AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE ARGAMASSAS PRODUZIDAS COM RESÍDUO CINZA

Tema: Inovação em argamassas e revestimentos.

MARIA DE LARA P. DA SILVA[1], SANDERSON DASMASCENA DE JESUS[2], HELIANA CAROLINE B. DO NASCIMENTO[3], STELA FUCALE SUKAR[4], NATHALIA BEZERRA DE LIMA[5]

[1] Maria de Lara Peixoto da Silva., Universidade Federal de Pernambuco/UFPE, lara.peixoto@ufpe.br
[2] Sanderson Damascena de Jesus., Universidade Federal de Pernambuco/UFPE, sanderson.jesus@ufpe.br
[3]Profª Drª Heliana Caroline Batista do Nascimento, Universidade Federal de Pernambuco/UFPE, heliana.nascimento@ufpe.br
[4]Profª Drª Stela Fucale Sukar, Universidade de Pernambuco/UPE, sfucale@poli.br
[5] Profª Drª Nathalia Bezerra de Lima, Universidade Federal de Pernambuco/UFPE, nathalia.blima@ufpe.br

RESUMO

A indústria da construção civil é uma das mais poluentes, e para minimizar os impactos causados, é imprescindível a utilização de materiais inovadores e sustentáveis. Este trabalho busca produzir argamassas utilizando resíduos de concreto, bem como analisar o comportamento mecânico. Foram realizados ensaios de caracterização dos agregados, densidade em massa e resistência à compressão simples. A proporção de 1:2,5 com substituição de 30% apresentou a melhor resistência à compressão, esta apresentando valores superiores à amostra de referência. Finalmente, a substituição do agregado miúdo natural por agregado reciclado de concreto apresenta vantagens técnicas e sustentáveis.

Palavras-chave: Resíduo de construção e demolição; construção civil; argamassa sustentável; agregado reciclado.

EVALUATION OF THE MECHANICAL BEHAVIOR OF MORTARS PRODUCED WITH GRAY WASTE

ABSTRACT

The civil construction industry is one of the most polluting, and to minimize the impacts it is necessary to use innovative and environmental materials. This work seeks to produce mortars using waste concrete, as well as to analyze the mechanical behavior. Tests were performed to characterize the aggregates, mass density, and simple resistance. The ratio of 1:2.5 with 30% replacement showed the best compressive strength, which was higher than the reference sample. Finally, by replacing fine natural aggregate with recycled concrete aggregate has technical and attractive advantages.

Keywords: Construction and demolition waste; construction; sustainable mortar; recycled aggregate.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil consome 40% do total de extração de recursos naturais, como, por exemplo, rochas naturais, agregados e minérios para produção de cimento e argamassa. Este consumo tem superado a demanda global de materiais. Somente no ano de 2020, o Brasil produziu cerca de 252 milhões de toneladas de brita e 353 milhões de toneladas de areia, totalizando 605 milhões de toneladas de agregados para construção civil (JOHN, 2017; CALDAL *et al,* 2020*;* ANEPAC, 2021). Nas últimas décadas houve a realização de pesquisas no Brasil, com a finalidade de avaliar as propriedades dos agregados reciclados, bem como analisar o seu comportamento como agregado para concreto, argamassas, aterros, estacas de fundação, em substituição pelo agregado natural (PILLARD *et al,* 2020; LIMA *et al,* 2023). É imprescindível a utilização de materiais alternativos, como o agregado miúdo de concreto reciclado para a produção de argamassa, de forma a assegurar um bom desempenho e durabilidade. Assim como, contribuir para o desenvolvimento sustentável, já que reduzirá a geração de resíduos, disposição inadequada e utilização de matérias primas naturais. Diante deste contexto, o objetivo deste trabalho consiste em análises sobre o comportamento mecânico de argamassas produzidas com resíduos de construção e demolição, acreditando no seu potencial de introdução no mercado da construção civil.

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL: MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

Para a preparação das argamassas, foram utilizados os seguintes materiais: Cimento Portland CP V de alta resistência inicial, areia fina, água e agregado reciclado.

