SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS DE MARABÁ
FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS E MEIO AMBIENTE

ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DOS AGREGADOS MIÚDOS EXTRAÍDOS EM MARABÁ

RAPHAEL DE SOUSA NEPOMUCENO

MARABÁ – PA
2010

RAPHAEL DE SOUSA NEPOMUCENO

ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DOS AGREGADOS MIÚDOS EXTRAÍDOS EM MARABÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção de conceito no Curso de Graduação em Engenharia de Minas e Meio Ambiente, Universidade Federal do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Nonato do Espírito Santo dos Santos.

MARABÁ – PA
2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca II do CAMAR/UFPA, Marabá, PA

Nepomuceno, Raphael de Sousa

Análise das características dos agregados miúdos extraídos em Marabá / Raphael de Sousa Nepomuceno ; orientador, Raimundo Nonato do Espírito Santo dos Santos. — 2010.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Marabá, Faculdade de Engenharia de Minas e Meio Ambiente, Marabá, 2010.

1. Areia - Minas e mineração - Marabá (PA). 2. Agregados (Materiais de construção). I. Santos, Raimundo Nonato do Espírito Santo dos, orient. II. Título.

CDD: 21. ed.: 553.622098115

RAPHAEL DE SOUSA NEPOMUCENO

ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DOS AGREGADOS MIÚDOS EXTRAÍDOS EM MARABÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção de conceito no Curso de Graduação em Engenharia de Minas e Meio Ambiente, Universidade Federal do Pará.
Orientador: Prof. Dr. Raimundo Nonato do Espírito Santo dos Santos.

Data de Defesa: 30 / 06 / 2010

Conceito de Aprovação:_____

Banca Examinadora

_____- Orientador
Prof. Dr. Raimundo Nonato do Espírito Santo dos Santos
Universidade Federal do Pará

_____
Prof. Msc. Alexandre J. Buril de Macedo
Universidade Federal do Pará

_____
Diego Ranieri Nunes Lima
Engenheiro de Minas

A Deus pela proteção.

A minha mãe, Elecilda de Sousa Nepomuceno, meu pai Raimundo de Sousa Nepomuceno, e meu irmão Ruan Daniel de Sousa Nepomuceno pelo apoio e incentivo durante o curso.

A minha namorada Elizabeth pelo incentivo nas horas mais difíceis.

Aos meus amigos, pela compreensão e força durante o curso.

Dedico.

Raphael de Sousa Nepomuceno.

AGRADECIMENTO

A Essa vitória não seria possível sem o dom da vida; a Deus, Pai de todos, obrigado pela bênção de cada caminho percorrido.

Aos meus pais Raimundo e Elecilda pela educação, carinho, e amor incondicional.

Ao meu irmão, Ruan Daniel que sempre esteve me dando apoio. A todos os meus familiares, obrigado pelo carinho.

A minha namorada, Elisabeth sempre companheira, amiga e dedicada, presente nos altos e baixos dessa longa jornada.

A todos meus amigos, que sempre estiveram ao meu lado, nas horas tristes e felizes.

Aos colegas de turma, pelos 5 (cinco) anos de convivência, principalmente Lucas, Jarley e Fábio (Abaeté), pela amizade e companheirismo.

Ao meu orientador e professor Raimundo Nonato, pelo tempo dedicado a construir passo a passo desse trabalho.

A todos, essa vitória também é de vocês.

Muito obrigado!

RESUMO

A areia é um agregado miúdo, de larga utilização na construção civil, usado na confecção de concretos e argamassas. Entretanto, exceto nas obras de grande porte e nas empresas concreteiras, de modo geral, não se faz uso de controles tecnológicos dos agregados. Este trabalho tem como escopo a tentativa de traçar um perfil das areias produzidas no Município de Marabá, no que tange a composição granulométrica, e apreciação petrográfica, já que estes componentes permitem definir, previamente ao uso efetivo do material em obras, restrições à sua utilização ou a necessidade de execução de ensaios complementares. O presente trabalho efetuou as analises, em amostras recolhidas, em duas empresas mineradoras ativas, e em uma reserva desativada. Os resultados obtidos demonstram a necessidade de controles tecnológicos mais efetivos por parte das empresas produtoras, também cabe a indústria da construção civil a solicitação de materiais com garantia de qualidade, estabelecendo parâmetros mínimos para a aceitação dos insumos.

Palavras-chave: agregado miúdo, mineração, areia, Marabá

ABSTRACT

The sand is a small aggregate, of wide use in the civil, used construction in the confection of concrete and mortar. However, except in the workmanships of great transport and the concreting companies, in general way, use of technological controls of aggregates does not become. This work has as target the attempt to trace a profile of sands produced in the City of Marabá, in what it refers to the grain sized composition, and petrográfica appreciation, since these components allow to define, previously to the effective use of the material in workmanships, restrictions to its use or the necessity of execution of complementary assays. The present work analyzes effected them, in collected samples, two active mining companies, and a disactivated reserve. The gotten results demonstrate the necessity of more effective technological controls on the part of the producing companies, also fit the industry of the civil construction the request of materials with quality assurance, establishing minimum parameters for the acceptance of the aggregate.

keyword: small aggregate, mining, sand, Marabá

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Lavagem e separação da areia/corpos estranhos empresa “A”..... 19
FIGURA 2: Lavagem e separação da areia/corpos estranhos empresa “B”..... 20
FIGURA 3: Lavagem e separação da areia/corpos estranhos empresa “C”..... 20
FIGURA 4: Lavra de areia em cava seca..... 21
FIGURA 5: Desmonte Hidráulico..... 22
FIGURA 6: Dragagem em cava fechada..... 23
FIGURA 7: Lavra de areia em cursos d’agua..... 24
FIGURA 8: Lavra de areia em cursos d’agua..... 25
FIGURA 9: Extração de areia utilizando barcaças..... 25
FIGURA 10: Separação de areia em peneiras..... 26
FIGURA 11: Acondicionamento das amostras de campo..... 31
FIGURA 12: Quarteamento para redução de amostra..... 32
FIGURA 13: Peneiramento mecânico da amostra de ensaio..... 33
FIGURA 14: Peneiramento mecânico da amostra de ensaio..... 33
FIGURA 15: Mapa da distribuição de reservas de areia, Município de Marabá..... 41
FIGURA 16: Análises petrográficas mostrando as características físicas e texturais microscópicas das areias analisadas no Município de Marabá: (a) Grau de esferacidade de médio a alto, com grão em sua maioria arredondados e subarredondados, e composta por 95% Quartzo e 5% Mica ; (b) Alto grau de esferacidade, com grão em sua maioria arredondados e subarredondados, e composta por 95% Quartzo e 5% Mica; (c) Alto grau de esferacidade, com grão em sua maioria arredondados e subarredondados, e composta por 95% Quartzo e 5% Mica; (d) Grau de esferacidade de médio a alto, com grão em sua maioria arredondados e subarredondados, e composta por 70% Quartzo, 20% Mica e 10% Minerais Opacos; (e) Alto grau de esferacidade, com grão em sua maioria arredondados e subarredondados, e composta por 80% Quartzo e 20% Mica; (f) Alto grau de esferacidade, com grão em sua maioria arredondados e subarredondados, e composta por 90% Quartzo e 10% Mica; 46

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

TABELA 1: Classificação de acordo com módulo de finura NM 248/03..... 19

TABELA 2: Limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas conforme a NBR 7211/05..... 27

TABELA 3: Efeitos dos constituintes mineralógicos dos agregados miúdo quanto às patologias apresentadas..... 28

TABELA 4: Identificação das amostras..... 30

TABELA 5: Resumo dos resultados obtidos nas analises das amostras..... 45

TABELA 6: Resultados por amostra da apreciação petrográfica..... 47

GRÁFICO 1: Composição granulométrica por amostra (porcentagem passante acumulada) 43

GRÁFICO 2: Composição granulométrica das amostras de areia fina (porcentagem passante acumulada) 43

GRÁFICO 3: Composição granulométrica das amostras de areia média (porcentagem passante acumulada) 44

GRÁFICO 4: Composição granulométrica das amostras de areia grossa (porcentagem passante acumulada) 44

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: Distribuição granulométrica empresa “A” Amostra 1a (Areia Fina) 53

ANEXO 2: Distribuição granulométrica empresa “A” Amostra 1b (Areia Fina) 53

ANEXO 3: Distribuição granulométrica empresa “B” Amostra 2a (Areia Fina) 54

ANEXO 4: Distribuição granulométrica empresa “B” Amostra 2b (Areia Fina) 54

ANEXO 5: Distribuição granulométrica empresa “B” Amostra 3a (Areia Média) 55

ANEXO 6: Distribuição granulométrica empresa “B” Amostra 3b (Areia Média) 55

ANEXO 7: Distribuição granulométrica empresa “B” Amostra 4a (Areia Grossa) 56

ANEXO 8: Distribuição granulométrica empresa “B” Amostra 4b (Areia Grossa) 56

ANEXO 9: Distribuição granulométrica empresa “C” Amostra 5a (Areia Fina) 57

ANEXO 10: Distribuição granulométrica empresa “C” Amostra 5b (Areia Fina) 57

ANEXO 11: Distribuição granulométrica empresa “C” Amostra 6a (Areia Média) 58

ANEXO 12: Distribuição granulométrica empresa “C” Amostra 6b (Areia Média) 58

ANEXO 13: Distribuição granulométrica empresa “C” Amostra 7a (Areia Grossa) 59

ANEXO 14: Distribuição granulométrica empresa “C” Amostra 7b (Areia Grossa) 59

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

°C – Grau Celsius

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnica

ANEPAC - Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral

L -Leste

mm - Milimetros

N – Norte

NBR - Denominação de norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas

NM - Denominação de norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas

S - Sul

SEMMA - Secretária Municipal de Meio Ambiente

W – Oeste

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **14**
1.1 JUSTIFICATIVA 17
1.2 OBJETIVO GERAL 17
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **18**
2.1 DEFINIÇÃO DE AGREGADO MIÚDO 18
2.2 MÉTODOS DE LAVRA E BENEFICIAMENTO DE AGREGADOS 19
2.3 SUBSTÂNCIAS PREJUDICIAIS 26
3 MATERIAIS E MÉTODOS **29**
3.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO 29
3.2 TRABALHO DE CAMPO 29
3.3 TRABALHO DE LABORATÓRIO 31
3.4 TRATAMENTO DE DADOS 34
4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO **35**
4.1 CLIMA 35
4.2 CONTEXTO GEOLÓGICO 36
4.3 GEOMORFOLOGIA 37
4.4 SOLO 38
4.5 VEGETAÇÃO 38
4.6 HIDROGRAFIA 38
5 CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS MIÚDOS EXTRAIDOS EM MARABÁ **40**
5.1 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA 42
5.2 PETROGRÁFIA 45
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES **48**
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **50**
ANEXOS **52**

1 INTRODUÇÃO

Na construção civil, o principal uso da areia é como agregado miúdo para composição de concretos e argamassas. Quanto à segmentação do consumo de areia no País, verificou-se que 50% da areia produzida foram destinadas à produção de concretos e pré-fabricados e os 50% restantes para argamassas em geral, apresentado um consumo per capita na ordem de 1,1 toneladas/habitante/ano (DNPM, 2003).

A demanda de agregados é condicionada pelo fluxo de investimento em obras de infra-estrutura regional (transporte, energia e saneamento), bem como de infra-estrutura urbana e metropolitana (pavimentação de vias, adução de águas, saneamento, etc). A demanda é determinada ainda pelo fluxo e composição de edificações residenciais, industriais e de serviços. (CALAES, 2005).

Em função da exigência do fornecimento de produtos com padrão uniforme, da redução de custos e melhoria constante da qualidade do produto final, as concreteiras, fabricantes de pré-moldados, construtoras e o mercado como um todo, estão exigindo qualidade e padronização nos insumos que consomem, procurando reduzir seus custos, sem perda da excelência do seu produto final. Esse fato está induzindo uma sensível mudança no setor, e a conseqüente mudança de comportamento dos fornecedores de insumos, entre eles o areeiro. As empresas mineradoras deverão fazer uso de controles tecnológicos efetivos e investir no processo de produção e classificação da areia, para a melhoria da qualidade, sob pena de perderem mercado, haja vista o significativo incremento da participação da areia artificial (finos de britagem) no segmento da construção civil, observado, sobretudo nos últimos anos. (ANEPAC, 2005).

