

ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO LAVADO NATURAL PELO PÓ DE PEDRA E SEU RESÍDUO NA CONFEÇÃO DE ARGAMASSA PARA CONTRAPISO

JUNIOR, Edison Cogo Correia¹
FELTEN, Debora²

RESUMO: Atualmente existe a necessidade da utilização de produtos sustentáveis, e, para isso, o ingresso de novos produtos no mercado é essencial. A destinação do pó de pedra e seu resíduo é um problema que vem aumentando com o passar dos anos, a destinação correta para esse tipo de material pode trazer benefícios não só para o meio ambiente, como também para a construção civil. O presente estudo analisou a utilização do pó de pedra e seu resíduo como agregado miúdo na confecção da argamassa para contrapiso, os materiais constituintes da argamassa foram adquiridos na região de Cascavel, os traços definidos foram de 1:4 com substituição parcial da areia pelo pó de pedra e seu resíduo na proporção de 25%, 20%, 15% e 10% do valor em massa, tendo sua relação água/aglomerante de 0,15 para o traço I e VI que servirá de comparação com os demais traços, e para os traços II, III, IV e V foi utilizado 0,2 para a relação água/aglomerante. As propriedades avaliadas no estrado fresco foram o índice de consistência (flow table), densidade de massa, e, no estado endurecido, a resistência à compressão. Notou-se, que o resíduo estudado apresentou um bom potencial para uso na confecção da argamassa de contrapiso e todos os traços analisados apresentaram resistência maior 8 MPa que é o solicitado por norma, mesmo a argamassa do traço II que teve um aumento em seu peso específico de 2,8% e um aumento no índice de consistência pode ser utilizado para execução de contrapiso, pois estes fatores não interferem na execução por se tratar de uma argamassa mais consistente “ponto farofa”.

Palavras-chave: Contrapiso, pó de pedra, resíduo.

¹Discente, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR. E-mail: edisonjuninho1@hotmail.com.

² Docente, Eng. Civil e Mestre em engenharia oceânica, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel – PR.

1. INTRODUÇÃO

Considerando que a construção civil é uma das maiores geradoras de resíduo, a importância de consolidar uma alternativa e destinação correta desse resíduo para reverter esse resultado é de suma importância. Estima-se que a cadeia de ações da construção civil seja responsável pelo consumo de 20% a 50% de todos os recursos naturais disponíveis, renováveis e não renováveis (SJÖSTRÖM, 2000 apud JOHN).

A extração indevida da areia de suas jazidas vem trazendo grandes impactos ambientais, como assoreamentos e alteração dos leitos de rios. Neste contexto, a substituição da areia pelo agregado miúdo de britagem (pó de pedra) passa a ser uma alternativa para esta mudança.

Nas pedreiras são britados vários tipos de britas que têm aplicação vantajosa e econômica na construção civil. Porém, além desses, também tem o pó de pedra, que tem pouca utilização desse material. Com a utilização do pó de pedra como agregado miúdo, além de dar uma alternativa para a utilização desse resíduo, leva à redução dos impactos ambientais e a redução do custo da matéria prima.

Segundo Kuck (2004), a extração de areias das jazidas no Brasil chega em torno dos 320 milhões de metros cúbicos anualmente, levando ao esgotamento dessas jazidas, e assim, por falta desse recurso natural, ao aumento do valor desse agregado no mercado da construção civil.

Com essas informações, a justificativa para a realização dessa pesquisa é devido ao fato que a construção civil vem causando grandes impactos ambientais.

A substituição da areia natural pelo pó de pedra pode ser uma alternativa para alguns desses impactos. Nos países mais desenvolvidos, essa substituição iniciou-se nos anos 70, uma década após a produção em série dos primeiros equipamentos especiais usados para britagem do material fino. Assim, viabilizou-se industrialmente a ideia de se produzir pó de pedra em escala comercial (ALMEIDA; SAMPAIO, 2002).

As propriedades físicas e mecânicas dos materiais utilizados para a confecção da argamassa para contrapiso, são fundamentais para a vida útil da edificação, para a finalidade a qual foi projetada. Segundo Bianchi (2004), a característica da argamassa será alterada devido à granulometria do pó de pedra (em geral mais fina e lamelares) tornado uma boa alternativa a utilização do pó de pedra e resíduo como agregado miúdo.

