



**Laise Quemel**

**A caracterização e resistência do seixo  
fino (quebradinho) no município de  
Santarém - PA.**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Instituto de Tecnologia  
Mestrado Profissional e Processos Construtivos e  
Saneamento Urbano

Dissertação orientada pelo Professor Doutor Marcelo de Souza  
Picanço



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROCESSOS CONSTRUTIVOS E  
SANEAMENTO URBANO**

**A CARACTERIZAÇÃO E RESISTÊNCIA DO SEIXO FINO (QUEBRADINHO) NO  
MUNICÍPIO DE SANTARÉM – PA.**

**LAISE DEANNE FIGUEIRA QUEMEL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Processos Construtivos e Saneamento Urbano da Universidade Federal do Pará como requisito para a obtenção do grau de Mestre.

**Orientador: Professor Doutor Marcelo de Souza Picanço**

Belém/Pará

2015

**A CARACTERIZAÇÃO E RESISTÊNCIA DO SEIXO FINO (QUEBRADINHO) NO  
MUNICÍPIO DE SANTARÉM – PA.**

**LAISE DEANNE FIGUEIRA QUEMEL**

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Processos Construtivos e Saneamento Urbano, área de concentração Estruturas, Construção Civil e Materiais, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Profissional em Processos Construtivos e Saneamento Urbano (PPCS) do Instituto de Tecnologia (ITEC) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Aprovada em \_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015.

---

Dênio Ramam Carvalho de Oliveira, Dr. – Coordenador do PPCS

---

Marcelo de Souza Picanço, Dr. – Orientador

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

Adelson Bezerra de Medeiros, Dr. – UFPA  
(Examinador Externo)

---

Bernardo Pompeu Neto, Dr.– UFPA  
(Examinador Interno)

Belém/Pará  
Agosto de 2015

Dedico mais um título aos pais que ensinaram a retidão, Quemel e Adélia, aos irmãos que me desviam e fazem o caminho ser mais prazeroso, Aline e Sidney; aos filhos que agora me acompanham e que me induzem à caminhos cada vez mais fartos e responsáveis, Vinicius, Pedro, Alice e Arthur; e principalmente, a Deus Pai, que sempre me pede pra confiar e nunca desesperar, mesmo que em alguns momentos eu insista em fazer o contrário.

Mais um passo dado diante dos tantos que ainda compõem o meu caminho.

## RESUMO

As obras de construção civil em Santarém vêm se utilizando de um agregado graúdo denominado popularmente de 'quebradinho' no concreto estrutural. Tal material, de preço acessível à população, é utilizado como optativo à brita, cuja concentração e extração mais próxima se dá no município de Monte Alegre, situado à 126km de Santarém, e que advém à cidade através de balsas, onerando os custos de mercado da pedra britada. Este trabalho se objetivou a estudar a resistência do 'quebradinho' ou 'seixo fino' in natura e lavado (como é comumente utilizado nas obras), comprovando sua eficiência como agregado para concreto nas edificações e reduzindo custos de obra na região através de sua inserção técnica nas construções civis. Utilizando-se do método ABCP para comprovação de resistência, aqui serão mostrados os resultados de caracterização física e as propriedades mecânicas de concretos dosados com tais agregados. Todos os corpos de prova que foram moldados com os traços de concreto calculados na pesquisa apresentaram resultados satisfatoriamente dentro das normas de resistência à compressão entre o 3º e o 28º dias. Torna-se necessário um estudo mais profundo quanto à absorção de água e durabilidade do concreto formulado, mas, comprovada a eficiência do concreto dosado com o quebradinho, pode-se posteriormente comercializá-lo no mercado do município como alternativa economicamente viável à demanda regional da brita.

**Palavra-chave:** Concreto. Quebradinho. Seixo fino. Agregado graúdo. Resistência dos materiais.

## ABSTRACT

The civil works in Santarém come using a coarse aggregate popularly called 'quebradinho' in structural concrete. Such material, accessible to the public price is used as the optional gravel, whose concentration and closer extraction takes place in the municipality of Monte Alegre, located just 126km from Santarem, and that comes to the city by ferry, a burden on marketing costs of crushed stone. This work aimed to study the resistance of the 'quebradinho' or 'gravel' in natura and washed (as is commonly used in the works), proving its efficiency as aggregate for concrete in buildings and reducing labor costs in the region through its insertion technique in civil constructions. Using the method of ABCP resistance proof here are shown the results of physical characterization and mechanical properties of concrete dosed with such aggregates. All specimens that were framed with concrete mixtures calculated in the survey results showed satisfactorily within the compressive strength standards between the 3rd and the 28th days. It is necessary to further study as to water absorption and durability formulated concrete, but concrete proven efficiency dosed with quebradinho later one can market it in the city's market and economically viable alternative to regional demand crushed stone.

**Keyword:** Concrete. Quebradinho gravel. Coarse aggregate. Strength of materials.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Serra do Índio – Bairro Santarenzinho, Santarém – PA	8
Figura 2	Mapa Santarém Urbano com as áreas degradadas em destaque	9
Figura 3	Áreas degradadas pela extração	9
Figura 4	Brita de Monte Alegre	10
Figura 5	Seixo fino – ‘quebradinho’ de Santarém	11
Figura 6	(a) quebradinho “in natura”, (b) quebradinho lavado	16
Figura 7	(a) Areia utilizada na composição do traço, (b) Cimento Portland	16
Figura 8	Amostra seca em estufa	17
Figura 9	(a) Máquina vibratória das peneiras, (b) peneiras utilizadas	18
Figura 10	Material sendo colocado na série de peneiras	19
Figura 11	(a) Amostragem da segregação do material seixo in natura, (b) Amostragem da segregação do material seixo lavado.	19
Figura 12	Análise da massa unitária, com um frasco previamente mensurado	20
Figura 13	(a) Recipientes utilizados para a determinação da massa específica, (b) Pesagem do agregado seco, (c) Pesagem do agregado composto com água	21
Figura 14	Gráfico de Curvas Abrams do Cimento	22
Figura 15	Material dosado para o concreto	24
Figura 16	Material na betoneira	24
Figura 17	(a) Teste de abatimento - Slump Test, (b) Teste de abatimento - Slump Test	25
Figura 18	(a) Teste de abatimento – concreto com seixo lavado, (b) Teste de abatimento – concreto com seixo in natura	26
Figura 19	(a) Fôrmas para os corpos de prova, (b) Vibração do concreto dentro das fôrmas de corpos de prova	27
Figura 20	Esquema do ensaio de resistência à compressão	28
Figura 21	(a) Corpos de prova prontos para o rompimento, (b) Altura dos corpos de prova – 20cm, (c) Diâmetro dos corpos de prova – 10cm	28
Figura 22	Máquina de compressão para mensurar a resistência dos corpos de prova	29
Figura 23	Análise granulométrica dos seixos	31
Figura 24	(a) Resultado do teste de slump – seixo lavado, (b) – 1º Resultado do teste de slump – seixo in natura.	36
Figura 25	2º Resultado do teste de slump – seixo in natura	37
Figura 26	(a) Aparelho de compressão para teste de resistência de concreto, (b) Corpo de prova rompido	38
Figura 27	Análise da resistência à compressão dos seixos	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Serie normal de peneiras	18
Tabela 02	Consumo de água aproximado ( $l/m^3$ )	22
Tabela 03	Teor de agregado graúdo	23
Tabela 04	Características e propriedades do cimento CII-Z-32	29
Tabela 05	Tabulação da análise granulométrica seixo in natura	30
Tabela 06	Tabulação da análise granulométrica seixo lavado	31
Tabela 07	Tabulação da análise granulométrica e percentuais retidos – seixo in natura	32
Tabela 08	Tabulação da análise granulométrica e percentuais retidos – seixo lavado	33
Tabela 09	Tabulação da análise da resistência à compressão – seixo in natura	38
Tabela 10	Tabulação da análise da resistência à compressão – seixo lavado	39



## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	8
1.1	JUSTIFICATIVA DO TRABALHO .....	10
1.2	OBJETIVOS .....	11
1.3	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	12
2.	REFERENCIAL TEÓRICO .....	12
2.1	CONCRETO .....	12
2.2	CIMENTO.....	13
2.3	RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (A/C) .....	14
2.4	AGREGADOS .....	14
3.	MATERIAIS E MÉTODOS .....	15
3.1	MATERIAIS .....	15
3.2	MÉTODOS.....	17
3.2.1	CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL .....	17
3.2.2	DOSAGEM DO CONCRETO .....	21
3.2.3	ENSAIOS MECÂNICOS.....	24
4.	RESULTADOS E ANÁLISES .....	29
4.1	CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS .....	29
4.1.1	CIMENTO.....	29
4.1.2	AREIA .....	30
4.1.3	AGREGADOS .....	30
4.2	DOSAGEM .....	34
4.3	ENSAIOS MECÂNICOS.....	36
5.	CONCLUSÃO.....	40
6.	REFERÊNCIAS .....	41

## 1. INTRODUÇÃO

Há tempos se utiliza o material quebradinho em edificações na cidade de Santarém, tanto como agregado miúdo, compondo massa para calçadas e pavimentações, quanto como agregado graúdo, compondo traço com cimento e areia para concreto estrutural.

Sem que houvesse um prévio estudo técnico sobre a composição do material, os resultados in loco foram satisfatórios (no que tange à resistência da estrutura formatada por este) e a sua utilização manteve-se constante também por conta da proximidade dos barrancos de extração e pela abundância do material na região.

Acontece que a exploração de matérias-primas causa grandes impactos ambientais, e os recursos naturais, ditos não renováveis, são comumente utilizados na produção do concreto. Segundo pesquisa do Ministério de Minas e Energia (2009), até 2030 serão explorados aproximadamente 1,5 mil toneladas de areia e 300 milhões de toneladas de pedra britada, totalizando o consumo destes agregados em 1,6 toneladas/hab/ano.

Em Santarém acontece o mesmo: por conta desta extração, as serras dos arredores da cidade já foram bastante degradadas e, como a maioria se encontra em zona urbana, preocupam os profissionais do meio ambiente e a comunidade em geral.

As serras do Índio e do Urubu em Santarém – PA são alguns exemplos da extração desmedida e sem apoio técnico. Ambas estão desaparecendo sem nem mesmo terem sido estudadas, e, segundo biólogos, as extrações estão sendo responsáveis pelo soterramento e assoreamento de vários trechos do Igarapé do Irurá, nas proximidades.

FIG 01 - Serra do Índio – Bairro Santarenzinho, Santarém – PA.



A alternativa imposta para solucionar ou amenizar as questões ambientais foi ceder direito de concessão das áreas às empresas habilitadas ao serviço. A maioria detém o direito de uso do solo por um período de 10 anos, retirando da área apenas o necessário à extração, podendo prorrogar ou não o prazo do contrato. Não há estudo de impacto ambiental e as áreas utilizadas só podem ser aproveitadas como zona de interesse social após a extração.

FIG 02 - Mapa Santarém Urbano com as áreas degradadas em destaque. Fonte: Google Earth, 2015.

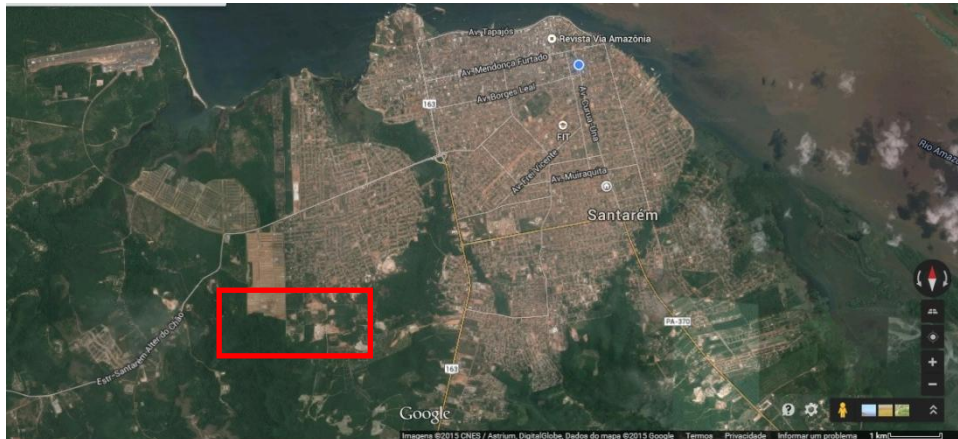


FIG 03 - Áreas degradadas pela extração. Fonte: Google Earth, 2015.



Com a restrição de empresas extrativistas do material e a demanda por agregado graúdo na região, recorreu-se à jazida de Monte Alegre, município vizinho à Santarém, com abundância em brita.

## 1.1 Justificativa do trabalho

O custo da brita no mercado em Santarém encareceu demais por conta da sua alta demanda e da considerável distância entre as cidades de Monte Alegre, detentora e fornecedora do material, e Santarém. Em fevereiro de 2015 comprava-se a brita em poucos pontos de revenda em Santarém e ao preço de R\$140,00 o metro cúbico.

FIG 04 - Brita de Monte Alegre. Fonte: Arquivo Pessoal.



Partindo desta problemática que tem como princípio o custo-benefício, surgiu a ideia de analisar o quebradinho.

O quebradinho, ou seixo fino, é um produto da região, com a extração dentro ou próxima à área urbana. Abundante e de fácil acesso, seria viável como produto alternativo à brita, mas seus estudos ainda não foram formalizados. E a alternativa de se obter materiais na construção civil que tenham a mesma resistência e um preço melhor se faz necessária para uma real economia de custos com a obra.

Uma grande construtora nacional, ao conseguir licitação de uma obra na cidade, se propôs a analisá-lo e chegou a utilizá-lo em blocos estruturais devido à resistência alcançada. O projeto foi abandonado e a extração do quebradinho (que havia sido empreitado todo à esta Construtora) foi novamente deixada de lado.

Há tempos se trata de sustentabilidade na construção civil e o estudo apresentado nesse projeto de pesquisa é justificado pela necessidade de obterem-se novos materiais com qualidade para a composição de concretos na região de Santarém e a adoção de materiais mais baratos e abundantes tem se tornado uma boa saída quando a questão é reduzir custos.

Hoje, o município vizinho (Monte Alegre) é o grande detentor de agregado graúdo, fornecendo e onerando o mercado demandado pelas construtoras, enquanto que o quebradinho, mais leve e nitidamente com menor diâmetro granulométrico, é bem aceito por conta de seu baixo preço. É um material leve, e segundo Rossignolo e Agnesini (2002) bastante utilizado por conta do vasto leque de aplicabilidade deste em diversas áreas da construção civil, desde edificações pré-fabricadas e pontes até mesmo na construção de plataformas marítimas.

No aspecto mecânico, Zhang & Gjörv (1991), dita que a utilização dos agregados leves traz uma redução da massa específica do concreto e no esforço na estrutura das edificações.

Este chega ao mercado in natura ou lavado e, se comprovada a sua eficiência quanto à resistência de concreto pode-se oferecê-lo no mercado local como alternativa para substituição do agregado graúdo brita, além de que, pelo aspecto econômico, se torna viável por conta da diminuição de custos com transporte e pela abundância do material na área, que, além de fomentar o comércio na cidade, formaliza os trabalhadores extrativistas.