Os principais locais de produção de areia são várzeas e leitos de rios, depósitos lacustres, mantos de decomposição de rochas, arenitos e pegmatitos decompostos. No Brasil, 90% da areia são produzidas em leito de rios. (ANEPAC, 2005).

Em Marabá, a areia utilizada provém, principalmente, de lavras das Bacias do Rio Tocantins e do Rio Itacaíunas.

No quadro institucional o setor de agregados assim como a mineração, em seu todo está enfrentando dificuldades para renovação e/ou obtenção de licenças ambientais, o que tem refletido no adiamento de investimentos e elevação de custos devido ao atraso dos projetos.

Em Marabá o quadro não é diferente, as empresas mineradoras enfrentam sérios problemas com a SEMMA – Secretária Municipal de Meio Ambiente, pela dificuldade de adequação a legislação ambiental, o que tem ocasionado interdições e ate o fechamento de empresas.

No caso da areia natural extraída de rios é comum encontrar substâncias deletérias no agregado e que podem alterar sua característica final, quando utilizadas em concretos e argamassas. NEVILLE (1982) classifica em três grandes categorias as substâncias deletérias nos agregados: Impurezas que interferem com o processo de hidratação do cimento, substâncias que cobrem a superfície das partículas impedindo uma boa aderência entre estas e a pasta de cimento e certas partículas fracas e friáveis que podem alterar a resistência dos concretos.

Alguns agregados mesmo bastante resistentes mecanicamente à abrasão podem não ser satisfatórios para concretos e argamassas se tiverem impurezas orgânicas que interferem com as reações químicas de hidratação do cimento. A matéria orgânica encontrada nos agregados geralmente consiste de produtos de decomposição de vegetais, principalmente acido tânico e derivado e aparece sob a forma de húmus e argila orgânica (NEVILLE, 1982).

Para NEVILLE, (1982) a argila pode estar presente no agregado miúdo sob a forma de películas superficiais que prejudicam a aderência entre o agregado e a pasta de cimento. Como a boa aderência é condição essencial para assegurar níveis satisfatórios de resistência e durabilidade do concreto, a presença dessa película é muito prejudicial.

Devido à presença de argila na areia sob forma de torrões de argilas friáveis ser bastante nociva, e seu teor é limitado pela NBR 7211/05 para agregados miúdos em 3,0%.

Em geral a areia contém uma pequena porcentagem de material fino, chamado de pulverulento, constituído de silte e argila, portanto passando na peneira ABNT nº 200 (0,075mm). Os finos de um modo geral, quando presentes em grande quantidade, aumentam a exigência de água dos concretos, para uma mesma consistência. Os finos de certas argilas, em particular, propiciam maiores alterações de volume nos concretos, intensificando sua retração e reduzindo sua resistência, (BASILIO, 1995).

Os agregados são frequentemente considerados como um material de enchimento inerte e, portanto, não se dá muita atenção ao seu possível efeito nas propriedades do concreto e argamassa. Contudo a considerável influência que os agregados podem exercer na resistência, estabilidade dimensional, trabalhabilidade e durabilidade, demonstram o papel fundamental que exercem, merecendo toda atenção e rigor na sua seleção. (MEHTA & MONTEIRO, 1994).

Os fatos descritos podem ser observados em todos os segmentos da indústria da construção civil, e tendo em vista a importância deste insumo, já que a areia esta presente e constitui-se em componente importante para toda a cadeia produtiva do setor, torna sem duvida, este cenário propício, relevante e oportuno para o tema desta pesquisa.

1.1 JUSTIFICATIVA

Tendo em vista constituir-se a areia, um material de larga utilização em toda a cadeia produtiva da construção civil, e a considerável influencia que os agregados podem exercer nas propriedades do concreto e argamassa, e levando em conta as diversas patologias que podem ser ocasionadas pela presença de substâncias prejudiciais e uma granulometria inadequada, justifica-se, portanto a realização deste trabalho que tem no seu escopo, a análise de diversos tipos de areias extraídas e comercializadas pelas principais empresas mineradoras de Marabá.

1.2 OBJETIVO GERAL

Analisar as características das areias extraídas em Marabá, em relação à composição granulométrica, e a apreciação petrográfica.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

i Analisar a composição granulométrica

ii Realizar uma apreciação petrográfica

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DEFINIÇÃO DE AGREGADO MIÚDO

Os agregados são materiais granulares sem forma e volume definidos com propriedades adequadas para uso na construção civil, podendo ser definido sob diversas óticas, entre elas: a geológica (a origem de formação); a densidade (leves, normais, pesados); tamanho (graúdo, miúdo); origem de produção (naturais, artificiais). A classificação quanto ao tamanho, é sem duvida a mais significativa para efeitos práticos de utilização dos agregados. (FRAZÃO, 2002).

BAUER (1995), do ponto de vista geológico, define areia, como um sedimento clástico inconsolidado, de grãos em geral quartzosos de diâmetros entre 0,06 e 2,00mm.

A areia é um agregado miúdo originado através de processos naturais ou artificiais de desintegração de rochas ou provenientes de outros processos industriais. É chamada de areia natural se resultante da ação de agentes da natureza e de artificial quando proveniente de cominuição. (BASÍLIO, 1995).

Segundo CARUSO & SBRIGHI NETO (1983), areia é um material granular, não coesivo e constituído de partículas que variam de 0,06 a 2,0 mm.

A Associação Brasileira de Normas técnicas – ABNT, através da NBR 7211/05 define agregado miúdo, areia de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis, ou mistura de ambas, cujos grãos passam pela peneira ABNT 4,8 mm e ficam retidos na peneira ABNT 0,15 mm.

A Associação Brasileira de Normas Técnica – ABNT, através da NM 248/03 classifica o agregado miúdo de acordo com o modulo de finura, conforme se apresenta na Tabela 1.

TABELA 1: Classificação de acordo com módulo de finura NM 248/03

Agregado	Módulo de Finura
Muito Grosso	MF ≥ 3,90
Grosso	3,30 ≤ MF < 3,90
Médio	2,40 ≤ MF < 3,30
Fino	MF < 2,40

Fonte: NM 248/2003

2.2 MÉTODOS DE LAVRA E BENEFICIAMENTO DE AGREGADOS

As jazidas de agregados miúdos, em geral, são formadas nos cursos d'água ou em áreas de deposição para onde este material foi transportado, estas áreas são chamadas de depósitos, que podem ser do tipo fluvial ou de materiais rochosos desagregados.

Para os casos de jazidas em cursos d'água, ou em depósitos fluviais, após extração a areia é comercializada da forma como foi extraída, ou seja, sem sofrer qualquer tipo de tratamento químico, apenas é lavada para retirada da argila, passando através de grelhas fixas, para separação do cascalho e materiais estranhos (troncos, folhas, etc), então, seguindo para pilhas para decantação, (FIGURAS 1, 2 e 3). CAMPOS e FERNANDES, (2005).

FIGURA 1: Lavagem e separação da areia/corpos estranhos empresa "A"
Foto: Nepomuceno, (2010).

FIGURA 2: Lavagem e separação da areia/corpos estranhos empresa “B”
Foto: Nepomuceno, (2010).

FIGURA 3: Lavagem e separação da areia/corpos estranhos empresa “C”
Foto: Nepomuceno, (2010).

Pode ocorrer a extração de areia marinha em regiões litorâneas, entretanto, estas areias necessitam ser lavadas para retirada completa dos sais nelas existentes. A não lavagem implica num material de alto risco para a construção civil, visto que com o passar do tempo, os sais que se encontram aderidos à areia podem ser lixiviados, criando vazios na estrutura o que pode acarretar ruptura da mesma, além de atacarem a armadura da estrutura.

Para jazimentos em cursos d'água e em depósitos fluviais, os métodos de lavra para extração de areia podem ser: em cava ou em leito de curso d'água. No primeiro método, a jazida encontra-se em depósito fluvial e a cava poderá ser do tipo seca, isto é quando encontra-se acima do nível d'água, ou fechada, que é o segundo caso, quando ocasiona a formação de lagoa.

No processo de lavra em cava seca, pode-se utilizar carregadeira de pneus, trator de esteira ou retroescavadeira. (FIGURA 4)

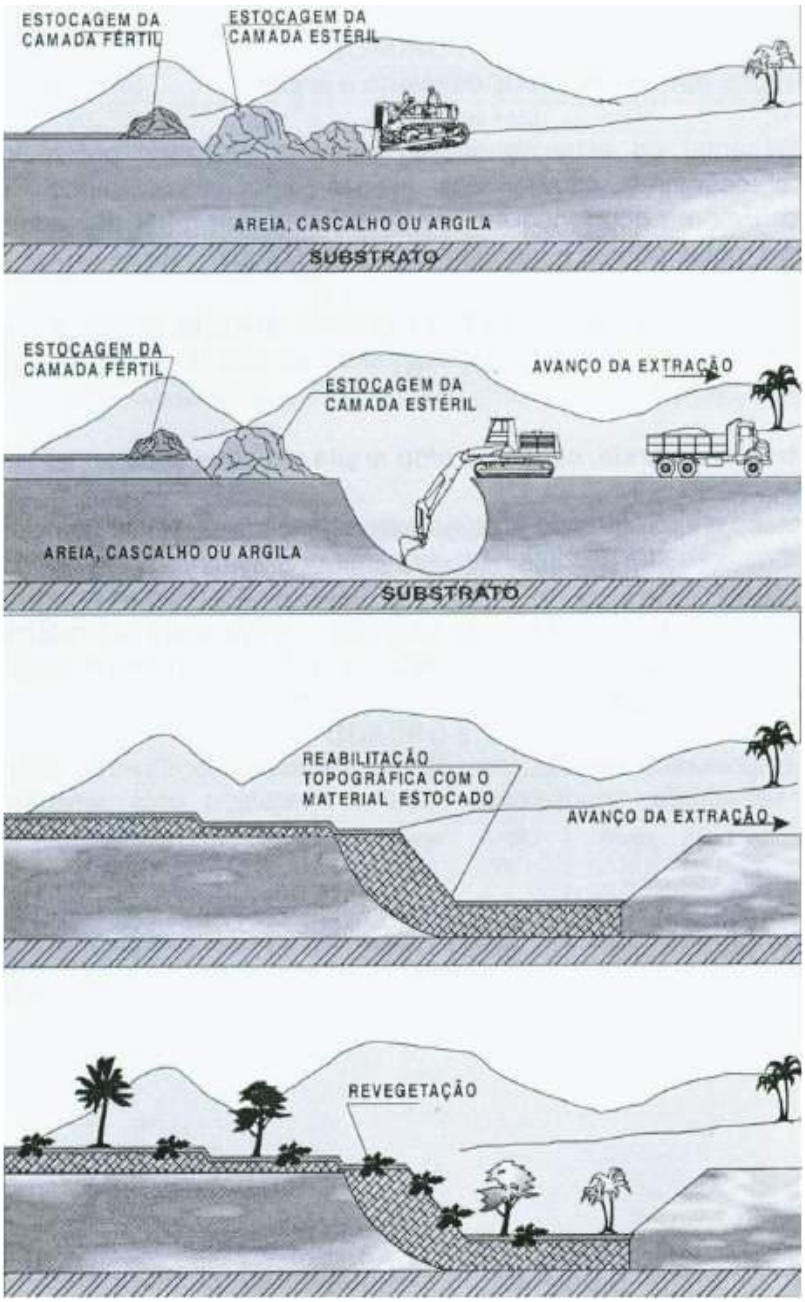


FIGURA 4: Lavra de areia em cava seca
Fonte CAMPOS & FERNADES, (2005)

O desmonte hidráulico consiste na desagregação da areia utilizando-se jatos d'água de alta pressão. Estes jatos incidem na base dos taludes da cava provocando desmoronamento dos sedimentos ou rochas alteradas (FIGURA 5). Outra operação de jateamento sobre o material desmoronado promove a desagregação dos sedimentos ou rochas e forma uma polpa (suspensão constituída por material sólido e água), que desce por gravidade até uma bacia de acumulação. Em alguns casos, a operação de jateamento e de bombeamento só ocorre uma vez, com o material seguindo diretamente para o beneficiamento. CHUCHIERATO, (2000).

FIGURA 5: Desmonte Hidráulico.
Foto: CHUCHIERATO, (2000).

Os métodos, por desmonte hidráulico e o de cava seca, não são utilizados em Marabá, em face às características das lavras existentes.

