



## ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL EM ARGAMASSAS DO AGREGADO MIÚDO NATURAL POR RESÍDUO DO BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

<sup>1</sup>Robson de Freitas Bernardino; <sup>2</sup> Jorgelino Pedro de Santana Junior

<sup>1</sup>Discente do Curso de Engenharia Civil da Universidade Paranaense - UNIPAR

<sup>2</sup>Docente do Curso de Engenharia Civil da Universidade Paranaense – UNIPAR

### Resumo

Os resíduos da indústria de rochas ornamentais podem se tornar um grave problema ambiental devido ao volume gerado e ao seu tratamento muitas vezes inadequado. A construção civil é uma das maiores consumidoras de recursos naturais não renováveis. Dessa forma, esse trabalho tem como objetivo verificar a substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de rochas ornamentais em argamassa, analisando a sua resistência e absorção de água. Os ensaios que foram realizados são ensaios de granulometria, agregado miúdo, índice de vazios, absorção de água e resistência à compressão. Estes ensaios foram realizados no laboratório de concreto e solos da Universidade Paranaense - Unipar de Guaíra/PR. Nos resultados obtidos, a resistência à compressão do traço sem substituição apresentou valores de 18, 67 Mpa, já o traço de 7% apresentou valores com média de 20,1 MPa e o traço com substituição de 12% apresentou valores inferiores com média de 15,93 MPa. Conclui-se que com uma maior utilização do resíduo de rochas ornamentais, a argamassa absorve menos água que a argamassa sem adição.

**Palavras-chave:** Resistência. Absorção. Recursos Naturais.

### Abstract

Waste from the ornamental stone industry can become a serious environmental problem due to the volume generated and its often inadequate treatment. Civil construction is one of the largest consumers of non-renewable natural resources. This work aims to verify the partial replacement of fine aggregate by destruction of ornamental rocks, in mortar, analyzing its resistance and water absorption. The tests that were carried out are, granulometry test, fine aggregate, void index and water absorption, resistance to variation. These tests were carried out at the Concrete and Soil Laboratory of the Universidade Paranaense - Unipar de Guaíra/PR. In the results obtained, the resistance to variation of the mixture without correspondence presented values of 18.67 Mpa, while the mixture of 7% presented values, with an average of 20.1 MPa, and the mixture with 12% substitutions presented lower values, with an average of 15.93 MPa. It is concluded that with greater use of the destruction of ornamental rocks, the mortar absorbs less water than the mortar without addition.

**Keywords:** Resistance. Absorption. Natural resources.



## 1 Introdução

Para Amadei (2011), devido à alta produção de concreto e argamassa, o ramo da construção civil é um grande consumidor dos recursos naturais. De acordo com o alto potencial de produção e consumo, o reaproveitamento dos resíduos torna-se uma alternativa sustentável, pois fornece um destino adequado ao material gerado.

Segundo Binici, Kaplan e Yilmaz (2007), a indústria de rochas ornamentais ocupa posição de destaque no mercado nacional e internacional por movimentar grandes volumes. Durante o beneficiamento das rochas quando são em chapas com 20mm de espessura, cerca de 20% a 30% dos rejeitos são gerados na forma de lama.

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos nº 12.305/2010, os Resíduos de Construção Civil (RCC) são resíduos gerados durante a construção, reforma, reparo e demolição de obras de construção civil, incluindo preparação e escavação do terreno da construção.

Binici, Kaplan e Yilmaz (2007), afirmam que os resíduos são despejados na natureza ou em locais inapropriados. Contudo, para fornecer uma destinação adequada a esses resíduos, alguns pesquisadores têm investigado sua utilização como uma alternativa de matéria-prima para os materiais de construção.

Para Figueiredo (2019), o desenvolvimento de novos materiais e processos produtivos não está apenas relacionado aos aspectos econômicos, mas, também, à aspectos ambientais e sociais, baseados no desenvolvimento sustentável e em padrões cíclicos de produção e consumo, permitindo o reaproveitamento dos resíduos antes de serem descartados.

A indústria da construção tem se mostrado capaz de combinar resíduos e subprodutos em muitos de seus segmentos com a finalidade de substituir agregados naturais por agregados reciclados ou utilizar materiais cimentícios alternativos no uso de subprodutos industriais ou encapsulamento de resíduos (DEGEN, 2017).

Mármore e granito acompanham o avanço da construção civil e são cada vez mais utilizados. Cruz *et al.* (2020) destacam que o uso desses materiais decorre das boas propriedades de resistência e durabilidade desses materiais, além dos padrões estéticos e da criatividade.

Portanto, o objetivo deste trabalho é verificar a substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de rochas ornamentais em argamassas, analisando a sua resistência e absorção de água. E, também, verificar se é uma alternativa de reutilização para a construção civil e para o meio ambiente. Como a argamassa é utilizada em diversas finalidades, tornam-se necessários estudos das propriedades buscando inovações técnicas e tecnológicas.

## 2 Revisão Bibliográfica

### 2.1 Argamassa

A NBR 13281-1/2023 define argamassa como uma mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo, ou não, aditivos com propriedades de aderência e endurecimento podendo ser dosada em obra ou em instalação própria.

Segundo Pereira *et al.* (2010), o estudo de argamassa de assentamento tem uma grande importância para minimizar algumas patologias que ocorrem na alvenaria. A argamassa de assentamento representa cerca de 2% a 16% do volume total da alvenaria, mas tem um impacto muito importante no seu desempenho mais proeminente do que esse percentual pode indicar.

Segundo Miranda (2000), no Brasil, é comum os processos de construção de um edifício utilizarem paredes de alvenaria revestidas com argamassa, seja em vedação interna ou externa.

De acordo com Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP (2010), as argamassas possuem papéis fundamentais na construção civil, as mesmas são utilizadas para assentamento de tijolos, blocos cerâmicos e de concreto, cerâmicas de revestimento de piso e parede, revestimento de paredes e tetos (emboço e reboco), regularização de pisos e reparos em peças de concreto. A NBR 13529:2013, defini a classificação das argamassas conforme descrito no Quadro 01 abaixo:

Quadro 01: Classificação da argamassa.

CLASSIFICAÇÃO	TIPO DA ARGAMASSA
Natureza do aglomerante	Aérea e hidráulica
Número de aglomerantes	Simples e mista
Tipo do aglomerante	De cal e cimento, de cimento e cal
Função do revestimento	Chapisco, emboço, reboco
Forma de preparo/ revestimento	Dosada em central, preparada <i>in loco</i> , industrializada e mistura semipronta
Propriedades especiais	Aditivada, de aderência, colante, redutora de permeabilidade, de proteção radiológica, hidrofúga e termo isolantes

Fonte: NBR 13529 (2013)

### 2.1.1 Agregados miúdo

De acordo com a NBR 7211/2022, agregado miúdo é o agregado cujas partículas passam por uma peneira com abertura de malha de 4,75 mm e são retidas em uma peneira com abertura de malha de 150 µm. Ressalta-se que a areia natural/artificial também é classificada como agregado miúdo.

Para Rossi (2019), a função do agregado é fornecer partículas que sejam capazes de suportar as forças a que são submetidas, abrasão e intempéries, diminuindo a variação de massa e diminuindo o custo do todo.

Yazigi (2014), diz que o agregado miúdo ou areia é definido como areia de origem natural advinda da britagem de rochas estáveis ou uma mistura de ambas, onde as suas partículas passam por uma peneira de 4,8 mm e ficam retidas na peneira de 0,075 mm. Quando a classificação dos agregados é realizada conforme o tamanho de suas partículas, recebe o nome de agregado miúdo para os grãos menores.

Para Carasek (2017), a areia natural utilizada na argamassa é extraída de leitos de rios ou “cavas” e é constituída essencialmente por quartzo. Pode ser utilizada ainda a areia artificial, obtida da britagem de rochas como calcário e dolomita.

Valverde *et al.* (2019), afirmam que os agregados são amplamente utilizados na preparação de concretos, argamassas, pavimentos asfálticos, blocos, lajes, vias férreas, obras de drenagem, contenções e pisos com a finalidade de aumentar a resistência mecânica, reduzir a variação do volume de deslocamento e reduzir custos.