## 1.2 Objetivos

A pesquisa se objetiva especificamente em analisar a resistência do seixo fino, ou ‘quebradinho’, em duas versões: in natura e lavado, como costuma ser comercializado, para sua utilização em concreto estrutural das obras locais. Em contrapartida, com um objetivo mais amplo, almeja que o estudo prévio deste material influencie na comercialização do mesmo e consequente geração de emprego e renda à cidade.

FIG 05 - Seixo fino – ‘quebradinho’ de Santarém. Fonte: Laise Quemel,2015.



Espera-se que este estudo seja um incentivo à valorização dos materiais da região, e que, por conta deste passo inicial, muitos outros materiais venham a ser estudados e inseridos no mercado da construção civil.

### **1.3 Estrutura da dissertação**

Após apresentação do trabalho na introdução, vê-se algumas bases teóricas na revisão bibliográfica, que serão a iniciação do conhecimento dos materiais que compõem a pesquisa, intitulado como capítulo 2 intitulado ‘Referencial Teórico’.

No capítulo 3, intitulado ‘Materiais e Métodos’, tem-se o detalhamento dos materiais que serão experimentados no estudo. Para tanto se faz uma metodologia laboratorial em que se incluem para a caracterização: análise granulométrica, módulo de finura, massa unitária e massa específica.

Após essa caracterização, têm-se todos os dados requisitos ao cálculo da dosagem do concreto, onde se computa o traço e faz-se a mistura. Nesta etapa são confeccionados os corpos de prova e feito o primeiro ensaio mecânico.

Com os corpos de prova já enrijecidos são feitos outros ensaios em dias alternados, todos à mostra neste mesmo capítulo 3º.

No 4º capítulo, apresentam-se os resultados dos ensaios e suas respectivas análises para enfim conclui-se o trabalho no 5º capítulo.

E como de praxe, encerrando a pesquisa, têm-se referências bibliográficas e anexos, no capítulo 6.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Concreto**

O concreto é o principal material de engenharia usado em construções, e oferece muitas vantagens, incluindo, por exemplo, flexibilidade em escolha das formas, economia, durabilidade, resistência ao fogo, possibilidade de ser fabricado no próprio local da obra e aparência estética (POMPEU NETO, B. B).

Do ponto de vista de Engenharia, a resistência permanece como sua propriedade mais importante e as principais desvantagens do concreto resultam em sua baixa resistência à tração, baixa ductilidade, baixa tenacidade e retração.

Material cerâmico, heterogêneo cujas propriedades dependem dos predados e fases de seus componentes e da interação entre eles.

Como um material compósito exhibe as seguintes características GIACCIO ET AL, (1922):

- 1- As propriedades do concreto dependem das propriedades de seus componentes (matriz da pasta e agregados) e das interações entre eles.
- 2- A presença de agregado cria uma zona fraca, interface, onde se inicia o crescimento das fissuras existentes.
- 3- A diferença de dureza entre agregados e matriz da pasta produz concentração de tensões nas interfaces, a qual pode diferir das tensões do material;
- 4- Podem ocorrer formações de fissuras no concreto, nas argamassas e nas partículas dos agregados;
- 5- Todos esses efeitos são intensificados com o aumento do tamanho do agregado, especialmente quando este valor for maior que 5 mm (agregado graúdo)

Os agregados geralmente ocupam cerca de 75% do volume do concreto. Por causa dessa grande fração de volume muitas das propriedades do concreto dependem do tipo de agregado escolhido. Segundo IL-SEOK-OH (2001), para a mesma qualidade da argamassa, diferentes tipos de agregados graúdos com diferentes formas, textura, mineralogia e resistência podem resultar em concretos com resistência diferentes.

## **2.2 Cimento**

O cimento é o material de construção mais utilizado no mundo e é produzido no Brasil há cerca de 75 anos. 'Portland' é sua denominação mundial, pois, no século XVII, era comum na Inglaterra as construções com pedra de Portland, uma ilha situada no sul desse país, e se trata de um pó fino (material pulverulento), constituído de silicatos e aluminatos complexos,

com propriedades aglomerantes que enrijece diante da presença da água, oferecendo elevada resistência mecânica.

A mistura com água e outros agregados resulta no concreto e nas argamassas usuais das construções civis, sendo que a qualidade e a proporção dos materiais que o compõem implicam na resistência do mesmo.

No Brasil, havia apenas um tipo de cimento Portland, que com pesquisas e avanços tecnológicos foi se modificando para outras vertentes. A maioria serve para o uso geral, já outros são qualificados para misturas especiais, que almejam resistência e durabilidade específicas ao uso.

### **2.3 Relação Água/Cimento (A/C)**

O cimento é classificado como um material aglomerante, pois é a ‘liga’ que promove a união dos grãos de agregados. É ativo, por necessitar de um elemento externo para iniciar sua reação e hidráulico, porque este seu elemento externo é a água.

Portanto, a relação água/cimento (A/C) é essencial para a execução e resistência do concreto, já que determina limites de porosidade e permeabilidade e é a base que envolve os grãos, permitindo a hidratação e posterior cristalização do cimento.

O fator A/C deve se manter abaixo da proporção do traço calculado, pois quando se utiliza muita água na mistura acontece a presença de vazios, ou porosidade capilar, que reduz a resistência do concreto, tornando-o mais permeável e diminuindo sua durabilidade

### **2.4 Agregados**

Os agregados geralmente ocupam cerca de 75% do volume do concreto. Por causa dessa grande fração de volume muitas das propriedades do concreto dependem do tipo de agregado escolhido.

Segundo IL-SEOK-OH (2001), para a mesma qualidade da argamassa, diferentes tipos de agregados graúdos com diferentes formas, textura, mineralogia e resistência podem resultar em concretos com resistência diferentes.



As suas características derivam da composição mineralógica da rocha matriz, das condições de exposição às quais a rocha foi submetida antes de gerá-lo e dos tipos de operação e equipamento usados para a produção de concreto. Dependendo da microestrutura, estes podem apresentar diferentes valores para algumas propriedades como: resistência mecânica, absorção, dureza e o módulo de elasticidade, os quais podem influenciar no comportamento do concreto.

Devem ser adaptados a normas para um uso otimizado em engenharia: estes devem ser limpos, duros, resistentes, duráveis, com partículas livres de substâncias ou camadas de argilas e de outros materiais finos em quantidades que poderiam afetar a hidratação e a ligação com a pasta de cimento.

A graduação e o tamanho máximo do agregado afetam suas proporções relativas, bem como a necessidade de água, cimento, trabalhabilidade, porosidade, economia, retração e durabilidade do concreto IL-SEOK-OH (2001). Quanto menor o tamanho dos agregados mais água será absorvida na sua superfície. Isto significa que para uma graduação, mais água será adicionada para se obter uma trabalhabilidade do que para uma mistura com agregados mais grossos. Em concreto de resistência normal  $< 40$  MPa, as características do agregado graúdo raramente influenciam diretamente na resistência do concreto, exceto no caso de alguns agregados altamente porosos e fracos. Isto acontece porque nas misturas típicas de concreto usual, a relação água/cimento corresponde a valores de 0,4 a 0,7 METHA; AITCIN, (1990).

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Materiais**

Os materiais utilizados na pesquisa foram: seixo fino in natura, seixo fino lavado, conhecidos popularmente como “quebradinho”, areia e água, ambos provenientes da região do município de Santarém. A pesquisa inicia com a busca dos materiais que farão a composição do concreto com a ida até a jazida de extração, no Bairro do Santarenzinho em Santarém, e coleta de 20kg de amostra de cada material: seixo fino in natura e lavado.

Foi selecionada apenas uma empresa extrativista porque esta é a única que fornece o quebradinho lavado, e o comercializa como melhor opção à resistência, por estar livre de

impurezas. Nitidamente, percebe-se a diferença granulométrica dos quebradinhos: o ‘in natura’ é mais grosso enquanto que o lavado é bem mais fino.

A Figura 06 mostra a diferença granulométrica.

