

## **AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE RESÍDUOS ORIUNDOS DO CORTE DE MÁRMORE EM ARGAMASSA**

DOUGLAS DA SILVA SOARES <sup>1</sup>, JÚLIO AUGUSTO MENDES DA SILVA <sup>2</sup> e ÍTALO VALE MONTE JUNIOR <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Autor principal. Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Potiguar, Passa e Fica/RN – eng\_douglassoares@outlook.com;

<sup>2</sup>Coautor. Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Potiguar, Boa Saúde/RN – julioams08@gmail.com;

<sup>3</sup>Orientador. Mestre em Engenharia Civil. Professor da Universidade Potiguar, Natal/RN – italo.vale@unp.br;

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
04 a 06 de outubro de 2022

**RESUMO:** O artigo relata a evolução nas propriedades físicas e mecânicas da argamassa de assentamento com a substituição do agregado areia, pelo resíduo proveniente do corte do mármore, em que muitas vezes são descartados de forma incorreta na natureza. Com o pó de mármore, foram definidas as suas aplicações nos traços, através da substituição parcial da areia nas proporções de 0% (Referência); 12,5%; 25% e 50%. Através de ensaios no laboratório foram definidas as propriedades físicas dos agregados e as suas proporções nos quatros traços de argamassa para a confecção dos corpos de prova, que passaram pela cura de 28 dias, em seguida foram submetidos aos ensaios para obtenção das resistências mecânicas de tração e compressão, como também a absorção de água por capilaridade. Por meio dos ensaios foram comprovadas evoluções nas propriedades da argamassa, utilizando-se o traço de 0% como referência, se comparou os resultados, resultou ganhos positivos nas propriedades analisadas. Como o aumento das resistências à tração em até 22%; compressão 68%; diminuição da capilaridade em 62,17% e redução de massa em 18,73%.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pó de Mármore; Argamassa; Traços; Ensaios; Impermeabilidade; Sustentável.

### **EVALUATION OF THE APPLICATION OF WASTE FROM MARBLE CUTTING IN MORTAR**

**ABSTRACT:** The article reports the evolution in the physical and mechanical properties of the laying mortar with the replacement of the sand aggregate by the residue from the marble cut, in which they are often incorrectly discarded in nature. With the marble powder, its applications were defined in the traces, through the partial replacement of the sand in the proportions of 0% (Reference); 12.5%; 25% and 50%. Through tests in the laboratory, the physical properties of the aggregates and their proportions were defined in the four traces of mortar for the preparation of the specimens, which underwent curing for 28 days, then were subjected to tests to obtain the mechanical tensile strengths and compression, as well as the absorption of water by capillarity. Through the tests, evolutions in the properties of the mortar were proven, using the trace of 0% as a reference, if the results were compared, positive gains in the analyzed properties resulted. How to increase tensile strengths by up to 22%; compression 68%; capillarity decrease in 62.17% and mass reduction in 18.73%.

**KEYWORDS:** Marble powder; Mortar; Traces; Essay; Impermeability; Sustainable.

### **INTRODUÇÃO**

Atualmente questões ambientais estão cada vez mais presentes em nosso cotidiano, pessoas do mundo inteiro na busca incessante de aderir o “sustentável” as mais diversas áreas, para a preservação da natureza. A construção civil tem o seu lugar de destaque quando o assunto é impactos ambientais, pois ela consome de 40% a 75% da matéria-prima produzida no planeta, tendo o consumo de cimento maior que o de alimentos, além de produzir cerca de 500 quilos de entulho para cada ser humano, o que representa certa de 3,5 milhões de toneladas por ano (AGOPYAN, 2013). O consumo do mármore e granito vem crescendo, atualmente o Brasil ocupa a 4ª posição entre os maiores produtores de pedra natural e executa 7% da produção mundial do campo das rochas naturais (ABIROCHAS, 2018). Entretanto esse aumento do consumo acarreta também no crescimento da quantidade de rejeitos

provenientes do seu corte para a adequação do projeto, onde frequentemente são descartados de forma errada na natureza, muitas vezes jogados em lagoas e rios, sem nenhum tratamento preliminar, causando grandes impactos ambientais (SANTOS, 2015).

Segundo Kumayama (2014) um dos grandes desafios do século é a eliminação de resíduos, dentre eles o retalho da rocha que é originado das sobras e quebras das peças, podendo atingir aproximadamente 10% a 20% de perda, onde muitas vezes são descartados nos pátios das empresas.

