

**JACKSON KENGOU INOUE**

**USO DE FINOS DE PEDREIRA, GERADOS NO PROCESSO DE  
BRITAGEM COM BRITADOR DE IMPACTO VERTICAL (VSI), EM  
ARGAMASSAS**

**São Paulo  
2007**

**JACKSON KENGOU INOUE**

**USO DE FINOS DE PEDREIRA, GERADOS NO PROCESSO DE  
BRITAGEM COM BRITADOR DE IMPACTO VERTICAL (VSI), EM  
ARGAMASSAS**

Trabalho de Formatura em Engenharia de  
Minas do curso de graduação do Departamento  
de Engenharia de Minas e de Petróleo da  
Escola Politécnica da Universidade de São  
Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Lindolfo Soares

**São Paulo  
2007**

EPMI  
TF-2007  
Influ  
Sipeno 1667116

142007F

DEDALUS - Acervo - EP-EPMI



31700006123

### FICHA CATALOGRÁFICA

**Inoue, Jackson Kengou**

**Uso de finos de pedraira, gerados no processo de britagem com britador de impacto vertical (VSI), em argamassas / J.K. Inoue. — São Paulo, 2007.**

**32 p.**

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.**

**1.Caracterização tecnológica de minérios 2.Finos de pedraira (Aplicações) 3.Materiais de construção I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo II.t.**

### **Agradecimentos**

Ao professor Lindolfo, por ser o meu orientador e um grande amigo

Ao Pedro Bilesky, por me ajudar no Trabalho de Formatura

Ao pessoal do LMCC do IPT que me auxiliaram nos ensaios

Ao Laboratório de Caracterização Tecnológica do PMI

Aos amigos do “Pet” pelos anos de apoio à minha formação

Aos meus pais que me deram a sustentação para cumprir o curso

E à minha esposa que me apoiou e me incentivou nas horas mais difíceis

## **Resumo**

Este trabalho estuda e discute o uso de dois tipos de finos de pedreira comercialmente chamados de "Areia de Brita" e "Pó de Pedra" gerados no processo de britagem, com britador de impacto vertical (VSI), sem a lavagem do material pulverulento, em argamassas. Esses materiais são produzidos e comercializados por uma pedreira de rocha gnáissica da Região Metropolitana de São Paulo.

Primeiramente foram feitos ensaios de caracterização tecnológica dos agregados, tanto física como química.

Depois se realizou ensaios de consistência das argamassas com três traços para cada agregado com o objetivo de achar as relações de água e cimento. Com as relações encontradas, prosseguiu-se com o ensaio de resistência à compressão para achar o traço ideal que desse a resistência numa faixa desejada com uma cura de sete dias. Paralelamente se fez o ensaio de reatividade álcali-agregado.

E finalmente, com esses traços se fez o ensaio de resistência de aderência à tração e se repetiu o ensaio de resistência à compressão. Os resultados encontrados foram satisfatórios, mas com alguns cuidados sobre o uso dessas argamassas ensaiadas.

Palavras-chaves: finos de pedreira, argamassa, construção civil, reação álcali-agregado, resistência à compressão.

## **Abstract**

This work study and discute the use of two types of stone quarry fines are commercially called "Sand of Rock" and "Powder of Stone" generated in the process of crushing, with Vertical Shaft Impact (VSI), without washing powder, mortars. These materials are produced and marketed by a quarry rock gnaissic of the Metropolitan Region of São Paulo.

First tests were done for characterization of technology clusters, both physically and chemically.

After held trials of consistency of mortars with three lines for each household in order to find the relationship of water and cement. With relations encountered, it continued with the test for resistance to compression to find the trace of that ideal that the resistance in a desired track with a cure for seven days. Alongside was a test for reactivity alkali-aggregate.

And finally, with these traits became the test of strength of adhesion to pull and whether repeated the test of resistance to compression. The results were found satisfactory, but with some care on the use of mortars tested.

Key-words: stone quarry fines, mortar, civil construction, alkali-aggregate reaction,

## Sumário

1 Introdução .....	1
2 Definições de conceitos e revisão bibliográfica.....	1
3 Materiais .....	2
4 Metodologia adotada nos ensaios técnicos.....	2
4.1 Amostragem .....	2
4.2 Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório e homogeneização .....	3
4.3 Determinação da absorção de água.....	4
4.4 Determinação da massa unitária e do volume de vazios .....	5
4.5 Determinação do material fino que passa através da peneira 75 $\mu\text{m}$ , por lavagem.....	6
4.6 Determinação de impurezas orgânicas .....	6
4.7 Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis.....	7
4.8 Determinação da massa específica e massa específica aparente.....	7
4.9 Determinação da composição granulométrica .....	8
4.10 Preparo da mistura e determinação do índice de consistência.....	9
4.11 Determinação da densidade de massa no estado fresco .....	10
4.12 Determinação da resistência à compressão .....	11
4.13 Determinação da resistência potencial de aderência à tração .....	12
4.14 Determinação da reação álcalis/agregado (Standard test method for potential alkali reactivity of aggregates) .....	15
5 Resultados obtidos .....	17
5.1 Caracterização química e mineralógica.....	17
5.2. Caracterização física.....	18
5.3 Granulometria.....	19
5.4. Resultado do ensaio de reatividade.....	21
5.5 Resultado do ensaio de consistência das argamassas .....	22
5.6 Resultado do ensaio de resistência à compressão .....	23
5.7 Resultado do ensaio de resistência potencial de aderência à tração .....	24
6 Conclusões e sugestões para trabalhos futuros.....	26

## **1 Introdução**

A Região Metropolitana de São Paulo é o maior pólo consumidor de agregados do país e para o final 2007 temos uma previsão de aproximadamente 29 milhões de toneladas de brita consumida (SINDIPEDRAS, 2007). Da produção originada da britagem de rocha, entre 5 a 10% do volume, em média, correspondem aos finos de pedreira (FUJIMURA, 1995).

Os finos de pedreira, que são gerados desde o desmonte da rocha até a sua cominuição em britadores, acarretam vários problemas ambientais como assoreamento de drenagens, material particulado suspenso por ventos (poluição do ar), sem contar que ocupam grandes áreas para o seu estoque gerando um desconforto visual, já que não apresentam um mercado consumidor constante. Parte também é consumida através da constituição de outros produtos como o Pedrisco Misto, Bica Corrida, Brita Graduada Simples (Areia & Brita nº 38, 2007) .

Existem processos de produção de areia artificial a partir da utilização de britadores de impacto vertical (VSI), pois são comprovados que estes tipos de britadores, além de melhorarem a distribuição granulométrica, produzem agregados de alta qualidade, especialmente no que se refere a cubicidade do produto, mas possuem como características gerar maiores porções de finos do que os cônicos e de mandíbulas (Areia & Brita nº 38, 2007).

Entretanto, em muitos casos, por uso desse método de produção de areia, parte do material sofre descarte através do peneiramento a úmido que retira a fração abaixo de 75  $\mu\text{m}$  (Mesh Tyler 200#), sendo depositada em tanques de decantação ou bacias de rejeito.

Então seria muito interessante a utilização dos chamados finos de pedreira sem a lavagem, ou seja, sem o descarte do material inferior a abertura de 75  $\mu\text{m}$ , para diminuir ou, até mesmo, ausentar a necessidade da utilização de áreas para tanques de decantação que, conseqüentemente, evitaria um grande consumo de água.

## **2 Definições de conceitos e revisão bibliográfica**

Apresentam-se a seguir alguns conceitos relacionados aos materiais a serem ensaiados, pois há muitas discrepâncias entre a nomenclatura técnica e a mercadológica vigente.

Finos de pedreira podem ser considerados como materiais resultantes dos processos de cominuição de rochas e apresentam granulometria inferior a 4,8 mm (FUJIMURA, 1995). Vale para a Areia de Brita e para o Pó de Pedra, com um cuidado na definição deste, pois muitos autores consideram pó de pedra como material abaixo de 75  $\mu\text{m}$ , mas que neste trabalho será tratado como abaixo de 4,75 mm, por ser a nomenclatura designada pela pedreira.

Os materiais (a serem) ensaiados serão utilizados como agregado miúdo em argamassas. Pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2005c), agregado miúdo é aquele cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na malha de abertura 150 $\mu\text{m}$  e (ABNT, 2005b) argamassa é a mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) e água, contendo ou não, aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada).

Como dados comparativos temos D'Agostino (2004) com o seu trabalho sobre "Uso de finos de pedra no preparo de argamassa de assentamento" que discute e compara o comportamento de argamassas mistas (cimento, cal e agregado miúdo) compostas por duas areias geradas por britagem e uma aluvionar, mas aquelas sofreram a retirada do material pulverulento (abaixo de 75 µm). Em outro trabalho, Neves (2001) faz a utilização de outros finos de pedra, sem a retirada do pulverulento, em concreto pré-misturado com uma análise técnica e econômica.

### **3 Materiais**

Os dois materiais que serão caracterizados e analisados em argamassa são finos de uma pedra da Região Metropolitana de São Paulo comercialmente denominados de:

Areia de Brita: material gerado integralmente pelo britador de impacto vertical da marca Barmac;

Pó de Pedra: material composto pelo que passou pelo britador Barmac e uma pequena parcela de finos de outros processos.

