



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS VIII
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

PETRÓVISK TENÓRIO MEDEIROS

**ANÁLISE QUANTITATIVA DO PADRÃO DOS AGREGADOS MINERAIS
UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETOS E ARGAMASSAS NA REGIÃO
DE ARARUNA-PB**

**ARARUNA
2017**

PETRÓVISK TENÓRIO MEDEIROS

**ANÁLISE QUANTITATIVA DO PADRÃO DOS AGREGADOS MINERAIS
UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETOS E ARGAMASSAS NA REGIÃO
DE ARARUNA-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Área de concentração: Materiais de construção.

Orientador: Profa. Ma. Maria das Vitórias do Nascimento.

**ARARUNA
2017**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

M488a Medeiros, Petróvisk Tenório.

Análise quantitativa do padrão dos agregados minerais utilizados na produção de concretos e argamassas na região de Araruna-PB [manuscrito] : / Petróvisk Tenório Medeiros. - 2017.

62 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2017.

"Orientação : Profa. Ma. Maria Das Vitórias do Nascimento, Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."

1. Concreto e argamassa. 2. Qualidade. 3. Agregados.

21. ed. CDD 624.18

PETRÓVSK TENÓRIO MEDEIROS

ANÁLISE QUANTITATIVA DO PADRÃO DOS AGREGADOS MINERAIS
UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETOS E ARGAMASSAS NA
REGIÃO DE ARARUNA-PB

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Coordenação do curso
de Engenharia Civil da Universidade
Estadual da Paraíba - UEPB, como
requisito parcial à obtenção do título
de Engenheiro Civil.

Área de concentração: Materiais de
construção.

Orientador: Profa. Ma. Maria das
Vitórias do Nascimento.

Aprovada em: 07/12/2017.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Ma Maria das Vitórias do Nascimento
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me Leonardo Medeiros Costa
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Marinaldo dos Santos Júnior
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Aos meus filhos Enzo Rafael e Lara Sophia por
se tornarem a razão do meu viver, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A todos os professores da UEPB, CAMPUS VIII que de forma direta ou indireta contribuíram com minha formação e realização profissional no curso de Engenharia Civil, por seus empenhos.

À professora Maria das Vitórias do Nascimento pelas leituras sugeridas ao longo dessa orientação e pela dedicação.

Ao professor Raimundo Leidimar Bezerra, pelos ensinamentos acadêmicos e acima de tudo por me ensinar a postura ética, sensata e correta que o profissional deve exercer na sociedade.

Ao meu pai José Florêncio de Medeiros, a minha Mãe Maria Dilma Tenório de Medeiros pelo companheirismo, amizade e incentivo, que apesar da distância física que por todo esse trajeto predominou, sempre os tive por perto ao exercer os ensinamento e educação que me deram, pelos grandiosos e tão valiosos conselhos, por sempre acreditar em minha capacidade de atingir e cumprir meus objetivos.

A minha esposa Hilli Simone M. C. O. Medeiros por sempre estar ao meu lado, me apoiando em todos os momentos em que estamos trilhando juntos, e por constituirmos uma família linda com meus dois filhos Enzo Rafael C. O. Medeiros e Lara Sophia C. O. Medeiros.

Aos meus irmãos, Petruccio T. Medeiros e Katruccy T. Medeiros pelo carinho, amor e respeito.

Ao meu sogro, José Wellington P. de Oliveira e minha sogra Maria do Livramento M. C. Oliveira por todo o apoio e aconselhamentos nos momentos bons, mas impreterivelmente nos momentos difíceis acompanhando de perto toda esta trajetória de lutas e batalhas vencidas.

Aos funcionários da UEPB, pela presteza e atendimento quando nos foi necessário.

Aos colegas de classe pelos momentos de amizade vivenciados.

A todos, muito obrigado!

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.” (José de Alencar).

RESUMO

O presente trabalho trata de uma investigação acerca da qualidade dos agregados graúdos e miúdos utilizados para a fabricação de concreto de cimento Portland e argamassa, haja vista a importância de se atestar a qualidade dos agregados que compõem os concretos e as argamassas. A análise aqui apresentada teve por objetivo verificar o padrão destes agregados que são comercializados na região de Araruna-PB, fazendo-se uso de análises laboratoriais em conformidade com as normas brasileiras em vigor. Os resultados obtidos para as amostras dos agregados graúdos foram que das três amostras coletadas uma delas não apresentou diâmetro máximo característico de brita 19, como solicitado aos comerciantes, além de fugir a alguns limites granulométricos estabelecidos em norma. Para o agregado miúdo foram solicitadas três amostras de areia grossa e constatou-se de acordo com o módulo de finura que duas delas são areias médias e uma areia fina. Foi verificado ainda, para as areias, os teores de torrões de argila, para os quais todas as três amostras estavam dentro dos limites exigidos em norma. Desta forma, não se recomenda o uso da amostra 03 da areia para a fabricação de concretos convencionais, visto que a recomendação é que se use areias grossas e médias. Já para o uso em argamassas podem ser usadas em emboços, no caso das areias médias, e para reboco, no caso das areias finas. A contribuição deste trabalho se caracteriza de extrema importância, no que visa diagnosticar a comercialização dos materiais que se encontram fora dos padrões para serem utilizados pelos consumidores, evitando-se assim o surgimento de manifestações patológicas nas edificações oriundas da falta de qualidade dos agregados, para os fins a que se destinam.

Palavras-Chave: Concreto e argamassa. Qualidade. Agregados.

ABSTRACT

The present work deals with an investigation about the quality of the large and small aggregates used for the manufacture of concrete Portland cement and mortar, given the importance of attesting the quality of the aggregates that make up the concrete and mortars. The analysis presented here aimed to verify the pattern of these aggregates that are commercialized in the region of Araruna-PB, making use of laboratory analyzes in accordance with Brazilian standards in force. The results obtained for the samples of the large aggregates were that of the three samples collected one of them did not present a maximum characteristic diameter of gravel 19, as requested to the merchants, in addition to escaping to some granulometric limits established in standard. For the small aggregate three samples of coarse sand were requested and it was found according to the modulus of fineness that two of them are medium sands and a fine sand. It was also verified for the sands the contents of clods of clay, for which all three samples were within the limits required by standard. Therefore, it is not recommended to use sand sample 03 for the manufacture of conventional concretes, since it is recommended that coarse and medium sand be used. For use in mortars, they can be used in pipes for medium sands and for plastering in the case of fine sands. The contribution of this work is extremely important, in order to diagnose the commercialization of materials that are out of the standard for consumers to use, thus avoiding the appearance of pathological manifestations in the buildings resulting from the lack of quality of the aggregates, for the purposes for which they are intended.

Keywords: Concrete and mortar. Quality. Aggregates.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01	Classificação dos agregados.....	19
Figura 02	Curvas granulométricas.....	20
Figura 03	Efeito da composição granulométrica.....	20
Figura 04	Balança – laboratório UEPB.....	31
Figura 05	Estufa - laboratório UEPB.....	32
Figura 06	Peneiras - laboratório UEPB.....	32
Figura 07	Pincel – laboratório UEPB.....	33
Figura 08	Agitador de peneiras - laboratório UEPB.....	33
Figura 09	Bandejas metálicas - laboratório UEPB.....	34
Figura 10	Amostra de ensaio – agregado graúdo.....	40
Figura 11	Amostra de ensaio – agregado miúdo.....	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01	Curva granulométrica do agregado graúdo – amostra 01.....	41
Gráfico 02	Curva granulométrica do agregado graúdo – amostra 02.....	42
Gráfico 03	Curva granulométrica do agregado graúdo – amostra 03.....	43
Gráfico 04	Limites granulométricos – brita 19.....	45
Gráfico 05	Curva granulométrica do agregado miúdo – amostra 01.....	49
Gráfico 06	Curva granulométrica do agregado miúdo – amostra 02.....	50
Gráfico 07	Curva granulométrica do agregado miúdo – amostra 03.....	51
Gráfico 08	Limites granulométricos do agregado miúdo x amostra 01.....	53
Gráfico 09	Limites granulométricos do agregado miúdo x amostra 02.....	54
Gráfico 10	Limites granulométricos do agregado miúdo x amostra 03.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Principais utilizações dos agregados.....	17
Tabela 02	Conjunto de peneiras da série normal e intermediária	18
Tabela 03	Classificação das britas quanto ao tamanho dos grãos.....	24
Tabela 04	Classificação das areias quanto ao módulo de finura.....	28
Tabela 05	Massa mínima por amostra para ensaio.....	35
Tabela 06	Limite granulométrico e massa mínima de amostra para ensaio.....	37
Tabela 07	Peneiras para remoção de partículas de argila e materiais friáveis.....	38
Tabela 08	Massas retidas por peneira no ensaio granulométrico em agregado graúdo.....	39
Tabela 09	Limites granulométrico para agregado graúdo.....	44
Tabela 10	Diâmetro máximo – amostra 01.....	46
Tabela 11	Diâmetro máximo – amostra 02.....	46
Tabela 12	Diâmetro máximo – amostra 03.....	47
Tabela 13	Massas retidas por peneira no ensaio granulométrico em agregado miúdo.....	47
Tabela 14	Módulo de finura – amostra 01.....	51
Tabela 15	Módulo de finura – amostra 02.....	52
Tabela 16	Módulo de finura – amostra 03.....	52
Tabela 17	Porcentagem, em peso, retida acumulada nas peneiras.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 01	Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo.....	22
Quadro 02	Classificação do agregado miúdo.....	22
Quadro 03	Limites da distribuição granulométrica do agregado graúdo.....	23
Quadro 04	Limites máximos aceitáveis de substancias nocivas no agregado miúdo com relação a massa do material.....	25
Quadro 05	Limites máximos aceitáveis de substancias nocivas no agregado graúdo com relação a massa do material.....	27
Quadro 6	Brita 19 – amostra 01.....	41
Quadro 7	Brita 19 – amostra 02.....	42
Quadro 8	Brita 19 – amostra 03.....	43
Quadro 9	Granulometria do agregado miúdo – amostra 01.....	49
Quadro 10	Granulometria do agregado miúdo – amostra 02.....	50
Quadro 11	Granulometria do agregado miúdo – amostra 03.....	50
Quadro 12	Teores de argila e materiais friáveis – amostra 01.....	55
Quadro 13	Teores de argila e materiais friáveis – amostra 02.....	56
Quadro 14	Teores de argila e materiais friáveis – amostra 03.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ANEPAC	Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados Para Construção
DMC	Dimensão Máxima Característica
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
PIB	Produto Interno Bruto
NBR	Norma Brasileira
NM	Norma Mercosur

LISTA DE SÍMBOLOS

t	Tonelada
%	Porcentagem
mm	Milímetro
μm	Micrômetro
Kg	Quilograma
m^3	Metro Cúbico
$^{\circ}\text{C}$	Grau Celsius
g	Gramma
h	Hora
m_i	Massa Inicial
m_f	Massa Final
m_t	Teor de Argila em torrões

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS GERAIS	18
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	19
3.1 AGREGADO PARA ARGAMASSAS.....	19
3.2 AGREGADO PARA CONCRETO	19
3.3 TAMANHO DOS GRÃOS	20
3.4 AGREGADO MIÚDO	24
3.5 AGREGADO GRAÚDO.....	26
3.6 PARÂMETROS DE QUALIDADE E DURABILIDADE.....	27
3.6.1 Impureza no agregado	27
3.6.2 Dimensão máxima do agregado	30
3.6.3 Módulo de finura	31
3.6.4 Resistência dos agregados aos esforços mecânicos atuantes no concreto.....	31
3.6.5 Resistência ao desgaste.....	32
3.6.6 Resistência ao esmagamento.....	33
3.6.7 Teor de umidade	33
4 METODOLOGIA.....	34
4.1 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA.....	34
4.1.1 Aparelhagem	34
4.1.2 Procedimentos de ensaio	37
4.2 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ARGILA EM TORRÕES E MATERIAIS FRIÁVEIS	39
4.2.1 Aparelhagem	39
4.2.2 Procedimentos de ensaio	40
5 DISCUSSÕES E RESULTADOS	42
5.1 AGREGADO GRAÚDO.....	42
5.1.1 Curvas Granulométricas.....	43
5.1.2 Limites Granulométricos	46
5.1.3 Dimensão Máxima Característica (DMC).....	48
5.2 AGREGDO MIÚDO	50
5.2.1 Curva Granulométrica.....	51
5.2.2 Módulo de Finura	54
5.2.3 Limites Granulométricos do agregado miúdo	55
5.2.4 Teor de Argila e Materiais Friáveis	57
6 CONCLUSÃO.....	60
REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

Para onde se olha, é possível ver estruturas de concreto. O material é parte integrante de praticamente todas as construções, de edificações residenciais a grandes obras de infraestrutura, como as rodovias que cortam o País. O Brasil é um país particularmente edificado em concreto, sendo este um dos materiais de construção mais utilizados no mundo, podendo adquirir formas simples ou complexas com baixo custo e excelente desempenho, quando produzido com materiais que estejam dentro dos padrões tecnicamente normatizados (IBRACON; 2009).