Para Barreto (2020), por constituírem cerca de 60% a 80% do material da argamassa tradicional, os agregados miúdos têm um efeito significativo nas propriedades e desempenho deste material. A areia é um insumo mais barato que o cimento e seu uso na argamassa tem um forte efeito econômico ao reduzir o custo de fabricação deste produto nos canteiros de obras. Abaixo na Figura 01 mostra-se os tipos de agregados miúdos utilizados.

Figura 01: Tipos de agregados miúdos.



Fonte: Chico D'Areia e Caçambas (2017)

Os autores Carneiro e Cincotto (1999) afirmam que a areia não está envolvida nas reações químicas que endurecem a argamassa, mas é um material inerte cuja energia potencial é ativada quando misturada à pasta por ação mecânica ou manual, ou seja, seu movimento é de natureza física.

Assim, a distribuição granulométrica tem grande influência na argamassa. No estado fresco, a areia forma capilares entre os poros do grão, o que contribui para a retenção da água de amassamento e pode reduzir o consumo do líquido sem perda da trabalhabilidade se a medição do grão for contínua (BARRETO, 2020).

### 2.1.2 Aglomerantes inorgânicos

Segundo Kock (2017), um aglomerante é um material com propriedades de ligantes, podendo ser hidráulica ou aérea, capaz de endurecer por uma reação de hidratação, no caso do cimento Portland ou por ação química do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) presente na atmosfera no caso da cal. Em ambos os casos, o adesivo forma uma pasta que endurece, criando uma forma sólida e coesa que pode unir os agregados.



A ABCP (2012) define que o cimento Portland é um dos aglomerantes mais utilizados na construção civil, principalmente na produção de argamassas para revestimentos, devido a sua importante contribuição na aderência dos materiais, além da principal responsabilidade no processo de desenvolvimento das propriedades mecânicas e resistência da argamassa.

Segundo Carasek (2017), o cimento apropriado para confecção da argamassa deve possuir a pega e o ganho de resistência mais lentamente ao longo do tempo, a fim de evitar o desenvolvimento de fissuras devido à retração por secagem ou hidráulica que podem ocorrer por causa de fenômenos naturais de perda de água para o ambiente ou pela respectiva combinação química que cria tensão superficial na argamassa.

Para Fiorito (2013), em argamassas de cal-cimento, o uso de cal na composição permite melhor acabamento superficial, tornando a argamassa mais plástica durante a aplicação e contribui para o aumento da capacidade de absorção de deformações.

### 2.1.3 Água

Segundo Tusset (2010), a importância da água na composição da argamassa é muito grande, pois ela é fundamental para as reações químicas necessárias para o endurecimento do material à base de cimento. A quantidade de água utilizada na argamassa deve ser maior que a quantidade necessária para hidratar o cimento, pois a maior parte dessa água da mistura é perdida por evaporação e absorção do substrato, garantindo assim um processo eficiente nas reações químicas de hidratação.

Turra (2016), afirma que quando misturada com agregados, cal e cimento Portland, a água é responsável pela trabalhabilidade da mistura afetando a consistência da argamassa quando no estado fresco e afeta também as propriedades no estado endurecido da argamassa, tais como a resistência mecânica, durabilidade e permeabilidade.

A NBR 15900-1/2009, estabelece os requisitos para a água de amassamento de concreto, os mesmos parâmetros podem ser utilizados para a produção de argamassa. A mesma afirma que a água para mistura de concreto e argamassas não deve conter teores nocivos de substâncias estranhas como açúcares, fosfatos, nitratos, chumbo e zinco. Os parâmetros avaliados também incluem óleos e gordura, cor, materiais sólidos, odor, matéria orgânica, cloreto, sulfato, alcalinidade e pH, sendo a água potável com pH entre 5,80 e 8,0 considerada satisfatória.

Para Cruz (2016), a análise da água durante a preparação de concretos e argamassas é importante porque impurezas e sais solúveis em água em excesso podem prejudicar os aglomerantes utilizados nesta preparação. Além disso, as águas selenitosas, aquelas que contêm gesso, são extremamente corrosivas, enquanto as águas sulfatadas ou de correntes que possuem ácido carbônico são águas que destroem o cimento. Quanto à água do mar ou a água contendo substâncias químicas ou orgânicas, atacam e decompõem os aglomerantes em função da cal e, portanto, não devem ser utilizadas para preparar concreto e argamassa.

## 2.2 Rochas ornamentais conceitos e definições

A NBR 15012/2013, define a rocha ornamental como uma substância rochosa natural que, após diferentes tipos de processamento, pode ser utilizada para funções

estéticas nas construções civis. As rochas ornamentais ou pedras naturais são materiais geológicos extraídos da natureza na forma de blocos rochosos e matacões, transformados em chapas ou placas, cortados de diversas formas e beneficiados por um processo de desdobramento e polimento conforme a necessidade da aplicação.

A rocha ornamental surgiu com a construção de cúpulas funerárias e templos religiosos. A partir do século XIX com a Revolução Industrial, a rocha foi sendo cada vez menos utilizada devido à introdução do concreto e do metal nas edificações. Durante o século XX, a evolução tecnológica permitiu a elaboração das lajes utilizadas para revestimento (VIDAL *et al.*, 2013).

Amplamente utilizadas na indústria da construção civil, as rochas ornamentais ocupam posição de destaque neste mercado devido às suas diversas aplicações que remontam aos primórdios das construções da humanidade. Por ser um material natural e abundante no planeta, a sua aplicação possui uma grande importância devido aos elementos construtivos de função estrutural, tal como aqueles utilizados nas construções medievais, assumindo utilizações mais modernas (LOPES, 2020).

Para Santos, Lira, Ribeiro (2012), os granitos são rochas plutônicas ou intrusivas granulares formadas principalmente por quartzo e feldspato, podendo conter também minerais acessórios como biotita e moscovita. Eles são os resultados dos lentos processos de resfriamento e solidificação do magma.

Segundo Bandeira (2017), o mármore é uma rocha metamórfica composta principalmente de calcita. As rochas metamórficas se formam como resultado do aumento da pressão, temperatura e fluidos mineralizantes (também conhecidos como agentes metamórficos).

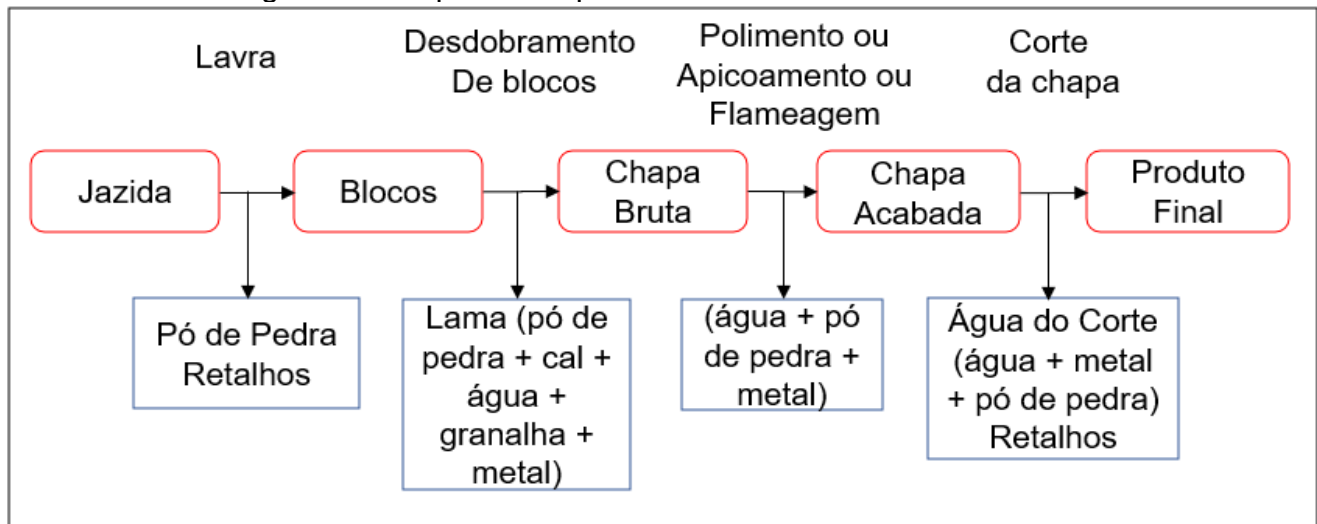
Para Lopes (2007), um conceito comercial mais comum ressalta que o mármore é toda a rocha cristalina sedimentar ou metamórfica, carbonatada ou não, que apresentando um aspecto semelhante ao do mármore, possa ser extraída em blocos e que evidencie boas características para o corte e seja susceptível de adquirir bom polimento. As rochas ornamentais são submetidas à diversas solicitações físicas, químicas e mecânicas assim que são extraídas do maciço rochoso. Estas são as etapas de beneficiamento: beneficiamento primário (extração e serragem) e final (resinagem e polimento).