O tipo de argamassa a ser ensaiada é composta, simplesmente, por agregado miúdo e cimento. No caso, o tipo de cimento empregado foi o CP V-ARI-RS, que é designado de alta resistência inicial, pois os ensaios de resistência à compressão demandariam muitos dias de cura para o seu término se utilizássemos outros tipos de cimento.

### **4 Metodologia adotada nos ensaios técnicos**

Os ensaios laboratoriais referentes à caracterização dos agregados e das argamassas foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC) do Centro de Tecnologia de Obras de Infra-estrutura (CT-Obras) do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), e regidos pelas normas vigentes nacionais, como as da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e as internacionais, no caso as da Norma Mercosul e a americana American Society for Testing and Materials.

#### **4.1 Amostragem**

Com a impossibilidade da amostragem ser feita em transportadores contínuos, por motivos de prazo, praticidade e disponibilidade, optou-se pela amostragem em pilhas.

Foi coletada uma amostra de cada produto (Areia de Brita e Pó de Pedra) com o devido cuidado para minimizar o efeito da "saia da pilha" (segregação do material mais grosso que permanece na superfície da pilha). Com um tubo de PVC de duas polegadas de diâmetro e de 2 m de comprimento foi utilizado como "extrado" para retirada do material mais interna à pilha, e profundidade alcançada foi de 60 cm em média.

A pilha de Areia de Brita (aproximadamente 3 m de altura) deve ser a que menos sofreu a influência da segregação do material mais grosseiro devido a uma pré mistura com pá carregadeira depois de ser descarregado por caminhões. Já para a amostragem do Pó de Pedra se

teve o cuidado de não coletar material próximo ao pico da pilha (aproximadamente 5 m de altura) por motivos de segurança. As coletas ocorreram em vários pontos espaçados sistematicamente nas pilhas.



Figura 1 – Pilha de Pó de Pedra



Figura 2 – Pilha de Areia de Brita

As massas coletadas dos produtos eram em torno de 85 kg cada, ensacadas e identificadas em embalagens plásticas e transportadas até o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo - IPT.

#### **4.2 Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório e homogeneização**

Para a redução da amostra, ou homogeneização, utilizou-se o procedimento C da norma “Redução da amostra de Campo para ensaios de Laboratório (ABNT, 2001c)” para ensaios em agregados e argamassa no Laboratório de Materiais de Construção Civil do IPT.

Optou-se por esse método devido às características dos materiais (agregado miúdo e apresentar umidade na superfície das partículas), e ainda por ser prático e simples.

Esta redução foi conduzida da seguinte forma:

Colocou-se a amostra de agregado miúdo, úmido, sobre uma superfície limpa e plana sem que ocorresse perda de material e contaminação;

Homogeneizou-se o material revolvendo toda a amostra três vezes;

Finalizando, juntou-se a amostra e, com auxílio da pá, depositou-se o material no topo do cone. O cone foi achatado a um diâmetro e altura aproximadamente iguais, pressionando-se para baixo o seu ápice com a pá;

A massa de amostra desejada foi obtida através de seis tomadas aproximadamente iguais, em locais escolhidos ao acaso e distribuídos na superfície do cone formado.

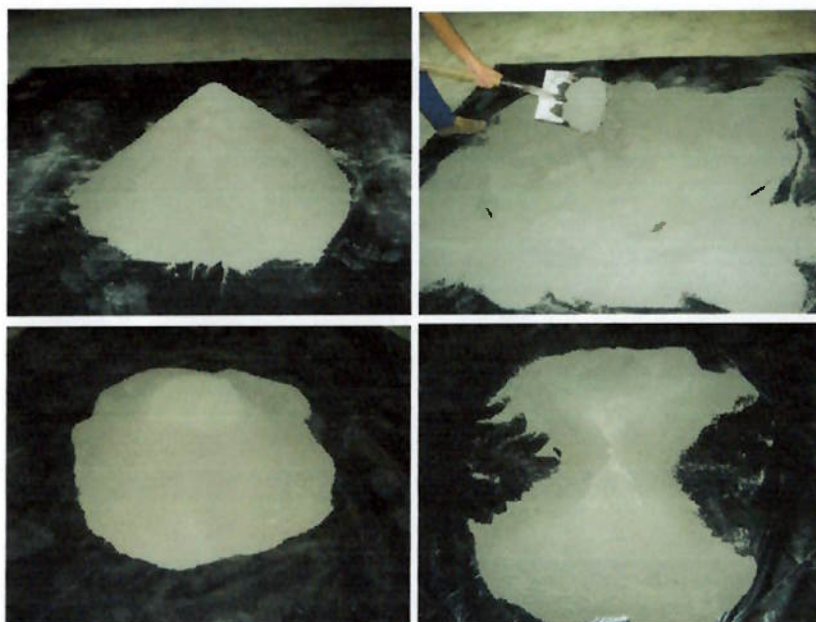


Figura 3 – Etapas da homogeneização da Amostra pelo método C

Já para os ensaios de difração de raio-x e análise química, a redução foi feita a partir de uma amostra de cada material do método anterior, por um separador mecânico do Laboratório de Tratamentos de Minérios do PMI a partir dos materiais secos em estufa.

#### **4.3 Determinação da absorção de água**

Absorção é o processo pelo qual um líquido é conduzido e tende a ocupar os poros permeáveis de um corpo sólido poroso, é também o incremento de massa de um líquido (água) em seus poros permeáveis, em relação a sua massa em estado seco.

Colocou-se aproximadamente um quilograma de agregado, seco em estufa, numa bandeja metálica e posteriormente colocou-se água até a completa imersão do agregado. Após vinte e quatro horas, retirou-se o material da água colocado sobre uma superfície plana, submetendo-o à

ação de uma suave corrente de ar quente, revolvendo a amostra com frequência para assegurar uma secagem uniforme. Prosseguiu-se a secagem até que agregado miúdo chegasse à condição saturado superfície seca (SSS), isto é, as partículas do agregado absorveram o máximo de água apresentando ainda a superfície seca.

Para saber se foi atingida a esta condição, colocou-se o material em um molde tronco-cônico (40mm e 90mm de diâmetro superior e inferior, respectivamente, e 75mm de altura), aplicando 25 golpes suaves para comprimir o agregado miúdo com uma haste de compactação (340g de massa e 25mm de diâmetro de superfície de compactação circular) e levantar verticalmente o cone. Se houver umidade superficial, ou seja, não chegou a situação SSS, o agregado se conservará com forma do molde caso contrário, ele já passou deste ponto. Foram feitas duas determinações para cada material.

Cálculo da absorção:

$$A = 100 \cdot (m_s - m) / m \quad (1)$$

Onde:

$A$  é a absorção de água, em porcentagem;

$m_s$  é a massa ao ar da amostra na condição saturado e de superfície seca, em gramas;

$m$  é a massa da amostra seca em estufa, em gramas.

#### 4.4 Determinação da massa unitária e do volume de vazios

Para a determinação da massa unitária, foram utilizados um recipiente (de aço em forma de paralelepípedo de volume e massa conhecidos), uma balança de precisão de 20 g e uma pá. Com os materiais secos em estufa, encheu-se o recipiente até que a mesma transbordasse, com a pá, despejando-se o agregado de uma altura inferior a 5 cm da borda superior do recipiente. Depois de nivelada com uma régua metálica a massa do conjunto foi anotada. Foram feitas três determinações para cada material.

Cálculo da massa unitária:

$$\rho_{ap} = (m_{ar} - m_r) / V \quad (2)$$

Onde:

$\rho_{ap}$  é a massa unitária do agregado, em quilogramas por metro cúbico;

$m_{ar}$  é a massa do recipiente mais o agregado, em quilogramas;

$m_r$  é a massa do recipiente vazio, em quilogramas;

$V$  é o volume do recipiente, em metros cúbicos.

Cálculo do índice de volume de vazios:

$$E_v = 100 \cdot [(d_1 \cdot \rho_w) - \rho_{ap}] / (d_1 \cdot \rho_w) \quad (3)$$

Onde:

$E_v$  é o índice de volume de vazios nos agregados, em porcentagem;

$d_1$  é a massa específica relativa do agregado seco determinada através do ensaio da NBR NM 52, em quilogramas por metro cúbico;

$\rho_w$  é a massa específica da água, em quilogramas por metro cúbico;

$\rho_{ap}$  é a massa unitária média do agregado, em quilogramas por metro cúbico.

#### 4.5 Determinação do material fino que passa através da peneira 75 $\mu\text{m}$ , por lavagem

Para determinar o material passante na peneira de 75 $\mu\text{m}$ , foi utilizada aproximadamente 500g de agregado seco em estufa. Este material foi colocado numa bacia e preenchida com água até cobri-lo. Depois foi agitada a amostra vigorosamente para que obtivesse a completa separação de todas as partículas mais finas que 75 $\mu\text{m}$  das maiores e para que o material fino ficasse em suspensão. Imediatamente, verteu-se a água de lavagem contendo os sólidos suspensos e dissolvidos sobre as peneiras (colocou-se uma peneira de 0,15mm antes da peneira de 75 $\mu\text{m}$  como proteção), evitando ao máximo a decantação das partículas mais graúdas da amostra. Repetiu-se a lavagem nove vezes até que a água vertida ficasse clara. Após esse processo, o material foi seco em estufa e anotado a massa. Foram feitas duas determinações para cada agregado.