Estudo realizado pela Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP (2013), mostra que o concreto é hoje o segundo produto mais consumido no mundo. Projeções otimistas presumem que o material possa ocupar o primeiro lugar a partir de 2025, superando a geração de água potável. De acordo com o Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM (2017), a produção mineral é responsável por 11,6% das exportações brasileiras, empregando cerca de 185 mil trabalhadores e representa 4,3% do Produto Interno Bruto (PIB) do País.

Segundo a Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção – ANEPAC (2017), estima-se para o período de 2018 a 2019 um aumento de 3% para 2018 e 7% para 2019, respectivamente, atingindo 543 milhões de toneladas (t) de agregados no mundo em 2019. Comparativamente com diferentes países e regiões no mundo, o mercado brasileiro de agregados apresenta uma enorme demanda reprimida de agregados para realizar os investimentos necessários em infraestrutura e desenvolvimento urbano.

O concreto usado na construção civil é constituído em sua essência do cimento Portland, associados aos agregados graúdos e miúdos que se enquadram dentro dos padrões normatizados pela ABNT NBR 7211/2009. Os agregados entram na mistura vindo a compor 70% do concreto com funções de minimizar a retração da pasta, melhorar os esforços mecânicos, os desgastes e os intemperismos sofridos quando utilizados em aplicações da construção civil, bem como reduzir custos (RIBEIRO, PINTO, STARLING; 2011).

Agregados são fragmentos de rochas, popularmente, denominados como “pedras”, com tamanho variados e propriedades adequadas que são utilizados em quase todas as obras de construção civil como em edificações, pavimentação,

barragens e saneamento. A faixa de tamanho destes agregados é extremamente ampla, como blocos, pedras, pedregulhos usados em barragens, gabiões, estabilização de taludes, obras hidráulicas, até fragmentos milimétricos como os “agregados miúdos” usados na confecção de concreto para a maioria das edificações (CARVALHO; 2009).

Tendo em vista a importância do estudo dos agregados que são inseridos na produção do concreto, a análise apresentada neste trabalho teve por objetivo verificar o padrão de produção dos agregados graúdos e miúdos que são comercializados na cidade de Araruna e regiões circunvizinhas do Curimataú da Paraíba, por meio de análises laboratoriais em conformidade com as normas brasileiras de regulamentações técnicas de agregados para produção de concreto de cimento Portland e argamassa.

2 OBJETIVOS GERAIS

Analisar de forma quantitativa os padrões de produção dos agregados minerais empregados na produção de concretos e argamassas comercializados na região de Araruna-PB. Para tanto, foram solicitados no comércio local amostras do agregado graúdo brita 19 mm e amostras de areia grossa.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar mediante ensaios de laboratório o diâmetro máximo para as amostras do agregado graúdo através de análise granulométrica com o propósito de atestar se as amostras se enquadram como brita 19 mm;
- Comparar os limites granulométricos do agregado graúdo com os estabelecidos em norma para a zona granulométrica 9.5/25;
- Classificar os módulos de finura das areias;
- Calcular os teores de materiais contaminantes do agregado miúdo com relação aos teores de argila e materiais friáveis;
- Identificar o comportamento das curvas granulométricas tanto no agregado graúdo quanto no agregado miúdo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 AGREGADO PARA ARGAMASSAS

As argamassas constituem numa mistura de aglomerante, agregado miúdo e água, cujas principais características são: trabalhabilidade, resistência, aderência e durabilidade que sofrem variações conforme composição da mistura, podendo ser simples quando composta de apenas um aglomerante (cimento ou cal) e pode ser mista quando apresentar mais de um aglomerante (cimento e cal) (RIBEIRO, PINTO, STARLING; 2011).

Segundo Ribeiro, Pinto e Starling (2011), na construção civil, as argamassas são utilizadas em assentamento e revestimento de alvenarias, revestimento de pisos, além de vários outros. No que diz respeito à granulometria do agregado miúdo, as areias grossas são empregadas em chapisco, as médias para emboço e as finas para o reboco.

É aceitável pequenas porcentagens de argila (terra) para o assentamento de tijolos em alvenarias e no emboço. É difícil encontrar uniformidade nas dimensões dos grãos de areia de mesma categoria. Essa desigualdade é conveniente, contribuindo para obtenção de melhores resultados em seu emprego, pois diminui a existência de vazios, e para a diminuição do volume dos vazios da mistura que são ditos materiais de maior custo (BUENO; 2000).

3.2 AGREGADO PARA CONCRETO

Os agregados utilizados para concretos e argamassas na construção civil podem ser naturais ou artificiais. Os naturais são os que se encontram na natureza, oriundos da desagregação de rochas (areia, cascalho ou pedregulho). Já os artificiais são aqueles produzidos por processos industriais no qual os blocos de rochas são fragmentados em tamanhos padronizados conforme a norma ABNT NBR NM 248, como por exemplo as pedras britadas, pó de pedra e as areias.

A ABNT NBR 7211/2009 - Agregados para Concreto – especificação - estabelece as características exigíveis na recepção e produção de agregados, miúdos e graúdos, de origem natural, encontrados fragmentados ou resultante da britagem de rochas destinados a produção de concreto de cimento Portland. Os agregados graúdos e miúdos a serem utilizados nos mais variados tipos de obras de construção

civil podem ser utilizados pelo consumidor final sem ser adicionado ao aglomerante hidráulico que em geral se usa o cimento Portland, a exemplo das obras de drenos em muros de arrimo, filtros, sub-base de estradas, lastros de ferrovias entre outras.

Os agregados quando adicionados ao aglomerante hidráulico e água tem-se como produtos o concreto e a argamassa, seja ele misturado em centrais de produção, comumente conhecido por concreto usinado, típico de obra de médio a grande porte, como também misturado *in loco*, característico de obras de pequeno porte. Desta forma, temos as mais diversas aplicações nos mais variados tipos de obras de construção civil, onde o concreto e a argamassa são usados, a exemplo em edificações, muros de flexão, pavimentos rígidos, entre outros, conforme se pode ver na Tabela 01.

Tabela 01: Principais Utilizações dos Agregados.

Areia Artificial e Areia Natural	Assentamento de bloquetes, tubulação em geral, tanques, emboço, podendo entrar na composição de concreto e asfalto.
Pedrisco	Confecção de pavimentação asfáltica, lajotas, bloquetes, intertravados, lajes, jateamento de túneis e acabamentos em geral.
Brita 1	Intensivamente na fabricação de concreto, com inúmeras aplicações, como na construção pontes, edificações e grandes lajes.
Brita 2	Fabricação de concreto que exija maior resistência, principalmente em formas pesadas.
Brita 3	Também denominado pedra de lastro utilizada nas ferrovias.
Brita 4	Produto destinado a obra de drenagem, como drenos sépticos e fossas.
Rachão, pedra de mão ou marroada	Fabricação de gabiões, como muros de contenção e bases.
Brita graduada	Em base e sub-base, pisos, pátios, galpões e estradas.

Fonte: KULAIF, Yara (2001).

3.3 TAMANHO DOS GRÃOS

Os agregados podem ser classificados conforme o tamanho dos seus grãos, podendo estes serem graúdos e miúdos. De acordo com a ABNT NBR 7211/2009, define-se areia ou agregado miúdo, como material cujos grãos passam pela peneira ABNT de abertura 4,8 mm e ficam retidos na peneira ABNT de abertura 0,15 mm.

Classifica-se ainda agregado graúdo como material cujos grãos passam pela peneira ABNT de abertura 76 mm e ficam retidos na peneira ABNT de abertura 4,8 mm. A ABNT NBR 7211/2009 apresenta a série de peneiras normal e intermediária normatizada pela ABNT NBR NM 248/2003 utilizada para compor a granulometria dos agregados, conforme Tabela 02.

Tabela 02: Conjunto de Peneiras da Série Normal e Intermediária (abertura nominal).

Série Normal	Série Intermediária
75 mm	--
--	63 mm
--	50 mm
37,5 mm	--
--	31,5 mm
--	25 mm
19 mm	--
--	12,5 mm
4,75 mm	--
2,36 mm	6,3 mm
1,18 mm	--
0,6 mm	--
0,3 mm	--
0,15 mm	--

Fonte: ABNT NBR 7211/2009.

Segundo Freitas (2013), a classificação do agregado de origem industrial, ou seja, fabricados nos britadores podem ser classificados quanto ao tamanho, conforme Figura 01.

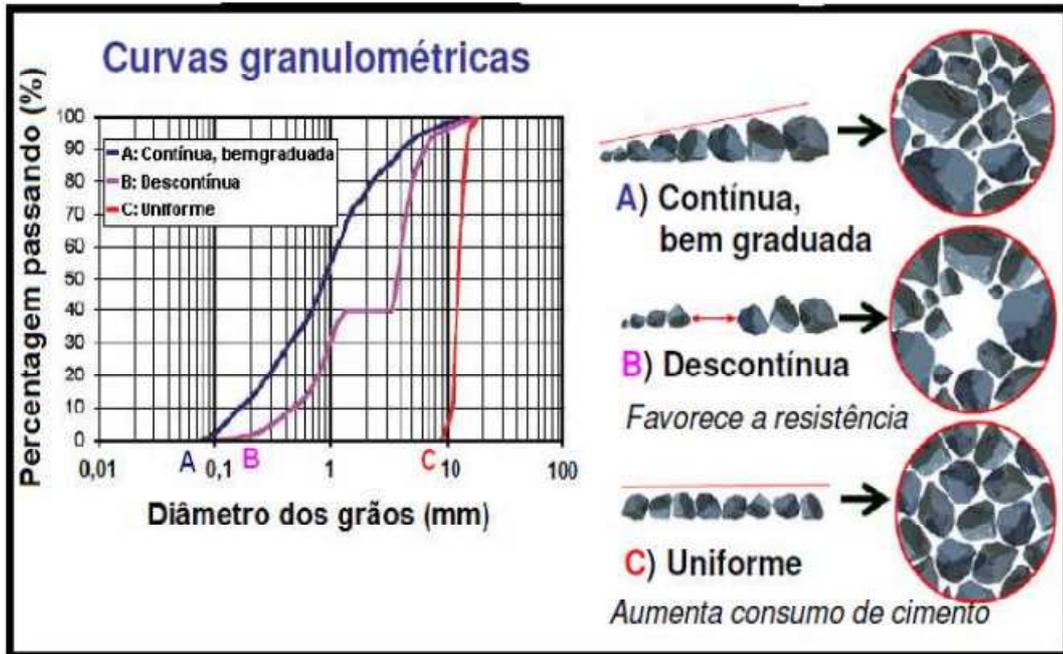
Figura 01: Classificação dos agregados.

Fotografia	Produto	Imagem do uso	Faixa granulométrica
	<i>Rachão Primário</i> Base de pavimentações e gabiões		Diâmetro: 100 à 150 mm
	<i>Pedra Britada nº 3</i> Concreto para fundações, lastros e pavimentações		Diâmetro: 25 à 50 mm
	<i>Pedra Britada nº 2</i> Concreto Estrutural e não Estrutural		Diâmetro: 19 à 25 mm
	<i>Pedra Britada nº 1</i> Concreto Estrutural e não Estrutural		Diâmetro: 12,5 à 19 mm
	<i>Pedrisco Limpo</i> Blocos de concreto e pré-moldados, massa asfáltica		Diâmetro: 4,8 à 9,5 mm
	<i>Pó de Pedra</i> Blocos de concreto e pré-moldados, massa asfáltica		Diâmetro: 0,5 à 4,8 mm

Fonte: FREITAS JR, José (2013).

Com relação a composição granulométrica, pode-se analisar e comparar as curvas granulométricas a partir dos dados do ensaio de granulometria e distingui-las em curvas contínuas bem graduadas, descontínuas e uniformes, como se ver na Figura 02. (FARIAS, PALMEIRA; 2007).

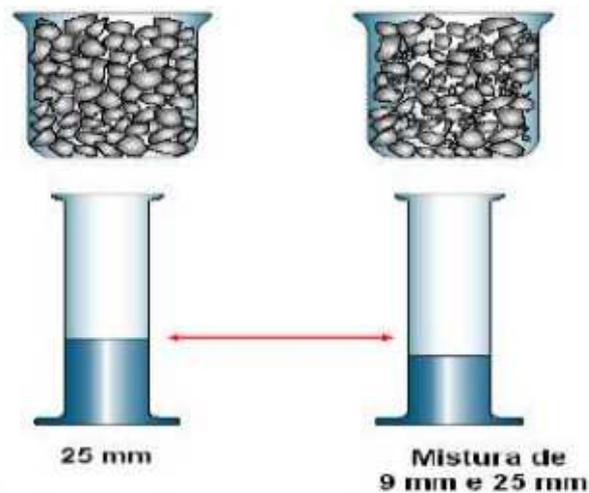
Figura 02: Curvas granulométricas.