Objetiva-se com esse estudo analisar as alterações nas propriedades físicas e mecânicas da argamassa elaborando traços mediante as substituições parciais do agregado areia, pelo pó de mármore, nas proporções de 0%, 12,5%, 25% e 50%, para assim obter os resultados proporcionalmente a sua aplicação do pó de mármore, bem como dar um destino correto para esses resíduos que muitas vezes são descartados de forma errada na natureza.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Subtítulo

De início realizou-se a escolha do material, que são eles: o pó de mármore como principal inovação, substituindo algumas porcentagens do agregado (areia) na argamassa. Os outros materiais são comuns como areia, cal e cimento CP II-Z. Logo após dosagens variadas: 0%, 12,5%, 25% e 50%. Para que possa ser feitas comparações de suas características. Foram moldados seis corpos de prova para cada traço, totalizando 24 CP's de dimensões em milímetros de 40x40x160, logo em seguida foi realizada a cura durante 28 dias em câmara úmida. Para que seja feita a realização dos ensaios de compressão, tração e capilaridade. Todos os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais da Universidade Potiguar- Campus Nascimento de Castro; Natal/RN.

### Materiais e Dosagem

O pó de mármore coletado na Marmoraria Central em Tacima/PB. O agregado utilizado foi a areia natural de rio média. O cimento utilizado foi CP II-Z que é o mais utilizado em obras marítimas, industriais e subterrâneas por conter de 6% a 14% de pozolana garantindo uma maior impermeabilidade e durabilidade (SOUZA, 2016). Através de estudos se chegou nesses quatro traços, conforme se demonstra na Tabela 1.

Tabela 1- Massa dos componentes para cada traço

Traços	Cimento (g)	Cal (g)	Areia (g)	Pó de mármore (g)
1º Traço (0%)	436,8	322,7	2240,5	0,0
2º Traço (12,5%)	435,6	321,8	1954,7	287,7
3º Traço (25%)	434,4	320,9	1670,9	573,8
4º Traço (50%)	432,0	319,1	1107,8	1141,2

Fonte: Autores (2019).

### Ensaio

#### Índice de consistência

O ensaio de consistência foi realizado conforme a NBR 13276:2005 realizado através da Mesa *Flow Table*, logo após a mesa sofrerá 30 golpes consecutivos e com a régua é feito três medições do material, a média dos valores vai definir a sua consistência, apresentado na Figura 1.

#### Absorção de água por capilaridade

A absorção de água por capilaridade segue a NBR 15259:2005, onde os corpos de prova sejam submersos durante um período de 121 minutos, tendo-se intervalos para as pesagens dos mesmos, como ilustrado na Figura 2. Logo se obtém o coeficiente de capilaridade pelas variações das massas.

#### Análise das resistências mecânicas a compressão e tração

A realização do ensaio prescrito na NBR 13279:2005, se obteve os dados das resistências mecânicas da argamassa para cada traço, se molda três corpos de prova prismáticos com dimensões de 4,0cm x 4,0cm x 16,0cm. E adensado através de 30 golpes na mesa *Flow Table*.

Depois da cura da argamassa por um período de 28 dias, será realizado os devidos ensaios de tração e compressão. Os ensaios de tração e compressão são feitos como ilustra as Figuras 3 e 4:

Figura 1 - Ensaio consistência "Flow Table"



Fonte: Autores (2019)

Figura 2: Ensaio de absorção de água por capilaridade



Fonte: Autores (2019)

Figura 3: Ensaio de tração Na flexão



Fonte: Autores (2019)

Figura 4: Ensaio de compressão



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Massa específica e Massa Unitária

Seguindo as normas utilizou-se para areia o ensaio do frasco de Chapman e o Le Chatelier para o pó de mármore e cal devido suas granulometrias. E fornecidos pelo fabricante do cimento os valores de massa específica. Pela NBR NM 45 (2006), obteve-se também os valores de massa unitária, em que se encontram especificados na Tabela 2. Já a Tabela 3 mostra a granulometria da areia média onde 500g foi colocada em um vibrador mecânico para que o material fique retido nas peneiras e possa ser comparado com o pó de mármore.