A opção da utilização do pó de pedra para a confecção da argamassa para contrapiso pode ser muito útil para as pedreiras, pois, há pouca utilização do pó de pedra no segmento, e nenhuma utilização para o resíduo da britagem, que se acumula nas bases das máquinas trazendo transtorno para as pedreiras, pois, há gasto com a estocagem e com o transporte desse material que não tem finalidade comercial.

A utilização de resíduos provenientes da britagem pode gerar alterações no comportamento, conferindo as mesmas propriedades diversas, em especial a trabalhabilidade no seu estado fresco, e no estado endurecido, a resistência mecânica.

A obtenção dos dados dessa pesquisa pode trazer uma contribuição significativa para o segmento da construção civil, ou até servir como base à viabilização dessa argamassa em canteiros de obras.

Para tanto, esse trabalho teve o objetivo de responder a seguinte questão: A substituição do agregado miúdo por pó de pedra, em diferentes proporções, altera a trabalhabilidade e a resistência na argamassa para contrapiso?

A referida pesquisa foi realizada com o intuito de estudar um dos materiais componentes da argamassa, o agregado miúdo natural e sua substituição pelo pó de pedra e resíduo de pó de pedra. Os traços serão analisados com diferentes proporções de pó de pedra e seu resíduo.

De acordo com as informações anteriores, este trabalho teve como objetivo geral analisar a substituição do agregado miúdo natural por pó de pedra e seu resíduo de pó de pedra na argamassa utilizada para contrapiso.

Salienta-se que, para que este trabalho científico possa ter pleno êxito, os seguintes objetivos específicos foram propostos:

- a) Realizar o ensaio de consistência da argamassa para contrapiso com diferentes proporções de pó de pedra e resíduo.
- b) Realizar ensaio de densidade da argamassa no estado fresco.
- c) Realizar ensaio de resistência à compressão no estado endurecido.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Histórico

O surgimento da argamassa foi desenvolvido devido à necessidade do homem de ter um abrigo sobre sua cabeça, para refúgio de intempéries da natureza.

Segundo Recena (2008), alguns aglomerantes foram descobertos devido à necessidade da utilização da argamassa, conforme a aplicação que ela se destinava, um dos primeiros registros da argamassa foi no Egito na construção das grandes pirâmides.

2.2 Argamassa para contrapiso

Segundo Sales e Paliari (2004), o contrapiso é uma camada de argamassa de cimento e areia com consistência de farofa, que serve como uma base no piso, tendo a finalidade de regularizar, nivelar e dar caimento, se necessário, ao piso. O tempo de cura do contrapiso será ideal à espera adequada como concreto, esperando os 28 dias para secagem total, porém se for feita uma cura adequada de no mínimo 3 dias molhando o piso para evitar fissuras, após 5 dias da execução do contrapiso, ele pode devidamente receber o assentamento cerâmico.

2.3 Componentes

2.3.1 Cimento

Conforme Bauer (1995), o cimento Portland pode ser definido como um pó fino, com propriedade aglomerante, que tem sua ação de endurecimento com o contato com a água.

Com a adição de água, esse aglomerante se torna uma pasta homogênea, que quando endurecida é capaz de manter sua estrutura, mesmo tendo contato novamente com a água, podendo ser chamado de pedra artificial, ganhando forma e volume de acordo com a necessidade da obra a ser realizada.

Segundo Eduardo (2000), o cimento ideal para a argamassa deve ter um ganho lento de resistência de acordo com o tempo de cura e uma pega mais lenta, assim evitando o desenvolvimento de fissuras devido à retração hidráulica ou por secagem.

2.3.2 Areia

Podendo ser chamado de agregado miúdo natural, a areia é proveniente das bacias dos rios, e são encontradas na natureza com sua geometria já definida para a utilização como agregado.

No Brasil, adotam-se vários tipos de areias para a fabricação de argamassas, com variações que vão desde sua origem até a granulometria. As areias mais utilizadas, especialmente na região sul, são de origem siliciosa (areia composta essencialmente de sílica

ou óxido de silício) ou de mistura destas com silte e argilas, neste caso, dando formação a uma areia argilosa, vulgarmente conhecida como saibro (GUIMARÃES, 1997).