Fonte: FARIAS, Palmeira (2007).

Decorrente da inadequada qualidade do agregado, ocorre que, quanto maior a quantidade de vazios existentes entre os agregados graúdos, exige um maior consumo de pasta de cimento, gerando um aumento no custo da obra, maior retração, bem com aumento no calor de hidratação (FREITAS,2013).

Figura 03: Efeito da Composição Granulométrica.



Fonte: MEHTA E MONTEIRO (2006)

Para um conjunto de grãos menores em substituição a grãos maiores implica em uma maior quantidade de vazios, uma maior superfície específica e, portanto, um maior consumo de pasta de cimento, conforme figura 03. A granulometria ótima é a que, para a mesma resistência (mesmo fator água/cimento) e mesma consistência, corresponde ao menor consumo de cimento (concreto mais econômico). (FREITAS; 2013).

Desta forma, o conhecimento da curva granulométrica do agregado, tanto graúdo quanto miúdo, é de fundamental importância para o estabelecimento da dosagem dos concretos e argamassas, que influenciam na:

- Quantidade de água a ser adicionada ao concreto, que se relaciona com a resistência;
- Trabalhabilidade do concreto, se constituindo em fator responsável pela obtenção de um concreto econômico.

3.4 AGREGADO MIÚDO

De acordo com ABNT NBR 7211/2009, define-se areia ou agregado miúdo como material de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis, ou a mistura de ambas, cujos grãos passam pela peneira de abertura ABNT 4,8 mm e ficam retidos na peneira de ABNT 0,15 mm.

As areias quando industrializadas, ou seja, feita a partir da britagem de rochas, apresentam alguns fatores de relevada importância como ausência de materiais contaminantes e indesejados a exemplo de torrões de argila e sedimentos orgânicos, além de apresentar melhor distribuição granulométrica com relação a qualidade e padronização. Já para as areias naturais, popularmente conhecida por areia lavada, tem-se que segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM/2013 “as areias ocorrem em cursos d’água, em depósitos naturais de arenitos inconsolidados, aluviões antigos ou recentes, depósitos residuais, solos de alteração, em locais de intemperismo de rochas ricas em quartzo, comuns nas zonas de chapadas”.

As areias naturais são rochas sedimentares detríticas não coerentes e, conforme a sua composição, classificam-se em:

- Ferruginosas (coradas por óxidos de ferro; apresentam cor avermelhada ou amarela);
- Siliciosas (areias brancas constituídas essencialmente por grãos de quartzo);

- Calcárias (apresentam calcário; neste caso fazem efervescência com os ácidos);
- Basálticas (têm cor negra e são de origem vulcânica).

A distribuição granulométrica dos agregados miúdos, conforme a ABNT NBR NM 248/2003, para serem utilizados em concretos devem obedecer aos limites estabelecidos no Quadro 01 conforme item 5.1.1 da ABNT NBR 7211/2009. Podem ser utilizados como agregado miúdo para concreto, materiais com distribuição granulométrica diferente das zonas estabelecidas no Quadro 01, desde que estudos prévios de dosagem comprovem sua aplicabilidade.

Quadro 01: Limites da Distribuição Granulométrica do Agregado Miúdo.

Peneiras com Abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites Inferiores		Limites Superiores	
	Zona Utilizável	Zona ótima	Zona Utilizável	Zona ótima
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
0,60 mm	15	35	55	70
0,30 mm	50	65	85	95
0,15 mm	85	90	95	100
NOTA 1 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90. NOTA 2 O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20. NOTA 2 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.				

Fonte: ABNT NBR 7211/2009.

Conforme o Quadro 02, observa-se os tipos de areias classificadas conforme a abertura das peneiras normatizadas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1/2010 nas series normal e intermediária.

Quadro 02: Classificação do Agregado Miúdo.

Tipos	Granulometrias	Aplicações
Grossa	1,2 a 2,4 mm	Concreto
Média grossa	0,6 a 1,2 mm	Argamassa de assentamento
Média	0,3 a 0,6 mm	Argamassa de revestimento externo
Fina	0,15 a 0,3 mm	Argamassa de revestimento interno, reboco

Fonte: RIPPER, Ernesto (1999).

3.5 AGREGADO GRAÚDO

Os agregados graúdos são fragmentos de rochas oriundos dos intemperismos sejam, eles físicos e ou químicos quando naturais, ou industrializados a partir de blocos de rochas que são fragmentados nos britadores, que após passar por peneiras de tamanho padrão obtém-se as dimensões desejadas. Em geral as britas, ou pedras britadas são obtidas de rochas graníticas ou calcárias destinadas a fabricação de concreto, ou aplicadas soltas sem adição do ligante hidráulico.

De acordo com NBR ABNT 7211/2009, define-se brita ou agregado graúdo como material de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis, ou a mistura de ambas, cujos grãos passam pela peneira ABNT de abertura 76 mm e ficam retidos na peneira ABNT de abertura 4.8 mm. O item 6.1.1 da ABNT NBR 7211 em conformidade com a ABNT NBR NM 248/2003 estabelece que a distribuição granulométrica do agregado graúdo deve atender aos limites indicados no Quadro 03.

Quadro 03: Limites da Composição Granulométrica do Agregado Graúdo.

Peneiras com Abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada				
	Zona Granulométrica d/D ¹				
	4,75/12,5	9,5/25	19/31,5	25/50	37,5/75
75 mm	-	-	-	-	0 – 5
63 mm	-	-	-	-	5 – 30
50 mm	-	-	-	0 – 5	75 – 100
37,5 mm	-	-	-	5 – 30	90 – 100
31,5 mm	-	-	0 - 5	75 – 100	95 – 100
25 mm	-	0 – 5	5 – 25 ²	87 – 100	-
19 mm	-	2 – 15 ²	65 ² - 95	95 – 100	-
12,5 mm	0 – 5	40 ² - 65 ²	92 - 100	-	-
9,5 mm	2 – 15 ²	80 ² - 100	95 – 100	-	-
6,3 mm	40 ² - 65 ²	92 - 100	-	-	-
4,75 mm	80 ² - 100	95 – 100	-	-	-
2,36 mm	95 - 100	-	-	-	-

¹ Zona granulométrica correspondente à menor (d) e a maior (D) dimensão do agregado graúdo.
² Em cada zona granulométrica deve ser aceita uma variação de no máximo 5% em apenas um dos limites marcado com ². Essa variação pode também estar distribuída em vários desses limites.

Fonte: ANBT NBR 7211/2009.

Com base nos limites estabelecidos acima, os agregados graúdos, particularmente as britas empregadas em obras de construção civil, podem ser classificadas comercialmente segundo faixas determinadas na série de peneiras normalizadas que vai de brita 0 até brita 4, seguido da pedra de mão que compreende a faixa granulométrica acima de 76 mm, conforme Tabela 03. (RIBEIRO, PINTO, STARLING; 2011).

Tabela 03: Classificação das Britas Quanto a Dimensão dos Grãos.

Classificação	Peneiras normalizadas	Utilização
Brita 0	4,8 - 9,5 mm	
Brita 1	9,5 – 19,0 mm	Concreto convencional
Brita 2	19,0 – 25,0 mm	
Brita 3	25,0 – 38,0 mm	Concreto em massa
Brita 4	38,0 – 64,0 mm	
Pedra de mão	> 76 mm	Fundação

Fonte: RIBEIRO, PINTO, STARLING (2011).

Tratando-se de estruturas de concreto armado, a granulometria do agregado graúdo deve ser feita de modo que a dimensão do agregado não exceda 1/3 da menor dimensão da peça que será concretada, para tal, as britas mais utilizadas são as de número 1 e 2, enquanto que os cascalhos ou pedra-de-mão com dimensões que podem chegar até 250 mm são normalmente usados em concretos ciclóricos e calçamentos. (BUENO; 2000).

3.6 PARÂMETROS DE QUALIDADE E DURABILIDADE

3.6.1 Impureza no agregado

As substâncias nocivas como torrões de argila, materiais pulverulentos ou impurezas orgânicas eventualmente existentes nos agregados miúdos e graúdos, constituem-se como materiais contaminantes, e devem conter seus teores limitados para que não venham a prejudicar a qualidade de argamassas e concretos, provocando manifestações patológicas. (RIBEIRO, PINTO, STARLING; 2011)

Sujeira na areia pode causar reações de expansão, fissuras de retração, redução da aderência e até descolamento dos revestimentos. A ABNT NBR

7211/2009 limita a 3 % em massa a quantidade de torrões de argila e materiais friáveis conforme modelo de ensaio regido pela ABNT NBR 7218/2010. Outros parâmetros de impurezas no agregado são os materiais pulverulentos que devem ser limitados em 3% de materiais finos passante na peneira 0.075mm para concreto submetido a desgaste superficial e de 5 % para concretos protegidos do desgaste, conforme modelo de ensaio regido pela ABNT NBR NM 46/2003. Já para as impurezas orgânicas, devem ser limitadas a 10% conforme método de ensaio ABNT NBR 7221/2012. O Quadro 04 apresenta estes limites máximos de impurezas para a massa relativa do agregado.

Quadro 04: Limites Máximos Aceitáveis de Substancias Nocivas no Agregado Miúdo com Relação a Massa do Material.

Determinação	Método de ensaio		Quantidade máxima relativa à massa do agregado (%)
Torrões de argila e materiais friáveis	ABNT NBR 7218		3,0
Materiais carbonosos ^{a)}	ASTM C 123	Concreto aparente	0,5
		Concreto não aparente	1,0
Material que passa através da peneira 200# por lavagem (material pulverulento) ²⁾	NBR NM 46	Concreto submetido a desgaste superficial	3,0 ou 10,0
		Concreto protegidos do desgaste superficial	5,0 ou 12,0
Impurezas orgânicas ^{b)}	ABNT NBR NM 49		A solução obtida no ensaio deve ser mais clara que a solução – padrão
	ABNT BNR 7221	Diferença máxima aceitável através da resistência a compressão	10%
^{a)} Quando não for detectada a presença de materiais carbonosos durante apreciação petrográfica, pode-se prescindir do ensaio de qualificação (ASTM 123) ^{b)} Quando a coloração da solução obtida no ensaio for mais escura do que a solução – padrão, a utilização do agregado miúdo deve ser estabelecida pelo previsto na ABNT NBR 7221.			

Fonte: ANBT NBR 7211/2009.

De acordo com o item 5.2.2 da ABNT NBR 7211/2009, quando houver material fino passante na peneira 75 μm por lavagem, conforme procedimento de ensaio estabelecido pela ABNT NBR NM 46/2003, for constituído basicamente de grãos gerados durante a britagem da rocha, os valores constantes da tabela 03 podem ter seus limites alterados de 3 % para 10 % (para concreto submetido ao desgaste superficial) e de 5 % para 12 % (para concreto protegido do desgaste superficial) desde que seja possível comprovar, por apreciação petrográfica realizada de acordo com a ABNT NBR 7389/2009, que os grãos constituintes acima de 150 μm não geram finos que interferem nas propriedades do concreto. São exemplos de materiais prejudiciais os materiais micáceos, ferruginosos e argilominerais expansivos.

Para os agregados graúdos deve-se garantir a ausência de matérias orgânicas, argilas e sais e etc. A ABNT NBR 7211/2009 no item 6.2 apresenta que os limites máximos de substâncias nocivas a exemplo dos torrões de argila e materiais friáveis, conforme preconiza o método de ensaio ABNT NBR 7218/2010, não deve superar 3,0 %, conforme a Quadro 05.

Quadro 05: Limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas no agregado graúdo com relação à massa do agregado.

Determinação	Método de ensaio	Quantidade máxima relativa à massa do agregado (%)	
Torrões de argila e materiais friáveis	ABNT NBR 7218	Concreto aparente	1,0
		Concreto sujeito a desgaste superficial	2,0
		Outros concretos	3,0
Materiais carbonosos ^{a)}	ASTM C 123	Concreto aparente	0,5
		Concreto não aparente	1,0
Material fino que passa através da peneira 75 μm por lavagem (material pulverulento) ^{b,c)}	ABNT NBR NM 46	1,0	
<p>^{a)} Quando não for detectada a presença de materiais carbonosos durante apreciação petrográfica, pode-se prescindir do ensaio de qualificação (ASTM 123)</p> <p>^{b)} Para agregados produzidos a partir de rochas com absorção de água inferior a 1%, determinados conforme a ABNT NBR NM 53, o limite de material fio pode ser alterado de 1% para 2%.</p> <p>^{c)} Para agregado total, definido conforme 3.6, o limite de material fino pode ser composto até 6,5%, desde que seja possível comprovar, por apreciação petrográfica, realizada de acordo com a ABNT NBR 7389, que os grãos constituintes acima de 150 μm não indicam a presença de finos que interferem nas propriedades do concreto. São exemplos de materiais prejudiciais os materiais micáceos, ferruginosos e argilominerais expansivos</p>			

Fonte: ANBT NBR 7211/2009.