Tabela 2- Resultado dos ensaios de massa específica

Material	Massa específica (g/cm³)	Massa Unitária (g/cm³)	Método de ensaio
Areia	2,65	1,41	NBR NM 52 (2009) / NBR NM 45 (2006)
Cal	2,29	0,73	NBR 16605 (2017) / NBR NM 45 (2006)
Pó de Mármore	2,73	1,11	NBR 16605 (2017) / NBR NM 45 (2006)
Cimento	3,10	1,03	NBR 16605 (2017) / NBR NM 45 (2006)

Fonte: Autores (2019).

Tabela 3- Resultados do ensaio de granulometria da areia

Distribuição Granulométrica					
AREIA NATURAL (RIO)					
MF = 2,33					
Nº da peneira	Peneira (mm)	P. retido (g)	% Retida	% Passante	% Retido acumulado
4	4,75	0,00	0,00%	100,00%	0,00%
8	2,36	2,00	0,40%	99,60%	0,40%
16	1,18	11,00	2,20%	97,40%	2,60%
30	0,60	30,00	6,00%	91,40%	8,60%
50	0,30	132,00	26,40%	65,00%	35,00%
100	0,15	264,00	52,80%	12,20%	87,80%
200	0,075	54,00	10,80%	1,40%	98,60%
Fundo	0	7,00	1,40%	0,00%	100,00%
Totais		500,00	100,00%	0,00%	

Fonte: Autores (2019)

### Granulometria do pó de mármore e Estado fresco

Seguindo o mesmo mecanismo anterior, foi realizado com o pó de mármore. Obtendo os seguintes valores apresentados na Tabela 4. No estado fresco realizou-se o ensaio de *flow table* (NBR 13276:2005), onde se conseguiu chegar ao fator água cimento ideal solicitado pela norma referida para argamassa de assentamento, onde se notou que o aumento do pó de mármore, acarreta o aumento do fator água/cimento ideal para cada traço. Tiveram-se os seguintes valores conforme apresentado na Tabela 5:

Tabela 4- Resultados do ensaio de granulometria do pó de mármore

Distribuição Granulométrica					
PÓ DE MÁRMORE					
MF = 1,66					
Nº Peneira	Peneira (mm)	Peso retido (g)	% Retida	% Passante	% Retido acumulado
4	4,75	0,00	0,0%	100,00%	0,00%
8	2,36	9,00	1,8%	98,20%	1,80%
16	1,18	28,00	5,6%	92,60%	7,40%
30	0,60	30,00	6,0%	86,60%	13,40%
50	0,30	40,00	8,0%	78,60%	21,40%
100	0,15	87,00	17,4%	61,20%	38,80%
200	0,075	224,00	44,8%	16,40%	83,60%
Fundo	0	82,00	16,4%	0,00%	100,00%
Totais		500,00	100,00%	0,00%	

Fonte: Autores (2019).

Tabela 5 – Resultados dos ensaios de determinação do fator A/C

Fator Água/Cimento pelo ensaio de Flow Table 260 mm		
Traço com 50% de Pó de Mármore	1,50	A/C
Traço com 25% de Pó de Mármore	1,46	A/C
Traço com 12,5% de Pó de Mármore	1,43	A/C
Traço com 0% de Pó de Mármore	1,39	A/C

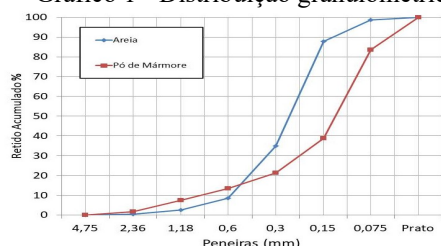
Fonte: Autores (2019).

Obteve-se através da realização das granulometrias que o pó de mármore possui uma granulometria menor, com um módulo de finura MF: 1,66, abaixo da areia com MF: 2,33. Logo observa-se que os vazios existentes entre os grãos de areia serão ocupados pelo pó de mármore. O Gráfico 1, mostrará o comportamento fazendo comparativos da passagem dos materiais nas peneiras.

### Variação de massa

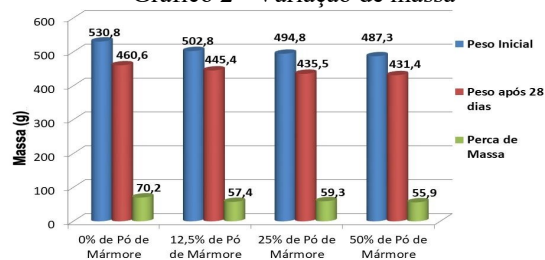
Depois de confeccionados os corpos de prova foram feitas a cura durante 28 dias em câmara úmida, acompanhando-se suas massas diariamente, o Gráfico 2 comprova uma das características positivas desse estudo, o seu peso próprio teve uma redução.