A areia pode ser definida como um material granular, sem forma e volume definidos, geralmente inerte, com dimensões, características e propriedade adequadas ao uso da engenharia civil. Segundo a NBR-7215 (ABNT, 1996), a areia é classificada como agregado miúdo, material cujos grãos passam pela peneira ABNT 4,8mm e ficam retidas na peneira ABNT 0,075mm. O agregado ou areia, componente das argamassas, é o material particulado de origem mineral, onde predomina o quartzo, de diâmetro entre 0,06 e 2,0mm. Considerada como um material de construção, a areia é o agregado miúdo e deve ter os grãos formados de materiais consistentes (GUIMARÃES, 1997). O Figura 1 apresenta as propriedades das argamassas em relação à areia.

Figura 1: Propriedades das argamassas em relação à areia.

Características	Variações das Características da Areia			
	Quanto menor o Módulo de Finura	Quanto maior a Granulometria	Quanto maior o teor de grãos angulosos	Quanto maior o teor de finos argilosos
Trabalhabilidade	Melhor	Pior	Pior	Melhor
Retenção Água	Melhor	Variável	Melhor	Melhor
Resiliência	Variável	Pior	Pior	Melhor
Retração Secagem	Aumenta	Aumenta	Variável	Pior
Porosidade	Variável	Aumenta	Variável	Variável
Aderência	Pior	Melhor	Melhor	Variável
Resist. Mecânica	Variável	Aumenta	Variável	Pior
Impermeabilidade	Melhor	Pior	Variável	Pior

Fonte: Sabatinni (1986)

2.3.3 Água

É importante impor cuidados com a água utilizada no amassamento da argamassa, para que não contenha impurezas que possam prejudicar as reações entre ela e os compostos do cimento, e que não haja, neste processo, a renovação de agentes agressivos à argamassa (PETRUCCI, 1998).

2.4 Pó de pedra

O estudo da utilização do pó de pedra como substituição da areia não tem muito embasamento teórico. Devido à falta de norma técnica, a composição do material e utilização, há pouco estudo e bibliografia sobre este assunto.

De acordo com Depubel (2014) o pó de pedra é um material mais fino que o pedrisco e sua graduação genérica, mas não rigorosa, é de 4,75 mm ao fundo. Essa visão sobre esse material vem mudando constantemente na construção civil, como uma alternativa na substituição do agregado miúdo, assim fazendo com que a construção e o meio ambiente andem juntos no aspecto de preservação.

Segundo Silva (2015), em seu estudo sobre a substituição do agregado miúdo natural pelo pó de pedra, as argamassas contendo pó de pedra apresentaram uma maior resistência de aderência e compressão do que as argamassas somente com areia.

Nos países desenvolvidos, em meados da década de sessenta, foi desenvolvido o primeiro equipamento de britagem de materiais finos, assim houve o surgimento do pó de pedra como um problema ambiental, e a sua substituição iniciou-se por volta de uma década depois, sendo uma solução na redução de impacto ambiental (NUNES, 2013).

2.5 Resíduos do processo de britagem

É o resíduo proveniente da lavagem do maquinário utilizado para a separação granulométrica das britas. O respectivo material é um passivo sem destinação ou utilização, conforme relato das pedreiras da região.

De acordo com Depubel (2014), o resíduo tem uma granulometria de 0,075 mm ao fundo, onde se trata de um agregado com uma granulometria muito fina, sendo visível a diferença da granulometria da areia, do pó de pedra e do resíduo do pó de pedra conforme mostra a Figura 2.

Figura 2: Pó de pedra comercial; resíduo do pó de pedra; areia.



Fonte: Depubel (2014)

2.6 Argamassa de cimento

As argamassas de cimento Portland adquirem resistências elevadas com rapidez e, portanto, desenvolvem sem problemas resistências adequadas para sua utilização como argamassa de assentamento e revestimento. Mas não se pode ajustar a resistência requerida para uma argamassa simplesmente variando a proporção relativa de cimento e areia. Isso porque misturas pobres não possuem uma trabalhabilidade adequada e as misturas normais (de traço 1: 4, em volume) ou as ricas, além de pouco econômicas, podem vir a ser deletérias em função das condições de uso (EDUARDO, 2000).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Metodologia

O desempenho e a qualidade de uma argamassa se dão pela qualidade dos materiais utilizados, de sua proporção e correto manuseio.

