) foi aplicado o questionário do **APÊNDICE B**. As etapas dessa fase tanto para areia quanto para brita se confundem, pois não foi dada prioridade a um ou outro tipo de material, seguindo-se apenas à sequência dos pontos extraídos do GEOBANK, e se dando prioridade a alguns municípios por proximidades e facilidades de acesso aos pontos a serem checados. Neste sentido, as visitas seguiram as seguintes etapas:

1ª Etapa – Ocorrida entre os dias 11 e 30 de julho de 2011, se caracterizou pela checagem dos pontos e também pelas visitas as áreas produtoras localizadas nos municípios de Nísia Floresta, São José de Mipibu e Veracruz.

2ª Etapa – Ocorrida entre os dias 15 de agosto e 09 setembro de 2011, se caracterizou pela checagem dos pontos e visitas as áreas produtoras localizadas nos municípios de Monte Alegre, São Gonçalo do Amarante e Macaíba. Também foi visitado o Município de Lagoa Salgada que embora esteja fora da RMN, também contribui para produção consumida de areia na área de estudo.

3ª Etapa – Ocorrida entre os dias 10 e 29 de outubro de 2011, se caracterizou pela checagem dos pontos e visitas às áreas produtoras localizadas nos municípios de Ceará Mirim, Extremoz e Panamirim e Natal, que são municípios considerados pelo IBGE 100% urbanizados não havendo quase nada para checar. Foram visitados os Municípios de Ielmo Marinho e Taipu que também não fazem parte da Grande Natal, mas possuem grande contribuição para produção consumida de areia e brita na área de estudo.

4ª Etapa – Ocorrida entre os dias 21 de novembro e 10 de dezembro de 2011, se caracterizou pelo detalhamento das áreas já visitadas com uma segunda visita aos locais, no intuito de tirar

dúvidas e realizar uma análise a respeito dos impactos ambientais provocados pelas atividades envolvidas na exploração de areia e brita, desta vez apenas para os municípios pertencentes à Região Metropolitana (Ceará-Mirim, Extremoz, Macaíba, Monte Alegre, Nísia Floresta, São Gonçalo do Amarante, São José do Mipibu, Vera Cruz, Parnamirim e Natal).

- **Amostragem e Materiais**

As coletas de amostras de areia foram precedidas pelo reconhecimento das áreas de exploração. Nos locais em atividade, normalmente, a coleta se deu próximo às dragas, no canal central dos rios Pontengi, Trairi e Araraí, nas pilhas de estoque de areia e nos terraços denominados de depósitos eólicos. Quanto ao peso das amostras de areia, variou entre 3kg e 4kg. Foram selecionadas 5 amostras representativas dos rios Pontengi (com duas amostras), Trairi, (com uma amostra) e área de depósito eólico (duas amostras). No caso das rochas para brita, os materiais utilizados na amostragem foram: marreta (para quebra ou fragmentação do material rochoso), martelo, caneta (para anotação do código de identificação das amostras) e fita adesiva (para marcação das amostras). A fase de coleta de amostra de rocha para brita também foi precedida pelo reconhecimento das áreas de exploração, onde foram coletados dois blocos com dimensões 20 cm x 20 cm x 20 cm em cada um das duas pedreiras localizadas dentro da RMN: Pedreira Serrinha em São Gonçalo do Amarante e Pedreira Potiguar na localidade de Jundiáí, no município de Macaíba (Figura 52 e 53, respectivamente).



Figura 52 – Local de coleta da amostra de rochas na pedreira situada na localidade de Serrinha de Cima, município de São Gonçalo do Amarante.



Figura 53 – Local de coleta da amostra de rochas na pedreira situada na localidade de Jundiáí, município de São Gonçalo do Amarante.

Foram atribuídos códigos para cada amostra coletada na frente de lavra estudada, tanto para as rochas quanto para as areias, como segue:

- **Amostras de Rocha**

Amostra GA – 06: coletada na frente de lavra localizada na localidade de Serrinha de Cima.

Amostra GA – 07: coletada na frente de lavra localizada na localidade de Jundiáí.

- **Amostras de Areia**

Amostra GA-01: amostra coletada na frente de lavra localizada no Rio Trairi (depósito aluvionar), na localidade de Quatro Bocas, município de Monte Alegre.

Amostra GA-02: coletada na frente de lavra localizada no Rio Potengi (depósito aluvionar), próximo do limite entre os municípios de São Gonçalo do Amarante e Ielmo Marinho.

Amostra GA-03: amostra coletada na frente de lavra localizada no Rio Potengi (depósito aluvionar), próximo da Localidade de Utinga, município de São Gonçalo do Amarante.

Amostra GA-04: coletada na frente de lavra localizada em área de cobertura (depósito eólico) na localidade de Aningas, município de Ceará-Mirim.

Amostra GA-05: coletada na frente de lavra localizada em área de cobertura (depósito eólico) na localidade de Aningas, município de Ceará-Mirim. A Figura 54 apresenta suas fotos.



Figura 54 – Amostras utilizadas nos ensaios tecnológicos, amostra GA-01¹, amostra GA-02², amostra GA-03³, amostra GA-04⁴, amostra GA-05⁵.

3.4 – ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA.

Os ensaios realizados neste trabalho foram os definidos como os mais importantes dentre os demais existentes para agregados minerais utilizados na construção civil. Eles foram realizados no Laboratório de Planejamento de Lavra do Departamento de Engenharia de Minas da UFPE. Os ensaios para os materiais rochosos foram de análise petrográfica, resistência à compressão simples, resistência à tração por flexão, resistência ao impacto do corpo duro e índices físicos, amostras GA-06 e GA-07. No caso dos ensaios para as amostras de agregados miúdos (areias), foram os de análise granulométrica, índice de material pulverulento, índice de torrões de argila, determinação da massa específica e análise química, amostras GA-01, GA-02, GA-03, GA-04 e GA-05. A metodologia adotada para cada ensaio encontra-se no **ANEXO D**.

3.5 – METODOLOGIA DA PROJEÇÃO DA DEMANDA POR AGREGADOS NA RMN.

Como base para as projeções de demanda por agregados minerais para construção civil, foram utilizadas as taxas de crescimento real da economia, estimadas, de acordo com o Relatório Técnico 01 (RT 01): “Histórico e Perspectivas de Evolução Macroeconômica Setorial da Economia Brasileira no Longo Prazo”. Compreendida no conjunto de estudos para a elaboração do Plano Duodecenal (2010 – 2030) de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, contratados pelo Ministério de Minas e Energia – MME, através do Projeto ESTAL, com a J. Mendo Consultoria Ltda. Esse relatório teve por objetivo, analisar a evolução histórica da economia brasileira a partir de 1970 e as perspectivas de evolução. Além da análise estatística e macroeconômica, o relatório buscou apresentar e interpretar indicadores globais e setoriais da economia brasileira. Na estimativa de crescimento real para RMN e conseqüentemente, determinação da projeção da demanda por agregados minerais nesta região, foi considerada como base percentual, a média histórica de contribuição da economia do Estado do Rio Grande do Norte e da RMN para o PIB Nacional, como também o crescimento histórico real dos PIBs do Brasil e do Rio Grande do Norte, além da diminuição da participação da RMN no PIB dos mesmos (diminuição da concentração econômica), observada nos últimos anos, (subtítulo: 2.2.6 – A Dimensão Econômica), e combinado a isso, também foi feita a análise do incremento previsto para os próximos 5 anos no PIB da RMN, devido aos investimentos anunciados (subtítulo: 4.10 – Fragilidades e Desafios à Sustentabilidade da Metrôpole).

Por fim foi levado em consideração o declínio no crescimento populacional da RMN (prevista no subtítulo: 2.2.2 - Estimativas de Crescimento demográfico da RMN). Estes dados permitiram avaliar o crescimento do setor de agregados, com base no crescimento real, projetado para a economia da RMN (entre os anos de 2012 e 2027), tendo como referência os três cenários adotados no RT 01 (RT 01 CALAES, 2009).

Os três cenários estão caracterizados da seguinte forma:

- **Cenário 1 (frágil).** Neste é considerado uma possível reversão dos atuais condicionamentos sociopolíticos e a desestabilização do atual contexto fiscal e monetário. Com isso, o país deverá regredir no processo de estabilização de sua economia, em conjunto ocorreram retrocessos no plano externo, com deterioração do atual contexto de integração competitiva no que concerne a economia internacional. Neste contexto as projeções para esse cenário prevê um crescimento para o PIB nacional à taxa média de 2,3% ao ano no período de 2012 a 2027. Para RMN, a estimativa também considera a conclusão parcial das obras de infraestruturas previstas para ficarem prontas até a copa de 2014. Com isso no cenário 1, a estimativa de crescimento da RMN é de uma taxa média anual também de 2,3% (apenas coincidência).
- **Cenário 2 (Vigoroso).** Este supõe a manutenção e o aperfeiçoamento das atuais condições de estabilidade e de aprofundamento das reformas tanto políticas quanto institucionais, em especial na gestão pública (reforma administrativa), fiscal (reforma tributária), e da previdência social (reforma previdenciária), contempla também melhorias nas concessões de serviços de infraestrutura como: saneamento, energia, portos e transporte rodoviário, fluvial e marítimo, especialmente para copa do mundo de 2014. Com isso as projeções para esse cenário prevê crescimento do PIB nacional à taxa média de 4,6% ao ano, no período de 2010 a 2027. No caso da RMN, a estimativa é de 4,4% neste período.

- O **Cenário 3 (Inovador)**. Supõe um condicionamento mais virtuoso, no qual – além do aperfeiçoamento da estabilização e do aprofundamento das reformas institucionais, o país experimenta uma vigorosa mobilização nacional pela inovação, contando com ampla participação de instituições públicas, das entidades não governamentais e das empresas, além da sociedade em geral. Neste caso, é admitido que este processo de mobilização seja focado nos planos e programas direcionados para geração e difusão de informação e conhecimento e aprendizado, de forma abrangente, estimulando projetos específicos de pesquisa, desenvolvimento e inovação. Em suma consiste na continuidade do contexto que vinha sendo vislumbrado antes da crise deflagrada no segundo semestre de 2008 e ainda com reflexos em 2011, aliada ao aquecimento do setor da construção civil, que com o advento da copa do mundo de futebol de 2014, e as obras necessárias para atender a magnitude deste evento, tenha seu crescimento alavancado na RMN. Portanto, pressupõe-se que com a superação da crise, o ciclo de desenvolvimento sustentável se instalará. De acordo com as projeções para esse cenário, o PIB do Brasil crescerá à taxa média de 6,8% ao ano, no período 2012 a 2027. Para RMN, a estimativa é de crescimento médio à taxa de 6,4% ao ano.

3.6 – ELABORAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.

Após a conclusão das tarefas desenvolvidas efetuou-se a integração dos dados obtidos, os quais foram analisados, coligados e condensados. Em seguida foi feita confecção do texto da dissertação e apresentação da defesa do trabalho realizado.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – DIREITOS MINERÁRIOS DE AGREGADOS NA RMN.

Neste estudo foram levantadas as áreas/processos cujos objetivos dos requerimentos junto ao DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) foram à produção de areia e brita (agregados para construção civil). As áreas requeridas e licenciadas pelas empresas com cadastro no DNPM, na RMN, podem ser visualizadas no Mapa de Processos Minerários no DNPM – RMN do **ANEXO E**.

As informações sobre as áreas requeridas com os respectivos bens minerais foram obtidas junto ao cadastro do DNPM on-line (sistema SIGMINE). No site do DNPM existe a opção para consulta dos processos de requerimento de áreas destinadas à mineração, onde são mostrados dados como: número e ano do processo, dados do requerente, localização da área, tamanho da área em hectares, dados sobre a poligonal das áreas, etc. Além disso, existe a opção de baixar diretamente os Shapefiles (arquivos para serem trabalhados no ambiente ArcView) das áreas dos processos Minerários por Unidade da Federação (SIGMINE, 2011).

De acordo com esses dados do DNPM, na Grande Natal existe (na data consultada: 28/12/2011) 57 processos minerários destinados à produção de agregados areia e brita, a lista completa é apresentada no **ANEXO F**. Nos processos que possuem área de poligonal abrangendo mais de um município foi usado o critério do município de maior área dentro da poligonal para definir os processos e seus respectivos municípios. Os estágios em que se encontram os processos registrados no DNPM destinados a produção de areia e brita (57 processos) estão declarados da seguinte forma: 6 em requerimento de pesquisa, 20 requerimento de licenciamento, 5 em autorização de pesquisa, 2 em disponibilidade, 4 em concessão de lavra, 19 em licenciamento e 1 em requerimento de lavra. Dentre os 10 municípios da RMN, os que possuem maiores quantidades de processos minerários registrados são: São Gonçalo do Amarante (28%), Ceará - Mirim (19%) e Monte Alegre (também com 19%). Os gráficos das Figuras 55 e 56 demonstram estes dados de forma mais clara. No que diz respeito ao tipo de substância objeto do processo, o município com maior número de processos destinados a produção de areia é São Gonçalo do Amarante (11 processos), enquanto que os destinados à produção de rocha britada estão em maior número no município de Macaíba (7 processos).

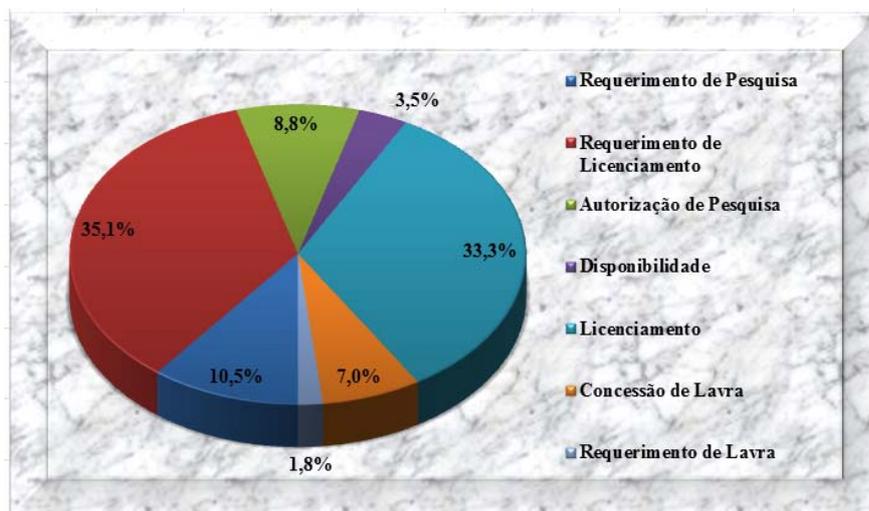


Figura 55 – Representação percentual das fases atuais dos processos minerários (areia e brita) na RMN - 2011.

Fonte: DNPM/RN.

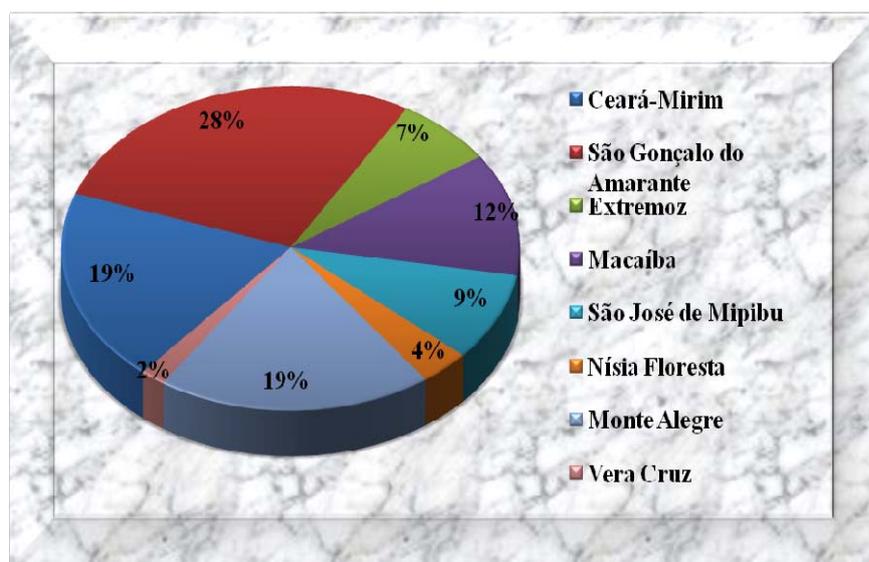


Figura 56 – Representação percentual dos processos minerários (areia e brita) por município da RMN - 2011.

Fonte: DNPM/RN.

Há elevada concentração de áreas licenciadas ou requeridas para os bens minerais destinados à produção de brita em nome de um número reduzido de empresas, Pedreira Potiguar e Serrinha Indústria e Comércio (Pedreira Serrinha) dentro da RMN e CAMPEL e a Minerações e Construções, localizadas fora da Grande Natal, mas dentro da região limite estabelecida para este trabalho (raio de 20 km a partir do limite da RMN). No caso de licenciamentos e requerimentos para os bens minerais destinados à produção de areia, existe uma diversidade de negócios, não se concentrando apenas em um grupo restrito de empresas ou pessoas físicas.

4.2 – EXPLOTAÇÃO DE AGREGADOS (AREIA E BRITA) NA RMN.

4.2.1 - Exploração de Brita.

Os maciços rochosos de onde se extrai material para brita se caracterizam por apresentarem afloramentos que se apresentam como corpos de contornos irregulares e bastante fraturados, por vezes com inclinações de aproximadamente 90°, Figura 57.



Figura 57 – Pedreira localizada no município de Macaíba (localidade Granja Ferreiro Torto, Pedreira Potiguar).

Apresentam fina camada de cobertura de solos (pequena espessura de capeamento). A lavra de rocha para brita na RMN possui as mesmas características da exploração de qualquer rocha dura a céu aberto, com extração em bancadas, constituída de operações unitárias de limpeza e decapeamento, perfuração e desmonte por explosivos, carregamento e transporte para o britador, britagem e de expedição dos produtos. As operações de limpeza e decapeamento, geralmente realizadas no início da atividade, normalmente são realizadas pelas próprias pedreiras, ou seja, não há contratação de terceiros para esses trabalhos. O desmonte por explosivo com sistema de iniciação não-elétrico é adotado por todas as empresas. Na maioria das frentes de lavra, o carregamento é feito por carregadeiras sobre pneus (Figura 58), embora muitas estejam adotando o uso de escavadeiras trabalhando sobre a pilha de rocha desmontada, Figura 59. Outro fato comum é que o transporte da rocha para a britagem é feita por caminhões rodoviários com capacidade de 25 t a 35 t.



Figura 58 – Carregamento realizado por carregadeira sobre pneus, município de São Gonçalo do Amarante (localidade de Serrinha de Cima, Pedreira Serrinha).



Figura 59 – Escavadeiras trabalhando sobre a pilha de rocha desmontada, município de Macaíba (localidade de Jundiáí, Pedreira Potiguar).

- **Operação da Lavra de Rocha para Brita.**

Após a conclusão dos trabalhos de pesquisa geológica, topografia e planejamento das atividades iniciam-se então as atividades da lavra, que na área de estudo é realizada a céu aberto, geralmente, em meia encosta. As operações se iniciam com a determinação do local de exploração (com auxílio de dados topográficos), seguido da limpeza do maciço rochoso, retirada de

vegetação e excesso de solo isto é o decapeamento, que em muitos casos não há, pois o maciço rochoso se encontra praticamente descoberto (as bancadas variam de 4 a 18 metros de altura, esta dimensão depende das condições estruturais da rocha na frente a ser explotada) e em seguida é realizada a perfuração da rocha e carregamento dos furos com explosivo, Figura 60. Os equipamentos normalmente empregados nesta etapa nas pedreiras da área de estudo são: carreta de perfuração sobre esteiras, compressor portátil XA 420, compressor portátil XA 130 e perfuratriz manual.



Figura 60 – Perfuração da rocha para carregamento com explosivo, município de São Gonçalo do Amarante (localidade Serrinha de Cima, Pedreira Serrinha).

Depois de observados as recomendações de segurança é então executado o plano de fogo definido como desmonte primário (perfuração + fragmentação por explosivos), que fragmenta cada trecho das bancadas da frente de lavra. O plano de fogo é executado tendo como base a abertura do britador primário e o diâmetro das brocas de perfuração, ele reúne um conjunto de dados que são necessários para uma boa operação da lavra. São informações que incluem a definição das malhas de furação operacionais que levam em conta o tipo de rocha a ser desmontada e o tipo de explosivo escolhido já que o plano é dimensionado para uma determinada produção em $m^3/mês$. Dentre os elementos observados no plano de fogo incluem: o diâmetro do furo, altura da bancada, afastamento do furo à face livre do espaçamento entre dois furos de uma mesma fileira, razão de carregamento (quantidade de explosivo necessária para o desmonte de $1 m^3$ cúbico de rocha ou uma telada de minério), etc.

Caso o material não esteja com dimensões adequadas para a entrada na planta de beneficiamento (fragmentos maiores que 1 metro), efetua-se o desmonte secundário, com uso de martelo hidráulico (rompedores hidráulicos) ou drop Ball. Em seguida é executado o carregamento do material desmontado com pás-carregadeiras (ou carregadeiras sobre rodas) em caminhões, que depositam o material em locais junto às instalações de britagem, conhecidos como praças de alimentação ou pilha pulmão, para armazenagem temporária e alimentação dos britadores em horários específicos. Em horário de plena operação o transporte do material é feito diretamente até os britadores primários. A etapa seguinte é a de beneficiamento que se trata, basicamente de britagem primária, que geralmente é realizada por um britador de mandíbulas, que alimenta uma pilha pulmão, e por sua vez alimenta um rebitador (britagem secundária) através de correias transportadoras, Figura 61.



Figura 61 – Etapa de britagem e rebitagem, município de Macaíba (localidade Jundiá, Pedreira Potiguar).

Na sequência, o material que foi britado é classificado através de peneiras com "decks" para cada tipo de brita produzida, Figura 62.



Figura 62 – Etapa de classificação do material britado (peneiras com decks), município de São Gonçalo do Amarante (na localidade Serrinha de Cima, Pedreira Serrinha).

É comum a separação de bica corrida ou brita corrida (empregada como sub-base de pavimento) após a primeira britagem, onde o material é enviado para ser comercializado sem qualquer classificação. A formação de pilhas-pulmão é realizada após a fragmentação do britador primário, elas por sua vez são as que alimentam os britadores secundários.

O britador secundário normalmente é do tipo cônico, sendo atualmente usados com a finalidade de reduzir a lamelaridade da brita e a produção de finos. Nas pedreiras da RMN as etapas de britagem e classificação são constituídas de plantas fixas. A fração passante nos decks das peneiras compõe as pilhas de estoque que é forma de armazenamento dos produtos, que deste ponto em diante faz parte da etapa/setor de expedição. O carregamento para expedição/comercialização é realizado de forma mecanizada (com pá carregadeira) ou automatizada (diretamente das correias que transportam o material classificado nas peneiras), Figura 63.



Figura 63 – Carregamento para expedição pela forma mecanizada (1, com pá carregadeira) ou automatizada (2, diretamente das correias, Pedreira Potiguar, localizada em Macaíba (localidade Jundiá).

Cerca de 65 % do volume de brita consumida pela Grande Natal é transportada por meio de caminhões basculantes rodoviários ou caçambas das próprias pedreiras, os 35 % restantes fica a cargo de terceiros, Figura 64.



Figura 64 – Caminhão basculante rodoviário, equipamento mais utilizado no transporte de brita na RMN. Pedreira Potiguar, localidade Jundiá.

O fluxograma típico das etapas de exploração de Brita adotado pelas pedreiras na RMN e apresentado na Figura 65. Há pequenas diferenças entre os processos de beneficiamento das empresas (depende apenas de ajustes nos equipamentos envolvidos no processo de beneficiamento, realizados pelas pedreiras) isso ocorre apenas com produtos obtidos a partir de mistura de outros produtos, por exemplo, o BGS (Brita Graduada Simples) que é uma composição, em porcentagem, de agregados com granulometria variada (pó de pedra, brita 0, brita 1, etc.), logo se trata de agregado de custo elevado por exigir controle de qualidade na sua produção, por esse motivo as empresas preferem não dar maiores detalhes sobre os processos de obtenção de produtos mais elaborados.

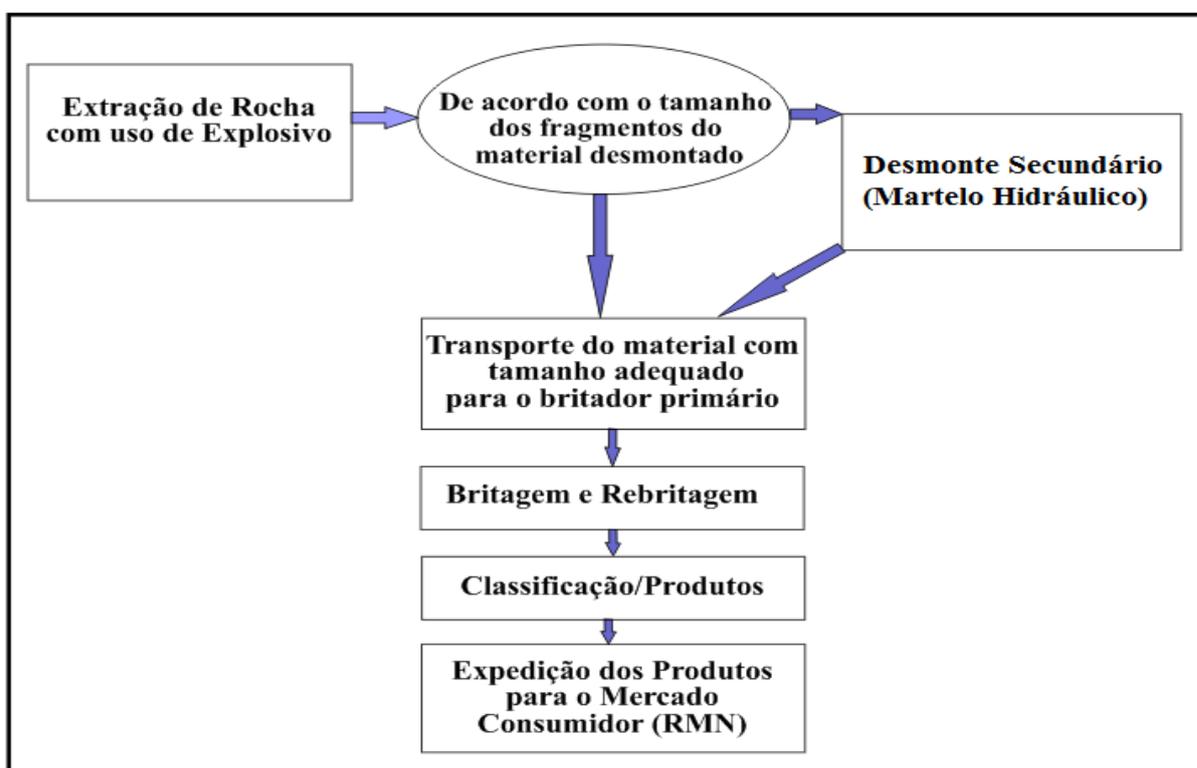


Figura 65 – Fluxograma típico das etapas de exploração de Brita na RMN.

Número de empregados envolvidos nas diversas atividades das pedreiras (lavra, processamento, administração, etc.) da área estudada (5 pedreiras) é de 165, empregos diretos e com carteira assinada, isto representa uma média de 33 funcionários por empresa, destes a maior parte trabalha na Lavra e no Beneficiamento (80 %) o restante do pessoal cerca de 20 % no setor administrativo. A maioria possui apenas o ensino fundamental incompleto e a minoria o segundo grau ou curso superior completo. Há cursos de capacitação como segurança no trabalho para todos os funcionários e de Blaster que é bastante específico, para os funcionários envolvidos diretamente com o desmonte por explosivo.

4.2.2- Exploração de Areia.

O método de Lavra comumente utilizado na RMN é o de dragagem em leito de rio ou cava submersa, já que cerca de 85% da produção são provenientes de áreas localizadas nos leitos dos rios (depósitos aluvionares) Pontengi, Trairi e Araraí (Figura 66). Os 15% restantes vêm dos nos terraços denominados de depósitos eólicos, Figura 67.



Figura 66 – Área produtora de areia, em leito de rio (depósito aluvionar, Rio Trairi em Monte Alegre (localidade de Quatro Bocas).



Figura 67 – Área produtora de areia em depósito eólico localizado no município de Ceará-Mirim (localidade Rancho das Esmeraldas).

No caso da exploração nos leitos dos rios, a sucção é realizada por um sistema de bombeamento da polpa, formada na superfície de ataque do leito submerso. A draga pode possuir também um dispositivo mecânico na extremidade da tubulação de fundo, cuja função é desagregar o material da superfície do leito e facilitar o trabalho de formação de polpa. Em suma consiste na retirada de material do canal ativo do rio (sedimentos ativos de corrente), com o auxílio de pequenas embarcações, denominadas dragas, que retiram o material através de bombas de sucção de 6" (seis polegadas) acopladas a um motor diesel de 6 cilindros 11/13, Figura 68.



Figura 68 – Draga com bomba de sucção de 6" (seis polegadas) acoplada a motor diesel de 6 cilindros 11/13 comumente utilizada na exploração de areia na RMN (no município de Ilmo Marinho).

O material é retirado do fundo do canal e descarregado próximo às margens de rios. Esse sistema de bombeamento é montado de duas formas principais, a primeira é sobre barcaça móvel de autopropulsão ou com auxílio de barco reboque, que é responsável pelo transporte do material lavrado. A segunda forma e a mais comumente utilizada na RMN é sobre barcaça com ancoragem fixa, com o minério transportado por tubulação sustentada sobre tambores flutuantes, Figura 69.



Figura 69 – Dragagem por barçaça com ancoragem fixa nos limite dos municípios de Ielmo Marinho e São Gonçalo do Amarante.

Entre as características desse método está a grande versatilidade, já que a draga se movimenta em áreas diferentes ao logo dos leitos dos rios, dificultando na maioria dos casos a localização exata dos limites de sua área de operação.

Em algumas situações a extração (dragagem) ocorre em circuito de cava fechada, onde é formada uma lagoa em circuito fechado que não é ligada diretamente aos cursos d'água, com o retorno das partículas finas e água para a própria lagoa diminuindo desta forma a vazão e alterando o curso normal do rio.

Na segunda situação em que a exploração de areia ocorre em áreas de depósitos eólicos, riachos de menor porte onde não é possível a utilização de dragas, a lavra é realizada por meio de pá carregadeira hidráulica (normalmente o modelo é CASE W20E ou CAT 930) e em alguns casos com escavadeira hidráulica ou de forma rudimentar por meio de pás manuais, Figuras 70, 71 respectivamente.



Figura 70 – Lavra com auxílio de pá carregadeira hidráulica no Rio Potengi (limite entre os municípios de Ielmo Marinho e São Gonçalo do Amarante (localidade de Pitombeira).



Figura 71 – Lavra rudimentar com auxílio da pá manual na localidade de Igreja Nova, em São Gonçalo do Amarante.

- **Operação da Lavra de Areia**

Na definição do local a ser lavrado nos leitos dos rios na RMN é utilizada uma técnica antiga e bastante rudimentar. O prospector, pessoa encarregada de realizar o trabalho de delimitação dos locais de exploração, segue um procedimento que consiste em definir a profundidade do banco arenoso através de uma barra de ferro com cerca de 6 m de

comprimento. Esta barra de ferro é introduzida por batimento ao longo do banco de areia, obtendo desta forma um perfil das diferentes espessuras do banco. De posse do perfil do banco de areia é determinada a área a ser lavrada. Com essa técnica artesanal também é possível saber, certamente com imprecisões, os tipos de areias (entre areia fina, média e grossa) predominantes nos locais prospectados. A implantação da lavra de areia em leito de rio geralmente se inicia com a definição das áreas ou frentes a serem lavradas, onde para abertura dessas frentes são observadas entre outras informações, a espessura do banco a ser lavrado, a facilidade de acesso à área (condições das vias de acesso) e as condições de operacionalidade dos equipamentos envolvidos na exploração, tais com, as dragas, escavadeiras e carregadeiras. Após o êxito destas observações se inicia a construção de vias de acesso até a as frentes de lavra. Neste momento inevitavelmente são realizados pequenos desmatamentos desde as vias principais (estradas asfaltadas) até o leito do rio, no entanto este impacto ambiental normalmente ocorre uma única vez. Essas vias de acesso quando são construídos para areiais mais organizados, são revestidos com material saibro ou pó de pedra, garantido dessa forma, um bom tráfego o ano todo dos caminhões que transportam o material extraído. Quase não há necessidade de remoção do capeamento estéril das áreas onde se encontram os bancos de areia, uma vez que na maioria dos casos estes bancos estão expostos e sem cobertura vegetal, o que facilita bastante a sua retirada. Também é inexistente área de "bota-fora" nestes locais de exploração, já que não há capeamento estéril ou de solo fértil a ser removido, com isso o material que não atende as exigências comerciais simplesmente não é extraído.

Os areiais explorados na RMN possuem extensões que variam desde 50m até 200m metros de comprimento com largura que variam entre 20 e 40 metros. Em boa parte dos casos a lavra não obedece à distância mínima de 3 metros da margem do rio, esta distancia é definida com a finalidade de preservar suas encostas e taludes naturais. Como quase totalidade das margens dos rios da Grande Natal é constituída de material arenoso, muitas vezes as dragas são direcionadas até as proximidades das margens, que com a ação de sucção produzem o desmoronamento delas e conseqüentemente provocam o surgimento de erosões nas margens ao logo dos rios. O avanço da lavra ocorre longitudinalmente no sentido do canal fluvial, Figura 72.



Figura 72 – Avanço da lavra ocorre longitudinalmente (no sentido do canal fluvial), Rio Trairi em Lagoa Salgada.