2.2. Caracterização dos agregados

O ensaio para determinação da composição granulométrica do agregado reciclado miúdo e agregado natural considerou duas amostras de 500g, tais amostras foram expostas a uma temperatura de 105°C durante 24 horas antes do procedimento experimental. Em seguida, as amostras foram colocadas na peneira de gramatura de 4,75 mm. Esta, acima das peneiras de gramatura de 2,36 mm, 1,18 mm, 0,6 mm, 0,3 mm e 0,15 mm, respectivamente. Desta forma foi realizado o procedimento em peneirador elétrico, conforme NBR NM 248 (ABNT, 2003).

2.3. Caracterização da argamassa no estado fresco

O ensaio para determinação e cálculo da densidade em massa da argamassa no estado fresco, foi executado de acordo com os procedimentos estabelecidos na NBR 13278 (ABNT, 2005). Para este trabalho foram estabelecidas a proporção da mistura em 1:2,5 (cimento:areia). Os teores de agregado reciclado foram determinados em 30%, 50% e 100% em substituição parcial e total ao agregado natural.

Tabela 1 – Consumo de materiais para produção da argamassa

Material	Proporção em massa	Substituição do agregado	Cimento (g)	Areia (g)	Agregado reciclado (g)	Água (g)	Relação água:cimento
Referência	1:2,5	0%	936	2241	0	374,4	0,40
Argamassa com substituição		30%	936	609	261	374,4	0,40
		50%	936	435	435	450	0,48
		100%	936	0	870	539,5	0,57

Visando a manutenção da trabalhabilidade, foi realizada alterações da relação água:cimento adotados para esse trabalho. Para a proporção de 30%, a relação água:cimento foi de 0,40, contudo para a taxa de 50% a relação foi de 0,48 e para a taxa de 100%, 0,57. Após a definição das proporções, as argamassas foram produzidas e moldadas em formas cilíndricas de 5 cm de diâmetro por 10 cm de altura. Após de 24h de cura seca, foram desmoldados e colocados em cura úmida por 28 dias.

2.4. Caracterização das argamassas no estado endurecido

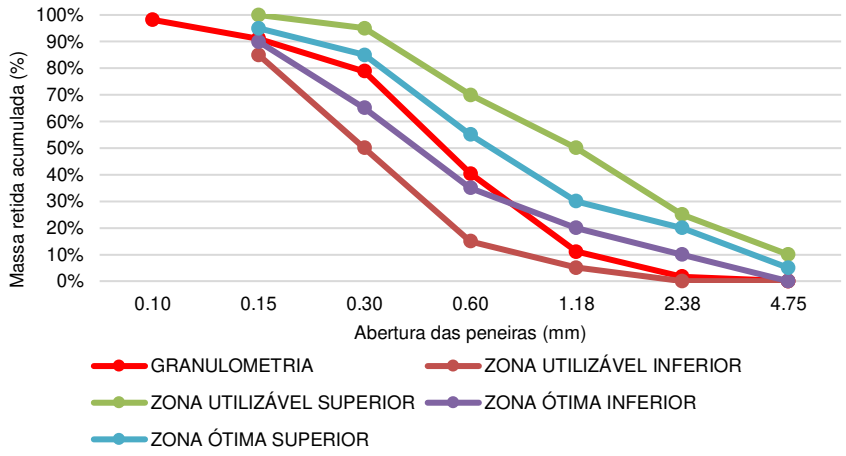
Após o término dos 28 dias de cura, os corpos de prova foram pesados com a finalidade de obter a massa úmida em gramas, posteriormente foram secos durante 24h em estufa a uma temperatura de 100°C. Em seguida, executou-se o ensaio de acordo com a NBR 7215 (ABNT, 2019). As rupturas foram realizadas em uma prensa Engetotus modelo 400261.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização dos agregados

Para caracterização da areia foi realizado o ensaio de curva granulométrica (Figura 1).