Com isso, o referido estudo foi desenvolvido para verificar a utilização do pó de pedra e resíduo na substituição do agregado miúdo natural na confecção da argamassa para contrapiso.

3.1.1 Definição dos traços

Para a confecção da argamassa para contrapiso foram definidos 4 diferentes tipos de traço e foi confeccionada a argamassa com o traço I convencional para utilizar como parâmetro de comparação entre os traços de diferentes proporções de areia, pó de pedra e resíduo, sendo executados 6 corpos de prova prismáticos para cada traço, totalizando uma quantidade de 30 corpos de provas prismático de dimensão de 40 mm de largura, 40 mm de profundidade e 160 mm de comprimento.

Os materiais constituintes dessa pesquisa vieram da região, pó de pedra e seu resíduo das pedreiras da região de Cascavel – PR, areia proveniente da bacia do Rio Paraná, e o cimento utilizado foi o cimento Portland CP II Z 32, da Votorantim.

- Traço I (cimento: agregado miúdo): no agregado miúdo foi utilizado 100% de areia média (convencional);
- Traço II (cimento: agregado miúdo): no agregado miúdo foi utilizado 50% de areia média, 25% de pó de pedra e 25% de resíduo do pó de pedra;
- Traço III (cimento: agregado miúdo): no agregado miúdo foi utilizado 60% de areia média, 20% de pó de pedra e 20% de resíduo do pó de pedra;
- Traço IV (cimento: agregado miúdo): no agregado miúdo foi utilizado 70% de areia média, 15% de pó de pedra e 15% de resíduo do pó de pedra;
- Traço V (cimento: agregado miúdo): no agregado miúdo foi utilizado 80% de areia média, 10% de pó de pedra e 10% de resíduo do pó de pedra;
- Traço VI (cimento: agregado miúdo): no agregado miúdo foi utilizado 100% de areia grossa.

3.1.2 Confeção da argamassa

A argamassa foi confeccionada seguindo o procedimento descrito na NBR 16738 (ABNT, 2019), utilizando um misturador mecânico, conforme mostra a Figura 3.

Figura 3 – Misturador Mecânico



Fonte: Autor (2020).

Inicialmente foram determinados os volumes de cimento, areia, pó de pedra e resíduo com o auxílio da balança, após essa determinação foi realizada a homogeneização de todos os materiais durante um período de 1 minuto no misturador mecânico, em seguida foi adicionada a água na proporção determinada por norma.

Para tornar o experimento o mais próximo do executado em obras optou-se pela substituição da areia grossa por areia média, que é comumente utilizada em canteiros.

3.1.3 Argamassa no estado fresco

3.1.3.1 Determinação do índice de consistência

Para a realização do teste de consistência foram utilizados os seguintes equipamentos: mesa para índice de consistência, molde rígido troncônico, soquete metálico, régua métrica e paquímetro, de acordo com a NBR 7215 (ABNT, 2019), conforme a Figura 4.

Figura 4: Molde troncônico.



Fonte: Autor (2020).

De acordo com a NBR 13276 (ABNT, 2016), antes da execução do teste, foi feita a limpeza da tampa da mesa para índice de consistência e o molde rígido troncônico conforme NBR 7215 (ABNT, 2019). Após a confecção da argamassa, o molde troncônico foi todo preenchido em três etapas com uniformidade de argamassa entre as etapas, e com a utilização do soquete foram aplicados respectivamente, quinze, dez, e cinco golpes em cada etapa, de maneira a distribuir uniformemente a argamassa. Após essa execução, o molde foi posicionado ao centro da mesa de teste.

Após esse passo, o molde foi retirado com cuidado, deixando a argamassa o mais intacto possível e assim girado a manivela da mesa para que fosse iniciado o teste de consistência. A mesa tinha um curso de subir e cair, repetindo esse processo por 30 vezes num período de 30 segundos.

Imediatamente após a última queda da mesa, foi realizada a medição da argamassa de acordo com o seu espalhamento utilizando o parquímetro, e também foram realizadas 3 medidas de diâmetro. O índice de consistência da argamassa correspondeu a média das três medidas de diâmetro, expressa em milímetros e arredondada ao número inteiro mais próximo. O ensaio foi realizado uma vez para cada traço.