O processo em cava fechada sempre se inicia em cava seca, utilizando-se dos mesmos equipamentos desta e, posteriormente, quando se atinge o nível freático são introduzidas dragas de sucção que conduzem o material até os depósitos de estocagem, onde ocorrem a secagem natural por escoamento gravitacional e evaporação, (FIGURA 6).

Estes depósitos são concebidos com sistema de drenagem, onde canaletas coletam as águas do escoamento e partículas finas nelas dissolvidas e as conduzem às lagoas de decantação de finos.

Posteriormente, estas águas retornam à lagoa de dragagem, proporcionando maior proteção aos corpos d'água. CAMPOS e FERNANDES, (2005).

FIGURA 6: Dragagem em cava fechada
Foto: Nepomuceno, (2010)

È importante ressaltar que o método em cava, tanto a seca quanto a fechada, vem sendo preferencialmente utilizado por fatores ambientais, garantindo menor impacto aos recursos hídricos e às suas margens.

No método de extração de areia em cursos d'água, utiliza-se dragas de sucção instaladas em plataformas flutuantes, comumente conhecidas como balsas. O material extraído é conduzido por tubulações, ou barcos, até o depósito de estocagem, onde ocorre a secagem natural por escoamento e evaporação. Na formação deste depósito devem ser seguidos os mesmos critérios de drenagem do processo anterior de cava fechada. (FIGURA 07)

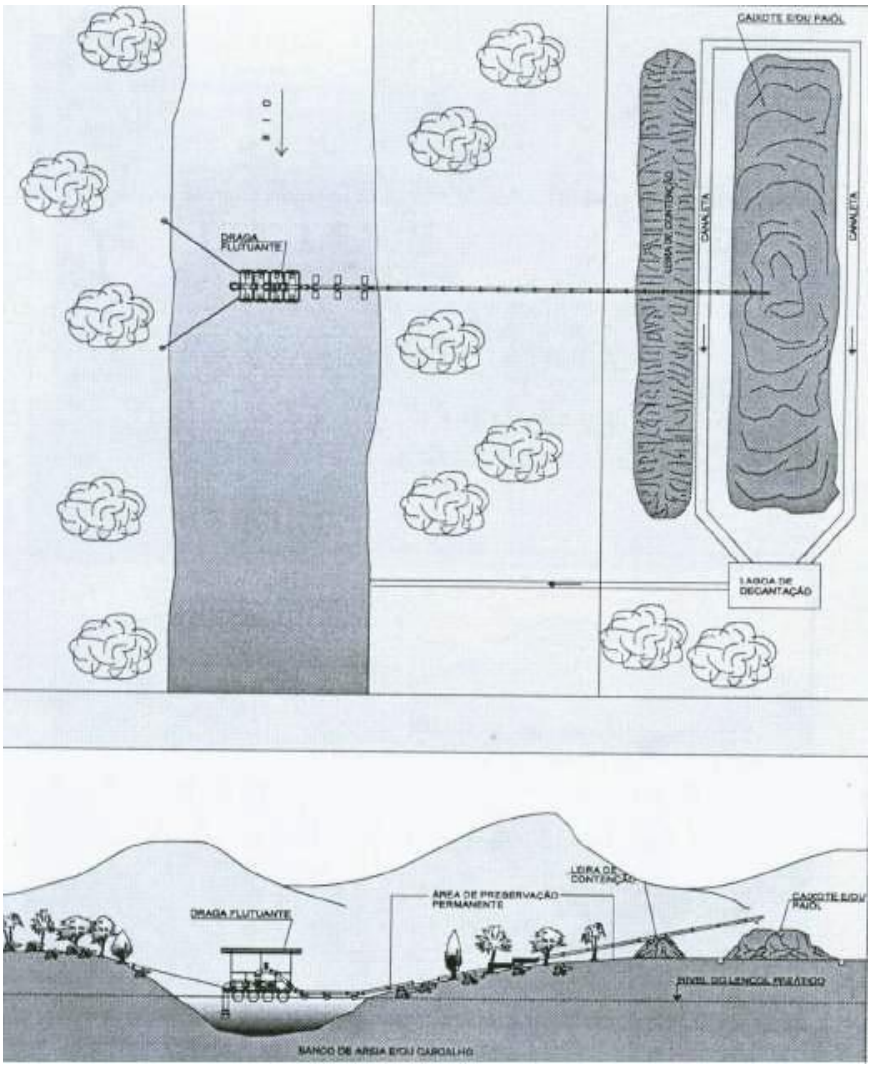


FIGURA 7: Lavra de areia em cursos d'agua
Fonte CAMPOS & FERNADES, (2005)

Quando a extração ocorre em cursos d'águas navegáveis, utiliza-se "Clamshells", equipamento com caçamba na forma de concha que abrem e fecham sob ação de cabos de aço, sendo içadas verticalmente para descarga. Os Clamshells são ideais para escavações em níveis inferiores à sua praça de apoio, que, no caso de cursos d'água navegáveis, são as embarcações adaptadas (barcaças), dotadas de silos para estocagem do material. (FIGURAS 8 e 9). CAMPOS e FERNANDES, (2005).

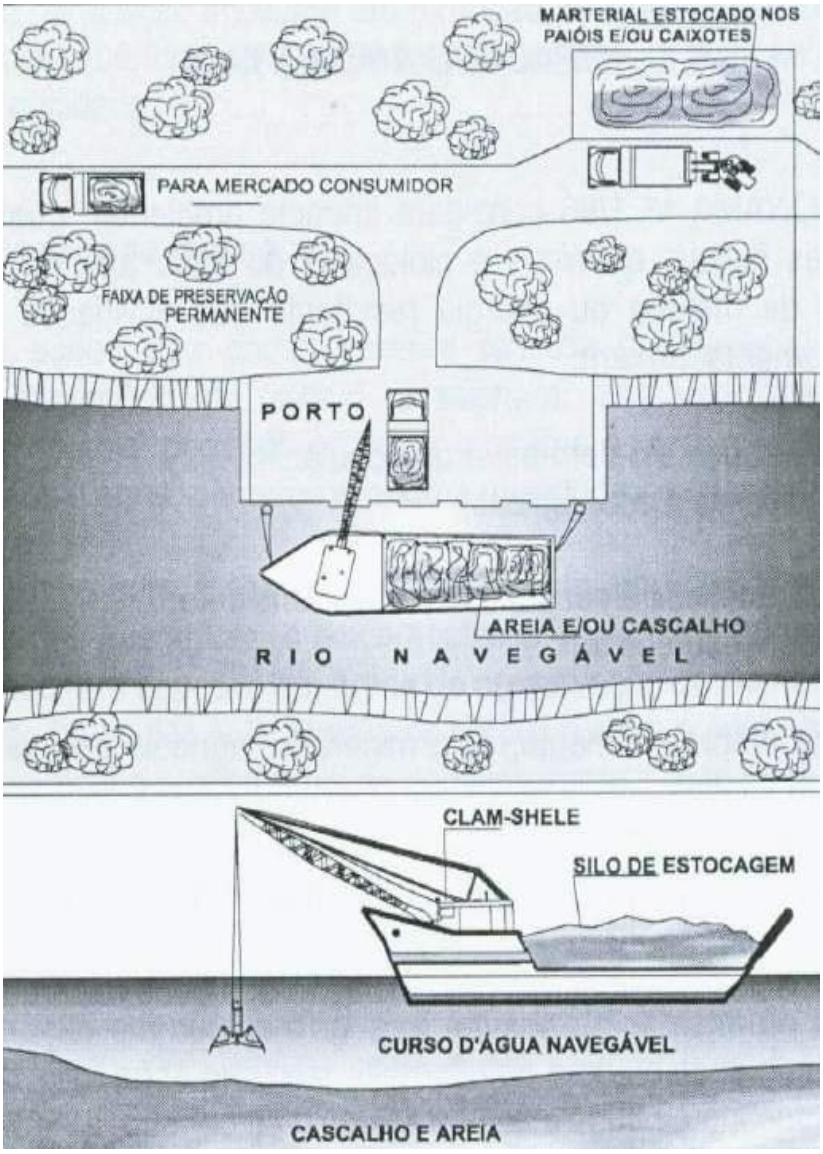


FIGURA 8: Lavra de areia em cursos d'agua
Fonte CAMPOS & FERNADES

FIGURA 9: Extração de areia utilizando barcaças.
Foto abesc(2000)

Entretanto, as lavras são compostas por materiais de granulometrias variadas, areias grossas, médias, finas e cascalhos. Assim, para que haja um melhor controle desses materiais, no que se refere à dimensão das partículas, se faz necessária a implantação da etapa de peneiramento dos materiais, (FIGURA 10). CAMPOS e FERNANDES, (2005).

FIGURA 10: Separação de areia em peneiras
Foto: Nepomuceno, (2010)

2.3 SUBSTÂNCIAS PREJUDICIAIS

Do ponto de vista tecnológico, os agregados miúdos, assim como os demais constituintes, devem contribuir, na medida do máximo possível, para a otimização das propriedades das argamassas e concretos. Caso sejam de má qualidade, contendo substâncias nocivas e indesejáveis, podem ter o seu desempenho prejudicado, alterando as propriedades e ou provocando manifestações patológicas nos concreto e argamassas. Quanto à composição química, os agregados miúdos são de natureza silicosa, mas podem ainda conter impurezas orgânicas e inorgânicas, tais como: materiais carbonosos, materiais orgânicos (húmus vegetal), materiais em decomposição, etc. GOGOLA, (2005).

A Tabela 2 apresenta as especificações de substâncias nocivas para os agregados miúdos, conforme NBR 7211/05.

TABELA 2: Limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas conforme a NBR 7211/05

APLICAÇÃO	SUBSTÂNCIAS NOCIVAS EM % DA MASSA DO MATERIAL		
	Torrões de argila partículas friáveis	Material pulverulento	Materiais carbonosos
Concreto cuja aparência é importante	3,0	5,0	0,5
Concreto submetido a desgaste superficial	3,0	3,0	1,0
Demais concretos	3,0	5,0	1,0

Fonte NBR 7211/05

Estas impurezas interferem nas propriedades dos revestimentos e na qualidade dos concretos ou ainda prejudicar a aderência dos grãos de areia com a pasta aglomerante.

Os sulfetos, concreções ferruginosas, argilominerais expansivos, micas, torrões de argila, sais solúveis, em presença de umidade, podem provocar eflorescência, bem como corrosão da armadura e outras patologias.

Quanto à composição mineralógica, os grãos dos agregados miúdos podem ser inócuos, deletérios ou friáveis, cujas características e efeitos sobre o revestimento estão apresentados na Tabela 3, GOGOLA, (2005).

TABELA 3: Efeitos dos constituintes mineralógicos dos agregados miúdo quanto às patologias apresentadas.

Tipo de grão	Características	Exemplos	Efeitos prejudiciais no revestimento
Grãos inócuos	Grãos estáveis boa resistência física e química	Quartzo Feldspato	Não tem, devem constituir a fração majoritária dos agregados miúdos
Grãos deletérios	Grãos instáveis quimicamente	Sulfetos de ferro (pirita, marcassita). Concreções ferruginosas	Vesícula vermelha acastanhado, provocadas pela formação expansiva de sulfatos, óxidos e hidróxidos de ferro
		Argilominerais expansivos (montmoriloníticos)	Variações volumétricas que podem causar desagregação
Grãos friáveis	Grãos de baixa resistência	Micas	Esfoliação e/ou perda de aderência ao substrato
		Fragmentos orgânicos (materiais carbonosos)	Intumescimento e/ou formação de vesículas
		Torrões de argila	Desagregação, vesículas (com matéria orgânica)

Fonte: GOGOLA, 2005

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da pesquisa foram estabelecidos alguns procedimentos preliminares:

3.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Constou com um aprofundado levantamento de publicações referentes ao tema do trabalho em diversas fontes como revistas do setor, artigos nacionais e Teses e Dissertações elaboradas em outras instituições de pesquisa no Brasil. A finalidade dessa fase foi de forma um banco de dados com todas essas informações, para servir de referência no trabalho.

3.2 TRABALHO DE CAMPO

Para auxiliar nos trabalhos de amostragem, foi desenvolvido um roteiro de atividades que consiste em pré-estabelecer uma ordem de abordagem dos assuntos a serem levantados em campo. Os trabalhos de campo foram realizados nos dias 26/04 e 27/04/2010, e seguiram o seguinte roteiro:

Primeiramente, foram amostrados os sedimentos (areias) de lavra de cava fechada, localizado na PA 150, próximo à localidade Morada Nova. Em seguida, foram amostrados sedimentos em áreas de extração das empresas na margem do Rio Tocantins.