### 2.2.1 Processo de beneficiamento das Rochas

As rochas ornamentais passam por três etapas em seu processo de beneficiamento, sendo:

- Mineração, realizada por empresas de lavra, incluindo exploração de rocha, geralmente executada em blocos;
- Serrarias, que consiste no desdobramento de blocos em chapas;
- Marmoraria, incluindo polimento e corte de chapas e fabricação de produtos acabados. Atenção deve ser dada ao polimento e fabricação de ladrilhos e peças especiais que às vezes são realizados em serrarias como uma extensão do estágio de desdobramento de blocos (ALENCAR *et al.*, 2022). Conforme mostrado na Figura 02, estão descritas todas as etapas do beneficiamento das rochas ornamentais.

Figura 02: Esquema do processo de beneficiamento da rocha.



Fonte: Adaptado de Alencar *et al.* (2022)

Para Bezerra (2017), a produção nacional de resíduos de corte e beneficiamento de mármore ocorre em torno de centenas de milhares de toneladas por ano, devido a este valor econômico representativo dessa atividade de produção, está ligada a um forte aumento na exploração brasileira nos últimos anos.

Para Vidal *et al.* (2013), durante o beneficiamento dos blocos de rochas ornamentais há uma perda estimada de material equivalente a 40% do volume do bloco processado, sendo 26% de resíduo muito fino (pó de rocha) e 14% de resíduo grosso.

### 2.3 Resíduo

A NBR 10004/2004 define os resíduos nos estados sólidos e semissólidos, estes são os que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição, além de certos efluentes com características inviáveis para lançamento na rede pública ou outros corpos de água.

Para Leal (2021), os resíduos de construção civil podem advir da reforma de edificações existentes. A lista é ampliada devido ao uso de materiais com vida útil curta, os resíduos podem ser um produto de qualidade insuficiente de bens ou serviços, resultando em perda de material. Outros resquícios são inerentes à urbanização desordenada que produz edificações defeituosas que requerem reforma e adaptação ou resultam de desastres ambientais associados à construção civil.

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (2002), os resíduos de construção civil são classificados em quatro grupos sendo: classe A para os resíduos que podem ser reutilizados ou reciclados como agregados; classe B para os resíduos recicláveis para outro destino; classe C para resíduos que ainda não encontraram uma aplicação economicamente viável e a classe D para os resíduos perigosos, provenientes de processos construtivos como tintas, solventes e produtos nocivos à saúde. Portanto pode ser visto na Figura 03, as classes dos resíduos da construção civil.

Figura 03: Classificação dos resíduos da construção civil



Fonte: Adaptado de Eos, (2023)

Para Almeida (2014), a geração de resíduos da construção civil está associada ao consumo excessivo de materiais nos canteiros de obras. Este desperdício de material é entendido como o percentual entre a quantidade de material teoricamente necessário e a quantidade real de material utilizado

### 2.2.1 Uso do resíduo de rochas ornamentais em argamassas

Segundo Almeida (2014), com a rigidez das leis governamentais que protegem o meio ambiente, as empresas produtoras de mármore foram obrigadas a dar um destino mais apropriado para os resíduos formados durante o processo de beneficiamento dos mármore.

O autor, ainda, afirma que, a construção civil é a indústria que mais consome recursos naturais, afeta significativamente o meio ambiente através do consumo de recursos minerais gerando resíduos, além de ser grande consumidora de madeira e água.

O pó de mármore possui alto teor de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) que pode ser adicionado à argamassa e concreto à base de cimento Portland para aumentar sua vida útil, funciona como um enchimento dos poros (SINGH *et al.*, 2017).

Para Mendonça *et al.* (2021), o resíduo de mármore pode ser utilizado na produção de argamassa, reduzindo o custo do produto final, aumentando o valor do resíduo e mitigando o impacto ambiental de seu descarte no meio ambiente.



### 3 Metodologia

Para a referência bibliográfica foram utilizados artigos, dissertações, monografias, livros, revistas e normas a partir de pesquisas realizadas no Google Acadêmico e Scielo. A pesquisa científica foi desenvolvida por meio de estudos para determinar o comportamento da argamassa diante de ensaios de resistência à compressão e absorção de água sem a adição e com a adição de resíduos de rochas ornamentais. Ressalta-se que todos estes experimentos e dosagens foram realizados na Universidade Paranaense – UNIPAR em seu laboratório de concreto e solos.

Para as análises, foram utilizados 36 corpos de prova cilíndricos com dimensão de 5x10 cm; a dosagem que foi utilizada para esse estudo foi de 1:3 (cimento e areia) e o cimento utilizado foi o cimento CPV IV – 32. A escolha dos traços deu-se a partir de estudos de dosagem encontrados em referência no trabalho de Araújo (2019) e Leite (2021). Foram moldados 18 corpos de prova para o ensaio de resistência à compressão e 18 para o ensaio de absorção de água. Para a relação água/cimento foi utilizado nos traços 0,54. Os corpos de prova foram desmoldados após 24 horas e colocados para cura imersos no tanque de água e o rompimento realizado em 14 e 28 dias. E, ainda, foi realizada substituição da areia pelo resíduo de rochas ornamentais com proporções de 7 e 12%. Conforme visto no Quadro 02, estão descritos um resumo dos ensaios, métodos e normas usadas.

Quadro 02: Normas e procedimentos realizados no trabalho

Ensaio	Métodos	Normas
Agregado miúdo	Tubo de Chapman	NBR 16916/2021
	Granulometria	NBR 17054/2022
Absorção de água	Massa específica, índice de vazios, absorção de água	NBR 9778/2009
	Análise do resultado do ensaio	NBR 15116/2021
Corpos de prova	Preparo da argamassa	NBR 16541/2016
Resistência a compressão	Rompimento	NBR 7215/2019
	Análise do resultado do ensaio	NBR 16868-1:2020

Fonte: O autor (2023)

#### 3.1 Materiais

##### 3.1.1 Agregado miúdo

##### 3.1.1.1 Areia

Foi utilizada a areia, fornecida pelo laboratório de concreto e solos de engenharia da Universidade Paranaense – UNIPAR.

### 3.1.1.2 Resíduo de rochas ornamentais

Foi utilizada a lama do mármore, retirada do decantador de uma marmoraria, localizada na cidade de Guaíra - PR.

### 3.1.2 Aglomerante

Foi utilizado o cimento CPV IV – 32 obtido de um comércio local da cidade de Guaíra - PR.

### 3.1.3 Água

A água utilizada foi a água potável fornecida pela Sanepar do município e utilizada no laboratório de concreto e solos de engenharia da Universidade Paranaense – UNIPAR.

### 3.1.4 Demais equipamentos

Os demais equipamentos que foram utilizados são: argamassadeira, moldes cilíndricos, colher de pedreiro, recipientes, peneiras, balança hidrostática, prensa hidráulica, estufa, agitador mecânico de peneiras, cesto metálico e retificadora.