Anualmente são construídas pilhas de estoques temporárias a fim de atender a demanda no período chuvoso que de acordo com o gráfico da figura 15 (apresentado no subtítulo 2.2.1 – Clima, página 21) atinge seu pico no mês de junho, provocando à interrupção dos trabalhos de extração. O início da intensificação do índice pluviométrico ocorre no final do mês de abril até final de junho, o período prejudicado pode chegar até 32 dias de trabalhos úteis (sem exploração alguma). As pilhas de estoque temporário são posicionadas próximas aos locais de extração, em lugares em que as enchentes não conseguem alcançar e que as vias de acesso sejam transitáveis durante todo ano. Estas pilhas possuem alturas que variam de 2 até 3 m e possuem de 40 a 100 m de comprimento, Figura 73.



Figura 73 – Pilhas de estoque temporário, localidade de quatro bocas no município de Monte Alegre.

A areia explotada nos grandes areiais permanece estocada por um período que vai de um a dois dias (nos pequenos areiais isto não é feito), para que haja o escoamento da água presente no material extraído, pois este produto não deve ser transportado para o centro consumidor com umidade, o que facilita seu transporte. Geralmente a carga de areia é coberta antes de ser transportada, por dois principais motivos, o primeiro é que se evita a perda do produto e o segundo motivo é que com esse procedimento não ocorre a dispersão do material sobre as vias que dão acesso aos centros consumidores que é também uma exigência do Código Nacional de Transito. Não há qualquer tipo de beneficiamento ou classificação do material extraído, seja por peneiramento ou qualquer tipo de classificador granulométrico, como por exemplo, hidrociclones. O material lavrado quando não vai para pilha de estoque temporária sai direto do local de produção para os depósitos de materiais de construção e para pátios das construtoras, concreteiras, lojas de material de construção e outros.

O fluxograma básico das etapas de exploração de areia na RMN se resume em extração, carregamento e comercialização ou pilha de estoque temporária, Figura 74.

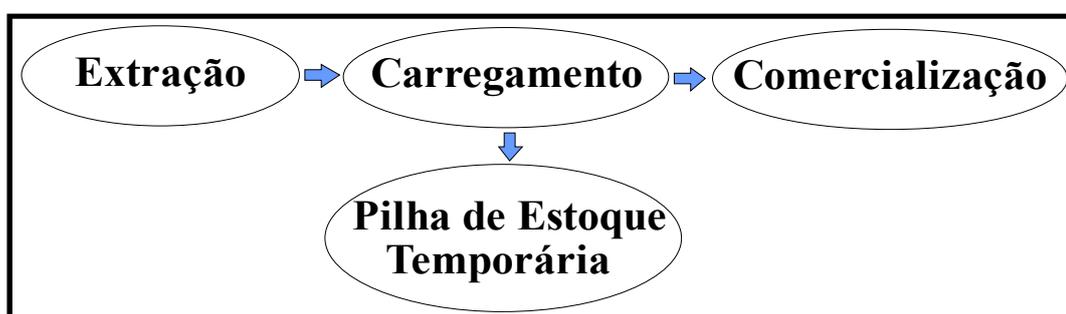


Figura 74 – Fluxograma típico das etapas de exploração de areia na RMN.

A mão de obra direta empregada para a execução e realização dos trabalhos de lavra em média, em um areial na área de estudo, é constituída de 2 ou 3 pessoas distribuídas da seguinte forma: um ou dois auxiliares de campo (um na operação da pá carregadeira hidráulica ou escavadeira se for o caso, outro na operação da draga e/ou controle do transporte da carga), e um consultor Engenheiro de Minas ou Geólogo. Na época da pesquisa existiam 28 áreas em plena atividade, o número de pessoas envolvidas diretamente com a atividade de extração de areia era de pelo menos 56 trabalhadores. O transporte geralmente é realizado por terceiros e a jornada de trabalho mínima é de 8h diárias de segunda a sexta com meio expediente no sábado. Quanto à segurança dos operários /auxiliares, não há um plano de prevenção de acidentes que reduza aos limites mínimos os riscos com perdas de equipamentos, insumos, tempo e principalmente com as pessoas envolvidas.

É comum encontrar o local de trabalho (areial) desorganizado e com muitas crateras que deveriam ser preenchidas com o material descartado da lavra evitando assim o risco de queda de equipamentos envolvidos na exploração. Na operação da draga não é utilizado nenhum tipo de EPI (Equipamento de Proteção Individual) como capacetes, luvas, botas e óculos. Também não existem artigos de primeiros socorros, para o pronto atendimento a possíveis acidentes que deveriam ser mantidos na lavra.

Os custos médios mensais envolvidos em uma exploração de areia dependem do porte do areial, ou seja, da produção mensal, equipamentos e pessoal envolvido. A estimativa de lucro líquido mensal para um areial que produz 2.600 m³/mês, e atende as boas práticas de segurança no trabalho e proteção ambiental, e cuja areia é comercializada a R\$ 10,00 / m³, é de R\$ 17.100, quadro 11.

Despesas Mensais	(R\$)	Receitas Mensais	(R\$)
Material de consumo (insumos)	1.200,00	Preço comercial	10,00
Peças de reposição	1.800,00		
Salários e Encargos	2.400,00	Venda do produto	26.000,00
Alimentação	800,00		
Despesas administrativas	1.000,00		
Custos Ambientais	1.700,00	Lucro líquido Mensal	17.100,00
Total	8.900,00		

Quadro 11 – Estimativa de lucro líquido mensal para um Areial na RMN.

Fonte: dados levantados pelo autor, pesquisa de campo.

4.3 – PRODUÇÃO

4.3.1 – Brita

O suprimento de rocha britada (brita) da RMN é realizado principalmente por 5 áreas produtoras, sendo que três destas áreas estão localizadas na própria região metropolitana e as duas restantes fora dela, em municípios limítrofes (2 áreas no município de Macaíba, 1 área no município de São Gonçalo do Amarante, 1 no município Ielmo Marinho e outra no município de Taipu, já no limite da área de estudo). Estas áreas pertencem a 3 empresas de mineração, são elas: Campel Construções e Máquinas Pesadas Ltda, Pedreira Potiguar Ltda, Serrinha Indústria e Comércio Ltda. De acordo com os dados coletados junto a estas empresas, com aplicação de questionário (**APÊNDICE A**), a produção de brita para a Grande Natal, foi estimada em 1.570.140 m³/ano ou 2.590.731 t/ano (foi adotada massa específica

aparente de $1,65 \text{ t/m}^3$, com base nos ensaios físicos). No cálculo da produção anual das pedreiras foi considerada a redução de 34% na produção no período de maior intensidade das chuvas, de abril a junho, segundo informações obtidas com os produtores. Das três empresas responsáveis pela produção, uma é de porte grande (com produção acima de 1000.000 t/ano) e as outras duas de porte médio (com produção entre 100.000 e 1000.000 t/ano). Dos 4 municípios responsáveis pela produção de brita, dois estão localizados dentro da RMN (São Gonçalo do Amarante e Macaíba) e os outros dois (Taipu e Ielmo Marinho) fora da Grande Natal, mas dentro da região delimitada para o estudo (20km, além do limite da RMN). Os dados revelaram ainda que 59% das britas produzidas são provenientes desses municípios localizados dentro da região metropolitana.

A maior distância percorrida no transporte da produção (transporte da produção economicamente viável) está em 70 km (considerando a localização da frente de lavra mais distante do centro de Natal). A ociosidade média das instalações de beneficiamento das unidades produtoras está próxima de 50%. Mesmo com essa ociosidade há intenção por parte dos produtores de ampliar suas instalações, como por exemplo, substituição de britadores mandíbula de menor capacidade por outros de maior porte (britador modelo PE 900x1200, com capacidade de 220-500 t/h, comumente utilizado na região, por outro de maior capacidade como o modelo PE 1200x1500, com capacidade de 400-1000 t/h).

Há uma grande variedade de produtos obtidos da britagem dos materiais pétreos, dentre eles os mais comercializados pelas pedreiras são:

- brita “ 00 ” = 12,5 mm;
- brita “ 01 ” = 19 mm (-3/4" a + 3/8");
- brita “ 02 ” = brita 25 mm (-1 e +3/4");
- brita “ 03 ” = brita 38 mm (-1^{1/2}" e +1");
- pó de pedra (-3/16");
- cascalhinho (-3/8" e +3/16"); e
- brita graduada simples (BGS).

O que define a produção de um ou outro tipo é a necessidade do mercado. Na Figura 75 são apresentados os tipos de materiais britados, comumente comercializados pelos produtores na RMN.



Figura 75 – Principais produtos comercializados pelas pedreiras da RMN, 1 (brita 1, 2 e 3) e 2 (pó de pedra, brita 0 e brita graduada simples – BGS).

A contribuição percentual da produção de brita, independentemente do tipo, por município da área de estudo, está representada no gráfico da Figura 76.

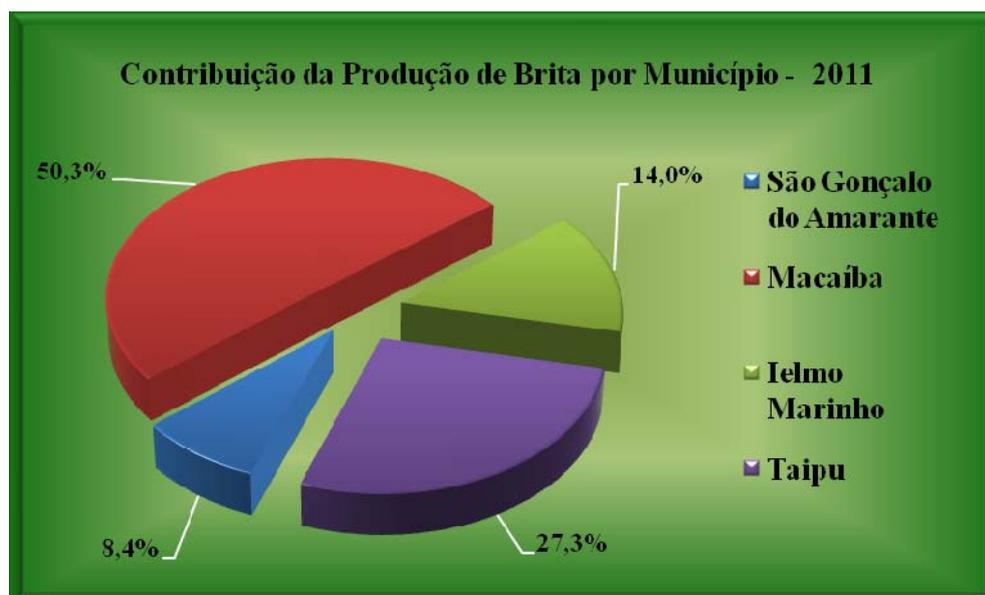


Figura 76 – Contribuição percentual da produção de brita por município da área de estudo.

Como observado no gráfico, o município de Macaíba se destaca como o maior produtor de brita da área estudada, com produção anual de 790.560 m³, e o segundo, já no limite da área delimitada para o estudo de produção é o município de Taipu como produção de 428.220 m³ anuais.

4.3.2 – Areia

Para o cálculo da produção de areia na área de estudo foram visitadas 40 áreas/ pontos de produção, sendo que destas 28 (70 %) estavam produzindo e as 12 (30 %) restantes estavam paradas temporariamente. Dos 28 areiais em produção 11(39,2 %) estavam localizados fora da RMN, porém dentro da área delimitada para o estudo (20 km, além do limite da RMN). As estimativas foram realizadas nos locais de extração com base nas informações prestadas pelos proprietários e/ou funcionários (tendo como base o número de viagens por dia dos caminhões utilizados no transporte de areia). Para ratificar as informações prestadas pelos mineradores foram levantados/calculados os tempos dos ciclos médios de viagens dos caminhões em cada área de produção (tempo de carregamento do caminhão + tempo de deslocamento do mesmo até o ponto de entrega, com auxílio da ferramenta online para cálculo de tempo gasto nas rotas googlemaps), determinando dessa forma o número máximo de viagens por dia. Após comparação dessas duas informações em cada área pesquisada, foram adotadas as informações prestadas com maior coerência. Este procedimento foi seguido em todos os areiais.

No cálculo da produção mensal foi considerado:

- jornada de trabalho de 8 horas por dia e de segunda a sábado (meio dia);
- transporte realizado por caminhão basculante, transportando por viagem 5,5 m³ e /ou 11 m³ e/ou 27 m³ dependendo do areial pesquisado.

A estimativa revelou que em 2011 a produção anual de areia para construção civil foi de 1.967.159 m³ ou 2.950.738 t (foi adotada massa específica aparente de 1,50 t/m³, com base nos ensaios físicos). Neste cálculo foi considerado um incremento por um fator de correção 0,2 (fator de correção de 0,20 ou 20% para o "consumo formiga", exploração clandestina em áreas de depósitos eólicos e demais áreas de rios dentro da RMN. Também no cálculo da produção anual dos areiais foi considerado a redução de 42% na produção no período de maior intensidade das chuvas, de abril a junho (com cerca de 32 dias de trabalho úteis, sem exploração), segundo informações coletadas junto aos produtores. Vale lembrar que 85% da produção é proveniente de rios e 15% de áreas de coberturas/depósitos eólicos da região de estudo. Do total de areia produzida para atender as necessidades da RMN em 2011, 51% foi proveniente da própria região metropolitana e os demais 49% de município de fora, porém dentro da área de estudo. As Figuras 77 e 78, apresentam os tipos de areias comumente comercializadas pelos produtores, conforme a origem, na RMN. O tipo de areia mais comercializa, conforme classificação é, na sequencia: areia média, grossa e fina.



Figura 77 – Areia proveniente de depósitos aluvionares (rios). Areia fina, média e grossa.



Figura 78 – Areia proveniente de depósitos eólicos (cobertura arenosa). Areia fina a média, bem selecionada.

A contribuição percentual da produção de cada município da área de estudo está

representada no gráfico da Figura 79.

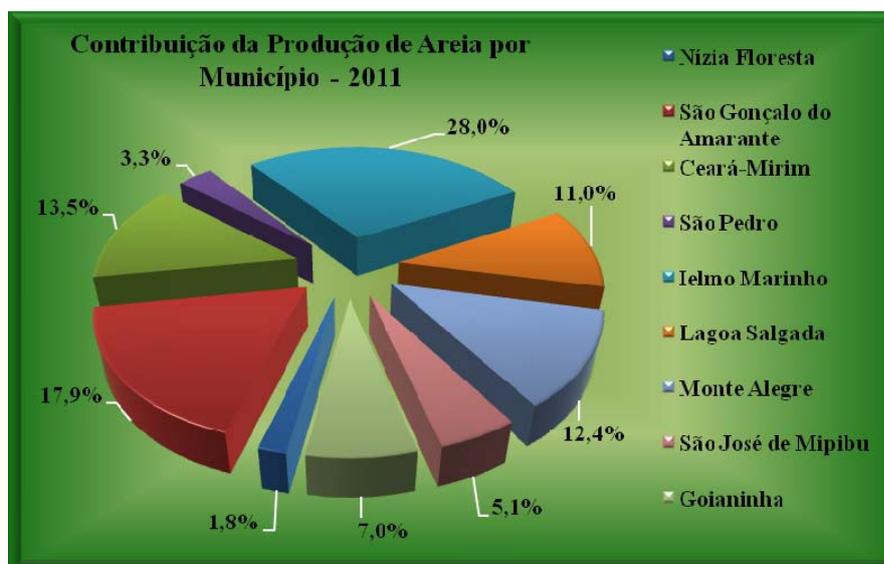


Figura 79 – Contribuição da produção de areia por município do área de estudo.

Os destaques são os municípios de Ielmo Marinho (fora da RMN), São Gonçalo do Amarante e Ceará-Mirim (dentro da RMN). O primeiro é responsável por produzir 2.331 m³/dia, ou seja, 51.278 m³/ mês (proveniente de rio). O segundo (São Gonçalo), localizado dentro da Grande Natal, produziu 1.490 m³/dia ou 32.789 m³/mês. Por último Ceará-Mirim, que também apresentou a produção considerável de 1.123 m³/ dia ou 24.713 m³/mês.

Isto se deve principalmente ao fato de quase a totalidade das áreas produtoras, de origem em depósitos eólicos, estarem localizadas neste município. A maior distância percorrida no transporte da produção (transporte da produção economicamente viável) está em 65 km (considerando-se a localização da frente de lavra mais distante do centro de Natal). Os pontos de produção de brita e areia estão plotados no mapa do **ANEXO D** (Mapa de Processos Minérios e Áreas Produtoras de Agregados para Construção Civil na RMN).

4.4 – CONSUMO DE BRITA E AREIA E PREÇOS PRATICADOS NA GRANDE NATAL.

O consumo de agregados (areia e brita) para construção civil coincide com o próprio quantitativo produzido. Pois praticamente inexistente comércio exterior destas substâncias, ou seja, tudo que é produzido é consumido. Nestes termos o conceito de consumo de brita e areia fica melhor definido como “produção consumida de brita e areia”. Dessa forma a produção consumida de brita e areia na RMN em 2011 foi de 2.590.731 t e 2.950.738 t, respectivamente. Estes números indicam que o consumo per capita de brita e areia na RMN

foi de 1,88 t/hab. e 2,15 t/hab. respectivamente, ou 4,03 t/hab. de agregados minerais (considerando-se a população estimada para RMN, em 2011, de 1.375.52 habitantes), ficando acima da média nacional, que de acordo com dados da ANEPAC. Em 2010, foi de 3,31 t/habitante.

A determinação da distribuição setorial quantitativa da produção consumida de brita e areia na Grande Natal é prejudicada pelo fato de não existir um órgão ou entidade com trabalhos direcionados para este fim. Seria mais fácil por parte dos governos (municipal, estadual e federal) analisarem ano a ano estatísticas deste setor se, por exemplo, houvesse por parte dos órgãos como DER, (Governo do Estado) e/ou DNIT (Governo Federal), um registro de consumo nas obras realizadas nas vias. Também para alimentar a base de dados, as entidades como SINDUSCON e ANEPAC poderiam apoiar no levantamento de consumo dos demais segmentos como: concreteiras, construtoras, indústrias de Pré-moldados, revendedores/casas de construção e pavimentadoras/usinas de asfalto. Uma alternativa encontrada para levantamento dos dados de consumo foi à consulta direta aos produtores de brita e areia (principalmente os produtores de brita, pois possuem estrutura organizacional bem melhor que os produtores de areia) por meio de questionário (APÊNDICE A, para brita e APÊNDICE B, para areia). Para ratificação dos dados informados pelos produtores, foram consultadas também as concreteiras atuantes na Grande Natal, elas são:

- Polimix (com duas unidades);
- Supermix (com duas unidades); e a Cimpor (com uma unidade).

- **Brita**

Com base nas informações dos produtores de brita (também alinhadas com estimativas de consumo de cimento), a distribuição setorial da produção consumida de brita na Grande Natal, em 2011, é apresentada no gráfico da Figura 80.

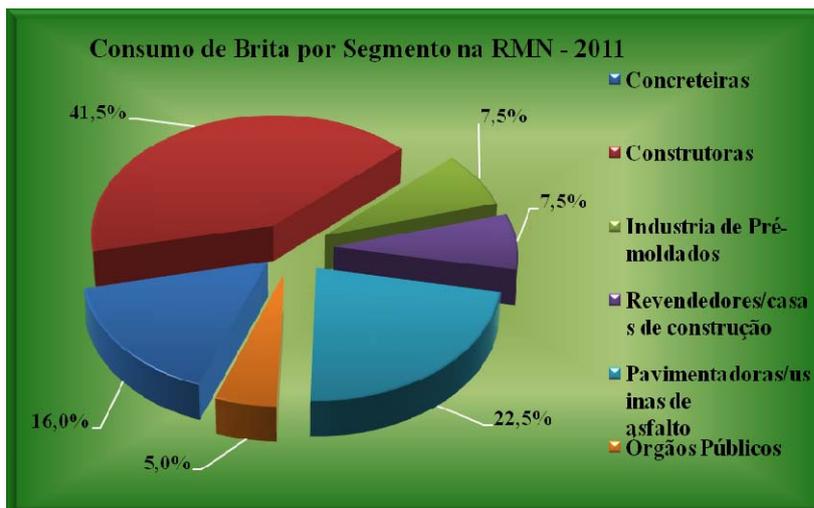


Figura 80 – Distribuição da produção consumida de brita na RMN em 2011.

O segmento de maior destaque em 2011 foi o das construtoras, com 41,5 % do consumo. Estas, em sua maioria, compram a rocha britada diretamente das pedreiras (muitas possuem linhas de fabricação de concretos em seus canteiros de obras). Outro segmento que se destacou em 2011 foi o de pavimentadoras/usinas de asfalto, com 22,5 % do consumo, fato explicado pelo grande número de obras de vias realizadas neste ano na RMN (como as obras da duplicação da BR-101, iniciadas em 2010). O segmento que vem crescendo muito a cada ano é o das concreteiras, que já dosam o concreto na proporção adequada (de cimento/areia /brita /água) para cada aplicação, e transportam o produto até a obra para que em seguida seja feito o bombeamento diretamente para confecção das lajes e pilares. Este segmento representou 16% do consumo. Por fim vieram os segmentos da indústria de pré-moldados com 7,5%, revendedores/casas de construção também com 7,5% e órgãos públicos com 5% do consumo, lembrando que este último varia muito dependendo da época (período eleitoral, etc.). Entre os produtos mais consumidos das pedreiras pelas concreteiras estão: a brita “00” ou “9,5 mm” (32 % do consumo) e brita “01” ou “19 mm” (com 68 %).

- **Areia**

Como as informações de destino, prestadas por produtores de areia, são mais imprecisas, elas foram ajustadas com as informações obtidas sobre o consumo de brita junto às pedreiras, uma vez que, a relação de consumo de brita e areia em termos de volumes nos diversos segmentos construtivos é próxima de 1:1 (constatado principalmente nas concreteiras da RMN). Com isto a diferença obtida entre o valor da produção consumida de areia e a

produção consumida de brita ($1.967.159 - 1.570.140 \text{ m}^3 = 397.019 \text{ m}^3$ ou 20,2%), representa o consumo destinado à fabricação de argamassas. Redistribuídos os 79,8% do material consumido para os demais segmentos, foi possível estimar a distribuição da produção consumida de areia na RMN em 2011. Com base nas informações citadas anteriormente (também alinhadas com estimativas de consumo de cimento), a distribuição setorial da produção consumida de brita na Grande Natal, em 2011, é apresentada no gráfico da Figura 81.

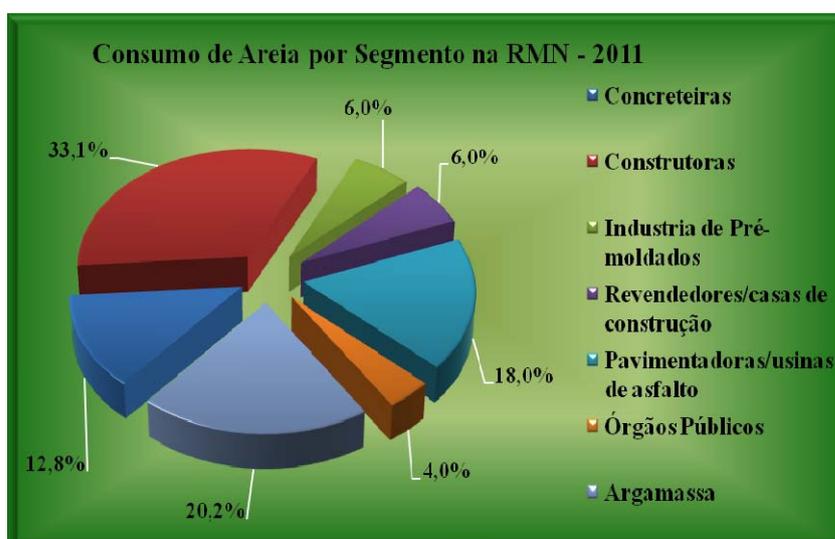


Figura 81 – Distribuição da Produção consumida de areia na RMN em 2011.

Naturalmente seguido o mesmo destino do consumo de brita, segmento de maior destaque em 2011 foi o das construtoras, com 33,1 % do consumo, seguido pelo segmento segmentos da produção de argamassa, como 20,2 % do consumo. Por fim veio o segmento das pavimentadoras/usinas de asfalto, com 18,1%, concreteiras com 12,8%, Indústria de Pré-moldados com 6,0 %, revendedores/casas de construção também com 6,0% e órgãos públicos com 4,0% do consumo, lembrando que este último varia bastante dependendo da época (por motivo de período eleitoral, etc.).

De acordo com as informações obtidas com os produtores, a areia média e grossa é a mais consumida pelo mercado da construção, pois é o tipo de material ideal para fabricação de concreto e também para uso doméstico. A areia fina também possui um consumo considerável, mas normalmente é utilizada para fabricação de concretos de melhor qualidade e fabricação de argamassas.

4.4.1 – Preços Praticados na Grande Natal.

Os preços dos agregados minerais para construção civil apresentam a particularidade de serem determinados localmente, ou seja, em cada um dos micromercados como, por exemplo, as regiões metropolitanas. Isto se deve ao fato da inexistência de comércio entre grandes distâncias, devido ao baixo valor unitário dos produtos. Dessa forma, os preços podem variar bastante de uma região metropolitana para outra, a depender da distância maior ou menor de transporte destes materiais, desde os locais de produção até os centros consumidores. Para os agregados minerais, os equipamentos e peças de reposição não representam custos tão significativos quanto os de transportes (fato pouco comum no setor mineral) devido à relativa baixa intensidade tecnológica aplicada na exploração destes minérios. Na RMN a comercialização de produtos brutos (areia) ou fragmentados (brita) é realizada diretamente dos produtores para as construtoras, concreteiras e comércio varejista/atacadista. Por esse motivo são negociados diferentes preços, conforme o porte ou contrato do comprador, neste sentido foram realizados estudos de preços não só nas frentes de lavra (ROM), mas também nos segmentos: construtoras, concreteiras e comércio varejista/atacadista (que comercializava brita e areia, na época da pesquisa, que ocorreu nos meses de agosto e setembro de 2011). A pesquisa foi realizada nas frentes de lavra e casas de matérias de construção dos 10 municípios da RMN, por meio de visitas e/ou ligação telefônica, num total de 80 estabelecimentos comerciais (apenas as lojas que comercializavam areia e brita), distribuídos pelos municípios de Parnamirim, São Gonçalo do Amarante, Macaíba, Monte Alegre, Nísia Floresta, Ceará-Mirim, Extremoz e São José de Mipibu, onde todos se prontificaram a responder as perguntas, este número, representa em média, cerca de 65% das lojas de materiais de construção que comercializam areia e brita nesses municípios, representando uma excelente representatividade. Nas estimativas de preços médios no Município de Natal, foram utilizados os dados do Sistema de Preços Custos e Índices (SINAPI), que se trata de um Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (preços de varejo de insumos utilizados na construção civil, como areia, brita, etc.) disponibilizado pela Caixa Econômica Federal, online, com acompanhamento mês a mês (neste caso foi usada a média de preços de areia e brita do mês base da pesquisa, agosto e setembro de 2011). Também foram pesquisados os preços nas 5 unidades de concretagem localizadas na RMN e por fim foi realizada uma sondagem junto aos produtores de areia e brita, para se obter os valores dos preços negociados diretamente para as construtoras. Os preços médios de Brita e Areia,

negociados em 2011 (meses de agosto e setembro de 2011), pelos principais segmentos de consumo são:

- **Brita**

- preço médio nas frentes de lavra (ROM): R\$ 49,00/m³ ou R\$ 30,00/t.
- preço médio nas concreteiras: R\$ 65,00/m³ ou R\$ 39,00/t;
- preço médio nas construtoras: R\$ 60,00/m³ ou R\$ 36,00/t;
- preço médio nas casas de construção: no varejo a comercialização possui diferenciação de preço de acordo com a especificidade de cada produto, tais como:
 - brita “02” ou 25 mm = R\$ 92,00/m³ ou R\$ 56,00/t;
 - brita “00” ou Pedrisco = 94,00/m³ ou R\$ 57,00/t;
 - brita “01” OU 19 mm = 95,00/m³ ou R\$ 58,00/t;
 - brita “03” OU 38 mm = 84,00/m³ ou R\$ 51,00/t;
 - brita “04” OU 50 mm = 81,00/m³ ou R\$ 49,00/t;
 - brita “05” OU 75 mm = 64,00/m³ ou R\$ 39,00/t;
 - BGS (Brita Graduada simples) = 94,00/m³ ou R\$ 57,00/t;
 - Bica Corrida (não classificada) = 86,00/m³ ou R\$ 52,00/t.

- **Areia**

- preço médio nas frentes de lavra (ROM): R\$ 10,00 /m³ ou R\$ 7,00 /t;
- preço médio nas concreteiras: R\$ 21,00 /m³ ou R\$ 14,00 /t;
- preço médio nas construtoras: R\$ 18,00 /m³ ou R\$ 12,00 /t.
- preço médio nas casas de construção: no varejo é semelhante ao comércio de brita, ocorre à diferenciação de preços de acordo com a especificidade da areia, tais como: areia fina e média por R\$ 31,00/m³ ou R\$ 19,00/t e areia grossa por R\$ 33,00/m³ ou R\$ 20,00/t.

Convém salientar que nos preços citados anteriormente foram considerados densidades da areia = 1,50 t/m³ e da brita = 1,65 t/m³ (obtidos através das análises dos ensaios físicos dos produtos). O preço médio do frete, no transporte de brita na RMN, custa R\$ 0,28 /m³/km.

No caso da areia o preço por km transportado chega a R\$ 0,25/m³/km.

4.5 – QUALIFICAÇÃO DOS PRODUTOS

A seleção de agregados minerais para uso na construção civil deve envolver uma caracterização tecnológica, por meio de ensaios e análises que identifiquem suas propriedades físicas, físico-mecânicas, petrográficas e mineralógicas. Os procedimentos para execução de análises e ensaios são, em geral, normatizados pela ABNT (como abordados no **ANEXO C**).

Desta forma foram selecionados alguns ensaios comumente realizados para as diversas aplicações dos agregados (brita e areia) na construção civil.

4.5.1 – Brita

Para os ensaios qualitativos dos materiais das pedreiras localizadas na área de estudo, foram selecionados os tipos de rochas mais abundantes em cada pedreira, ou seja, o material de maior expressão, dentre os tipos observados no campo. Estes são responsáveis por mais de 50% do material consumido na RMN. Os ensaios e/ou análises realizados e as amostras das rochas foram:

4.5.1.1 – Análise Textural e Estrutural

Na determinação da qualidade e escolha do material rochoso destinado à fabricação de brita, é importante levar em consideração alguns parâmetros ou critérios tais como:

- rocha tanto quanto possível isotrópica (indicação de material pouco rúptil), para desdobrar qualidade similar dos parâmetros geomecânicos determinados, em qualquer que seja o tipo granulométrico produzido;
- britas oriundas de rochas anisotrópicas, como gnaisses, por exemplo, tendem a desenvolver uma orientação preferencial ao se acomodarem nas vigas e colunas segundo a sua posição de melhor equilíbrio, dando origem a superfícies de orientação que podem desdobrar cisalhamento; quando não se dispõe de material isotrópico, o concreto com brita anisotrópica deve ser aplicado sob jateamento, para minorar este o risco;
- rocha com grãos homogêneos, e da ordem máxima de dois a três milímetros de tamanho, para desdobrar reprodutibilidade das propriedades geomecânicas;
- pobre em quartzo, para desdobrar resistência ao impacto;

- pobre em plagioclásio, para desdobrar baixa alterabilidade;
- presença de mica, que confere resistência ao impacto;
- cristalinidade dos minerais: escala mesoscópica e microscópica, para apontar estágio de deformação frágil, ao invés de dútil;
- estágio de deformação da rocha na pedreira, com marcadores de condição dútil: fraturas e falhas (estrias & degraus indicadores de deslocamento). As Figuras 82, 83 e 84, mostram as áreas das pedreiras analisadas.



Figura 82 – Vista geral com superfície levantante ou “capeado”, 090Az – 270Az (23/180Az), em uma das frentes de lavra da Pedreira Potiguar (Extremo Noroeste da pedreira), na localidade de Jundiá, município de Macaíba.



Figura 83 – Marcador de deformação tipo fratura de cisalhamento expressando superfície Alongante 035Az – 215Az (55/125Az) e “degraus” indicativos de movimento com forte componente segundo a linha de maior declive, frequência 3/metro, evidenciando o estágio /condição dútil do maciço rochoso.



Figura 84 – Frente expondo superfície alongante (“liso”) e trincante, em tipo de rocha de cor mais clara, rica em K-feldspato creme a róseo, presente na bancada mais superior da pedreira, na localidade de Serrinha de Cima, em São Gonçalo do Amarante (vista da parte sudeste).

O bloco de partição, definido pelas características estruturais do maciço rochoso, da frente de lavra estudada, na Pedreira Potiguar na localidade de Jundiá foram:

- ❖ levantante: 090Az – 270Az (23/180Az);
- ❖ levantante: 010Az – 190Az (30/100Az);
- ❖ fratura adicional: 140Az – 320Az (50/050Az), com frequência 1/m;
- ❖ variação da superfície alongante: 035Az-215Az (55/125Az) a 045Az-225Az (50/315Az);
- ❖ superfície trincante: 160Az-340Az (vertical) a (70/250Az), com frequência 3/m.

Analogamente as características estruturais do maciço rochoso da frente estudada na pedreira localizada na localidade de Serrinha de Cima, apontam para o bloco de partição:

- ❖ alongante 030Az-210Az (75/300Az) com frequência de 1 a 2/m;
- ❖ levantante 020Az – 200Az (10/290Az) com frequência de 2 a 3/m;

- ❖ bloco de partição com cisalhamento apresentando forte componente horizontal, conforme lineação de estiramento;
- ❖ elementos de anisotropia: xistosidade tênue e fraturas.

De acordo com os dados levantados nas frentes de lavra analisadas: o material de Serrinha de Cima, possui em média, frequência de fraturas da ordem máxima de 3/m, enquanto que em Jundiá este parâmetro é de no mínimo 3/m. Toda via, no material da pedreira de Serrinha foi visualizada a presença de minerais metálicos (inclusive sulfetos, Figura 85), que possuem maior suscetibilidade à oxidação.

