

Estudo da adição do pó de pedra em argamassas de revestimento e assentamento

Maria Lidiane Marques¹
Kmilly dos Anjos Campos²

RESUMO

Esta pesquisa aborda os estudos sobre a substituição da areia natural pelo pó de pedra, analisando suas influências em argamassas de revestimento e assentamento, tal como a resistência à compressão, a impermeabilidade, o fator econômico e ecológico. O pó de pedra não tem uma destinação adequada e na maioria das vezes é estocado nos pátios das pedreiras. Uma alternativa encontrada para uma destinação limpa foi a adição desse resíduo em argamassas substituindo parte do agregado miúdo natural, que é a areia branca, pois seu diâmetro máximo de 4,8mm o classifica como areia média. O traço controle em massa das argamassas em estudo foi de 1:1:6 (cimento:filito:areia) e por meio dele foram feitos mais três traços diferentes: 1:0,8:0:10; 1:0,8:10:0; 1:0,8:5:5, todos em massa, usando a seguinte ordem: cimento:filito:pó de pedra:areia. As análises da substituição do pó de pedra em argamassas de revestimento e assentamento como parte do agregado miúdo natural, revelou um aumento na resistência à compressão das argamassas com 100% de pó de pedra, porém elas são menos impermeáveis que as demais. Os estudos revelaram muitos benefícios, por exemplo: o modo sustentável de aproveitamento desse material, a diminuição do uso de agregados naturais e uma maior resistência nas argamassas de revestimento e assentamento.

Palavras-chave: Pó de pedra; Argamassa; Resíduo; Resistência.

¹ Professora Mestre em Engenharia Civil do Curso Técnico em Edificações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) – Campus Eunápolis/BA. Endereço eletrônico: lidiane_marques@yahoo.com.br.

² Aluna do 4^o ano do Curso Técnico em Edificações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) – Campus Eunápolis/BA. Endereço eletrônico: kmilly1@hotmail.com.

INTRODUÇÃO

O ser humano nas últimas décadas vem explorando de forma inadequada os recursos naturais e a construção civil é responsável, em grande parte, por essas mudanças ambientais, pois consome entre 20 a 50% dos recursos naturais.

A exploração da areia, por exemplo, provoca a perda da biodiversidade. Um dos principais problemas causados pelas retiradas indevidas é o comprometimento do regime de vazão dos cursos de água e do assoreamento de rios pela destruição das margens e matas ciliares.

O pó de pedra se adequa a todos os requisitos propostos além de ter um diâmetro máximo de 4,8mm, com isso ele pode ser classificado como areia média. O pó de pedra também tem um baixo valor comercial, pois anteriormente não possuía utilidade (era estocado nos pátios das pedreiras). O uso do pó de pedra pode aumentar a preservação da natureza, pois reduz a utilização de areia.

As argamassas para assentamento são usadas para unir tijolos ou blocos das alvenarias. Na maioria das vezes, argamassas para revestimento em paredes se dividem em três camadas: chapisco, emboço e reboco.

Através de diversos ensaios, esta pesquisa pretende encontrar melhorias, no adicionamento do pó de pedra em argamassas de assentamento e revestimento, tais como: maior custo/benefício e preservação ambiental.

METODOLOGIA

➤ Materiais utilizados

As argamassas são feitas através da mistura de agregado miúdo, cimento e água. As argamassas de assentamento e revestimento fabricadas no decorrer da pesquisa foram compostas por:

Pó de Pedra – O material utilizado na pesquisa foi procedente da empresa Britaki, da cidade de Eunápolis, que fabrica e comercializa telhas utilizando o Pó de Pedra, assim como na forma de agregados para concretos e argamassas.

Cimento – O tipo de cimento selecionado para essa pesquisa é o Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CPV – ARI), por se trata de um cimento mais

puro (sem adições), visto que o intuito da pesquisa é estudar somente a influência dos agregados (pó de pedra e areia natural).