## 3.2 Métodos

### 3.2.2 Ensaio do agregado miúdo

#### 3.2.2.1 Ensaio do Tubo de Chapman

Para este ensaio, a norma utilizada é a NBR 16916/2021. Para a mistura, a qual foi feita utilizando o tubo de Chapman, iniciou-se colocando 500 g de amostra de areia lavada até a estufa para colocá-la no tubo de Chapman que foi preenchido com 200 ml de água. Após, o recipiente foi agitado para retirar as bolhas de ar. Por fim, foi realizada a leitura da altura da coluna d'água no tubo e também a aferição da massa específica da areia.

Para fazer o cálculo da areia, foi utilizada a equação 01, conforme citado abaixo. Nas figuras 04 descrita abaixo, é demonstrado como foi realizado o ensaio do agregado para o agregado miúdo, areia.

$$\mu = \frac{Ms}{L - I_0}$$

(Equação 01)

Onde:

$\mu$  = massa específica do agregado em g/cm<sup>3</sup>

L = leitura final do frasco cm<sup>3</sup>

I<sub>0</sub> = leitura inicial do frasco cm<sup>3</sup>

Figura 04: (a) Água sendo inserida no tubo; (b) resíduo de rochas ornamentais; (c) agitação do resíduo de rochas ornamentais.



Fonte: O autor (2023)

O ensaio também foi realizado com o resíduo de rochas ornamentais, onde foi adicionado água no tubo de Chapman, entretanto quando se adicionou o resíduo em contato com a água formou-se uma mistura muito densa, portanto não foi possível se obter uma leitura, e com isso, não foi possível realizar o ensaio. Conforme mostrado na Figura 05:

Figura 05: (a) areia sendo inserida no tubo; (b) agitação para retirar as bolhas de ar; (c) areia após a retirada de bolhas de ar.



Fonte: O autor (2023)

### 3.2.2.2 Ensaio de granulometria

Para este ensaio, a norma utilizada é a NBR 17054/2022. O ensaio foi desenvolvido com a amostra da areia média e resíduo de mármore com 2,5 kg, conforme a norma. Em seguida, foram separadas as peneiras com abertura da malha de 2,36 mm, 1,18mm, 0,6mm, 0,3mm, e 0,15mm que formaram um único conjunto de peneiras com abertura da malha em ordem decrescente. Em seguida, iniciou-se o processo de agitação no agitador mecânico. Após a separação dos grãos, o material que ficou retido nas peneiras foi pesado para a realização dos cálculos e a curva granulométrica. Abaixo mostra-se, as figuras 06 e 07 de como foi feito o ensaio de granulometria para os agregados miúdos, areia e resíduo de rochas ornamentais.

Figura 06: (a) inserindo a areia nas peneiras; (b) agitador mecânico; (c) Pesagem do material; (d) materiais após o peneiramento.



Fonte: O autor (2023)

Figura 07: (a) inserindo o resíduo de rochas ornamentais nas peneiras; (b) agitador mecânico; (c) Pesagem do material; (d) materiais após o peneiramento.







Fonte: O autor (2023)

### 3.2.3 Ensaio de absorção de água por imersão

Para o ensaio, a norma utilizada é a NBR 9778/2009. Para esta análise foram utilizados seis corpos de prova cilíndricos com dimensão de 5x10 cm sem adição do resíduo, seis com adição de 7% e seis com adição de 12%. Em seguida, foi determinada a massa dos corpos de prova ao ar e foram colocados em estufa a uma temperatura de  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ , em seguida, foram obtidas as massas após 72 horas.

Posteriormente, realizou-se a imersão dos corpos de prova na água à temperatura de  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  por 72 horas e após foi retirada a amostra da água e a mesma foi secada com tecido, em seguida foi determinada a massa da amostra com auxílio da balança. Logo depois, a amostra foi colocada em cesto metálico imerso na água e foi determinada a massa com auxílio de balança hidrostática, determinando sua massa saturada. Após, foram feitos os cálculos para determinar massa específica, índice de vazios e absorção. Abaixo seguem as figuras 08 e 09 do ensaio de absorção, dos corpos de prova. E em seguida mostra-se as equações utilizadas 02, 03,04,05,06.

Figura 08: (a) corpos de prova; (b) corpos de prova secos em estufa (c) corpos de prova imersos na água; (d) pesa após imersão.



Fonte: O autor (2023)

Figura 09: (a) pesagem balança hidrostática; (b) pesagem balança hidrostática; (c) pesagem balança hidrostática; (d) corpo de prova imerso para pesagem.





Fonte: O autor (2023)

$$i_v = \frac{m_{sat} - m_s}{m_{sat} - m_i} \times 100$$

(Equação 02)

Onde:

$i_v$  = índice de vazios %

$m_{sat}$  = Massa do corpo de prova saturado g

$m_i$  = massa da amostra saturada após fervura g

$m_s$  = Massa do corpo de prova seco em estufa g

Para calcular a absorção foi usada a equação 03 conforme descrita abaixo:

$$A_i = \frac{M_{sat} - M_s}{M_s} \times 100$$

(Equação 03)

Onde:

$a_i$  = Absorção de água por imersão %

$m_{sat}$  = Massa do corpo de prova saturado g

$m_s$  = Massa do corpo de prova seco em estufa g

Para calcular a massa da amostra seca e saturada e real foi usada a equação 04, 05 e 06 conforme descrita abaixo:

$$p_s = \frac{m_s}{m_{sat} - m_i}$$

(Equação 04)

Onde:

$p_s$  = massa da amostra seca g/cm<sup>3</sup>

$m_{sat}$  = Massa do corpo de prova saturado g

$m_i$  = massa da amostra saturada após fervura g



$m_s$  = Massa do corpo de prova seco em estufa g

$$p_{sat} = \frac{m_{sat}}{m_{sat} - m_i}$$

(Equação 05)

Onde:

$p_{sat}$  = massa da amostra saturada g/cm<sup>3</sup>

$m_{sat}$  = Massa do corpo de prova saturado g

$m_i$  = massa da amostra saturada após fervura g

$$p_r = \frac{m_s}{m_s - m_i}$$

(Equação 06)

Onde:

$p_r$  = massa da amostra real g/cm<sup>3</sup>

$m_i$  = massa da amostra saturada após fervura g

$m_s$  = Massa do corpo de prova seco em estufa g

### 3.2.4 Ensaio de resistência a compressão

Para o ensaio, a norma utilizada é a NBR 16541/2016 e a NBR 7215/2019. Para a confecção da argamassa foram usados aglomerantes, agregados miúdos e água. Antes de iniciar o ensaio foi realizado o processo de destorramento do resíduo de rochas ornamentais.

Em seguida, foi realizada a mistura dos materiais na argamassadeira. O adensamento dos corpos de prova foi feito de forma manual, utilizando uma haste de adensamento com 30 golpes em cada camada. Posteriormente, foram desmoldados após 24 horas os corpos de prova e colocados para cura em imersão por 28 dias. Por fim, os corpos de prova foram acondicionados em uma prensa hidráulica até a sua ruptura, onde foi possível obter o valor da sua resistência em Megapascal (Mpa).

Foram rompidos seis corpos de prova nas idades de 14 e 28 dias sem adição, também foram rompidos seis corpos de prova nas idades de 14 e 28 dias com adição de 7% e, por fim, foram rompidos seis corpos de prova nas idades de 14 e 28 dias com adição de 12%. Abaixo seguem as Figuras 10, 11 e 12, da confecção dos corpos de prova e ensaio de absorção.

Figura 10: (a) pesagem do resíduo de rochas ornamentais; (b) secagem dos agregados em estufa; (c) preparação do resíduo de rochas ornamentais; (d) resíduo de rochas ornamentais pós preparação.



Fonte: O autor (2023)

Figura 11: (a) confecção da argamassa; (b) argamassa em preparação na argamassadeira; (c) adensamento dos corpos de prova; (d) corpos de prova no molde.



Fonte: O autor (2023)

Figura 12: (a) corpos de prova de 7% desmoldados; (b) corpos de prova de 10% desmoldados; (c) cura dos corpos de prova; (d) corpos de prova após rompimento.



