**Avaliação de compósitos para uso em sistemas de vedação vertical interno e externo (SVVIE) expostos à ação de calor**

ELIAQUIM R. PEREIRA (IFPB, Campus João Pessoa), MARCOS A. S ANJOS (IFPB, Campus João Pessoa)

**E-mails:** eliaquim.rodrigues@academico.ifpb.edu.br, marcos.anjos@ifpb.edu.br.

**Área de conhecimento:(Tabela CNPq)**: 3.01.00.00-3 Engenharia Civil.

**Palavras-Chave**: argamassa; agregado reciclado; resíduo de construção e demolição.

1. **Introdução**

A construção civil se encontra hoje na seleta lista dos maiores consumidores de energia elétrica no mundo, cerca de 40% do consumo mundial de energia elétrica e 25% da emissão mundial de gases do efeito estufa procede da construção e uso de edifícios de modo geral (Q.G Chen et al, 2019), isto é, não apenas na fase de construção como também no uso do dia a dia como gastos de eletricidade com refrigeração, aquecimento, iluminação, eletrodomésticos etc. Uma das razões para isso se deve a boa parte dessa energia elétrica ser proveniente de usinas que usam meios não-renováveis e danosos ao meio ambiente, especialmente termelétricas. A falta de um melhor isolamento térmico faz com que mais energia seja gasta em refrigeração ou aquecimento, por exemplo, estimulando assim a produção de eletricidade a partir dessas usinas e assim prejudicando o meio ambiente continuamente.

Além da questão energética, o uso de RCD em argamassas, concretos e outros componentes das edificações é importante em primeiro lugar porque lida com o problema do acúmulo desses resíduos na natureza, pois de acordo com a ABRECON dos 520kg por dia, a cada pessoa, de RCD gerados diariamente no Brasil apenas 21% é reciclado, enquanto que os outros 79% são descartados em locais impróprios como leitos de rios, solos potencialmente produtivos para agricultura etc., afetando negativamente a economia nacional e assim onerando o Estado, devido o prejuízo ambiental.

Em segundo lugar, como salienta Nogueira (2016), porque eles podem servir como substitutos da areia natural e assim diminuir o impacto da construção civil nos rios em relação a derramamento de óleo nas águas vindo das máquinas que extraem areia, assoreamento dos rios, morte de animais aquáticos, entre outros.

Restuccia et al. (2016) ao estudarem o uso de agregados reciclados em argamassas concluíram que o seu uso como substituto do agregado natural nas argamassas fazia com que estas tendessem a ter maior absorção de água, o que tende a diminuir a resistência a tensão e compressão. Já as misturas que envolvem também o uso de superplastificante, em Mora-Ortiz et al. (2020), tiveram diminuição do uso de água e excelentes resultados nas propriedades das argamassas.

O presente estudo buscou explorar as características de seis amostras de RCD, comparando com as da areia natural, de modo a identificar se é viável a substituição do agregado natural pelo agregado reciclado, tendo por fim uma construção ecologicamente mais sustentável.

1. **Materiais e Métodos**

**2.1.1. Coleta do resíduo de construção e demolição**

Os resíduos de construção e demolição foram cedidos pela Usina de beneficiamento da empresa ATREVIDA, no município do Conde – PB, extraídos diretamente das pilhas conforme a NBR NM 26:2009 durante 6 britagens distintas, foram secos em estufa (a uma temperatura de 105 ± 5 graus celsius) durante 48 horas, sendo seguidamente resfriadas a temperatura ambiente e quarteados conforme a NBR NM 27 (2001).

**2.1.2. Massa específica e massa unitária**

O ensaio de massa específica foi realizado duas vezes para cada agregado miúdo de acordo com a NBR/NM 52:2009:

Preencheu-se o frasco de Chapman com 200 centímetros cúbicos de água; Foram pesados 500 gramas de agregado miúdo já secados em estufa (como indicado em 2.1.1) em balança de precisão de 0,1 grama; Os 500 gramas pesados foram colocados no frasco de Chapman fazendo uso de um funil; Houve a retirada da quantidade ar que restava no agregado ao agitar o frasco de Chapman manualmente; Anotou-se a nova leitura em centímetros cúbicos; Calculou-se a massa específica usando a fórmula:

Sendo µ: massa específica (g/cm³ ou kg dm³) e L: última leitura adquirida no frasco de Chapman (cm³).