Areia – A areia estudada será a areia fina.

Adições – Para as argamassas de revestimento e assentamento é necessária a utilização de outro aglomerante além do cimento. Na região em estudo, é muito utilizado o Filito que é um tipo de aglomerante que tem como finalidade dar liga a argamassa.

➤ **Caracterização dos materiais**

A realização da pesquisa começou com a coleta dos materiais necessários para a confecção da argamassa, são eles: o cimento CPV-ARI, areia branca, pó de pedra e filito; todos os materiais foram coletados na Britaki (empresa que comercializa materiais de construções).

Após a coleta dos materiais, foram realizados os ensaios de caracterização. Em relação ao cimento, ele foi pesado e dividido em sacos plásticos para evitar a hidratação do material.

Para os agregados (areia e o pó de pedra) foram feitos ensaios de análise granulométrica e massa específica. Todos estes normatizados pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

➤ **Análise granulométrica**

A análise granulométrica foi efetuada conforme a ABNT NBR 7217 – Agregados – Determinação da Composição Granulométrica. Essa análise é necessária para definir o módulo de finura do agregado, tal como o seu diâmetro máximo e sua curva granulométrica. Quando o agregado tem uma granulometria ótima, pode-se concluir que existe heterogeneidade de partículas, havendo assim, um maior preenchimento dos vazios.

A análise se procedeu da seguinte forma:

A areia e o pó de pedra foram secos em estufa por 24h, atingindo uma temperatura de 102°C, quando secos foram postos nas peneiras próprias para este tipo de ensaio, foram usados também duas tampas e dois fundos, após terem sido colocados nas peneiras e tampados os materiais foram agitados por 5 minutos, de modo que não houvesse perda de material, em seguida foi agitada numa peneira por

vez de forma que o material pudesse ser peneirado o máximo possível esse processo demorava cerca de 1 minuto.

➤ **Massa específica**

Foram feitos ensaios de massa específicas da areia e do pó de pedra de acordo com ABNT NBR NM 52 – Agregado Miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente.

Foram pesados 500g de agregado miúdo, em seguida colocou-se no frasco o material pesado. Esse conjunto foi então pesado. Na sequência, completou-se o frasco com água até 500 ml, esperou-se por aproximadamente 1 hora. O frasco foi então pesado novamente, desta vez com a água e o material adicionados.

Após ter o valor de todos os pesos achou-se o valor do volume da água através da seguinte fórmula:

$$V_a = \frac{m_2 - m_1}{P_a}$$

Sendo: V_a : volume da água

m_2 : massa do frasco+agregado+água

m_1 : massa do frasco+agregado

P_a : massa específica de água.

Achando o valor do volume da água pode-se obter a massa específica do material através da equação:

$$d_1 = \frac{m}{V - V_a}$$

Sendo: d_1 : massa específica do agregado em cm^3

m : massa da amostra seca em estufa

V : volume do frasco em cm^3

V_a : volume da água.

➤ **Obtenção do traço**

A escolha dos traços foi determinada pela característica da região e demais pesquisas sobre dosagens de argamassas de revestimento. O traço em volume de 1:1:6 (cimento:filito:areia) foi definido como controle pois estava sendo utilizado na

obra do IFBA campus Eunápolis, foi de lá que recolheu-se amostras para fazer o ensaio de Índice de Consistência Controle, e a partir daí achar o traço em massa, no qual foi de 1:0,8:10 (cimento:filito:areia).

A partir do traço controle foi criado três traços com diferentes teores de substituição do pó de pedra, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Traços estudados na pesquisa

CORPO-DE-PROVA	TRAÇO (em massa)	MATERIAIS
CP-C (Controle)	1:0,8:0:10	cimento:filito:pó de pedra:areia
CP1-PB	1:0,8:10:0	cimento: filito:pó de pedra:areia
CP2-PB	1:0,8:5:5	cimento: filito:pó de pedra:areia

Com o auxílio de uma balança eletrônica foi possível obter o traço em massa dos materiais que até então estavam em volume, ou seja, os materiais foram pesados com os seus volumes e a partir da massa específica pode-se obter o traço em massa.