Fonte: O autor (2023)



## 4 Resultado e Discussão

### 4.1.1 Agregados miúdos (Areia e resíduo de rochas ornamentais) e Granulometria

#### 4.1.1.1 Tubo de Chapman

Para o ensaio do agregado da areia o resultado obtido está descrito conforme o Quadro 03 abaixo:

Quadro 03: Dados do ensaio da areia

Massa da areia (g)	Quantidade de água (ml)	Leitura do Frasco	Resultado Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )
500	200	380	2,78

Fonte: O autor (2023)

O ensaio não pode ser realizado, conforme dito posteriormente na metodologia, isso também ocorreu no estudo de Rodrigues e Boaro (2020) que devido à alta densidade do material não foi possível realizar a leitura.

#### 4.1.1.2 Granulometria

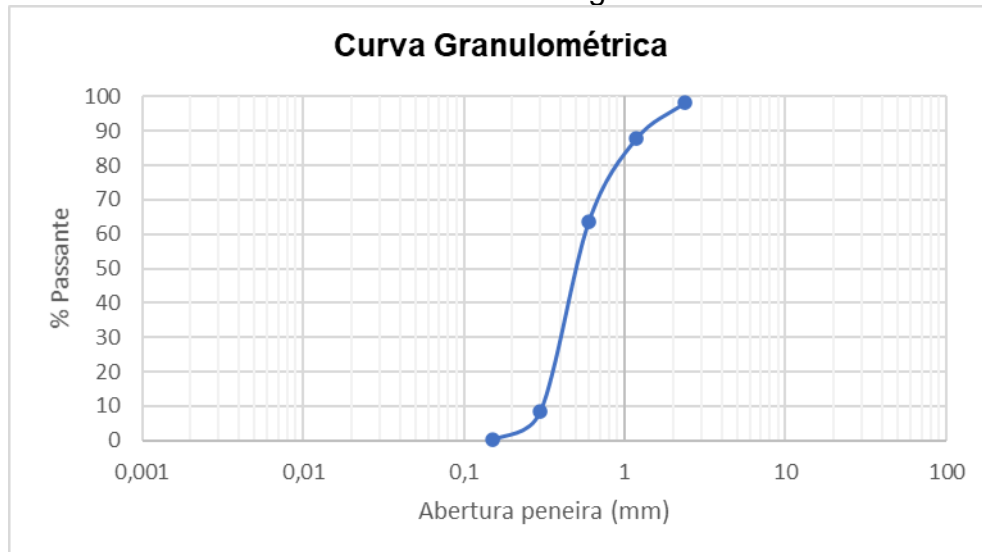
Para o ensaio da areia, os resultados que foram obtidos são do diâmetro máximo característico, onde o valor encontrado foi de e 2,36 mm e para o módulo de finura 2,58mm que estão de acordo com a norma NBR 17054/2022, e teve maior retenção nas peneiras 600 µm e 300 µm. Conforme descrito no Quadro 04 e ainda com base nos dados da porcentagem acumulada obteve-se a curva granulométrica conforme o Gráfico 01 abaixo.

Quadro 04: Dados do ensaio da areia

Peneira mm	Massa retida g	Percentual retida %	Percentual retida acumulada %	Percentual passante %	Diâmetro máximo mm	Módulo de finura
<b>2,36</b>	43,76	1,78	1,78	98,22	2,36	2,58
<b>1,18</b>	258,4	10,49	12,27	87,73		
<b>0,6</b>	593,38	24,08	36,35	63,65		
<b>0,3</b>	1.358,33	55,12	91,47	8,53		
<b>0,15</b>	205,19	8,33	99,80	0,20		
<b>Fundo</b>	5,06	0,21	100,00	0,00		

Fonte: O autor (2023)

Gráfico 01: Resultados do ensaio de granulometria da areia.



Fonte: O autor (2023)

Já para o ensaio do resíduo de rochas ornamentais foram obtidos conforme mostrado no Quadro 05, os valores do diâmetro máximo característico, entretanto, não obteve o valor conforme descrito na NBR 17054/2022, pois a norma diz que o diâmetro máximo deve ter o valor igual ou inferior a 5% e, com o ensaio, o resultado para o módulo de finura foi de 3,31, o qual está dentro do exigido conforme determina a norma NBR 17054/2022, e teve maior retenção nas peneiras 1,18 mm e 150 µm. E, ainda, com base nos dados da porcentagem acumulada, obteve-se a curva granulométrica, conforme a Gráfico 02 abaixo.

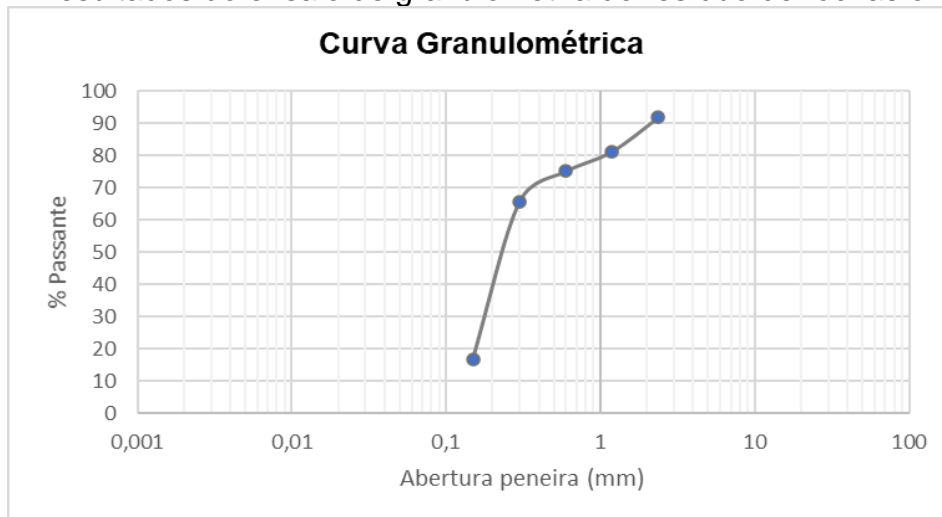
Quadro 05: Dados do ensaio do resíduo de rochas ornamentais

Peneira mm	Massa retida g	Percentual retida %	Percentual retida acumulada %	Percentual passante %	Módulo de finura
<b>2,36</b>	133,54	8,05	8,05	91,95	3,31
<b>1,18</b>	177,02	10,66	18,71	81,29	
<b>0,6</b>	101,01	6,09	24,80	75,20	
<b>0,3</b>	158,20	9,53	34,33	65,67	
<b>0,15</b>	811,79	48,91	83,24	16,76	
<b>Fundo</b>	278,33	16,77	100,00	0,00	

Fonte: O autor (2023)



Gráfico 02: Resultados do ensaio de granulometria do resíduo de rochas ornamentais.



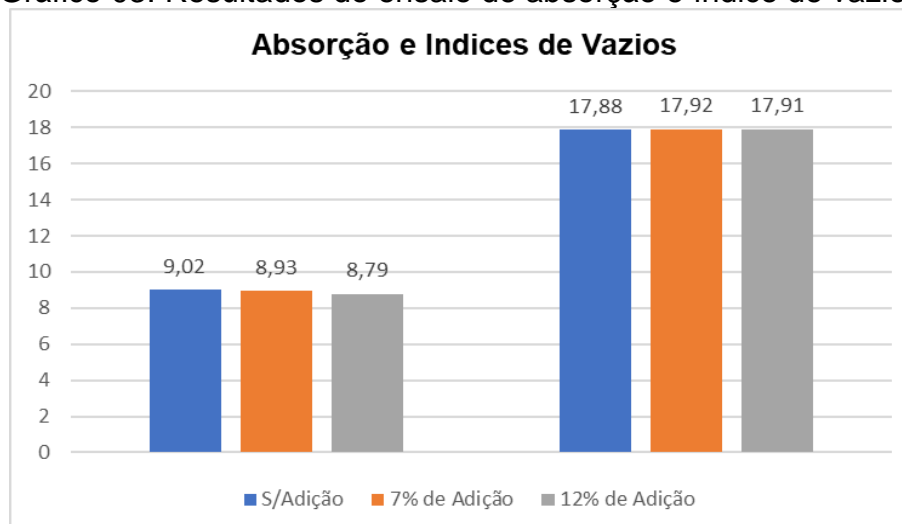
Fonte: O autor (2023)

Segundo Mehta e Monteiro (2008), a relação entre o módulo de finura e o tamanho das partículas do agregado é de igual proporção, ou seja, quanto maior o módulo de finura, mais graúdo é o agregado. Portanto, a areia possui um módulo de finura menor quando comparado ao resíduo de rochas ornamentais; a curva da areia obteve a presença de um material mais uniforme onde havia a presença de partículas menores e partículas maiores, já no resíduo de rochas ornamentais, a curva possui uma disparidade onde ela apresenta uma quantidade muito grande de um mesmo tamanho de partícula, e o seu diâmetro máximo teve um resultado maior que o da areia.