O ensaio de massa unitária foi realizado duas vezes para cada agregado miúdo de acordo com a NBR/NM 45:2006:

Foi determinado o volume e a massa de um recipiente; Este recipiente foi totalmente preenchido com o agregado miúdo já secado em estufa (como indicado em 2.1.1) utilizando uma pá a cerca de quinze centímetros de altura, mas sem compactação; A massa do recipiente totalmente preenchido foi obtida usando uma balança de precisão 0,1 kg; Calculou-se a massa específica usando a fórmula:

Sendo ϒ: massa unitária (g/cm³), Mra: Massa do recipiente com a amostra (g), Mr: Massa do recipiente (g) e Vr: Volume do recipiente (cm³). Por último era visualizado se os valores das duas realizações estavam de acordo com a fórmula a seguir:

Se de acordo então o resultado era aceito e registrado, caso o contrário o procedimento era feito mais uma vez.

**2.1.3. Granulometria**

O ensaio de granulometria foi realizado duas vezes para cada agregado miúdo de acordo com a NBR NM 248 (2003):

Foram selecionadas e postas em ordem crescente as peneiras da série normal, com fundo; foram pesados 500 gramas do agregado miúdo, já secados em estufa, em balança de precisão de 0,1 grama; O que foi pesado no item anterior foi despejado nas peneiras e então a série de peneiras superiormente foi fechada com uma tampa; as peneiras foram levadas para o agitador de peneiras que as agitou por 3 minutos; então era pesado e registrado qual a massa do material que havia ficado em cada peneira. Os valores obtidos eram registrados em planilha para cálculo do módulo de finura, diâmetro máximo, porcentagens retidas, porcentagens retidas acumuladas e para elaboração da curva granulométrica em gráfico.

**2.1.4. Teor de materiais pulverulentos e absorção de água**

O ensaio de teor de material pulverulento foi realizado de acordo com a NBR NM 46 (2003):

Foram pesados 500 gramas do agregado miúdo, já secados em estufa, em balança de precisão de 0,1 grama.

A massa acima citada era posta na peneira de 0,75 µm e então lavada dentro da peneira até todo material pulverulento sair pela malha da peneira. Para ter noção se o material pulverulento havia saído completamente utilizávamos uma proveta com água limpa como padrão e outra proveta recolhendo a água que caía da peneira para assim ver se ainda estava passando o material pulverulento. Após ter removido todo o material pulverulento, o que sobrava na peneira era colocado para secar em estufa a uma temperatura de 110 graus celsius durante 48 horas. Então a massa do material seco era determinada em uma balança de 0,1 grama de precisão. A partir deste valor determinava-se a porcentagem disso em relação a massa inicial, utilizando a seguinte fórmula:

Sendo: Mi = Massa inicial (g); Mf = Massa final (g)

O ensaio de absorção de água foi realizado de acordo com a NBR NM 30 (2001):

Pesa-se 1000 gramas de agregado miúdo em uma balança de 0,1 grama de precisão. Coloca-se esse material pesado em água para que fique submerso. Após 24 horas o excesso de água deve ser cuidadosamente removido e o material é exposto a uma leve corrente de ar em uma bandeja até que seus grãos não fiquem muito aderidos entre si. Então a nova massa é determinada em uma balança de 0,1 grama de precisão e a absorção de água é calculada de acordo com a fórmula a seguir e então registrada.