3.6.2 Dimensão máxima do agregado

A ABNT NBR 7211/2009 determina que a dimensão máxima característica (DMC) de um agregado miúdo ou graúdo seja dada pela porcentagem retida acumulada nas séries de peneiras ABNT normal ou intermediária e que assuma valores igual ou imediatamente inferior a 5 % em massa do agregado. A ABNT NBR 6118/2014 - Projeto de Estrutura de Concreto – Procedimento recomenda que a DMC do agregado não ultrapassa certos limites para não gerar prejuízos na concretagem em estruturas de concreto armado. No item 7.4.7.6 a dimensão máxima característica

do agregado graúdo utilizado no concreto armado não pode ultrapassar em 20 % a espessura do cobrimento nominal, ou seja:

$$D(\max) \leq 1,2 c_{nom} \quad (\text{Eq. 1})$$

Existem as limitações pertinentes a critérios estruturais, com respeito ao diâmetro máximo do agregado graúdo para concretos, entre os quais, tem-se que a DMC não deve ser superior ao intervalo de 1/5 a 1/4 da menor seção do elemento a ser concretado, estando também relacionado aos espaçamentos entre as barras da armadura que são estabelecidos pela ABNT NBR 6118/2014 (NEVILLE; 2016).

3.6.3 Módulo de finura

O módulo de finura é uma grandeza determinada pela soma das porcentagens retidas acumuladas de um agregado miúdo ou graúdo, na série de peneiras ABNT normal dividida por 100. Através do módulo de finura pode-se verificar as dimensões dos grãos, e com isso determinar a quantidade de cimento necessária para envolver os grãos e a quantidade de água de molhagem na mistura.

Segundo Ribeiro, Pinto e Starling (2011), quanto ao módulo de finura, os agregados miúdos podem ser classificados em areias grossas, médias e finas, caracterizando suas utilizações em concretos, chapisco, emboço e reboco, conforme Tabela 04.

Tabela 04: Classificação das areias quanto ao módulo de finura.

Tipos	Módulo de finura - MF	Utilização
Areia Grossa	MF > 3,3	Concreto e Chapisco
Areia Média	2,4 < MF < 3,3	Emboço e Concreto
Areia Fina	MF < 2,4	Reboco

Fonte: Materiais de Construção Civil (RIBEIRO, PINTO, STARLING; 2011).

3.6.4 Resistência dos agregados aos esforços mecânicos atuantes no concreto

Um dos fatores de extrema importância quando se fala em qualidade e durabilidade do concreto, no tocante a resistência, é que esta depende de vários fatores, como o consumo de cimento e água na pasta, grau de adensamento e

aditivos, bem como a qualidade e tipo dos agregados associados ao padrão de produção. Visto que, concretos feitos com agregados lisos e arredondados apresentam uma menor resistência do que concretos feitos com agregados britados. (ARAÚJO; 2014)

É exigido dos agregados que venham a compor concretos e argamassas que apresentem composição mineralógica suficiente para garantir resistência e durabilidade contra os esforços mecânicos para os quais as estruturas de concreto foram projetadas, e garantir ainda que a resistência dos agregados seja superior à da pasta de cimento, pois do contrário os grãos se romperiam antes da pasta. Os agregados que tradicionalmente são empregados como britas de granito e gnaiss, em geral satisfazem essa condição. (RIBEIRO, PINTO, STARLING; 2011)

De acordo com NEVILLE, temos que:

O requisito de que os agregados ocupem o maior volume possível é, em princípio, econômico, já que os agregados são mais baratos do que a pasta de cimento, mas também existem fortes razões técnicas para as misturas ricas não serem consideradas adequadas. Ainda, é admitido que, quanto maior for a quantidade de partículas sólidas que podem ser acomodadas em determinado volume de concreto, maior será sua massa específica e, portanto, sua resistência. (NEVILLE, 20016, p. 164).

Sob a ótica critério da resistência no concreto, o parâmetro diâmetro máximo do agregado graúdo se torna resultado de riqueza na mistura, sendo vantajoso especialmente em concretos pobre, ou seja, com no máximo 165 kg de cimento por metro cúbico (m^3), com granulometria de 150 mm. Entretanto, quando se trata de concretos estruturais passa a não ser mais vantajoso o uso de granulometrias superiores a 25 mm, fazendo com que os riscos de segregação sejam inerentes, comprometendo a resistência pretendida o elemento ou a estrutura como um todo (NEVILLE; 2016).

3.6.5 Resistência ao desgaste

De acordo com Ribeiro, Pinto e Starling (2011), o agregado graúdo deve ser avaliado através do desgaste sofrido quando colocado na máquina “Los Angeles”, conforma norma ABNT NBR NM 51/2001, para o qual o desgaste do material acontece pelo rompimento dos grãos que se encontram na presença de uma carga abrasiva.

Desta forma, a ABNT NBR 7211/2009 determina que o resultado do desgaste do ensaio não supere os 50 %, em peso do material.

3.6.6 Resistência ao esmagamento

O critério de resistência ao esmagamento do agregado graúdo é determinado pela ABNT NBR 9938/2013 que estabelece o método de ensaio para determinação da resistência ao esmagamento de uma faixa granulométrica específica compreendida entre a peneira ANBT 9,5 mm e a peneira ANBT 12,5 mm referente a uma amostra de agregado conforme a NBR 7211/2009.

3.6.7 Teor de umidade

Teor de umidade corresponde à razão entre a massa de água e a massa do material seco em estufa com temperatura acima de 100° C e costuma ser expresso em porcentagem. Deve-se tomar um certo cuidado com o teor de umidade em especial nos agregados miúdos, como é o caso das areias. Na dosagem do concreto, objetiva-se atentar para a proporção adequada entre a quantidade de água a ser utilizada no concreto. Caso a areia já esteja úmida, e por negligencia não seja determinada essa umidade, a água incorporada à areia vai alterar o fator água/cimento do concreto, vindo a causar danos na resistência do mesmo. (HAGEMANN; 2011)

De acordo com Ribeiro, Pinto e Starling (2011), o fenômeno do inchamento típico das areias é oriundo das águas conduzidas pelo agregado que provoca um aumento do seu volume aparente, devido ao afastamento de seus grãos.

A ABNT NBR 6467/2009 estabelece o método de ensaio para determinação do inchamento dos agregados miúdos para concreto, desenvolvidos essencialmente para agregados miúdos naturais.

4 METODOLOGIA

4.1 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA

Para a determinação granulométrica dos agregados miúdos e graúdos, foram coletadas três amostras representativas de acordo com a ABNT NBR NM 26/2009, e reduzidas para o ensaio de acordo com a ANBT NBR NM 27/2001, para cada tipo de agregado. Os ensaios de granulometria foram realizados em triplicata. Para tanto, as amostras foram coletadas em três pontos distintos comercializados na cidade de Araruna-PB. Desta forma, tomou-se o devido cuidado de colher o material de diferentes locais onde o agregado está armazenado, tendo em vista sempre sua representatividade.

4.1.1 Aparelhagem

Para a realização dos ensaios com o agregado graúdo, foram utilizados os seguintes aparelhos listados abaixo, pertencentes ao Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção da UEPB.

- Balança eletrônica com capacidade de 5.000g, precisão de 0,01g, com microprocessador, tara subtrativa em toda a escala;

Figura 04: Balança - laboratório da UEPB



Fonte: Autor

- Estufa de secagem e esterilização SL-100 (capacidade para 100 litros), com capacidade de manter a temperatura no intervalo de $(105 \pm 5 \text{ } ^\circ\text{C})$;

Foto 05: Estufa - laboratório da UEPB



Fonte: Autor.

- Peneiras ABNT das séries normal e intermediária, tampa e fundo;

Figura 06: Peneiras - laboratório da UEPB



Fonte: Autor

- Pincel;

Figura 07: Pincel - laboratório da UEPB



Fonte: Autor

- Agitador mecânico de peneiras (facultativo);

Figura 08: Agitador de Peneiras - laboratório da UEPB.



Fonte: Autor.

- Bandejas.

Figura 09: Bandeja metálica - laboratório da UEPB.



Fonte: Autor.

4.1.2 Procedimentos de ensaio

A realização do ensaio no laboratório foi feita segundo o procedimento descrito abaixo:

- A amostra foi colocada em estufa para secar em temperatura de 100°C por 24 horas. Esfriar à temperatura ambiente, determinar suas massas para posteriormente ser feito o quarteamento. Este procedimento garantirá uma amostra representativa;
- O ensaio foi realizado com três amostras, para cada tipo de agregado, para melhor representatividade do estudo.
- A massa mínima, por amostra de ensaio após secagem de 5 Kg para o agregado graúdo brita 19 mm e de 0,30 Kg para o agregado miúdo foram obtidas de acordo com a Tabela 05 a seguir, onde a DMC é estimada.

Tabela 05: Massa Mínima por Amostra de Ensaio.

Dimensão máxima nominal do agregado (mm)	Massa mínima da amostra de ensaio (Kg)
<4,75	0,3*
9,5	1
12,5	2
19,0	5
25,0	10
37,5	15
50,0	20
63,0	35
75,0	60
90,0	100
100,0	150
125,0	300

(*) Após secagem

Fonte: ANBT NBR NM 248/2003.

- Encaixa-se as peneiras observando-se a ordem crescente (base para topo) da abertura das malhas;
- Coloca-se a amostra na peneira superior e executa-se o peneiramento, onde adotou-se o método manual de peneiramento;
- Em seguida, pesou-se o material que ficou retido em cada peneira. Procede-se novamente o peneiramento até que, após 1 minuto de agitação contínua, a massa de material passante pela peneira seja inferior a 1% do material retido;
- O acúmulo de material sobre uma peneira impede o igual acesso de todos os grãos à tela, durante sua agitação, como também pode provocar a deformação permanente da tela. De forma a evitar esses problemas foi feito o peneiramento de cada amostra em duas etapas;
- Após certo tempo de agitação do conjunto de peneiras incluindo fundo e tampa, destacou-se e agitou manualmente cada peneira até que, após um minuto de agitação contínuo, a massa de material passante pela peneira seja inferior a 1% da massa do material retido. As agitações das peneiras foram feitas em movimentos laterais e circulares alternados, tanto no plano horizontal quanto inclinado;

- Conforme orientação da norma, em alguns casos foi necessário, experimentar manualmente a passagem de cada um dos grãos pela tela sem, contudo, fazer pressão sobre esta, quando do peneiramento do agregado graúdo;
- Foi removido o material retido nas peneiras para uma bandeja identificada, escovando a tela em ambos os lados para limpar a peneira. O material removido pelo lado interno é considerado como retido (juntar na bandeja) e o despreendido na parte inferior como passante.

Confere-se a massa total do material retido nas peneiras e no fundo com a massa seca inicial da amostra. A diferença não pode ultrapassar 0,3% da massa inicial. Caso haja alguma diferença, esta pode ter sido causada ou por perda de material ou por questão de sensibilidade da balança utilizada no ensaio.

Com os resultados obtidos, foi possível verificar a composição granulométrica no que diz respeito a obtenção do diâmetro máximo e modulo de finura dos agregados comercializados na região de Araruna-PB.

4.2 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ARGILA EM TORRÕES E MATERIAIS FRIÁVEIS

A NBR 7218/2010 especifica o método de ensaio para determinação do teor de materiais contaminantes em agregados destinados ao preparo de concreto de Cimento Portland. Para efeito desta norma foram respeitados os critérios e definições da ANBT NBR 9935/2011 e ABNT NBR NM 66/1998.

A amostra deve ser coletada de acordo com a ABNT NBR NM 26/2009, e reduzidas para o ensaio de acordo com a ANBT NBR NM 27/2001. O manuseio da amostra não deve permitir que se triture os torrões de argila eventualmente presentes. Desta forma, na coleta das amostras tomou-se os devidos cuidados para preservar os torrões que por ventura venham a contaminar as amostras.

4.2.1 Aparelhagem

Para a realização dos ensaios com o agregado graúdo, foram utilizados os seguintes aparelhos listados abaixo, pertencentes ao Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção Civil da UEPB.

- Balança com precisão de 0,1% da massa da amostra de ensaio;

- Estufa capaz de manter a temperatura no intervalo de $(105 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C})$;
- Peneiras da série normal, com tampa e fundo, e de acordo com a ABNT NBR NM 248/2003 que atenda aos requisitos da ABNT NBR NM ISO 3310-1;
- Recipientes tipo bandejas metálica inoxidável de bordos tipo rasos, com dimensões e forma que permitam espalhar a amostra em camadas finas e delgadas em seu fundo.