FIG. 06 – (a) quebradinho “in natura”, (b) quebradinho lavado. Fonte: Laise Quemel.



Da mesma jazida foram retiradas as amostras de areia para composição do agregado miúdo do concreto, cujas propriedades também foram catalogadas. O cimento do tipo CP II-Z-32, utilizado como aglomerante, provém da empresa Nassau, de fabricação em Itaituba – PA e foi ensacado em outubro de 2014 e reservado no próprio laboratório, longe de intempéries e sobre pallets de proteção. A Figura 07 mostra amostras de areia e cimento.

FIG 07 – (a) Areia utilizada na composição do traço, (b) Cimento Portland. Fonte: Laise Quemel.



## 3.2 Métodos

### 3.2.1 Caracterização Do Material

A metodologia escolhida para comprovação da resistência foi a ABCP/ACI, que necessita da caracterização do material. Seu processo inicial conta com a secagem em estufa, durante 24 horas e retirada para análise após esse período.

Após a secagem, o seixo está pronto para diagnóstico. A Figura 08 mostra amostra de seixo após a secagem em estufa e pronta para ser utilizada na dosagem do concreto. Foram realizadas secagens para as duas amostras de seixo, lavado e “in natura”.

FIG 08 - Amostra seca em estufa. Fonte: Laise Quemel



Com o material seco e em temperatura ambiente iniciou-se o processo de ensaios laboratoriais para caracterização do mesmo, submetendo-os aos seguintes experimentos físicos: análise granulométrica, módulo de finura, massa específica e massa unitária.

A análise granulométrica (ABNT NBR 7181:1984) tem por objetivo discriminar as principais faixas de diâmetros dos grãos do material e se dá através do peneiramento das amostras.

O material é colocado em peneiras que são colocadas pra vibrar durante 10 minutos, como demonstra a figura 09, afim de segregar o material pelo tamanho dos grãos que ficam retidos nas diversas triagens.

FIG 09 – (a) Máquina vibratória das peneiras, (b) peneiras utilizadas. Fonte: Arquivo Pessoal.



(a)



(b)

As peneiras utilizadas (figura 10) seguiram, respectivamente, a seguinte série: 12.5mm, 9.5mm, 6.3mm, 4.8mm, 2.4mm, 1.2mm, 0.6mm, 0.3mm, 0.15mm, 0.075m e fundo (material retido). As de diâmetro 6.3mm, 0.075mm e o fundo em alguns momentos são desconsideradas para análise, sendo consideradas apenas as da série normal Tabela 01.

Tabela 01 – Serie normal de peneiras

SÉRIE NORMAL	SÉRIE INTERMEDIÁRIA
75 mm	-
-	63 mm
-	50 mm
37,5 mm	-
-	31,5 mm
-	25 mm
19 mm	-
-	12,5 mm
9,5 mm	-
-	6,3 mm
4,75 mm	-
2,36 mm	-
1,18 mm	-
600 µm	-
300 µm	-
150 µm	-

FIG 10 - Material sendo colocado na série de peneiras. Fonte: Laise Quemel.



Foi pesado e vibrado 1kg de material para cada amostra. A somatória final nem sempre coincide com o peso de 1000g por conta das perdas durante o processo: muito material pulverulento fica retido às inúmeras peneiras e são desconsiderados no montante final.

Fig. 11 – (a) Amostragem da segregação do material seixo in natura, (b) Amostragem da segregação do material seixo lavado. Fonte: Laise Quemel



(a)



(b)

O Módulo de Finura (ABNT NBR 7217: 1987) é a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100. As

peneiras da série normal adotadas pela ABNT são, respectivamente: 12.5mm, 9.5mm, 4.8mm, 2.4mm, 1.2mm, 0.6mm, 0.3mm e 0.15mm.

Por ser uma grandeza adimensional, deverá ser apresentado com aproximação de 0,01.

Na mesma tabela deste módulo, definimos também o diâmetro máximo do material analisado, que se dá na porcentagem imediatamente abaixo de 5%, na coluna do retido acumulado.

O módulo de finura de um agregado é maior quanto maior forem as partículas deste, e pode ser utilizado para se obter controles de uma mesma procedência, ou seja, separar os agregados em lotes com o mesmo módulo de finura, como é o caso nas fábricas de pré-fabricados.

A Massa unitária (ABNT NBR NM 45: 2006) de um agregado é a relação entre sua massa e seu volume sem compactar, considerando-se também os vazios entre os grãos. É utilizada para transformar massa em volume e vice-versa.

Para o cálculo da massa unitária do agregado graúdo utiliza-se um frasco que tenha um volume (V) previamente mensurado (Figura 12) e faz-se a relação entre a massa do material (M) e o volume, achando-se a densidade, ou massa unitária ( $D = \delta = M/V$ ).

FIG 12 – Análise da massa unitária, com um frasco previamente mensurado. Fonte: Laise Quemel.



A Massa específica (ABNT NBR NM 53:2009) de um agregado precisa ser medida sem a presença dos vazios entre os grãos. Para tanto se adiciona água ao material (Figura 13).

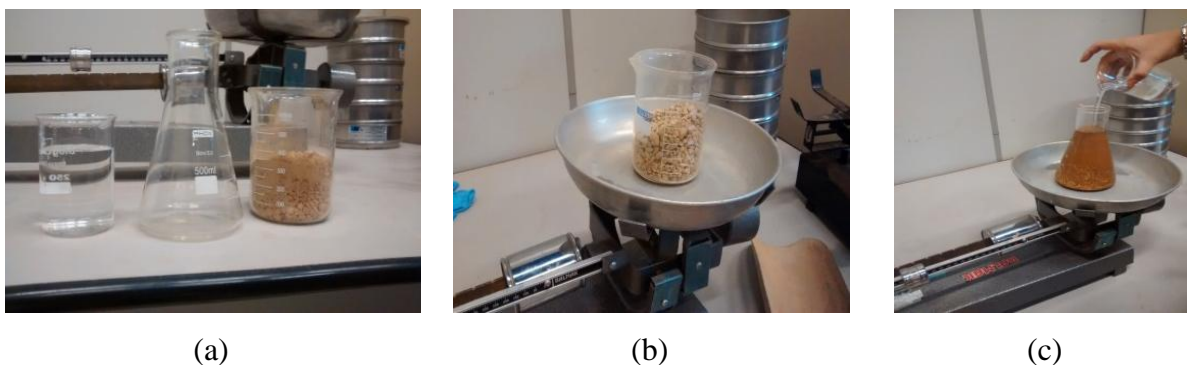
Utiliza-se um recipiente que possa abrigar a água e o agregado. Pesa-se 500g (M) de material seco no recipiente, em seguida enche-se o mesmo frasco para mensuração do peso da



água ( $P_i$ ), em gramas. Colocam-se no recipiente os 500g de material acrescido de água e mensura-se novamente o novo peso ( $P_f$ ).

De posse desses dados, preenche-se a fórmula  $D = \gamma = \frac{M}{[(M+P_i)-P_f]}$  e chega-se ao valor da massa específica do agregado.

FIG 13 – (a) Recipientes utilizados para a determinação da massa específica, (b) Pesagem do agregado seco (c) Pesagem do agregado composto com água. Fonte: Laise Quemel.