Gráfico 1 - Distribuição granulométrica



Fonte: Autores (2019).

Gráfico 2 - Variação de massa



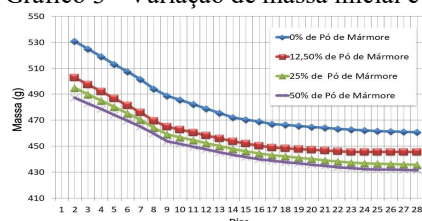
Fonte: Autores (2019).

Após a realização da cura no período de 28 dias, conseguiu-se chegar às suas massas finais de cada traço. Onde a adição do pó de mármore, apresentou uma redução de massa em relação ao traço referência de 0%, com isso uma redução do peso próprio. Outro ponto de análise foi à capacidade de retenção de água, onde o traço 0% teve uma variação de 70,2g e o traço 50% de apenas 55,9g. Consequentemente com adição do pó de mármore a argamassa conseguiu reter uma quantidade maior de água no seu maciço, comprovando-o no Gráfico 3.

### Índice de água por capilaridade

Seguindo a norma NBR 15259:2005 obteve-se os resultados apresentados no Gráfico 4, como esperava-se com a adição do pó de mármore tendo uma granulometria menor comparando com areia, ele preencheu os vazios existente apresentando uma maior impermeabilidade e comprovado visualmente através da Figura 5.

Gráfico 3 - Variação de massa inicial e final



Fonte: Autores (2019).

Gráfico 4 - Resultados do ensaio de capilaridade

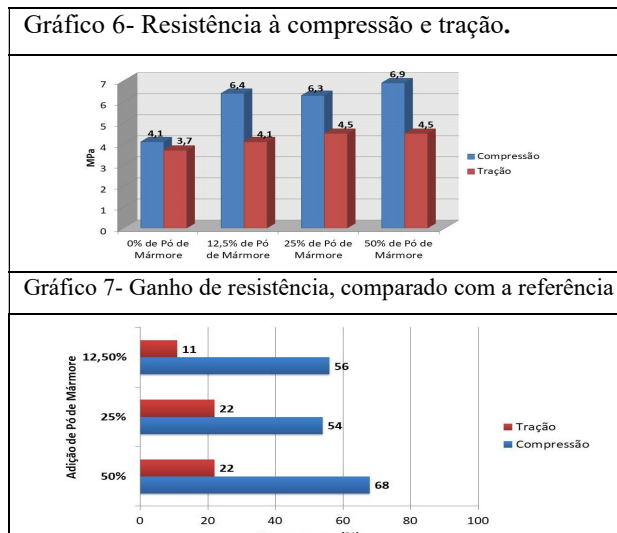
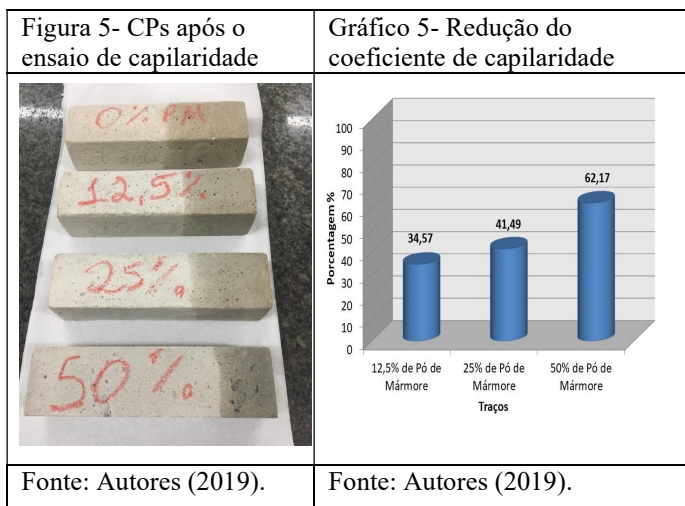


Fonte: Autores (2019).