Cálculo do material fino passante em 75 $\mu\text{m}$ :

$$m = 100 \cdot (m_i - m_f) / m_i (4)$$

Onde:

$m$  é a porcentagem de material mais fino que a peneira de 75 $\mu\text{m}$  por lavagem;

$m_i$  é a massa original da amostra seca, em gramas;

$m_f$  é a massa da amostra seca após a lavagem, em gramas.

#### 4.6 Determinação de impurezas orgânicas

Este ensaio tem por finalidade encontrar impurezas orgânicas por meio de determinação calorimétrica, mas não detecta outras substâncias orgânicas como os óleos, graxas e parafinas.

Foi adicionado num frasco Erlemeyer uma quantia de aproximadamente 200 g de agregado miúdo, seco ao ar, e 100  $\text{cm}^3$  de solução contendo 3% de NaOH. Esta mistura foi agitada vigorosamente e deixada em repouso durante 24 h em ambiente escuro.

Simultaneamente ao procedimento descrito, preparou-se uma solução padrão contendo 97  $\text{cm}^3$  da solução de NaOH e 3  $\text{cm}^3$  da solução de ácido tânico a 2%. Agitou-se e, durante o mesmo período, a solução ficou em repouso no mesmo ambiente.

Ao final do repouso, filtrou-se a solução contendo o agregado, recolhendo-a num tubo de ensaio, empregando papel de filtro.

A avaliação da quantidade de matéria orgânica foi procedida pela comparação com o frasco padrão, indicando se a cor é mais escura, mais clara ou igual.

#### 4.7 Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis

Argila e torrões friáveis são partículas nos agregados susceptíveis de serem desfeitas pela pressão entre os dedos polegar e indicador.

Para este ensaio, com a amostra seca em estufa, retirou-se 200 g de agregado passante em 4,75 mm e retido na 1,15 mm. Espalhou-se essa fração numa bandeja de maneira a identificar partículas com aparência de torrões de argila (o que não foi encontrado) e materiais friáveis, pressionando-as entre os dedos de modo a desfazê-las. Com isso feito, prosseguiu-se com o peneiramento na abertura 0,6 mm.

O cálculo realizado para esta determinação foi:

$$M_t = 100 \cdot (M_i - M_f) / M_i \quad (5)$$

Onde:

$M_t$  é o teor de argila em torrões e materiais friáveis, em porcentagem;

$M_i$  é a massa inicial da fração, em gramas

$M_f$  é a massa após o repeneiramento, em gramas.

#### 4.8 Determinação da massa específica e massa específica aparente

Massa específica é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, excluindo os poros permeáveis.

Massa específica aparente é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, incluindo os poros permeáveis.

Massa específica relativa é a relação entre a massa da unidade de volume de um material, incluindo os poros permeáveis e impermeáveis, a uma temperatura determinada, e a massa de um volume igual de água destilada, livre de ar, a uma temperatura estabelecida.

Colocou-se 500 g de agregado no estado SSS, descrito no procedimento do ensaio de absorção, em um “frasco aferido”, com massa conhecida, e registrou-se a massa do conjunto, depois se encheu o frasco até a marca de 500 ml movendo-o para a retirada das bolhas de ar e em seguida foi deixado em um banho mantido a temperatura constante de 24°C. Após uma hora, completou-se o frasco com água até a marca de 500 ml e determinada a massa total (frasco + agregado + água). Logo após, foi retirado o material do frasco e posto em estufa para secagem e posterior pesagem. Foram realizadas duas determinações para cada material.

Cálculo da massa específica aparente do agregado seco:

$$d_t = m / (V - V_a) \quad (6)$$

Onde:

$d_t$  é a massa específica aparente do agregado seco, em gramas por centímetro cúbico;

$m$  é a massa de amostra seca em estufa, em gramas;

$V$  é o volume do frasco, em centímetros cúbicos;

$V_a$  é o volume de água adicionada ao frasco, de acordo com a seguinte fórmula, em centímetros cúbicos:

$$V_a = (m_2 - m_1) / \rho_a \quad (7)$$

Onde:

$m_2$  é a massa do conjunto (frasco + agregado), em gramas;

$m_1$  é a massa total (frasco + agregado + água), em gramas;

$\rho_a$  é a massa específica da água, em gramas por centímetro cúbico.

Cálculo da Massa específica do agregado SSS:

$$d_2 = m_s / (V - V_a) \quad (8)$$

Onde:

$d_2$  é a massa do agregado SSS, em gramas por centímetro cúbico;

$m_s$  é a massa da amostra na condição SSS, em gramas;

$V$  é o volume do frasco, em centímetros cúbicos;

$V_a$  é o volume de água adicionada ao frasco, em centímetros cúbicos.

Cálculo da Massa Específica:

$$d_3 = m / [(V - V_a) - (m_s - m) / \rho_a] \quad (9)$$

Onde:

$d_3$  é a massa específica do agregado, em gramas por centímetro cúbico;

$m$  é a amostra da massa seca em estufa, em gramas;

$V$  é o volume do frasco, em centímetros cúbicos;

$V_a$  é o volume de água adicionada ao frasco, em centímetros cúbicos;

$m_s$  é a massa da amostra na condição SSS, em gramas;

$\rho_a$  é a massa específica da água, em gramas por centímetro cúbico.

#### 4.9 Determinação da composição granulométrica

Para a determinação da composição granulométrica foram utilizados um agitador mecânico de peneiras e um conjunto de peneiras (4,75mm; 2,36mm; 1,18mm; 0,6mm; 0,3mm; e 0,15mm). Foram feitas duas determinações para cada material, com uma massa de aproximadamente 300g e tempo de agitação de 15 minutos.



Figura 4 – Agitador mecânico de peneiras

#### 4.10 Preparo da mistura e determinação do índice de consistência

As misturas foram preparadas, tendo fixado as massas de cimento e agregado miúdo e acrescentando ou diminuindo a quantia de água a cada nova mistura até que chegasse a uma consistência com "flow" de  $(260 \pm 10)$  mm, da seguinte forma:

Primeiramente misturou-se água e cimento durante 30s no misturador mecânico na velocidade 1;

Depois, durante mais 30s, acrescentou-se o agregado mantendo o misturador na mesma velocidade;

Em seguida, mais 30s na velocidade 2, 90s de repouso e mais 60s na velocidade 2.



Figura 5 – Misturador mecânico

Preparada a massa, foi preenchido o molde tronco-cônico (figura 6) em três camadas sucessivas, com alturas aproximadamente iguais, aplicando em cada uma delas, respectivamente, 15, 10 e 5 golpes com o soquete, de maneira a distribuí-las uniformemente. Logo após, rasou-se com uma régua metálica o molde.

Acionado por uma manivela, a mesa para índice de consistência subiu e caiu 30 vezes (30 golpes) em 30s de maneira uniforme, sendo a queda de modo abrupto. Imediatamente após a última queda, mediu-se com um paquímetro o espalhamento do molde original da argamassa em

três diâmetros tomados em pares de pontos uniformemente distribuídos ao longo do perímetro. O resultado do índice é a média destas três medidas.



Figura 6 – Mesa de índice de consistência e argamassa sendo ensaiada

#### 4.11 Determinação da densidade de massa no estado fresco

Imediatamente após atingida a consistência desejada, introduziu-se suavemente porções de argamassa num recipiente calibrado ( $425\text{cm}^3$  de volume e  $184,8\text{g}$  de massa), formando três camadas de alturas aproximadamente iguais e em cada uma delas se aplicou 20 golpes com uma espátula na posição vertical. Terminando esta etapa, efetuou-se três quedas do recipiente com uma altura de aproximadamente 3 cm, ajudando a evitar vazios entre a argamassa e a parede do recipiente. Após rasar o recipiente com uma espátula, pesou-se o conjunto com o cuidado de não haver nenhuma partícula ou água aderida à parede externa.

Cálculo da densidade:

$$d = 1000 \cdot (m_c - m_v) / V_r \quad (10)$$

Onde:

$m_c$  é a massa do recipiente contendo a argamassa, em gramas;

$m_v$  é a massa do recipiente vazio, em gramas;

$V_r$  é o volume do recipiente, em centímetro cúbico.

#### 4.12 Determinação da resistência à compressão

Para a determinação da resistência à compressão, foram moldados 12 corpos-de-prova cilíndricos de 50mm de diâmetro e 100mm de altura, para cada traço determinado.



Figura 7 – Moldagem dos corpos-de-prova cilíndricos

Os moldes foram preenchidos com três camadas de argamassa, preparados como descrito na determinação do índice de consistência, com alturas aproximadamente iguais, aplicando-se 30 golpes com o soquete em cada camada. Em seguida, os corpos-de-prova ficaram em cura na câmara úmida durante 24h e, após esse período, foram retirados dos moldes e prosseguiu-se com o capeamento das faces superior e inferior, com uma mistura de enxofre e pozolana, para deixá-las planas para o ensaio.