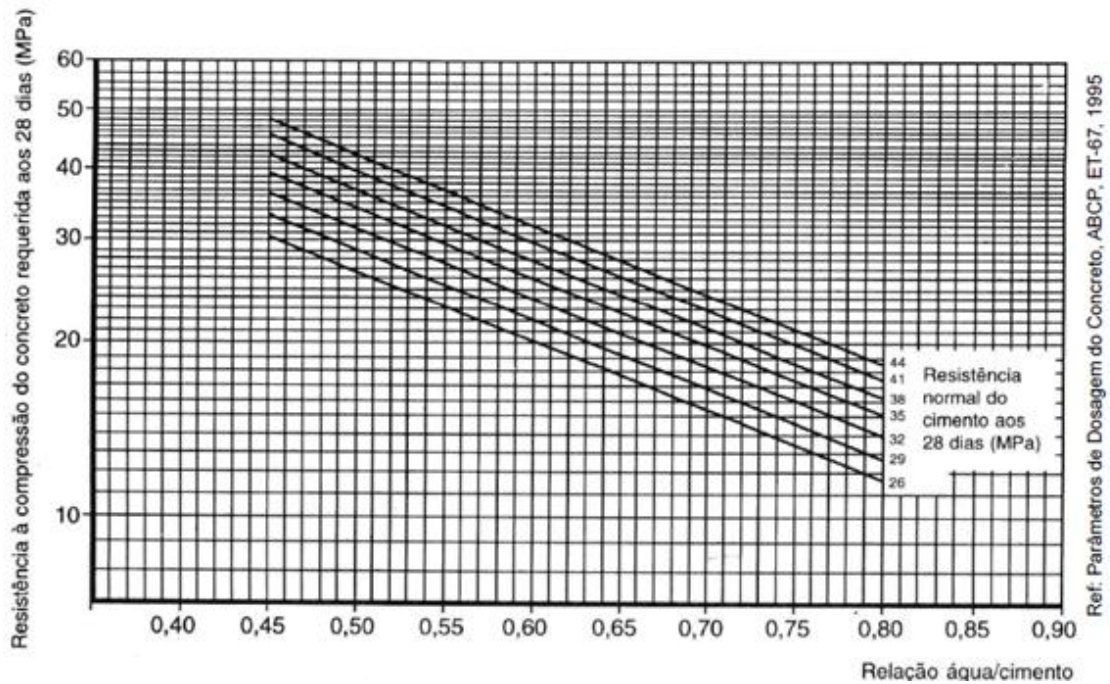
### 3.2.2 Dosagem Do Concreto

Com a detenção dos valores de caracterização calculou-se o traço do concreto a ser confeccionado, através do que demanda o procedimento da ABCP/ACI, que tem metodologia específica e traduz as peculiaridades de cada material em um traço proporcional para composição do concreto.

Dosar um concreto no laboratório consiste em determinar as quantidades de cimento, água e agregados previamente estudados e em proporções convenientemente adequadas para que se atinja a resistência desejada.

A partir da resistência determinada no estudo, associa-se ao gráfico das curvas Abrams do cimento e retira-se o valor da relação água/cimento. Para tanto faz-se o encontro do  $F_{ck}$  com a projeção do tipo de cimento utilizado (linha em diagonal) e transporta-se para o eixo X encontrando-se o valor da relação água/cimento (Figura 14).

Fig. 14 - Gráfico de curvas Abrams do cimento. Fonte: ABCP, 1995.



Para se determinar o consumo de água ( $C_a$ ), tem-se na tabela 02 o cruzamento entre o teste de SLUMP, ou abatimento (em mm) e o diâmetro máximo do agregado, já previstos na caracterização do material.

Tabela 02 – Consumo de água aproximado ( $l/m^3$ ).

Abatimento (mm)	CONSUMO DE ÁGUA APROXIMADO ( $l/m^3$ )				
	D <sub>máx</sub> agregado graúdo (mm)				
	9,5	19,0	25,0	32,0	38,0
40 a 60	220	195	190	185	180
60 a 80	225	200	195	190	185
80 a 100	230	205	200	195	190

Para a determinação do consumo do cimento ( $C_c$ ), obedecemos a seguinte fórmula:

$$C_c = \frac{C_a}{a/c}$$

$$C_c = kg/m^3$$

Para a determinação do consumo de agregado graúdo ( $C_g$ ), a tabela 03 pede diâmetro máximo e módulo de finura de cada material, ambos já previamente tabelados na caracterização do material.



Tabela 03 – Teor de agregado graúdo

Módulo de Finura	Dimensão máxima (mm)				
	9,5	19,0	25,0	32,0	38,0
1,8	0,645	0,770	0,795	0,820	0,845
2,0	0,625	0,750	0,775	0,800	0,825
2,2	0,605	0,730	0,755	0,780	0,805
2,4	0,585	0,710	0,735	0,760	0,785
2,6	0,565	0,690	0,715	0,740	0,765
2,8	0,545	0,670	0,695	0,720	0,745
3,0	0,525	0,650	0,675	0,700	0,725
3,2	0,505	0,630	0,655	0,680	0,705
3,4	0,485	0,610	0,635	0,660	0,685
3,6	0,465	0,590	0,615	0,640	0,665

Para tanto, preenche-se a fórmula:

$$Cag = Vag \cdot \delta$$

$$Cag = kg/m^3$$

Onde:

$Vag$  = teor do agregado graúdo;

$\delta$  = massa unitária

Para a determinação do consumo de agregado miúdo ( $C_m$ ), no caso, a areia, temos primeiramente que encontrar o seu volume ( $V_m$ ). Este se dá através da relação entre os já conhecidos valores de consumo de cimento, agregado graúdo e água e suas respectivas massas específicas.

$$Vm = 1 - \left( \frac{Cc}{Yc} + \frac{Cag}{Yag} + \frac{Ca}{Ya} \right)$$

Logo,  $Cm = Vm \cdot Ym$

Com os valores de consumo em mãos, têm-se a elaboração do traço, que se apresenta da seguinte forma:

Cimento: Areia: Agregado graúdo: Água

Cc: Cm: Cag: Ca

FIG 15 - Material dosado para o concreto. Fonte: Laise Quemel.



Com o resultado do traço, dá-se a confecção do concreto e faz-se a mistura em betoneira para, posteriormente, iniciar os ensaios mecânicos.

### **3.2.3 Ensaio mecânicos**

A massa realizada em betoneira, segue a sequência: agregado graúdo, agregado miúdo, 50% da água, cimento, 50% restante da água e mistura-os durante aproximadamente 5 minutos.

FIG. 16 - Material na betoneira. Fonte: Laise Quemel.



Após o processo de mistura do concreto, se inicia os estudos de ensaios mecânicos. Estes são ensaios, respectivamente, de trabalhabilidade e resistência do concreto e são feitos

ora com o concreto recém misturado, ora com o concreto em estado sólido, enrijecido no ambiente de trabalho e no período que almeja a pesquisa:

O Teste de abatimento (ABNT NBRNM 67:1998) é um teste feito com o concreto ainda fresco e implica na utilização de uma fôrma cônica chamada SLUMP.

Este método consiste em avaliar a consistência do concreto, sendo que esta está relacionada à mobilidade da massa e a coesão dos componentes, e quanto mais se utiliza água, mais se interfere na plasticidade do concreto.

Segundo a metodologia descrita, coloca-se o concreto em uma fôrma cônica em três camadas e faz-se o adensamento com uma barra de ferro e 25 golpes manuais. Retira-se o molde e mede-se a diferença entre a altura do molde e a altura da massa de concreto.

FIG. 17 – (a) Teste de abatimento - Slump Test, (b) Teste de abatimento - Slump Test . Fonte: Laise Quemel



(a)



(b)

FIG. 18 – (a) Teste de abatimento – concreto com seixo lavado, (b) Teste de abatimento – concreto com seixo in natura. Fonte: Laise Quemel.



(a)



(b)

Respectivamente compõe-se o teste de resistência (ABNT NBR 5739:2007), que é um teste feito com o concreto em estado sólido para mensurar sua resistência à compressão e se faz em datas alternadas, durante a vigência da ‘cura’ do concreto, que é de 28 dias.

Para que o teste aconteça, é necessário que se moldem corpos de prova, que posteriormente serão submetidos à máquina compressora e rompidos conforme as datas pedidas no estudo.

Para esta pesquisa, foram confeccionados 20 corpos de prova: 10 do seixo lavado e 10 do seixo in natura, com diâmetro de 10cm e altura de 20cm.