Do ponto de vista das frequências dos planos constituintes do bloco de partição, os dados acima apontam para uma mesma classificação do material pétreo de Serrinha de Cima.



Figura 85 – Presença de minerais metálicos (inclusive sulfetos), no maciço rochoso em Serrinha de Cima, na frente de lavra analisada.

Nas duas frentes de lavra, alvos do estudo, foram verificados os estágios de deformação das rochas, concluindo que se encontram no estágio/condição rúptil, evidenciando nestes termos maiores facilidades de trabalho na etapa posterior a lavra, ou seja, na etapa de cominuição (etapa de beneficiamento do minério) ao mesmo tempo em que se verifica a desvantagem causada na eficiência dos desmontes por explosivos (ocorrência de repé, entre outros problemas), além do fato de apresentarem elevada superfície específica (grão mineral mais fino) isto é, maior grau de alteração dos grãos minerais, porém maior suscetibilidade a alterabilidade. Para os ensaios de análise petrográfica, resistência à compressão simples,

resistência à tração por flexão, resistência ao impacto do corpo duro e índices físicos, foram utilizadas as metodologias já descritas (no subtítulo: metodologia 3.3 – Ensaio de Caracterização Tecnológica), onde foram atribuídos códigos para cada amostra coletada na frente de lavra estudada. Os resultados dos ensaios foram:

4.5.1.2 – Análise Petrográfica

Os resultados desta análise estão expostos nos quadros 12 e 13. Neles expressam-se as granulometrias predominantes dos minerais, na expectativa de se tirarem conclusões alusivas à resistência à compressão (vide ensaios tecnológicos) e à alterabilidade.

- Serrinha de Cima: amostra 1.1.

Mineral	Composição Mineral	Granulometria	Classificação
Plagioclásio	45%	1,25 x 1,0 mm	Quartzo Monzonito a Quartzo Monzo Sienito
K-Feldspato	35%	1,0 mm x 0,5 mm a 0,250m x 0,075 mm	
Quartzo	15%	1,250 mm	
Acessórios	5%	1,25 mm x 1,0mm	

Quadro 12 – Parâmetros obtidos com o material de Serrinha de Cima.

- Jundiá: amostras 1.1, 1.2 e 1.3.

Mineral	Composição Mineral	Granulometria	Classificação
Plagioclásio	62%	0,150mm x 0,75 mm	Granodiorito a Quartzo diorito
K-Feldspato	10%	0,150mm x 0,150mm	
Quartzo	20%	0,150mm x 0,125 mm	
Acessórios	8%	0,150mm x 0,125 mm	

Quadro 13 – Parâmetros obtidos com o material de Jundiá.

A classificação das rochas estudadas é apresentada no triângulo de Streckeisen na Figura 86.

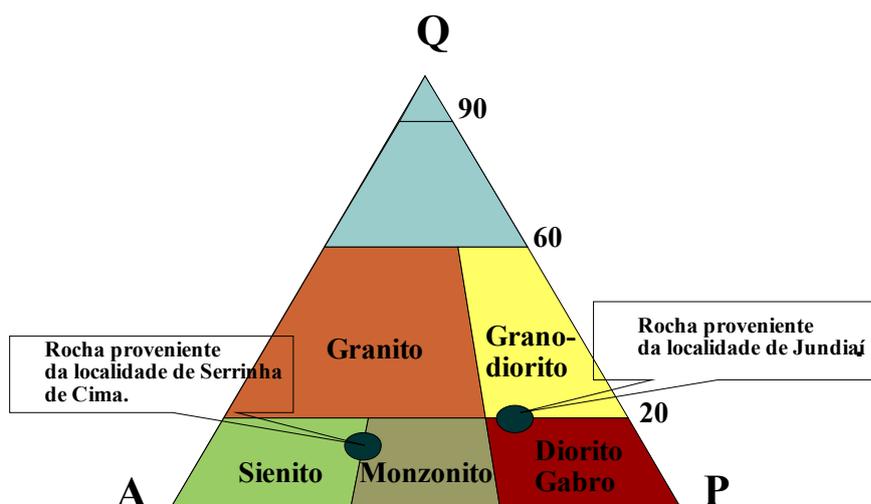


Figura 86 – Classificação das rochas estudadas no triângulo de Streckeisen.

A rocha proveniente de Serrinha de Cima apresenta menor percentual de quartzo, conferindo menor capacidade de absorção de água, e também menor quantidade de plagioclásio, maior quantidade de K-feldspato, confirmando desta forma menor suscetibilidade à alterabilidade do material. A rocha proveniente de Jundiá possui razão Plagioclásio/K-feldspato = 6/1, conferindo ao material maior suscetibilidade à alterabilidade, catalisada pela granulometria mais fina, submilimétrica.

A fórmula molecular do plagioclásio $[(CaO, Na_2O) Al_2O_3 SiO_2]$ e do k-feldspato $[(K_2O) Al_2O_3 SiO_2]$ respectivamente, juntamente com as características de Ca e K que possuem raio iônico maior que o Na, confere maior mobilidade e consequentemente à molécula do óxido de sódio e maior suscetibilidade à alterabilidade ao feldspato cálcio-alcalino sódico (plagioclásio).

Ainda com respeito à alterabilidade, pode ser oportuno enfatizar que o plagioclásio da pedreira de Jundiá é mais cálcico que o da pedreira de Serrinha, com respectivamente 30% e 18% de anortita. O desdobramento da informação supra é a maior possibilidade de formação de hidróxidos, sobretudo de cálcio, na forma de geles, que caracterizam a patologia de concretos em paredes de barragens conhecida como reação Reação Álcali-Silicato (RAS).

4.5.1.3 – Resistência à Compressão Simples

- Amostra GA – 06

Esforço normal ao plano de fraqueza (MPa) = $118,77 \pm 22,80$.

A rocha possui resistência à compressão simples alta sem restrições para utilização como matéria prima para brita.

- Amostra GA – 07

Esforço normal ao plano de fraqueza (MPa) = $143,67 \pm 14,90$.

O material analisado possui resistência à compressão simples alta sem restrições para utilização como matéria prima para brita.

Oportuna à correlação da compressão simples com maior resistência à rocha, cujos minerais possuem granulometria mais fina, submilimétrica.

4.5.1.4 – Resistência à Tração por Flexão

- Amostra GA – 06

Esforço normal ao plano de fraqueza (MPa) = $16,99 \pm 1,63$.

O material analisado possui resistência à tração por flexão alta, sem restrições para utilização como matéria-prima para brita.

- Amostra GA – 07

Esforço normal ao plano de fraqueza (MPa) = $25,94 \pm 1,86$.

O material analisado possui resistência à tração por flexão alta, sem restrições para utilização como matéria prima para brita.

É oportuno fazer-se a correlação dos resultados da tração por flexão, com maior resistência à rocha, cujos minerais possuem granulometria mais fina, submilimétrica e textura parcialmente anisotrópica (apresenta propriedade com valor diferente segundo a direção considerada).

4.5.1.5 – Resistência ao Impacto do Corpo Duro

- Amostra GA – 06

Espessura média do corpo de prova: 30 mm.

Altura de queda em que ocorreu: Fissura = 25 cm. Lasca = 30 cm. Ruptura = 40 cm.

De acordo com os resultados médios obtidos, fissuramento com altura de 0,25 m, lascamento com 0,30 m e ruptura com altura de 0,40 m, conclui-se que a rocha apresenta resistência ao impacto de corpo duro mediana.

- Amostra GA – 07

Espessura média do corpo de prova: 30 mm.

Altura de queda em que ocorreu: Fissura = 30 cm. Lasca = 35 cm. Ruptura = 40 cm

Pelos resultados médios obtidos, fissuramento com altura de 0,30 m, lascamento com 0,35 m e ruptura com altura de 0,40 m, conclui-se que a segunda rocha também apresenta resistência ao impacto de corpo duro mediana.

Oportuna à correlação da resistência ao impacto com a rocha, cujos minerais possuem granulometria mais fina, submilimétrica.

4.5.1.6 – Índices Físicos

- Amostra GA – 06

Massa específica seca (kg/cm³) = 2,624 ± 0,016

Massa específica saturada (kg/cm³) = 2,636 ± 0,015

Porosidade (%) = 0,924 ± 0,164

Absorção (%) = 0,352 ± 0,063

De acordo com os resultados dos ensaios, os índices físicos apresentam valores de massa específica de média a baixa densidade e índices de porosidade e absorção medianos indicando capacidade de absorção de água mediana e boa coesão da rocha, sem restrições para produção de brita.

- Amostra GA – 07

Massa específica seca (kg/cm³) = 2,625 ± 0,007

Massa específica saturada (kg/cm³) = 2,647 ± 0,014

Porosidade (%) = 1,981 ± 0,449

Absorção (%) = 0,755 ± 0,214.

Os índices físicos apresentam valores de massa específica de média a baixa densidade e índices de porosidade e absorção medianos indicando capacidade de absorção de água mediana e boa coesão da rocha, sem restrições para produção de brita.

Oportuna à clara correlação da absorção de umidade e da porosidade na rocha, praticamente duplicando com a maior presença de quartzo, que atua no sentido do

microfissuramento e, portanto na melhor permeação da água. Todavia, o crescimento da massa específica saturada não acompanha na mesma proporção o correspondente aumento dos índices anteriormente citados. Ainda mais, a massa específica seca não apresenta diferenças significativas. A sugestão que se apresenta é que o fator granulometria mais fina promoveria um aumento da resistência ao impacto (pelo aumento da densidade da rocha), ocorrendo assim uma compensação na permeabilidade.

Avaliação dos ensaios da amostra GA-06: Os resultados dos ensaios de resistência à compressão simples e tração por flexão indicam uma rocha de resistência mecânica mediana a alta, sem restrições para a produção de brita. A respeito dos índices físicos o material analisado apresenta densidade mediana a baixa e valores de porosidade e absorção de água medianos, também sem restrições para produção de brita. Os ensaios de impacto mostram que a rocha tem capacidade de absorção de impactos e tenacidade medianos. Por fim, para aplicação como material para brita conclui-se que a rocha deverá apresentar um custo de britagem favorável em função do avançado grau de fraturamento do material, o qual exigirá menor energia de fragmentação por parte do britador.

Avaliação dos ensaios da amostra GA-07: pelos resultados dos ensaios de resistência à compressão simples e tração por flexão indicam uma rocha de resistência mecânica mediana a alta, sem restrições para a produção de brita. Em relação aos índices físicos o material analisado apresenta densidade mediana a baixa e valores de porosidade e absorção de água medianos, também sem restrições para produção de brita, ao passo que, os ensaios de impacto do corpo duro, mostram que a rocha tem capacidade de absorção de impacto e tenacidade medianos. Dessa forma para aplicação como material para brita conclui-se que a segunda amostra de rocha da mesma forma que a primeira, deverá apresentar um custo de britagem favorável já que possuir resistência mecânica semelhante à rocha de Serrinha de Cima.

4.5.2 – Areia

Para os ensaios de análise granulométrica, índice de material pulverulento, índice de torrões de argila, determinação da massa específica, mineralogia e análise química, foram utilizadas as metodologias já descritas (no subtítulo: metodologia 3.3 – Ensaio de Caracterização Tecnológica), onde também foram atribuídos códigos para cada amostra coletada na frente de lavra estudada.

Na avaliação dos resultados foram utilizadas como referências as informações da norma NBR 7211/2009 e do (ANEXO C), além das especificações determinadas na norma DNER-

EM 038/97 (Apresenta requisitos exigíveis de agregado miúdo para emprego em concreto de cimento Portland, destinado a obras rodoviárias). Os resultados dos ensaios foram:

4.5.2.1 – Análise Granulométrica (figuras 87, 88, 89, 90 e 91)

- Amostra GA-01

Diâmetro máximo = 1,20 mm. Módulo de Finura = 1,93. Classificação = agregado miúdo pertencente a agregado miúdo pertencente à zona utilizável inferior ($1,55 < MF < 2,20$).

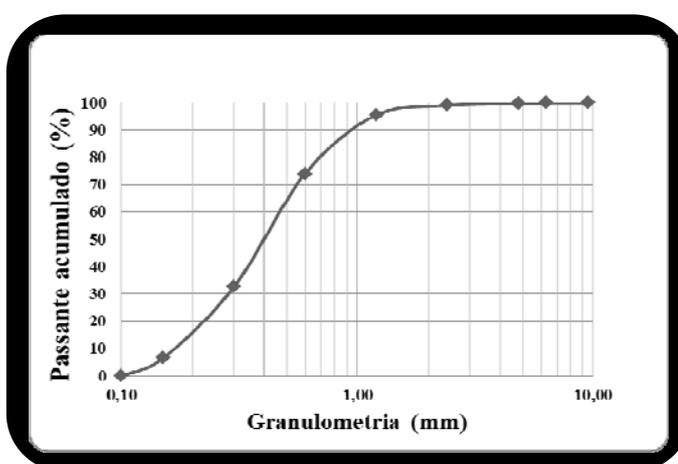


Figura 87 – Distribuição granulométrica da amostra GA-01.

- Amostra GA-02

Diâmetro máximo = 4,80 mm. Módulo de Finura = 2,20. Classificação = agregado miúdo pertencente à zona utilizável inferior ($1,55 < MF < 2,20$).

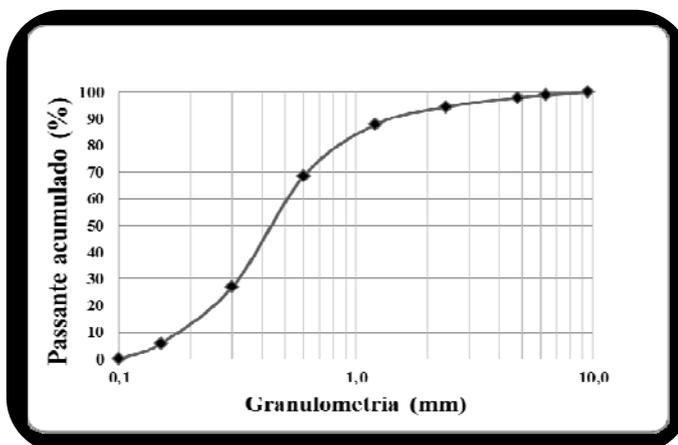


Figura 88 – Distribuição granulométrica da amostra GA-02.

- Amostra GA-03

Diâmetro máximo = 2,40 mm. Módulo de Finura = 1,47. Classificação = agregado miúdo fora de especificação.

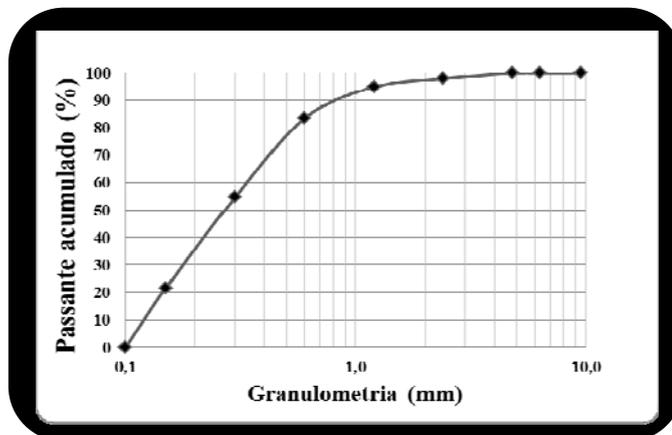


Figura 89 – Distribuição granulométrica da amostra GA-03.

- Amostra GA-04

Diâmetro máximo = 1,20 mm. Módulo de Finura = 1,37. Classificação = agregado miúdo fora de especificação.

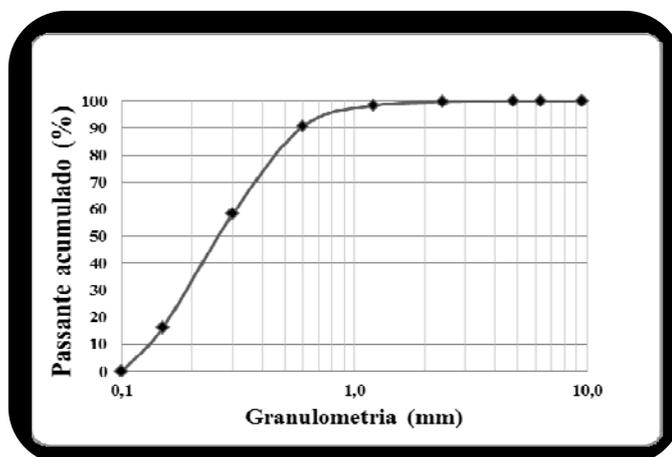


Figura 90 – Distribuição granulométrica da amostra GA-04.

- Amostra GA-05

Diâmetro máximo = 1,20 mm. Módulo de Finura = 1,45. Classificação = agregado miúdo fora de especificação.

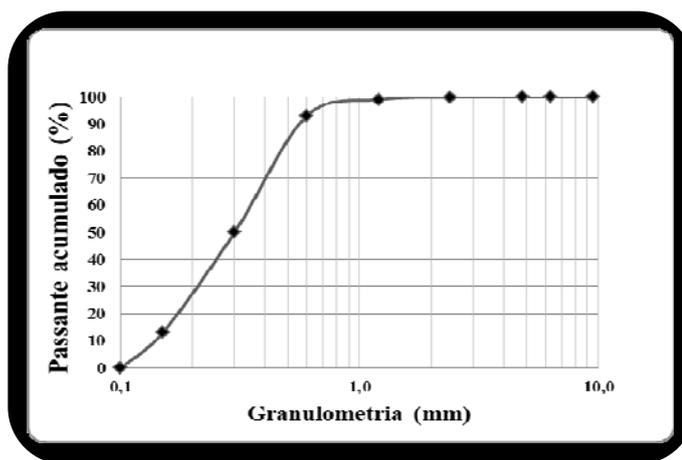


Figura 91 – Distribuição granulométrica da amostra GA-05.

Os resultados das distribuições granulométricas indicaram um diâmetro máximo das amostras de areias em estado natural variando entre 1,20 e 4,8 mm, podendo classificar todas as amostras analisadas como de agregados miúdos, areias finas e muito finas. Com relação ao módulo de finura o mesmo variou entre um mínimo de 1,37 e um máximo de 2,20, dessa forma as amostras GA-04, e GA-05 ficaram fora dos limites recomendados pela NBR 7211/2009, enquanto que as demais amostras situaram na zona utilizável inferior ($1,55 < MF < 2,20$) da classificação especificada pela mesma norma. De acordo com a norma DNER-EM 038/97 (apresenta requisitos exigíveis de agregado miúdo para emprego em concreto de cimento Portland, destinado a obras rodoviárias), que estabelece o limite entre 2,3 e 3,1, todas as amostras situaram fora da especificação, apenas a amostra GA-02 apresentou um módulo de finura bem próximo ao limite inferior desta norma (2,30).

4.5.2.2 – Índice de Material Pulverulento

- Amostra GA-01: Percentual do material pulverulento (%) = 2,79%

- Amostra GA-02: Percentual do material pulverulento (%) = 2,65%

- Amostra GA-03: Percentual do material pulverulento (%) = 9,20%

- Amostra GA-04: Percentual do material pulverulento (%) = 4,17%

- Amostra GA-05: Percentual do material pulverulento (%) = 3,37%

De acordo com os resultados para teores de materiais pulverulentos, com exceção da amostra GA-03 que apresentou um valor de 9,2%, todas as demais mostraram teores dentro do limite exigido (entre 2% e 5%, no ANEXO C).

4.5.2.3 – Índice de Torrões de Argila

Todas as areias analisadas ficaram dentro do limite máximo especificado que é de 3% para concretos estruturais e 1,5% para obras rodoviárias, conforme o ANEXO C e a norma a DNER-EM 038/97 respectivamente.

4.5.2.4 – Determinação da Massa Específica

- Amostra GA-01

Densidade aparente seca (t /m³) = 1,392

Densidade aparente úmida (t /m³) = 1,057

- Amostra GA-02

Densidade aparente seca (t /m³) = 1,413

Densidade aparente úmida (t /m³) = 1,106

- Amostra GA-03

Densidade aparente seca (t /m³) = 1,443

Densidade aparente úmida (t /m³) = 1,047

- Amostra GA-04

Densidade aparente seca (t /m³) = 1,684

Densidade aparente úmida (t /m³) = 1,028

- Amostra GA-05

Densidade aparente seca (t /m³) = 1,489

Densidade aparente úmida (t /m³) = 1,016

A densidade aparente ou massa específica das areias variou entre um máximo de 1,106 t/m³ e um mínimo de 1,016 t/m³ (densidade úmida) e um máximo de 1,684 t/m³ e um mínimo

de 1,392 t/m³ (densidade seca), estando esses valores dentro das médias esperadas para esse tipo de material, utilizado como agregado para construção civil.

4.5.2.5 – Análise química

Os resultados das análises químicas das amostras das areias coletadas para estudo (conforme metodologia adotada e informada no ANEXO D), realizadas na SGS GEOSOL Laboratórios Limitada são mostrados no quadro 12.

Método Utilizado	ICP95A	ICP95A	ICP95A	ICP95A	ICP95A	ICP95A	ICP95A
Análise Realizada	Al ₂ O ₃	CaO	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO
Unidade de Medida	%	%	%	%	%	%	%
Limite de Detecção	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Código da Amostra/tipo							
(FEQ903) = GA-01/Areia	10,6	1,61	<0,01	1,29	3,57	0,34	0,02
(FEQ904) = GA-02/Areia	8,35	1,18	<0,01	1,65	2,02	0,29	0,05
(FEQ905) = GA-03/Areia	1,26	0,02	<0,01	1,02	0,41	0,04	0,01
(FEQ906) = GA-04/Areia	0,13	<0,01	<0,01	1,07	0,03	0,02	0,02
(FEQ907) = GA-05/Areia	0,14	0,03	<0,01	0,75	0,01	0,02	0,01
Banco	0,05	1,16	<0,01	0,53	0,03	0,05	<0,01
Replicata (FEQ906)	0,14	<0,01	<0,01	1,06	0,03	0,02	0,02
Método Utilizado	ICP95A	ICP95A	ICP95A	ICP95A	ICP95A	ICP95A	ICP95A
Análise Realizada	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SiO ₂	TiO ₂	(Perda ao Fogo)	total	
Unidade de Medida	%	%	%	%	%	%	
Limite de Detecção	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Código da Amostra/tipo							
(FEQ903) = GA-01/Areia	2,55	0,04	78,51	0,12	0,21	98,86	
(FEQ904) = GA-02/Areia	2,27	0,05	82,46	0,28	0,24	98,84	
(FEQ905) = GA-03/Areia	0,24	0,02	>90	0,28	0,39	97,04	
(FEQ906) = GA-04/Areia	<0,01	0,03	>90	0,35	0,22	98,07	
(FEQ907) = GA-05/Areia	0,01	0,01	>90	0,28	0,06	98,05	
Banco	0,01	0,04	>90	<0,01	0,43	99,8	
Replicata (FEQ906)	<0,01	0,02	>90	0,37	0,22	99,01	

Quadro 14 – Resultados das análises químicas das amostras das areias, realizadas na SGS GEOSOL Laboratórios Ltda.

As amostras submetidas à análise química revelam destaque ao conteúdo de alumina para GA-01 e GA-02 sugestiva de conteúdo argiloso, associado com a granulometria muito fina apontada pela análise granulométrica. As argilas seriam com conteúdo potássico, cálcico,

magnesiano e férrico-ferroso, sugerindo caulinita, montmorillonita e nontronita, respectivamente. Estas amostras são provenientes de depósitos aluvionares, dado que aponta para a qualidade química das rochas-mãe constituintes do embasamento cristalino alcançado pela rede fluvial.

- **Avaliação dos Ensaio das Amostras de Areia (Amostra GA-01, Amostra GA-02, Amostra GA-03, Amostra GA-04, Amostra GA-05).**

As amostras das areias revelaram conteúdos predominantemente quartzosos, granulometria fina a muito fina, na fração silte, que resulta num agregado miúdo de maior resistência à compressão quando aplicado como argamassa e/ou agregado miúdo aos concretos. Exceções existem com o parcial conteúdo em argilas.

A princípio não há restrições para o uso como agregados na construção civil, porém com relação à granulometria as amostras GA-04, e GA-05 ficaram fora do limite mínimo recomendado na NBR 7211/2009, em quanto que se tratando da norma DNER-EM 038/97 (destinada a obras rodoviárias), apenas a amostra GA-02 apresentou um módulo de finura próximo do limite inferior (vai de 2,3 – 3,1) e as demais ficaram fora do limite recomendado.

Estas informações são de grande importância, pois as partículas finas tais como silte e argila (dimensões menores que 0,075 mm), proporcionam um aumento na quantidade de água de amassamento e influi, dessa forma, na trabalhabilidade e na resistência mecânica. Quando reveste as partículas, impede que sobre estas ocorra uma cristalização regular e homogênea dos compostos do cimento, o que pode reduzir a sua resistência à compressão em cerca de 20 a 30% e mais ainda na tração. A granulometria influirá na compactação dos mesmos, resultando em maior ou menor índice de vazios, que por sua vez influirá na capacidade do concreto, na estrutura, entre outras aplicações. Um índice de vazios menor implicará também na economia de ligantes (cimento ou betume) e menor permeabilidade. Não foi testada a salinidade das amostras, todavia, os sais minerais, quando associados aos agregados, promovem mudanças na pega e no endurecimento da pasta, além de provocar a deterioração do concreto.

4.6 – RESERVAS DE AGREGADOS MINERAIS NA ÁREA DE ESTUDO.

A análise dos valores de reserva permite definir para onde devem caminhar as pesquisas de apoio ao setor de agregados, além disso, permite saber a relação entre produção e reservas, de modo a acompanhar sua evolução, prever exaustão de reservas, indicar necessidade de novos investimentos em pesquisa mineral, criar políticas de incentivo à busca de recursos, etc.

Informações, nesse sentido, também são estratégicas para os agentes do poder público responsável pela gestão de recursos minerais e pelo desenvolvimento sócio-econômico, pois de posse desse conhecimento os mesmos podem intervir na expansão urbana, normalmente desordenada, de forma a preservar as riquezas minerais de interesse da própria população, através de um ordenamento territorial. No caso dos agregados minerais, esse conhecimento é, muitas vezes, negligenciado, com a ideia de que estes bens minerais são abundantes e praticamente inexauríveis, que é um completo engano. A necessidade de buscar estes bens minerais em lugares cada vez mais distantes é presenciada nos grandes centros urbanos do Brasil. Na RMN este fato já é notável.

As informações sobre reservas minerais são obtidas através de cálculos e estimativas realizadas a partir das informações fornecidas pelas minerações ao DNPM, por meio do Relatório Anual de Lavra, porém essa exigência é feita apenas nos casos onde há exploração através do regime de concessão de lavra. Dessa forma as pedreiras, em geral, valem-se desta forma legal. No entanto podem também, como é o caso da maioria das minerações de areia, lavar apenas sob o regime de licenciamento, em que são isentas de apresentar dados de reserva. Com isso os valores de reservas informados pelas minerações de brita tendem a ser mais realísticos do que os valores informados pelas minerações de areia, isso quando há algum tipo de levantamento para este último.

- **Brita**

De acordo com as informações prestadas pelos produtores (os três grupos de produtores, Campel, Serrinha e Potiguar) nos questionários aplicados, as reservas estimadas de rochas para brita (medidas + indicadas), na área de estudo, totalizam 92.000.000 t. Este número representa uma estimativa das porções mais conhecidas dos corpos rochosos, podendo aumentar consideravelmente conforme adição de novas pesquisas neste sentido na área estudada, uma vez que, segundo informações dos produtores, há porções dos corpos rochosos ainda sem estudo qualitativo e quantitativo de reserva. Considerando a produção média anual,

levantada em 2011, de 2,6 milhões de toneladas e uma recuperação de 85% dessas reservas (reservas lavráveis), obtém-se uma vida útil de 30 anos, sem contar com as reservas potenciais não avaliadas, existentes nas adjacências das pedreiras, que permitirão ampliar consideravelmente essa vida útil.

- **Areia**

Na área de estudo não há dados oficiais ou informais disponíveis atualmente no que tange a reservas do bem mineral areia (2011). A dificuldade maior encontrada na determinação de uma estimativa para a reserva de areia na área de estudo, está no fato dos volumes dos depósitos serem variáveis (variam com os regimes das chuvas, enchentes), pois a maior porção do material consumido pela RMN é proveniente dos rios, como já frisado anteriormente. Para uma estimativa confiável é indispensável um estudo sobre o regime de enchentes dos rios que cortam a RMN, atualmente ainda não foi concluído nenhum estudo neste sentido. No momento a Serviço Geológico do Brasil – CPRM vem estudando a possibilidade de se fazer um estimativa de reserva de areia na área estudada, dado que deverá ser inserido e publicado no projeto Matérias de Construção da Região Metropolitana de Natal, nesta estimativa pretende-se incluir também estimativas de áreas de coberturas. Foi constatado com as visitas de campo, que os recursos minerais conhecidos e em exploração localizados na RMN não estão atendendo a demanda, dessa forma boa parte da extração desse material já se encontra localizada em municípios limítrofes a Grande Natal (Ielmo Marinho, São Pedro, Lagoa Salgada, Goianinha e Maxaranguape). Isto provocará gradativamente o aumento do custo de transporte e conseqüentemente aumento de preço da areia. Contudo um estudo detalhado sobre recursos e reservas na área de estudo se mostra imprescindível, pois ainda há grandes áreas de coberturas arenosas (citadas no subtítulo 4.8 – Áreas Potenciais para Produção de Areia e Brita na RMN), ainda sem exploração, e que podem ser viabilizadas.

4.7 – PROBLEMAS AMBIENTAIS.

- **Extração de Areia**

As atividades de extração de areia são extremamente importantes para o desenvolvimento social e econômico de uma região, no entanto são igualmente responsáveis

por grandes problemas ambientais causados por operações mal conduzidas. Como na Grande Natal a produção de areia é proveniente quase que exclusivamente dos rios (cerca de 85 %) que cortam esta região como o Potengi, Trairi e Araraí. Nestes rios foram flagradas as maiores irregularidades no que concerne aos impactos ambientais. Também foram observadas alterações paisagísticas em áreas de depósitos eólicos (que representam 15 % das áreas produtoras) já com atividades paralisadas, Figura 92.



Figura 92 – Área de extração de areia em área de depósito eólico no Município de Ceará-Mirim (próximo da localidade Rancho das Esmeraldas), evidências o impacto paisagístico.

Ainda foram evidenciados impactos em áreas de dunas, mesmo sendo áreas de proteção ambiental, mas em proporções bem menores, pois nestas áreas a fiscalização é mais intensa, com isso a agressão se resume na ação provocada pelo consumo conhecido por “consumo formiga” onde o próprio morador extrai areia em pequenas quantidades e desenvolve a obra, por meio de mutirões, com a ajuda de amigos, vizinhos etc.

Foram detectadas ações impactantes em quase todos os portos de areia/areiais localizados ao longo dos rios relacionados com a produção, bem como em dunas contidas em áreas de proteção ambiental. A extração de areia de margens de rios, de forma contínua, provoca forte impacto ambiental, pois modificam os cursos das drenagens, provocam desmoronamentos das margens e, por conseguinte a vegetação ciliar além de alterar sua energia de vazão, Figura 93, 94 e 95.



Figura 93 – Área de extração de areia na margem do Rio Trairi no Município de Mote Alegre (localidade de Quatro Bocas), evidências da ação do processo erosivo e consequentemente o assoreamento do curso d'água.



Figura 94 – Área de extração de areia na margem do Rio Potengi nos limites dos Municípios de Ilmo Marinho e São Gonçalo do Amarante (localidade de Pitombeira), evidências da modificação no curso e Redução da energia de vazão causada pelo processo erosivo.



Figura 95 – Área de extração de areia na margem do Rio Potengi nos limites dos Municípios de Ielmo Marinho e São Gonçalo do Amarante (localidade de Pitombeira), evidências da reação de desmoronamento da margem e, por conseguinte a vegetação ciliar.

Este que é um procedimento não recomendável de extração ocorre quando se dá a exaustão do material no centro do leito dos rios. Mesmo sabendo que a qualidade da areia de margens seja inferior à areia do leito de rios, em função da maior quantidade de argila, cuja deposição ocorre pela queda de energia da corrente fluvial nas margens, a facilidade do deslocamento da draga de sucção do centro para a margem do rio viabiliza esse procedimento.

A extração de areia a partir de rios vem sendo fortemente condenada por diversos setores da sociedade em função dos desequilíbrios que esta atividade pode causar na dinâmica fluvial. Entre os efeitos imediatos desta ação está à redefinição dos limites do canal, seja pela retirada ou adição de materiais, que por sua vez pode promover uma mudança no padrão de fluxo e de transporte de sedimentos. Estas modificações podem ser propagadas tanto a montante quanto a jusante, bem como lateralmente. Outro fato importante a ser frisado é que há também o impacto causado ao ecossistema aquático. Em suma os principais problemas ambientais evidenciados na área de estudo foram:

- Clandestinidade das áreas produtoras (cerca de 30 % das áreas produtoras na RMN não estavam com as devidas autorizações);
- Modificações nos cursos naturais dos rios;

- Alteração na coloração e aumento da turbidez das águas dos rios causado pelo trabalho das dragas que, além da areia do fundo do canal trazem outras partículas e sedimentos;
- Poluição sonora causada pela atividade dos equipamentos de extração carregamento e transporte (draga, pá carregadeira, carregadeira, etc.);
- Precárias condições de armazenamento de materiais poluentes utilizados nos equipamentos (combustíveis, graxa, óleo lubrificante, etc.);
- Impacto paisagístico resultante dos trabalhos conduzidos sem preocupação com o meio ambiente e, em sua quase totalidade, sem orientação técnica de um profissional habilitado;
- Produção de material em suspensão gerado pela operação da dragagem. Estes finos, em suspensão, são depositados a jusante da extração, ação que alimenta o assoreamento dos rios.