Figura 8 – Corpos-de-prova cilíndricos capeados

Os corpos-de-prova de três e sete dias de cura voltaram para a câmara úmida e ficaram imersos em água até o dia do ensaio.

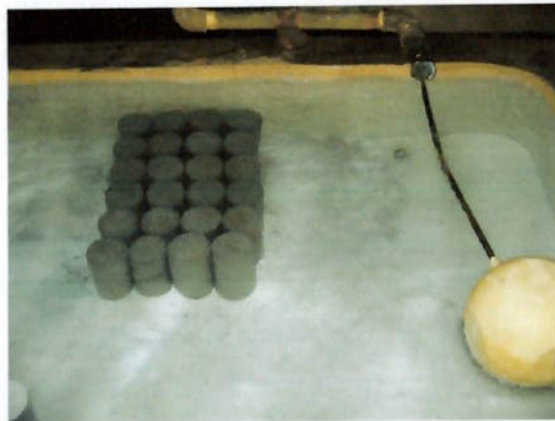


Figura 9 – Corpos-de-prova em cura imersa em água na câmara úmida

A determinação da resistência à compressão foi realizada em prensa hidráulica, com uma velocidade de carregamento de  $0,25 \pm 0,05$  MPa/s.



Figura 10 – Prensa hidráulica



Figura 11 – Corpo-de-prova em compressão

O cálculo da compressão é dado pela seguinte equação:

$$R_c = P / A \quad (11)$$

Onde:

$R_c$  é a resistência à compressão, em megaPascals;

$P$  é a carga de ruptura, em Newtons;

$A$  é a área da face circular do corpo-de-prova, em  $\text{mm}^2$ .

#### 4.13 Determinação da resistência potencial de aderência à tração

A resistência de aderência à tração é a tensão máxima aplicada por uma carga perpendicular da argamassa aplicada no substrato.

A preparação da argamassa é a mesma do ensaio de resistência à compressão. Ela é aplicada no substrato padrão com uma colher de pedreiro, primeiramente é feita uma camada de

aproximadamente 5 mm pressionando-a sobre o substrato, de forma a eliminar os vazios e garantir que toda a superfície esteja coberta. Imediatamente após a primeira camada, aplicou-se a segunda camada, pressionando novamente, deixando um ligeiro excesso de material. Logo após rasou-se a superfície com uma régua metálica, deixando um acabamento uniforme, porém evitando-se alisá-la, o que poderia gerar um acabamento queimado ou espelhado.

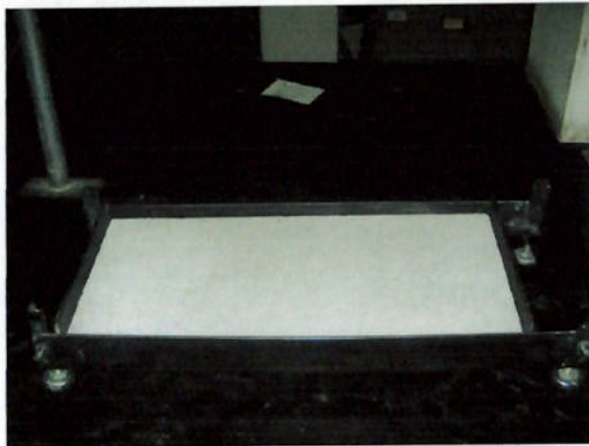


Figura 12 – Substrato padrão e molde

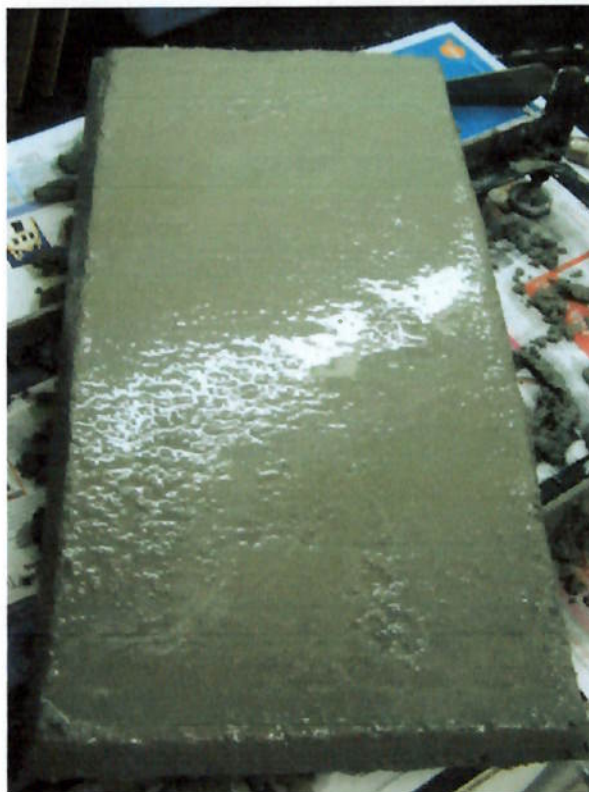


Figura 13 – Argamassa já aplicada no substrato

Após a estocagem de 6 dias nas condições ambientais do laboratório, executou-se o corte da argamassa, com uma coroa acoplada a uma furadeira (Figura 14), a uma profundidade de

aproximadamente 1mm para dentro do substrato com o cuidado de não prejudicar a integridade da argamassa. Em seguida, com a superfície livre de partículas descartáveis, colou-se as pastilhas com uma cola a base de resina epóxi para que no dia seguinte se realizasse o ensaio, aplicando uma carga constante, com um dinamômetro.



Figura 14 – Corte da argamassa com auxílio do gabarito



Figura 15 – Sequência do preparo das pastilhas até o ensaio potencial de aderência

O cálculo da resistência potencial de aderência é dada pela seguinte equação:

$$R_a = P / A \quad (12)$$

Onde:

$R_a$  é a resistência potencial de aderência à tração, em megapascals;

$P$  é a carga de ruptura, em newtons;

$A$  é a área da pastilha colada na argamassa, em mm<sup>2</sup>.

#### 4.14 Determinação da reação álcali/agregado pelo método acelerado (Standard test method for potential alkali reactivity of aggregates)

Esse método permite a avaliação do comportamento do agregado face a uma reação álcali-sílica. Tal reação acontece entre os álcalis do cimento e alguns minerais do grupo da sílica e alguns vidros naturais, se manifestando através da formação de géis de silicatos alcalinos nas bordas dos grãos de areia que, em contato com a água, podem exercer pressões hidráulicas superiores à resistência à tração do concreto provocando expansão.

Como este tipo de ensaio está relacionado com o tipo de mineral a ser ensaiado e sendo que os dois finos são da mesma pedreira (tanto o resultado da análise química, como o da difração de raio-x deram praticamente iguais para os dois materiais), optou-se em fazer apenas o da Areia de Brita.

Primeiramente são preparadas três barras de argamassa contendo uma relação de água cimento de 0,47 e frações fixas de cada faixa granulométrica como descrita na seguinte tabela:

Tabela 1 - Distribuição da granulometria do agregado a ser ensaiado

Faixa granulométrica (mm)	Porcentagem em massa
$4,75 \leq d \leq 2,36$	10
$2,36 \leq d \leq 1,18$	25
$1,18 \leq d \leq 0,6$	25
$0,6 \leq d \leq 0,3$	25
$0,3 \leq d \leq 0,15$	15

A moldagem é feita com todo o cuidado possível para não deixar espaços vazios ao redor dos pinos parafusados (figura 16), que são distanciados de 254 mm, e nem desloca-los das posições pré-determinadas, pois o cálculo da expansão terá como base a dilatação do material entre tais pinos. Após 24 horas de cura na câmara úmida, retirou-se o molde das barras com muita atenção sem danificar a região dos pinos. Tiraram-se as medidas entre os pinos e, em seguida, as barras foram imersas totalmente num recipiente metálico contendo água em temperatura ambiente para depois o conjunto todo ir a estufa a 80°C, paralelamente, foi preparado um outro recipiente contendo uma solução de NaOH com concentração de 1N que também foi para a estufa. No dia seguinte, no mesmo horário em que foram colocadas as barras na água, fizeram-se as medidas entre eles antes de passarem para o recipiente contendo a solução, denominados de medida L0. Foram feitas outras medidas nos dias subseqüentes ao L0 até o 14º dia na solução.