#### 4.1.2 Absorção de água por imersão da argamassa

Para este ensaio dos corpos de prova os resultados que foram obtidos estão descritos conforme o Gráfico 03 abaixo:

Gráfico 03: Resultados do ensaio de absorção e índice de vazios.



Fonte: O autor (2023)

A absorção dos corpos de provas apresentou uma média de 9,02% para o traço sem adição, 8,93% para o traço com adição de 7% e 8,79 para o traço com 12%. Sendo assim, elas atendem aos parâmetros, pois a norma NBR 15116/2021 limita a absorção de água do agregado reciclado em (concreto, argamassa e bloco cerâmico) em, no máximo, 17%. Já o índice de vazios apresenta média entre 17,88%, 17,92 % e 17,91 para os traços sem adição, com adição de 7% e 12% respectivamente.

Conclui-se, então, por meio do estudo de Mendonça *et al.* (2021) que a adição de resíduo do pó do mármore poderia aumentar a taxa de absorção da argamassa em comparação com a argamassa sem adição e a substituição de 10% do agregado miúdo por resíduo de mármore aumentou a taxa de absorção da argamassa em 12,68%. Para o teor com 20%, a taxa de absorção aumentou 13,52%, onde a adição de resíduo auxiliou até certo ponto no sentido de interligar os poros, aumentando, assim, a penetração de água.

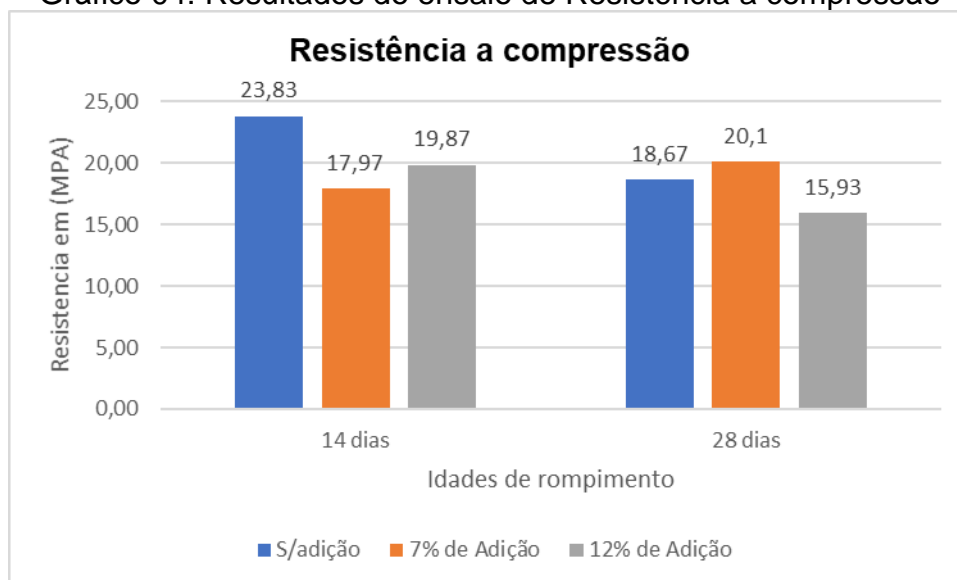
Já no estudo de Cruz *et al.* (2020) notou-se que a substituição de 10% do agregado miúdo por resíduo de mármore aumentou a taxa de absorção em 2,47%. Para o teor de absorção de 20% de substituição, a taxa aumentou 2,95% e constatou-se que a composição com 10% de reposição de substituição apresentou menor absorção de água e teor de vazios em comparação às amostras sem adição e com 20% de adição.

Matias *et al.* (2017) estudou o efeito da substituição do resíduo de mármore com adição de 10% e constatou que a adição do resíduo do pó do mármore resultou em uma maior absorção da argamassa em comparação à argamassa sem adição de resíduo, obtendo, assim, para o teor de substituição com 10% de agregado miúdo por resíduo de mármore, um aumento na absorção de 12,68%.

#### 4.1.3 Resistência a compressão da argamassa

Para o ensaio de resistência a compressão os resultados que foram obtidos estão descritos conforme o Gráfico 04 abaixo:

Gráfico 04: Resultados do ensaio de Resistência a compressão



Fonte: O autor (2023)

Portanto, pode se observar no Gráfico 04 que os corpos-de-prova confeccionados com ou sem adição obtiveram uma média maior de resistência aos 14 dias quando comparado com os corpos de prova com adição que tiveram um valor de 17,97% para 7% e 19,87% com 12%.

Já, aos 28 dias com adição de 7% de resíduo de rochas ornamentais, obteve-se uma resistência à compressão maior que os compostos pela substituição de 12% e sem a adição. Notou-se, também, que a substituição do agregado natural por resíduo de rochas ornamentais não prejudica o aspecto da argamassa. A norma de referência para análise da resistência foi a NBR 16868-1:2020 que diz que a argamassa deve ter no mínimo uma resistência de 1,5 MPa e um valor máximo igual a 70% da resistência do bloco, portanto, são consideradas resistentes para uma argamassa.

No estudo de Ribeiro *et al.* (2016), a resistência à compressão da argamassa com substituição parcial de 50% do resíduo, apresentou um aumento de 7,22 MPa em comparação à argamassa sem adição, comprovando ser eficaz o seu uso. A diferença de resistência foi significativa porque a quantidade de água presente na argamassa é menor em relação às demais, afetando, diretamente, os resultados de resistência.

Já, no estudo de Alencar *et al.* (2022), os traços de substituição mostraram resistências de 12,4 MPa para 3% de substituição, 12,2 Mpa para substituição de 5%, e 11,2 Mpa para substituição de 7%, assim sendo, os resultados de resistência estão dentro da faixa de resistência exigida de 8 MPa a 10 MPa.

Corinaldesi, Moriconi, Naik (2010) em seu estudo produziram diversas misturas de argamassas com a finalidade de avaliar propriedades mecânicas e foram testadas utilizando uma relação cimento/areia de 1:3 para a mesma relação água/areia do cimento, alterando, assim, sua trabalhabilidade. Os resultados mostraram que a substituição de 10% da areia por pó de mármore promoveu uma maior resistência à compressão com a mesma trabalhabilidade. Os ensaios de resistência à compressão mostraram que a adição de resíduo de corte de mármore foi benéfica no que se refere ao ganho de resistência da argamassa, onde a maioria das argamassas apresentaram um aumento de resistência, o que poderia justificar a substituição parcial de areia por resíduos. A resistência da argamassa com cimento CPV e 10% de resíduo foi ligeiramente superior à da argamassa feita com o mesmo cimento sem adição de resíduo.

## 5 Conclusão

Portanto, é necessário enfatizar que a absorção é a capacidade da argamassa absorver água, e que durante o desenvolvimento deste trabalho a água com adição de resíduo diminuiu, devido à falta do teor de material inerte, facilitando o fechamento dos poros e além de ter o menor índice de vazios, ainda, o módulo de finura com adição do resíduo pode alterar o rendimento e aplicação da argamassa no estado endurecido.