A coleta e a preservação das amostras em campo seguiram o protocolo usado no Laboratório de Tratamento de Minério, da Faculdade de Engenharia de Minas e Meio Ambiente da UFPA.

Foram escolhidas três empresas mineradoras de Marabá, onde duas das três empresas representam aproximadamente 80% da produção atual de areia em Marabá.

Para efeito de analise, as amostras de campo recolhidas, foram identificadas por números, dando o cunho cientifico da investigação e para preservar a imagem das empresas mineradoras analisadas, em virtude dos eventuais resultados encontrados. (TABELA 04)

TABELA 4: Identificação das amostras

Número da Amostra	Empresa Mineradora	Especificação do Tipo de Areia
1	A	Fina
2	B	Fina
3	B	Média
4	B	Grossa
5	C	Fina
6	C	Média
7	C	Grossa

As amostras foram coletadas em sacos plásticos, catalogadas e numeradas de acordo com as especificações para venda, areia fina, média, e grossa. Para formação da amostra de campo, representativa do lote de agregado, a ser analisado, foram recolhidas porções em diferentes pontos da pilha de agregados, topo, meio e base. As amostras de campo foram depois reunidas, e homogeneizadas e quarteadas, visando à preservação máxima possível, das características do agregado. A quantidade coletada para formação de cada amostra de campo foi de, aproximadamente, 10 kg.

As amostras de campo das areias foram acondicionadas para o transporte ao Laboratório de Tratamento de Minérios da UFPA, em sacos plásticos. Os volumes foram devidamente identificados e lacrados, visando com isso evitar a perda de finos, conforme a Figura 11.

FIGURA 11: Acondicionamento das amostras de campo
Foto: Nepomuceno, (2010)

3.3 TRABALHO DE LABORATÓRIO

Primeiramente foi realizada a redução das amostras de campo para ensaio em laboratório conforme preconiza a NM 27/00, utilizando o método de quarteamento, Figura 12, segundo os passos abaixo:

- Aplainar a amostra, em superfície plana e lisa.
- Dividir em quatro partes.
- Descontar dois quartos diagonalmente opostos.
- Novamente misturar e dividir em quatro partes.
- Descontar dois quartos diagonalmente opostos.
- Continuar o processo até que a quantidade necessária para ensaio,seja atingida.

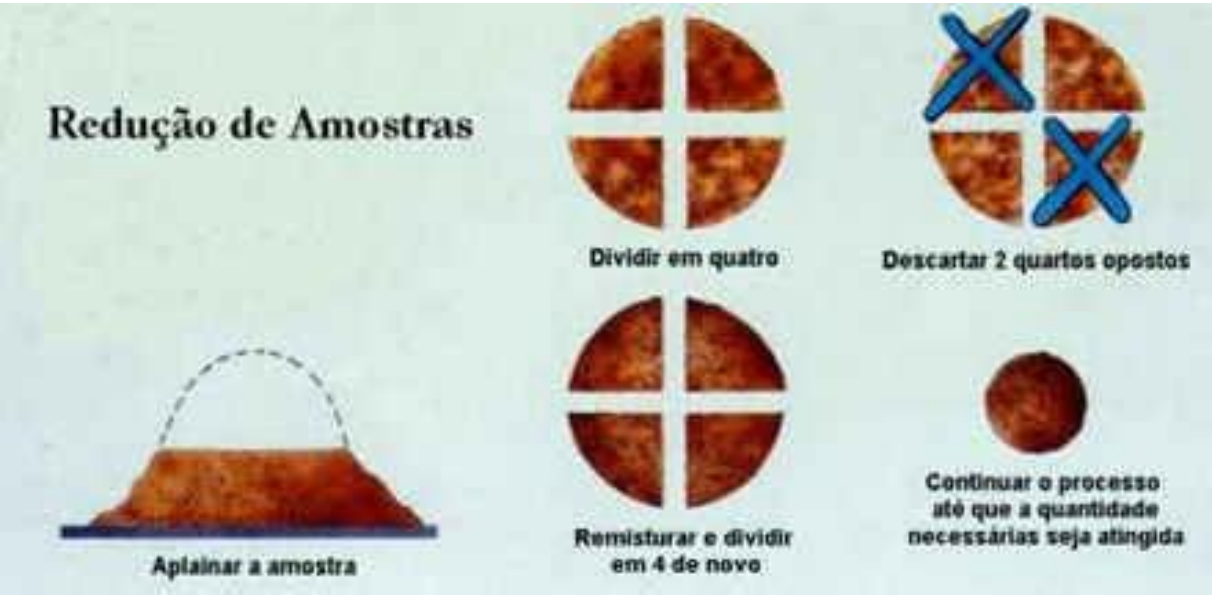


FIGURA 12: Quarteamento para redução de amostra.
Fonte: Pattrol Pavimentação

Após o quarteamento, as amostras foram pesadas em balança de precisão, onde uma alíquota de 500 gramas de cada amostra foi separada, e devidamente identificada, para a futura realização da analise granulométrica. Este processo realizado em duplicdade, pois foram realizados dois ensaios de granulometria para cada amostra, totalizando 14 ensaios. O processo de peneiramento deu-se por via seca, em peneiras de teflon, através de vibrador mecânico regulável BERTEL.

O primeiro ensaio de granulometria foi realizado de acordo com a NBR 7211, e o outro utilizou em um conjunto de várias peneiras com o intuito de determinar com maior precisão a curva de distribuição granulométrica. (Figuras 13 e 14). As massas retidas nas respectivas peneiras foram registradas para análise detalhada dos dados obtidos.

FIGURA 13: Peneiramento mecânico da amostra de ensaio
Foto: Nepomuceno, (2010)

FIGURA 14: Peneiramento mecânico da amostra de ensaio
Foto: Nepomuceno, (2010)

Uma pequena alíquota de cada amostra, cerca de um grama, foi selecionado para análise petrográfica em microscópio óptico. Primeiramente, a parte retirada foi espalhada sobre uma lâmina de vidro e em seguida imersa em óleo apropriado, posteriormente a lâmina foi recoberta por lamínulas, que serviram para fixar os grãos

na lâmina e possibilitar o estudo petrográfico. Cada amostra foi fotografada para registrar o formato dos grãos.

A análise petrográfica de cada amostra foi realizada em determinada classificação granulométrica, isso devido a algumas amostras serem muito grosseiras. A classificação granulométrica escolhida para cada amostra foi a classificação granulométrica mais representativa em cada amostra, ou seja, a malha na qual uma maior quantidade de material ficou retida.

3.4 TRATAMENTO DE DADOS

Os dados e as informações obtidas foram tratados utilizando-se programas Word versão 2007 - redação de texto, Excel 2007 para elaboração de gráficos e tabelas, ambos da Microsoft.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Marabá pertence à mesorregião Sudeste Paraense e à microrregião Marabá. A sede municipal apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 05º 21' 54"Latitude Sul e 04º 07' 24"Longitude WGr.

Das belezas naturais do Município destaca-se a praia do Tucunaré, com cinco quilômetros de extensão, banhada pelo rio Tocantins, o principal balneário da cidade surge no verão, entre os meses de abril até novembro. Além desta praia, o município possui ainda os balneários do Geladinho, do Espírito Santo e do Meio.

4.1 CLIMA

A região estudada apresenta clima dos tipos Am (tropical úmido e monção) e Aw (tropical úmido), segundo a classificação de Köppen, com base, principalmente, nas precipitações pluviométricas e nas temperaturas. O período invernoso com chuvas vai de janeiro a maio, com as mais elevadas precipitações em março e abril, sendo que o verão estende-se de junho a dezembro, constituindo-se nos dois períodos marcantes da região.

Segundo a classificação climática de Thorntwaite – que considera os índices representativos de umidade, aridez e eficiência térmica, diretamente derivados da precipitação pluviométrica e da temperatura – Marabá enquadra-se em uma região de clima úmido e subúmido, com pequena ou nenhuma deficiência de água, anualmente.

A área estudada apresenta temperatura média mínima, anual, de 15°C a 26°C e média máxima de 25°C a 39°C, com a umidade média anual de 85%. A insolação média anual, que mede o número de horas de exposição solar de um ponto, é de 1.800 horas, sendo os meses mais ensolarados os de junho a novembro.

4.2 CONTEXTO GEOLÓGICO

ALMEIDA et. al. (1995) Inseriram o município de Marabá em três grandes Províncias Geotectônicas. Tais províncias foram denominadas de Cinturão Itacaiúnas (Arqueano ao Proterozóico inferior), Cinturão Araguaia, (Proterozóico inferior a médio) e por unidades do Cretáceo e ou Terciárias.

O Cinturão Itacaiúnas é representado por rochas da suíte metamórfica Bacajai, Complexo Xingu, Rio Novo e Tapirapé. O Cinturão Araguaia é constituído pelas Formações Xambioá, Pequizeiro e Couto Magalhães. Essas formações encontram-se sob forma de um leque imbricado e pela Formação Itapecuru (Cretáceo) ou Grupo Barreiras. Finalizando o contexto geológico regional têm-se as coberturas cenozóicas coluviões, aluviões e Formações superficiais (lateritas).

Na área de estudo foram individualizadas três unidades geologicamente distintas. De acordo com o posicionamento estratigráfico temos da base para o topo a seguinte ordem:

A primeira é a Formação Couto Magalhães de idade Proterozóico Médio a Superior, representa o embasamento da área e aflora em diversos pontos da cidade de Marabá, sendo mais expressivos, aqueles que afloram no núcleo Nova Marabá e ao longo das rodovias Transamazônica no sentido Leste e PA 150 sentido Sul.

A litologia principal dessa formação são Filitos de coloração avermelhados e amarelados, tais tonalidades são produtos do intemperismo que afeta diretamente essas rochas. Essa unidade apresenta uma marcante foliação milonitica, por vezes crenulada e dobrada. A segunda unidade refere-se à Formação Itapecuru ou Grupo Barreiras posicionada no Cretáceo ou no Terciário, essa formação é composta por arenitos avermelhados, cinzas e amarelados, com granulação fina a média e friável. Localmente surgem pequenas camadas de conglomerados, outra característica importante dessa unidade são as intercalações de pelitos avermelhados. A terceira e última unidade estratigráfica local é representada pela cobertura quaternária representada por sedimentos inconsolidados do tipo argila, silte, areia e cascalhos nos leitos e nas planícies de inundação dos Rios Tocantins e Itacaiúnas

4.3 GEOMORFOLOGIA

A morfologia, resultante da atuação de ciclos de erosão, respondeu de forma diferenciada aos agentes intempéricos em função de sua natureza e quanto à estruturação e composição das rochas. A partir dos dados pode-se compartimentar as seguintes unidades de relevo: Relevo de Platôs, Relevo de Morros, Relevo de Colinas e Planície Aluvionar.

O Relevo de Platôs está relacionado às áreas de ocorrência das rochas sedimentares de idade terciária e da Formação Itapecuru (Cretáceo). Corresponde a superfícies topograficamente aplainadas com cotas em torno de 150m e aspecto textural liso nos sensores remotos de carater fotográfico. Este sistema de relevo está inserido no domínio do Planalto Setentrional Pará-Maranhão de Boaventura *et al*. (1974). A drenagem é rarefeita, com padrão dendrítico e intenso ravinamento ocorrendo nas bordas dos platôs.

O Relevo de Morros situa-se principalmente nas regiões de ocorrência das rochas paleozóicas da Bacia do Parnaíba. Esta unidade de relevo está parcialmente contida na denominada Depressão Ortoclinal do Médio Tocantins de Boaventura *et al*. (*op. cit*.). A altitude situa-se ao nível dos 250m, correspondendo às maiores cotas, sendo a declividade média a alta. Na região de ocorrência das rochas sedimentares da Bacia do Parnaíba a topografia é caracterizada por uma sucessão de amplos patamares em forma de cuestas com suaves inclinações e topos aplainados, eventualmente horizontalizados formando mesetas.

O Relevo de Colinas predomina em quase toda a extensão da área de ocorrência dos cinturões Araguaia e Itacaiúnas. Este sistema equivale parcialmente à Depressão Periférica do Sul do Pará definida por Boaventura *et al*. (*op. cit*.). A declividade das encostas é predominantemente baixa, caracterizando uma paisagem monótona composta por uma sucessão de colinas e vales com amplitudes em torno de 50m, formando um perfil suavemente ondulado. As cotas topográficas situam-se em torno de 150-200m. A densidade de drenagem é média a alta com padrão geral essencialmente dendrítico, localmente apresentando nítido controle estrutural.