A relação água/cimento (a/c) foi estipulada a partir da aplicação do material, (seguindo o traço em massa encontrado) explorando varias quantidades de água em diversas argamassas. Após diversas tentativas foi encontrado o valor da relação a/c: 2,5.

➤ **Ensaio de consistência da argamassa**

O traço em massa já estava calculado, porém faltava a relação água/cimento; para saber quanto deveria ser a relação água/cimento do traço encontrado, foi feito anteriormente um ensaio de índice de Consistência com a argamassa do canteiro de obras do IFBA - Eunápolis, neste ensaio foi encontrado 300 mm. Através de sucessivos testes com argamassas com variadas quantidades de água, chegou-se ao mesmo índice de consistência que a encontrada para a argamassa do IFBA.

O ensaio de consistência foi realizado da seguinte maneira:

Em cima da mesa do aparelho de consistência (FIGURA 3) foi posicionado o tronco de cone, nele é colocada a argamassa em três camadas. Na primeira camada

foram aplicados 15 golpes com o soquete, em intervalos de tempo semelhantes cada um.

Em seguida, foram aplicados mais 10 golpes uniformes na segunda camada e na terceira e última camada foram aplicados 5 golpes uniformes. Ao término dos golpes foi moldado e retirado o cone.

Foram dados 30 golpes na mesa do aparelho de consistência, em seguida, prosseguiu-se com a medição da abertura da argamassa com um paquímetro. Com os resultados do ensaio de consistência foi possível calcular a relação água/cimento da argamassa coletada na obra do IFBA, já que por sua vez não existia uma relação específica.



Figura 1 – Mesa do ensaio de consistência

➤ Ensaio de resistência à compressão

A determinação da resistência à compressão simples foi efetuada de acordo com a NBR – 7215 da ABNT. Inicialmente os corpos-de-prova foram rompidos em uma prensa manual, modelo I3025 da Contenco, seguindo as especificações de norma e dimensões da amostra.

A tensão de ruptura é obtida pela expressão abaixo:

$$\sigma_c = \frac{4P}{\pi D^2}$$

- onde: σ_c : tensão de compressão na ruptura (MPa);
P: carga de ruptura lida na prensa (tf);
D: diâmetro do corpo de prova (cm);

Os ensaios foram realizados nas idades de 7 e 28 dias, cada um com quatro corpos-de-prova, tomando-se como resistência final a média aritmética dos mesmos.

Posteriormente os ensaios de resistência a compressão foram executados em uma prensa elétrica, tal uso só foi possível no meio do projeto, pois o IFBA campus Eunápolis não possuía esse equipamento.

➤ **Ensaio de absorção**

Inicialmente o corpo-de-prova é seco em estufa, sendo determinada a massa. A seguir faz-se a imersão das amostras em água em um tempo de 24 h, de modo a permitir o escape do ar retido nos poros. É calculada segundo a seguinte equação:

$$A(\%) = [(P_{SAT} - P_S) / P_S] * 100 \quad (2)$$

onde: P_{SAT} : massa saturada;

P_S : massa seca;

Os ensaios de absorção de água foram realizados em quatro corpos de prova, tomando-se como valor final a média aritmética dos mesmos.

RESULTADOS

➤ **Análise granulométrica**

Por meio dos ensaios de massa específica e análise granulométrica foi possível definir o módulo de finura da areia: 1,07; dessa forma a areia foi classificada como fina. O pó de pedra possui o módulo de finura igual a 1,90. Com o diâmetro máximo de 4,8 mm ele pode ser classificado como areia média (Figuras 2 e 3).