4.2.2 Procedimentos de ensaio

A realização do ensaio no laboratório foi feita segundo o procedimento descrito pela norma ANBT NBR 7218/2010 abaixo:

- Determinar a composição granulométrica conforme a ABNT NBR NM 248/2003, sendo que os intervalos granulométricos que apresentarem menos de 5 % da amostra total não precisam ser ensaiados;
- A massa mínima para o ensaio é dada pela Tabela 06, conforme a o intervalo granulométrico;

Tabela 06: Intervalo Granulométrico e Massa Mínima de Amostra para Ensaio.

Intervalo granulométrico a ser ensaiado (mm)	Massa mínima de amostra para ensaio de cada intervalo granulométrico (grama)
$\geq 1,18$ e $< 4,75$	200
$\geq 4,75$ e $< 9,5$	1000
$\geq 9,5$ e $< 19,0$	2000
$\geq 19,0$ e $< 37,5$	3000
$\geq 37,5$	5000

Fonte: ANBT NBR 7218/2010.

- Espalhou-se as amostras de cada intervalo granulométrico (m_i) em bandejas em forma de camadas delgadas, e em seguida cobriu-se com água destilada para descansar por um tempo de $(24+4)$ h, conforme recomendação da norma;

- Após o tempo determinado de exatamente 28 horas, foi realizada uma varredura visual no intuito de identificar partículas com aparência de torrões de argila ou materiais friáveis e pressiona-los entre os dedos de modo a desfazelos. Devendo tomar o devido cuidado para não usar as unhas, as paredes ou o fundo da bandeja para quebrar as partículas;
- Em seguida, transferimos a massa de amostra de cada intervalo granulométrico das bandejas para as peneiras de aberturas 0,6 mm como indicado na Tabela 07;

Tabela 07: Peneiras Para Remoção das Partículas de Argila e Materiais Friáveis.

Intervalo granulométrico ensaiados (mm)	Abertura das Peneiras
$\geq 1,18$ e $< 4,75$	600 μm
$\geq 4,75$ e $< 9,5$	2,36 mm
$\geq 9,5$ e $< 19,0$	4,75 mm
$\geq 19,0$ e $< 37,5$	4,75 mm
$\geq 37,5$	4,75 mm

Fonte: ANBT NBR 7218/2010.

- Procede-se o peneiramento por via úmida, para remoção das partículas de argila e materiais friáveis, agitando-se cuidadosamente a amostra com as mãos durante o fluxo de água de lavagem;
- Remove-se cuidadosamente a amostra das peneiras correspondentes, para secar em estufa a temperatura de (105 ± 5) °C até constância de massa. Após resfriamento, determina-se a massa do material retido (m_r);
- Os teores parciais são calculados multiplicando a porcentagem m_t pela porcentagem retida individual desse intervalo.

Com os resultados obtidos, foi possível verificar os teores de materiais contaminantes presentes nos agregados miúdos que são comercializados na região de Araruna-PB.

5 DISCUSSÕES E RESULTADOS

5.1 AGREGADO GRAÚDO

De acordo com a Tabela 04 (Massa Mínima por Amostra de Ensaio) da ABNT NBR NM 248/2003, tem-se que a massa mínima utilizada para o ensaio de granulometria do agregado graúdo na faixa de 19 mm foi de aproximadamente 5,0 quilogramas. A Tabela 08 e a Figura 10 apresentam o resultado do peneiramento das três amostras do agregado graúdo.

Tabela 08: Massas retidas no processo de peneiramento.

MASSA RETIDA DA BRITA 19 mm			
Peneiras	Amostra 01(g)	Amostra 02 (g)	Amostra 03 (g)
75	0	0	0
63	0	0	0
50	0	0	0
37,5	0	0	0
315	0	0	0
25	0	0	0
19	170,23	215,51	279,63
12,5	2810,05	3027,21	3355,14
9,5	1144,18	1192,76	878,43
6,3	619,55	454,52	415,03
4,75	146,48	103,64	44,16
2,36	101,05	1,17	15,57
1,18	3,22	0	1,63
FUNDO	4,33	4,43	10,1
TOTAL	4999,09	4999,24	4999,69

Fonte: Autor.

Figura 10: Amostras de ensaio – Agregado Graúdo.



Fonte: Autor.

Em conformidade com o estabelecido em norma, após o peneiramento das amostras não pode haver um percentual de perdas superior a 0,3 % da massa total pesada inicialmente por amostra, que foram de 0,02 % na amostra 01, 0,02 % na amostra 02 e 0,03 % na amostra 03, ou seja, dentro do limite estabelecido.

5.1.1 Curvas Granulométricas

De posse dos resultados apresentados na Tabela 08, foi possível calcular os percentuais retidos e retidos acumulados, bem como os percentuais passantes em cada peneira, conforme se observa nos Quadros de 06 a 08 e com isso expressar os gráficos das curvas granulométricas representadas nos gráficos 01, 02 e 03 respectivamente.

As amostras de brita 19 apresentaram curvas granulométricas com comportamento granulométrico dito contínuo bem graduado. Entretanto, quando se analisa os intervalos dos percentuais passantes nas peneiras 19; 12,5 e 9,5 percebe-

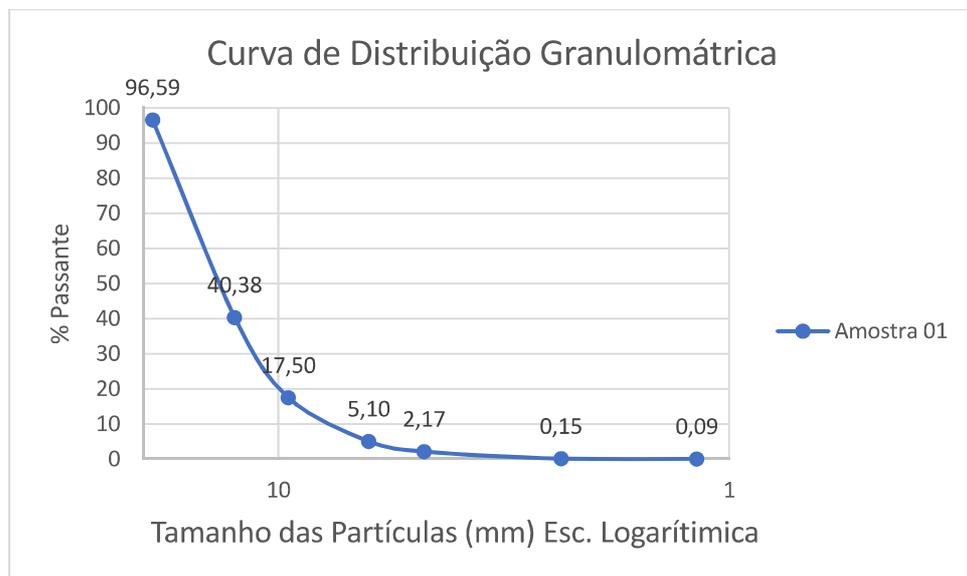
se que a amostra 03 apresentou intervalos inferiores se comparados aos das amostras 01 e 02 nas peneiras citadas, caracterizando maior percentual passante. A amostra 03 apresenta ainda maiores percentuais passantes nas peneiras 2,36 e 1,18 caracterizando excesso de material fino se comparado as amostras 01 e 02, mesmo tendo passado por processo de lavagem e secagem em estufa para serem efetuados os ensaios de análises granulométricas.

Quadro 06: Brita 19 – amostra 01.

Peneiras	Amostra 01(g)	% Retido	% R. Acumulado	% Passante
75	0	0	0	0
63	0	0	0	0
50	0	0	0	0
37,5	0	0	0	0
315	0	0	0	0
25	0	0	0	0
19	170,23	3,41	3,41	96,59
12,5	2810,05	56,21	59,62	40,38
9,5	1144,18	22,89	82,50	17,50
6,3	619,55	12,39	94,90	5,10
4,75	146,48	2,93	97,83	2,17
2,36	101,05	2,02	99,85	0,15
1,18	3,22	0,06	99,91	0,09
FUNDO	4,33	0,09	100,00	0,00
TOTAL	4999,09	Perda de 0,02 % < 0,30 %		

Fonte: Autor.

Gráfico 01: Curva granulométrica do agregado graúdo – amostra 01.



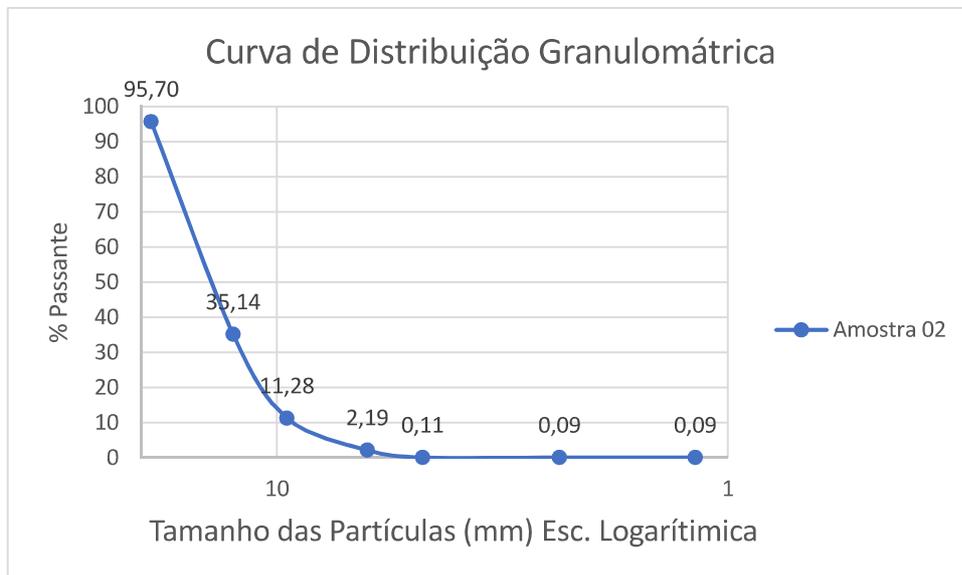
Fonte: Autor.

Quadro 07: Brita 19 – amostra 02.

Peneiras	Amostra 02 (g)	% Retido	% R. Acumulado	% Passante
75	0	0	0	0
63	0	0	0	0
50	0	0	0	0
37,5	0	0	0	0
315	0	0	0	0
25	0	0	0	0
19	215,51	4,31	4,30	95,70
12,5	3027,21	60,55	64,86	35,14
9,5	1192,76	23,86	88,72	11,28
6,3	454,52	9,09	97,81	2,19
4,75	103,64	2,07	99,89	0,11
2,36	1,17	0,02	99,91	0,09
1,18	0	0,00	99,91	0,09
FUNDO	4,43	0,09	100,00	0,00
TOTAL	4999,24	Perda de 0,02 % < 0,30 %		

Fonte: Autor.

Gráfico 02: Curva granulométrica do agregado graúdo – amostra 02.



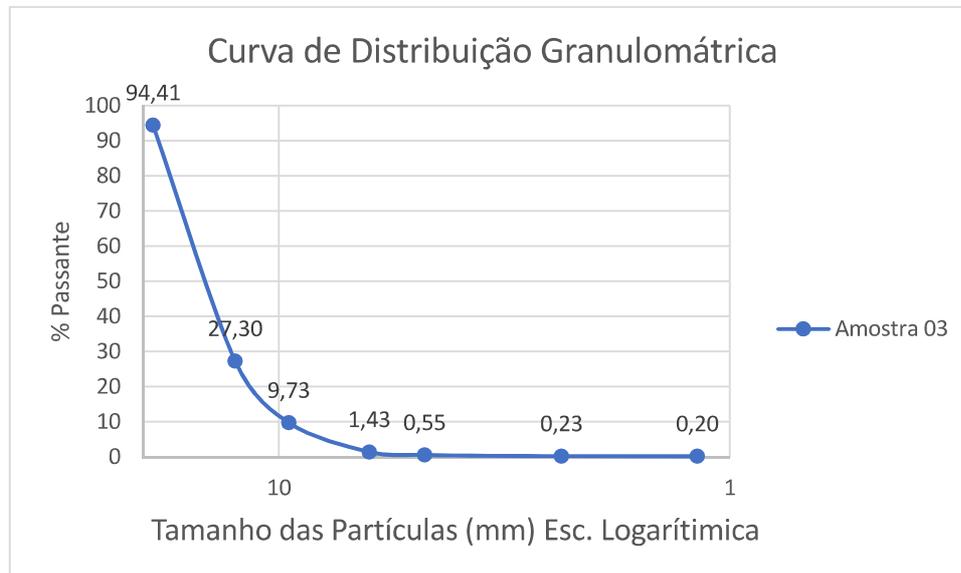
Fonte: Autor.

Quadro 08: Brita 19 – amostra 03.