Por se tratar de um material com disparidade nas partículas e por ser mais denso, para que fosse possível obter uma boa trabalhabilidade da massa, foi necessária uma maior quantidade de água para atingir um abatimento dentro do esperado para a argamassa sem afetar negativamente a sua resistência à compressão. Considera-se, então, que a substituição do agregado miúdo com adição de 7% de resíduo de mármore apresentou melhores resultados para a resistência à compressão da argamassa, tendo valores aceitáveis conforme constatado na literatura e atende aos requisitos propostos pela norma.



Ainda, a utilização de resíduos de rochas ornamentais como substituto da areia natural, oferece muitas oportunidades para melhorar a sustentabilidade no setor da construção civil, pois a utilização diminui os danos causados pela exploração de areia e dos danos causados pelos resíduos das rochas ornamentais. Porém, faltam especificações e normas que possam regulamentar o uso desse material estipulando as suas limitações, bem como formas adequadas de separação desse material para que o seu uso possa se expandir. Nessa perspectiva, é importante ressaltar que há necessidade de pesquisas com foco na utilização de resíduos de rochas ornamentais em argamassas, dessa forma, o presente estudo é uma importante contribuição para a área.

## 6 Referências

ALENCAR, Alexandre Gondim de Lima. *et al.* Utilização de Resíduo do Corte de Mármore e Granito em Argamassa de Contrapiso. *In: Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído.* 2022, Canela. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, p. 1-14. 2022. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/2106>. Acesso: 14. Junho. 2023.

ALMEIDA, Thiago de Freitas. **Reaproveitamento De Resíduo De Pó De Mármore E Chamote Na Produção De Material Cerâmico Para Isolação Térmica.** 2014. 103 f. Dissertação (Mestre em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos dos Goytacazes. 2014. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/engenharia-de-materiais/wp-content/uploads/sites/2/2013/07/completa.pdf>. Acesso: 11. Junho. 2023.

AMADEI, Daysa Ione Braga. **Avaliação de blocos de concreto para pavimentação produzidos com resíduos de construção e demolição do município de Juranda/pr.** 2011. 17 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Urbana) - Universidade Estadual de Maringá. Maringá. 2011. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/3546>. Acesso: 11. Junho. 2023.

ARAÚJO, Fabiana Madeira de. **Análise da influência do resíduo da lama de marmoraria como elemento de substituição parcial do cimento nas propriedades do concreto.** 2019.145 f. Dissertação (Mestre em construção civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. Belo horizonte. 2019. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/30127/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_Mestrado\\_Fabiana\\_Madeira.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/30127/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Mestrado_Fabiana_Madeira.pdf). Acesso: 05. Junho. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP. **Manual de Revestimentos de Argamassa.** São Paulo. 2010. Disponível em: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/ric/article/download/1192/773/4908>. Acesso: 05. Junho. 2023.

\_\_\_\_\_. **ABCP.** Indústria Brasileira do Cimento - Base para a Construção do Desenvolvimento. Brasília. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211:** Agregados para concreto-Especificação. p. 10. Rio de Janeiro, 2022.



\_\_\_\_\_. **NBR 7215:** Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. p.8. Rio de Janeiro. 2019.

\_\_\_\_\_. **NBR 9778:** Argamassa e Concreto Endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão – índice de vazios. p.4. Rio de Janeiro. 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR 10004:** Resíduos sólidos – Classificação. p.77. Rio de Janeiro. 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 13281-1:** Argamassa para assentamento revestimento de paredes tetos – requisitos. p.20. Rio de Janeiro. 2023.

\_\_\_\_\_. **NBR 13529:** Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. p.13. Rio de Janeiro. 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 15012:** Rochas para revestimentos de edificações - terminologia. p. 23. Rio de Janeiro. 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 15900-1:** Água para amassamento do concreto. Parte 1 — Requisitos. p.11. Rio de Janeiro, dezembro 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR 15116:** Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland - Requisitos e métodos de ensaios. p. 16. Rio de Janeiro. 2021.

\_\_\_\_\_. **NBR 16541:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura para a realização de ensaios. p. 7. Rio de Janeiro. 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR16868-1:** Alvenaria estrutural — Blocos cerâmicos - Parte 1: Projetos. p. 41. Rio de Janeiro. 2020.

\_\_\_\_\_. **NBR 16916:** Agregado miúdo – Determinação da densidade e absorção de água. p.7. Rio de Janeiro. 2021.

\_\_\_\_\_. **NBR 17054:** Agregados – Determinação da composição granulométrica - método de ensaio. p.10. Rio de Janeiro. 2022.

BANDEIRA, Caroline Mateus. **Utilização de resíduo de corte de mármore em argamassa.** 2017. 59 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Centro Interdisciplinar de Tecnologia e Infraestrutura, Universidade Federal da Integração Latino-Americana. Foz do Iguaçu. 2017. Disponível em: [https://dspace.unila.edu.br/bitstream/handle/123456789/2079/TCC-Caroline\\_Bandeira.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.unila.edu.br/bitstream/handle/123456789/2079/TCC-Caroline_Bandeira.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 11. Junho. 2023.

BARRETO, Sarah Louise Oliveira. **Argamassa com substituição parcial do agregado miúdo convencional por resíduo de eps.** 2020. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão. 2020.





Disponível em: [https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/15847/2/Sarah\\_Louise\\_Oliveira\\_Barreto.pdf](https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/15847/2/Sarah_Louise_Oliveira_Barreto.pdf). Acesso: 05. Junho. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº. 307, de 5 de julho de 2002**. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação. Publicada no Diário Oficial da União em 17/07/2002.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília. 2010.

BEZERRA, Francisco Diniz. **Rochas ornamentais: novas perspectivas de investimento**. ed. 21. p. 21. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2017. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/2106/1770>. Acesso em: 04. Junho. 2023.

BINICI, Hanifi; KAPLAN, Hasan; YILMAZ, Salih. Influence of marble and limestone dusts as additives on some mechanical properties of concrete. **Scientific Research and Essays**, v. 2. nº9. p. 372-379. 2007. Disponível em: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/ric/article/download/1192/773/4908>. Acesso em: 11. Junho. 2023.

CARASEK, Helena. Argamassas. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. Editora: G. C. Isaia. 3ªed. São Paulo, IBRACON, 2017. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/244635375/CARASEK-Argamassas-IBRACON-pdf>. Acesso: 05. Junho. 2023.

CARNEIRO, Arnaldo Manoel Pereira; CINCOTTO, Maria Alba. **Dosagem de argamassas através de curvas granulométricas**. São Paulo: Boletim Técnico -Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia e de Construção Civil. p. 14. 1999.

CORINALDESI, Valeria; MORICONI, Giacomo; NAIK, Tarun. **Characterization of marble powder for its use in mortar and concrete**. Presentation and Publication at the CANMET/ACI Three-day International Symposium on Sustainable Development of Cement and Concrete. Toronto, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061809002529>. Acesso em: 29. Novembro. 2023

CHICO D'AREIA E CAÇAMBAS. **3 tipos de areias e suas funcionalidades**. Pará de Minas. 2017. Disponível em: <https://www.chicodareia.com.br/blog/3-tipos-de-areias-e-suas-funcionalidades>. Acesso em: 05. Junho. 2023.

CRUZ, Andréa Cristina Félix da. *et al.* Caracterização do resíduo de corte de mármore e granito de marmoraria e análise da viabilidade de substituição parcial do cimento Portland para produção de pavers. **Revista Univap**, v. 26, n. 51, p. 91-107, 2020. Disponível: <https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/2444>. Acesso em: 25. Outubro. 2023.



CRUZ, Fernando. **Como a qualidade da água pode influenciar a sua obra.** 2016. Disponível em: <https://baktron.com.br/como-a-qualidade-da-agua-pode-influenciar-a-sua-obra/>. Acesso: 25. outubro.2023.

DEGEN, Maxwell Klein. **Avaliação de desempenho mecânico e de durabilidade em concretos produzidos com resíduo de beneficiamento de rochas ornamentais tratado termicamente (RBROTT).** 2017. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufes.br/handle/10/9484>. Acesso: 11. Junho. 2023.