A extração de areia em leito de rios pode ser tolerada, se não houver a remoção de maior quantidade de sedimentos que o sistema pode repor. O problema é a percentagem de carga de fundo transportada pela corrente fluvial. Este problema pode ser estudado empiricamente pela observação das mudanças do canal fluvial antes e depois da mineração do bem mineral (areia). É possível a exploração de areia nos rios sem que haja grandes impactos ao meio, desde que, amparada por critérios reguladores, principalmente, taxa de sedimentação e índices pluviométricos, aliados permanentemente ao monitoramento e a recuperação da mata ciliar e considerando a fragilidade do sistema hídrico, e as outras formas de uso dos recursos naturais e ocupação do solo.

- **Extração de Rocha para Brita**

No método de lavra a céu aberto, método utilizado pelas pedreiras da região de estudo, ocorrem emissões de gases e materiais particulados onde esses gases emitidos são os provenientes do desmonte de rocha com o uso de explosivos, da queima e evaporação de combustíveis utilizados nos veículos e equipamentos das unidades produtoras. No que dizem respeito aos materiais particulados eles são originados nas fretes de lavra e nas etapas de

beneficiamento da rocha. Estas partículas em suspensão são extremamente finas, de grande dispersão, dessa forma podem ser transportadas para grandes distâncias, Figura 96.



Figura 96 – Materiais particulados gerados na frente de lavra¹ (Pedreira Serrinha localizada no Município de São Gonçalo do Amarante) e Materiais particulados gerados nas etapas de beneficiamento² (Pedreira Potiguar, no município de Macaíba).

Outro fato importante é que por serem partículas muito finas possui grande poder de penetração no sistema respiratório, o que as tornam altamente prejudiciais à saúde. Outro impacto presente na extração de rocha para brita é o da poluição sonora, esse tipo de impacto ambiental que envolve as detonações, as vibrações e os atritos dos equipamentos na frente de lavra, são responsáveis por gerar conflitos sociais pelo fato das áreas mineração estarem localizadas normalmente nas proximidades dos núcleos urbanos. Atualmente cerca de 60% da produção que alimenta o consumo da área de estudo é proveniente de frentes de lavra que estão situadas em locais com baixa densidade demográfica, aliado a isso, vem sendo efetuado

por todas as unidades produtoras na área de estudo um maior controle na frequência dos eventos geradores (detonações), uma vez que quando a população do entorno sofre qualquer agressão dessa natureza não exitam em denunciar o fato. Em resumo os principais problemas ambientais observados nas áreas das empresas/pedreiras foram:

- Poluição sonora provenientes das detonações, da operação das perfuratrizes, da atividade dos britadores e correias transportadoras, caminhões e maquinários envolvidos na produção, etc.;
- Emissão de poluentes atmosféricos pelos equipamentos de lavra como, por exemplo, CO, CO₂, SO₂, NO e materiais particulados gerados na lavra e no processo de beneficiamento.
- Problemas referentes à ultralanchamentos e vibrações causadas pelas detonações tem diminuído nos últimos anos, isso ocorreu devido as constantes denúncias feitas nas comunidades próximas às áreas de exploração. Após algumas paralisações determinadas por órgãos de fiscalização no sentido de penalizar as pedreiras com atividades irregulares no que concerne a segurança das operações, houve uma aplicação maior de medidas preventivas e de controle nos trabalhos de desmontes com explosivos.
- Outro problema observado nas unidades de processamento foi a forma de estocagem inadequada dos materiais britados, o mais greve é o estoque do material fino que fica em locais descoberto e expostos à ação eólica;
- O impacto paisagístico também é bastante visível nas áreas mineradas, na área de estudo não foram constatadas medidas mitigadoras ou de recuperação desse impacto causado.
- As atividades de umectação de vias com caminhão-pipa e aspersão de água nos locais destinados ao processo de beneficiamento foram constatadas em apenas 50% das unidades produtoras.

Tendo em vista a necessidade de mitigar os efeitos dos impactos constatados nas visitas de campo, recomendam-se as seguintes medidas:

No caso do material particulado:

- deve ser realizada a umectação das vias e das pilhas de estoque, com caminhão-pipa, e também fazer uso de redes aspersoras, nos pontos de transferência de carga e circuito de britagem;
- orientar a exploração das frentes de lavra, de forma que a geração de poeiras e gases não se dispersem na direção de áreas urbanizadas;
- utilizar lonas para cobertura dos caminhões de transporte do material produzido, dentro e fora da área da mineração;
- implantar cinturões verdes, visando à retenção de poeiras e gases levando em consideração a direção preferencial dos ventos.

No caso dos problemas causados pela vibração:

- Uso de bancadas com parâmetros geométricos recomendados, evitando desta forma um desmonte inadequado (produzindo matacões, vibração, repé. fogacho, queda de blocos potencial, etc.);
- usar explosivo de acordo com as características do maciço;
- fazer uso de retardos, obtendo carga explosiva por espera adequada;
- utilizar corretamente a furação inclinada;
- utilizar plano de fogo ou sequencia de detonação de acordo com a realidade da pedreira.

Estas recomendações proporcionam grandes vantagens para a empresa/pedreira no que diz respeito ao benefício social gerado para os funcionários e a população circunvizinha, pois possibilita a convivência em um ambiente mais salubre e evita maiores conflitos com a população do entorno. Também há vantagens de caráter econômico, pois os procedimentos para minimizar a vibração faz com que a energia produzida pela detonação seja melhor aproveitada na fragmentação da rocha, esta ação provoca redução nos custos das operações seguintes (britagem e rebitagem).

Alguns dos efeitos provocados pela atividade de extração de brita são inevitáveis, no entanto é possível minimizar boa parte deles até o ponto de não produzirem danos irreversíveis ao meio ambiente e a sociedade. Para que haja sucesso nessa empreitada é necessário o comprometimento das empresas/proprietários com a adoção de práticas corretas nas diversas etapas envolvidas na extração da brita, e uma fiscalização mais eficaz e eficiente por parte do poder público, de forma a coibir as atividades inadequadas e clandestinas.

4.8 – ÁREAS POTENCIAIS PARA PRODUÇÃO DE AREIA E BRITA NA RMN.

Na identificação das áreas de potencial de interesse para suprimento do consumo crescente de agregados minerais na RMN, foram realizadas pesquisas bibliográficas e visitas de áreas em campo. No primeiro caso, foram utilizados como base de informações os dados do projeto publicado em 2006 pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, intitulado “Geologia e Recursos minerais do Estado do Rio Grande do Norte”, também foram analisadas as informações contidas na lista atualizada de processos minerários. O DNPM publica estes dados de forma on-line como já frisado no subtítulo 4.1 (Direitos Minerários de Agregados na RMN, página 106). No segundo caso, em paralelo as vistas de campo relatadas no subtítulo 3.3.1 (Visitas as Áreas Produtoras de Areia e Brita, página 100) foram anotadas algumas observações sobre a geologia e os recursos minerais (areia e brita) presenciados no campo. A seleção das áreas potenciais foi feita a partir do cruzamento dos dados de campo com os dados bibliográficos. Além disso, estas informações foram alinhadas com os dados obtidos nas áreas de extração de areias e britas ativas e paralisadas. Desta forma, foi constatado que há consideráveis recursos minerais de rochas para brita na região delimitada para o estudo (Grande Natal mais 20 km além do limite metropolitano). Estes recursos estão localizados nos municípios de São Gonçalo do Amarante (nas localidades de Serrinha de baixo e Serrinha do meio, Figura 97), Macaíba (próximo da localidade de Jundiaí), Monte Alegre (próximo da localidade de quatro bocas), Ielmo Marinho (nas proximidades da localidade de Barbará) e Taipu (nas proximidades da Fazenda Serra Pelada).



Figura 97 – Área com recursos potenciais de material rochoso para produção de brita, localizada no município de São Gonçalo do Amarante (localidade de Serrinha do meio).

No caso das areias a oferta de recursos possui certa particularidade uma vez que boa parte das áreas atualmente exploradas estão localizadas nos rios que cortam a área estudada, ou seja, os rios Potengi, Trairi e Araraí. Os recursos provenientes destas áreas localizadas na RMN já não são suficientes para atender o consumo anual da Grande Natal. Nestes termos as áreas potenciais nos leitos dos rios (depósitos aluvionares) estão localizadas além do limite da Região Metropolitana nos municípios de Goianinha, Lagoa Salgada, Ielmo Marinho e São Pedro. Estas áreas já começaram a ser exploradas de forma não planejada e o maior problema é que por se tratar de recursos que se modificam ano a ano conforme o regime das chuvas é quase impossível calcular suas reservas com um nível de confiança aceitável. É visível no campo à exaustão nos areiais, o mais grave é que isso ocorre após poucos meses (5 até 7 meses) de início da atividade de exploração. Mesmo que por ação das chuvas haja renovação dos recursos, tal reposição não é garantida de um ano para o outro. Sem contar que a construção de barragens tem limitado cada vez mais essa reposição, que vai se tornando mais lenta e ainda é prejudicada pela ação ininterrupta das atividades de exploração.

Neste contexto, torna-se necessário a determinação de novas áreas potenciais como as localizadas ao longo do Rio Ceará-Mirim, nos trechos que cortam os municípios de Poço Branco, Taipu e Ceará-Mirim, este rio possui bancos de areia consideráveis que podem servir de suprimento para atender o crescente consumo. No entanto, para garantir com segurança o atendimento da demanda por esse bem mineral é imprescindível à diversificação das fontes de suprimento, é aí que surgem as áreas potenciais de coberturas ou depósitos eólicos. Estas áreas são encontradas de forma bastante volumosa nos municípios de Ceará-Mirim, Nísia Floresta e Maxaranguape, na divisa com Ceará-Mirim, Figura 98. Como estas áreas ainda

estão localizadas dentro da área de estudo (20 km além do limite a da Região Metropolitana) sua exploração não irá prejudicar muito o preço final da areia no que tange a influência causada pelo preço do frete. Uma pesquisa geológica faz-se necessária para se saber o real potencial destas áreas. Outro recurso importante que pode auxiliar na definição de áreas potenciais é o uso das informações de levantamentos geofísicos aéreos (Mata Ternário – K (potássio) – eTh (equivalente em tório) – eU (equivalente em urânio), como mostra o mapa ternário do ANEXO A, que indica nas manchas escuras indícios de cobertura arenosa com grau de pureza elevada (areias mais puras, com baixo K, eTh e eU).



Figura 98 – Área com recursos potenciais para produção de areia para construção civil, paralisada temporariamente, localizada na divisa dos Municípios de Ceará-Mirim e Maxaranguape nas proximidades da BR-101.

Assim, estudos mais abrangentes e com maiores detalhes sobre este assunto, não só para areia e brita, mais também para argila para cerâmica vermelha e material de empréstimo, estão sendo realizados pelo Serviço Geológico do Brasil, através do trabalho intitulado “Projeto Materiais de Construção Civil da Região Metropolitana de Natal” que deverá ser publicado em 2013.

4.9 – INCENTIVOS FISCAIS E FINANCEIROS.

É direito do proprietário do solo, tanto no aproveitamento através do Regime de Licenciamento quanto por meio do Regime de Autorização e Concessão, à participação nos resultados da lavra. Essa participação nos resultados da lavra será de 50% do valor total

devido aos Estados, Distrito Federal, Municípios e órgãos da administração direta da União, a título de Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais - CFEM.

Com a Constituição Federal de 1988 em seu § 1º, do artigo 20, houve a substituição do Imposto Único sobre Minerais - IUM, pela a CFEM. Essa determinação foi regulamentada pela Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, a qual estabelece que a compensação financeira pela exploração de recursos minerais, para fins de aproveitamento econômico, será de até 3% (três por cento) sobre o valor do faturamento líquido, resultante da venda do produto mineral, obtido após a última etapa do processo de beneficiamento adotado e antes de sua transformação industrial.

No caso das substâncias minerais de emprego imediato na construção civil, a Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, estabeleceu que fosse de 2% o percentual da CFEM e que para efeito do cálculo desta compensação esclarece que: faturamento líquido é o total das receitas de venda, excluídos os tributos incidentes sobre a comercialização do produto mineral, as despesas de transporte e de seguro. No que tange a competência para baixar normas e exercer a fiscalização sobre a arrecadação da CFEM, esta cabe exclusivamente ao DNPM, como previsto na Lei nº 8.876, de 2 de maio de 2004, que autorizou o Poder Executivo a instituir o DNPM como Autarquia.

O Código de Mineração determina que compensação financeira pela exploração de substâncias minerais deve ser lançada em documento próprio, contendo a descrição da operação que o originou, e seu pagamento deve ser efetuado mensalmente, até o último dia do segundo mês subsequente ao fato gerador, devidamente corrigido, através de Guia de Recolhimento da União - GRU, em qualquer agência bancária, até a data de vencimento.

Quanto aos tributos incidentes sobre a comercialização do produto mineral, sejam federais (PIS/PASEP e CONFINS) ou Estadual (ICMS), eles devem ser deduzidos da composição da base de cálculo da CFEM. De acordo com Quaresma (2009), a tributação recolhida por meio de Imposto sobre Circulação de Mercadoria e Serviços (ICMS), tributo estadual, tem alíquota geral incidente de 17%. Alguns estados têm leis aprovadas por suas Assembleias Legislativas que estabeleceram alíquotas mais baixas. Mudanças na legislação do PIS/COFINS fizeram com que a incidência dessas contribuições (aplicadas sobre o faturamento da empresa) passasse de 0,65% do regime anterior para 1,65% (PIS) e de 3% para 7,6% para o COFINS.

Na redefinição do sistema de arrecadação dos royalties da mineração, o governo federal definiu quatro grupos de bens minerais que desempenham papel importante na economia e, por isso, precisam receber tratamento diferenciado na nova legislação. A ideia principal é

taxar menos os minerais usados na construção civil e mais aqueles que, hoje, são exportados com pouca agregação de valor. Além disso, este plano envolve a preparação de medidas complementares para diminuir a carga de impostos dos itens usados na indústria de transformação. Os quatro grupos que receberão tratamento diferenciado são: os bens que concentram a maior parte do valor da produção mineral brasileira e são exportados na forma bruta ou semimanufaturada, tais como minério de ferro, bauxita e nióbio; os insumos minerais essenciais para desenvolvimento da indústria nacional, como cobre e níquel; os minerais não metálicos de fácil extração, que abastecem basicamente a construção civil, como os agregados minerais (areia e brita), argila e calcário; e as substâncias escassas no solo brasileiro usadas na produção de fertilizantes, como potássio, fósforo e fosfato. Há grandes distorções no tratamento tributário das substâncias minerais no Brasil, um bom exemplo é a exploração da areia e brita utilizada na construção civil, ser taxada da mesma forma que o níquel, cuja telada chega a custar mil vezes mais, realmente não faz sentido. A mudança nas regras dos royalties constitui apenas um dos três projetos de lei em elaboração pelo governo para reformular o marco regulatório do setor mineral. Os outros dois tratam da instituição do novo Código de Mineração, com as novas regras de concessão e lavra, e da criação da Agência Nacional de Mineração (ANM), que fará a fiscalização e o recolhimento da CFEM. Será definida uma margem de variação das alíquotas entre 0,5% e 8%. Hoje, cada mineral tem uma taxa fixa, que só pode ser alterada por meio de lei, com as mudanças, as alíquotas poderão variar, dentro da margem estabelecida na nova lei, por meio de decreto presidencial. Para o grupo formado por minerais de uso direto na construção civil – como os agregados (areia e brita), argila e calcário -, o governo federal prepara redução significativa de alíquota, passando de 2% para 0,5%. Isso além de movimentar a economia da Grande Natal possibilitará que esse segmento da mineração permita a expansão do mercado imobiliário (setor importante para o desenvolvimento da RMN) e conseqüentemente geração de emprego e renda. Neste trabalho de pesquisa não foram constatados incentivos fiscais ou financeiros por partes dos governos estaduais e municipais. A insatisfação dos governos (federal, estadual e municipal) com os produtos agregados para construção civil está relacionada ao alto grau de informalidade na produção desses minerais. A atividade é dominada por empresas de pequeno e médio porte, que exploram áreas próximas aos centros urbanos, já que a logística é o principal fator de elevação do preço no ponto de entrega, como já destacado nesta dissertação, a expectativa é que, com menores taxas de royalties e processo de outorga menos burocrático, o mercado seja estimulado a buscar a formalização.

Parte das mudanças será feita a partir da reformulação da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), que é o mecanismo usado na cobrança dos royalties. O restante dependerá de novas políticas de incentivo fiscal. As principais novidades integram o novo marco regulatório, em fase final de discussão na presidência da República (data desta pesquisa junto ao DNPM: 23/02/2012).

4.10 – FRAGILIDADES E DESAFIOS À SUSTENTABILIDADE DA METRÓPOLE.

A Região Metropolitana de Natal vem apresentando significativas transformações do ponto de vista físico (expansão da mancha urbana configurando um espaço urbanizado interligado por Natal), socioeconômico e político administrativo, em que se desenvolve um conjunto de atividades (produção, consumo, habitação, serviços, turismo, comunicações e outras). É nesse movimento de expansão urbana desenfreada que se revelam as fragilidades da metrópole no que tange a exploração e consumo sustentável de agregados minerais.

Dentre as fragilidades constatadas na RMN, se destacam:

- ❖ instabilidade na gestão ambiental onde se verificam avanços na questão ambiental em nível estadual, mas não existem estruturas adequadas na esfera municipal, além disso, inexistem ações integradas no plano regional. Considerando que a regulação do uso do solo é competência municipal, as ações de proteção ambiental definidas em plano estadual (como as áreas de proteção ambiental) têm desdobramentos muito frágeis no plano municipal. Esse problema é proveniente de inúmeros conflitos socioambientais que vão desde a ocupação orientada pelo mercado imobiliário à informalidade da habitação precária que se estende pelas margens de rios, dunas, linhas férreas, em áreas protegidas na RMN e até áreas com potencial para exploração de agregados minerais. Essas áreas são continuamente pressionadas pela expansão urbana e o lamentável é que uma parte considerável deles já está comprometida, como por exemplo, parte das áreas do Morro de Genipabu, das Dunas de Búzios, das Lagoas de Extremoz e Nísia Floresta, área potencial de rocha para brita em Macaíba, e manguezais do Rio Potengi;

- ❖ precariedade dos serviços de infraestrutura urbana devido ao baixo nível de investimento em esgotamento sanitário verificados em todos os municípios da RMN, inclusive na capital;
- ❖ desatualização do traçado da rede viária que não vem acompanhando as transformações do espaço metropolitano nos últimos anos, sobretudo a partir dos anos de 1980, quando se inicia o fenômeno metropolitano (como citado no subtítulo 2.2.5 – O Processo de Formação e Crescimento da Mancha Metropolitana). Só as redes viárias destinadas à exploração do turismo conseguem investimentos consideráveis;
- ❖ Fragilidade da Política Habitacional de Interesse Social, ou seja, para famílias com renda de até 2 salários mínimos. Na RMN este grupo de famílias representava 57,56% (2.2.4 – Trabalho e Renda), isso significa que mesmo que uma parte considerável da população tenha necessidade de adquirir um imóvel próprio, o baixo poder aquisitivo não permite que isto aconteça, sem que haja subsídio por meio de políticas públicas como, por exemplo, Programa “Minha Casa, Minha Vida”, do Governo Federal, que foi criado principalmente para diminuir o déficit habitacional e aumentar os investimentos na construção civil, produzindo dessa forma um estímulo ao crescimento do setor da construção e conseqüentemente do setor de agregados minerais. A dificuldade na implementação eficiente de programas desta natureza se deve a falta de integração da problemática habitacional com as prioridades nas agendas governamentais e realidade metropolitana, que ainda é muito presente.

- **Desafios à Sustentabilidade da Metr pole**

Nos últimos anos a Grande Natal vem atraindo um grande fluxo turístico nacional e internacional, principalmente para os municípios de Natal, Parnamirim e São Gonçalo do Amarante e em especial par as faixas litorâneas, definindo estas regiões como polos importantes do ponto de vista turístico e econômico, provocando nesta situação a expansão do setor de serviços, seja do parque hoteleiro, na oferta de restaurantes e bares, como também do setor imobiliário e comércio varejista em geral. Potencializado pela vocação turística, a expansão urbana e o conseqüente crescimento populacional trouxe grandes desafios para RMN no que tange ao consumo sustentável de bens minerais agregados, dentre eles se destacam:

- ❖ preservação ambiental, diante da expansão da mancha urbana e da exploração de recursos minerais agregados (areia e brita) que se encontram localizados nas proximidades ou dentro da Região Metropolitana. Essa ocupação do solo em muitos casos inviabiliza a exploração de depósitos minerais promissores em especial rocha para fabricação de brita utilizada na construção civil;
- ❖ Manutenção de preços competitivos das matérias-primas comercializadas, mesmo que sua exploração esteja cada vez mais distante do centro consumidor. Na medida em que ocorre a expansão urbana a exploração, em especial de areia, vai se deslocando para lugares mais distantes do centro de consumo, onerando o principal item envolvido nos custos, o transporte;
- ❖ Suprimento da demanda crescente por matérias – primas (agregados minerais), aquecida pela execução dos projetos previstos para os próximos anos, que são decorrentes do crescimento vislumbrado para RMN. Entre eles e em especial os projetos relacionados com a copa do mundo de 2014, já que Natal também será sede deste evento mundial.

Os principais projetos (com volumes financeiros consideráveis) que irão demandar quantidades expressivas de agregados na RMN nos próximos anos são:

- construção da arena potiguar “Arena das Dunas” para sediar alguns jogos da copa do mundo de 2014, terá capacidade para 45 mil pessoas. A previsão é de que o trabalho seja finalizado em dezembro de 2013. Os investimentos somam R\$ 528 milhões;
- projetos de mobilidade urbana (16 projetos) com financiamento de 386 milhões de reais do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), onde serão construídos elevados, túneis e corredores exclusivos para ônibus ao longo da BR-101 e Avenida Prudente de Moraes que levam ao estádio. As obras têm como propósito evitar os engarrafamentos e facilitar o acesso aos aeroportos e praias;
- construção de um novo aeroporto em São Gonçalo do Amarante a 11 quilômetros do

centro de Natal. Projetado para ser um aeroporto intermodal (passageiros e cargas), o complexo terá a maior pista de pouso do Nordeste e tem a pretensão de ser “o maior terminal da América Latina”. A pista de pouso e estacionamento de aeronaves estão prontas, mas falta concluir o terminal de passageiros, orçado em R\$ 650 milhões;

- construção de terminal de passageiros no porto de Natal (a obra custará R\$ 53,7 milhões e deverá ficar pronta em 2013). Atualmente os visitantes que embarcam nos cruzeiros são recebidos em armazéns improvisados de cargas;
- complexo Imobiliário Sustentável “Horizontes do Potengi”, investimento privado do grupo Coteminas, em São Gonçalo do Amarante, com conjuntos comerciais e residências para mais 12 mil pessoas; shopping center; hotel com 270 leitos, centro empresarial e centro de convenções, teatro, escola de ensino médio e fundamental. Com área total de 885 mil metros quadrados e área construída de 522 mil metros quadrados. Orçado em R\$ 1 bilhão a intenção é de inaugurar a primeira parte do empreendimento (que custará entre R\$ 500 milhões e R\$ 600 milhões) antes da Copa de 2014;
- construção de acessos ao aeroporto de São Gonçalo do Amarante pelas BRs 101, 304 e 407 (com previsão de conclusão em 2013), que possibilitará também uma saída para a Zona de Processamento de Exportação (ZPE), de Macaíba, investimento orçado em R\$ 73 milhões;
- Outra proposta em andamento é a dinamização da malha ferroviária, com destaque para a viabilidade da elaboração e execução de projetos do transporte de massa (Trem Metropolitano), interligando-se num complexo intermodal de modo a assegurar acessibilidade, conforto e preços competitivos à população. Atualmente não há projetos concretos/aprovados neste sentido para RMN.

Fontes: BNDES, Jornal Diário de Natal e Informativos online: Jogos Limpos, blog Santo Antônio Oficial.

A execução dos projetos citados anteriormente, prevista para os próximos anos e intensifica entre 2012 e 2016 (com incremento no PIB da RMN de 2,69 bilhões, nestes 5 anos), irá alavancar o setor de agregados para construção civil na RMN, além de minorar parte das fragilidades citadas anteriormente.

4.11 – PROJEÇÃO DA DEMANDA POR AGREGADOS NA RMN PARA OS ANOS DE 2012-2027.

O consumo de agregados (areia e brita) pode ser considerado como um bom indicador do nível de desenvolvimento econômico e social de um povo. Nestes termos a estimativa de desenvolvimento sócio-econômico de uma região (crescimento do PIB e da população, principalmente) representa um excelente indicador para estimativa de demanda por bens minerais agregados. Fazendo uma análise mais ampla dos indicadores econômicos relativos ao PIB, balança comercial e de pagamentos, além de política fiscal e monetária, cabe destaque, o histórico crescimento do PIB brasileiro a partir da década de 1970. Nesta década o Brasil teve um crescimento real de 129% (8,6% ao ano), proporcionando uma expansão de 80% na renda per capita (6,0% ao ano). Já na década de 1980, o crescimento foi de 17% no PIB (1,6% ao ano, em termos reais), como a população cresceu 23% neste período, houve uma queda 5,4% renda per capita real. Na década de 90 (iniciada com queda de 3,8% no PIB, entre 1989 e 1992), ocorreu ocorre uma retoma modesta na trajetória de crescimento, com uma taxa média 2,8% ao ano. Na década de 2000, é observado um crescimento real do PIB, à taxa de 32% (3,6% ao ano) e do PIB per capita a 2,3% ao ano. Ao considerar o crescimento do PIB brasileiro entre 1970 e 2008, sua taxa média de crescimento real atingiu 4,1% ao ano.

Utilizando apenas os anos mais recentes 2002/2009 o crescimento real do Brasil foi de 27,5%, isto corresponde uma taxa média de 3,5% ao ano. Este resultado não foi acompanhado por sete estados, entre eles o Rio Grande do Norte, cujo crescimento foi de 24,6%, ou seja, 3,2 % ao ano. Na série, o estado potiguar apresentou o pior crescimento em termos de evolução do volume acumulado do PIB do Nordeste, que teve 32,8% ou 4,1% ao ano. A participação do estado no PIB nacional também pouco evoluiu nesse período, se mantendo entre 0,8% e 0,87%. O mesmo ocorreu para RMN com a contribuição variando entre 0,42% e 0,45%, em média 0,43% ao ano. No período 2003/2011, o Brasil apresentou um crescimento real melhor, acumulando 41% (3,89 % ao ano).

De acordo com a metodologia adotada para projeção da Demanda por Agregados na RMN (subtítulo: 3.5 – Metodologia da Projeção da Demanda por Agregados na RMN, página 103) no Quadro 15, são apresentadas as estimativas de crescimento real da economia da RMN, por período, 2012 a 2017, 2016 a 2022 e 2022 a 2027.

Indicador Econômico (Produto Interno Bruto - PIB)	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
	Frágil	Vigoroso	Inovador
	Instabilidade e Retrocesso	Estabilidade e Reformas	Estabilidade, Reformas e Inovação
Periodicidade	Crescimento do Produto Interno Bruto - PIB (% , ao ano)	Crescimento do Produto Interno Bruto - PIB (% , ao ano)	Crescimento do Produto Interno Bruto - PIB (% , ao ano)
2012 a 2017	3,0	4,2	5,2
2017 a 2022	2,2	4,5	6,3
2022 a 2027	1,7	4,7	7,8

Quadro 15 – Cenários para o Futuro da Economia da RMN e Projeções de indicadores Econômicos de crescimento real (2012 a 2027).

Nota: adaptado de RT 01 Cales, Gilberto (2009).

As Figuras 99, 100 e 101 apresentam os gráficos com as projeções para demanda de areia, brita e a soma destes dois agregados para construção civil, de acordo com os cenários propostos: Cenários 1, 2 e 3.

- **Cenário 1 (Frágil)**

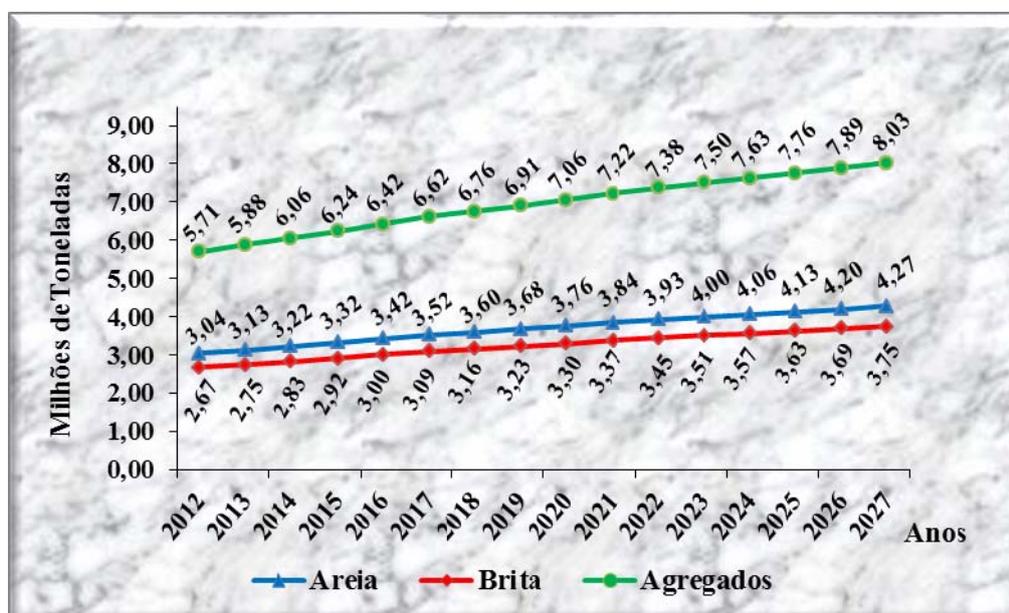


Figura 99 – Projeção da demanda por agregados minerais (areia e brita) na RMN, cenário 1.

Fonte: Calculado pelo autor.

- Cenário 2 (Vigoroso)

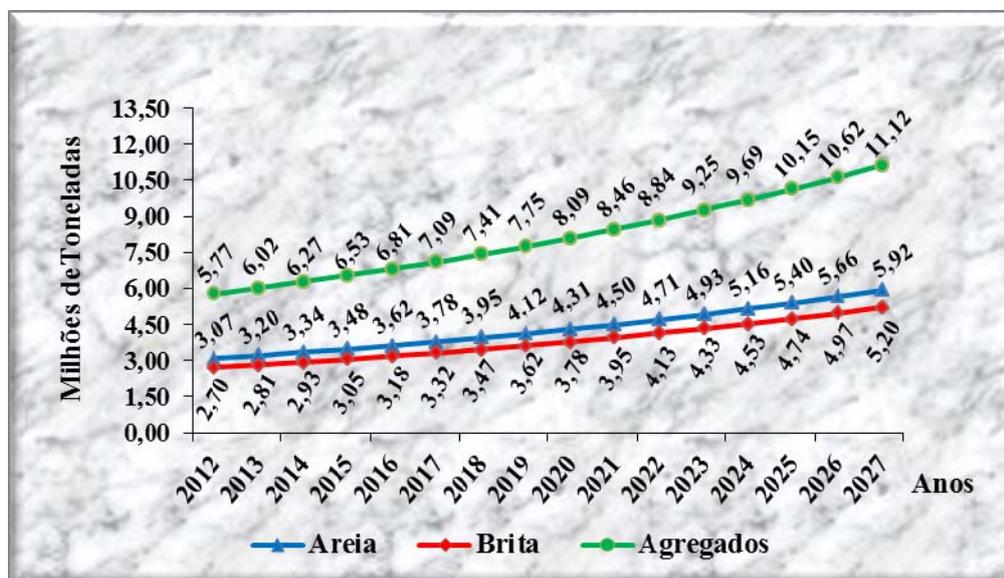


Figura 100 – Projeção da demanda por agregados minerais (areia e brita) na RMN, cenário 2.

Fonte: Calculado pelo autor.

- Cenário 3 (Inovador)

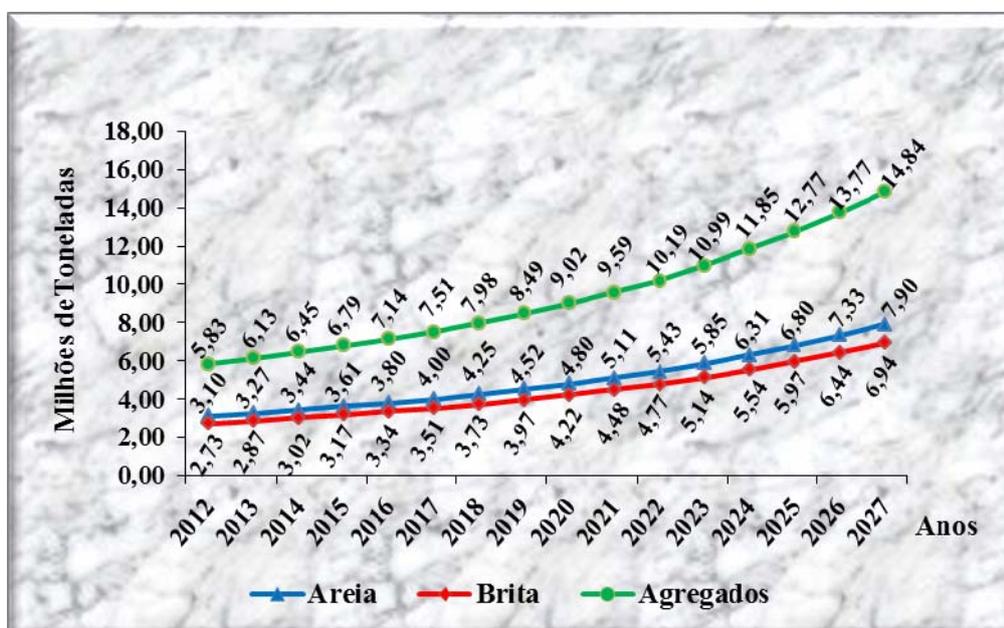


Figura 101 – Projeção da demanda por agregados minerais (areia e brita) na RMN, cenário 3.

Fonte: Calculado pelo autor.