FIG. 19 – (a) Fôrmas para os corpos de prova, (b) Vibração do concreto dentro das fôrmas de corpos de prova.  
Fonte: Laise Quemel



(a)



(b)

Depois de preenchidas as fôrmas, o concreto foi vibrado afim de evitar vazios que comprometessem a resistência da estrutura.

Após a confecção dos corpos, estes foram deixados para enrijecer no ambiente. Com 24 horas, foram desformados e iniciou-se o processo da cura. Eles ficam imersos em água até o dia estipulado para rompimento, no caso, 3°, 7°, 14° e 28° dias.

Quando submetidos à ensaio de compressão simples, determina-se a carga de ruptura do corpo de prova, a tensão de ruptura á a razão entre a carga e a área do corpo de prova, identificando-se os valores de resistência à compressão.

Os corpos-de-prova cilíndricos foram ensaiados, em uma máquina, marca EMIC, com aquisição automática dos dados de cargas e deformações, usando uma célula de carga de capacidade de 5.000,00 KN. A figura 20 apresenta um esquema do ensaio.

FIG 20 – Esquema do ensaio de resistência à compressão. Fonte: Arquivo Pessoal.

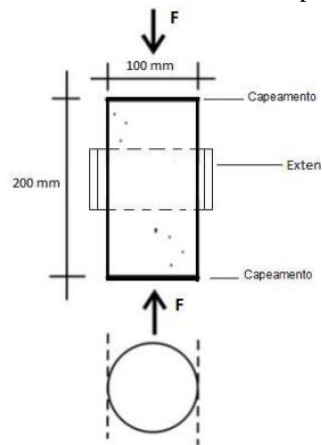


FIG. 21 – (a) Corpos de prova prontos para o rompimento, (b) Altura dos corpos de prova – 20cm, (c) Diâmetro dos corpos de prova – 10cm. Fonte: Laise Quemel.



(a)



(b)



(c)

Foi estipulado que se atingisse uma resistência de 25Mpa até os 28 dias de cura. Os resultados dos rompimentos foram tabelados e apresentados em forma da dissertação que agora se aprecia.



FIG 22 – Máquina de compressão para mensurar a resistência dos corpos de prova. Fonte: Laise Quemel, 2015.



## 4. RESULTADOS E ANÁLISES

### 4.1 Caracterização Dos Materiais

#### 4.1.1 Cimento

Cimento tipo CP II-Z-32,  $\delta = 3100 \text{ kg/m}^3$ , produzido pela empresa nacional Cimento Nassau e pela filial Itacimpa – Itaituba – PA, ensacado em Outubro de 2014, cujas características são apresentadas na Tabela a seguir:

Tabela 04 – Características e propriedades do cimento CII-Z-32 (Nassau, 2014).

CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES		Unidade	Valores
FINURA	Resíduo na peneira #75	%	$\leq 12$
	Área específica	$\text{m}^2/\text{Kg}$	$\geq 260$
TEMPO DE PEGA	Início	h:min	$\geq 1$
	Fim	h:min	$\leq 10(1)$
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (NBR 7215)	3 dias	MPa	$\geq 10$
	7 dias	MPa	$\geq 20$
	28 dias	MPa	$\geq 30$

#### 4.1.2 Areia

Para o ensaio de resistência foi utilizada areia com dimensões máximas dos grãos de 4,8 mm, massa específica saturada de 2624 Kg/m<sup>3</sup> e massa unitária no estado solto de 1551 Kg/m<sup>3</sup>.

#### 4.1.3 Agregados

Na primeira etapa, após a estufa, em que foram submetidos à secagem por 24 horas, caracterizou-se as propriedades do material.

Observou-se que o seixo in natura ficou muito retido nas peneiras mais finas (fundo, 0,15 e 0,075mm), como mostra a tabela 05, sendo estas amostras, descartadas para o uso.

Tabela 05 – Tabulação da análise granulométrica seixo in natura.

<b>SEIXO IN NATURA</b>			
<b>PENEIRA (mm)</b>	<b>AM 01 (g)</b>	<b>AM 02 (g)</b>	<b>AM 03 (g)</b>
12,5	5,785	0	9,838
9,5	17,822	26,75	26,828
6,30	173,841	117,59	181,031
4,80	156,666	122,98	156,715
2,40	463,932	439,66	486,234
1,20	113,507	148,04	89,859
0,60	11,079	17,18	8,027
0,30	10,835	18,10	8,479
0,15	28,653	65,54	24,926
0,075	16,266	33,09	7,718
FUNDO	1,509	10,40	0,341
	999,895	999,324	999,996

Para o seixo lavado, obteve-se menor porcentagem de material pulverulento, mas as porções retidas iniciaram a partir da peneira 9,5mm, divergente do ‘in natura’, que reteve logo na peneira 12,5mm, mostrando que o processo de lavagem, além de limpar o agregado das impurezas, acaba por diminuir sua secção.



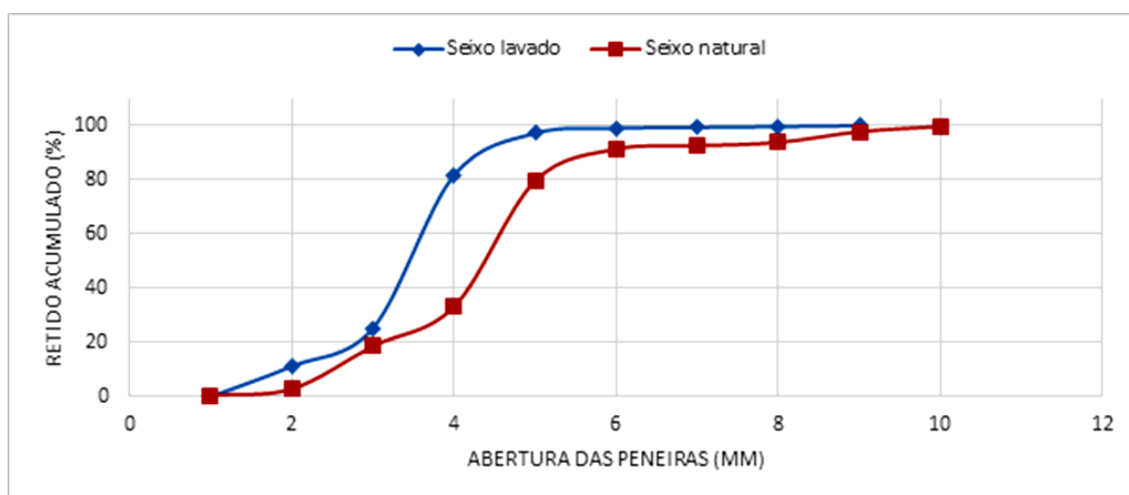
Na tabela 06 temos a amostragem de seixo lavado concentrado nas peneiras, comprovando a baixa incidência de material pulverulento e o início da retenção na peneira imediatamente mais fina que a do seixo in natura.

Tabela 06 – Tabulação da análise granulométrica seixo lavado

SEIXO LAVADO			
PENEIRA (mm)	AM 01 (g)	AM 02 (g)	AM 03 (g)
9,5	1,843	0	0
6,3	100,810	100,324	133,304
4,8	137,302	114,213	171,348
2,4	589,217	545,812	552,807
1,2	142,151	195,651	126,255
0,6	17,009	27,017	11,122
0,3	2,795	5,404	0,968
0,15	2,789	4,732	1,258
0,075	3,793	5,123	1,859
FUNDO	1,341	1,712	0,363
	999,050	999,988	999,284

A Figura 23 mostra a comparação granulométrica dos dois tipos de seixo, em que se percebe uma coincidência de curvas que ditam a predominância de grãos entre 5 a 10mm.