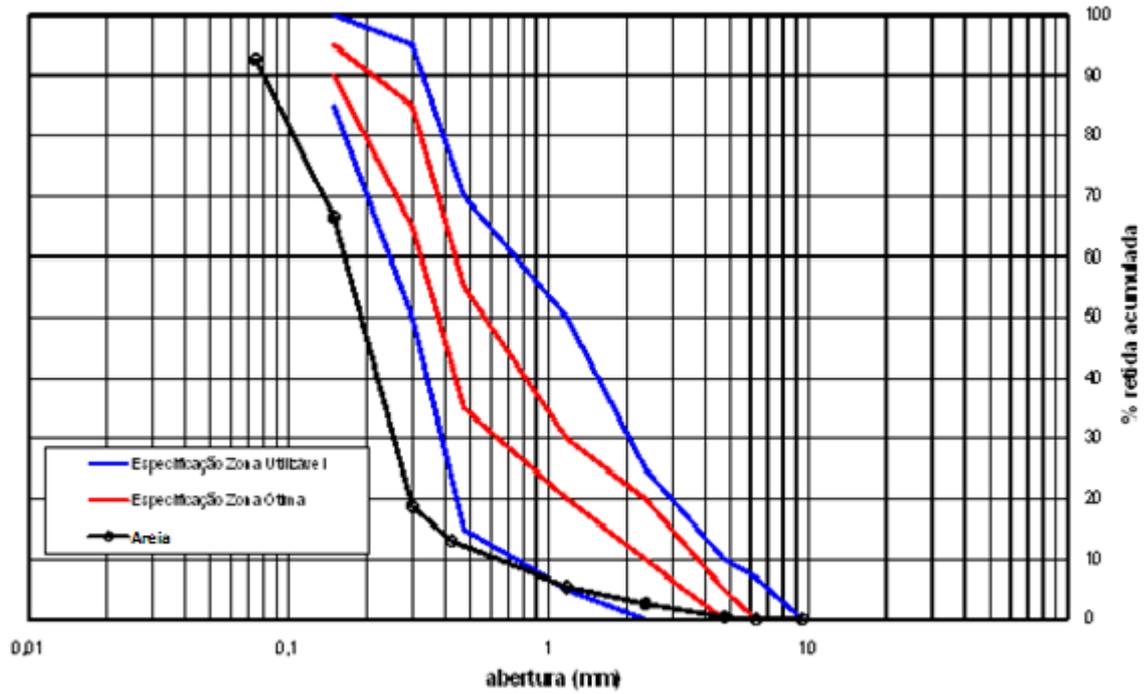


Figura 2 – Resultados da análise granulométrica da areia fina

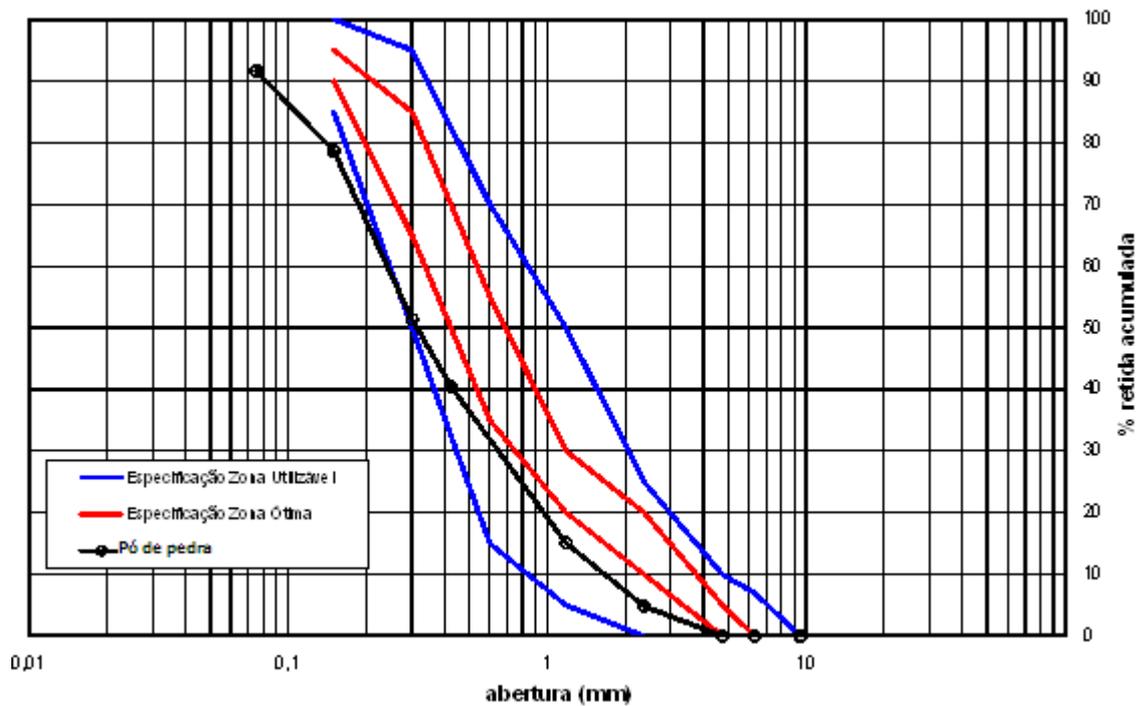


Figura 3 – Resultado da análise granulométrica do pó de pedra

Tanto a areia quanto o pó de pedra apresentam curva granulometria contínua, mostrando uma boa graduação dos grãos, ou seja, apresentam granulometrias de diversos tamanhos para a composição do material.

➤ **Massa específica**

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados do ensaio de massa específica para a areia fina e para o pó de pedra.

Tabela 2 – Resultados do ensaio de massa específica da areia e do Pó de Pedra

	Areia	Pó de pedra
Massa	500g	500g
Massa seca₁ (areia seca+frasco)	744,6g	744,6g
Massa saturada₂ (areia + frasco + água)	1079,1g	1060,6 g
Volume aparente	334,5 cm ³	316cm ³
P_a	1 cm ³	1 cm ³
Volume Total	500 cm ³	500 cm ³
Densidade do material₁	3,02 g/cm ³	2,71g/cm ³

A areia obteve massa específica igual a 3,02 e o valor da massa específica do pó de pedra correspondeu a 2,71.

Índice de consistência

Os resultados do ensaio de índice de consistência das argamassas estudadas estão apresentados na Figura 4.

