

INFLUÊNCIA DA INCORPORAÇÃO DE RCD EM ARGAMASSAS*

Antonio Márcio de Araújo Macedo¹

Euzébio Bernabé Zanelato²

André Luís Flor Manhães³

Afonso Rangel Garcez de Azevedo⁴

Markssuel Teixeira Marvila⁵

Sergio Neves Monteiro⁶

Jonas Alexandre⁷

Lúcio José Terra Petrucci⁸

Resumo

A indústria da construção civil é a atividade humana que mais consome recursos naturais. Isso ocorre desde antes do início da obra, com a extração de minerais para fabricar agregados e cimento. Considerando o alto consumo de materiais na construção e a durabilidade das edificações, a geração contínua de RCD (Resíduo de construção e demolição) se apresenta como problema. O objetivo deste trabalho é verificar a influência que a incorporação de RCD promove nas propriedades de argamassas. O RCD foi incorporado em 50% e 100% de substituição da areia natural. Foram realizados os ensaios de caracterização dos materiais e da argamassa pelos ensaios de consistência, absorção de água por imersão, absorção de água por capilaridade, resistência à compressão e resistência à tração na flexão. Os ensaios indicaram que a presença do RCD melhora o desempenho dessas argamassas, aumentando sua resistência e diminuindo sua absorção de água.

Palavras-chave: Argamassa; RCD; Resíduo..

INFLUENCE OF INCORPORATION OF WCD IN MORTARS

Abstract

The construction industry is the human activity that consumes the most natural resources. This occurs from before the beginning of the work, with the extraction of minerals to make aggregates and cement. Considering the high consumption of materials in the construction and the durability of the buildings, the continuous generation of RCD (Waste of construction and demolition) presents itself as a problem. The objective of this work is to verify the influence that the incorporation of RCD promotes in the properties of mortars. The RCD was incorporated into 50% and 100% replacement of natural sand. Materials and mortar characterization tests were carried out by consistency tests, water absorption by immersion, water absorption by capillarity, compressive strength and tensile strength in flexion. The tests indicated that the presence of RCD improves the performance of these mortars, increasing their resistance and decreasing their water absorption

Keywords: Mortar; WCD; Residue.

¹ Engenheiro Civil. Universidade Cândido Mendes, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

² Engenheiro Civil, doutorando em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

³ Graduado em Sistemas, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

⁴ Engenheiro Civil, doutor em Estruturas, LECIV, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

⁵ Engenheiro Civil, mestre em Estruturas, LECIV, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

⁶ Engenheiro Metalúrgico, PhD em Engenharia e Ciência dos Materiais, IME, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

⁷ Engenheiro Civil, doutor em Estruturas, LECIV, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

⁸ Engenheiro Civil, doutor em ciência dos materiais, Universidade Cândido Mendes, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A Indústria da Construção Civil merece destaque no estudo da sustentabilidade por ser uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, mas também é uma grande geradora de impactos ambientais [1]. As atividades da construção civil consomem um montante considerável de materiais inertes, como areia e pedras. Com o acelerado crescimento das regiões urbanas, a exploração de recursos naturais e a geração de resíduos de construção e demolição alcançaram níveis preocupantes, resultado da má gestão nas obras, que gera desperdício e poluição [2].

Quatro pontos são importantes no que diz respeito a sustentabilidade no setor: a cadeia produtiva é longa e desunida, causando lacunas de ineficazes na introdução de novas tecnologias; culturalmente ações sustentáveis são vistas como onerosas pelos construtores; Divergências no que diz respeito aos benefícios econômicos por parte dos empreiteiros; e ausência de conhecimento e habilidades teórico e prático sobre as medidas sustentáveis por parte da população e, até mesmo, dos profissionais [3].

A geração de RCD precede qualquer obra. Basta olharmos para os processos de fabricação dos materiais usados para a construção civil, que além de consumir recursos naturais, consome energia e gera seus próprios resíduos [4].

Segundo Bourscheid [5], na construção civil há muitas perdas devido ao uso de técnicas obsoletas. O SINDUNCON-CE reitera que o desperdício em uma obra é o principal gerador de RCD. Estas podem ser causada por superprodução, controle ineficaz dos estoques, produtos fabricados com defeito, transporte e processamento. O processo de urbanização desenfreado faz com que os edifícios já existentes passem por reforma e o aumento da renda da população e as políticas de crédito habitacional catapultaram o surgimento de novas obras e reformas, que aumentaram mais ainda a geração de resíduos [6].

O RCD sempre foi tratado como lixo, algo dispensável, apenas era pago o serviço para remoção, sem se preocupar com seu destino. Foram coletados, de forma legal e registrada, 45,1 milhões de toneladas de RCD em 2016 [7]. Além de um grande montante de resíduos descartados de forma ilegal. Apesar do potencial econômico, a preocupação com o RCD e na sua reutilização e reciclagem é algo relativamente novo, datando dos anos 1980 [8, 9]

A reciclagem de RCD vem obtendo êxito em vários países [10]. Segundo Lima [11], países como os EUA, Japão, Holanda, França, Dinamarca e Inglaterra, já possuem uma indústria consolidada com centenas de usinas instaladas.