Peneiras	Amostra 03 (g)	% Retido	% R. Acumulado	% Passante
75	0	0	0	0
63	0	0	0	0
50	0	0	0	0
37,5	0	0	0	0
315	0	0	0	0
25	0	0	0	0
19	279,63	5,59	5,59	94,41
12,5	3355,14	67,11	72,70	27,30
9,5	878,43	17,57	90,27	9,73
6,3	415,03	8,30	98,57	1,43
4,75	44,16	0,88	99,45	0,55
2,36	15,57	0,31	99,77	0,23
1,18	1,63	0,03	99,80	0,20
FUNDO	10,1	0,20	100,00	0,00
TOTAL	4999,69	Perda de 0,03 % < 0,30 %		

Fonte: Autor.

Gráfico 03: Curva granulométrica do agregado graúdo – amostra 03.



Fonte: Autor.

5.1.2 Limites Granulométricos

Através dos dados apresentados nos quadros 8, 9 e 10 pode-se fazer um comparativo com os dados apresentados na NBR 7211/2009, para os quais tem-se

os limites granulométricos apresentados numa faixa $d/D = 9,5/25$ compreendidos entre um mínimo e um máximo aceitável apresentados no Tabela 09.

Tabela 09: Limites Granulométrico para agregado graúdo.

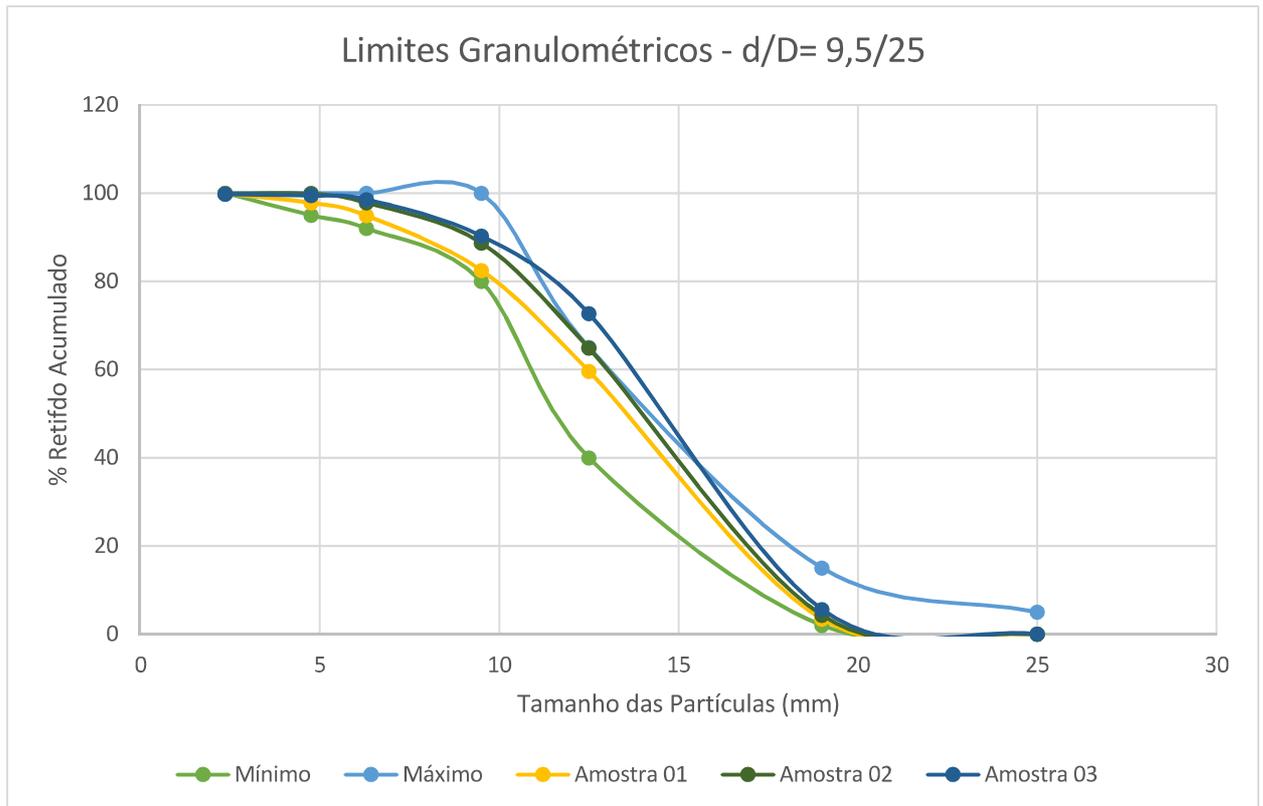
BRITA nº 1		
$d/D = 9,5/25$		
Abertura das peneiras (mm)	% Retido acumulado	
	Mínimo	Máximo
31,5 mm	0	0
25 mm	0	5
19 mm	2	15
12,5 mm	40^b	65^b
9,5 mm	80	100
6,3 mm	92	100
4,75 mm	95	100
2,36 mm	100	100

Fonte: ANBT NBR 7211/2009.

Decorrente do comparativo dos limites apresentados em norma com os resultados das amostras, observa-se que as amostras 01 e 02 se mostraram dentro dos limites, já amostra 03 na peneira 12,5 mm com intervalos $[40 - 65]^b$, apresentou um percentual retido acumulado de 72,7 ficando assim fora da faixa. Em nota apresentada no Quadro 04 da NBR 7211/ 2009 estabelece que, nos limites marcados com ^(b) deve ser aceito uma variação de cinco unidades percentuais em apenas um dos limites, no máximo ou no mínimo, entretanto, o percentual retido acumulado de 72,7 na peneira 12,5 excede um valor de 11,85 %, no limite máximo que é de 65 %.

Os limites granulométricos, juntamente com os resultados das amostras podem ser observados no Gráfico 04.

Gráfico 04: Limites granulométricos – brita 19.



5.1.3 Dimensão Máxima Característica (DMC)

A dimensão máxima característica para o agregado graúdo conforme preconiza a NBR 7211/ 2009, é que estes devem apresentar valores igual ou imediatamente inferior a 5% retido acumulados na peneira para a qual se deseja verificar. Para as amostras de brita 19 mm adquiridas no comércio da cidade de Araruna- PB, identificadas por amostras 01, 02 e 03 coletadas em pontos distintos da cidade, foram realizadas as verificações dos diâmetros máximos destas, conforme apresentados nas Tabelas 10, 11 e 12.

Tabela 10: Diâmetro máximo-amostra 01.

Peneiras	Amostra 01(g)	% Retido	% R. Acumulado
25	0	0	0
19	170,23	3,41	3,41
12,5	2810,05	56,21	59,62
9,5	1144,18	22,89	82,50
6,3	619,55	12,39	94,90
4,75	146,48	2,93	97,83
2,36	101,05	2,02	99,85
1,18	3,22	0,06	99,91
FUNDO	4,33	0,09	100,00
TOTAL	4999,09	Perda de 0,02 % < 0,30 %	
DIAMETRO MÁXIMO			19 mm

Fonte: Autor.

Tabela 11: Diâmetro máximo-amostra 02.

Peneiras	Amostra 02 (g)	% Retido	% R. Acumulado
25	0	0	0
19	215,51	4,31	4,30
12,5	3027,21	60,55	64,86
9,5	1192,76	23,86	88,72
6,3	454,52	9,09	97,81
4,75	103,64	2,07	99,89
2,36	1,17	0,02	99,91
1,18	0	0,00	99,91
FUNDO	4,43	0,09	100,00
TOTAL	4999,24	Perda de 0,02 % < 0,30 %	
DIAMETRO MÁXIMO			19 mm

Fonte: Autor.

Tabela 12: Diâmetro máximo-amostra 03.

Peneiras	Amostra 03 (g)	% Retido	% R. Acumulado
25	0	0	0
19	279,63	5,59	5,59
12,5	3355,14	67,11	72,70
9,5	878,43	17,57	90,27
6,3	415,03	8,30	98,57
4,75	44,16	0,88	99,45
2,36	15,57	0,31	99,77
1,18	1,63	0,03	99,80
FUNDO	10,1	0,20	100,00
TOTAL	4999,69	Perda de 0,03 % < 0,30 %	
DIAMETRO MÁXIMO			25

Fonte: Autor.

Como observado nas tabelas acima percebe-se que as amostras 01 e 02 apresentarem valores para o DCM satisfatórios para o limite estabelecido em norma. Por outro, lado a amostra 03 se mostrou fora da dimensão máxima para brita 19, já que o valor de 5,59 % retido acumulado foi superior a 5 % exigido por norma.

5.2 AGREGDO MIÚDO

De acordo com a Tabela 05 (Massa Mínima por Amostra de Ensaio) da ABNT NBR NM 248/2003, tem-se que a massa mínima utilizada para o ensaio de granulometria do agregado miúdo foi de aproximadamente 300,0 gramas após secagem. Na Tabela 13 e na Figura 11 é apresentado o resultado do peneiramento das três amostras de agregado miúdo.

Tabela 13: Massas retidas por peneiras no ensaio de análise granulométrica do agregado miúdo.

MASSA RETIDA DAS AREIAS			
Peneiras	Amostra 01 (g)	Amostra 02 (g)	Amostra 03 (g)
6,3	0	0	0
4,75	5,7	18,2	6,78
2,36	20	23,35	13,7
1,18	54,6	35,04	29,85
0,6	82,4	50,1	42,95
0,3	93,8	88	65,84
0,15	34,83	60,46	73,91
FUNDO	8,55	24,6	66,8
TOTAL	299,88	299,75	299,83

Fonte: Autor.

Figura 11: Amostras de ensaio – agregado miúdo.



Fonte: Autor.

Em conformidade com o estabelecido em norma, após o peneiramento das amostras não pode haver um percentual de perdas superior a 0,3 % da massa total pesada inicialmente por amostra, que foram de 0,27 % na amostra 01, 0,25 % na amostra 02 e 0,24 % na amostra 03, ou seja, dentro do limite estabelecido.

5.2.1 Curva Granulométrica

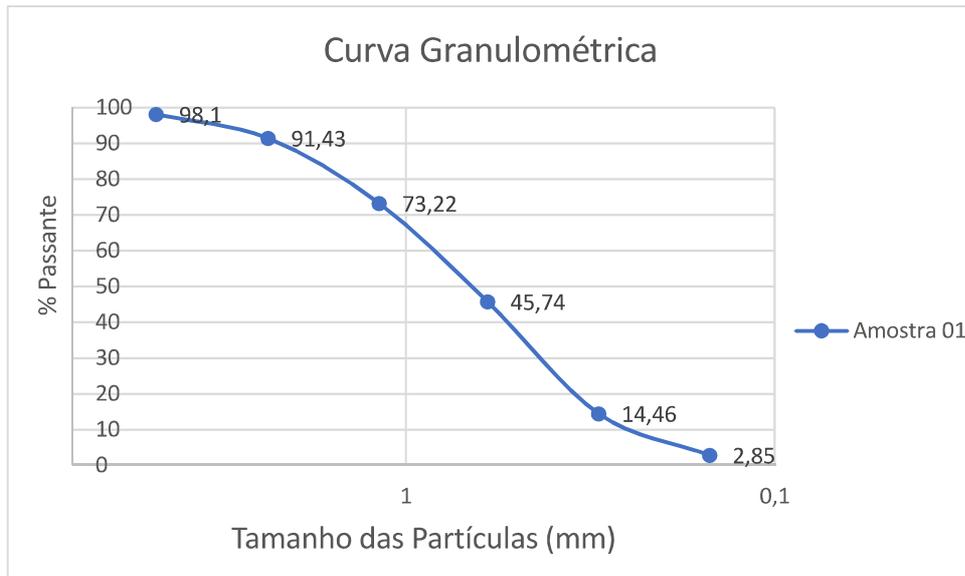
Através dos resultados apresentados na Tabela 13, foi possível calcular os percentuais retidos e retido acumulados, bem como os percentuais passantes em cada peneira, conforme se observa nos Quadros de 09 a 11 e com isso expressar os gráficos das curvas granulométricas, representadas nos gráficos 05, 06 e 07, respectivamente. As amostras de areia grossa para concreto solicitadas no comércio apresentaram curvas granulométricas com comportamento granulométrico dito contínuo bem graduado suave.

As amostras 01 e 02 apresentaram comportamento similares, com percentuais passantes próximos, já a amostra 03 apresentou percentuais passantes elevados caracterizando comportamento granulométrico distinto das outras amostras, visto que na peneira 0,15 a amostra 03 apresentou elevado percentual passante de 22,29 % se comparado as outras amostras, fato visivelmente identificado na figura 11.

Quadro 09: Granulometria do agregado miúdo – amostra 01.