FIG.23 – Análise granulométrica dos seixos



Pela análise granulométrica do seixo in natura, temos uma frequência de material pulverulento e retido nas peneiras mais finas da sequência, além do fundo, o que demonstra realmente o grau de impurezas encontrados neste material.

Em contrapartida, ele fica retido logo na primeira peneira, atentando que sejam grãos maiores do que os do seixo lavado, que retém a partir da peneira 9,5mm.

Tabela 07 – Tabulação da análise granulométrica e percentuais retidos – seixo in natura

<b>SEIXO NATURAL</b>							
PENEIRA	AM 01 (g)	AM 02 (g)	AM 03 (g)	SOMA (g)	MÉDIA (g)	RETIDO (%)	ACUMULADO
12,5	5,785	0	9,838	15,623	5,208	0,52	0,52
9,5	17,822	26,75	26,828	71,396	23,799	2,38	2,90
6,30	173,841	117,59	181,031	472,465	157,488	15,75	18,65
4,80	156,666	122,98	156,715	436,357	145,452	14,55	33,20
2,40	463,932	439,66	486,234	1389,827	463,276	46,34	79,54
1,20	113,507	148,04	89,859	351,401	117,134	11,72	91,26
0,6	11,079	17,18	8,027	36,290	12,097	1,21	92,47
0,3	10,835	18,10	8,479	37,415	12,472	1,25	93,72
0,15	28,653	65,54	24,926	119,118	39,706	3,97	97,69
0,075	16,266	33,09	7,718	57,073	19,024	1,90	99,59
FUNDO	1,509	10,40	0,341	12,250	4,083	0,41	100,00
	999,895	999,324	999,996		999,738	100,00	

Tabela 08 – Tabulação da análise granulométrica e percentuais retidos – seixo lavado

SEIXO LAVADO							
PENEIRA	AM 01 (g)	AM 02 (g)	AM 03 (g)	SOMA (g)	MÉDIA (g)	RETIDO (%)	ACUMULADO
9,5	1,843	0	0	1,843	0,614	0,06	0,06
6,3	100,810	100,324	133,304	334,438	111,479	11,15	11,22
4,8	137,302	114,213	171,348	422,863	140,954	14,10	25,32
2,4	589,217	545,812	552,807	1687,836	562,612	56,29	81,61
1,2	142,151	195,651	126,255	464,057	154,686	15,48	97,09
0,6	17,009	27,017	11,122	55,148	18,383	1,84	98,93
0,3	2,795	5,404	0,968	9,167	3,056	0,31	99,23
0,15	2,789	4,732	1,258	8,779	2,926	0,29	99,53
0,075	3,793	5,123	1,859	10,775	3,592	0,36	99,89
FUNDO	1,341	1,712	0,363	3,416	1,139	0,11	100,00
	999,050	999,988	999,284		999,441	100,00	

O módulo de finura do seixo in natura é resultado da somatória dos acumulados nas peneiras da série normal (em destaque nas tabelas 07e 08) divididos por 100. A soma resultou em 490,78, logo o módulo de finura é de 4,9.

Para o seixo lavado, cuja somatória é de 501,77, o módulo de finura é de 5,0.

Os diâmetro máximos coincidem para os dois tipos de seixo e é o que fica 5% acumulado, ou logo abaixo disso. No caso, 9,5mm.

Para o cálculo da massa unitária do seixo in natura utilizou-se um frasco previamente mensurado com o volume de 2756,08cm<sup>3</sup> (V) e 4630g (M) do agregado, logo:

$$\delta = M \div V$$

$$\delta = 4630 \div 2756,08$$

$$\delta_{ag.in} = 1,68g/cm^3$$

E para o seixo lavado, em que se pesou 4403g (M) do agregado:

$$\delta = M \div V$$

$$\delta = 4403 \div 2756,08$$

$$\delta_{ag.lv} = 1,59g/cm^3$$

Para o cálculo da massa específica (NBR NM 53 – 2009) foi feita a pesagem de 500g (M) de agregado graúdo. Em seguida, chegou-se à medida de 860g (Pi) de água, no mesmo recipiente. Retirada a água, colocou-se no frasco os 500g do agregado e completou-se com água, atingindo a medida de 1170g (Pf) de conteúdo água + agregado, logo:

$$\gamma = M \div V$$

$$\gamma = M \div [(M+Pi)-Pf]$$

$$\gamma = 500 \div [(500+ 860 )- 1170 ]$$

$$\gamma_{ag.in} = 2,63g/cm^3$$

Para ambos foi encontrado o mesmo valor da massa específica.

#### 4.2 Dosagem

- Critério para Fixação da Resistência

$$F_{cj} = f_{ck} + 1,65 \times sd$$

$$F_{14} = 25 + 1,65 \times 5,5$$

$$F_{14} = 34,075Mpa$$

- Relação água/cimento, segundo a curva de Abrams:

$$a/c = 0,475$$

- Consumo de água, considerando-se slump de 70mm:

$$Ca = 225L/m^3$$

- Consumo do cimento (Cc), que é comum aos dois tipos de seixo:

$$C_c = \frac{C_a}{a/c} = \frac{225}{0,475}$$

$$C_c = 473,7 \text{ kg/m}^3$$

- Consumo de agregado graúdo tendo o teor de agregado tabelado em 0,465 para ambos os seixos, logo:

$$C_{ag} = V_{ag} \cdot \delta$$

$$C_{ag.in} = 0,465 \cdot 1680 \text{ kg/m}^3$$

$$C_{ag.in} = 781,20 \text{ kg/m}^3$$

$$C_{ag} = V_{ag} \cdot \delta$$

$$C_{ag.lv} = 0,465 \cdot 1590 \text{ kg/m}^3$$

$$C_{ag.lv} = 739,4 \text{ kg/m}^3$$

- Consumo de agregado miúdo (Cm):

$$V_m = 1 - \left( \frac{C_c}{Y_c} + \frac{C_{ag.in}}{Y_{ag}} + \frac{C_a}{Y_a} \right)$$

$$V_m = 1 - \left( \frac{473,7}{3100} + \frac{781,2}{2630} + \frac{225}{1000} \right)$$

$$V_m = 1 - 0,68$$

$$V_m = 0,32 \text{ m}^3$$

$$V_m = 1 - \left( \frac{C_c}{Y_c} + \frac{C_{ag.lv}}{Y_{ag}} + \frac{C_a}{Y_a} \right)$$

$$V_m = 1 - \left( \frac{473,7}{3100} + \frac{739,4}{2630} + \frac{225}{1000} \right)$$

$$V_m = 1 - 0,65$$

$$V_m = 0,35 \text{ m}^3$$

Logo:

$$C_m = V_m \cdot \delta m$$

$$C_{m1} = 0,32 \cdot 1551 \text{ kg/m}^3$$

$$C_{m1} = 496,32 \text{ kg/m}^3$$

$$C_m = V_m \cdot \delta m$$

$$C_{m2} = 0,35 \cdot 1551 \text{ kg/m}^3$$

$$C_{m2} = 542,85 \text{ kg/m}^3$$

- Apresentação do traço: Cimento: Areia: Agregado: Água

$$\frac{C_c}{C_c} : \frac{C_m}{C_c} : \frac{C_{ag}}{C_c} : \frac{C_a}{C_c}$$

- Para o seixo in natura: 1 : 1,05 : 1,65 : 0,475
- Para o seixo lavado: 1 : 1,15 : 1,56 : 0,475

### 4.3 Ensaio Mecânicos

O ensaio de trabalhabilidade do concreto, determinado através do “slump” foi satisfatório para o seixo lavado, pois a uniformidade e consistência do cone atingiu o desnível de 5cm, ou 50mm, semelhante ao concreto feita com a brita da região, sendo que os cálculos foram feitos considerando slump a 70mm.

FIG 24 – (a) Resultado do teste de slump – seixo lavado, (b) – 1º Resultado do teste de slump – seixo in natura. Fonte: Laise Quemel.