A Planície Aluvionar é caracterizada por superfícies extremamente horizontalizadas, às quais estão associados os sedimentos inconsolidados de idade

quaternária, depositados nas margens dos cursos d'água. De uma maneira geral formam faixas de pequena expressão e *flats* estreitos.

4.4 SOLO

Predominam no Município o Podzólico Vermelho-Amarelo, textura argilosa, Podzólico Vermelho-Amarelo, textura argilosa Plínica e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura média e textura argilosa. Em menores proporções, aparecem o Gley Pouco Húmico e o Aluvial eutrófico e distrófico textura indiscriminada, além de solos Litólicos distróficos, textura indiscriminada e afloramentos Rochosos.

4.5 VEGETAÇÃO

A vegetação, segundo o Projeto Radambrasil (1974), pode ser dividida em dois grandes grupos ou regiões fitoecológicas: Florestas Abertas com encraves de Floresta/Cerrado e Floresta Densa.

A Floresta Aberta, com encraves de Floresta/Cerrado. A vegetação encontrada é constituída, principalmente, de palmeiras tipo babaçu, breu-preto e carnaúba, que se alternam com gramíneas e espécies lenhosas rasteiras.

A Floresta Densa compreende as demais regiões tidas como planas, baixas e arrasadas, onde predominam árvores de porte médio-alto, bastante uniformes, constituídas, principalmente, por castanheira (Bertholetia Excelsa), maçaranduba (Mamilkara Huberi, Ducke), sapucaia (Lecythis-sp.) e mogno (Swietenia Macrophila). Nos vales dos rios e igarapés desenvolvem-se, por sua vez, as florestas ciliares ou matas-galerias.

4.6 HIDROGRAFIA

A rede hidrográfica é representada, principalmente, pelas bacias dos rios Tocantins, Itacaiúnas, e seus afluentes.

As margens do Rio Tocantins e a mais importante da região de marabá. O curso do Rio Tocantins tem, aproximadamente, direção E-W entre as cidades de

Imperatriz e Marabá, sofrendo brusca mudança para N-S, a jusante de Marabá até sua foz.

A bacia do Rio Itacaiunas, afluente pela margem esquerda do Rio Tocantins.

Cortando o seu território com direção geral Oeste/Leste, apresenta como principais tributários, pela margem direita os rios: Madeira, Parauapebas, (com seus afluentes, rio Sapucaia, Caracol e Castanheira), da Onça, Vermelho (com seu afluente rio Sereno, que limita ao Sul com o Município de Curionópolis, e o rio Sororó, cujo afluente o Sororozinho, faz limite, também, ao Sul com o Município de Curionópolis). Pela margem esquerda, destacam-se os rios Aquiri, Tapirapé (com seus tributários, rios Salobro, Salobrinho e Bernardino), Preto e os igarapés Cinzeiro e Grota do Café.

5 CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS MIÚDOS EXTRAIDOS EM MARABÁ

Na área de estudo, o rio Tocantins apresenta uma morfologia meandrante de canal, com depósitos associados de barra em pontal, barra de meio canal, planície de inundação, além dos depósitos de fundo de canal.

Sucessões de cristas arenosas semicirculares e subparalelas formam os depósitos de barra em pontal, entre as cristas formam se lagos alongados de acordo com a direção das cristas. A superfície arenosa exposta em períodos de estiagem é recoberta por dunas subaquosas e mergulha suavemente em direção ao canal.

A Barra do Tucunaré representa os depósitos de barra de meio canal, esta tem uma forma losangular com comprimento maior na direção do fluxo do canal, formando uma barra longitudinal. Dunas subaquosas e depósitos de cascalho em lençóis são identificados na superfície da referida barra.

Na margem direita do rio Tocantins as planícies de inundação são bem desenvolvidas, sendo muito comum nestas as chamadas linhas de migração, sugerindo alterações no leito do rio em momentos passados. As planícies de inundação são definidas como áreas aplainadas que são inundadas durante as cheias do rio, funcionando na captura de sedimentos finos.

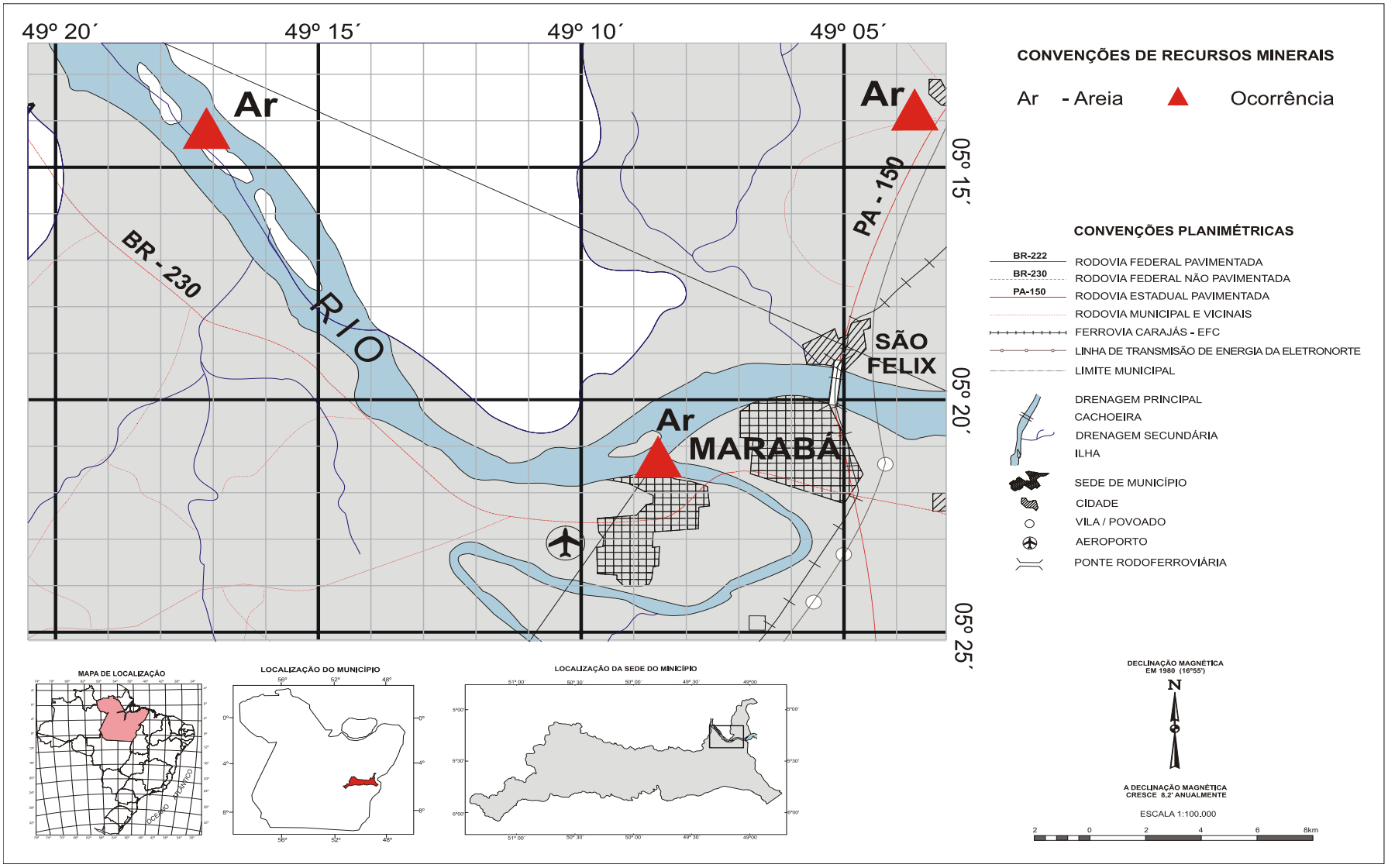


FIGURA 15: Mapa da distribuição de reservas de areia, Município de Marabá
Fonte: DNPM, 2002

5.1 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Com posse dos dados dos peneiramentos realizados em laboratório (ver ANEXOS 1 à 14) , foi possível realizar uma análise mais detalhada de cada amostra. Onde foi possível determinar, com maior precisão, a curva de distribuição granulométrica, o módulo de finura e a dimensão máxima (diâmetro máximo) do agregado.

O módulo de finura corresponde ao valor resultante da soma da percentagem retida acumulada nas peneiras da série normal citadas anteriormente, divididas por 100. Quando se traça a curva de distribuição granulométrica, o módulo de finura - porcentagem retida acumulada x malhas da peneira da série normal - corresponde à área limitada pela curva e o eixo horizontal. O módulo de finura quantifica se o agregado é mais grosso ou mais fino, sendo que quanto maior o módulo de finura mais grosso é o agregado.

A dimensão máxima é a grandeza determinada a partir da distribuição granulométrica, que corresponde à malha da maior peneira, em que fica retida uma porcentagem de agregado igual ou inferior a 5%.

Com os resultados obtidos na analise da granulométrica, foi possível gerar o gráfico da distribuição granulométrica (Porcentagem Passante Acumulada), (GRÁFICOS 1, 2, 3 e 4), definir o módulo de finura e diâmetro máximo, (TABELA 5).

GRÁFICO 1: Composição granulométrica por amostra (porcentagem passante acumulada)

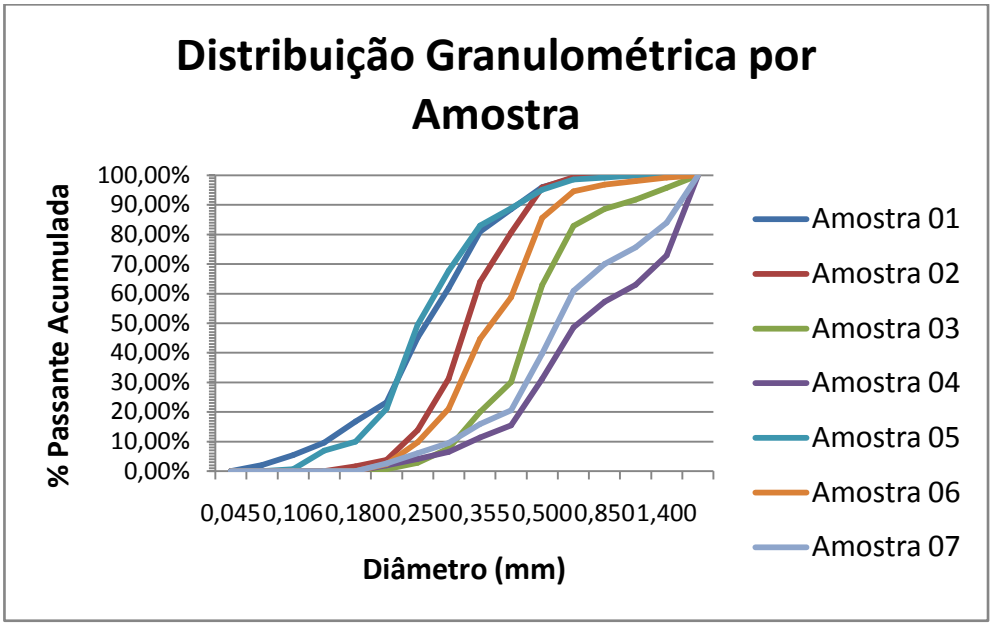


GRÁFICO 2: Composição granulométrica das amostra de areia fina (porcentagem passante acumulada)