Sendo: A: Absorção de água (%); Ms: Massa final da amostra (g); M: Massa inicial da amostra (g)

1. **Resultados e Discussão**

Gráfico 1. Curva de distribuição granulométrica dos agregados miúdos

Tabela 1. Caracterização dos agregados miúdos

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Agregado**  **Ensaio** | **RCD1** | **RCD2** | **RCD3** | **RCD4** | **RCD5** | **RCD6** | **AREIA** | **NORMA** |
| Módulo de finura | 2,24 | 2,06 | 1,83 | 2,04 | 2,25 | 2,12 | 1,68 | NBR/NM 248:2003 |
| Diâmetro Máximo (mm) | 4,75 | 2,38 | 2,38 | 2,38 | 4,75 | 4,75 | 1,18 | NBR/NM 248:2003 |
| Massa Específica (g/cm³) | 2,49 | 2,53 | 2,56 | 2,55 | 2,50 | 2,49 | 2,65 | NBR/NM 52:2009 |
| Massa Unitária (kg/dm³) | 1,33 | 1,37 | 1,37 | 1,39 | 1,29 | 1,39 | 1,38 | NBR/NM 45:2006 |
| Absorção de Água (%) | 20,06 | 26,29 | 22,48 | 23,63 | 25,86 | 18,50 | 11,83 | NBR/NM 30:2001 |
| Materiais pulverulentos (%) | 8,55 | 7,39 | 6,59 | 8,30 | 7,94 | 10,50 | 4,45 | NBR/NM 46:2003 |

O alto teor de absorção de água dos RCD’s pode fazer com que as argamassas tenham resistência a compressão ou flexão menor do que se fossem feitas com agregado natural, este alto teor muito provavelmente está vinculado ao alto nível de material pulverulento, deste modo para aumentar a resistência da argamassa é importante remover, através de peneiramento, o material pulverulento e fazer uso de aditivos para substituir parte da necessidade de água.

1. **Considerações Finais**

Os agregados reciclados podem ser divididos em dois grupos, um com diâmetro máximo de 4,75mm e outro de 2,38mm, já a granulometria dos agregados reciclados ficou bem próxima de um para outro, a massa unitária e a massa específica da maioria também ficou bem próxima das corresponentes no agregado natural, os agregados reciclados demonstraram possuir um alto potencial de absorção de água e alto teor de materiais pulverulentos se comparados ao agregado natural.

Portanto, verifica-se a importância da caracterização prévia dos AR para uso em argamassas e concretos, visto que o teor de material pulverulento e a alta absorção, comparada com a areia natural, pode provocar uma maior demanda de água e assim prejudicar o comportamento mecânico e de durabilidade dos produtos cimentício utilizados com AR.

**Agradecimentos**

Agradeço ao PIBITI/CNPQ que tornaram possível que esse projeto fosse realizado.

**Referências**

LI, Y.L.; HAN, M.Y.; LIU, S.Y.; CHEN, G.Q. Energy consumption and greenhouse gas emissions by buildings: A multi-scale perspective, Building and Environment, vol. 151, 2019, pp. 240-250.

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019. Disponível em: http://www.abrelpe.org.br. Acesso em: 17 out. 2021.

NOGUEIRA, Geovane Rangel Ferreira. A extração de areia em cursos d’água e seus impactos: proposição de uma matriz de interação. UFJF, 2016. Disponível em: <https://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TFC\_Vers%C3%A3oFinal.pdf>. Acesso em: 17 de outubro de 2021.

Restuccia, L.; Spoto, C.; Ferro, G.A.; & Tulliani, J.M. Recycled Mortars with C&D Waste. Procedia Structural Integrity, vol. 2, p. 2896-2904, 2016.

Mora-Ortiz, R.S.; Munguía-Balvanera, E.; Díaz, S.A.; Magaña-Hernández, F.; Del Angel-Meraz, E.; Bolaina-Juárez, Á. Comportamento Mecânico de Argamassas de Alvenaria Produzidas com Agregado de Argamassa Reciclada. Materiais (Basel). 2020; 13 (10): 2373. Publicado em 21 de maio de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 26: Agregados - Amostragem. Rio de Janeiro. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 27: Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 46: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 30: Agregado miúdo - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 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.