Peneiras	Amostra 01 (g)	% Retido	% R. Acumulado	% Passante
6,3	0	0	0	0
4,75	5,7	1,9	1,9	98,1
2,36	20	6,67	8,57	91,43
1,18	54,6	18,21	26,78	73,22
0,6	82,4	27,48	54,26	45,74
0,3	93,8	31,28	85,54	14,46
0,15	34,83	11,61	97,15	2,85
FUNDO	8,55	2,85	100	0
TOTAL	299,88	Perda de 0,27 % < 0,30 %		

Fonte: Autor.

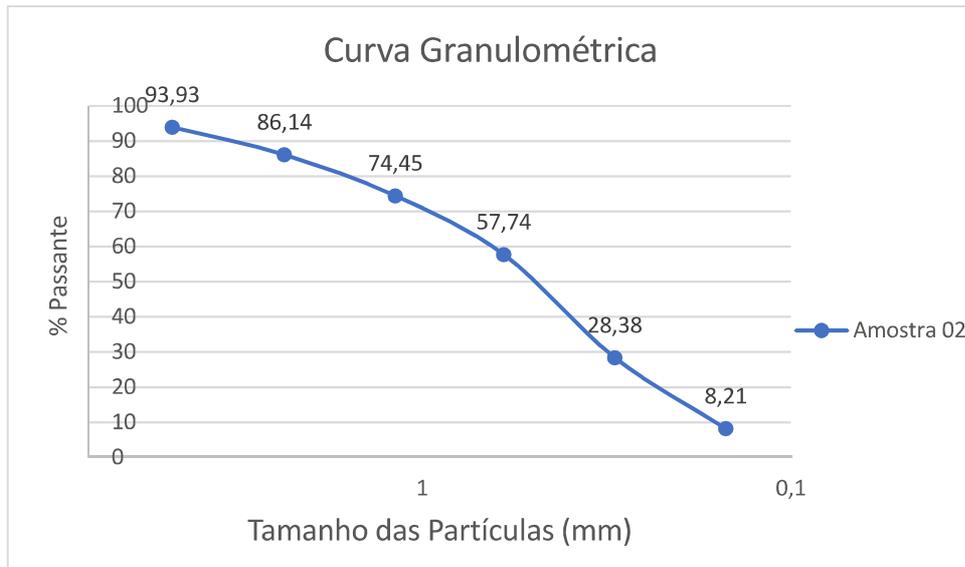
Gráfico 05: Curva Granulométrica do agregado miúdo – amostra 01.

Fonte: Autor.

Quadro 10: Granulometria do agregado miúdo – Amostra 02.

Peneiras	Amostra 02 (g)	% Retido	% R. Acumulado	% Passante
6,3	0	0	0	0
4,75	18,2	6,07	6,07	93,93
2,36	23,35	7,79	13,86	86,14
1,18	35,04	11,69	25,55	74,45
0,6	50,1	16,71	42,26	57,74
0,3	88	29,36	71,62	28,38
0,15	60,46	20,17	91,79	8,21
FUNDO	24,6	8,21	100	0
TOTAL	299,75	Perda de 0,25 % < 0,30 %		

Fonte: Autor.

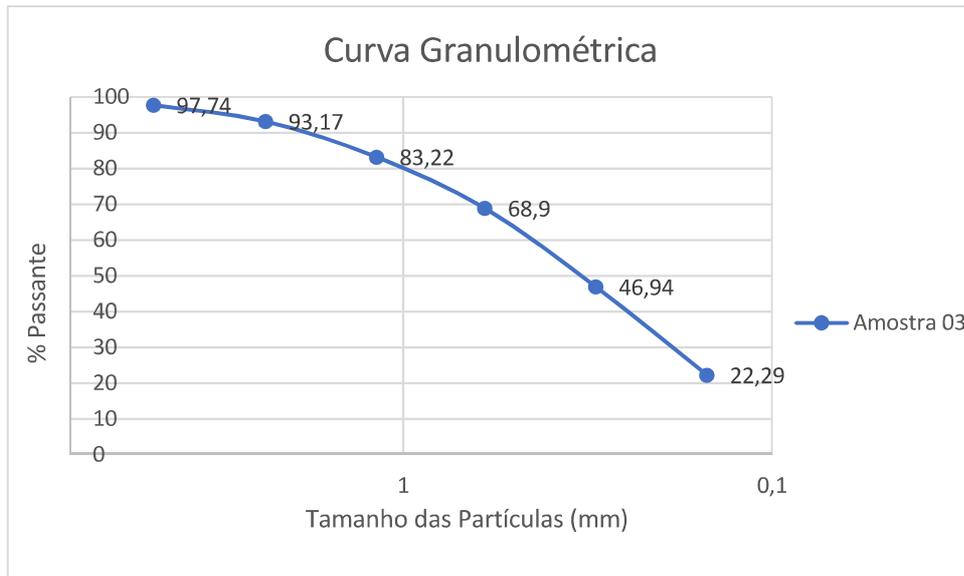
Gráfico 06: Curva Granulométrica do agregado miúdo – amostra 02.

Fonte: Autor.

Quadro 11: Granulometria do agregado miúdo – Amostra 03.

Peneiras	Amostra 03 (g)	% Retido	% R. Acumulado	% Passante
6,3	0	0	0	0
4,75	6,78	2,26	2,26	97,74
2,36	13,7	4,57	6,83	93,17
1,18	29,85	9,95	16,78	83,22
0,6	42,95	14,32	31,1	68,9
0,3	65,84	21,96	53,06	46,94
0,15	73,91	24,65	77,71	22,29
FUNDO	66,8	22,29	100	0
TOTAL	299,83	Perda de 0,24 % < 0,30 %		

Fonte: Autor.

Gráfico 07: Curva Granulométrica do agregado miúdo – amostra 03.

Fonte: Autor.

5.2.2 Módulo de Finura

Com relação as amostras adquiridas no comércio local da cidade de Araruna em pontos distintos, foram solicitadas aos comerciantes amostras de areia grossa para confecção de concreto. Através dos dados apresentados nos Quadros 09, 10 e 11, e com base na Tabela 04, na qual apresenta uma classificação dos agregados miúdos quanto ao módulo de finura. Com os valores calculados dos módulos de finura para as amostras de areias coletadas, observa-se que as amostras 01 e 02 se caracterizam como areias médias e a amostra 03 é caracterizada como areia fina, de acordo com as Tabelas 14, 15 e 16.

Tabela 14: Módulo de finura – Amostra 01.

Peneiras	Amostra 01 (g)	% Retido	% R. Acumulado
9,5	0	0	0
4,75	5,7	1,9	1,9
2,36	20	6,67	8,57
1,18	54,6	18,21	26,78
0,6	82,4	27,48	54,26
0,3	93,8	31,28	85,54
0,15	34,83	11,61	97,15
FUNDO	8,55	2,85	100
TOTAL	299,88	Perda de 0,27 % < 0,30 %	
MÓDULO DE FINURA			2,74

Fonte: Autor.

Tabela 12: Módulo de finura – Amostra 02.

Peneiras	Amostra 02 (g)	% Retido	% R. Acumulado
9,5	0	0	0
4,75	18,2	6,07	6,07
2,36	23,35	7,79	13,86
1,18	35,04	11,69	25,55
0,6	50,1	16,71	42,26
0,3	88	29,36	71,62
0,15	60,46	20,17	91,79
FUNDO	24,6	8,21	100
TOTAL	299,75	Perda de 0,25 % < 0,30 %	
MÓDULO DE FINURA			2,51

Fonte: Autor.

Tabela 16: Módulo de finura – Amostra 03.

Peneiras	Amostra 03 (g)	% Retido	% R. Acumulado
9,5	0	0	0
4,75	6,78	2,26	2,26
2,36	13,7	4,57	6,83
1,18	29,85	9,95	16,78
0,6	42,95	14,32	31,1
0,3	65,84	21,96	53,06
0,15	73,91	24,65	77,71
FUNDO	66,8	22,29	100
TOTAL	299,83	Perda de 0,24 % < 0,30 %	
MÓDULO DE FINURA			1,69

Fonte: Autor.

5.2.3 Limites Granulométricos do agregado miúdo

Através dos dados apresentados nos Quadros 09, 10 e 11 pode-se fazer um comparativo com os dados apresentados na ABNT NBR 7211/2009, para os quais observa-se os limites granulométricos compreendidos entre as faixas ótimas e utilizáveis correspondentes a um mínimo e um máximo aceitável apresentados no Tabela 17.

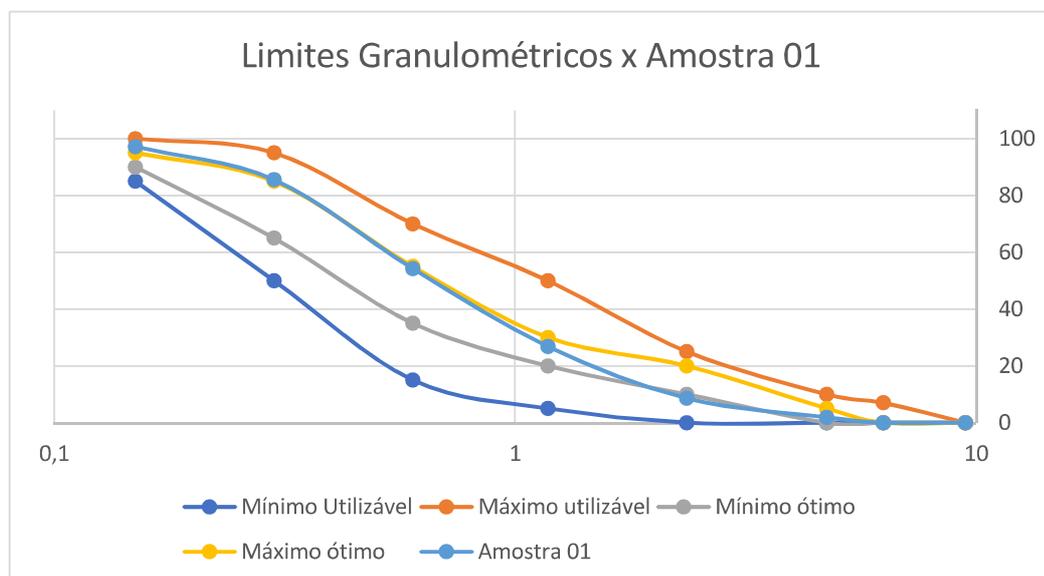
Tabela 17: Porcentagem, em peso, retida acumulada nas peneiras.

Peneira ABNT	Zona utilizável		Zona ótima	
	mínimo	máximo	mínimo	máximo
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	7	0	0
4,75 mm	0	10	0	5
2,36 mm	0	25	10	20
1,18 mm	5	50	20	30
0,60 mm	15	70	35	55
0,30 mm	50	95	65	85
0,15 mm	85	100	90	95

Fonte: ANBT NBR 7211/2009.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 17 acima, tem-se que a amostra 01 apresentou valores fora da zona ótima nas peneiras 2,36, 0,3 e 0,15 com os percentuais retidos acumulados de 8,57, 85,54 e 9,15 respectivamente. Entretanto, a amostra se manteve dentro dos limites utilizáveis permitidos pela norma. A amostra 02 na peneira 4.75 ficou fora da faixa ótima com valor de 6.07 % retido acumulado para a zona ótima, apresentando comportamento mediano entre a, zona utilizável, por outro lado, a amostra 03 além de ter ficado fora da zona ótima nas peneiras 0,6, 0,3 e 0,15 com valores respectivos de 31,1, 53,06 e 77,71, apresentou valor abaixo do mínimo utilizável na peneira 0.15 mm, para a qual deveria variar de 85 – 95, apresentou valor de 77.71 % retido acumulado. Como se pode observar nos Gráficos 08, 09 e 10.

Gráfico 08: Limites Granulométricos do agregado miúdo x amostra 01.



Fonte: Autor.

Gráfico 09: Limites Granulométricos do agregado miúdo x amostra 02.