De acordo com os gráficos dos cenários 1, 2 e 3, a demanda por brita e areia no cenário 1, na RMN em 2027, deverá ser de 4,27 milhões e 3,75 milhões de toneladas respectivamente,

totalizando 8,03 milhões de toneladas de agregados minerais por ano. No caso do cenário 2 estes valores sobem para 5,20 milhões de toneladas de brita e 5,92 milhões de toneladas de areia ou 11,12 milhões de toneladas de agregados. Por fim o cenário 3 estima um demanda de 6,94 milhões de toneladas de brita e 7,90 milhões de toneladas para areia, somando 14,84 milhões de toneladas anuais de agregados para construção civil.

No intuito de definir a carência ou não de areia e brita entre os anos de 2011 (ano-base) e 2027, conforme os três cenários projetados e diante das reservas conhecidas atualmente (informadas pelos produtores de brita), foram realizados os somatórios das demandas anuais, projetadas para cada cenário, entre 2011 e 2027, obtendo os resultados apresentados no quadro 16.

Demanda por Areia e Brita no Período - 2011 - 2027 (em milhões de toneladas)			
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Areia	62,09	72,11	82,48
Brita	54,51	63,31	72,41

Quadro 16 – Demanda total estimada para o consumo de areia e brita na RMN, 2011/2027.

Fonte: Calculado pelo autor.

De acordo com o quadro 16, em todos os cenários a reserva de rocha para brita atende a demanda projetada para o consumo de brita até 2027, sendo que no cenário 3 a situação é mais crítica, pois as reservas conhecidas e lavráveis que estão estimadas em 78.200.000 de toneladas (recuperação de 85% dessas reservas) estarão próximas da exaustão.

Levando em consideração a capacidade média instalada das pedreiras (50%), o atendimento da demanda por brita estará comprometido, caso não haja ampliação das instalações, nos anos: cenário 1 (não haverá problema no período estudado); 2027 no cenário 2; e com situação mais crítica 2024, no cenário 3. No caso da areia não foi possível realizar uma análise quantitativa, pelo fato de não haver um levantamento ou estimativa de reserva tanto nos rios quanto nas áreas de depósitos eólicos, no entanto se for implementada a sugestão/solução de diversificação das fontes de recursos (rios ou depósitos aluvionares e áreas de cobertura arenosa), diminuindo conseqüentemente a grande dependência atual dos rios (85%), sem dúvida não haverá problema de suprimento de areia no período projetado (2012 – 2027).

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados dessa pesquisa permitiram a elaboração de algumas conclusões importantes a respeito dos objetivos específicos propostos no início deste trabalho, conforme a seguir:

i) Os agregados normais e naturais (areia e brita) – estes agregados são os que possuem Massa Específica Aparente (γ) entre 1000 kg/m³ e 2000 kg/m³, foco deste trabalho, representam quase a totalidade dos insumos consumidos como agregados para construção civil na RMN. A ideia sustentável de utilizar agregados reciclados ou artificiais (obtido de rejeitos, subprodutos da produção industrial, mineração, processo de construção ou demolição da construção civil) ainda é incipiente na RMN, mas vem ganhando espaço, motivada principalmente pela busca crescente por agregados minerais na região. Um exemplo da utilização atual dos agregados artificiais na RMN está na construção do estádio (Arena das Dunas) que irá receber alguns jogos da Copa do Mundo de Futebol em 2014, onde todo entulho proveniente da demolição do ginásio, Machadinho, e seu “vizinho”, o estádio Machadão, será reaproveitado e utilizado na própria construção da Arena das Dunas.

ii) Análise do setor e suas particularidades - o setor de agregados na RMN possui algumas particularidades tais como: facilidades de escoamento da produção, através da disponibilidade de vias de acesso aos jazimentos, baixo custo operacional de extração, devido à pequena espessura do capeamento (na produção de brita). Quanto à distância de transporte da produção, economicamente viável, chega a 70 km para brita e 65 km para areia. Cerca de 65 % do volume de brita consumida pela Grande Natal é transportado por meio de caminhões basculantes rodoviários ou caçambas das próprias pedreiras, os 35 % restantes fica a cargo de terceiros. No caso das areias o transporte é quase 100% realizado por terceiros. A produção de areia é cerca de 85% provenientes de áreas localizadas nos leitos dos rios (depósitos aluvionares) Pontengi, Trairi e Araraí, e os 15% restantes vêm dos terraços denominados de depósitos eólicos.

iii) As áreas produtoras, principais jazidas e qualidade dos materiais e áreas potenciais - para o suprimento de (brita) da RMN existem cinco áreas produtoras, sendo que três destas áreas estão localizadas na própria região metropolitana e as duas restantes fora dela, mas no limite da área delimita para este trabalho (20 km, além do limite da RMN). Estas áreas pertencem a três empresas de mineração, são elas: Campel Construções e Máquinas Pesadas Ltda.,

Pedreira Potiguar Ltda., Serrinha Indústria e Comércio Ltda. Foram visitadas 40 áreas/pontos de produção de areia, sendo que destes 28 (70 %) estavam produzindo e os 12 (30 %) restantes estavam parados temporariamente. Dos 28 areiais em produção 11(39,2 %) estavam localizados fora da RMN. As reservas estimadas de rochas para brita (medidas + indicadas) totalizam 92.000.000 t. Levando em consideração a produção média anual, levantada por este estudo em 2011, que foi de 2,6 milhões de toneladas e uma recuperação de 85% dessas reservas (reservas lavráveis), obtém-se uma vida útil de 30 anos, sem contar com as reservas potenciais não avaliadas. No caso das areias, não há dados oficiais ou informais disponíveis atualmente no que tange a reservas do bem mineral. A avaliação qualitativa dos insumos ou produtos comercializados revelou que a rocha proveniente da localidade de Serrinha de Cima possui menor capacidade de absorção, e menor suscetibilidade à alterabilidade do material. Enquanto que o material de Jundiáí revelou maior possibilidade de formação de hidróxidos, sobremodo de cálcio, na forma de geles, que caracterizam a patologia de concretos em paredes de barragens conhecida como reação Reação Álcali-Silicato (RAS). Os índices físicos das amostras ensaiadas dos materiais provenientes de Serrinha de Cima e Jundiáí apresentaram valores de massa específica de média a baixa, densidade e índices de porosidade e absorção medianos, indicando capacidade de absorção de água mediana e boa coesão da rocha, sem restrições para produção de brita. Quanto às areias, os resultados revelaram conteúdos predominantemente quartzosos, granulometria fina a muito fina, na fração silte, que resulta num agregado miúdo de maior resistência à compressão quando aplicado como argamassa e/ou agregado miúdo aos concretos. As áreas potenciais de rochas para brita estão localizadas nos municípios de São Gonçalo do Amarante (nas localidades de Serrinha de Baixo e Serrinha do Meio), Macaíba (próximo da localidade de Jundiáí), Monte Alegre (próximo da localidade de Quatro Bocas), Ielmo Marinho (nas proximidades da localidade de Barbará) e Taipu (nas proximidades da fazenda Serra Pelada). No caso das areias a oferta de recursos provenientes destas fontes, localizadas na RMN, já não são suficientes para atender o consumo anual da Grande Natal, torna-se indispensável a determinação de novas áreas potenciais como as localizadas ao longo do rio Ceará-Mirim. No entanto, para garantir com segurança o atendimento da necessidade crescente da população por esse bem mineral, é imprescindível à diversificação das fontes de suprimento. Isto será possível com a exploração das áreas potenciais de depósitos eólicos. Estes jazimentos volumosos nos municípios de Ceará-Mirim, Nísia Floresta e Maxaranguape (na divisa com Ceará-Mirim). Contudo, um estudo detalhado sobre recursos e reservas na área de estudo se mostra necessário.

iv) Grau de tecnologia dos equipamentos, insumos e matéria-prima utilizados no processo produtivo das empresas do setor - o nível de tecnologia empregada nas instalações das pedreiras da área estudada está compatível com o das pedreiras da região Nordeste ficando um pouco atrás das empresas do Sudeste (principalmente as grandes pedreiras localizadas no Estado de São Paulo) onde há maior demanda/faturamento e conseqüentemente maiores investimentos em segurança, meio ambiente e na otimização do processo produtivo. No caso das areias, a situação se repete.

v) Principais produtos comercializados, destino da produção e preços praticados – dentre os produtos os mais comercializados pelas pedreiras são: brita “00” = 12,5 mm; brita” 01” = 19 mm (-3/4" a + 3/8"); brita” 02” = brita 25 mm (-1 e +3/4"); brita” 03” = brita 38 mm (-1^{1/2}" e +1"); pó de pedra (-3/16"); cascalhinho (-3/8" e +3/16"); e a brita graduada simples (BGS). O que define a produção de um ou outro tipo é a necessidade do mercado. Os tipos de areias comumente comercializadas pelos produtores, conforme a origem, na RMN, são as provenientes de depósitos aluvionares (rios) e as provenientes de depósitos eólicos (cobertura arenosa). O tipo de areia mais comercializa, conforme classificação, é na sequencia: areia média, grossa e fina. O destino dos produtos é praticamente 100% destinado ao suprimento da área de estudo. Os preços praticados no comércio de brita variam conforme o local de comercialização, onde o preço médio nas frentes de lavra (ROM) é de R\$ 49,00/m³ ou R\$ 30,00/t, nas concreteiras chega por R\$ 65,00/m³ ou R\$ 39,00/t e no varejo/casa de materiais de construção pode chegar por R\$ 95,00/m³, dependendo do tipo de material. Com as areias não é diferente, onde o preço médio nas frentes de lavra (ROM) é de R\$ 10,00 /m³ ou R\$ 7,00 /t, nas concreteiras chega por R\$ 21,00 /m³ ou R\$ 14,00 /t e no varejo/casa de materiais de construção pode chegar por R\$ 18,00 /m³ ou R\$ 12,00 /t.

vi) Os métodos de gerenciamento de qualidade e ações para preservação do meio ambiente utilizados pelas empresas – Na minoria das unidades produtoras de brita há um controle mínimo dos impactos causados pelas atividades relacionadas com a exploração da rocha para brita, no entanto alguns impactos são observáveis em todas, como por exemplo, poluição sonora e vibrações provenientes das detonações, emissão de poluentes atmosféricos pelos equipamentos de lavra (CO₂, etc.), impacto paisagístico e excesso de material particulado no ar por falta de uma frequência maior das atividades de umectação de vias com caminhão-pipa e aspersão de água nos locais destinados ao processo de beneficiamento. Estes problemas refletem de forma negativa na qualidade de vida dos trabalhadores das empresas e da população que vive no entorno dessas unidades de produção. Quando se trata da extração de areia a situação se torna mais grave, pois, não existe controle dos impactos ambientais

causados pelas atividades nos areiais, muito menos há aplicação de ações mitigadoras visando o bem estar dos trabalhadores envolvidos nos processo de produção.

vii) A mão de obra absorvida pelo setor e grau de especialização – Nas diversas atividades (lavra, processamento, administração, etc.) das cinco pedreiras da área estudada são gerados 165 empregos diretos e com carteira assinada, isto representa uma média de 33 funcionários por empresa, destes a maior parte trabalha na lavra e no beneficiamento (80 %) o restante do pessoal cerca de 20 % no setor administrativo. A maioria possui apenas o ensino fundamental incompleto. Já a mão de obra direta empregada para a execução e realização dos trabalhos de lavra nos areias considerando que na época da pesquisa existiam 28 áreas em plena atividade, era de pelo menos 56 trabalhadores, com jornada de trabalho mínima de 8h diárias de segunda a sexta com meio expediente no sábado. A maioria dos auxiliares de campo possui no máximo a 8º série do primeiro grau.

viii) Principais estratégias de concorrência de mercado e principais dificuldades enfrentadas pelo setor de agregados para construção civil – do ponto de vista da concorrência, o mercado de agregados na RMN é bastante exposto (praticamente não há grandes segredos) uma vez que há poucos grupos atuantes na região. Entretanto os maiores produtores, tanto de brita quanto de areia evitam tratar de assuntos relacionados com custos de produção, negociação de preços dos produtos, contratos com clientes e capacidade dos equipamentos envolvidos na produção, alegando estratégia de concorrência. Quanto às dificuldades apresentadas pelos produtores, estas são diversas, uns estão mais, outros menos satisfeitos, mas em um ponto todos concordam e defendem, a redução da alíquota da CFEM como uma questão de justiça social, uma vez que o percentual da compensação financeira para areia e brita é bem superior ao de pedras preciosas (0,2%) e de ouro (1%). Com a instituição do novo Código de Mineração Brasileiro (em tramitação no Congresso Nacional) o grupo formado por minerais de uso direto na construção civil – como os agregados (areia e brita), argila e calcário -, deverá ter redução significativa de alíquota, passando de 2% para 0,5%. Isso além de movimentar a economia da Grande Natal, permitirá que esse segmento da mineração sustente a expansão do mercado imobiliário, que é um setor importante para o desenvolvimento e geração de emprego e renda.

ix) Situação atual do setor de agregados para construção civil na RMN e os desafios a serem enfrentados visando alavancagem da produção – o setor da construção civil vem experimentando um excelente momento de crescimento em todo Brasil, e na RMN não seria diferente, fato comprovado neste trabalho, no qual se verificou o fluxo regular e diário de caminhões transportando areia e brita para as diversas obras em andamento (edifícios

residências, obras de estradas, condomínios, etc.) espalhadas por todos os municípios da Grande Natal, principalmente para os de maiores economias (Natal, Parnamirim e São Gonçalo do Amarante). O principal desafio é atender a este crescimento de forma sustentável, isto é, obter conhecimento suficiente sobre os recursos economicamente viáveis, proteger sua integridade diante da expansão urbana, com vistas a atender o consumo atual e futuro da população, e concomitantemente mitigar os impactos causados pelas atividades decorrentes da exploração desses recursos.

x) Estimativas de demanda atual e futura por areia e brita na RMN – De acordo com estimativas de demanda por agregados nos cenários propostos, em todos eles a reserva de rocha para brita atende a demanda projetada para o consumo de brita até 2027, sendo que no cenário 3 a situação é mais crítica. Considerando a capacidade média instalada das pedreiras (50%), e o nível de consumo atual (ano de 2011), a capacidade de atender a demanda da RMN pelas pedreiras estará comprometida caso não haja ampliação de suas instalações nos próximos anos. No cenário 1, não haverá problema no período estudado, no cenário 3, ocorrerá problema no ano 2024, e no cenário 2, ocorrerá problema no ano 2027.

No caso da areia não foi possível realizar uma análise quantitativa pelo fato de não haver um levantamento ou estimativa de reserva. No entanto se for implementada a sugestão/solução de diversificação das fontes de recursos diminuindo conseqüentemente a grande dependência atual dos rios (85%), sem dúvida não haverá problema de suprimento no período projetado.

xi) Recomendações para uma produção sustentável futura de agregados minerais na RMN – a concentração populacional da RMN é tendência inevitável, e isto provocará uma disputa por espaço entre a produção de brita, areia e as construções habitacionais. Dessa forma, a continuidade do aproveitamento dos recursos/reservas localizadas nesta região, dependerá da adoção de medidas preventivas pelos órgãos de gestão e fiscalização, onde o sucesso na implementação destas ações, só virá com a criação efetiva de projetos neste sentido pelos gestores públicos, em conjunto com os empresários e com participação efetiva da população.

Os projetos devem incluir:

- a) preservação da extração das reservas existentes, bem como a preservação das áreas no entorno das pedreiras, evitando que o crescimento urbano desordenado inviabilize o aproveitamento dos bens minerais agregados;
- b) ações ou medidas que proporcionem o aumento da fiscalização nas obras de construção

civil sejam públicas ou privadas de forma a evitar o uso de materiais inadequados ou de baixa qualidade na construção, obrigando desta forma o uso mais racional dos recursos minerais por parte dos mineradores, uma vez que estes serão obrigados a realizar pesquisas geológicas com maiores detalhes e ensaios tecnológicos dos materiais;

c) exigências de adoção de novas técnicas de lavra que permitam o aproveitamento de brita e areia de forma a obter produtos e subprodutos mais valorizados e com menor impacto ao meio ambiente e recuperação adequada das áreas lavradas;

d) recuperação adequada das áreas lavradas, com uma boa conformação da topográfica e ambiental, possibilitando o seu aproveitamento futuro e ampliando o apoio social à mineração; e

e) ordenamento territorial em que as atividades extrativas dos agregados minerais sejam consideradas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATED MINERALIZATIONS - ISGAM, 1, 1987, Salvador. Extended abstracts. Salvador: Superintendência de Geologia e Recursos Minerais - SGM, 1987. 298p. p.103 – 110.

ALMEIDA, R. O. P. O. **Revisitação de áreas mineradas: estudo dos procedimentos aplicados em minerações de areia.** São Paulo, 2002. 160p. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.

ALMEIDA, S. L. M. de; LUZ, A. B. da (Ed.). **Manual de agregados para construção civil.** Rio de Janeiro: CETEM, 2009. 228 p. il. ISBN 9788561121457

AMARAL, R. F. **Contribuição ao estudo da evolução morfodinâmica do litoral oriental Sul do Rio Grande do Norte, entre Ponta de Búzios e Baía Formosa.** Porto Alegre, 2000. 252 p. il. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, PPGeo/IGEO/, 2000.

AMARAL, R. F.; DINIZ FILHO, J. B.; FONSECA, V. P. Degradação ambiental na cidade do Natal: aspectos geomorfológicos e hidrogeológicos. **IG. Série B, Estudos e Pesquisas**, Recife, PE, v. 15, p. 102 - 113, 2005.

ANDRADE, T. Histórico de casos de RAA ocorridos recentemente em fundações de edifícios na Região Metropolitana do Recife-PE. In: SIMPÓSIO SOBRE REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO, 2, 2006, Rio de Janeiro. São Paulo: IBRACON, 2006. 1 CD-ROM.

ANEPAC. - Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil. **Agregados.** São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://anepac.org.br/wp/agregados/brita/>>. Acesso em: 29 nov. 2011.

ANEPAC - Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para a Construção Civil. . A mineração de agregados e o desenvolvimento sustentável. Disponível em:<<http://www.fiepr.org.br/fiepr/conselhos/mineral/uploadAddress/14%20fernando%20valverde%5B21316%5D.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2010.

ANGELIM, L. A. de A. (org.) et al. **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte. Escala 1:500.000:** Texto explicativo dos mapas geológico e de recursos minerais do Estado do Rio Grande do Norte. Recife: CPRM/ SEDEC-RN/FAPERN, 2006. 119 p.

ARAUJO, et al. **Apostila Didática: materiais de construção civil – Aglomerantes**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. P. 18-37. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/dau/profs/edmund/aglomer_antes.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2011.

ARISTIDES, K. **Concreto asfáltico**. Grupo de: Alunos do 4º. Semestre do curso de Engenharia Civil da Universidade Paulista – UNIP. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/38776499/concreto-asfaltico>>. Acesso em: 17 dez. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 2009. 9p.

_____. **NBR 15577-1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto**. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 2005. 11p.

_____. **NBR 7225: Materiais de pedra e agregados naturais – terminologia**. Rio de Janeiro, 1993. 4p.

_____. **NBR NM 66: Agregados – Constituintes mineralógicos dos agregados naturais – terminologia**. Rio de Janeiro, 1998. 9p.

_____. **NBR 7389: Apreciação petrográfica de materiais naturais, para utilização como agregado em concreto**. Rio de Janeiro, 2009. 5p.

_____. **NBR 9935: Agregados – terminologia**. Rio de Janeiro, 2011. 12 p.

_____. **NBR 7207: Terminologia e classificação de pavimentação**. Rio de Janeiro, 1982. 3 p.

_____. **NBR/CB-02: Resistência à compressão simples (Projeto 02:105.45-002)**. Rio de Janeiro, 2009. 33p.

_____. **NBR/CB-02: Resistência ao impacto do corpo duro (Projeto 02:105.45-002)**. Rio de Janeiro, 2009. 33p.

_____. **NBR NM 248/2003: Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003. 6p.

_____. **NBR 46/2003: Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem.** Rio de Janeiro, 2003. 6p.

_____. **NBR 7218/2010: Agregados — Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis.** Rio de Janeiro, 2010. 3p.

_____. **NBR NM 52/2009; Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente.** Rio de Janeiro, 2009. 6p.

BLOG SANTO ANTÔNIO.. Disponível em: < <http://santoantiooficial.blogspot.com.br/2012/02/aeroporto-de-sao-goncalo-tera-fundacoes.html> >. Acesso em 20 abr.2012.

BRODANI, V., PINHO, R. **Apostila:Infraestruturade Transportes – Material Didático.** Santa Maria: UFSM, 2011. Disponível em: < http://www.ufsm.br/engcivil/Material_Didatico/TRP1002_Mat_para_infraentrutura_de_transp/notas_de_aula/Poligrafo_Mat_Infra_Estrut_Transp.pdf >. Acesso em: 17 dez. 2011.

DNPM. **Cadastro mineiro.** Brasília, Brasília, 2011. Disponível em: < <http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=62&IDPagina=40> > Acesso em: 28 fev. 2011.

CAVALCANTI, A. J. T.; AMARAL, C. K.; SBRIGHI, C.; SALLES, F. M. Reações expansivas em estruturas de concreto. **Revista Concreto**, IBRACON. n. 39, p. 30-32. jun/jul/ago.ISSN 1806-9673. 2005.

CAMPOS, E. E. et. al. **Agregados para construção civil no Brasil: Contribuições para Formulação de Políticas Públicas.** Belo Horizonte: Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral/Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC, 2007.

CONSTRUINDO. Site de informações sobre materiais de construção. Disponível em: < <http://www.construindo.com.br/et/diversos.html> >. Acesso em: 16 dez. 2011.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **GEOBANK.** Salvador, 2011. Disponível em: < <http://geobank.sa.cprm.gov.br/> >. Acesso em 16 fev. 2011

CRUZ, M. O. **Definição, importância e classificação dos agregados.** Disponível em: < <http://marciolicruz.files.wordpress.com/2009/06/ete-agregados.pdf> >. Acesso em 08 jun. 2011.

CRUZ, T. T. **Caracterização de depósitos de areia da Bacia Sedimentar de Taubaté para fabricação de vidros.** São Paulo, 2010.

DIAS, M. V. F. **Panorama da indústria de artefatos de concreto, cimento e fibrocimento no Paraná.** Arquivo digital Disponível em: <
www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/publicacoes/relatoriosconcluidos/REL_FIM_ARTEF_TAOB_BAK_211108.pdf>. Acesso em: 16 maio 2011.

DNPM. **Guia do minerador regime de licenciamento.** Recife, 2011. Disponível em: <
http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/Port_266_08.htm> Acesso em: 17 ago. 2011.

DNPM. Sumário Mineral Brasileiro. **Agregados para construção civil.** Brasília, 2011. Disponível em: <
https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=4544>. Acesso em 30 jun. 2011.

_____. **Anuário Mineral Brasileiro, 2001.** Brasília, 2001. Disponível em: <
<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>. Acesso em: 23/12/2011.

_____. **Anuário Mineral Brasileiro, 2002..** Brasília, 2002. Disponível em: <
<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>. Acesso em: 23/12/2011.

_____. **Anuário Mineral Brasileiro 2003.** Brasília, 2003. Disponível em: <
<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>. Acesso em: 23/12/2011.

_____. **Anuário Mineral Brasileiro, 2004.** Brasília, 2004. Disponível em: <
<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>. Acesso em: 23/12/2011.

_____. **Anuário Mineral Brasileiro, 2005.** Brasília, 2005. Disponível em: <
<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>. Acesso em: 23/12/2011.

_____. **Anuário Mineral Brasileiro, 2006.** Brasília, 2006. Disponível em: <
<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>. Acesso em: 23/12/2011.

_____. **Anuário Mineral Brasileiro, 2010**. Brasília, 2010. Disponível em: < <http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66> >. Acesso em: 23/12/2011.

DIÁRIO DE NATAL. **Jornal Diário de Natal** (edição Online). Natal, 2012. Disponível em: < http://www.diariodenatal.com.br/2012/02/25/economia1_0.php >. Acesso em: 20 abr. 2012.

DINIZ FILHO, J. B.; MELO, J. G. Potencialidades hidrogeológicas e aspectos da vulnerabilidade e riscos de contaminação dos aquíferos no Vale do Ceará Mirim/RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13. , 19-22 out. 2004, Cuiabá. **Livro de resumos**. Cuiabá: ABAS, 2004. 307 p.

FADE. **Diagnóstico para o plano estratégico Natal**: uma metrópole em formação. Relatório temático da dimensão Socioeconômica, volume 2. Recife, 2006. Disponível em:< <http://www.natalmetropole.rn.gov.br/html/peds/produtos.html> >. Acesso em 19 out. /2010.

_____. **Diagnóstico para o plano estratégico Natal**: uma metrópole em formação. Relatório temático da dimensão Físico-Territorial, volume 3. Recife, 2006. Disponível em: < <http://www.natalmetropole.rn.gov.br/html/peds/produtos.html> >. Acesso em 18 out. 2010.

_____. **Plano estratégico de desenvolvimento sustentável para Região Metropolitana de Natal, 2006**. Disponível em: < <http://www.natalmetropole.rn.gov.br/html/peds/produtos.html> >. Acesso em: 30 set.2010.

FERREIRA, G. E. ; SILVA, V. S. **Estudo do mercado nacional de agregados**, 2003. P.1-15 (Relatório de pesquisa).

FRAZÃO, E. B. Panorama da produção e aproveitamento de agregados para construção. Arquivo digital 2004. Disponível em:<http://www.cetec.br/agregados/plano_agregados.htm>. Acesso em: 05 set. 2011.

FRAZÃO, E. B. **Tecnologia de rochas na construção civil**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 2002. 132 p.

FRAZÃO, E. B., PARAGUASSU, A. B. Materiais rochosos para construção. In: OLIVEIRA, A. M. S., BRITO, S. N. A. de **Geologia de engenharia**. São Paulo, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. . p. 331-342.

FREIRE, J. A. **Economia do RN**. – Blog – Indicadores Econômicos do RN, outubro de 2011. Disponível em: < <http://economia-do-rn.blogspot.com/> > Acesso em 02 nov./11/2011.

FIPE - Diretrizes **para a mineração de areia na Região Metropolitana de São Paulo**, 2010. Disponível em: < <http://www.fiesp.com.br/construbusiness/pdf/anepac-anepac-integratutirao-que-pretende.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2011.

FJP. Fundação João Pinheiro – **Centro de Estatística e Informações – déficit habitacional do Brasil 2008**. Minas Gerais, 2009. Disponível em: < <http://www.fjp.gov.br/index.php/servicos/81-servicos-cei/70-deficit-habitacional-no-brasil>>. Acesso em: 23 dez. 2011.

GOOGLE/IMAGENS. **Site de busca de imagens na internet**. Disponível em: < <http://www.google.com.br/imghp?hl=pt-BR&tab=wi>>. Acesso em 22 jun. 2011.

GONÇALVES, J. C.; MOREIRA, M. D.; BORGES, V. P. **Materiais de construção Civil na Região Metropolitana de Salvador**. Salvador: CPRM, 2008. 53 p. 1 mapa, color., Escala 1.150.000. (Informe de Recursos Minerais. Série Rochas e Minerais Industriais, 2). Programa Geologia do Brasil.

IBGE. **Área Territorial Oficial, Resolução nº 5 de 10 de outubro de 2002**. Disponível em : <ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/cartografia/areaterritorial/pdf/areas_2001_24.pdf>. Acesso em 14 out. 2010.

_____. **Estimativas da população para 1º de julho de 2009**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2009/POP2009_DOU.pdf> Acesso em 14 out. 2010.

_____. **Base de dados do produto interno bruto dos municípios 2003-2007**. Disponível em:<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pibmunicipios/2003_2007/default.shtm>. Acesso em 08 nov. 2010.

IBRAM – Estatísticas – Produção por minério (Agregados), 2010. Disponível em:<<http://www.ibram.org.br/>>. Acesso em 01 jul. 2011.

IBDA. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura. **Fórum da construção**. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php? a=31&Cod=44>>. Acesso em 15 nov. 2011.

IFMG. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. Campus Ouro Preto. **Apostila materiais de construção civil - Aula – 2 – aglomerantes**. Ouro Preto, 2100. p.1-38. Disponível em:< <http://pt.scribd.com/doc/48964451/Aula-02-Aglomerantes->>. Acesso em: 15/12/2011.

IDEMA. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte Site do IDEMA-Núcleo de Gestão de Unidades de Conservação. Unidades de Conservação, 2011. Disponível em: <http://www.idema.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/idema/unidadesde_conservacao/gerados/ucs_conceito.asp>. Acesso 06 nov. 2011.

JOGOS LIMPOS. **Projetos Jogos limpos** (Online). Disponível em: <<http://www.jogoslimpos.org.br/destaques/bndes-aprova-r-396-milhoes-para-arena-das-dunas-em-natal-estadio-esta-50-mais-carro-previsa-o-inicial/>>. Acesso em: 20 abr. 2012.

KIHARA, Y. Reação álcali-agregado: mecanismo, diagnose e casos brasileiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIMENTO, 1993, São Paulo. São Paulo: ABCP, 1993. v. 1, p. 319 -337.

MARTINS, A. et al. Cimento Itambé. Apostila treinamento de mão de obra para Construção Civil, 2008. p.1-23. Disponível em:<<http://pt.scribd.com/doc/62373431/apostila-sobre-cimentos>>. Acesso em: 15 dez. 2011.

MERIGHI, J. V. **Apostila: estradas II - Aula 1, estruturas de pavimento**, 2004. Disponível em: <<http://meusite.mackenzie.com.br/pavimento/>>. Acesso em:17 dez. 2011.

MELO, F. T. L. Aspectos morfo-dinâmicos do complexo lacustre-lagunar Nisia Floresta-Papeba-Guarairás, litoral sul-oriental do Rio Grande do Norte.. In: VII Congresso da ABEQUA, 1999, Porto Seguro - BA. Anais: VII Congresso da ABEQUA. Porto Seguro - BA : ABEQUA, 1999.

MINISTERIO DAS MINAS E ENRGIA. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – SGM. **Produto 22 – Agregados para Construção Civil - Relatório Técnico 30, Perfil de brita para construção civil**. Brasília, 2009. P. 1-30.

_____. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – SGM. **Produto 22 – Agregados para Construção Civil - Relatório Técnico 31, Perfil de areia para construção civil**. Brasília, 2009. p.1-33.

_____. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – SGM, SINOPSE – 2011/2010. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/publicacoes/Sinopse/SINOPSE-2011-2010.pdf>> Acesso em:17/12/2011.

NASSAR, J. J. **Investigador de estruturas**. [Entrevista para TQSNEWS] Jornal da TQS - Tecnologia e Qualidade em Sistemas, São Paulo, Jan.2006. p.1-10. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/lac/not%EDcias/JornalTQS22.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2011.

NEXPLICA. Manual virtual. **Vulcanologia**. Disponível em: <
<http://www.netxplica.com/manual.virtual/exercicios/geo10/estudo.interior/10.GEO.md.vulcanologia.htm>> Acesso em 08/07/2011.

PORTO DE AREIA. **Site de vendas**. Disponível em: <
<http://www.portodeareia.com/produtos/002.html>>. Acesso em 24 nov. 2011.

QUARESMA L. F. **Agregados para construção civil**: Relatório Técnico 30. Brasília: Ministério de Minas e Energia / Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral-SGM, 2009. 33p.

QUEIROZ, T. A. **A produção do espaço urbano de Natal/RN**: Algumas considerações sobre as Políticas Públicas, 2010. Disponível em:<
http://www.observatorium.ig.ufu.br/pdfs/2edicao/n4/A_producao_do_espaco.pdf>. Acesso em 16 nov. 2011.

RODRIGUES, E. Livro para a SBEA (material em construção), Capítulo I – Agregados, texto preliminar, 2004. p. 1-18.

CALAES, Gilberto. **Relatório Técnico 01, histórico e perspectivas de evolução macroeconômica setorial da economia brasileira a longo prazo**. 2009. Disponível em: <
http://www.mme.gov.br/sgm/menu/plano_de_mineracao_2030/relatorios/estudos_economia_setor_mineral.html>. Acesso em 23 abr. 2012.

SEMURB. Secretaria de Meio Ambiente e Urbanismo de Natal. **Mapas e fotos**. Disponível em: < <http://www.natal.rn.gov.br/semurb/paginas/ctd-106.html> >. Acesso em: 21/11/2011.

_____, **Natal e sua Região Metropolitana**. Natal: Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo / Setor de Pesquisa e Estatística, SPE, 2006. 221 p.

SILVA, A. R. Avaliação de processo de licenciamento ambiental de Jazidas de Areia em Santa Maria Distrito Federal. , 2010. p. 1-131.

SILVA, C. F. C. **Análise de métodos de prevenção da reação álcali-agregado: Análise Petrográfica e Método Acelerado de Barras de Argamassa**. Recife, 2009. p. 1-109

SILVEIRA, A. L. Z. **Estudo da reação Álcali-Agregado em rochas carbonáticas**. Brasília, 2006. 36p. (Mestrado, nº 209) Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Brasília, Instituto de Geociências, Brasília, 2006.

SOMAR. **Somar Meteorologia**. Disponível em: < <http://www.tempoagora.com.br/>>. Acesso em: 10 jan. 2012.

SINAPI. Sistema de Preços Custos e Índices. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Disponível em: < <https://www.sipci.caixa.gov.br/SIPCI/servlet/TopController> >. Acesso em: 10 mar. 2011.

VALVERDE, F. M. **A Importância Econômica e Social dos Agregados para Construção Civil, 1996.** 1-4p. Disponível em: < http://www.anepac.org.br/02/pdf/a_importancia_economia_social.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2010.

TIECHER, F. **Reação Álcali-Agregado**: Avaliação do comportamento de agregados do Sul do Brasil quando se altera o cimento utilizado. Porto Alegre, 2006. p.1-182.

USGS. **Minerals information international Minerals**. Washington, 2009. Disponível em: < <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2009/mcs2009.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2010.