3.1.3.2 Determinação da densidade da argamassa

O ensaio da densidade de massa da argamassa (d) foi determinado utilizando os procedimentos da NBR 13278 (ABNT, 2005), pela EQUAÇÃO 1:

$$d = \frac{m_c - m_v}{v_r} \times 1000 \quad (1)$$

onde:

- d - é a densidade de massa da argamassa em quilogramas por metro cúbico (kg m^{-3});
- m_c - é a massa do recipiente cilíndrico contendo a argamassa de ensaio, em gramas;
- m_v - é a massa do recipiente cilíndrico vazio, em gramas;
- v_r - é o volume do recipiente cilíndrico, em centímetros cúbicos.

Foi utilizado um recipiente de PVC, conforme figura 5, com 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura. Foi realizado o ensaio com 3 amostras para cada traço. O resultado corresponde à média dos valores obtidos.

Figura 5: Recipiente de PVC com argamassa



Fonte: Autor (2020).

3.1.4 Argamassa no estado endurecido

3.1.4.1 Confecção e cura dos corpos de provas

De acordo com a NBR 16738 (ABNT, 2019), foram moldados 6 corpos de prova prismáticos para cada amostra, com a utilização de uma espátula, foi colocada a argamassa no

molde e com o nivelador de camada foi regularizada a argamassa nos moldes, após isso foi dado o início de aplicação de 60 quedas por meio da mesa de adensamento, e com o auxílio do lado menor do nivelador foi introduzido e nivelada para a finalização do procedimento com mais 60 golpes, de acordo com a figura 6.

Figura 6 – Molde prismático sobre a mesa de adensamento



Fonte: Autor (2020).

Após o adensamento foi removido o gabarito e retirado o excesso de argamassa, em seguida os moldes foram armazenado na câmara úmida conforme Figura 7, onde permaneceram por 24 horas para desmoldagem, e onde permaneceram por todo o período de 28 dias de cura da argamassa.

Figura 7: Corpo de prova na câmara úmida.



Fonte: Autor (2020).

3.1.4.2 Determinação da resistência à compressão

Segundo a NBR 13279 (ABNT, 2005), foi aguardado o tempo de cura da argamassa, 28 dias, sendo utilizados 6 corpos de prova para cada traço, com a utilização de uma prensa hidráulica disposta nos laboratórios da instituição de ensino Centro Universitário Assis Gurgacz, conforme mostra a Figura 8.

Figura 8: Prensa hidráulica



Fonte: Autor (2020)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As discussões apresentadas neste trabalho foram realizadas a partir de uma análise comparativa entre as argamassas estudadas e seus respectivos ensaios realizados em laboratório, sempre procurando relacionar os comportamentos encontrados com as informações existentes na literatura.

Assim sendo, para análise dos resultados de cada uma das propriedades, os traços estão divididos em:

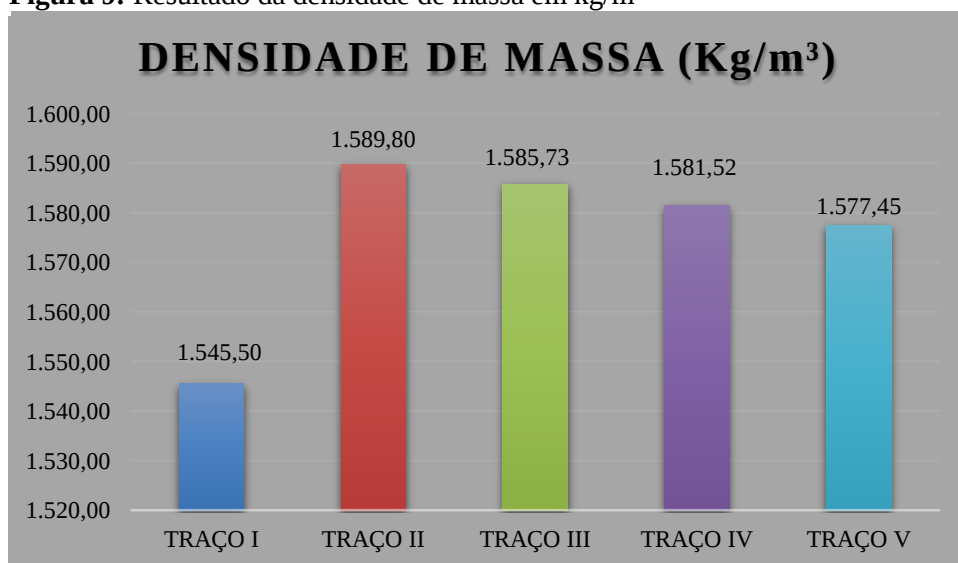
Cabe salientar que os valores mostrados nas tabelas e gráficos correspondem à média dos resultados obtidos para cada tipo de argamassa.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS NO ESTADO FRESCO