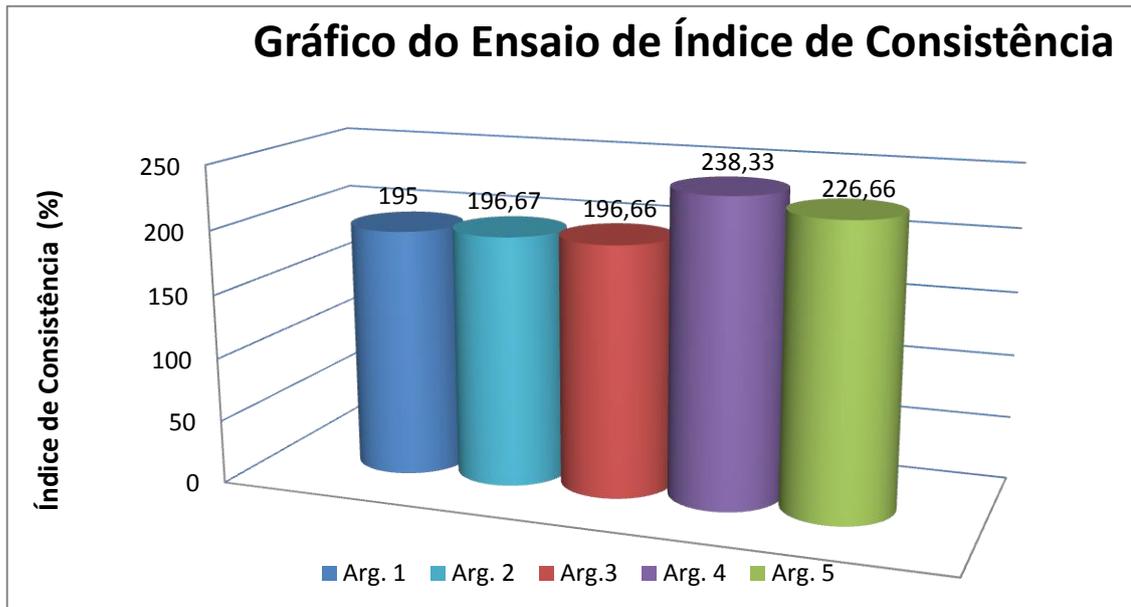


Figura 4 – Resultados do ensaio de Índice de Consistência

Arg. 1: Argamassa da obra (100% de areia);

Arg. 2: Argamassa feita para atingir o resultado da obra (100% de areia);

Arg. 3: Argamassa feita com o Traço Controle 1:0,8:0:10 (100% de areia);

Arg. 4: Argamassa feita com o Traço 1:0,8:10:0 (100% de pó de pedra);

Arg. 5: Argamassa feita com o Traço 1:0,8:5:5 (50% de pó pedra e com 50% de areia);

Através da Figura 4 pode-se perceber que todas as argamassas feitas nessa pesquisa foram fluidas, isso se deve aos resultados do ensaio de consistência da argamassa da obra, pois todas as outras foram feitas visando uma consistência parecida e com a relação água/cimento igual, ou seja, $a/c = 2,5$ para todas as argamassas confeccionadas.

A argamassa 1 teve o menor índice de consistência, não passou dos 195%, mas apesar de terem as mesmas medidas as argamassas feitas com pó de pedra tiveram o maior índice de consistência, sendo a argamassa 4 (com 100% de pó de pedra) a mais fluida dentre todas com um índice de 238,33%. De certa forma essa fluidez é boa, porque para o traço com 100% de pó de pedra adquirir uma consistência igual à argamassa da obra ou do traço controle utilizaria menos água.

➤ **Resistência à compressão**

No ensaio de Resistência à Compressão, foi utilizado quatro corpos de prova cilíndricos (5 cm x 10 cm) de cada traço utilizado.

Os resultados do ensaio de resistência à compressão para os traços estudados encontram-se na Figura 5.