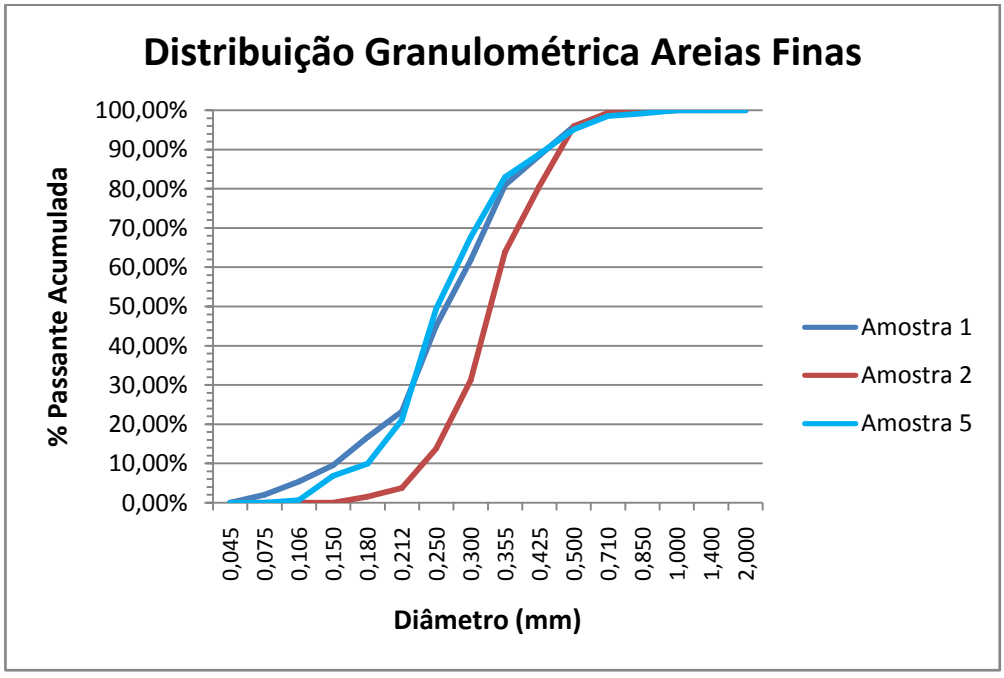


GRÁFICO 3: Composição granulométrica das amostra de areia média (porcentagem passante acumulada)

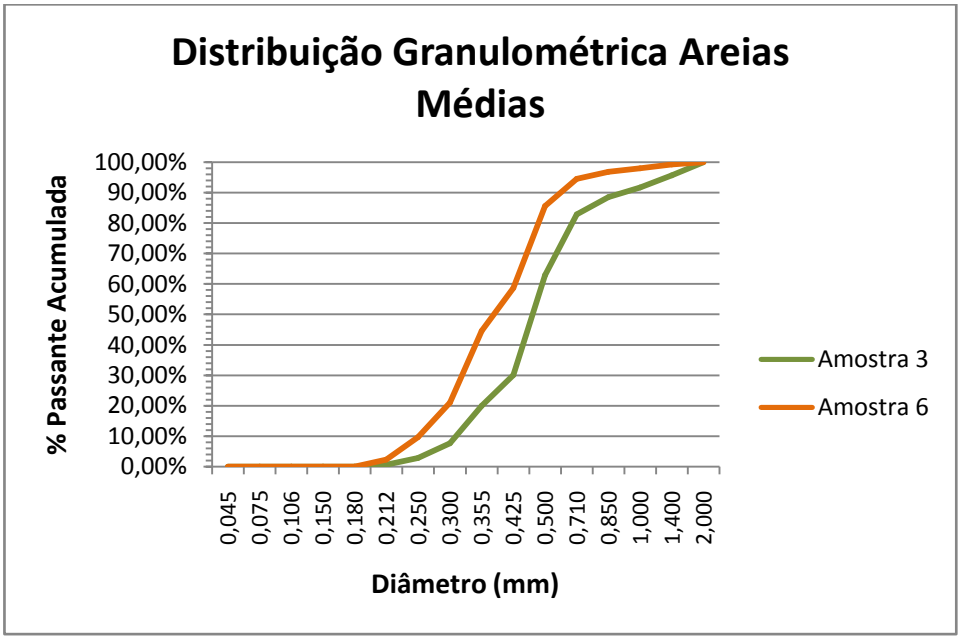
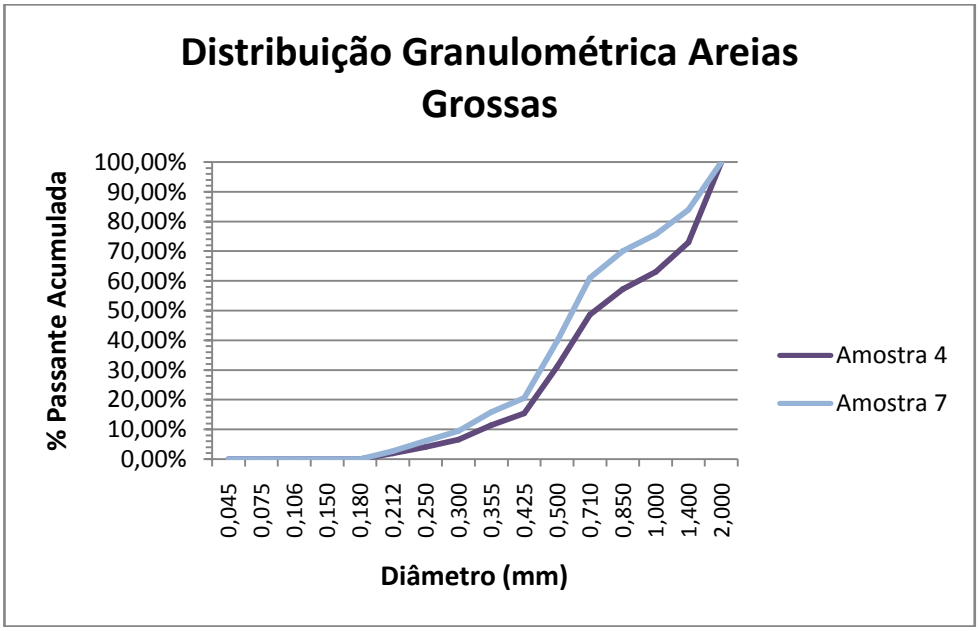


GRÁFICO 4: Composição granulométrica das amostra de areia média (porcentagem passante acumulada)



Resumo dos resultados obtidos nas analises realizadas em relação aos parâmetros fixados pela NM 248/03, (TABELA 5)

TABELA 5: Resumo dos resultados obtidos nas analises das amostras.

Amostra	Tipo de Areia	Diâmetro Máximo (mm)	Modulo de finura	Especificação NM 248/03 (tabela 1)	Resultado
1	Fina	1,20	1,27	MF < 2,40	Conforme
2	Fina	1,20	1,74	MF < 2,40	Conforme
3	Média	4,80	2,21	2,40 < MF < 3,30	Não Conforme
4	Grossa	9,50	3,16	3,30 < MF < 3,90	Não Conforme
5	Fina	1,20	1,26	MF < 2,40	Conforme
6	Média	2,40	1,90	2,40 < MF < 3,30	Não Conforme
7	Grossa	4,80	2,42	3,30 < MF < 3,90	Não Conforme

5.2 PETROGRÁFIA

Foi realizada uma apreciação petrográfica (análise macroscópica) em cada amostra, conforme a ABNT NBR 7389-1:2009 (Apreciação petrográfica de agregado para concreto).

Verificou-se que as amostras coletadas em cada mineração apresentavam particularidades com relação à sua textura, estrutura e composição mineralógica.

A apreciação petrográfica para determinar a composição modal, o grau de esferacidade, de arredondamento, e a superfície dos grãos das amostras foram executados em microscópio óptico. Todas as amostras foram analisadas e fotografadas (FIGURA 16 e Tabela 6).

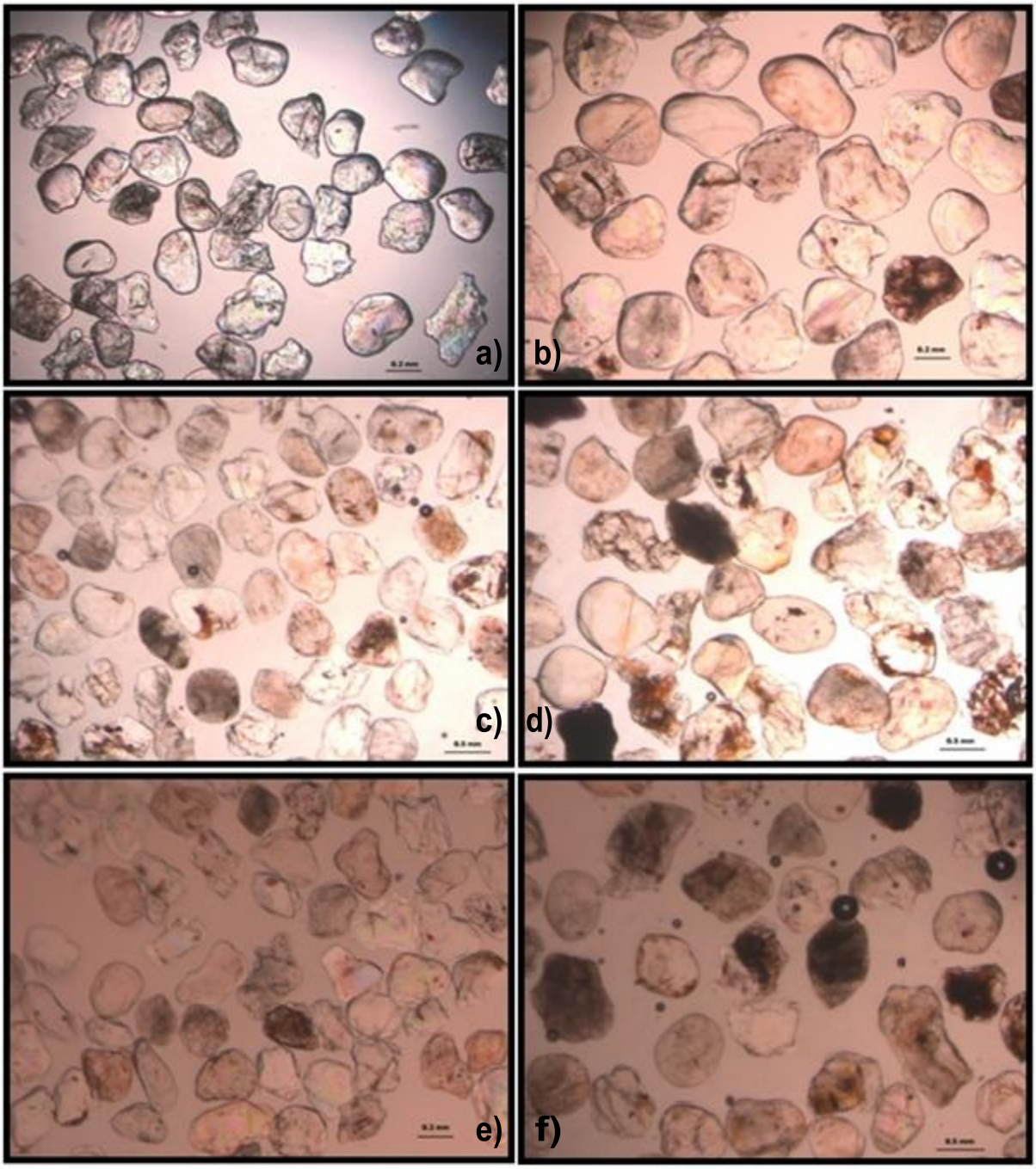


FIGURA 16: Análises petrográficas mostrando as características físicas e texturais microscópicas das areias analisadas no Município de Marabá: (a) Grau de esferacidade de médio a alto, com grão em sua maioria arredondados e subarredondados, e composta por 95% Quartzo e 5% Mica ; (b) Alto grau de esferacidade, com grão em sua maioria arredondados e subarredondados, e composta por 95% Quartzo e 5% Mica; (c) Alto grau de esferacidade, com grão em sua maioria arredondados e subarredondados, e composta por 95% Quartzo e 5% Mica; (d) Grau de esferacidade de médio a alto, com grão em sua maioria arredondados e subarredondados, e composta por 70% Quartzo, 20% Mica e 10% Minerais Opacos; (e) Alto grau de esferacidade, com grão em sua maioria arredondados e subarredondados, e composta por 80% Quartzo e 20% Mica; (f) Alto grau de esferacidade, com grão em sua maioria arredondados e subarredondados, e composta por 90% Quartzo e 10% Mica;

TABELA 6: Resultados por amostra da apreciação petrográfica

Amostra	Grau de Esferacidade	Grau de Arredondamento	Superfície dos Grãos	Composição Modal
1	Médio à Alto	50% Arredondado 30%Subarredondado 15% Subanguloso 5% Anguloso	100% Polida	95% Quartzo 5% Mica
2	Alto	60% Arredondado 30%Subarredondado 10% Subanguloso	10% Fosca 90% Polida	95% Quartzo 5% Mica
3	Alto	65% Arredondado 30%Subarredondado 5% Subanguloso	30% Fosca 70% Polida	95% Quartzo 5% Mica
4	Médio à Alto	50% Arredondado 30%Subarredondado 10% Subanguloso 10% Anguloso	10% Fosca 90% Polida	70% Quartzo 20% Mica 10%Minerais Opacos
5	Alto	50% Arredondado 40%Subarredondado 10% Subanguloso	40% Fosca 60% Polida	80% Quartzo 20% Mica
6	Alto	50% Arredondado 40%Subarredondado 10% Subanguloso	40% Fosca 60% Polida	88% Quartzo 7% Mica 5% Minerais Opacos
7	Alto	60% Arredondado 35%Subarredondado 5% Subanguloso	40% Fosca 60% Polida	90% Quartzo 10% Mica

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Na análise das amostras quanto à granulometria, modulo de finura e diâmetro máximo, observou-se que as amostra 3 e 4 da empresa mineradora “B”, e as amostras 6 e 7, da empresas mineradora “C”, apresentaram resultado insatisfatório quanto a seus módulos de finuras, todos inferiores aos padrões da NM 248/03. Já as amostras 1, 2 e 5 todas apresentaram resultados satisfatórios de módulos de finuras.