4.1.1 Densidade de massa

O ensaio de determinação da argamassa foi realizado de acordo com a NBR 13278 (ABNT, 2005), e os valores apresentados na Figura 9 foram uma média realizada de 3 amostras para cada traço.

Figura 9: Resultado da densidade de massa em kg/m^3



Fonte: Autor (2020)

O traço I que foi estipulado como argamassa convencional apresentou uma densidade de 1.545,50 Kg/m^3 .

O traço II que utiliza 25 % de pó de pedra, 25% de resíduo e 50 % de areia, atingiu o valor de 1.589,80 Kg/m^3 , tornando uma relação de peso de 2,8 % mais pesada comparada à argamassa convencional.

O traço III que utiliza 20% de pó de pedra, 20% de resíduo e 60 % de areia, atingiu o valor de 1.585,73 Kg/m^3 , com isso tornou-se 2,6 % mais pesada.

O traço IV que utiliza 15 % de pó de pedra, 15% de resíduo e 70 % de areia, atingiu o valor de 1.581,52 Kg/m^3 , com isso tornou-se 2,3 % mais pesada.

O traço V que utiliza 10% de pó de pedra, 10% de resíduo e 80% de areia, atingiu o valor de 1.577,45 Kg/m^3 , com isso tornou-se 2,0 % mais pesada.

Em consideração aos dados apresentados anteriormente, com a substituição do agregado miúdo pelo pó de pedra e resíduo, a argamassa apresentou um aumento na sua

densidade sendo o traço II com o maior valor obtido de 2,8%, valendo salientar a consideração desse aumento do peso específico para aplicação em projeto.

4.1.2 Índice de consistência

Para a determinação da consistência realizou-se os procedimentos de acordo com a norma NBR 7215 (ABNT, 1996). *Flow table test* é um teste que possibilita produzir uma deformação na argamassa pelo método de choque, com a finalidade de medir a consistência e a plasticidade da argamassa, conforme mostra o Quadro 1.

Quadro 1: Valores obtidos no ensaio de consistência e relação água/cimento

Traço	Índice de consistência (mm)	Relação água/aglomerante
Traço I	232,2 mm	0,15
Traço II	190,9 mm	0,2
Traço III	208,8 mm	0,2
Traço IV	215,6 mm	0,2
Traço V	217,0 mm	0,2

Fonte: Autor (2020).

Seguindo a NRB 13276 (2005) é fundamental que a quantidade de água necessária consiga atingir um índice de consistência de $(260 \pm 5 \text{ mm})$, porém, devido à adição de agregados distintos na confecção da argamassa, optou-se pela quantidade de água para que a argamassa tenha uma boa trabalhabilidade.

Notou-se que, quando aumentava a relação de pó de pedra e resíduo na argamassa o índice de consistência foi mais elevado, tendo uma relação maior de água/aglomerante para obter a consistência indicada.

Além disso, foi possível verificar que a argamassa com mais adição de finos, mais consistente ela ficava, devido à necessidade de uma maior relação de água/cimento

4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS NO ESTADO ENDURECIDO

4.2.1 Determinação da resistência à compressão

Para a determinação da resistência da argamassa, foram utilizados corpos de prova prismáticos com a medida de 40 x 40 x 160 mm, de acordo com a NBR 16738 (ABNT, 2019), com a idade de 28 dias de cura.

Para melhor avaliação, foi preparado o traço VI com a confecção da argamassa base com a utilização da areia grossa, com a finalidade de obtenção do resultado da resistência à compressão tendo como um parâmetro de avaliação as características da argamassa com a areia grossa e com a areia média.

Notou-se que a argamassa confeccionada com a areia grossa teve uma maior separação dos agregados e um alto índice de vazios conforme a Figura 10, então, continuamos nossos experimentos utilizando a areia média na confecção da argamassa para contrapiso.