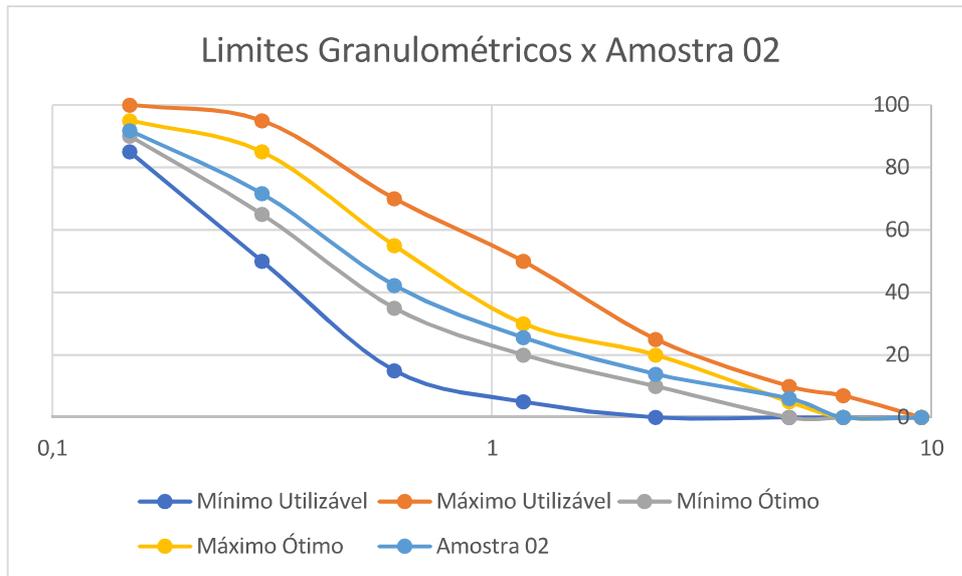
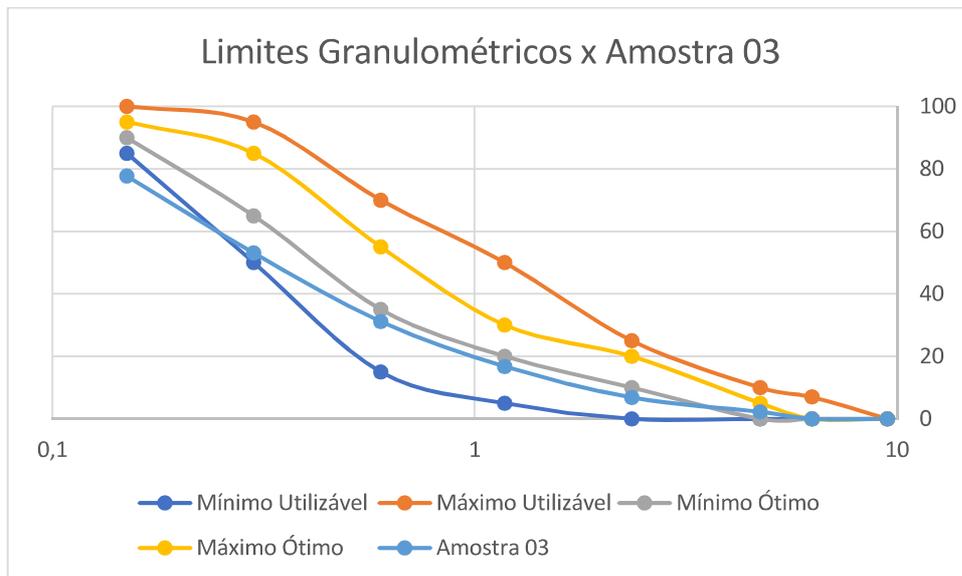


Gráfico 10: Limites Granulométricos do agregado miúdo x amostra 03.



5.2.4 Teor de Argila e Materiais Friáveis

O cálculo dos teores de argila e materiais friáveis contidos nas amostras de areia coletada na cidade de Araruna, foi determinado inicialmente pelo cálculo da massa (m_t) dos intervalos granulométricos compreendidos entre $\geq 1,18$ e $< 4,75$ que

apresentaram percentuais em massa retida superior a 5 %, como também os teores parciais resultantes do produto entre os percentuais retidos e a massa em torrões (m_t) como indicado na NBR 7218/2010, segundo a expressão:

$$m_t = \frac{m_i - m_f}{m_i} * 100 \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde:

- m_t = teor de argila em torrões e materiais friáveis (%);
- m_f = massa final do intervalo granulométrico (grama);
- m_i = massa inicial do intervalo granulométrico (grama).

Os resultados dos teores globais das amostras intituladas por de areia 01, 02 e 03 ensaiadas estão apresentados nos Quadros 12, 13 e 14, respectivamente. Como indicado no Quadro 05 da NBR 7211/2009, os teores globais por amostra não devem exceder a 3,0 %, para os quais, apenas a amostra 03 apresentou um valor elevado em relação as amostras 01 e 02, mas manteve-se dentro do limite estabelecido em norma.

Quadro 12: Teores de Argila e materiais Friáveis – amostra 01.

AMOSTRA 01 (AREIA)		MASSA DE ENSAIO (g) 200,9			
Peneira (série Normal)	Massa Retida (g)	% Retido	Massa Final (mf)	Teores de Argila (mt)	Teor Parcial
	mi				
4,75	4,09	2,04	---	6,96	0,14
2,36	13,07	6,52	12,16	6,96	0,45
1,18	40,04	19,99	39,76	0,70	0,14
0,6	62,41	31,16	---	0,70	0,22
0,3	55,22	27,57	---	0,70	0,19
0,15	20,86	10,41	---	0,70	0,07
FUNDO	4,62	2,31	---	0,70	0,02
TOTAL	200,31				
PERDA	0,29				
Teor Global		1,24			

Fonte: O autor.

Quadro 13: Teores de Argila e materiais Friáveis – amostra 02.

AMOSTRA 02 (AREIA)		MASSA DE ENSAIO (g) 200,55			
Peneira (série Normal)	Massa Retida (g)	% Retido	Massa Final (mf)	Teores de Argila (mt)	Teor Parcial
	mi				
4,75	14,62	7,31	14,39	1,57	0,11
2,36	16,1	8,05	15,97	0,81	0,07
1,18	24,48	12,24	24,28	0,82	0,10
0,6	37,6	18,80	---	0,82	0,15
0,3	53,6	26,80	---	0,82	0,22
0,15	39,1	19,55	---	0,82	0,16
FUNDO	14,5	7,25	---	0,82	0,06
TOTAL	200				
PERDA	0,27				
Teor Global		0,87			

Fonte: O autor.

Quadro 14: Teores de Argila e materiais Friáveis – amostra 03.

AMOSTRA 03 (AREIA)		MASSA DE ENSAIO (g) 200,21			
Peneira (série Normal)	Massa Retida (g)	% Retido	Massa Final (mf)	Teores de Argila (mt)	Teor Parcial
	mi				
4,75	6,5	3,25	---	2,75	0,09
2,36	8,76	4,38	---	2,75	0,12
1,18	23,6	11,80	22,95	2,75	0,32
0,6	35,87	17,93	---	2,75	0,49
0,3	43,5	21,75	---	2,75	0,60
0,15	48,8	24,40	---	2,75	0,67
FUNDO	32,98	16,49	---	2,75	0,45
TOTAL	200,01				
PERDA	0,10				
Teor Global		2,75			

Fonte: O autor.

6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo, possibilitou uma análise quantitativa sobre o padrão de qualidade dos agregados utilizados na produção de concreto e argamassas, seja ele misturado *in loco* ou usinado. A análise aqui apresentada teve por objetivo verificar o padrão destes agregados que são comercializados na região de Araruna-PB, através de ensaios laboratoriais em conformidade com a norma brasileira **ABNT NBR 7211/2009 Agregados para concreto - Especificação** em vigor. Os resultados obtidos para as amostras do agregado graúdo foram que das três amostras coletadas uma delas não apresentou diâmetro máximo característico de brita 19 como solicitado aos comerciantes, além de extrapolar o limite granulométrico superior na peneira 12,5 mm estabelecido em norma.

Para o agregado miúdo foram coletadas três amostras de areia grossa e constatou-se, de acordo com o módulo de finura, que duas delas são areias médias e uma areia fina, logo, o uso de areia fina em substituição as areias grossas e médias nos concretos geram maior quantidade de vazios, e conseqüentemente maior consumo de pasta de cimento, interferindo no fator água/cimento. Desta forma não se recomenda o uso da amostra 03 da areia para a fabricação de concretos convencionais, visto que a recomendação é que se use areias grossas e médias. Já para o uso em argamassas, podem ser usadas em emboços no caso das areias médias, e para reboco, no caso das areias finas.

Foi verificado ainda para as areias os teores de substâncias nocivas como torrões de argila e materiais friáveis em conformidade com a norma ABNT NBR 7218/2010. O resultado dos teores de argila e materiais friáveis mostrou que as amostras 01, 02 e 03 apresentaram teores globais de 1,24, 0,87 e 2,75, estando dentro dos limites exigidos em norma que é inferior 3.0 %.

A contribuição deste trabalho se caracteriza de extrema importância, no que visa diagnosticar a comercialização dos materiais que se encontram fora dos padrões para serem utilizados pelos consumidores, evitando-se assim o surgimento de manifestações patológicas nas construções oriundas da má qualidade dos agregados, para os fins a que se destinam.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Agregados – Terminologia**. NBR 9935:2011. São Paulo: ABNT, fev. 2011.

_____. **Agregados – Análise petrográfica de agregado para concreto Parte 1: Agregado miúdo**. NBR 7389:2009. São Paulo: ABNT, set. 2009.

_____. **Agregados – Análise petrográfica de agregado para concreto Parte 2: Agregado graúdo**. NBR 7389:2009. São Paulo: ABNT, set. 2009.

_____. **Agregados – Amostragem**. NBR NM 26:2009. São Paulo: ABNT, nov. 2009.

_____. **Agregados – Constituintes mineralógicos dos agregados naturais - Terminologia**. NBR NM 66:1998. São Paulo: ABNT, jan. 1998.

_____. **Agregados para concreto – Especificação**. NBR 7211:2009. São Paulo: ABNT, mai. 2009.

_____. **Agregados – Determinação da composição granulométrica**. NBR NM 248:2003. São Paulo: ABNT, set. 2003.

_____. **Agregados – Determinação inchamento de agregado miúdo – Método de ensaio**. NBR 6467:2009. São Paulo: ABNT, mai. 2009.

_____. **Agregados – Determinação da resistência ao esmagamento de agregados graúdos – Método de ensaio**. NBR 9938:2013. São Paulo: ABNT, mar. 2013.

_____. **Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem**. NBR NM 46:2003. São Paulo: ABNT, jul. 2003.

_____. **Agregado graúdo - Ensaio de abrasão “Los Angeles”**. NBR NM 51:2001. São Paulo: ABNT, mai. 2001.

_____. **Agregados – Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis**. NBR 7218:2010. São Paulo: ABNT, jan. 2010.

_____. Agregados – **Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório**. NBR NM 27:2001. São Paulo: ABNT, jun. 2001.

_____. Agregado – **Índice de desempenho de agregado miúdo contendo impurezas orgânicas Método de ensaio**. NBR 7221:2012. São Paulo: ABNT, out. 2012.

_____. Peneiras de ensaio – **Requisitos técnicos e verificação Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico**. NBR NM ISSO 3310-1:010. São Paulo: ABNT, out. 2011.

_____. Projeto de estruturas de concreto – **Procedimento**. NBR 6118:2014. São Paulo: ABNT, mai. 2014.

Agregados para concreto. Disponível em: <<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/agregado.html>>. Acesso em: 19 nov. 2017.

Agregados para Construção Civil, DNPM, 2013. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/8-1-2013-agregados-minerais>>. Acesso em: 10 out. 2017.

A, M. NEVILLE. **Propriedades do concreto**. Tradução de Ruy Alberto Cremonini, 5. ed. Porto Alegre, BOOKMAN, 2016.

ARAUJO, J. M. **Curso de Concreto Armado**, Rio Grande, DUNAS, 2014. V.1, 4. ed.

Cenário do Mercado Brasileiro de Concreto: ABCP, 2003. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/imprensa/noticias/pesquisa-inedita-e-exclusiva-revela-cenario-do-mercado-brasileiro-de-concreto/>>. Acesso em: 10 out. 2017.

FARIAS, M. M.; PALMEIRA, E. M. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. Cap. 16 Agregados para a Construção Civil; IBRACON, 2007

HERMETO BUENO, C. F.; **Tecnologia de materiais de construção**. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. MG. 2000.

KULAIF, Yara. **Análise dos mercados de matérias-primas minerais: estudo de caso da indústria de pedras britadas do Estado de São Paulo**. São Paulo, 2001.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **CONCRETO: Estrutura, Propriedades e Materiais**, São Paulo, PINI, 1994.

Mineração e Economia Verde: IBRAM, 2017. Disponível em: <<http://ibram.org.br/>>. Acesso em: 17 out. 2017.

Revista Areia e Brita, ed. 71: ANEPAC, 2017. Disponível em: <<http://www.anepac.org.br/>>. Acesso em: 06 out. 2017.

Revista Concreto e Construções: Concreto – Material construtivo mais consumido no mundo, nº 53: IBRACON, 2009. Disponível em: <http://www.ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_53.pdf>. Acesso em: 06 out. 2017.

RIBEIRO, C. C.; PINTO, J. D. S.; STARLING, T. **Materiais de Construção Civil**, 3. ed. Belo Horizonte, editora UFMG, 2011.

RIPPER, E. **Manual Prático de Materiais de construção**, São Paulo, PINI, 1999.

Tudo sobre cimento e concreto em curso. São Paulo: ABCP, 2017. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/imprensa/noticias/tudo-sobre-cimento-e-concreto-em-curso/>>. Acesso em: 05 out. 2017.