Pelos resultados apresentados, a comparação ao traço de referência com 0% de pó de mármore, os traços com substituição de 12,5%; 25% e 50% reduziram o coeficiente de capilaridade respectivamente de 34,57%; 41,49% e 62,17%, apresentados no Gráfico 5, comprovando assim que a aplicação do pó de mármore reduz significativamente a porosidade da argamassa.

### Resistências à compressão e tração

Após realizar os ensaios de tração e compressão, com os rompimentos dos corpos de prova, após 28 dias de cura em câmara úmida, para que possam ser colocados na prensa hidráulica. Obteve os seguintes resultados para os traços de 0%; 12,5%; 25% e 50% os respectivos valores de resistência à compressão em MPa: 4,1; 6,4; 6,3 e 6,9, como também suas respectivas resistências à tração em MPa: 3,7; 4,1; 4,5 e 4,5. Conforme o Gráfico 6 e com os resultados obtidos das resistências de tração e compressão, adquiriu-se o ganho de resistência através da adição do pó de mármore, em porcentagem, demonstrado no Gráfico 7.



Fonte: Autores (2019).

Comprovou-se que ao adotar o traço com 0% de pó de mármore como referência, os traços de 12,5%, 25% e 50% de pó de mármore apresentaram um significativo ganho de resistência.

## CONCLUSÃO

Com base no que foi apresentado, se identificou que a aplicação do pó de mármore na argamassa de assentamento, apresentou diversos avanços em suas funcionalidades. Por intermédio de ensaios em laboratórios e adoção dos traços com pó de mármore nas proporções de 0% (referência), 12,5%, 25% e 50%. Após cura de 28 dias, comprovou-se melhorias na redução do peso próprio, resistências mecânicas e capilaridade, proporcionalmente a aplicação do resíduo do mármore.

Em vista dos argumentos expostos, constatou-se de forma numérica uma gama de benefícios positivos, proporcional a sua adição. Partindo do traço 0%, obteve-se uma redução no peso próprio de respectivamente 3,3%; 17,95% e 18,73%, além do aumento das resistências à tração em 11%; 22% e 22%, compressão em 56%; 54% e 68%. Sua granulometria mais fina proporciona uma redução de poros, promovendo maior impermeabilidade através da redução do seu coeficiente de capilaridade respectivamente 34,57%; 41,49% e 62,17%.

Outro ponto positivo é seu baixo custo de aquisição, qualificando-o como uma excelente alternativa, porém percebe-se uma necessidade de estudos mais aprofundados dessa argamassa como, estudar o mercado para comercialização do material, e a aplicação em regiões com escassez de jazidas de areia, dentre outros, que auxilie na constatação de sua potencialidade com a execução em grande escala na engenharia civil.

## REFERÊNCIAS

ABIROCHAS. Balanço das exportações e importações brasileiras de rochas ornamentais em 2017.

Disponível em: <<http://abirochas.com.br/wp-content-2017.pdf>>. Acesso em: 07 Nov. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

NM 45:2006: Agregados-Determinação da massa unitária e do volume de vazios. RJ, 2006. 8 p.

NM 52:2009: Agregado miúdo-Determinação da massa específica e massa aparente. RJ, 2009. 6 p.

NBR 13281:2005: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos. RJ, 2005. 7 p.

NBR 13279:2005: Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. 2ed.RJ, 2005.9 p.

NBR 15259:2005: Determinação da absorção de água por capilaridade. 1ed. Rio de Janeiro, 2005. 3 p.

NBR 13276:2005: Preparo da mistura e determinação do índice 2 ed. Rio de Janeiro, 2005. 3 p.

NBR 16605:2017: Cimento Portland— Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017. 4 p.

AGOPYAN, V. Construção Civil. Disp. em: <<http://redeglobo.globo.com>>. Acesso em: 30 Ago. 2019.

KUMAYAMA, Rosemarie. Estudo da viabilidade do pó de mármore para produção de concreto.2014.

Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/111145>>. Acesso em: 31 Ago. 2019.

SANTOS, IF, et al. "RECICLAGEM DE RESÍDUO DE MÁRMORE E GRANITO EM. Disponível em:<<http://pdf.blucher.com.br.s3-saeast1.amazonaws.com/.pdf>>. Acesso em: 20 Out. 2019.

SOUZA, Thamyres de Medeiros. "Análise das propriedades mecânicas de argamassas." (2016).

Disponível em<<http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream.pdf>>. Acesso em: 22 Out. 2019.