WIKIPÉDIA. **A enciclopédia Livre**. Disponível em: < http://pt.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%A3o_Metropolitana_de_Natal>. Acesso em 14 out. 2010.

VALVERDE, F. **Agregados para a construção civil, 2006**. Disponível em: < http://www.lapes.ufrgs.br/discipl_grad/geologia1/munaretti/Agregados%20no%20Brasil.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2011.

_____, **Balço Mineral Brasileiro, 2001**. Disponível em: < <http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/balancomineral2001/agregados.pdf>> Acesso em: 30 jun. 2011.

APÊNDICE A

**Questionário para Coleta de Dados e Sugestões
das Empresas Produtoras de Brita na RMN
(Julho/Novembro – 2011)**

1. Empresa:

Endereço:

E-mail:

2. Nome (contato):

Tel:

Fax:

Cargo:

Data:

3. Potencialidade Mineral

Na sua área de atuação existem problemas de reservas minerais para o abastecimento satisfatório de agregados para construção civil?

3a. Quantifique suas reservas (mesmo de forma aproximada):

Reservas medidas:

Reservas indicadas:

Reservas inferidas:

Reservas não avaliadas (estimadas):

4. Produção (lavra e processamento)

4a. Capacidade instalada/ociosa:

4b. Métodos de lavra e equipamentos empregados:

4c. Descrição do processamento e produtos gerados:

4d. Impactos ambientais detectados nos processos de lavra e processamento e medidas mitigadoras:

5. Mercado (formal e informal)

Comente aspectos do mercado regional de agregados para construção civil, quanto à produção e consumo na **RMN** (expansão/redução do mercado nos últimos anos), custos x preços praticados, perspectivas futuras, projetos de ampliação, impactos decorrentes da lavra clandestina ou da concorrência predatória, etc.

5a. Destinação dos produtos (tipos mais consumidos) e preços praticados na jazida:

5b. Forma de distribuição/frete:

5c. Percentual mensal de venda (apenas uma média) de Brita/consumo por segmento :

Segmento	(%)
Concreteiras =	
Construtoras =	
Industria de Pré-moldados =	
Revendedores/casas de construção =	
Pavimentadoras/usinas de asfalto =	
Órgãos Públicos DER/Dnit =	
Outros =	
Total = 100%	

6.Tecnologia (pesquisa, lavra, beneficiamento, reaproveitamento e novos materiais)

Na área de tecnologia, que sugestões apresentaria para a otimização do setor, nas suas várias fases?

6a. Pesquisa:

6b. Lavra:

6c. Beneficiamento (Processamento):

6d. Reaproveitamento (agregados a partir de reprocessamento de entulhos, por exemplo; ou areia de brita, melhorando o módulo de finura e o aproveitamento das jazidas):

6e. Possibilidade de novos materiais ou fontes (agregados a partir do reprocessamento de escórias metalúrgicas/siderúrgicas, por exemplo). Comente.

7. Políticas Públicas

No Brasil existem legislações específicas, a nível federal, estadual e municipal, que abrangem diversos aspectos referentes à pesquisa, à produção e à comercialização dos agregados minerais. Que condicionamentos, na sua opinião, dificultam a mineração de agregados na sua região, nas áreas de:

7a. Desenvolvimento Urbano

7b. Ambiental (legislação, Unidades de Conservação, multiplicidade de órgãos de fiscalização, etc.)

7c. Tributária

7d. Creditícia/Financeira

7e. Minerária (instabilidade na outorga do Regime de Licenciamento, por exemplo)

7f. Ordenamento Territorial (Planos Diretores, Z.E.E., ou inexistência de programas de zoneamento que preservem áreas para a produção de agregados, conflitos locacionais, etc.). Sugestões de uso e ocupação do solo das áreas mineiras.

8. Recursos Humanos

8a. Número de empregados nas diversas atividades (lavra, processamento, administração, etc.):

8b. Nível de escolaridade:

8c. Cursos de capacitação (inclusive de segurança no trabalho):

9. Sugestões

Suas sugestões a esta pesquisa, como participante interessado desse importante segmento do setor mineral brasileiro, enriquecerão as propostas a serem formuladas. Fique totalmente à vontade para fazer críticas ou propor novos enfoques não abordados neste questionário. **As informações prestadas serão consideradas sigilosas, sendo tratadas em conjunto, no universo de todas as respostas recolhidas.**

APÊNDICE B

**Questionário para Coleta de Dados e Sugestões
de Produtores de Areia na RMN
(Julho/Novembro – 2011)**

1. Empresa ou nome do proprietário:

Endereço:

Localização: S

E-mail:

W

2. Nome (contato):

Tel:

Fax:

Cargo:

Data:

4. Produção

4a. Produção mensal (m³).

4b. Capacidade instalada/ociosa.

4c. Métodos de lavra e equipamentos empregados.

4d. Turno de trabalho.

4e. Custos/m³.

5. Mercado

5a. Preços praticados na lavra e/ou no local de entrega do produto /m³.

5b. Perspectivas futuras, projetos de ampliação.

5c . Destinação dos produtos (tipos mais consumidos).

5d. Forma de distribuição/frete.

6. Impactos decorrentes da lavra clandestina ou da concorrência predatória, etc.:

7. Políticas Públicas

Que condicionamentos, na sua opinião, dificultam a mineração de agregados na sua região, nas áreas de:

7a. Desenvolvimento Urbano.

7b. Ambiental (legislação, Unidades de Conservação, multiplicidade de órgãos de fiscalização, etc.).

7c. Tributária.

7d. Creditícia/Financeira.

7e. Minerária (instabilidade na outorga do Regime de Licenciamento, por exemplo).

7f. Ordenamento Territorial (Planos Diretores, Z.E.E., ou inexistência de programas de zoneamento: Sugestões de uso e ocupação do solo das áreas mineiras.

8. Recursos Humanos

8a. Número de empregados nas diversas atividades (lavra, processamento, administração, etc.):

8b. Nível de escolaridade:

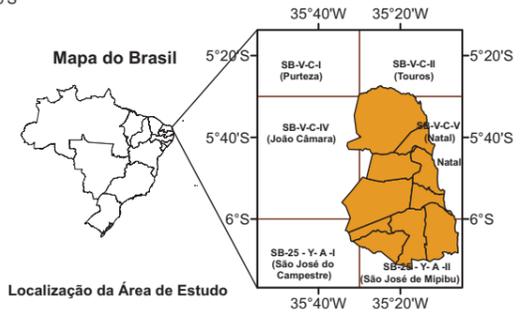
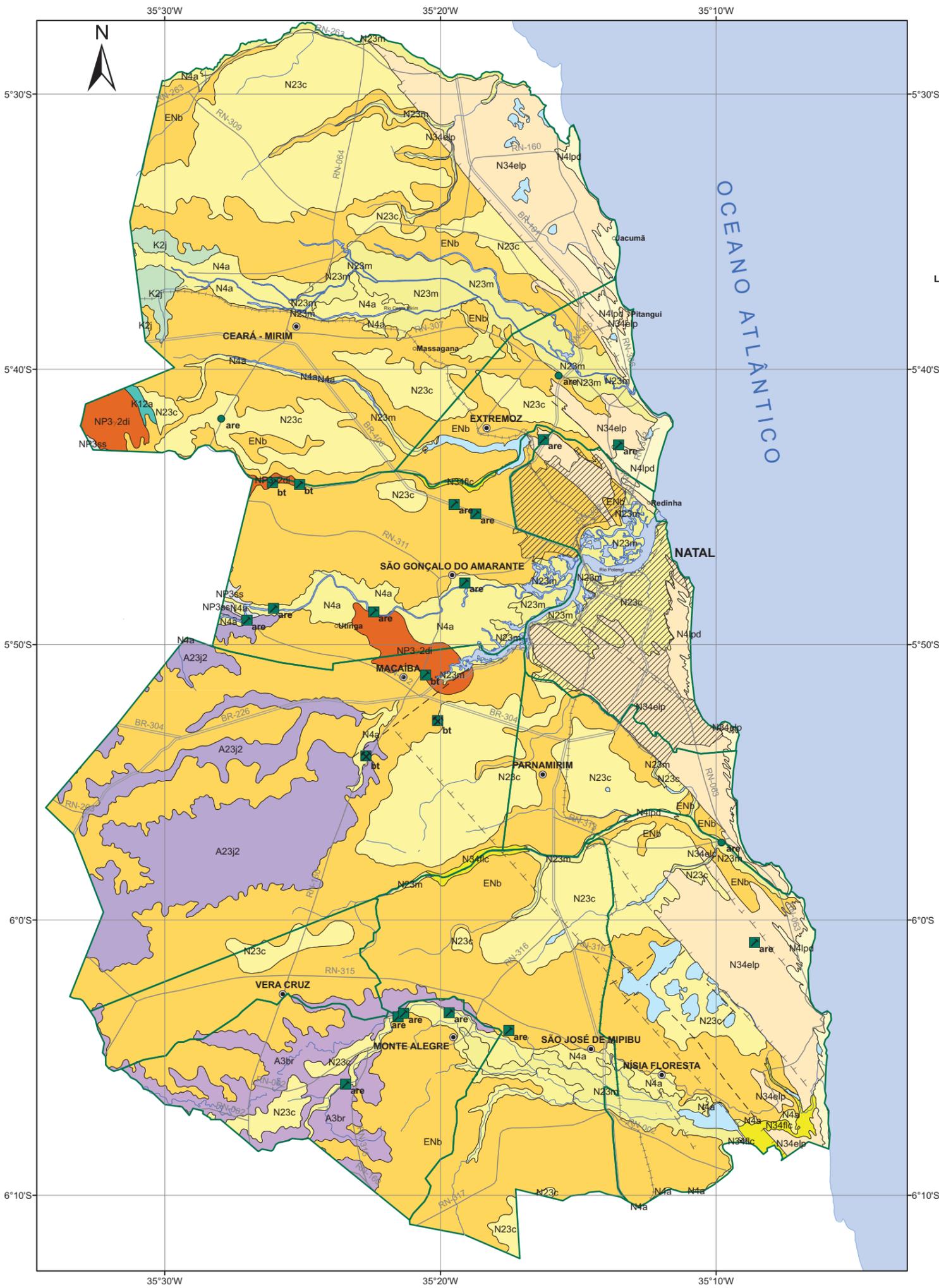
8c. Cursos de capacitação (inclusive de segurança no trabalho):

9. Sugestões, críticas ou novos enfoques não abordados neste questionário.

ANEXO A

**Mapa Geológico e de Recursos Minerais
Agregados para Construção Civil da Região
Metropolitana de Natal.**

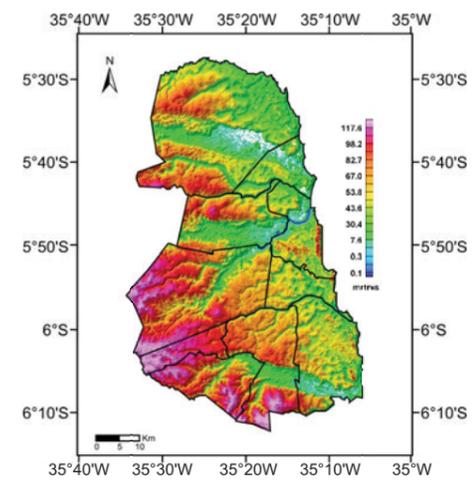
MAPA GEOLÓGICO E DE RECURSOS MINERAIS DA REGIÃO METROPOLITANA DE NATAL



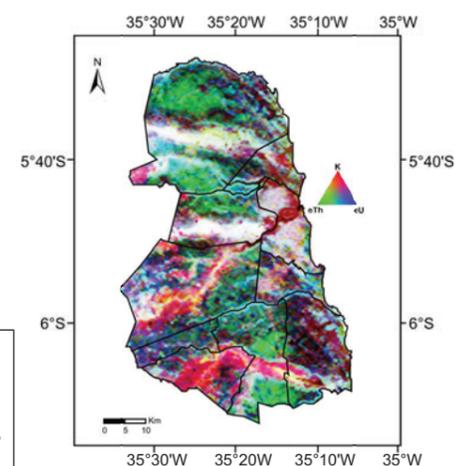
Principais Fontes Utilizadas:

- Angelim, L.A.A., Medeiros, V.C., Nesi, J.R. 2006. Programa Geologia do Brasil - PGB. Projeto de Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte. Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte. Escala 1:500.000. Recife: CPRM/FAPERN, 2006. 1 mapa color.
- Angelim et al. (2004) Folha SB. 25 natal - Carta Geológica Esc. 1:1.000.000 - CPRM.
- Amaral (1990) Folha SB.25-V-C-IV - João Câmara. Carta Geológica Esc.1:100.000 - DNP/CPRM.
- Jardim de sa et al. (1996) Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte. Esc. 1:500.000 DNP/CPRM/PETROBRAS/CPRM.
- LASA Engenharia e Prospecções S.A. & Prospecções Aerolevantamentos e Sistemas Ltda. 2008. Projeto Levantamento Aerogeofísico Borda Leste do Planalto da Borborema, Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Relatório Final, Texto e Anexos (Mapas), Rio de Janeiro, 401p.

Modelo Digital do Terreno



Mapa Ternário K - eTh - eU



Escala: 1:300.000

0 1,5 3 6 9 12 km

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
Origem da quilometragem UTM: "Equador e Meridiano Central 33° W. GR." acrescidas as constantes: 10.000Km e 500Km, respectivamente. Datum horizontal: WGS84.

CENOZÓICO PALEÓGENO-NEÓGENO (E,N)		UNIDADES GEOLÓGICAS		MESOARQUEANO	
N4a	Depósitos aluvionares: areias, cascalho e níveis de argilas.	MESOZOICO CRETÁCEO (K)	GRUPO APODI	A3br	Complexo Brejinho
N4lpd	Depósitos litorâneos de praias e dunas móveis: areias finas a grossas e areias finas a médias bem selecionadas.	K2j	Formação Jandaíra: calcarenitos e calcilitos bioclásticos, cinza claros a amarelos, níveis de evaporito na base.	A23j	Complexo Presidente Juscelino
N34elp	Depósitos eólicos litorâneos de paleodunas: areias finas a médias, bem selecionadas, recobertas por vegetação.	K12a	Formação Agu: arenitos finos a grossos, por vezes conglomeráticos, coloração variegada, intercalações de folhelhos e argilitos no sentido do topo.		
N34flc	Depósitos flúvio-lacustrinos: areias finas, siltes, argilas e material orgânico.	PROTEROZOICO NEOPROTEROZOICO (NP)	NP3_2di		
N23m	Depósitos de mangues: areias finas, siltes, argilas e material orgânico lamoso.		Suíte intrusiva Dona Inês: Homblenda e/ou biotita granitos, leucogranitos, granulação fina e média com fácies com muscovita ou granada e feições migmatíticas, de afinidade calcálcica de alto K.		
N23c	Depósitos colúvio-eluviais: sedimentos areno-argiloso, arenosos e conglomeráticos, inconsolidados.	GRUPO SERIDÓ	NP3ss		
GRUPO BARREIRAS			Formação Seridó: biotita xisto podendo conter granada e/ou cordierita /estauroilita/silimanita/andaluzita/cianita, localmente com intercalações de mármore, rochas calcissilicáticas, quartzitos e metavulcânicas máficas.		
ENb	Arenitos e conglomerados, intercalações de silte e argilitos.				
CARACTERÍSTICAS DOS JAZIMENTOS MINERAIS		CONVENÇÕES GEOLÓGICAS		CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS	
CLASSES DE SUBSTÂNCIAS	STATUS	GRAU DE IMPORTÂNCIA	SUBSTÂNCIAS MINERAIS PRINCIPAIS	Natal/Perímetro Urbano	Estrada
MATERIAIS DE USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	Mina	Depósito	Areia - are	Cidades	Auto Estrada
	Garimpo	Ocorrência	Argila - arg	Localidades	Estrada de Ferro
			Brita - bt	Limite Municipal	Rios e Lagoas
					Linha de Costa
					Rio Perene

ANEXO B

Tipos de Traços de Concretos e Argamassas e suas aplicações. Breve descrição sobre Pavimentação Asfáltica.

Normalmente para um volume de 1 m^3 ou 1000 L de concreto, a brita solta participa com aproximadamente 650 L, a areia solta ocupa o espaço restante, incluindo cerca de 40% de vazios da brita, num total aproximado de 610 L, com o cimento (36 L /saco) e água (cerca de 28 L/saco de cimento) ocupando os 35% restantes de vazios da areia, num total aproximado de seis sacos ($6 \times 36 \text{ L} = 216 \text{ L}$) / m^3 de concreto. Surge então um traço/fórmula comumente utilizada na fabricação de concreto, em volumes de materiais secos e soltos: 650:610:216 ou 1: 3: 3 (1 parte de cimento, 3 de areia e 3 de brita).

- **Principais Aplicações dos Traços.**

- **Traço 1 : 1 : 2** - Apenas os casos muito especiais exigirão na prática a adoção deste traço de concreto. É comum ser usado em laboratórios para a caracterização dos cimentos, pelas curvas clássicas de resistência. Quando é inevitável o seu emprego na obra, recomenda-se uma atenção toda especial para o problema da cura ou sazonalidade e proteção das peças moldadas com o mesmo.
- **Traço 1 : 1,5 : 3** – Idem ao traço anterior (1 : 1 : 2).
- **Traço 1 : 2 : 2,5** – Idem ao traço anterior (1 : 1 : 2).
- **Traço 1 : 2 : 3** – Este traço inicia a série de concretos utilizáveis nas obras correntes.

Recomenda-se em particular o seu emprego em fundações (superficiais ou profundas), pavimentações, reservatórios, marquises, cortinas em sub-solo, muros de sustentação ou, de um modo geral, em todos os serviços em concreto armado, expostos à ação do tempo ou da água. Desempenha excelentes resultados na pré-fabricação de peças estruturais.

Os tipos de traços mais usados e consumo de materiais para se produzir um m^3 de concreto, são apresentados no quadro, enquanto que no quadro 2 é feito o mesmo para argamassa.

Traço em Volume	CONSUMO POR M³ DE CONCRETO								RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (provável) - MPa			Traço em Massa
	CIMENTO			AREIA		BRITA		ÁGUA	3 dias	7 dias	28 dias	
	kg	Saca 50kg	Litro	Seca (L)	Úmida (L)	Nº. 1 (L)	Nº. 2 (L)	para areia				
C : A : B												C : A : B
1 : 1 : 2	514	10,3	363	363	465	363	363	226	22,8	30	40	1 : 1,08 : 1,96
1 : 1,5 : 3	387	7,7	273	409	524	409	409	189	18,8	25,4	35	1 : 1,63 : 2,94
1 : 2 : 2,5	374	7,5	264	528	676	330	330	206	14,8	20,8	29,8	1 : 2,17 : 2,44
1 : 2 : 3	344	6,9	243	486	622	364	364	210	11,7	17,2	25,4	1 : 2,17 : 2,94
1 : 2,5 : 3	319	6,4	225	562	719	337	337	207	10	15	22,8	1 : 2,71 : 2,94
1 : 2 : 4	297	5,94	210	420	538	420	420	202	9	13,7	21	1 : 2,17 : 3,92
1 : 2,5 : 3,5	293	5,86	207	517	662	362	362	208	8	12,3	19,5	1 : 2,71 : 3,42
1 : 2,5 : 4	276	5,5	195	487	623	390	390	201	7,4	11,4	18,5	1 : 2,71 : 3,92
1 : 2,5 : 5	246	4,9	174	435	557	435	435	195	5,8	9,4	15,7	1 : 2,71 : 4,89
1 : 3 : 5	229	4,6	162	486	622	405	405	202	4	7	12,4	1 : 3,25 : 4,89
1 : 3 : 6	208	4,2	147	441	564	441	441	198	3	5,4	10	1 : 3,25 : 5,87
1 : 4 : 8	161	3,2	114	456	584	456	456	194	Não	Não	Não	1 : 4,34 : 7,83
Dados Gerais			AREIA	RITA 1 e	CIMENTO	SACA DE CIMENTO FATOR DE CONVERSÃO			C - Cimento			
Massa Específica real (kg/m³)			2,62	2,56	3,05	50kg = 35,3 litros 1MPa = 10kgf/cm²			A - Areia			
Massa Específica Aparente (kg/m³)			1,54	1,39	1,42				B - Brita			

Quadro 1 - Traços mais usados e consumo de materiais para se produzir um m³ de concreto.

Fonte: Construindo, 2011.

SERVIÇO	UNID	CIMENTO	CAL HIDRATADA	AREIA	SAIBRO	CONSUMO (m³) DE ARGAMASSA POR m² DE SERVIÇO	CONSUMO POR M³ DE ARGAMASSA					
							CIMENTO kg	CAL		AREIA (m³)		SAIBRO m³
								kg	CATEGORIA	SECA	3% UMIDADE	
CHAPISCO	m²	1	-	4	-	0,005	342,1	-	G.L.	1,052	1,294	-
EMBOÇO INT	m²	-	1	4	-	0,015	-	167	M.L.	1,096	1,348	-
EMBOÇO EXT	m²	1	2	9	-	0,02	181,3	181,3	M.L.	1,216	1,496	-
REBOCO INT	m²	-	1	4	-	0,005	-	167	F.L.	1,096	1,346	-
REBOCO EXT	m²	-	1	3	-	0,005	-	240,5	F.L.	1,112	1,358	-
EMBOÇO EXT/INT	m²	1	-	-	8	0,02	225	-	-	-	-	1,25
EMBOÇO EXT/INT	m²	1	-	-	6	0,02	230	-	-	-	-	1,14

Quadro 2 - Traços mais usados de materiais e consumo para se produzir um m³ de argamassa.

Fonte: Construindo, 2011.

- **Traço 1 : 2,5 : 3** – Possui mais areia que o traço (1 : 2 : 3), por este motivo tenderá a encher com maior facilidade as fôrmas com muita armadura, logo é apropriado para peças de estrutura protegidas da ação do tempo e da água.

- **Traço 1 : 2 : 4** - É um dos traços mais citados nos cadernos de Encargos e Especificações. É bastante áspero, onde esta "aspereza" poderá ser atenuada por um jogo granulométrico bem conduzido.

- **Traço 1 : 2,5 : 3,5** - Excelente para peças com "muita armadura" protegidas da ação do tempo e da água.

- **Traço 1 : 2,5 : 4** – Empregado na pré-fabricação de peças de pequeno porte.

- **Traço 1 : 2,5 : 5** - É um traço intermediário, com pouca recomendação, na prática, é empregado quando o construtor pretende usar a vibração e quer dispende tempo com a granulometria dos concretos vibrados, emprega este traço como ponto de partida, para a moldagem de obras correntes protegidas.

- **Traço 1 : 3 : 5** – Utilizado quando a correção do inchamento da areia for feita com critérios e detalhes. É bastante empregado na pré-fabricação de peças robustas não armadas.

- **Traço 1 : 3 : 6** – Empregado sob certas condições técnicas, é este traço muito citado pelos tratadistas para fundações não armadas, blocos em degraus por exemplo. É um traço de concreto relativamente pobre em cimento, o último da escala de utilização, exigindo assim mais cuidado na moldagem. Serve também para a execução de certos serviços preparatórios.

- **Traço 1 : 4 : 8** - Este traço só é recomendado para serviços secundários tais como leitos e camadas preparatórias devido a sua carência de cimento. Não há mais coesão, desta forma a segregação (separação dos agregados) se torna uma tendência.

Obs.: Um cuidado especial deve ser tomado com a água utilizada na mistura dos materiais (concreto e argamassa), pois deve ser limpa e isenta de impurezas e sais e materiais orgânicos. A quantidade influi na consistência, tornando-a “branda ou mole” quando em excesso e “árida

ou seca” quando escassa. Convém salientar que o excesso de água no ato de misturar os materiais provoca escorrimento (perda) do aglomerante, diminuindo a resistência.

- **Pavimento Asfáltico**

Segundo Brodani e Pinho (2011), a necessidade de deslocamento entre dois pontos (países, cidade, localidades, etc.) gerou a necessidade de se construir caminhos ou estradas melhor estruturadas. Para que haja condições de trafegabilidade em qualquer época do ano, é usado o revestimento do leito, que na linguagem mais técnica é denominado de “pavimento”.

Esta estrutura pode variar de acordo com os tipos de materiais ou misturas empregadas e com as espessuras das camadas, a depender do volume de tráfego diário, materiais disponíveis na região, importância da rodovia e recursos econômicos disponíveis. Segundo a NBR 7207/82, o pavimento é a estrutura construída sobre a terraplenagem e destinada técnica e economicamente a:

- resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego;
- melhorar as condições de rolamento quanto à segurança e ao conforto; e
- resistir ao desgaste (esforços horizontais), resultando numa superfície de rolamento mais durável.

Nos pavimentos, normalmente são construídas as camadas, apresentadas na figura 1.

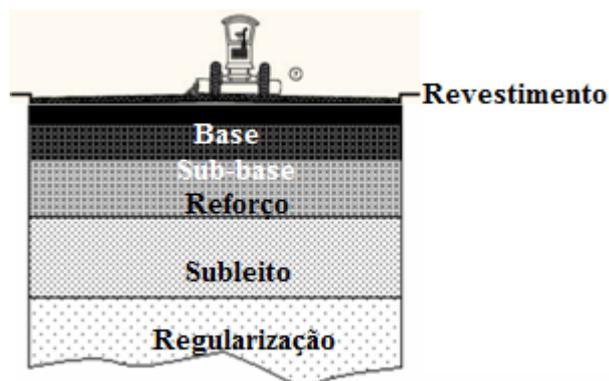


Figura 1 - Seção das camadas de pavimento, normalmente construídas, na pavimentação asfáltica (modificado de Brodani e Pinho, 2011).

Como o pavimento é constituído de varias camadas se torna difícil definir um termo que represente toda estrutura, com isso de forma geral são classificados em: pavimentos rígidos e flexíveis.

- Pavimentos rígidos: são aqueles pouco deformáveis, constituídos, principalmente de concreto de cimento. O dimensionamento desta estrutura é baseado nas propriedades resistentes de placas de concreto de cimento Portland, as quais são apoiadas em uma camada de transição, a sub-base, figura 2.

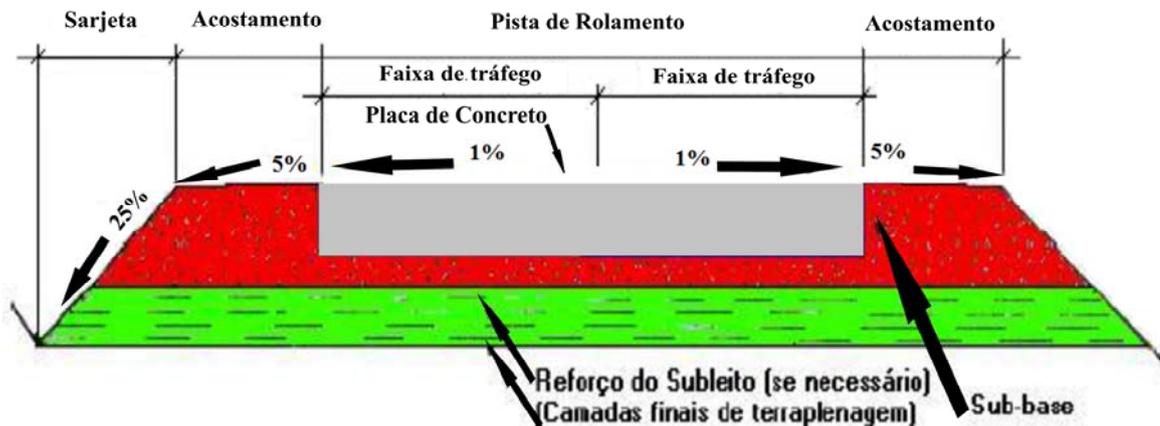


Figura 2 – Seção transversal típica de pavimento rígido.

Fonte: Merighit, 2004.

- Pavimentos flexíveis: São aqueles constituídos por camadas que não trabalham à tração, exceção feita ao revestimento que pode ou não suportar esse tipo de esforço. Normalmente são constituídos de revestimento betuminoso delgado sobre camadas puramente granulares, figura 3.

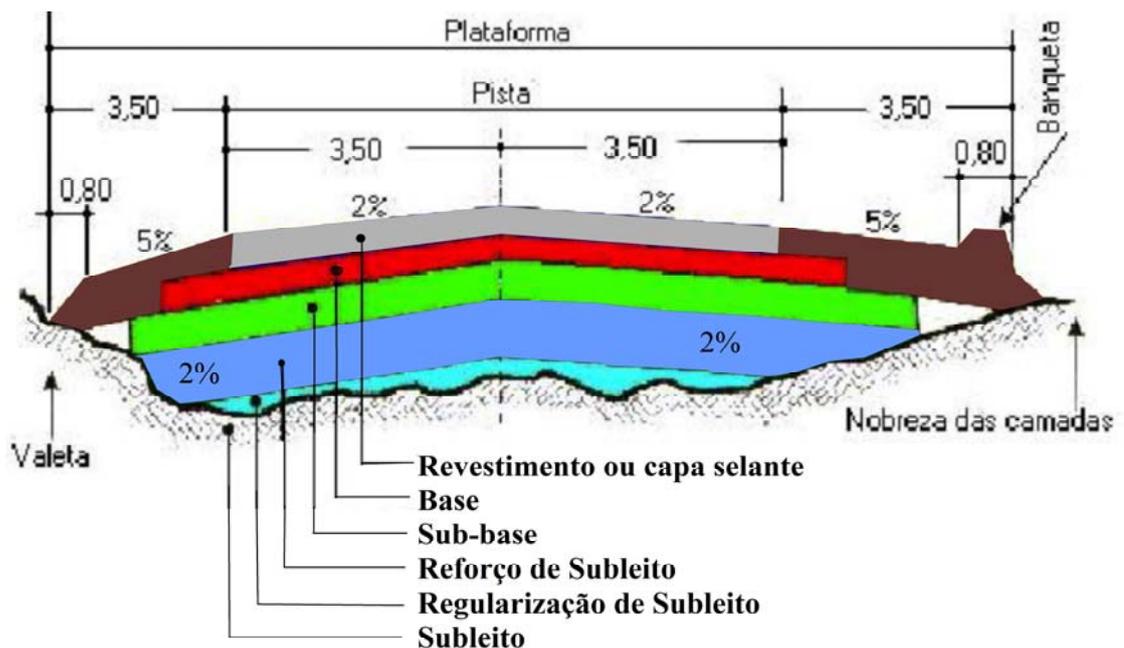


Figura 3 – Seção transversal típica de pavimento flexível.

Fonte: Merighit, 2004.

Ainda segundo Merighit (2004), os componentes da seção transversal, são:

- **Leito:** representa a superfície do sub-leito (em área) obtida pela terraplanagem ou obra de arte e conformada ao greide e seção transversal;

- **Regularização do sub-leito ou Nivelamento:** é a operação destinada a conformar o leito, transversal e longitudinalmente. Poderá ou não existir, dependendo das condições do leito. Corresponde aos cortes ou aterros de até 20 cm de espessura.

- **Reforço do sub-leito:** é a camada de espessura constante transversalmente e variável longitudinalmente, de acordo com o dimensionamento do pavimento, fazendo parte integrante deste e que, por circunstâncias técnico econômicas, será executada sobre o subleito regularizado. É utilizado para melhorar as qualidades do subleito e regularizar a espessura da sub-base.

- **Sub-base:** é a camada complementar à base. Esta deve ser utilizada quando não for aconselhável executar a base diretamente sobre o leito regularizado ou sobre o reforço, por circunstâncias técnico-econômicas. Também pode ser usada para regularizar a espessura da base. Nos pavimentos rígidos também são feitas as operações de regularização do subleito e reforço, quando necessário. A camada de sub-base tem o objetivo de evitar o bombeamento dos solos do subleito. A placa de concreto de cimento tem a função de servir ao mesmo tempo como base e revestimento.

- **Base:** é a camada destinada a resistir e distribuir ao subleito os esforços oriundos do tráfego e sobre a qual se construirá o revestimento;

Revestimento ou capa: é a camada, tanto quanto possível impermeável (exceto as CPA), que recebe diretamente a ação do rolamento dos veículos e destinada econômica e simultaneamente a melhorar as condições do rolamento quanto ao conforto e a segurança, a resistir aos esforços horizontais que nele atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento.

Acostamento: Parte da plataforma contígua à pista de rolamentos, destinado ao estacionamento de veículos, ao trânsito em caso de emergência e ao suporte lateral do pavimento.

De acordo com Aristides apud Balbo (1997), os materiais geralmente utilizados em obras de pavimentação são os apresentados no quadro 3.

Quadro 3 - Materiais usuais em obras de pavimentação.

Material ou Mistura	Nomenclatura	Abreviatura
Asfálticos	Concreto Asfáltico	CA
	Lama Asfáltica	LA
	Macadame Betuminoso	MB
	Micro-Concreto Asfáltico	MCA
	Pré - Misturado a Frio	PMF
	Pre - Misturado a Quente	PMQ
	Solo - Betume	SB
	Tratamento Superficial Duplo	TSD
	Tratamento Superficial Simples	TSS
	Tratamento Superficial Triplo	TST
Concretos	Concreto Compactado Auto - Nivelante	CAN
	Concreto Compactado com rolo	CCR
	Concreto de Cimento Portland	CCP
	Concreto de Elevada Resistência	CER
Cimentados	Brita Graduada Tratada com Cimento	BGTC
	Solo Melhorado com Cimento	SMC
	Solo - Brita - Cimento	SBC
	Solo - Cimento	SC
Granulares e Solos	Base - Telford	BT
	Bica - Corrida	BC
	Brita Graduada Simples	BGS
	Macadame Hidráulico	MH
	Macadame Seco	MS
	Solo Arenoso Fino Laterítico	SAFL
	Solo Argiloso Laterítico	SAL
	Solo Laterítico Concrecionado	SLC
	Solo Saprolítico	SS
Solo - Brita	SB	

Em mistura asfáltica para pavimentação, em média usa-se 40% de agregado miúdo (0 a 5 mm) e 60% de agregados graúdo (6 a 12 mm). 95% em peso da mistura asfáltica é constituído de agregados. Em base de pavimentos flexíveis de asfalto e sub-bases de pavimentos rígidos de concreto são usados agregados. O quadro 4, apresenta as aplicações dos materiais geralmente utilizados em obras de pavimentação.