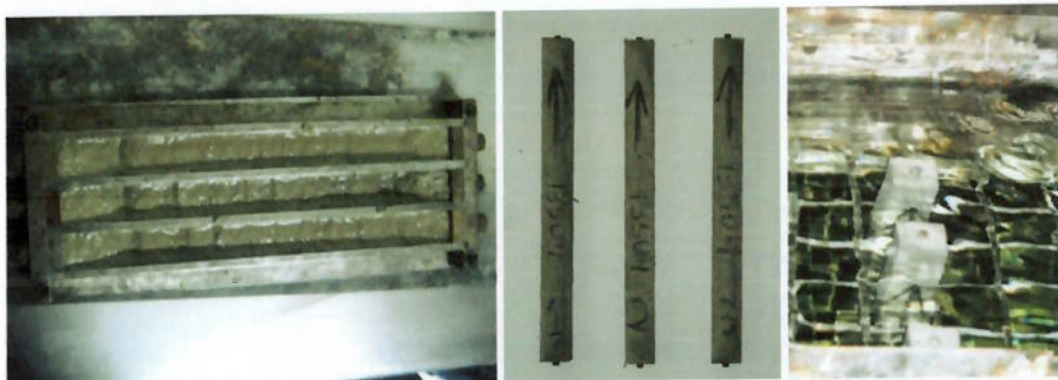


Figura 16 – Moldagem das barras de argamassa e imersão em ambiente agressivo

As medidas neste ensaio foram feitas através do medidor digital de 1 µm de precisão, como mostra a figura 17.



Figura 17 – Medidor digital da expansão de barras de argamassa

O cálculo da expansão dada pela seguinte equação:

$$E_{xp} = (L_n - L_0) / (d_{pinos} \cdot 10) \quad (13)$$

Onde:

$E_{xp}$  é a expansão da barra de argamassa, em porcentagem;

$L_n$  é a leitura após n dias na solução à 80°C, em µm;

$L_0$  é a leitura após transferir a barra da água para a solução, em µm;

$d_{pinos}$  é a distância interna às barras entre os pinos, em mm.

## 5 Resultados obtidos

### 5.1 Caracterização química e mineralógica

Os resultado da espectrometria de fluorescência de raios-x estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Resultados da análise química

Amostra	Areia de Brita	Pó de Pedra
SiO <sup>2</sup>	67,8	68,4
Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	13,7	13,6
Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	3,49	3,42
MnO	<0,10	<0,10
MgO	0,64	0,63
CaO	1,96	1,92
Na <sup>2</sup> O	3,01	2,96
K <sup>2</sup> O	5,75	5,70
TiO <sup>2</sup>	0,60	0,58
P <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	0,29	0,29
PF	1,56	1,51

Obs: Resultados em % de óxidos

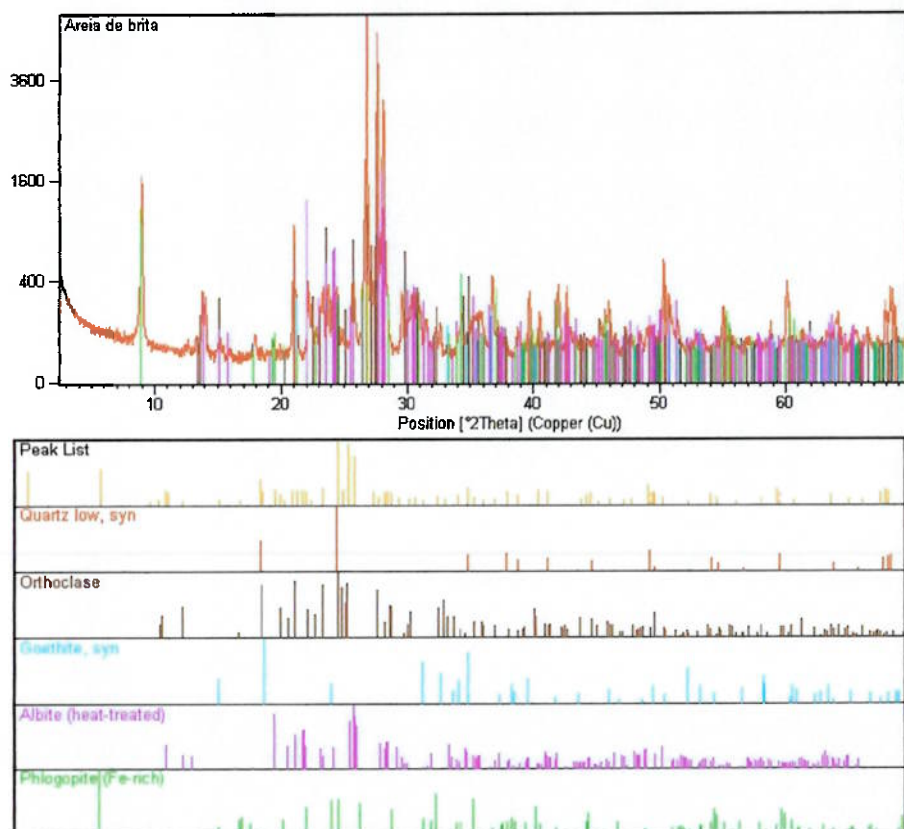


Figura 18 – Resultado da análise da difração de raio-x da Areia de Brita.

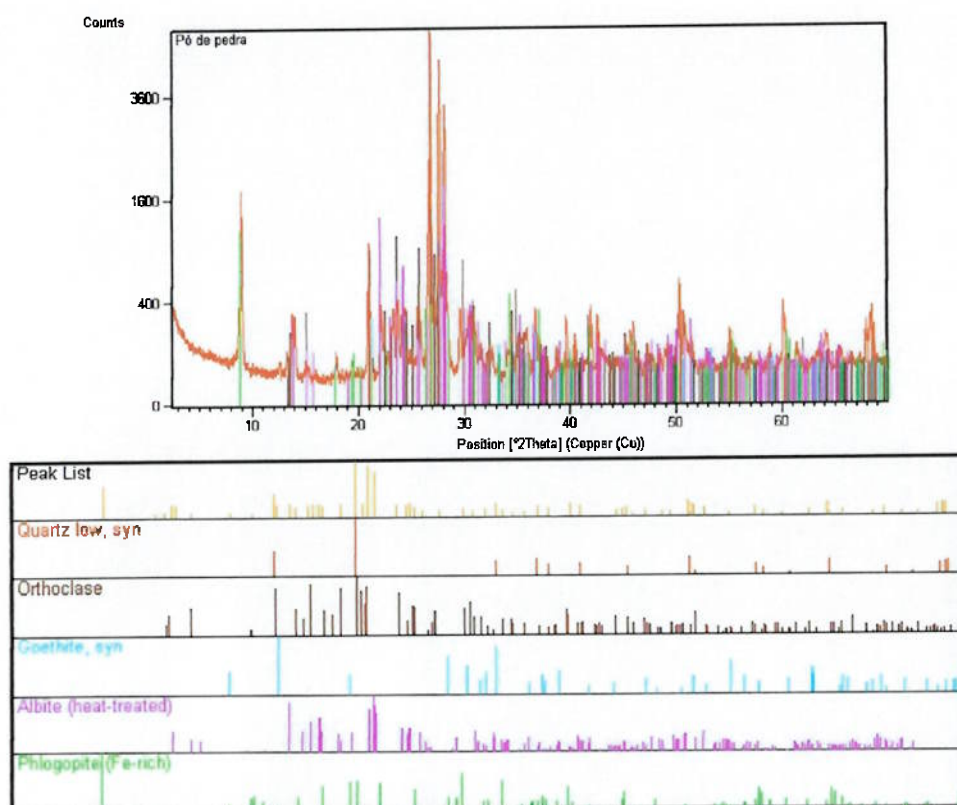


Figura 19 – Resultado da análise da difração de raio-x do Pó de Pedra.

Os principais minerais encontrados em ambas as amostras, pela difração de raio-x com o auxílio da análise química, são: quartzo, feldspatos (ortoclásio e a albite), mica (flogopita) e a goethita.

## 5.2. Caracterização física

Os resultados dos ensaios físicos em agregado miúdo, descritos anteriormente, estão reunidos na seguinte tabela para facilitar a comparação:

Tabela 3 – Características Físicas dos Agregados Miúdos

Característica	Agregado Miúdo	
	Areia de Brita	Pó de Pedra
Massa Unitária (kg/dm <sup>3</sup> )	1,63	1,66
Índice de vazios (%)	35,6	38,7
Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )	2,64	2,81
Absorção (%)	1,48	1,32
Matéria Orgânica	AUSENTE	AUSENTE
Materiais friáveis	AUSENTE	AUSENTE
Material Pulverulento (%)	14,9	14,3

Percebemos que as características dos dois materiais são muito parecidas e que, pelo fato de não sofrerem um peneiramento à úmido, apresentam uma porcentagem acima do limite dada

pela norma NBR-7211 – Agregado para concreto - Especificações (ABNT, 2005c), descrita na tabela 14.

**Tabela 4 – Limites de material pulverulento dadas pela ABNT**

Quantidade máxima relativa à massa do agregado miúdo (%) (ABNT, 2005c)	
Concreto submetido a desgaste superficial	10,0
Concreto protegido do desgaste superficial	12,0

Obs: Limites aplicados para materiais finos constituídos totalmente de grãos gerados durante a britagem de rochas.