Note-se ainda, que a amostra 4 apresentou um diâmetro máximo bem acima do limite, de acordo com a NBR 7211, a qual o limite máximo para areia grossa e de 6,3mm, e o diâmetro máximo da amostra foi de 9,5 mm, diâmetro esse que já se caracteriza o cascalho.

A apreciação petrográfica das amostras quanto ao grau de esferacidade e o grau de arredondamento, verificou-se que as amostras 1 e 4, das empresas “A” e “B”, respectivamente, apresentaram um grau de esferacidade de médio a alto, porém ambas possuíram um bom grau de arredondamento, ambas com 80% de grãos entre arredondados e subarredondados, portanto todas as amostras analisadas apresentaram resultados satisfatórios.

Com relação à composição modal, nota-se que a amostra 4 foi a que apresentou a menor quantidade de quartzo (70%), já as demais amostras, todas apresentaram resultados satisfatórios de quartzo de 80 à 95 %.

Sendo assim, visto os resultados insatisfatórios, se faz necessária a adequação dos processos de produção e a implantação de controles tecnológicos efetivos e eficazes, capazes de atestar a qualidade do produto, pois a areia é um insumo essencial e imprescindível, de larga utilização em toda a cadeia da construção civil, e esta não pode correr o risco de gerar produtos de qualidade de duvidosa.

Alem disso a implantação de controles tecnológicos, dará sem duvida as empresas de mineração, maior credibilidade, demonstraria elevado profissionalismo, atestaria indubitavelmente a qualidade de seus produtos, junto a clientes e toda a

comunidade da construção civil e evitaria a possibilidade de futuras demandas judiciais quanto a danos em obras devido qualidade dos produtos

.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho, evidentemente não esgota o assunto, havendo a necessidade de outros estudos serem realizados para que se possa delinear um perfil mais acurado da qualidade das areias produzidas pelas empresas mineradoras de Marabá.

Como sugestão para trabalhos futuros, poder-se-ia realizar os seguintes estudos:

i – Analisar a presença de impurezas orgânicas húmicas das areias extraídas de Marabá.

ii – Analise do teor de material pulverulentos, das areias extraídas de Marabá

iii – Realizar ensaio de qualidade das areias extraídas de Marabá

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP, Associação Brasileira de Cimento Portland, São Paulo 1995.

ABESC, Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem do Brasil, São Paulo – SP, 2002.

ALBUQUERQUE, Paulo J. R., Notas de Aulas, Facens, Sorocaba – SP, 2001.

ALMEIDA Hebert Georges de, **Marinho** Paulo Augusto da Costa, **Martins** Ruy Célio. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Folha Marabá – Folha SB.22-X-D. Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT, 2001

ALVES, José Dafico. Materias de Construção. São Paulo, Nobel, 1990.

AMAS - PR, Associação de Mineradores de Areia e Saibro do Paraná, 2006. (Comunicação verbal e notas).

ANEPAC, Associação Nacional de Entidades Produtoras de Agregados para Construção Civil, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregado para concreto – Especificação. NBR 7211, Rio de Janeiro, 2005, 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregados – Amostragem. NBR NM 26. Rio de Janeiro, 2000, 10p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregados - Determinação da composição granulométrica. NM 248. Rio de Janeiro, 2003, 12p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregados – Terminologia. NBR 9935. Rio de Janeiro, 2005, 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Apreciação petrográfica de materiais naturais, para utilização como agregado em concreto. NBR 7389-I. Rio de Janeiro, 1992, 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Redução da Amostra de campo para ensaios de laboratório. NM27. Rio de Janeiro, 2000, 2p.

BASILIO, Eduardo Santos. Agregados para Concreto ET 41, ABCP, 1995.

BAUER, L.ª Falcão, Materiais de Construção 5 ª edição, Livros Técnicos e Científicos Editora.

CALAES, Gilberto Dias, Planejamento Estratégico do Desenvolvimento Mineral Sustentável, UFRJ, 2005.

CAMPOS Edson Esteves, **FERNANDES** Lùcia E. V. Controle Ambiental Aplicado a Produção de Agregados, CETEM, 2005.

CARUSO,L.G., SBRIGHI NETO, Panorama Básico para Avaliação do Desempenho de Areia em Construção Civil, Comunicação Técnica IPT, nº 41, 1983.

CETEM, Centro de Tecnologia Mineral – Ministério de Ciência e Tecnologia, 2005.

CHUCHIERATO, Gláucia, Caracterização Tecnológica de Resíduos da Mineração de Agregados da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) Visando seu Aproveitamento Econômico. USP (Dissertação de Mestrado) São Paulo, 2000.

COSTA Lucia Travassos da Rosa Costa, **MENDES** Amílcar Carvalho Mendes**, MELO** Alberto Leandro de. Extração de areia e cascalho no leito do rio Tocantins – Marabá (PA): Avaliação e estudos de viabilidade, CPRM, 1999

DNPM, Departamento Nacional de Produção Mineral, Anuário 2003.

FRAZÃO, Eli Borges, Tecnologia de Rochas na Construção Civil, São Paulo, ABGE, 2002.

http://engenhariacivilestudantes.blogspot.com/2008/12/ensaio-de-granulometria-na-areia.html. Acessado em 20/05/2010

http://www.pattrol.com.br/equipamentos/agregados/introducao.html. Acessado em 20/05/2010

KLOSS, César Luiz. Materiais de Construção, 2.ª ed. Curitiba, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, 1996.

MEHTA, Providar Kumar, Paulo j. M. Monteiro. Concreto Estrutura Propriedades e Materiais, 1ª ed. São Paulo, Pini, 1994.

NEVILLE, Adam M. Tad. Salvador Giamusso. Propriedades do Concreto. São Paulo, PINI, 1982.

PEDROSO Celso, **LOPES** João Bernadinho de O. Análise das Características do Agregado Miúdo Extraído em Curitiba e Região Metropolitana, Curitiba, 2007.

PETRUCCI, Eladio G. R. Concreto de Cimento Portland, Rio Grande do Sul, Editora Globo, 1982.

VALVERDE, F.M. Agregados para Construção Civil. Balanço Mineral Brasileiro. São Paulo. DNPM, 2001.

ANEXOS

ANEXO 1: Distribuição granulométrica empresa “A” Amostra 1a (Areia Fina)

G R A N U L O M E T R I A					
Amostra 1a				**Massa = 500 gramas**	
Malha		**Retido**	**% Retido**	**% Retido Acumulado**	**% Passante Acumulado**
Mesh	**Mm**				
20	0,850	1,90	0,38%	0,38%	99,62%
24	0,710	2,90	0,58%	0,96%	99,04%
32	0,500	15,50	3,10%	4,06%	95,94%
35	0,425	37,40	7,49%	11,55%	88,45%
42	0,355	37,50	7,51%	19,06%	80,94%
48	0,300	95,30	19,08%	38,14%	61,86%
60	0,250	83,70	16,76%	54,89%	45,11%
65	0,212	109,00	21,82%	76,72%	23,28%
80	0,180	32,70	6,55%	83,26%	16,74%
100	0,150	35,60	7,13%	90,39%	9,61%
150	0,106	21,20	4,24%	94,63%	5,37%
200	0,075	16,80	3,36%	98,00%	2,00%
Fundo		10,00	2,00%	100,00%	0,00%
Massa Total		**499,50**		**100,00%**	**0,00%**

ANEXO 2: Distribuição granulométrica empresa “A” Amostra 1b (Areia Fina)

G R A N U L O M E T R I A									
Amostra 1b			**Massa = 500 gramas**			**Porcentagem Acumulada**			
Peneira		**Retido**	**Porcentagem**		**Modulo de Finura**	**Limites da NBR-7211**			
Mesh	**mm**	**(g)**	**Retido**	**Acumulado**		**Muito Fina**	**Fina**	**Média**	**Grossa**
	9,500	0,00	0,00%	0,00%	-	-	-	-	-
	6,300	0,00	0,00%	0,00%	-	0 a 3	0 a 7	0 a 7	0 a 7
4	4,800	0,00	0,00%	0,00%	-	0 a 5	0 a 10	0 a 11	0 a 12
8	2,400	0,00	0,00%	0,00%	-	0 a 5	0 a 15	0 a 25	0 a 40
14	1,200	0,60	0,12%	0,12%	0,12	0 a 10	0 a 25	10 a 45	30 a 70
28	0,600	5,60	1,12%	1,24%	1,24	0 a 20	21 a 40	41 a 65	66 a 85
48	0,300	186,20	37,29%	38,53%	38,53	50 a 85	60 a 88	70 a 92	80 a 95
100	0,150	243,30	48,73%	87,26%	87,26	85 a 100	90 100	90 a 100	90 a 100
Fundo		63,60	12,74%	100,00%	100,00	100	100	100	100
Massa Total		**499,30**		**100,00%**	**1,27**	**Dmáx = 1,2 mm**			

ANEXO 3: Distribuição granulométrica empresa “B” Amostra 2a (Areia Fina)

G R A N U L O M E T R I A					
Amostra 2a				Massa = 500 gramas	
Malha		Retido	% Retido	% Retido Acumulado	% Passante Acumulado
Mesh	Mm				
20	0,850	1,50	0,30%	0,30%	99,70%
24	0,710	1,70	0,34%	0,64%	99,36%
32	0,500	17,30	3,47%	4,11%	95,89%
35	0,425	76,40	15,31%	19,41%	80,59%
42	0,355	83,40	16,71%	36,13%	63,87%
48	0,300	162,80	32,62%	68,74%	31,26%
60	0,250	87,20	17,47%	86,22%	13,78%
65	0,212	50,20	10,06%	96,27%	3,73%
80	0,180	10,80	2,16%	98,44%	1,56%
Fundo		7,80	1,56%	100,00%	0,00%
Massa Total		**499,10**		**100,00%**	**0,00%**

ANEXO 4: Distribuição granulométrica empresa “B” Amostra 2b (Areia Fina)

G R A N U L O M E T R I A									
Amostra 2b			Massa = 500 gramas			Porcentagem Acumulada Limites da NBR-7211			
Peneira		Retido	Porcentagem		Modulo de Finura				
Mesh	mm	(g)	Retido	Acumulado		Muito Fina	Fina	Média	Grossa
	9,500	0,00	0,00%	0,00%	-	-	-	-	-
	6,300	0,00	0,00%	0,00%	-	0 a 3	0 a 7	0 a 7	0 a 7
4	4,800	0,00	0,00%	0,00%	-	0 a 5	0 a 10	0 a 11	0 a 12
8	2,400	0,00	0,00%	0,00%	-	0 a 5	0 a 15	0 a 25	0 a 40
14	1,200	0,30	0,06%	0,06%	0,06	0 a 10	0 a 25	10 a 45	30 a 70
28	0,600	2,60	0,52%	0,58%	0,58	0 a 20	21 a 40	41 a 65	66 a 85
48	0,300	364,50	73,05%	73,63%	73,63	50 a 85	60 a 88	70 a 92	80 a 95
100	0,150	129,70	25,99%	99,62%	99,62	85 a 100	90 a 100	90 a 100	90 a 100
Fundo		1,90	0,38%	100,00%	100,00	100	100	100	100
Massa Total		**499,00**		**100,00%**	**1,74**	**Dmáx = 1,2 mm**			

ANEXO 5: Distribuição granulométrica empresa “B” Amostra 3a (Areia Média)