EOS. **Classificação De Resíduos Sólidos.** 2023. Disponível em: <https://www.eosconsultores.com.br/classificacao-de-residuos-solidos/>. Acesso em: 05. Junho.2023.

FIORITO, Antônio. **Manual de Argamassas e Revestimentos: Estudos e Procedimentos de Execução.** ed. 2. p. 189. São Paulo: PINI, 2013.

FIGUEIREDO, Gabriela Sarti. **Análise da substituição parcial do cimento pelo resíduo de beneficiamento de mármore e granito (RBMG) na produção de concretos.** 2019. 22 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Grande Dourado. Dourados. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/2330/1/GabrielaSartiFigueiredo.pdf>. Acesso: 05. Junho. 2023.

KOCK, Tatiana. **Investigação da relação entre diferentes métodos de produção e as propriedades no estado fresco e endurecido de argamassa de revestimento.** 2017. 114 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/4450>. Acesso: 11. Junho. 2023.

LEAL, Ailton Pires. Resíduos Da Construção Civil: Uma Revisão Sobre As Possibilidades de Aplicação. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação- REASE.** São Paulo, v.7.n.6. 2021.ISSN -2675 -3375. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/1385/601>. Acesso em: 29. Novembro. 2023

LEITE, Ana Paula Mendes. **Utilização do pó de granito como substituição parcial do agregado miúdo na fabricação de argamassas.** 2021. 90 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) - Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco. São Luís. 2021. Disponível em: <http://repositorio.undb.edu.br/jspui/handle/areas/559>. Acesso: 11. Junho. 2023

LOPES, Karina Leonetti. **Avaliação de argamassa com incorporação de resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais.** 2020. 108 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Sorocaba. 2020. Disponível em:



[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/194134/lopes\\_kl\\_me\\_bauru.pdf;jsessionid=66424CBDCA1F3B15237D43EF0C4A952B?sequence=3](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/194134/lopes_kl_me_bauru.pdf;jsessionid=66424CBDCA1F3B15237D43EF0C4A952B?sequence=3). Acesso: 11. Junho. 2023

LOPES, Luís. **Constrangimentos geológicos na exploração de mármore no anticlinal de Estremoz**. VII Congresso Nacional de Geologia. Estremoz: Mirão, J. & Balbino, A. eds; Universidade de Évora. p. 1027-1030. Évora. 2007. Disponível em: <http://home.dgeo.uevora.pt/~lopes/Artigos/artigo06.pdf>. Acesso em: 14. Junho. 2023.

MATIAS, Maria Alinne. *et al.* Estudo Da Viabilidade De Utilização Do Resíduo De Mármore Em Pó Em Substituição Parcial Ao Agregado Miúdo Para Produção De Argamassa. In: encontro internacional de jovens investigadores? JOIN. **Anais...** Fortaleza. 2017. Disponível em: [https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/join/2017/TRABALHO\\_EV081\\_MD1\\_SA45\\_ID2303\\_12092017203909.pdf](https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/join/2017/TRABALHO_EV081_MD1_SA45_ID2303_12092017203909.pdf). Acesso em: 08. Novembro. 2023.

MEHTA, Kumar; MONTEIRO, Paulo. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. ed. 2. p. 673. São Paulo: Ibracon, 2008.

MENDONÇA, Ana Maria Gonçalves Duarte. *et al.* Utilização do resíduo de mármore na produção de argamassa. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v.7, n.5, p.44238-44247. 2021. ISSN: 2525-8761. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/29212/23034>. Acesso em: 29. Novembro. 2023

MIRANDA, Leonardo Fagundes Rosembach. Avaliação de argamassas com entulhos reciclados, por procedimentos racionais de dosagem. In: Simpósio Brasileiro De Tecnologia Das Argamassas. 2000. **Anais...** Vitória, ANTAC, 2000. Disponível em: <http://www.cppd.ufpr.br/portal/wp-content/uploads/2023/10/leonardo-fagundes-rosembach-miranda.pdf>. Acesso: 05. Junho. 2023.

PEREIRA, Manuel Fernando Paulo. *et al.* **Caracterização de argamassas para assentamento de alvenaria de tijolo**. Portugal: Universidade do Minho. 2010. Disponível em: [http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/16384/1/Paper\\_2063\\_2010.pdf](http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/16384/1/Paper_2063_2010.pdf). Acesso em: 27. Março. 2023.

RIBEIRO, Karyn Ferreira Antunes. *et al.* Estudo da substituição do agregado miúdo em argamassa. In: 4º encontro em engenharia de edificações e ambiental. 2016. **Anais...** Cuiabá: Eeea. 2016. Disponível em: <https://eventosacademicos.ufmt.br/index.php/eeea/eeea2016/paper/viewFile/650/240>. Acesso: 13. Novembro. 2023.

RODRIGUES, Murilo Henrique; BOARO, Livia Ferreira. **Reaproveitamento De Resíduo De Granalha De Aço Na Composição De Concreto**. 2020. 44 f. Pós-Graduação e Pesquisa (Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica em engenharia civil) - Universidade regional do noroeste do estado do Rio Grande Do Sul – UNIJUI. Sorocaba. 2019. Disponível em: <https://uniceub.emnuvens.com.br/pic/article/viewFile/7445/pdf>. Acesso: 30. Outubro. 2023.



ROSSI, Betina Dörr. **Análise da influência da substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de mármore e granito nas propriedades do concreto.** 2019. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Centro Universitário De Brasília- UniCEUB Programa De Iniciação Científica. Sorocaba. 2020. Disponível em: <https://repositorio.cesuca.edu.br/jspui/bitstream/123456789/3397/1/GRUPO%2013%20-%20TCC2.pdf>. Acesso: 29. Novembro. 2023.

SANTOS, Robson Arruda dos; LIRA, Belarmino Barbosa; RIBEIRO, Ana Carolina Marinho. Argamassa com substituição de agregado natural por resíduo de britagem de granito. p. 211. **Revista em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental.** 2012. Paraiba. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1119/604>. Acesso: 29. Novembro. 2023.

SINGH, Manpreet *et al.* An investigation on effect of partial replacement of cement by waste marble slurry. **Construction and Building Materials**, v. 134, p. 471-488. 2017. ISSN 0950-0618. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/319535348\\_Long\\_Term\\_Effect\\_of\\_Partially\\_Rep\\_lacing\\_Cement\\_by\\_Waste\\_Marble\\_Slurry\\_in\\_Concrete](https://www.researchgate.net/publication/319535348_Long_Term_Effect_of_Partially_Rep_lacing_Cement_by_Waste_Marble_Slurry_in_Concrete). Acesso: 29. Novembro. 2023.

TURRA, Daniel. **Contribuições para o estudo de algumas propriedades nos estados fresco e endurecido da argamassa estabilizada por 72 horas.** 2016. 72 f. Trabalho de Conclusão (Bacharel em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/159591/001019354.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 05. Junho 2023.

TUSSET, Cyane. **Avaliação de desempenho de revestimento externo de argamassa quanto à permeabilidade e resistência à aderência – Estudo de caso.** 2010. 67 f. Trabalho de Conclusão (Bacharel em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/28557/000769504.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 05. Junho 2023.

VALVERDE, Fernando Mendes. *et al.* Areia De Brita Para Construção. **Revista areia e brita.** Anepac, ed. 73. São Paulo. 2019. Disponível em: [https://www.anepac.org.br/publicacoes/revista-areia-e-brita/item/download/143\\_acf4d11171ef707b14b924d6aac97df3](https://www.anepac.org.br/publicacoes/revista-areia-e-brita/item/download/143_acf4d11171ef707b14b924d6aac97df3). Acesso em: 05 jun. 2023.

VIDAL, Francisco Wilson Hollanda. *et al.* **Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento.** 1ª ed. Rio de Janeiro: Ed. Cetem/ Mcti, p. 700, 2013.

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar.** ed. 14. ed. São Paulo: Pini: SindusCon-SP. 2014.