### 5.3 Granulometria

As distribuições granulométricas dos finos analisados estão descritas nas tabelas 5 e 6:

**Tabela 5 – Resultados da Análise Granulométrica da Areia de Brita**

Areia de Brita - Composição Granulométrica			
Abertura (mm)	Média (%)	Acumulada (%)	
		retida	passante
6,3	0,0	0	100
4,75	0,8	1	99
2,36	19,4	20	80
1,2	18,8	39	61
0,6	13,1	52	48
0,3	11,4	63	37
0,15	10,6	74	26
<0,15	26,0	100	0
Módulo de Finura =		2,49	

**Tabela 6 – Resultados da Análise Granulométrica do Pó de Pedra**

Pó de Pedra - Composição Granulométrica			
Abertura (mm)	Média (%)	Acumulada (%)	
		retida	passante
6,3	0,0	0	100
4,75	0,7	1	99
2,36	20,5	21	79
1,2	18,8	40	60
0,6	12,6	53	47
0,3	11,3	64	36
0,15	10,9	75	25
<0,15	25,2	100	0
Módulo de Finura =		2,54	

O cálculo do módulo de finura é feito através da soma das porcentagens acumuladas em massa dividida por 100.

A dimensão máxima característica da Areia de Brita e do Pó de Pedra é 4,75 mm.

Pela seguinte tabela, podemos ver que o módulo de finura está numa boa faixa, pelos limites da norma NBR 7211 (ABNT, 2005c).

Tabela 7 – Faixas de limites da ABNT do módulo de finura para agregados miúdos

Módulo de finura (ABNT, 2005c)	
Zona utilizável inferior	1,55 a 2,20
Zona ótima	2,20 a 2,90
Zona utilizável superior	2,90 a 3,50

Outra tabela da mesma norma apresenta os limites nas faixas granulométricas descritas em seguida:

Tabela 8 – Limites da Granulometria da ABNT (2005c)

Abertura da peneira (mm)	Porcentagem, em massa, passante acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5	100	100	100	100
6,3	100	100	100	93
4,75	100	100	95	90
2,36	100	90	80	75
1,18	95	80	70	50
0,6	85	65	45	30
0,3	50	35	15	5
0,15	15	10	5	0

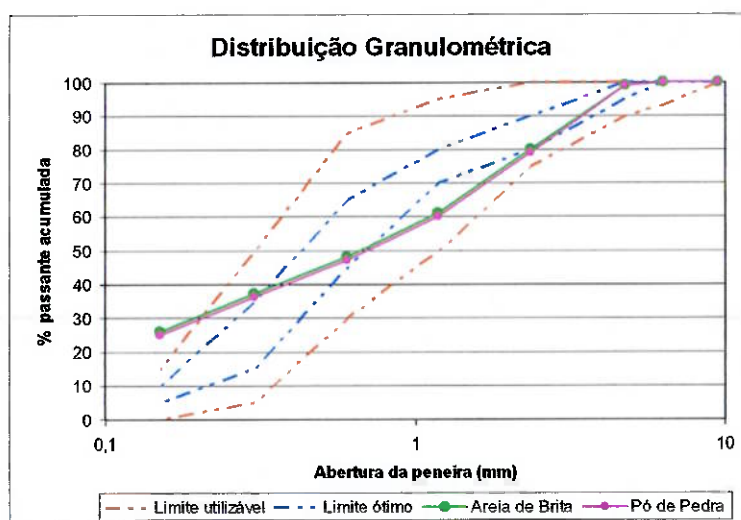


Figura 20 – Distribuição granulométrica e os limites da NBR-7211 (ABNT, 2005c).

Vemos que a granulometria de ambos os materiais é praticamente idênticas e também ambas estão fora dos limites impostos pela norma NBR-7211 (ABNT, 2005c) em relação à fração

150  $\mu\text{m}$ , sem contar que os materiais apresentam uma quantidade considerável de material abaixo desta (entorno de 14%), mas só isso não justifica que os materiais, aqui analisados, sejam impróprio para o uso em argamassas.

#### 5.4. Resultado do ensaio de reatividade

Os resultados do ensaio de expansão dada pela reação alcali-agregado estão apresentados na tabela a seguir:

Tabela 9 – Evolução da expansão das barras de argamassa

Idade (dias)	d <sub>pinos</sub> 254 mm	CP 1	CP 2	CP 3	Média (%)
0	L0	1689	1550	2510	-
	expansão	-	-	-	
4	leitura	1850	1741	2696	0,071
	expansão	0,063	0,075	0,073	
5	leitura	1875	1744	2702	0,075
	expansão	0,073	0,076	0,076	
7	leitura	1890	1747	2710	0,078
	expansão	0,079	0,078	0,079	
8	leitura	1915	1795	2745	0,093
	expansão	0,089	0,096	0,093	
11	leitura	2070	1920	2900	0,150
	expansão	0,150	0,146	0,154	
12	leitura	2075	1940	2902	0,153
	expansão	0,152	0,154	0,154	
13	leitura	2080	1930	2890	0,151
	expansão	0,154	0,150	0,150	
14	leitura	2095	2008	2890	0,163
	expansão	0,160	0,180	0,150	

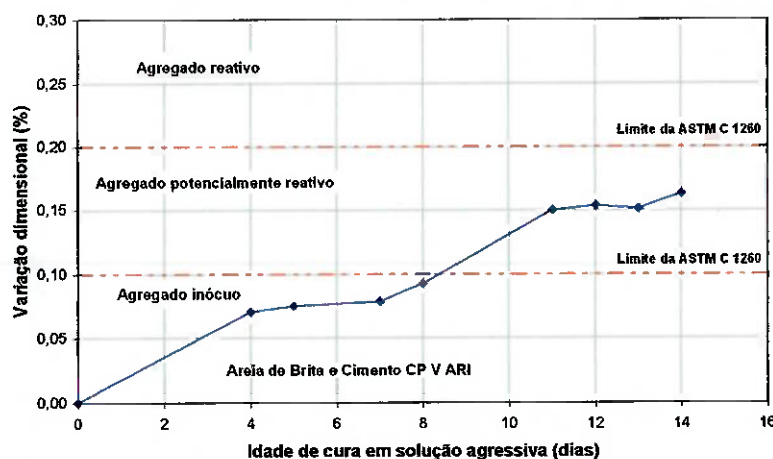


Figura 21 – Evolução da expansão e limites da ASTM C 1260 (2007)

Podemos perceber que houve uma expansão considerável (acima do limite de 0,10%), que classificou os agregados miúdos da pedraira como potencialmente reativo.

Mas, agregados miúdos que geram expansões, nas barras de argamassa, superiores a 0,10% podem ser utilizados somente em concretos com teor total de álcalis menor ou igual a 3 kg/m<sup>3</sup> ou quando for comprovado que o cimento utilizado atua como inibidor da reação alcali-agregado, como ocorre com o cimento Portland de alto forno e o cimento Portland pozolânico.

## 5.5 Resultado do ensaio de consistência das argamassas

Como já tínhamos discutido anteriormente, foi fixada uma consistência (flow) de 260±10 mm, para achar a quantidade mássica de água para as argamassas elaboradas de três traços de cada fino de pedra, que são mostradas nesta tabela:

Tabela 10 – Traços e suas relações de água/cimento

Areia de Brita						
Traço (cimento : areia)	Massa (g)			flow (mm)	a/c*	h**
	cimento	agregado	água			
1:3	666,7	2000,0	410,0	257	0,61	0,15
1:6	333,3	2000,0	345,0	262	1,04	0,15
1:9	222,2	2000,0	325,0	259	1,46	0,15
Pó de Pedra						
Traço (cimento : areia)	Massa (g)			flow (mm)	a/c*	h**
	cimento	agregado	água			
1:3	666,7	2000,0	420,0	257	0,63	0,16
1:6	333,3	2000,0	350,0	267	1,05	0,15
1:9	222,2	2000,0	335,0	268	1,51	0,15

Obs: 1 - (\*) a/c: relação água sobre cimento em massa

2 - (\*\*) h: relação água sobre material seco em massa

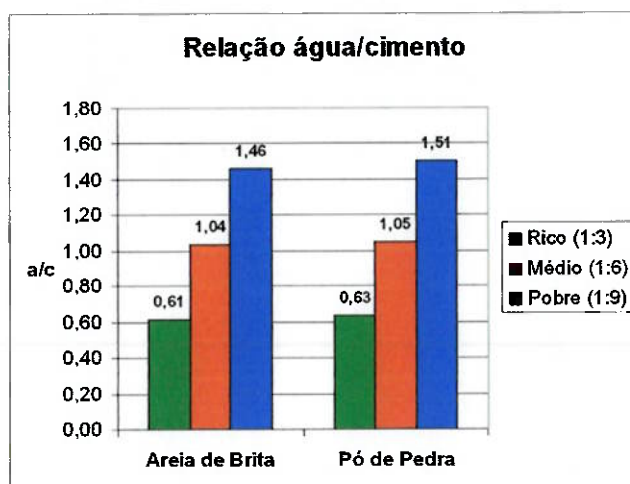


Figura 22 – Relação a/c por traço

Vemos que quanto maior é a porção de agregados na argamassa, é necessário uma maior quantidade de água para que se mantenha uma mesma consistência, isso deve ocorrer pois o cimento

age como se fosse um lubrificante na argamassa e também por esses finos apresentarem uma rugosidade considerável que acaba dificultando a sua fluidez.