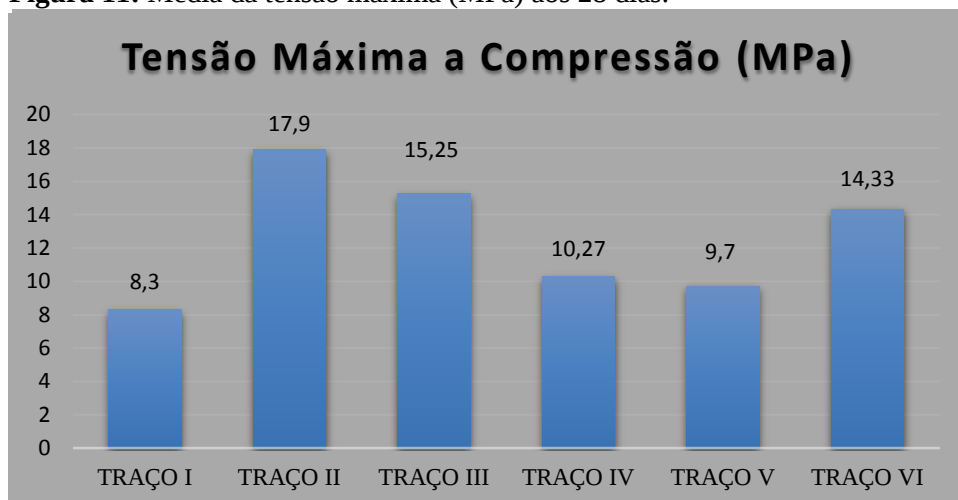
Figura 10: Argamassa confeccionada com areia grossa.



Fonte: Autor (2020)

A Figura 11 mostra a média dos valores de resistência obtidos para cada traço ensaiado.

Figura 11: Média da tensão máxima (MPa) aos 28 dias.



Fonte: Autor (2020)

Como pode ser observado na Figura 10, com a adição do pó de pedra e resíduo, a argamassa obteve um aumento na sua resistência a compressão de 8,3 MPa para 17,90 MPa, tendo aumento na resistência com apenas a adição do pó de pedra e seu resíduo, apresentando um aumento significativo comparando a argamassa do traço VI indicado pela norma, obtendo a diferença de 14,33 MPa para 17,90 MPa.

O Quadro 2 apresenta a classificação das argamassas para o requisito resistência à compressão aos 28 dias de idade, segundo a NBR 13281 (ABNT, 2005).

Quadro 2: Classificação de Resistência à compressão.

Classe	Resistência à compressão (MPa)
P1	$\leq 2,0$
P2	1,5 a 3,0
P3	2,5 a 4,5
P4	4,0 a 6,5
P5	5,5 a 9,0
P6	$>8,0$

Fonte: NBR, 13281 (2005)

Os seis traços foram classificados na classe P6, onde apresenta uma resistência a compressão maior que 8 MPa, indicado conforme norma para pisos.

4.3 ANÁLISE DE RESULTADOS

Após a realização dos ensaios foi realizada uma comparação do traço base da argamassa para contrapiso com os traços propostos com diferentes proporções de pó de pedra e resíduo, procurando relacionar os comportamentos encontrados com as informações adequadas para argamassada de contrapiso de acordo com a norma NBR 13279 (ABNT, 2005).

O Quadro 3, mostra uma análise comparativa dos resultados obtidos do ensaio realizado conforme a metodologia adotada.

Quadro 3: Dados coletados

Traço	Índice de Consistência (mm)	Densidade de Massa (Kg/m ³)	Carga Máxima (Kgf)	Tensão Máxima a Compressão aos 28 dias (MPa)
I	232,2	1.545,50	1.120	8,30
II	190,9	1.589,80	2.208	17,90
III	208,8	1.585,73	1.948	15,25
IV	215,6	1.581,52	1.350	10,27
V	217,0	1.577,45	1.260	9,70

Fonte: Autor (2020)

De acordo com o exposto no Quadro 4, notou-se que a resistência maior entre os traços base foi o traço VI, que seguiu todas as especificações prescritas em norma e na sua confecção utilizou-se a areia grossa, porém, neste estudo, simulamos a mesma situação de obra onde podemos observar que a maioria das obras utiliza areia media para confecção da argamassa de contrapiso, o que segundo relatos de profissionais, deixa a argamassa mais homogênea e com menor índice de vazios, fato esse que foi comparado com este estudo. A areia média, além de diminuir o número de vazios e deixar a argamassa menos porosa, apresentou um valor menor de resistência, mas, mesmo assim, ficando um valor superior ao solicitado por norma.