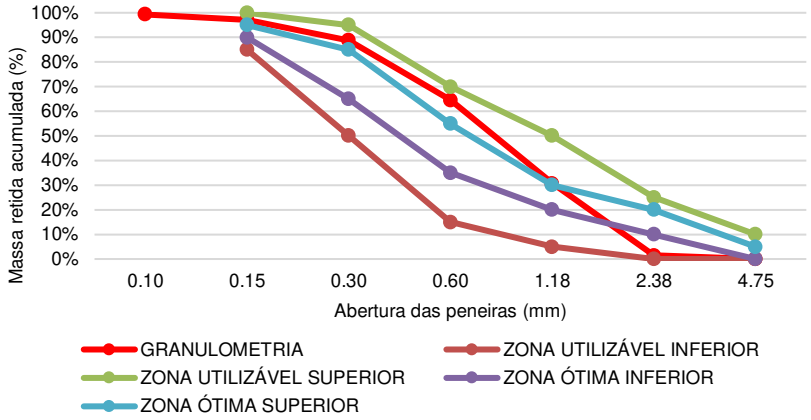
Figura 1 - Curva granulométrica para o material acumulado da areia fina.



Fonte: Autores, 2023.

A partir da curva granulométrica da areia fina (), foi verificado que a areia utilizada se enquadra parcialmente dentro da zona ótima estabelecida pela NBR 7211 (ABNT, 2009), exceto por três pontos que ficaram dentro do limite utilizável inferior. Já na curva granulométrica do agregado reciclado (Figura 2), é possível observar que o material se enquadra, em sua grande parte, entre a zona utilizável inferior e a zona ótima Inferior.

Figura 2 - Curva granulométrica para o material acumulado do agregado miúdo reciclado.



Fonte: Autores, 2023.

3.2. **Densidade em massa**

Os resultados da densidade em massa para as proporções de referência e para as proporções com substituição de 30%, 50% e 100% estão indicados na Tabela 2.

Tabela 2 – Densidade em massa dos corpos de prova produzidos

Proporção	Substituição do agregado	Média da densidade (g/cm³)	Desvio Padrão
1:2,5 (cimento:areia)	0%	2,22	0,01
	30%	2,18	0,04
	50%	2,16	0,04
	100%	2,06	0,04

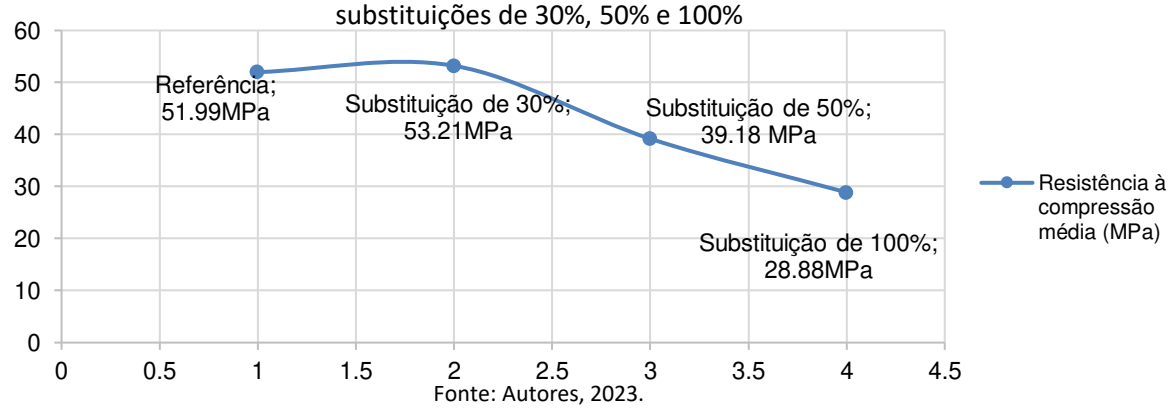
A partir da Tabela 2, observa-se que a densidade média dos corpos de prova das argamassas produzidas, para todas as proporções definidas, diminuiu com o aumento da quantidade de agregados reciclados em sua composição, variando de 2,06 g/cm³ a 2,22 g/cm³. Isso ocorre devido ao aumento de agregado adicionado à mistura. Os grãos presentes nesses agregados não possuem tamanhos iguais, portanto, a variabilidade das suas dimensões, afeta a densidade do material, visto que o material não ficará ‘’equilibradamente’’ preenchido. E apesar disso, observa-se ainda, que os baixos valores de desvio padrão apresentados nos testes de densidade, para cada grupo de corpos de prova, com suas respectivas proporções, indicam que cada grupo analisado encontra-se em um estado de homogeneidade satisfatório (visto que o desvio padrão fornece informações do grau de dispersividade de um determinado

sistema), uma vez que a homogeneidade de sistemas construtivos implicam em bons comportamentos mecânicos.