## 5.6 Resultado do ensaio de resistência à compressão

Os resultados deste ensaio são feitos pela média de 4 determinações. Assim sendo, os seguintes gráficos descrevem o comportamento da resistência à compressão através dos dias de curas, para cada traço de cada material:

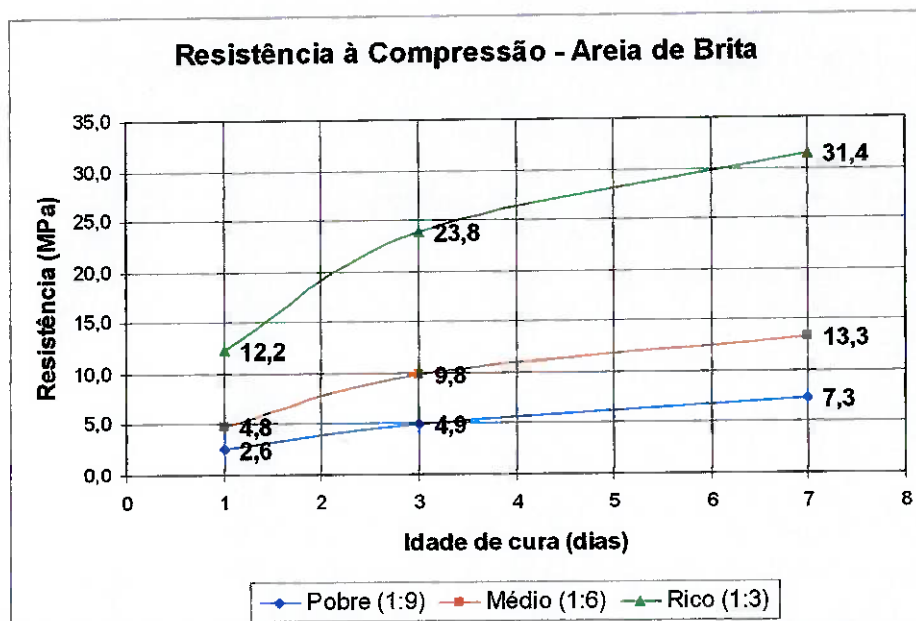


Figura 23 – Resistência à compressão dos 3 traços da Areia de Brita

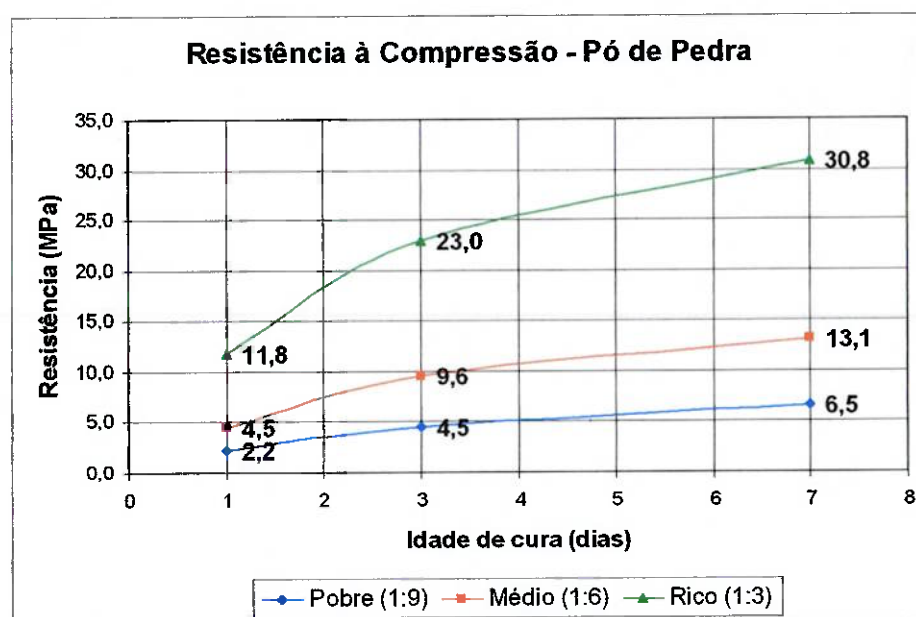


Figura 24 - Resistência à compressão dos 3 traços do Pó de Pedra

Comparando os resultados dos dois materiais, vemos que a argamassa com Areia de Brita apresenta uma resistência superior à do Pó de Pedra nos três traços e em todas as idades de cura ensaiadas.

A partir destes primeiros resultados, proceguiu-se com a escolha dos traços de maior quantidade de finos de pedreira possível que desse, pelo menos, uma resistência de 8 MPa para uma cura de 7 dias. Esta decisão foi estabelecida a partir da norma NBR-13281 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos (ABNT, 2005a). Assim, foram escolhidos os traços (areia:cimento) de 1:8,5 para a Areia de Brita e 1:8 para o Pó de Pedra e, conseqüentemente, foram feitos os ensaios de consistência para manter na mesma faixa dos anteriores ( $260 \pm 10$  mm).

Tabela 11 – Resultados da resistência à compressão dos traços escolhidos

Agregado: <b>Areia de Brita</b>						
Traço (cimento:agregado)	Idade (dias)	Tensão (MPa)				
		C.P. 01	C.P.02	C.P. 03	C.P. 04	Média
<b>1:8,5</b>	1	3,1	2,8	2,8	3,2	3,0
	3	5,6	6,0	5,8	5,7	5,8
	7	8,4	8,2	8,1	8,4	8,3
Agregado: <b>Pó de Pedra</b>						
Traço (cimento:agregado)	Idade (dias)	Tensão (MPa)				
		C.P. 01	C.P.02	C.P. 03	C.P. 04	Média
<b>1:8</b>	1	3,1	3,0	3,1	3,1	3,1
	3	6,0	5,8	6,2	6,0	6,0
	7	9,5	9,3	9,3	9,3	9,4

Pelos resultados da tabela 11, percebemos que ambas as argamassas estão acima de 8 MPa aos 7 dias de cura, mas para a feita pelo Pó de Pedra, poderia se adicionar um pouco a mais desse material para que se chegasse mais próximo da resistência definida.

### 5.7 Resultado do ensaio de resistência potencial de aderência à tração

Os resultados apresentados por esse ensaio foram bons, pois a argamassa feita pela Areia de Brita gerou uma resistência de 0,67 MPa, e a do Pó de Pedra foi de 0,82 para os respectivos traços escolhidos, sendo o limite inferior da maior classe de 0,3 MPa pela NBR-13281 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos (ABNT, 2005a). Vemos, também que houve o descarte do resultado da quarta placa da argamassa com Areia de Brita, pois representou um valor discrepante do seu conjunto.

Tabela 12 – Resultados de resistência potencial de aderência à tração

Placa		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Resistência Potencial de Aderência (MPa)	Argamassa com Areia de Brita	0,70	0,58	0,64	descarte	0,81	0,61	0,58	0,78	0,73	0,58	0,67
	Argamassa com Pó de Pedra	0,84	0,87	1,04	0,78	0,75	1,02	0,84	0,67	0,75	0,61	0,82

Podemos ver pela figura 25 e 26 que, além de apresentarem uma boa resistência de aderência, não houve deslocamento das placas das argamassas do substrato.