(a)



(b)

Para o seixo in natura, obteve-se um concreto mais plástico e o primeiro teste de slump não foi satisfatório, como apresenta a Figura 24.

O teste de abatimento deste seixo foi superior a 15cm, ou 150mm, e, portanto, adicionou-se 1kg de cimento para que se pudesse atingir uma trabalhabilidade próxima à requerida para os cálculos (70mm).

FIG 25 – 2º Resultado do teste de slump – seixo in natura. Fonte: Laise Quemel



Com este acréscimo de cimento, obteve-se o slump de 90mm, sustentando a consistência deste concreto a partir da adição de material aglomerante.

Para o ensaio de resistência à compressão, foram preparados 20 corpos de prova, 10 com o seixo fino lavado e 10 com o seixo fino in natura e decidido que os rompimentos aconteceriam no 3º, 7º, 14º e 28º dias, com dois exemplares de cada seixo, o que traria a resistência real do concreto, atingido aos 28 dias de cura.

Estes ficaram imersos em água durante o período que antecedeu suas respectivas rupturas.

FIG 26 – (a) Aparelho de compressão para teste de resistência de concreto, (b) Corpo de prova rompido. Fonte: Laise Quemel, 2015.



(a)



(b)

As Tabelas 09 e 10e o gráfico 03 apresentam os resultados dos ensaios mecânicos dos seixos em quatro dias de rompimento, respectivamente.

Tabela 09 – Tabulação da análise da resistência à compressão – seixo in natura

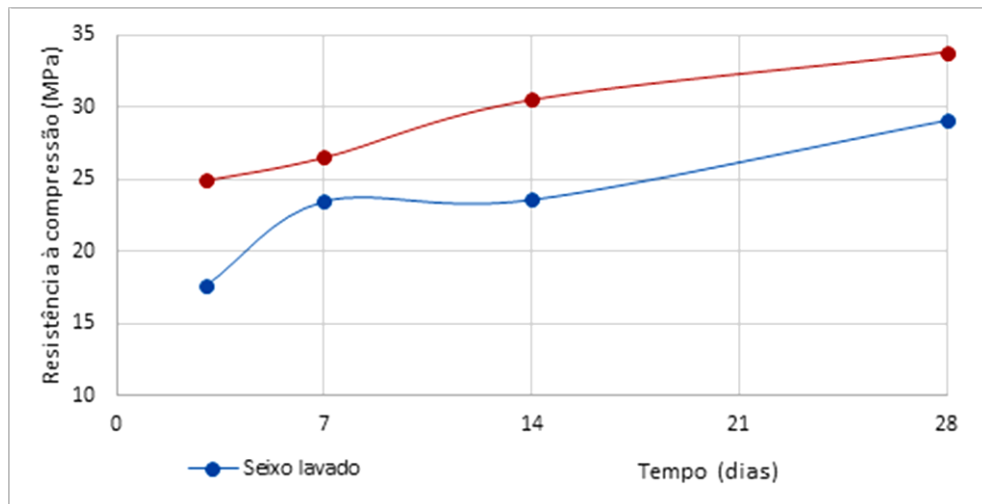
<b>ANÁLISE DE SEIXO FINO IN NATURA</b>				
CP'S	SLUMP	IDADE	KN	MPA
CP01	70	3	207,815	26,473
CP02	70	3	183,196	23,337
CP03	70	7	214,224	27,290
CP04	70	7	201,883	25,718
CP05	70	14	239,938	30,565
CP06	70	14	239,264	30,480
CP07	70	28	260,077	33,131
CP08	70	28	271,384	34,571



Tabela 10 – Tabulação da análise da resistência à compressão – seixo lavado

ANÁLISE DE SEIXO FINO LAVADO				
CP'S	SLUMP	IDADE	KN	MPA
CP01	70	3	141,440	18,018
CP02	70	3	134,815	17,174
CP03	70	7	187,573	23,895
CP04	70	7	180,739	23,024
CP05	70	14	208,236	26,527
CP06	70	14	161,897	20,624
CP07	70	28	236,840	30,171
CP08	70	28	219,860	28,008

FIG. 27 – Análise da resistência à compressão dos seixos.



Nota-se que o seixo in natura atingiu uma resistência superior ao seixo lavado desde o 3º dia, estendendo-se até o 28º. Essa resistência se dá ou pela forte presença de argila e pó, que, reagindo com a água, acabam criando uma liga entre os grãos, acentuando a plasticidade e aumentando a resistência. Não deve se ocultar o fato do acréscimo do aglomerante quando do teste slump, na fase inicial do processo. Esse aumento também pode ter influenciado nas características do concreto.

## 5. CONCLUSÃO

O uso do material ‘quebradinho’ em construções civis no município de Santarém já foi bem difundido na região. O item é requisitado ora como agregado miúdo, ora como graúdo, de concretos que requerem menor resistência.

Em um âmbito geral, conclui-se que a utilização deste é economicamente viável, pois pode ser comercializado no município a baixo custo, tanto com transporte, quanto com aquisição, e, considerando os resultados obtidos pelos ensaios mecânicos, este também é eficaz no quesito resistência.

Todos os corpos de prova que foram moldados com os traços de concreto calculados na pesquisa apresentaram resultados satisfatoriamente dentro das normas de resistência entre o 3º e o 28º dias. Como o estudo foi direcionado à resistência à compressão, o traço se mostrou eficaz, no entanto, torna-se necessário um estudo mais profundo quanto à absorção de água e durabilidade

A vantagem comercial do quebradinho como opção de agregado graúdo à brita advém da redução de gastos, pois o preço do metro cúbico de seixo fino tem um custo cerca de quatro vezes mais barato que o metro cúbico da brita, e a questão de prazos de entrega é imediata, em contradição à brita, que tem estoque renovado semanalmente.

Mesmo com o gasto tido com o acréscimo do aglomerante (para se obter a trabalhabilidade), ainda assim, mantém-se o custo-benefício da obra e a qualidade do concreto.

Não foi aprofundada a questão ambiental e a degradação advinda da extração na pesquisa, pelo fato de que o material ainda é abundante e necessário no município. Novos estudos podem advir deste aqui apresentado, como forma de minimizar impactos e estudar novos materiais alternativos na concepção de viabilidade em obras da construção civil.

## 6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Ensaio de Compressão de Corpos-de-prova Cilíndricos de Concreto. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: Solo – Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7217**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7251**: Agregados em estado solto. Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

ACI 318 – AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Reliability- based Calibration of Design Code for Concrete Structures. The Board of Regents of the University of Nebraska. 2007.

CEB-FIP -COMITE EURO-INTERNATIONAL du BETON (CEB) e FÉDÉRATION INTERNATIONALE DE LA PRÉCONTRAINTE (FIP). Design Code. Lausanne: CEB, p. 437, 1997. **CEB-FIP Bulletin 53** – Model code for structural concrete: textbook on behaviour, design and performance. Volume 3: Design of durable concrete structures. Lausanne, p. 390, 2009.

HOFF, G. C. **Guide for the use of low-density concrete in civil works projects. Innovations for navigation projects research program.** U.S. Army Corps of Engineers, Washington – DC, 2002.

ROSSIGNOLO, J. A. **Concreto leve de alto desempenho modificado com SB para pré – fabricados esbeltos**: Dosagem, produção, propriedades e microestrutura. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo - USP, São Carlos - SP, 211p, 2003.

ROSSIGNOLO, J. A., AGNESINI, M. V. C. **Concreto leve estrutural**. In: ISAIA; G. C. (Ed.) Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. São Paulo: IBRACON, v.02, p. 1333-62, 2005.

ROSSIGNOLO, J. A. **Concreto leve estrutural**: Produção, propriedades, microestrutura e aplicações. São Paulo: Ed. PINI, 2009a.