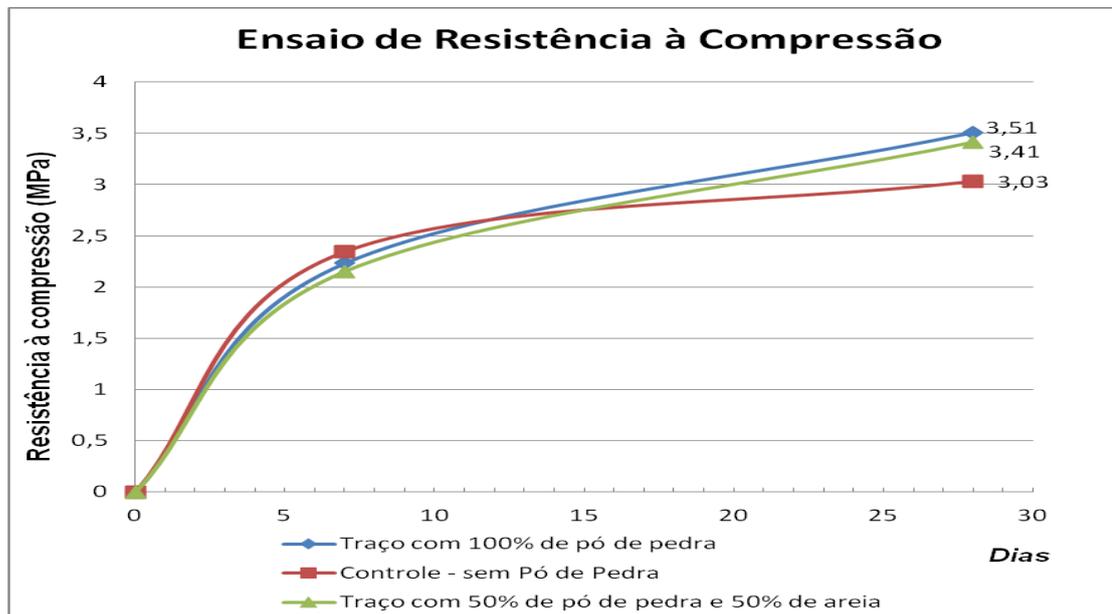


Figura 5 – Resultados do ensaio de resistência à compressão (MPa) para os traços estudados

Analisando o gráfico de resistência a compressão pode-se perceber que o traço com 100% de areia (controle) teve uma resistência maior que os demais traços no período de 7 dias. Porém aos 28 dias apresentou o menor valor de resistência a compressão, 3,03 MPa, foi a menor resistência dentre os três traços estudados. Já o traço com 50% de areia e 50% de pó de pedra obteve a menor resistência no período de 7 dias, aumentando para 3,41 MPa aos 28 dias.

Aos 28 dias de idade as argamassas feitas com 100% de pó de pedra obtiveram o maior resultado, com uma media de resistência a compressão igual a 3,51 MPa.

➤ **Ensaio de absorção**

Os resultados do ensaio de absorção de água para os traços estudados apresentam-se na Figura 6.

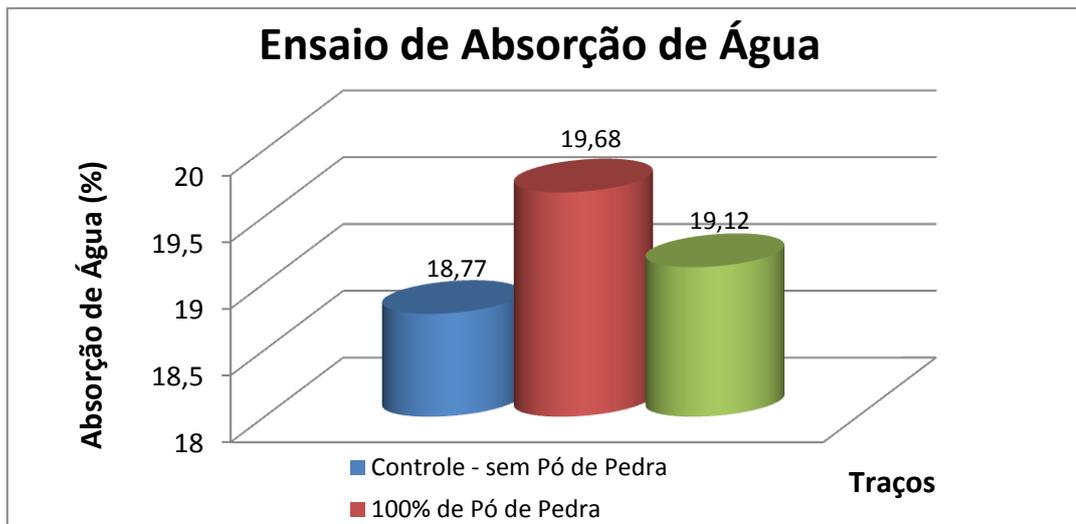


Figura 6 – Ensaio de Absorção de Água das argamassas estudadas

Através da Figura 6 pode-se notar que os resultados do ensaio de absorção do traço 1:0,8:0:10 (Traço Controle – argamassa com 100% de areia) foi o menor dentre os três ensaios, tendo uma média de 18,77% de absorção de água nos corpos de prova, isso significa que a argamassa com 100% de areia é mais impermeável, ou seja, absorve menos água que os outros traços estudados, acarretando em um resultado positivo, pois quanto menor a absorção de água, mais durável e resistente a argamassa será.