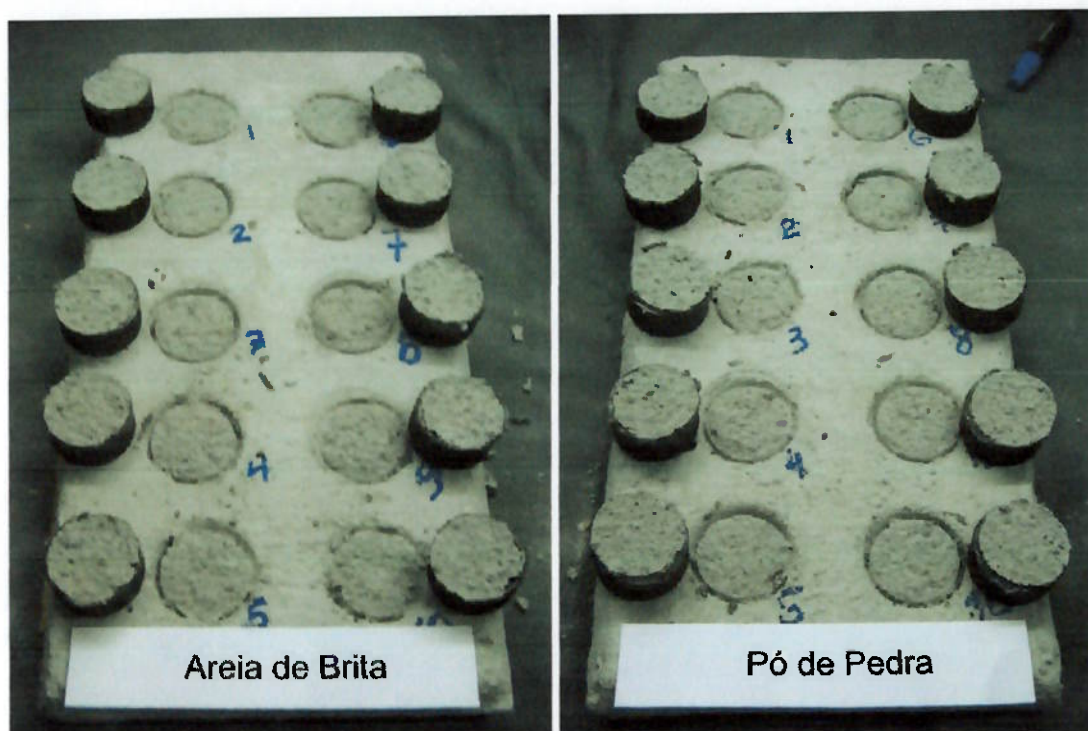


Figura 25 – Pastilhas após o ensaio potencial de aderência à tração

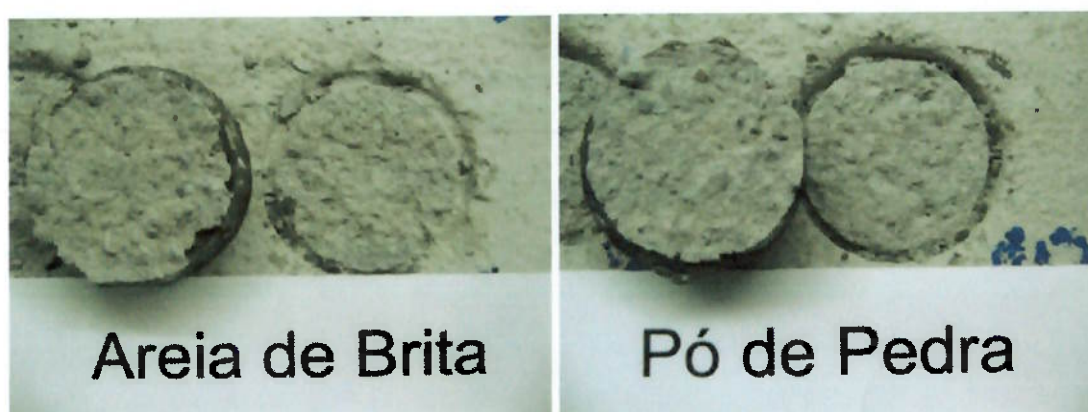


Figura 26 – Detalhe das superfícies após o ensaio potencial de aderência à tração

## 6 Conclusões e sugestões para trabalhos futuros

Primeiramente, com os resultados apresentados pelas argamassas de cada fino de pedreira, classificamos de acordo com a norma NBR-13281 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos (ABNT, 2005a), três características, representadas na tabela a seguir:

Tabela 13 - Classificação dada pela norma NBR-13281 (ABNT, 2006a)

Característica Física das Argamassas	Resultados		Faixa da Classe	Classificação
	Areia de Brita	Pó de Pedra		
Resistência à compressão (7 dias)	8,3 MPa	9,4 MPa	> 8,0 MPa	P6
Densidade de massa no estado fresco	2 178 kg/dm <sup>3</sup>	2 192 kg/dm <sup>3</sup>	> 2 000 kg/dm <sup>3</sup>	D6
Resistência potencial de aderência à tração	0,67 MPa	0,82 MPa	≥ 0,30 MPa	A3

Com a alta densidade de massa (tabela 13) e por não retirar a fração acima da abertura de 4,75 mm dos finos de pedreira, tivemos uma trabalhabilidade razoável, pois estas características poderão dificultar no momento de sua aplicação na parede (“chapisco”).

Mas por outro lado, vemos que as resistências, tanto a de compressão como a de aderência (tabela 13 e figura 25), são satisfatórias mesmo com uma quantidade relativamente alta de finos de pedreira podendo gerar economia de cimento. Estas altas resistências devem ser provocadas por certa rugosidade dos agregados bem como os finos que preenchem melhor os espaços das argamassas.

Poder-se-ia aprofundar o conhecimento sobre estas argamassas com ensaios de índice de vazios, retenção de água, teor de ar incorporado e retração na secagem, por seus agregados apresentarem uma massa considerável de material abaixo da abertura de 75 µm (tabela 3). Tal quantia, acarreta numa área específica superior do que sem elas, ocasionando um consumo de água consideravelmente maior, e provavelmente, acarretaria uma retração por secagem considerável.

Ensaios de microscopia das argamassas, também seriam interessantes para poder visualizar se o cimento está cobrindo os agregados e, para os ensaios de reatividade, se houve a formação de géis expansíveis.

Conclui-se que a Areia de Brita e o Pó de Pedra podem ser tecnicamente utilizados como agregado miúdo na composição de argamassas por apresentarem boas resistências (tabela 13) desde que tomados certos cuidados como o tipo de cimento a ser utilizado devido à reatividade expansiva (figura 21) ou se o excesso de material pulverulento afetará alguma característica não determinada neste trabalho.

## 7 Bibliografia

**American Society for Testing and Materials.** Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar-Method) – ASTM C 1260. 2007.

**Areia & Brita** – Manuseio e Destinação dos Finos de Pedreiras da EMBU S/A Engenharia e Comércio. N.38, 2007, p.24-29. Publicação da ANEPAC – Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil.

**Associação Brasileira de Normas Técnicas.** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos – NBR-13281. Rio de Janeiro, 2005a.

**Associação Brasileira de Normas Técnicas.** Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificações – NBR-13749. Rio de Janeiro, 2005b.

**Associação Brasileira de Normas Técnicas.** Agregado para concreto – Especificações – NBR-7211. Rio de Janeiro, 2005c.

**Associação Brasileira de Normas Técnicas.** Agregados – Terminologia – NBR-7251. Rio de Janeiro, 2005d.

**Associação Brasileira de Normas Técnicas.** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência potencial de aderência à tração – NBR 15258. Rio de Janeiro, 2005e.

**Associação Brasileira de Normas Técnicas.** Agregados – Determinação da composição granulométrica – NBR-7217. Rio de Janeiro, 2003a.

**Associação Brasileira de Normas Técnicas.** Agregados – Determinação da massa específica e massa específica aparente – NBR NM-52. Rio de Janeiro, 2003b.

**Associação Brasileira de Normas Técnicas.** Cimento Portland – Determinação da pasta de consistência normal – NBR NM-43. Rio de Janeiro, 2003c.

**Associação Brasileira de Normas Técnicas.** Agregados – Amostragem – NBR NM-26. Rio de Janeiro, 2001a.

**Associação Brasileira de Normas Técnicas.** Agregados – Determinação de Impurezas Orgânicas – NBR NM-49. Rio de Janeiro, 2001b.

**Associação Brasileira de Normas Técnicas.** Agregados – Redução de Amostra de Campo pra ensaios de Laboratório – NBR NM-27. Rio de Janeiro, 2001c.

**Associação Brasileira de Normas Técnicas.** Amostragem de agregados – Procedimento – NBR-7216. Rio de Janeiro, 2001c.

**Associação Brasileira de Normas Técnicas.** Agregados – Determinação do Teor de Argila em Torrões e Materiais Friáveis – Método de Ensaio – NBR-7218. Rio de Janeiro, 1987a.

**Associação Brasileira de Normas Técnicas.** Agregados – Ensaio de Qualidade de Agregado Miúdo – Método de ensaio – NBR 7221. Rio de Janeiro, 1987b.

**Associação Brasileira de Normas Técnicas.** Calda de cimento para injeção – Determinação da Resistência à compressão – NBR-7684. Rio de Janeiro, 1984.

**Associação Brasileira de Normas Técnicas.** Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária – NBR-7251. Rio de Janeiro, 1982.

**D’Agostino, L.Z.** Uso de finos de pedra no preparo de argamassas de assentamento. Dissertação de mestrado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 119p. 2004.

**Frigulha, T.** Finos da Pedreira Embu na Preparação de Argamassas. Trabalho de Formatura apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo. São Paulo. 2004.

**FUJIMURA, F; SOARES, L; HENNIES, W. T; SILVA, M. A. R.** O uso de finos de pedreiras de rochas gnáissicas e graníticas em substituição às areias naturais. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 29., Cuiabá, 1995. Anais. Rio de Janeiro. Associação Brasileira de Pavimentação, 1995. v. 1, p. 146-56.

**GAMINO, A. L.** Ensaio para determinação da potencialidade de ocorrência de reações álcali-agregado, proposições para a conservação de estruturas afetadas, ocorrência em barragens de concreto. Trabalho de Formatura apresentada à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Departamento de Engenharia Civil. Ilha Solteira. 2000.

**Instituto Brasileiro de Concreto.** Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil, 4º, São Paulo, 2003. Estudo das propriedades mecânicas de argamassas utilizando-se resíduo do corte de mármore e granito. 2003. 1 CD-ROM.

**Neves, L.** Aplicação de finos gerados pela produção de pedras britadas graníticas no concreto pré-misturado em substituição às areias naturais. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 129p. 2001.

**Pissato, E.** A Utilização de finos de pedra em solo-cimento ensacado. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 116p. 2001.

**SINDIPEDRAS.** Sindicato da Indústria de Mineração de Pedra Britada do Estado de São Paulo. <http://www.sindipedras.org.br/>, São Paulo. Acessado em 25 de setembro de 2007.