A argamassa confeccionada com o traço II apresentou a maior resistência dos traços com o valor de 17,90MPa e um valor de 2,8% mais densa que a argamassa base no seu peso específico.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A substituição parcial da areia pelo pó de pedra e seu resíduo gerou um aumento na resistência à compressão da argamassa, sendo que a maior resistência obtida foi o traço II com o valor de 17,90 MPa, porém, essa argamassa apresentou uma densidade de 2,8 % comparada com o traço normal.

Todos as amostras analisadas se demonstraram viáveis para substituição do agregado no que diz respeito à resistência à compressão, pois, segundo norma, a argamassa de

contrapiso deve ser classificada como classe P6 ($>8,0$ MPa) e mesmo fazendo a substituição da areia grossa por areia média, os valores obtidos são aceitáveis na construção.

Desta forma tem-se como conclusão que o pó de pedra e seu resíduo pode sim ser utilizado como agregado miúdo quando aplicado em valor considerável de 25% de substituição, trazendo uma redução de impactos ambientais e dando uma finalidade econômica para esse material, que até o momento tem pouca finalidade na construção civil.

No entanto, nos resultados obtidos em laboratório, deve-se levar em consideração que os produtos estudados não possuem uma norma técnica como utilização como agregado miúdo.

Por fim, conclui-se que o objetivo de fazer a substituição do agregado miúdo natural pelo pó de pedra e seu resíduo na argamassa para contrapiso foi alcançado, pois teve um aumento na resistência a compressão. Vale salientar que é necessário complementar os estudos no que diz respeito ao desgaste e à aderência desta argamassa.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 7200. Revestimento de paredes e tetos com argamassas: materiais, preparo, aplicação e manutenção. Rio de Janeiro, 1982.

_____. **NBR 7211:** Agregados para concreto. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 7215:** Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos.

_____. **NBR 13276:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13278:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13279:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13280:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13281:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos Requisitos, Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13529:** Revestimento de paredes e tetos em argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 16738:** Determinação da resistência á compressão de corpos de prova prismático. Rio de Janeiro, 2019.

ALMEIDA, S. L. M.; SAMPAIO, J. A. **Obtenção de areia artificial com base em finos de pedreiras:** Areia e Pedra. Dezembro, 2002.

ANDRIOLO, F. R. **Usos e abusos do pó de pedra em diversos tipos de concreto.** In: Seminário: O uso da fração fina da britagem. II SUFFIB. Anais: EPUSP. São Paulo, 2005.

AZEREDO, H. A. Dosagens das argamassas empregadas na construção de edifícios. Dissertação de Mestrado. EPUSP. São Paulo, 1978.

BAUER, F. L. A. **Materiais de Construção Civil.** 5. ed.: LTC. Rio de Janeiro, 1995.

BIANCHI, A. C. **Pó-de-pedra.** *Téchne.* São Paulo. 79. ed. Outubro, 2003. p. 13.

CASAREK, H.; **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** IBRACON, São Paulo, 2007.

DEPUBEL, I.C.M.; **SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO PELO PÓ DE PEDRA E RESÍDUO EM ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO DE ALVENARIA.** Monografia (Bacharel em Engenharia Civil.), Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel, 2014.

LOPES, S.T.C.S. **Proposta de uma formulação de uma argamassa ecológica com aproveitamento do resíduo de rocha silvalita.** Monografia (Bacharel em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árid., Mossoró, 2013.

INÉIA, A; **Viabilização da substituição da areia natural pelo pó de pedra basáltica na argamassa autonivelante.** Monografia (Bacharel em Engenharia Civil.), Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas do Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2017.

SALES, A.; PALIARI, J.C., **Tecnologia e Construção de edificações 2,** _otas de Aula, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

EDUARDO, D. **Estudo Comparativo entre traços de argamassa de revestimento utilizadas em Porto Alegre.** Porto Alegre