Analisando a Figura 6, nota-se que o traço 1:0,8:10:0 (argamassa com 100% de pó de pedra) teve o maior índice de absorção se comparado com os outros dois traços estudados, tendo uma média de absorção de água igual a 19,68%, isso mostra um resultado negativo para o uso do pó de pedra como agregado miúdo, pois sua absorção de água foi maior e tendo a mesma relação água/cimento do traço feito com 100% de areia e do traço 1:0,8:5:5, isso significa que as argamassas de assentamento e revestimento feitas com 100% de pó de pedra são menos impermeáveis que as argamassas feitas com 100% de areia.

Os valores do traço 1:0,8:5:5 (argamassa com 50% de pó pedra e 50% de areia), como já esperados, foram medianos se comparados aos outros traços, com uma média de absorção de água igual a 19,12%.

CONCLUSÕES

A partir da avaliação dos resultados de resistência à compressão, pode-se notar que as argamassas confeccionadas somente com pó de pedra obtiveram melhores resultados se comparadas com as demais. Isso mostra que a substituição do agregado miúdo natural pelo artificial (pó de pedra) é viável do ponto de vista mecânico.

Em relação ao índice de consistência as Argamassas Controle feitas com apenas areia, sem qualquer adição de pó de pedra, teve um abatimento menor. Conseqüentemente, argamassas com 100% de pó de pedra obtiveram um índice de consistência maior, mostrando que é possível diminuir a relação a/c, melhorando assim, a resistência à compressão.

No ensaio de absorção de água os corpos de prova confeccionados com 100% de pó de pedra obtiveram uma absorção maior se comparado com as argamassas sem pó de pedra e com as argamassas com 50% de pó de pedra. Esse resultado deve-se à alta relação água/cimento que deixa a argamassa mais porosa com esse material. Uma das alternativas que será estudada para melhorar esse resultado é a diminuição da relação a/c.

Dessa forma podemos concluir que muitos benefícios foram obtidos dentre eles estão: o modo sustentável de aproveitamento desse material, a diminuição do uso de agregados naturais, uma maior resistência nas argamassas de revestimento e uma economia maior nos gastos de água, já que por sua vez, as argamassas feitas com o pó de pedra ficaram mais fluidas que as argamassas comuns.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5733** – Cimento Portland de Alta Resistência Inicial. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7217** – Agregados – Determinação da Composição Granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 52** – Agregado Miúdo – Determinação de Massa Específica e Massa Específica Aparente . Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13277** – Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279** – Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778** – Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 1987.

NUGENT, F.R – Ensaio com areia artificial – Como melhorar seu concreto. In: Colóquio sobre “Agregado para concreto”. São Paulo, 1979, IBRACON, p. 1-29.

ABSTRACT

This research discusses studies on replacement of natural sand with stone dust, analyzing their influence on coating mortars and settlement, such as compressive strength, impermeability, economic and ecological factors. The stone dust does not have a proper disposal and most often is stocked in the courtyards of the quarries. An alternative found for a clean destination was the addition of this residue in mortars replacing part of the aggregate natural sand, that is the washed sand, because its maximum diameter of 4 mm, 8 mm, the ranks like sand. The dash control on volume of mortars in the study was 1:1:6 (cement: filito: sand) and through him were made over three different traits: 1:0,8:0:10; 1:0,8:10:0; 1:0,8:5:5, using the following order: cement: filito: stone dust sand. The analysis of the replacement of the stone dust in coating and mortars as part of aggregate settlement natural sand, revealed an increase in compressive

strength of mortar with 100% stone powder, but they are less watertight than the other. The studies revealed many benefits, for example: the sustainable way of utilization of this material, reducing the use of natural aggregates and greater resistance in mortars and settlement.

Key-words: stone powder; Mortar; Residue; Resistance.

Recebido em 21/09/2012

Aprovado em 11/12/2012