Quadro 4 - Aplicação dos materiais em obras de pavimentação.

Camadas	Asfáltico	Concreto	Cimentado	Granulares e Solos
Revestimento	CA LA MCA PMF PMQ TSD TSS TST	CAN CCR CCP CER		Tratamento primário com cravação de brita ou cascalho sem controle de granulometria
Base	MB PMF PMQ SB	CCR CCP	BGTC SBC SC	BT BC BGS MH MS SAFL SAL SLC SS SB
Sub-base	SB PMQ		BGTC SMC SBC	BT BC BGS MH MS SAFL SAL SLC SS SB
Reforço			SMC	SAFL SAL SLC SS

Entre os materiais granulares, produzidos com agregados, menos popular na área de construção de prédio, mas bastante conhecido na área de pavimentação asfáltica, se destaca a brita graduada simples (BGS). A BGS é uma composição, em porcentagem, de agregados com granulometria variada (pó de pedra, brita 0, brita 1, etc.), logo se trata de agregado de custo elevado por exigir controle de qualidade na sua produção. Geralmente é aplicada em base, sub-bases de rodovias e galpões e pistas de aeroportos (figura 4).



Figura 4 - Brita Graduada Simples (BGS).
Fonte: *Google/imagens* (Montreal Mineração).

ANEXO C

**Características e Particularidades dos Ensaios
Tecnológicos de Agregados para Construção
Civil.**

A descrição petrográfica fornece informações importantes sobre as rochas no que tange a sua composição mineralógica, textura, grau de fraturamento e até o grau de alteração dos minerais que a compõem. Além disso, possibilita a classificação dela fornecendo subsídios quanto a sua aplicação. A observação do material rochoso é usualmente feita com auxílio de lupa e/ou microscópio petrográfico isto é, o microscópio óptico de luz polarizada e refletida, figura 1 (ALMEIDA, S.L.M.; DA LUZ, A.B., 2009).

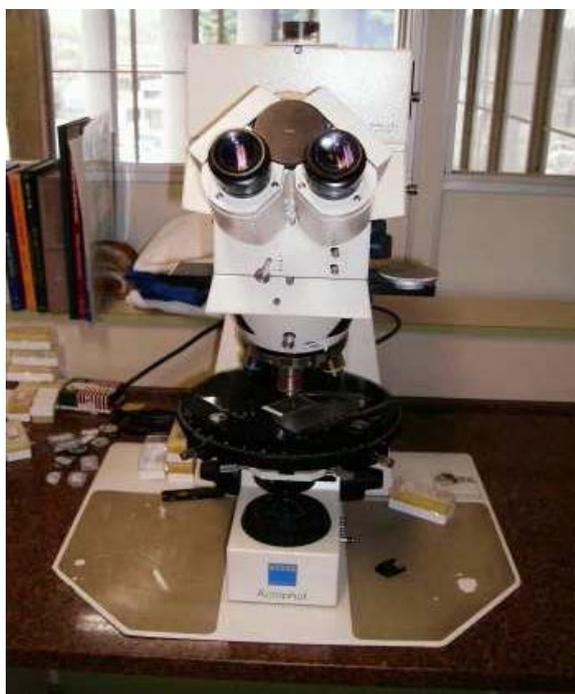


Figura 1 – Microscópio petrográfico

Fonte: Silva, 2009.

Segundo Dias (2008), uma atenção especial deve ser dada à presença de minerais que possam interagir com substâncias presentes no meio onde a rocha será aplicada, chamados minerais nocivos, prejudiciais ou deletérios. Na análise mineralógica dos grãos, além das características das partículas, são qualificados e quantificados os materiais associados aos grãos. Muitos desses materiais são complementarmente avaliados por outros métodos (físicos e químicos).

As principais características petrográficas e mineralógicas dos materiais rochosos de interesse para agregados são:

- Estado de alteração, por influir na sua durabilidade e nas suas propriedades físicas e mecânicas;

- Presença de minerais deletérios ou nocivos, por provocar reações com as substâncias presentes no concreto;
- Presença de minerais que interagem com propriedades de ligantes betuminosos quando o agregado é usado em concretos betuminosos.
- Areias e pedregulhos estão, em geral, contaminados por impurezas, que podem interferir química ou fisicamente nas propriedades do concreto, tais como:
 - Partículas minerais que possam causar reações químicas com cimento;
 - Matéria orgânica e sais solúveis;
 - Partículas de dimensões iguais ou menores que as do cimento, que interferem na estrutura do material hidratado;
 - Partículas de baixa resistência;
 - Partículas que apresentam variação volumétrica por saturação e secagem.

As partículas finas tais como silte e argila (dimensões menores que 0,075 mm), proporcionam um aumento na quantidade de água de amassamento e influi, dessa forma, na trabalhabilidade e na resistência mecânica. Quando reveste as partículas, impede que sobre estas ocorra uma cristalização regular e homogênea dos compostos do cimento, o que pode reduzir a sua resistência à compressão uniaxial em cerca de 20 a 30% e mais ainda na tração.

Já os sais minerais, quando associados aos agregados, promovem mudanças na pega e no endurecimento da pasta, além de provocar a deterioração do concreto.

Essa deterioração se dá por desagregação devido a reações indesejáveis com o cimento e por ataque às armaduras ou ferragens do concreto. Entre os principais compostos deletérios se destacam os óxidos de ferro, sulfatos, sulfetos e cloretos.

Outra questão importante é sobre a reatividade que consiste na propriedade que certos minerais de uma rocha apresentam ao reagir com determinadas substâncias do meio que os envolve. As reações deletérias são basicamente denominadas álcali-agregados. Sobre essas reações já foram feitas as devidas observações no subtítulo: 2.6.7 - Substâncias Nocivas.

A distribuição granulométrica (a granulometria) dos agregados influirá na compactação dos mesmos, resultando em maior ou menor índice de vazios, que por sua vez influirá na capacidade do concreto, na estrutura, entre outras aplicações. Um índice de vazios menor implicará também na economia de ligantes (cimento ou betume) e menor permeabilidade. Esses fatores serão influenciados ainda pela forma dos fragmentos e pela rugosidade da superfície dos mesmos. A adesividade é a propriedade que os agregados apresentam de reter uma dada substância na sua superfície. O caso mais comum na construção

civil é a adesividade a ligantes betuminosos, este fenômeno é de caráter físico-químico e depende tanto da natureza da rocha como da composição química do ligante, no entanto a adesividade poderá ser inadequada para qualquer tipo de rocha se suas superfícies contiverem material pulverulento. Já a tenacidade é a propriedade que a rocha apresenta de resistir ao impacto ou choque mecânico. A determinação da resistência ao impacto é executado em fragmentos de rocha assentados lado a lado sobre uma base metálica e que são golpeados dez vezes por um cilindro metálico que se desloca em queda livre, este ensaio é conhecido pela denominação de Tret, e os resultados são expressos em porcentagem de material liberado (desagregado).

Geralmente as rochas usadas em construção estão sujeitas a solicitações de desgaste e de abrasão, como por exemplo, no próprio processo de produção de um concreto e na superfície acabada deste, quando utilizado como pavimento, bem como em pavimentos betuminosos. Na determinação da potencialidade dos agregados em sofrerem desgaste, é realizado o ensaio de abrasão Los Angeles. Ensaio este executado em um tambor giratório, de aço de alta dureza, no qual uma amostra com uma dada graduação é introduzida juntamente com esferas de aço em quantidade preestabelecida para a graduação adotada. O ensaio provoca solicitações aos agregados por ações tanto de atrito (entre os fragmentos de rocha, os fragmentos e a parede do tambor e os fragmentos e as esferas de aço, simultaneamente), como de impacto promovido pela queda das esferas de aço sobre os fragmentos e queda dos fragmentos uns sobre os outros. Este ensaio de abrasão é influenciado pelo grau de coesão (ou coerência) dos fragmentos e pelo seu formato.

O ensaio de esmagamento é executado em um conjunto de fragmentos, numa dada granulometria, com uma massa pré-compactada num cilindro de aço rígido, submetido a compressão por meio de um êmbolo até alcançar uma determinada carga, a uma velocidade baixa pré-definida. O resultado é fornecido em porcentagem de material desagregado. Os ensaios de compressão servem para caracterizar a resistência da rocha quando solicitadas a compressão. Quando o esforço aplicado é maior do que aquele que a rocha pode suportar, ela se rompe. Tal esforço é traduzido por um valor de tensão de ruptura que é determinada em corpos-de-prova colocados entre os pratos de uma prensa mecânica que os comprime até que ocorra a sua ruptura ou quebra. Os agregados em geral devem passar por uma caracterização tecnológica antes de serem utilizadas na obra e a caracterização deve, contudo, ser executada por procedimentos padronizados. A padronização de procedimentos é definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, é órgão responsável pela normalização técnica no Brasil). Para cada tipo de uso dos agregados é necessário o conhecimento de um

dado conjunto de suas propriedades de forma a atender as funções específicas numa dada construção (FRAZÃO, E. B., 2004). A quadro 1 apresenta os critérios/hierarquia de importância para caracterização de rochas e de agregados para construção.

Aplicações/Propriedades	Concretos Hidráulicos (*)	Concretos Betuminosos (*)	Lastros Ferroviários
Características Petrográficas	1	1	1
Índices Físicos (x)	1	1	1
Distribuição Granulométrica	1	1	1
Forma do Agregado	1	1	1
Reatividade Potencial	1	na	na
Adesividade	na	1	na
Alterabilidade	2	2	1
Resistência ao Desgaste	1	1	1
Resistência ao Impacto	2	2	1
Resistência ao Esmagamento	1	2	1
Resistência à Compressão	2	2	1
Resistência à Flexão	3	3	3
Módulo de Deformabilidade	2	3	3

Quadro 1 - Hierarquização dos Diferentes Graus de Importância das Propriedades das Rochas e de Agregados.

Fonte: Modificado de Frazão, 2002.

Nota: **1** = muito importante; **2** = importante; **3** = pouco importante; na = não aplicável;

(*) Nos concretos hidráulicos, estão abrangidos os usos em edificações, pontes e viadutos e pavimentos;

(**) Nos concretos betuminosos, estão abrangidos os tipos usinados a quente e as misturas *in loco*;

(x) = massa específica aparente, porosidade aparente e absorção.

As principais normas brasileiras para caracterização/avaliação das propriedades tecnológicas de agregados são apresentadas na tabela 2. Os ensaios de caracterização comumente realizados para agregados miúdos (areias) são: análise petrográfica, granulometria, massa unitária e específica, teor de materiais pulverulentos e de argila em torrões. De posse dos resultados dos ensaios de caracterização dos agregados (grãos e/ou miúdos), é possível fazer uma avaliação de sua qualidade de forma a atender os fins pretendidos. Para esse objetivo existem as normas denominadas especificações, que são usadas para auxiliar neste trabalho de avaliação. Nos quadros 2, 3 e 4, são apresentados os valores constantes de normas brasileiras e estrangeiras elaboradas para este fim.

Usos/Propriedades	Concretos	Pavimentos	Lastros
Amostragem	NBR 7216/9941	nn	NBR 11541
Terminologia	NBR7225/9935/9942	NBR 6502	nn
Petrografia	NBR 7389	IE 06	nn
Granulometria	NBR 7217	NBR7217	nn
Materiais pulverulentos	NBR 46	np	NBR 46
Impurezas orgânicas	NBR 7220	np	np
Argila em torrões e materiais friáveis	NBR 7218	np	NBR 7218
Massa específica, porosidade e absorção	NBR 6458	NBR 6458	NBR 6458
Forma	NBR 7809	ME 86	NBR 6954
Dilatação Térmica	nn	nn	np
Massa Unitária	NBR 7251/7810	np	nn
Adesividade	np	NBR 12583/12584	np
Reatividade	NBR 9773/9771/10340	np	np
Sais solúveis	NBR 9917	np	np
Alterabilidade	NBR 12696/12697	ME 89	NBR 7702
Desgaste	nn	nn	np
Abrasão	NBR 6465	NBR 6465	NBR 6465
Impacto	nn	nn	NBR 8938
Esmagamento	NBR 9938	ME 42	nn
Compressão	nn	nn	NBR 6953
Flexão	np	np	np
Especificações	NBR 7211	NBR 7174/11803/ 11804/11806/ 12559/12564/ 12948	NBR 7914

Quadro 2 – Normas Brasileiras Utilizadas para Avaliação das Propriedades Tecnológicas de Agregados.

Fonte: modificado de Frazão & Paraguassu, 1998.

Nota: (1) NBR = Norma ABNT; (2) ME e IE = Norma DNER; (3) nn = não normalizada; (4) np = não pertinente; (5)atualização das normas: NBR 9942/1987, substituída pela NBR 66/1998 e a NBR 7225 foi cancelada, a NBR 7216 foi substituída pela NBR 26/2009 e a NBR 6953/1989 foi substituída pela NBR 5564/2011.

Propriedades	Normas						
	AASHTO M 80 (1)	ASTM C 33 (2)	ABNT NBR 7211 (2)	BS 882/pt2	DIN 4226 (3)	SABS 1083 (3)	AFNOR NF B 18-301 (3)
Requisitos gerais	Pedras britadas, seixos e escórias britados; duros, resistentes e duráveis	Pedra britada, seixos britados ou não e escórias	Agregados duros, compactos e limpos	Agregados duros, duráveis e limpos	Agregados duros, duráveis e limpos	Ne	Agregados inalteráveis
Absorção d'água	ne	Ne	ne	ne	<0,5%	Ne	<5%
Massa unitária	>1121kg/m ³ p/escórias	1121kg/m ³ p/escórias	ne	ne	ne	Ne	ne
Deletérios: matéria orgânica	ne	Ne	ne	ne	ne	Ne	ne
Torrões de argila	<0,25% (sem tolerância)	<5%	<1% p/ca	ne	ne	Ne	ne
Partículas macias e friáveis	<2% (tolerância: 5%)	<5% p/csd	<2% p/oc	ne	ne	Ne	ne
Materiais pulverulentos	<0,5% (tolerância: 1%)	<1%	<1%	ne	ne	<1,5%	<5%
Partículas leves	ne	Ne	ne	ne	ne	Ne	Ne
Materiais carbonosos	ne	<0,5% p/ca; <1% p/oc	<0,5% p/ca; <1% p/oc	ne	ne	Ne	ne
Forma	ne	Ne	m. < 3C:1E	ne	>50% de <3C:1E	Ne	CV>0,15 p/ seixos CV>0,11 p/p. britada
Abrasão “Los Angeles”	<40%	<50%	<50%	ne	ne	Ne	-
Esmagamento	ne	Ne	ne	<30% p/csd	ne	<29%	-
10% de finos	ne	Ne	ne	>100 kN p/csd >50 p/cnd	ne	>110 kN p/csd >70% p/cnd	-
Compressão uniaxial	ne	Ne	ne	ne	>100 MPa	Ne	-
Sanidade c/Na₂SO₄	<12% a 5 ciclos	<8% p/escórias;<12% p/pb, sx; a 5 ciclos	ne	ne	ne	Ne	-

Quadro 3 - Especificações para agregados graúdos para concretos hidráulicos, de acordo com algumas entidades normalizadoras.

Fonte: Modificado de FRAZÃO, E. B., 2002 e FRAZÃO, E. B., 2011.

Nota: (1) Para pavimentos, pontes e outras estruturas de auto-estradas; (2) Para concretos estruturais; (3) Para concretos diversos; csd = concreto sujeito a desgaste; cnd = concreto não sujeito a desgaste; ca = concreto aparente; oc = outros concretos; C = comprimento; E = espessura; CV = coeficiente volumétrico; pb = pedra britada; sx = seixos; ne = não especificado. AASHTO = American Association of State Highway and Transportation Officials; BS = British Standards; DIN = Deutsches Institut für Normung; AFNOR = Association Française de Normalisation.

Propriedades	Normas						
	ABNT NBR 5564 (1)	AREA (1)	ABNT NBR 7174 (2)	ASTM D 692 (3)	ASTM D 693 (4)	SABS 1083 (5)	ABNT NBR 7582 (6)
Requisitos gerais	Sãos, duros, duráveis e limpos	ne	Sãos, duros, duráveis e limpos	Duros, resistentes, duráveis e limpos	Duros, resistentes, duráveis e limpos	ne	Sãos, duros, duráveis e limpos
Massa específica	>2400 kg/m ³	ne	ne	ne	ne	ne	ne
Porosidade	<1%	ne	ne	ne	ne	ne	ne
Massa unitária	ne	1121 kg/m ³ p/ escórias	ne	1121kg/m ³ p/ escórias	1041kg/m ³ p/escorias	ne	ne
Deletérios: matéria orgânica	ne	ne	<2%	ne	ne	ne	<2%
Torrões de argila	<1%	<0,5%	<2%	ne	ne	ne	<2%
Partículas macias e friáveis	<5%	<5%	ne	ne	ne	ne	ne
Materiais pulverulentos	<1%	<1%	<1,5%	ne	ne	<12%	<1,5%
Forma	>90% de cúbicos	<5% de C>5E	>90% de cúbicos	ne	<15% de C>5E	>75% de cúbicos	<10% de C+L>6E
Abrasão “Los Angeles”	<40%	<40%	<50%	<40% p/ revestimento	<40% p/ revestimento	ne	<50%
Esmagamento	ne	ne	ne	ne	ne	<29%	ne
10% de finos	ne	ne	ne	ne	ne	>110 kN	ne
Tenacidade “Tret”	<20%	ne	<20% p/ basaltos <30% p/ granitos	ne	ne	ne	ne
Sanidade c/Na₂SO₄	ne	<7% a 5 ciclos	ne	<12% a 5 ciclos	<20% a 5 ciclos	ne	ne

Quadro 4 - Especificações para agregados graúdos para lastro ferroviário e para pavimentos rodoviários, de acordo com algumas entidades normalizadoras.

Fonte: Modificado de FRAZÃO, E. B., 2002 e FRAZÃO, E. B., 2011.

Nota: (1) Para concretos de pontes e outras estruturas de auto-estradas; (2) Para concretos estruturais; (3) Para argamassas de alvenaria; (*) Se houver, executar ensaio de qualidade de areia, cujos resultados devem ser não inferior a 95% daquele da areia padrão; csd = concreto sujeito a desgaste; cnd = concreto não sujeito a desgaste; oc = outros concretos; SO₂ = teor de sais de enxofre expressos como sulfetos; Cl⁻ = teor de sais expressos como cloretos; ne = não especificado.

Propriedades		Normas					
		AASHTO M 6 (1)	ASTM C 33 (2)	ASTM C 144 (3)	ABNT NBR 7211 (2)	AFNOR NF B 18-301 (2)	SABS 1083 (2)
Requisitos gerais	Areia natural ou outro material inerte; duras, resistentes e duráveis	Areia natural ou artificial ou combinação destas	Areia natural ou artificial com graduação e formas adequadas	Areias duras, compactas, duráveis e limpas	Areias inalteráveis	Areias naturais e limpas	
Deletérios: matéria orgânica		sem (*)	sem (*)	sem (*)	sem (*)	sem (*)	sem (*)
Torrões de argila		ne	<3%	ne	ne	ne	ne
Partículas macias e friáveis		< 0,5% (tolerância: 1%)	ne	<1%	<1,5%	sem	ne
Materiais pulverulentos		<2% p/csd; <3% p/cnd	<3% p/csd; <5% p/cnd	ne	ne	<5%	<5%
Partículas leves		ne	ne	ne	ne	ne	ne
Materiais carbonosos		<0,25% (tolerância: 1%)	<0,5% p/ca; <1% p/oc	<0,5% p/ca; <1% p/oc	ne	ne	ne
Sais		ne	ne	ne	ne	<1% (SO ₂ -)	0,01-0,03 (Cl-)
Sanidade c/Na₂SO₄		<10% a 5 ciclos	ne	<10% a 5 ciclos	ne	ne	ne
Módulo de finura		Variação <0,2 do valor da amostra representativa	2,3 a 3,1; variação <0,2 do valor da amostra representativa	ne	Variação <0,2 do valor da amostra representativa	ne	1,55-3,5

Quadro 5 – Especificações para agregados miúdos para concretos e argamassas, de acordo com algumas entidades normalizadoras.

Fonte: Modificado de FRAZÃO, E. B., 2002 e FRAZÃO, E. B., 2011.

Nota: (1) Para concretos de pontes e outras estruturas de auto-estradas; (2) Para concretos estruturais; (3) Para argamassas de alvenaria; (*) Se houver, executar ensaio de qualidade de areia, cujos resultados devem ser não inferior a 95% daquele da areia padrão; csd = concreto sujeito a desgaste; cnd = concreto não sujeito a desgaste; oc = outros concretos; SO₂- = teor de sais de enxofre expressos como sulfetos; Cl- = teor de sais expressos como cloretos; ne = não especificado.

ANEXO D

**Metodologias Adotadas nos Ensaio
Tecnológicos das Amostras: GA-01, GA-02,
GA-03, GA-04, GA-05, GA-06 e GA-07.**

- **Análise Petrográfica [amostras: GA-06 (Serrinha de Cima) e GA-07 (Jundiaí)].**

Os estudos petrográficos das rochas coletadas nas localidades de Serrinha de Cima e Jundiaí foram feitos baseados nas Normas Brasileiras da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, tais normas foram, NBR NM 66, 1998 (Agregados - Constituintes Mineralógicos dos Agregados Naturais – Terminologia), NBR 7389, 2009 (Apreciação Petrográfica de Materiais Naturais, para Utilização como Agregado em Concreto) e foram realizados no Laboratório de Planejamento de Lavra - LAPLA/DEMINAS/UFPE.

Foram confeccionadas 4 seções delgadas que foram catalogadas como BRT 2012.5.1 (amostra 1.1), BRT 2012.5.2 (amostra 1.2), e BRT 2012.5.3 (amostra 1.3), para o material de Jundiaí, e BRT 2012.5.4(amostra 1.1), para o material de Serrinha de Cima. Por fim foi realizada a descrição Mesoscópica e Microscópica das laminas.

- **Resistência à Compressão Simples (amostras: GA-06 e GA-07), conforme a norma ABNT/CB-02.**

Determina a tensão (MPa) que provoca a ruptura da rocha quando submetida a esforços compressivos. A finalidade deste ensaio é avaliar a resistência da rocha quando utilizada como elemento estrutural e obter um parâmetro indicativo de sua integridade física.

- **Materiais Necessários/Utilizados:**

a) prensa hidráulica com capacidade de no mínimo 1 000 kN e resolução de 2 kN. Deve dispor de um prato rígido e outro, oposto a ele, solidário ao dispositivo de aplicação de força e munido de rótula para permitir pleno contato com as faces do corpo-de-prova; e de sistema que permita carregamento progressivo e contínuo (figura 1);



Figura 1 - Prensa hidráulica utilizada nos ensaios de compressão simples, Laboratório de Estruturas do Departamento de Engenharia Civil - UFPE.

- b) equipamento para serragem da rocha;
- c) paquímetro com curso de no mínimo 100 mm e resolução de 0,05 mm para medição dos corpos-de-prova;
- d) bandejas de material;
- e) estufa, de preferência ventilada, regulável para $(70 \pm 5)^\circ\text{C}$; e
- f) torno mecânico munido de rebolo diamantado.

- **Preparação dos corpos-de-prova**

Os corpos-de-prova foram produzidos no formato cúbico, com dimensões das arestas entre (70 ± 2) mm e (75 ± 2) mm ou cilíndrico, com diâmetro entre (70 ± 2) mm e (75 ± 2) mm e relação de dimensões entre base e altura de 1:1. Foram preparados cinco corpos-de-prova para cada tipo de rocha. Também foram fabricados corpos de prova para ensaios de tração na flexão (figura 2)



Figura 2 – Corpos-de-prova utilizados nos ensaios de compressão simples (1) e ensaios de tração por flexão (2).

- **Execução dos Ensaios**

Inicialmente corpos-de-prova foram submetidos à estufa (70 ± 5) °C por 48 horas. Após este período cada corpo-de-prova foi posto no centro do prato da prensa, onde foi ajustado antes de aplicar força a uma taxa menor que 0,7 MPa/s ou 1,3 mm/min até a ruptura do mesmo. Depois foi anotada a força de ruptura registrada no ensaio e por fim foi calculada a tensão de ruptura na compressão pela seguinte expressão:

$$\text{Tensão de ruptura na compressão } (\sigma_c) = A/P$$

onde:

σ_c = tensão de ruptura na compressão, em MPa;

P = força máxima de ruptura, em kN;

A = área da face do corpo-de-prova submetida a carregamento, em m².

Foram aplicadas médias e desvios padrões nos resultados dos corpos analisados, visando obter um número representativo.

- **Resistência à tração por flexão (amostras: GA-06 e GA-07), conforme norma NBR 12763.**

O ensaio de tração na flexão (ou flexão por carregamento em três pontos, ou ainda, módulo de ruptura) determina a tensão (MPa) que provoca a ruptura da rocha quando submetida a esforços flexores. O ensaio permite avaliar sua aptidão para uso em revestimento, ou elemento estrutural, e também fornece um parâmetro indicativo de sua resistência à tração.

- **Materiais Necessários/utilizados:**

a) prensa com capacidade de no mínimo 1000 kN e resolução igual ou inferior a 2 kN; dispondo de um prato inferior rígido e um prato superior suspenso na cabeça da prensa e munido de rótula, de modo a permitir pleno contato com o topo do corpo-de-prova, dispondo de sistema de aplicação de carga que permite carregamento progressivo e contínuo (figura 2).



Figura 3 - Prensa hidráulica utilizada nos ensaios de tração por flexão, LAPLA/Laboratório de Estruturas do Departamento de Engenharia Civil/UFPE.

b) dispositivo para ensaio dos corpos-de-prova, conforme a figura 3, constituído por dois cutelos articulados, um móvel e o outro fixo (que se assentam sobre o prato inferior da prensa) e de um cutelo superior, móvel (que se fixa no prato superior da prensa), o comprimento de cada cutelo deve ser no mínimo igual à largura do corpo-de-prova;

c) equipamento para corte de rochas constituído de disco diamantado;

d) paquímetro com curso de 200 mm e divisões de 0,05 mm para medição dos corpos-de-prova;

f) estufa com temperatura de $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, de preferência ventilada, para secagem dos corpos-de-prova.

- **Preparação dos corpos-de-prova**

Foram preparados os corpos-de-prova com formato prismático retangular com dimensões de aproximadamente 20 cm x 10 cm x 5 cm, como já mostrado na figura 4.

- **Execução dos Ensaios**

Cada corpo-de-prova foi ajustado sobre os cutelos inferiores, nas posições correspondentes às linhas demarcadas a 9 cm da linha média (vão de ensaio aproximadamente 18 cm). Em seguida foi assentado o cutelo superior na posição

correspondente à linha média traçada no corpo-de-prova, aplicando-se pequena carga inicial para obter a estabilização do sistema corpo-de-prova/cutelos/prensa. Depois foi efetuado o carregamento de modo lento e progressivo, a uma taxa de aproximadamente 4.450 N/min, até a ocorrência da ruptura do corpo-de-prova.

Depois foi anotada a força de ruptura registrada no ensaio e por fim foi calculada a tensão de ruptura da rocha por tração na flexão pela seguinte expressão:

$$\text{Tração na flexão } (\sigma_f) = 3/2 PL/bd^2$$

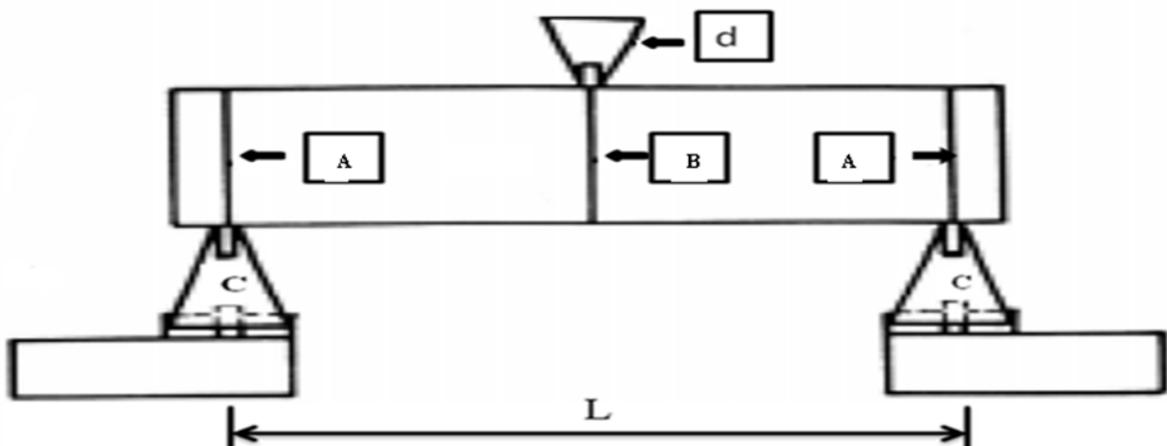
Onde:

P = força de ruptura, em N

L = distância entre as duas linhas extremas traçadas no corpo-de-prova, em cm ou m

b = largura do corpo-de-prova, em cm ou m

d = altura do corpo-de-prova, em cm ou m



A = linhas que delimitam o comprimento; B = linha central; c e d = cutelos de apoio;

Figura 4 – Corpo-de-prova e dispositivo de ensaio recomendado para determinação da tensão de ruptura da rocha por tração na flexão.

- **Resistência ao Impacto do Corpo Duro (amostras: GA-06 e GA-07), conforme a ABNT/CB-02.**

Este ensaio fornece a resistência da rocha ao impacto, através da determinação da altura de queda (m) de uma esfera de aço que provoca o fraturamento e quebra de placas de rocha (figura 5). É um indicativo da tenacidade da rocha.

- **Materiais Necessários/utilizados:**

- a) aparelho conforme figura 5;
- b) equipamento para corte de rochas;
- c) paquímetro com curso de no mínimo 200 mm e resolução igual ou inferior a 0,05 mm;
- d) nível de bolha;
- e) esfera de aço de 0,06 m de diâmetro e massa de 1 kg;
- f) areia normal média conforme Normas da ABNT ou equivalente.

<u>Legenda:</u>
1 - Esfera de aço de 1 kg.
2 - Roldana.
3 - Estrutura para sustentação da esfera.
4 - Fio não deformável para alçar a esfera.
5 - Corpo-de-prova.
6 - Colchão de areia.
7 - Tubo-guia com escala de 5 cm em 5 cm.

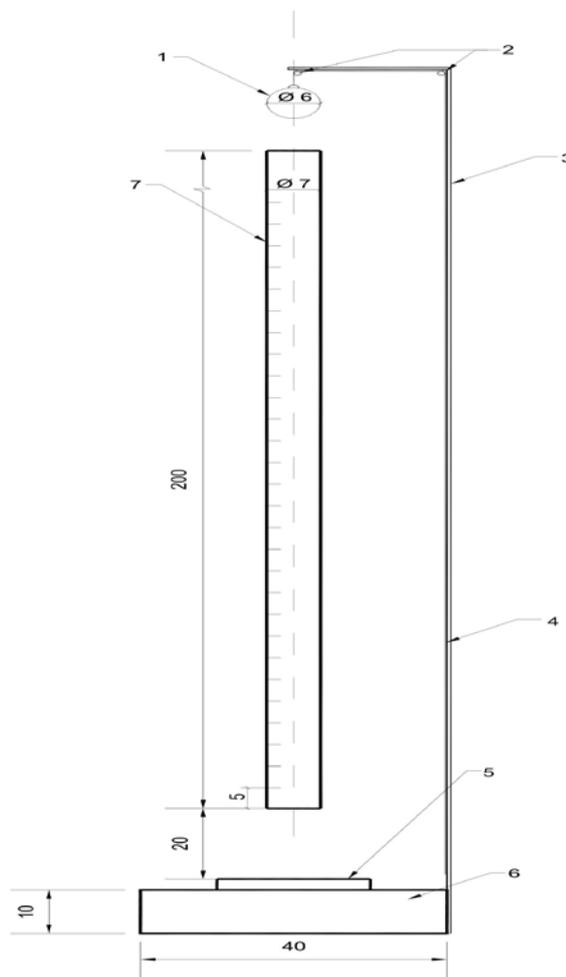


Figura 5 – Esquema de aparelho para ensaio de impacto de corpo duro.

- **Preparação dos corpos-de-prova**

Foram fabricados cinco corpos-de-prova com dimensões de $(20 \pm 0,5)$ cm x $(20 \pm 0,5)$ cm;

- **Execução dos Ensaios**

Após assentar o corpo-de-prova, centralizado no colchão de areia, com a face com acabamento de uso para cima, o mesmo foi nivelado o quanto possível o auxílio do nível de bolha. Foi alçado a esfera de aço até a altura inicial de 20 cm (distância entre a face da placa a ser submetida ao impacto e o centro de massa da esfera) e após isso foi liberada a esfera em queda livre. A partir desta altura inicial, repetido o procedimento para intervalos crescentes de altura de 5 cm até que ocorrência das fissuras, lascas e ruptura do corpo-de-prova. Em seguida foram anotadas as alturas em que esses eventos ocorreram. As fissuras e lascas são danos superficiais e não representativos. Ocorre ruptura quando há quebra da placa.

Os resultados são expressos pela média aritmética da altura de ruptura e pela energia de ruptura calculada pela seguinte expressão:

$$\text{Energia de ruptura (W)} = m \times g \times h$$

onde:

W, é a energia de ruptura em joules com aproximação de 1 joule;

m, é a massa da esfera, em quilograma;

g, é a aceleração da gravidade (9,806 m/s²);

h, é a altura de ruptura em metros com precisão de duas casas decimais.

- **Índices Físicos (amostras: GA-06 e GA-07), conforme ABNT/CB-02.**

Referem-se às propriedades de massas específicas aparentes tato seca quanto saturada (kg/m³), porosidade aparente (%) e absorção d'água (%), que permitem avaliar, indiretamente, o estado de alteração e de coesão das rochas.