3.3. Resistência à compressão

Os resultados do ensaio de resistência à compressão das argamassas estudadas neste trabalho são apresentados na Figura 3.

Figura 3 - Resultados do ensaio de resistência à compressão da proporção 1:2,5 de referência e com substituições de 30%, 50% e 100%



Fonte: Autores, 2023.

A partir da Figura 3, a argamassa de referência apresentou um resultado médio de 51,99 MPa, já argamassa com substituição de 30% foi superior ao resultado de referência obtendo a média de 53,21 MPa, uma vez que não houve ajustes na relação água cimento. Contudo, com o aumento da relação água cimento pode-se verificar que para as taxas de substituição de 50% e 100% houve uma redução da resistência à compressão para aproximadamente 39,18 MPa e 28,88 MPa respectivamente, esse fenômenos está associado a alguns fatores: o acréscimo de água para priorizar a trabalhabilidade do material, uma vez que com a adição de mais água o sistema passa por um processo de diminuição da consistência, e isso impacta na resistência final, pois quanto mais água no sistema, maior a possibilidade de exsudação, influenciando na homogeneidade, e portanto, no desempenho final do material. Adicionalmente, o aumento do grau de substituição do cimento pelo agregado implica duplamente na diminuição da resistência final: na retirada do material agregador do sistema, que é o cimento, responsável por aglutinar os materiais da argamassa e gerar, portanto, a resistência conhecida, bem como a introdução de partículas maiores, de propriedades distintas. Isso faz com que o material perca, de certa forma, o seu potencial de se unir e endurecer com a mesma qualidade. Vale destacar que o efeito da adição de água, da maior retirada de cimento, bem como da introdução demasiada de agregados reciclados prejudica o desempenho mecânico do material final. É preciso, portanto, que haja um equacionamento dessa substituição para que se melhore, ou se mantenham, as características mecânicas do produto.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho ratificaram a importância do reaproveitamento de resíduos de concreto na indústria da construção civil, pois utilizar esse tipo de resíduo além de diminuir os rejeitos gerados em obras, ainda auxilia na diminuição do uso de cimento no setor da construção, o que gera economia para quem constrói e contribui para a diminuição do impacto ambiental causado pela indústria cimentícia. Observou-se que a utilização deste resíduo em proporções específicas, auxiliam do comportamento mecânico de materiais cimentícios, aumentando sua resistência à compressão, importante propriedade associada à segurança na construção civil. No entanto, tão importante quanto saber a quantidade que pode ser utilizada, é saber a quantidade que não deve ser. Finalmente, com 50% de substituição já não obteve-se o mesmo resultado satisfatório que a menor substituição realizada, assim como na substituição de 100% de cimento, em que pode-se perceber que quantidades demasiadas de resíduo bem com acréscimo de água visando a trabalhabilidade, acabem prejudicando seu desempenho mecânico.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 ANEPAC - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES DE PRODUTORES DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO. **Indústria Brasileira de Agregados**. Brasília, 2021.
2 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248:** Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
3 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211:** Agregados para concreto - Especificação. Versão Corrigida:2019. Rio de Janeiro, 2009.
4 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215:** Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2019.
5 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13278:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos -Determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.
6 CALDAS, L. R.; CARVALHO, M. T. M.; TOLEDO FILHO, R. D. Avaliação de estratégias para a mitigação dos impactos ambientais de revestimentos argamassados no Brasil. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 343-362, 2020.
7 entraining/plasticizer admixture on masonry mortar Properties. **Construction and Building Materials,** v. 230, 2020.
8 JOHN, V. M. Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. **IBRACON.** São Paulo, ed. 3, v. 1, cap. 4, 2017.
9 LIMA, N.B. *et al*. A chemical approach to the adhesion ability of cement-based mortars with metakaolin applied to solid substrates. **Journal of Building Engineering**. Recife, v. 65, 2023.
10 PILLARD, W. *et al*. Specifications of concrete with recycled aggregates. **Concrete Recycling Research And Practice**, v. I, p. 269-281, 2020.