G R A N U L O M E T R I A					
Amostra 3ª				Massa = 500 gramas	
Malha		Retido	% Retido	% Retido Acumulado	% Passante Acumulado
Mesh	Mm				
12	1,400	21,30	4,26%	4,26%	95,74%
16	1,000	20,20	4,04%	8,30%	91,70%
20	0,850	15,60	3,12%	11,43%	88,57%
24	0,710	28,50	5,70%	17,13%	82,87%
32	0,500	99,90	19,99%	37,12%	62,88%
35	0,425	163,80	32,78%	69,90%	30,10%
42	0,355	50,50	10,11%	80,01%	19,99%
48	0,300	61,40	12,29%	92,30%	7,70%
60	0,250	24,30	4,86%	97,16%	2,84%
65	0,212	10,80	2,16%	99,32%	0,68%
Fundo		3,40	0,68%	100,00%	0,00%
Massa Total		**499,70**		**100,00%**	**0,00%**

ANEXO 6: Distribuição granulométrica empresa “B” Amostra 3b (Areia Média)

G R A N U L O M E T R I A									
Amostra 3b			Massa = 500 gramas			Porcentagem Acumulada Limites da NBR-7211			
Peneira		Retido	Porcentagem		Modulo de Finura				
Mesh	mm	(g)	Retido	Acumulado		Muito Fina	Fina	Média	Grossa
	9,500	0,00	0,00%	0,00%	-	-	-	-	-
	6,300	0,00	0,00%	0,00%	-	0 a 3	0 a 7	0 a 7	0 a 7
4	4,800	1,90	0,38%	0,38%	0,38	0 a 5	0 a 10	0 a 11	0 a 12
8	2,400	6,60	1,32%	1,70%	1,70	0 a 5	0 a 15	0 a 25	0 a 40
14	1,200	25,30	5,06%	6,76%	6,76	0 a 10	0 a 25	10 a 45	30 a 70
28	0,600	65,10	13,03%	19,79%	19,79	0 a 20	21 a 40	41 a 65	66 a 85
48	0,300	365,00	73,04%	92,84%	92,84	50 a 85	60 a 88	70 a 92	80 a 95
100	0,150	35,00	7,00%	99,84%	99,84	85 a 100	90 a 100	90 a 100	90 a 100
Fundo		0,80	0,16%	100,00%	100,00	100	100	100	100
Massa Total		**499,70**		**100,00%**	**2,21**	**Dmáx = 4,8**			

ANEXO 7: Distribuição granulométrica empresa “B” Amostra 4a (Areia Grossa)

G R A N U L O M E T R I A					
Amostra 4ª				Massa = 500 gramas	
Malha		Retido	% Retido	% Retido Acumulado	% Passante Acumulado
Mesh	Mm				
12	1,400	134,90	27,02%	27,02%	72,98%
16	1,000	49,80	9,97%	36,99%	63,01%
20	0,850	28,70	5,75%	42,74%	57,26%
24	0,710	43,30	8,67%	51,41%	48,59%
32	0,500	87,10	17,44%	68,86%	31,14%
35	0,425	78,50	15,72%	84,58%	15,42%
42	0,355	20,40	4,09%	88,66%	11,34%
48	0,300	24,20	4,85%	93,51%	6,49%
60	0,250	12,10	2,42%	95,93%	4,07%
65	0,212	10,80	2,16%	98,10%	1,90%
Fundo		9,50	1,90%	100,00%	0,00%
Massa Total		**499,30**		**100,00%**	**0,00%**

ANEXO 8: Distribuição granulométrica empresa “B” Amostra 4b (Areia Grossa)

G R A N U L O M E T R I A									
Amostra 4			Massa = 500 gramas			Porcentagem Acumulada Limites da NBR-7211			
Peneira		Retido	Porcentagem		Modulo de Finura				
Mesh	mm	(g)	Retido	Acumulado		Muito Fina	Fina	Média	Grossa
-	9,500	30,00	6,01%	6,01%	6,01	-	-	-	-
-	6,300	10,30	2,06%	8,07%	8,07	0 a 3	0 a 7	0 a 7	0 a 7
4	4,800	24,20	4,85%	12,92%	12,92	0 a 5	0 a 10	0 a 11	0 a 12
8	2,400	23,70	4,75%	17,66%	17,66	0 a 5	0 a 15	0 a 25	0 a 40
14	1,200	58,60	11,74%	29,40%	29,40	0 a 10	0 a 25	10 a 45	30 a 70
28	0,600	109,70	21,97%	51,37%	51,37	0 a 20	21 a 40	41 a 65	66 a 85
48	0,300	202,10	40,48%	91,85%	91,85	50 a 85	60 a 88	70 a 92	80 a 95
100	0,150	32,00	6,41%	98,26%	98,26	85 a 100	90 a 100	90 a 100	90 a 100
Fundo		8,70	1,74%	100,00%	100,00	100	100	100	100
Massa Total		**499,30**		**100,00%**	**3,16**	**Dmáx = 9,5 mm**			

ANEXO 9: Distribuição granulométrica empresa “C” Amostra 5a (Areia Fina)

G R A N U L O M E T R I A					
Amostra 5ª				Massa = 500 gramas	
Malha		Retido	% Retido	% Retido Acumulado	% Passante Acumulado
Mesh	Mm				
20	0,850	3,90	0,78%	0,78%	99,22%
24	0,710	3,50	0,70%	1,48%	98,52%
32	0,500	16,80	3,36%	4,85%	95,15%
35	0,425	31,50	6,31%	11,15%	88,85%
42	0,355	29,20	5,85%	17,00%	83,00%
48	0,300	76,40	15,30%	32,30%	67,70%
60	0,250	91,10	18,24%	50,54%	49,46%
65	0,212	141,50	28,33%	78,87%	21,13%
80	0,180	55,90	11,19%	90,07%	9,93%
100	0,150	15,20	3,04%	93,11%	6,89%
150	0,106	31,20	6,25%	99,36%	0,64%
Fundo		3,20	0,64%	100,00%	0,00%
Massa Total		**499,40**		**100,00%**	**0,00%**

ANEXO 10: Distribuição granulométrica empresa “C” Amostra 5b (Areia Fina)

G R A N U L O M E T R I A									
Amostra 5b			Massa = 500 gramas			Porcentagem Acumulada Limites da NBR-7211			
Peneira		Retido	Porcentagem		Modulo de Finura				
Mesh	mm	(g)	Retido	Acumulado		Muito Fina	Fina	Média	Grossa
	9,500	0,00	0,00%	0,00%	-	-	-	-	-
	6,300	0,00	0,00%	0,00%	-	0 a 3	0 a 7	0 a 7	0 a 7
4	4,800	0,00	0,00%	0,00%	-	0 a 5	0 a 10	0 a 11	0 a 12
8	2,400	0,00	0,00%	0,00%	-	0 a 5	0 a 15	0 a 25	0 a 40
14	1,200	1,00	0,20%	0,20%	0,20	0 a 10	0 a 25	10 a 45	30 a 70
28	0,600	6,60	1,32%	1,52%	1,52	0 a 20	21 a 40	41 a 65	66 a 85
48	0,300	151,40	30,31%	31,83%	31,83	50 a 85	60 a 88	70 a 92	80 a 95
100	0,150	304,20	60,90%	92,73%	92,73	85 a 100	90 a 100	90 a 100	90 a 100
Fundo		36,30	7,27%	100,00%	100,00	100	100	100	100
Massa Total		**499,50**		**100,00%**	**1,26**	**Dmáx = 1,2 mm**			

ANEXO 11: Distribuição granulométrica empresa “C” Amostra 6a (Areia Média)

G R A N U L O M E T R I A					
Amostra 6ª				Massa = 500 gramas	
Malha		Retido	% Retido	% Retido Acumulado	% Passante Acumulado
Mesh	Mm				
12	1,400	3,80	0,76%	0,76%	99,24%
16	1,000	6,30	1,26%	2,02%	97,98%
20	0,850	5,70	1,14%	3,16%	96,84%
24	0,710	11,30	2,26%	5,43%	94,57%
32	0,500	45,00	9,01%	14,44%	85,56%
35	0,425	134,30	26,89%	41,33%	58,67%
42	0,355	70,20	14,06%	55,39%	44,61%
48	0,300	117,60	23,55%	78,93%	21,07%
60	0,250	56,60	11,33%	90,27%	9,73%
65	0,212	36,60	7,33%	97,60%	2,40%
Fundo		12,00	2,40%	100,00%	0,00%
Massa Total		**499,40**		**100,00%**	**0,00%**

ANEXO 12: Distribuição granulométrica empresa “C” Amostra 6b (Areia Média)

G R A N U L O M E T R I A									
Amostra 6b			Massa = 500 gramas			Porcentagem Acumulada Limites da NBR-7211			
Peneira		Retido	Porcentagem		Modulo de Finura				
Mesh	mm	(g)	Retido	Acumulado		Muito Fina	Fina	Média	Grossa
	9,500	0,00	0,00%	0,00%	-	-	-	-	-
	6,300	0,00	0,00%	0,00%	-	0 a 3	0 a 7	0 a 7	0 a 7
4	4,800	0,00	0,00%	0,00%	-	0 a 5	0 a 10	0 a 11	0 a 12
8	2,400	0,80	0,16%	0,16%	0,16	0 a 5	0 a 15	0 a 25	0 a 40
14	1,200	7,30	1,46%	1,62%	1,62	0 a 10	0 a 25	10 a 45	30 a 70
28	0,600	33,70	6,75%	8,37%	8,37	0 a 20	21 a 40	41 a 65	66 a 85
48	0,300	360,80	72,22%	80,58%	80,58	50 a 85	60 a 88	70 a 92	80 a 95
100	0,150	92,70	18,55%	99,14%	99,14	85 a 100	90 a 100	90 a 100	90 a 100
Fundo		4,30	0,86%	100,00%	100,00	100	100	100	100
Massa Total		**499,60**		**100,00%**	**1,90**	**Dmáx = 2,4 mm**			

ANEXO 13: Distribuição granulométrica empresa “C” Amostra 7a (Areia Grossa)

G R A N U L O M E T R I A					
Amostra 7ª				Massa = 500 gramas	
Malha		Retido	% Retido	% Retido Acumulado	% Passante Acumulado
Mesh	Mm				
12	1,400	80,30	16,08%	16,08%	83,92%
16	1,000	41,10	8,23%	24,31%	75,69%
20	0,850	28,40	5,69%	30,00%	70,00%
24	0,710	45,10	9,03%	39,03%	60,97%
32	0,500	105,90	21,21%	60,23%	39,77%
35	0,425	95,80	19,18%	79,42%	20,58%
42	0,355	23,60	4,73%	84,14%	15,86%
48	0,300	31,80	6,37%	90,51%	9,49%
60	0,250	17,10	3,42%	93,93%	6,07%
65	0,212	17,20	3,44%	97,38%	2,62%
Fundo		13,10	2,62%	100,00%	0,00%
Massa Total		**499,40**		**100,00%**	**0,00%**

ANEXO 14: Distribuição granulométrica empresa “C” Amostra 7b (Areia Grossa)

G R A N U L O M E T R I A									
Amostra 7b			Massa = 500 gramas			Porcentagem Acumulada Limites da NBR-7211			
Peneira		Retido	Porcentagem		Modulo de Finura				
Mesh	mm	(g)	Retido	Acumulado		Muito Fina	Fina	Média	Grossa
	9,500	0,00	0,00%	0,00%	-	-	-	-	-
	6,300	0,00	0,00%	0,00%	-	0 a 3	0 a 7	0 a 7	0 a 7
4	4,800	1,10	0,22%	0,22%	0,22	0 a 5	0 a 10	0 a 11	0 a 12
8	2,400	21,00	4,20%	4,42%	4,42	0 a 5	0 a 15	0 a 25	0 a 40
14	1,200	52,80	10,57%	14,99%	14,99	0 a 10	0 a 25	10 a 45	30 a 70
28	0,600	113,40	22,70%	37,69%	37,69	0 a 20	21 a 40	41 a 65	66 a 85
48	0,300	248,80	49,80%	87,49%	87,49	50 a 85	60 a 88	70 a 92	80 a 95
100	0,150	50,40	10,09%	97,58%	97,58	85 a 100	90 a 100	90 a 100	90 a 100
Fundo		12,10	2,42%	100,00%	100,00	100	100	100	100
Massa Total		**499,60**		**100,00%**	**2,42**	**Dmáx = 4,8 mm**			