- **Materiais Necessários/utilizados:**

a) estufa ventilada (figura 6);

b) equipamento para serragem;

- c) bandejas de material não-oxidável, com dimensões adequadas para acondicionamento dos corpos-de-prova (figura 7);
- d) balança com resolução de 0,01g, que permita pesagens hidrostáticas (figura 8);
- e) recipiente de dimensões adequadas para acondicionamento de água para pesagem dos corpos-de-prova na condição submersa (figura 8);
- f) recipiente adequado para ser submetido ao vácuo, que seja capaz de suportar pressão de $(2,0 \pm 0,7)$ kPa ou (15 ± 5) mmHg; e
- g) dessecador e substância desidratante.



Figura 6 – Estufa, utilizada nos ensaios.



Figura 7 – Bandeja utilizada ensaios.



Figura 8 – Balança com resolução de 0,01g, utilizada nos ensaios, LAPLA/UFPE.

- **Preparação dos corpos-de-prova**

Forma preparados dez corpos-de-prova, com dimensões entre 5 cm e 7 cm e com relação base:altura 1:1.

- **Execução dos Ensaio**

Inicialmente os corpos-de-prova foram lavados em água corrente e escovados com escova de cerdas macias. Em seguida eles foram levados para estufa a temperatura e submetidos a 70 ± 5 °C até massa constante (Massa constante é atingida quando a diferença entre duas pesagens sucessivas num intervalo de (24 ± 2) h, for menor que 0,1 %. Depois os corpos foram retirados da estufa e levados para o dessecador, para resfriar. Após essa etapa foi feita a pesagem dos corpos-de-prova individualmente ao ar e anotada massa “Msec”.

Em seguida foram colocados os corpos-de-prova na bandeja e adicionado água, destilada, até alcançar 1/3 de sua altura. Após 4 h até 2/3 da altura dos corpos-de-prova, depois de mais 4 h foi completada a submersão dos corpos-de-prova e depois foi deixado por mais 40 h. Após isso, as amostras foram pesadas individualmente, na condição submersa, por meio do dispositivo da balança para pesagem hidrostática, em seguida foi amarrado cada corpo-de-prova com fio de massa desprezível e anotada a massa “Msub”. Por fim, foram retirados os corpos-de-prova da água, enxugados suas superfícies com um pano levemente úmido e pesados cada um ao ar; e depois foram anotadas as suas respectivas massas “Msat”. Os resultados foram calculados com as seguintes expressões:

$$\text{Densidade Aparente } (\rho_a) = \frac{M_{sec}}{(M_{sat} - M_{sub})} \times 1000$$

$$\text{Porosidade Aparente } (\eta_a) = \frac{(M_{sat} - M_{sec})}{(M_{sat} - M_{sub})} \times 100$$

$$\text{Absorção de Água } (\alpha_a) = \frac{(M_{sat} - M_{sec})}{M_{sec}} \times 100$$

Onde: A densidade aparente da água = 1000 kg/m³;

Msec = massa seca, em gramas;

Msat = massa saturada, em gramas;

Msub = massa submersa, em gramas;

ρ_a = densidade aparente, em quilogramas por metro cúbico;

η_a = porosidade aparente, em porcentagem;

α_a = absorção de água, em porcentagem.

- **Análise Granulométrica (amostras: GA-01, GA-02, GA-03, GA-04 e GA-05), conforme ABNT NBR NM 248: 2003.**

Este ensaio tem como objetivo determinar a composição granulométrica do agregado miúdo para argamassa e concreto. A composição granulométrica tem grande influência nas propriedades futuras das argamassas e concretos.

- **Materiais Necessários/utilizados:**

- a) balança com cap. Mínima de 1kg e sensibilidade de 1g;
- b) estufa capaz de manter a temperatura (105 +ou- 5 °C);
- c) 2 kg de agregado miúdo seco em estufa até a constância de massa;
- d) agitador de peneiras;
- a) série de peneiras denominadas normal: 9,5mm – 6,3 mm – 4,80mm – 2,40mm – 1,20mm – 600 μ m – 300 μ m – 150 μ m e fundo (figura 9);

Série de Peneiras

9,5 mm

6,3 mm

4,8 mm

2,4 mm

1,2 mm

600 μ m

300 μ m

150 μ m

Fundo



Figura 9 – Série de peneiras utilizadas nos ensaios de agregados miúdos (areias).

- **Execução dos Ensaios**

Em primeiro lugar foi formado cada amostra para o ensaio (entre 0,3kg e 0,5 kg), na sequencia foi montada a série de peneiras e fundo apropriadamente, encaixando-

as de modo a formar uma única peneira, com aberturas da malha crescente, conforme figura 10. Após isso cada amostra ou porção foi colocada sobre a peneira superior do conjunto, de modo a evitar a formação de uma camada espessa de material sobre qualquer uma das peneiras (normalmente no máximo 0,2 kg de material sobre as telas das peneiras). Em seguida foi realizado o peneiramento de cada amostra através da série normal de peneiras, de modo a separar e classificar seus grãos em diferentes tamanhos. Nesta etapa do ensaio é importante que peneiramento seja contínuo, de forma que após 1 minuto de peneiramento, através de qualquer peneira não passe mais que 1% do peso total da amostra (agitador de peneiras por ± 5 min e peneiramento manual até que não passe quantidade significativa de material). O material retido em cada peneira e fundo foi separado e pesado, onde o somatório de todas as massas apresentou resultado dentro do especificado pela ABNT (não deve diferir mais de 0,3% da massa inicial da amostra). Os resultados foram calculados com as expressões do quadro 1:

Quadro 1 – Expressões utilizadas no cálculo do módulo de finura das amostras.

PENEIRA #	Peso retido (g)	% Retida	% Retida Acumulada
4,75mm	Peso retido na # 4,8mm	$\frac{\text{Peso retido} \times 100}{\text{Total}}$	%Retida
2,36mm	Peso retido na # 2,4mm	$\frac{\text{Peso retido} \times 100}{\text{Total}}$	%Ret. Acum. Anterior + % Retida
1,18mm	Peso retido na# 1,2mm	$\frac{\text{Peso retido} \times 100}{\text{Total}}$	%Ret. Acum. Anterior + % Retida
0,6mm	Peso retido na # 0,6mm	$\frac{\text{Peso retido} \times 100}{\text{Total}}$	%Ret. Acum. Anterior + % Retida
0,3mm	Peso retido na # 0,3mm	$\frac{\text{Peso retido} \times 100}{\text{Total}}$	%Ret. Acum. Anterior + % Retida
0,15mm	Peso retido na # 0,15mm	$\frac{\text{Peso retido} \times 100}{\text{Total}}$	%Ret. Acum. Anterior + % Retida
Fundo	Peso retido no fundo	$\frac{\text{Peso retido} \times 100}{\text{Total}}$	%Ret. Acum. Anterior + % Retida
Total	Somatório= peso da amostra	100%	

$$\text{Módulo de Finura (M.F.)} = \frac{\sum \% \text{ Retida Acumulada} - \text{Fundo e } \# \text{ intermediárias}}{100}$$

Após o cálculo do módulo de finura de todas as amostras, foi realizada a classificação do agregado miúdo. Estes devem atender aos limites estabelecidos no quadro 2.

Abertura da malha das peneiras (mm)	Faixas em relação as % retidas acumuladas			
	Limites Inferiores		Limites Superiores	
	Zona	Zona	Zona	Zona
	Utilizável	Ótima	Utilizável	Ótima
9,5	0	0	0	0
6,3	0	0	0	7
4,75	0	0	5	10
2,36	0	10	20	25
1,18	5	20	30	50
0,6	15	35	55	70
0,3	50	65	85	95
0,15	85	90	95	100
Fundo	100	100	100	100

Quadro 2 – Limites de distribuição Granulométricas dos agregados miúdos.

Fonte: ABNT NBR 7211:2009

O módulo de finura em cada limite varia da seguinte forma:

- zona utilizável inferior $1,55 < MF < 2,20$;
- zona ótima de $2,20 < MF < 2,90$;
- zona utilizável superior $2,90 < MF < 3,50$.

Os materiais com distribuição fora destes limites só podem ser utilizados como agregado miúdo para concreto, após estudos prévios de dosagem que comprovem sua aplicabilidade.

- **Índice de Material Pulverulento (amostras GA-01, GA-02, GA-03, GA-04, GA-05), conforme a norma ABNT NBR 46/2003.**

Ensaio indispensável, pois os materiais pulverulentos em alto teor diminuem a aderência do agregado a pasta ou argamassa prejudicando de forma direta a resistência mecânica e a trabalhabilidade do concreto.

- **Materiais Necessários/utilizados:**

- a) conjunto de Peneiras (# 1,18mm e # 0,075mm);
- b) recipiente para lavagem do agregado;
- c) água corrente;

- d) estufa capaz de manter a temperatura no intervalo de $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- e) balança com capacidade mínima de 1kg e precisão de 1g;
- f) agregado miúdo (amostra seca em estufa $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ até a constância de massa);
- g) recipiente de vidro;
- h) luvas.

- **Execução dos Ensaios**

Foi estabelecida a massa mínima por amostra tomando-se 500g. Em seguida foi colocado agregado no recipiente em água de modo que não trasbordasse quando forçe agitado. Depois a água foi agitada para provocar a separação e suspensão do material pulverulento, na sequencia foi vertida a água com o material em suspensão pelo conjunto de peneiras. Depois foram as peneiras foram lavadas sobre o recipiente, de modo que todo o material retido nelas voltasse para junto da amostra em análise. Todo processo foi repetido até que a água se tornasse clara. Para verificar isso se utilizou do recipiente de vidro; o material lavado foi finalmente seco em estufa até a constância de massa. Por fim foi pesado o material seco (m_f) e calculado o percentual do material pulverulento pela fórmula:

$$\text{Índice de Material Pulverulento (m)} = (m_i - m_f) / m_i \cdot 100$$

(%)

onde:

m , é a porcentagem de material mais fino que a peneira de # 0,075mm por lavagem (material pulverulento);

m_i , é a massa original da amostra seca, em gramas (g);

m_f , é a massa da amostra seca após a lavagem, em gramas (g).

- **Índice de Torrões de Argila (amostras GA-01, GA-02, GA-03, GA-04, GA-05), conforme a norma ABNT NBR 7218/2010.**

Outro ensaio de grande importância, já que, os torrões de argila são prejudiciais ao concreto, tendo em vista que afetam a resistência mecânica e a durabilidade do mesmo.

- **Materiais Necessários/utilizados:**

- a) balança com precisão de 0,1 % da massa de ensaio;
- b) estufa capaz de manter a temperatura no intervalo de $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- c) peneiras da serie normal, as mesmas utilizadas nos ensaios granulométricos (ABNT NBR 248).
- d) bandejas metálicas inoxidáveis de bordos rasos, com dimensões e forma que permitam espalhar as amostras em uma camada delgada em seu fundo.

- **Execução dos Ensaios**

A partir realização dos ensaios da composição granulométrica conforme a ABNT NBR 248, determinou-se o teor de argila em torrões e/ou matérias friáveis de cada amostra de areia, considerando os intervalos granulométricos e de massa mínima, definidos na NBR 248.

Com base nesta norma também foram executados os procedimentos exigidos para os ensaios. Por fim foi calculado o teor de argila em torrões para cada intervalo granulométrico (teor parcial), expresso em porcentagem. A expressão usada foi a seguinte:

$$\begin{aligned} \text{Teor parcial da argila em torrões e materiais friáveis (TA)} &= \\ &= \%TA = (m_i - m_f) / m_i \cdot 100 \end{aligned}$$

O teor global da argila em torrões foi calculado segundo a expressão:

$$\Sigma (\% TA \times \text{Retida}^*)$$

onde:

%TA, é o teor de argila em torrões e/ou matérias friáveis, em porcentagem (%);

m_i , é a massa inicial do intervalo granulométrico, em gramas (g);

m_f , é a massa após peneiramento via úmida em gramas (g).

Retida* = Valor extraído da análise granulométrica, correspondente à faixa de peneiras estabelecidas no item (c) deste ensaio.

- **Determinação da Massa Específica (amostras GA-01, GA-02, GA-03, GA-04, GA-05), conforme a norma ABNT NBR NM 52/2009.**

A determinação da massa específica de um agregado miúdo é indispensável pois essa informação serve principalmente para calcular o peso, que é usado na determinação do traço das argamassas e concretos.

- **Materiais Necessários/utilizados:**

- a) Com capacidade para 1 kg e resolução de 0,1 g;
- b) Frasco aferido (Figura 10) de (500 ± 5) cm³ de capacidade, calibrada a 20°C;
- c) Molde tronco-cônico metálico, de (40 ± 3) mm de diâmetro superior, (90 ± 3) mm de diâmetro inferior e (75 ± 3) mm de altura, com espessura mínima de 1 mm;
- d) haste de compactação, metálica, com (340 ± 15) g de massa, tendo superfície de compactação circular plana de (25 ± 3) mm de diâmetro;
- e) Estufa, capaz de manter a temperatura no intervalo de (105 ± 5) °C;
- f) Bandeja metálica, para secagem da amostra;
- g) Para secar a amostra;
- h) Espátula de aço;
- i) circulador de ar regulável;
- j) dessecador.

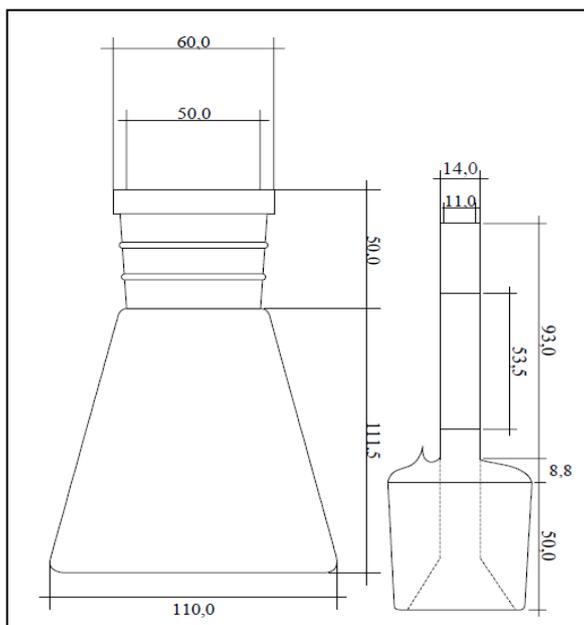


Figura 10 – Frasco aferido e tampa, com dimensões dadas de maneira ilustrativa,

apenas para orientar a fabricação do frasco.

- **Execução dos Ensaios**

Cada amostra para ensaio foi constituída por 1 kg de agregado miúdo, obtido por quarteamento. Também foram levados em consideração os procedimentos de preparação das amostras, descritos na NBR NM 52/2009. Na excursão propriamente dita, foi pesado ($500,0 \pm 0,1$) g de amostra (m_s), em seguida ela foi colocada no frasco aferido e registrado a massa do conjunto (m_1). Depois foi adicionado água ao frasco com nível até próximo da marca de 500 ml. Este foi movimentado de forma a eliminar as bolhas de ar, e depois colocado em um banho, mantido a temperatura constante de (21 ± 2) °C. Após 1 h, aproximadamente, executou-se a complementação com água até a marca de 500 cm³ e determinou-se a massa total com precisão de 0,1 g (m_2). Por fim foi retirada a amostra do frasco e em seguida por meio da estufa foi feita sua secagem (105 ± 5) °C até massa constante ($\pm 0,1$ g) e posteriormente seu esfriamento à temperatura ambiente em dessecador, e para completar o procedimento foi realizada a pesagem com precisão de 0,1 g (m). (este procedimento de execução foi repetido para todas as 5 amostras de areia). Na sequência foram realizados os cálculos com as seguintes expressões:

Massa específica aparente do agregado seco = $d_1 = m / (V - V_a)$

onde:

d_1 , é a massa específica aparente do agregado seco, em gramas por centímetro cúbico;

m , é a massa da amostra seca em estufa, em gramas;

V , é o volume do frasco, em centímetros cúbicos;

V_a , é o volume de água adicionada ao frasco, de acordo com a seguinte fórmula, em centímetros cúbicos:

$$V_a = (m_2 - m_1) / \rho_a$$

onde:

m_1 , é a massa do conjunto (frasco + agregado), em gramas;

m_2 , é a massa total (frasco + agregado + água), em gramas;

ρ_a , é a massa específica da água, em gramas por centímetro cúbico.

Massa específica do agregado saturado superfície seca =

$$d_2 = m_s / (V - V_a)$$

onde:

d_2 , é a massa específica do agregado saturado superfície seca, em gramas por centímetro cúbico;

m_s , é a massa da amostra na condição saturada superfície seca, em gramas;

V , é o volume do frasco, em centímetros cúbicos;

V_a , é o volume de água adicionada ao frasco, em centímetros cúbicos.

$$d_3 = \frac{m}{(V - V_a) - (m_s - m)/\rho_a}$$

onde:

d_3 , é a massa específica do agregado, em gramas por centímetros cúbicos;

m , é a massa da amostra seca em estufa, em gramas;

V , é o volume do frasco, em centímetros cúbicos;

V_a , é o volume de água adicionado ao frasco, em centímetros cúbicos;

m_s , é a massa da amostra na condição saturada superfície seca, em gramas;

ρ_a , é a massa específica da água, em gramas por centímetro cúbico.

- **Análise Química (amostras: GA-01, GA-02, GA-03, GA-04 e GA-05).**

A análise química foi realizada pela SGS – GEOSOL Laboratórios Ltda. Foram coletadas alíquotas de 100 a 150 gramas de cada amostra de areia (GA-01, GA-02, GA-03, GA-04 e GA-05) e encaminhadas via correio para o laboratório em Vespasiano - MG. Cada alíquota recebeu um código específico do laboratório, onde:

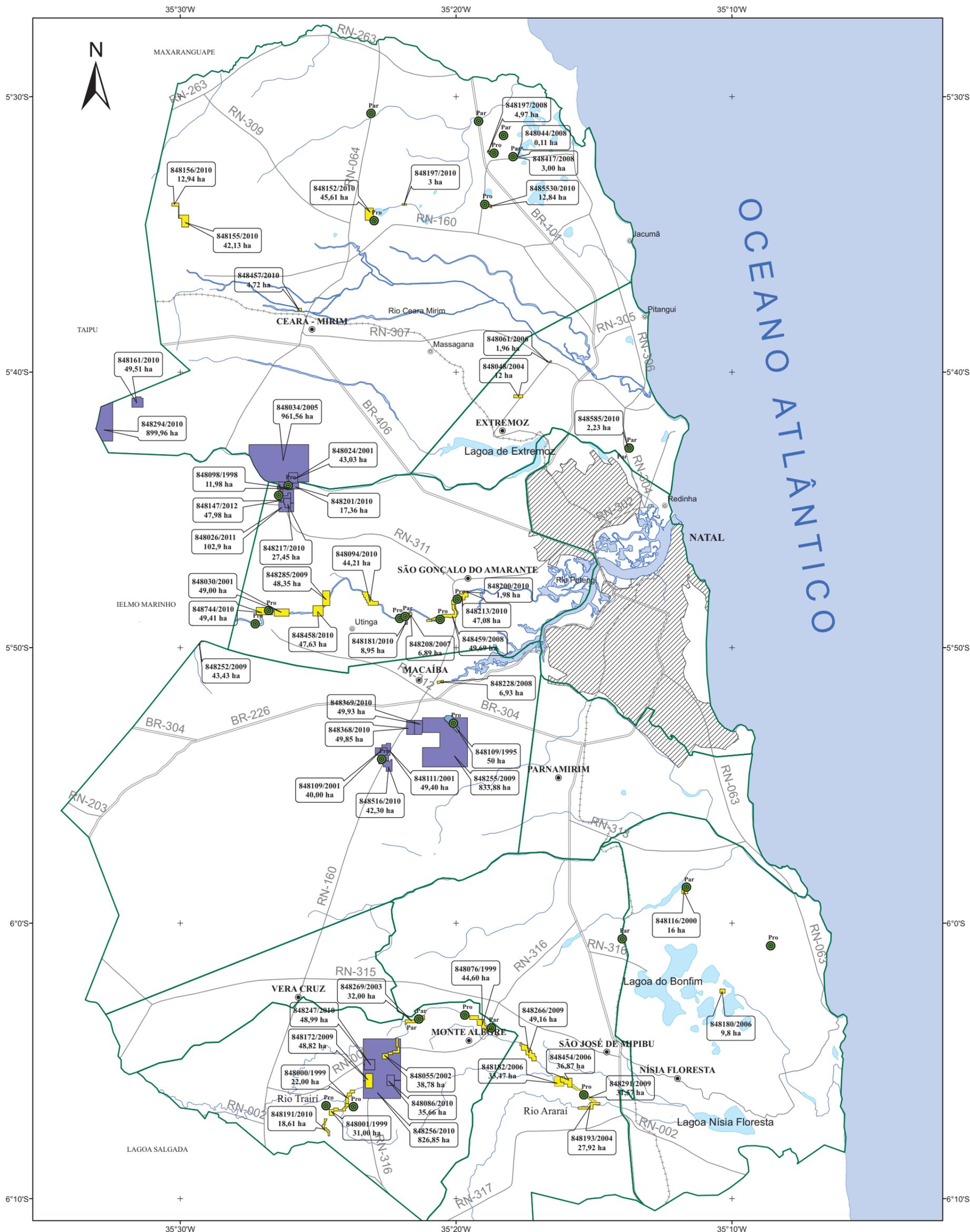
GA-01 = (FEQ903); GA-02 = (FEQ904); GA-03 = (FEQ905); GA-04 = (FEQ906); e
GA-05 = (FEQ907).

Referência Analítica: ICP95A. Fusão com Metaborato de Lítio - ICP OES. Data de realização: 13/04/2012.

ANEXO E

**Mapa de Processos Minerários e Áreas
Produtoras de Agregados para Construção
Civil na RMN.**

MAPA DE PROCESSOS MINERÁRIOS E ÁREAS PRODUTORAS DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL NA RMN



LOCALIZAÇÃO DOS PROCESSOS/SUBSTÂNCIAS NO DNPM

- Processos para bens minerais destinados à produção de areia
- Processos para bens minerais destinados à produção de brita (Granito)
- Processos para bens minerais destinados à produção de brita (Grandiorito)
- Poligonal/Processo/Área do processo

Obs.: A data da consulta dos dados do DNPM foi: 28/12/2011

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Natal/Perímetro Urbano
- Cidades
- Localidades
- Limite Municipal
- Estrada
- Auto Estrada
- Estrada de Ferro
- Rios e Lagoas
- Linha de Costa
- Rio Perene

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS PRODUTORAS DE AGREGADOS NA RMN

- Área produtora de agregado
- Are / Pro Área produtora de areia em atividade
- Are / Par Área produtora de Areia paralisada temporariamente
- Bt / Pro Área produtora de brita em atividade
- Bt / Par Área produtora de brita paralisada temporariamente

Obs.: As informações de localização das áreas produtoras de areia e brita correspondem aos meses de agosto e setembro de 2011.

Escala: 1:250.000



M.C.:33° / WGS 84

ANEXO F

**Processos Minerários Destinados a Produção de
Agregados Areia e Brita na Região
Metropolitana de Natal.**

Processo	Tipo de requerimento	Fase atual	Nome do titular	Municípios	Substâncias	Tipos de Uso	Situação
848.294/2010	Requerimento de Autorização de Pesquisa	Requerimento de Pesquisa	João Afonso Ferraz Sitônio	CEARÁ-MIRIM/RN	GRANITO	Revestimento	Ativo
848.197/2010	Requerimento de Registro de Licença	Requerimento de Licenciamento	José Carlos Cândido Brito	CEARÁ-MIRIM/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.161/2010	Requerimento de Autorização de Pesquisa	Autorização de Pesquisa	Guilherme Martins Lima	CEARÁ-MIRIM/RN	GRANITO	Brita	Ativo
848.156/2010	Requerimento de Registro de Licença	Requerimento de Licenciamento	Magnus Augusto Praxedes Barreto	CEARÁ-MIRIM/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.155/2010	Requerimento de Registro de Licença	Requerimento de Licenciamento	Magnus Augusto Praxedes Barreto	CEARÁ-MIRIM/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.152/2010	Requerimento de Registro de Licença	Requerimento de Licenciamento	Afc Imóveis Ltda Me	CEARÁ-MIRIM/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.478/2008	Requerimento de Registro de Licença	Licenciamento	Jacqueline Maria de Araújo Santos Carvalho	CEARÁ-MIRIM/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.417/2008	Requerimento de Registro de Licença	Requerimento de Licenciamento	MANOEL FRANCISCO DE ARAÚJO FILHO	CEARÁ-MIRIM/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.044/2008	Requerimento de Registro de Licença	Licenciamento	MANOEL FRANCISCO DE ARAÚJO FILHO	CEARÁ-MIRIM/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.201/2010	Requerimento de Autorização de Pesquisa	Requerimento de Pesquisa	Gto Empreendimentos e Participações Ltda	CEARÁ-MIRIM/RN	GRANITO	Brita	Ativo
848.024/2001	Requerimento de Autorização de Pesquisa	Autorização de Pesquisa	George Fabio de Lara Andrade	CEARÁ-MIRIM/RN	GRANITO	Construção civil	Ativo
848.265/2010	Requerimento de Autorização de Pesquisa	Requerimento de Pesquisa	Tânia Maria de Lara Andrade	SÃO GONÇALO DO AMARANTE/RN	GRANITO	Brita	Ativo
848.217/2010	Requerimento de Autorização de Pesquisa	Requerimento de Pesquisa	Tânia Maria de Lara Andrade	SÃO GONÇALO DO AMARANTE/	GRANITO	Brita	Ativo
848.216/2010	Requerimento de Registro de Licença	Requerimento de Licenciamento	GERCINO BARROS DA SILVA	SÃO GONÇALO DO AMARANTE/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.213/2010	Requerimento de Mudança de Regime para Licenciamento	Requerimento de Licenciamento	Jacqueline Maria de Araújo Santos Carvalho	SÃO GONÇALO DO AMARANTE/RN	AREIA	Construção civil	Ativo

Quadro 1: Processos minerários destinados a produção de agregados areia e brita na Região Metropolitana de Natal – 28/12/2011.

Fonte: Base de dados do DNPM/RN.

(Continuação do quadro 1)

Processo	Tipo de requerimento	Fase atual	Nome do titular	Municípios	Substâncias	Tipos de Uso	Situação
848.200/2010	Requerimento de Registro de Licença	Licenciamento	Cerâmica Samburá Ltda.	SÃO GONÇALO DO AMARANTE/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.181/2010	Requerimento de Registro de Licença	Requerimento de Licenciamento	GERCINO BARROS DA SILVA	SÃO GONÇALO DO AMARANTE/RN	GRANITO	Pedra de talhe	Ativo
848.162/2010	Requerimento de Registro de Licença	Requerimento de Licenciamento	Pedras e Areias Comércio e Representações Ltda Epp	SÃO GONÇALO DO AMARANTE/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.153/2010	Requerimento de Disponibilidade para pesquisa	Autorização de Pesquisa	Jacqueline Maria de Araújo Santos Carvalho	SÃO GONÇALO DO AMARANTE/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.094/2010	Requerimento de Mudança de Regime para Licenciamento	Licenciamento	Geromilton Rodrigues da Silva	SÃO GONÇALO DO AMARANTE/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.040/2010	Requerimento de Registro de Licença	Disponibilidade	Cerâmica Samburá Ltda.	SÃO GONÇALO DO AMARANTE/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.285/2009	Requerimento de Registro de Licença	Requerimento de Licenciamento	Jose Nilson Clementino da Silva	SÃO GONÇALO DO AMARANTE/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.459/2008	Requerimento de Registro de Licença	Licenciamento	Jacqueline Maria de Araújo Santos Carvalho	SÃO GONÇALO DO AMARANTE/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.208/2007	Requerimento de Registro de Licença	Requerimento de Licenciamento	AILTON BARBOSA DE MEDEIROS	SÃO GONÇALO DO AMARANTE/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.030/2001	Requerimento de Registro de Licença	Licenciamento	S P DA COSTA FILHO	SÃO GONÇALO DO AMARANTE/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.001/2000	Requerimento de Registro de Licença	Licenciamento	Gto Empreendimentos e Participações Ltda	SÃO GONÇALO DO AMARANTE/RN	GRANITO P/ BRITA	Construção civil	Ativo
848.098/1998	Requerimento de Registro de Licença	Concessão de Lavra	Gto Empreendimentos e Participações Ltda	SÃO GONÇALO DO AMARANTE/RN	GRANITO	Construção civil	Ativo
848.061/2006	Requerimento de Registro de Licença	Licenciamento	ELIANE BEZERRA DA SILVA	EXTREMOZ/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.053/2006	Requerimento de Registro de Licença	Requerimento de Licenciamento	ELIANE BEZERRA DA SILVA	EXTREMOZ/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.189/2005	Requerimento de Registro de Licença	Licenciamento	J C OLIVEIRA MINERAÇÃO	EXTREMOZ/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.048/2004	Requerimento de Registro de Licença	Requerimento de Licenciamento	SÉRGIO MURILO FREIRE SANTANA	EXTREMOZ/RN	AREIA	Construção civil	Ativo

Fonte: Base de dados do DNPM/RN.

(Continuação do quadro 1)

Processo	Tipo de requerimento	Fase atual	Nome do titular	Municípios	Substâncias	Tipos de Uso	Situação
848.255/2009	Requerimento de Autorização de Pesquisa	Autorização de Pesquisa	PEDREIRA POTIGUAR LTDA	MACAÍBA/RN	GRANITO	Revestimento, Brita	Ativo
848.228/2008	Requerimento de Autorização de Pesquisa	Autorização de Pesquisa	Mário Sérgio Macedo Lopes	MACAÍBA/RN	GRANITO	Pedra de talhe	Ativo
848.106/2007	Requerimento de Registro de Licença	Requerimento de Licenciamento	JAILSON BERTOLD DE BRITO - ME	MACAÍBA/RN	GRANITO	Pedra de talhe	Ativo
848.025/2003	Requerimento de Autorização de Pesquisa	Disponibilidade	Mineração Jundiá Ltda	MACAÍBA/RN	GRANITO	Construção civil	Ativo
848.111/2001	Requerimento de Autorização de Pesquisa	Concessão de Lavra	Mineração Jundiá Ltda	MACAÍBA/RN	GRANITO	Construção civil	Ativo
848.109/2001	Requerimento de Autorização de Pesquisa	Concessão de Lavra	Mineração Jundiá Ltda	MACAÍBA/RN	GRANITO	Construção civil	Ativo
848.109/1995	Requerimento de Autorização de Pesquisa	Concessão de Lavra	PEDREIRA POTIGUAR LTDA	MACAÍBA/RN	GRANODIORITO	Construção civil	Ativo
820.181/2002	Requerimento de Autorização de Pesquisa	Requerimento de Lavra	RECUPERAÇÃO DE MÁQUINAS LTDA.	VERA CRUZ/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.291/2009	Requerimento de Registro de Licença	Requerimento de Licenciamento	Nelson Lima Medeiros Dantas	SÃO JOSÉ DE MIPIBU/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.266/2009	Requerimento de Registro de Licença	Requerimento de Licenciamento	Manoel Dias de Araujo	SÃO JOSÉ DE MIPIBU/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.125/2008	Requerimento de Registro de Licença	Licenciamento	AMBROSINA LOURENÇO DA TRINDADE	SÃO JOSÉ DE MIPIBU/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.182/2006	Requerimento de Registro de Licença	Licenciamento	CHAGAS DE ALBUQUERQUE AIRES	SÃO JOSÉ DE MIPIBU/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.193/2004	Requerimento de Registro de Licença	Licenciamento	Nelson Lima Medeiros Dantas	SÃO JOSÉ DE MIPIBU/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.180/2006	Requerimento de Registro de Licença	Licenciamento	João Maria da Silva Ferreira	NÍSIA FLORESTA/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.116/2000	Requerimento de Registro de Licença	Licenciamento	JOSÉ ANTÔNIO DO NASCIMENTO	NÍSIA FLORESTA/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.256/2010	Requerimento de Autorização de Pesquisa	Requerimento de Pesquisa	PEDREIRA POTIGUAR LTDA	MONTE ALEGRE/RN	GRANITO	Brita, Pedra de talhe	Ativo

Fonte: Base de dados do DNPM/RN.

(Continuação do quadro 1)

Processo	Tipo de requerimento	Fase atual	Nome do titular	Municípios	Substâncias	Tipos de Uso	Situação
848.250/2010	Requerimento de Registro de Licença	Requerimento de Licenciamento	Francinaldo de Oliveira Alves 068 77373 464	MONTE ALEGRE/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.247/2010	Requerimento de Autorização de Pesquisa	Requerimento de Pesquisa	DORILENE SOARES THORPE	MONTE ALEGRE/RN	GRANITO	Brita	Ativo
848.191/2010	Requerimento de Registro de Licença	Requerimento de Licenciamento	Porpino Construções e Incorporações Ltda	MONTE ALEGRE/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.086/2010	Requerimento de Registro de Licença	Requerimento de Licenciamento	Construtora Queiroz Galvão S A	MONTE ALEGRE/RN	GRANITO	Brita	Ativo
848.172/2009	Requerimento de Registro de Licença	Requerimento de Licenciamento	João Maria da Silva Ferreira	MONTE ALEGRE/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.269/2003	Requerimento de Registro de Licença	Licenciamento	SEVERINO RODRIGUES DA SILVA	MONTE ALEGRE/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.055/2002	Requerimento de Registro de Licença	Licenciamento	João Maria da Silva Ferreira	MONTE ALEGRE/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.076/1999	Requerimento de Registro de Licença	Licenciamento	João Maria da Silva Ferreira	MONTE ALEGRE/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.001/1999	Requerimento de Registro de Licença	Licenciamento	Geromilton Rodrigues da Silva	MONTE ALEGRE/RN	AREIA	Construção civil	Ativo
848.000/1999	Requerimento de Registro de Licença	Licenciamento	João Maria da Silva Ferreira	MONTE ALEGRE/RN	AREIA	Construção civil	Ativo

Fonte: Base de dados do DNPM/RN.