A cadeia de reciclagem de RCD deve ter um gerenciamento adequado, uma vez que depende de muitas variáveis como tecnologia utilizada, tipo do resíduo utilizado e finalidade da matéria reciclada [12].

Muitos estudos mostraram a possibilidade da utilização de agregados reciclados tanto na parcela graúda [13,14] como na miúda [15] para a fabricação de concreto. Leite [6], e Corinaldesi [16] e outros pesquisadores apresentaram performances satisfatórias em substituições fracionadas dos agregados naturais pelos reciclados em argamassas.

O objetivo deste trabalho é avaliar a influência que a incorporação de RCD promove no desempenho de argamassas.

2 DESENVOLVIMENTO

Devido à grande heterogeneidade do RCD, neste trabalho foi optado por utilizar apenas concretos e argamassas resultantes de ensaios de laboratório. Assim espera-se ter uma melhor performance quanto à resistência. Após a coleta, os restos de corpo de prova foram triturados manualmente (Figura 1a) em seguida da trituração em equipamento (Figura 1b) para serem armazenados em recipientes adequados até sua utilização nos ensaios.

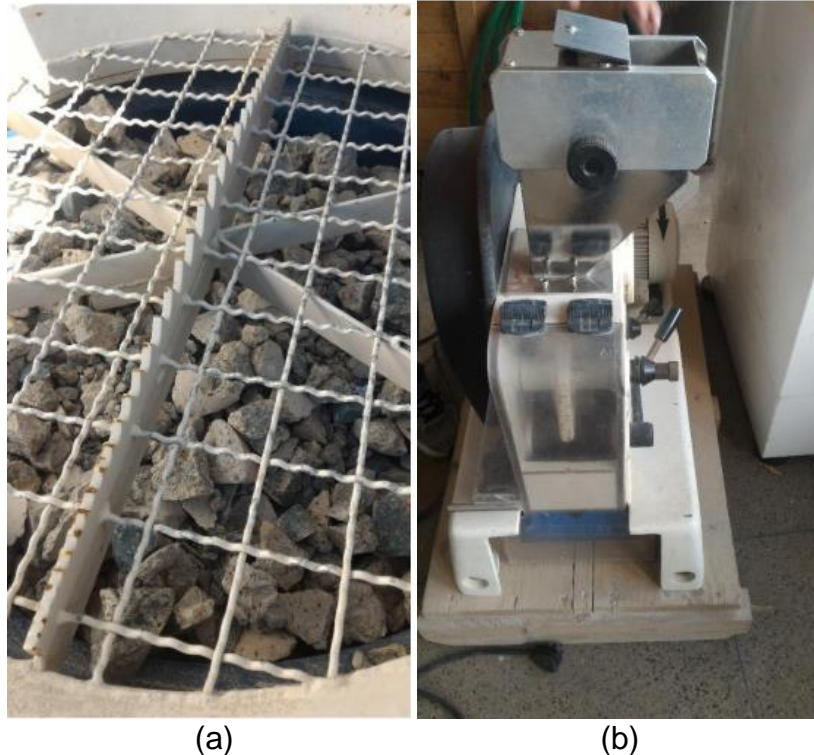


Figura 1 Trituração do RCD (a) – Manual, (b) por triturador de mandíbula.

A granulometria da areia reciclada de RCD (AR) e da areia natural (AN) foi verificada pelos ensaios de peneiramento, conforme NBR NM 26 [17] e NBR NM 27 [18].

Tabela 1 Granulometria dos materiais.

Abertura das Peneiras (mm)	AR		AN	
	Porcentagem Média da Massa Retida na Peneira	Porcentagem Média da Massa Retida Acumulada	Porcentagem Média da Massa Retida na Peneira	Porcentagem Média da Massa Retida Acumulada
4,75	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2,36	24,78%	24,78%	1,05%	1,05%
1,18	19,31%	44,09%	6,97%	8,02%
0,6	18,98%	63,07%	24,76%	32,78%
0,3	16,04%	79,11%	48,60%	81,38%
0,15	9,24%	88,35%	18,03%	99,41%
Fundo	11,65%	100%	0,59%	100,00%
Módulo de Finura	2,99		2,23	
D Max	2,36		1,18	

A Tabela 2 apresenta os resultados de massa específica, massa unitária e absorção de umidade.

Tabela 2 Caracterização da argamassa no estado fresco e endurecido.

Material	Massa específica (kg/m ³)	Massa unitária (kg/m ³)	Absorção de umidade (%)
Areia Natural	2630	1370	0,58
Areia Reciclada de RCD	2470	1290	13,72

Os valores reduzidos da areia reciclada de RCD justificam-se pela elevada porosidade dos materiais que compõe este material.

A Figura 2 apresenta os resultados obtidos no ensaio de inchamento.

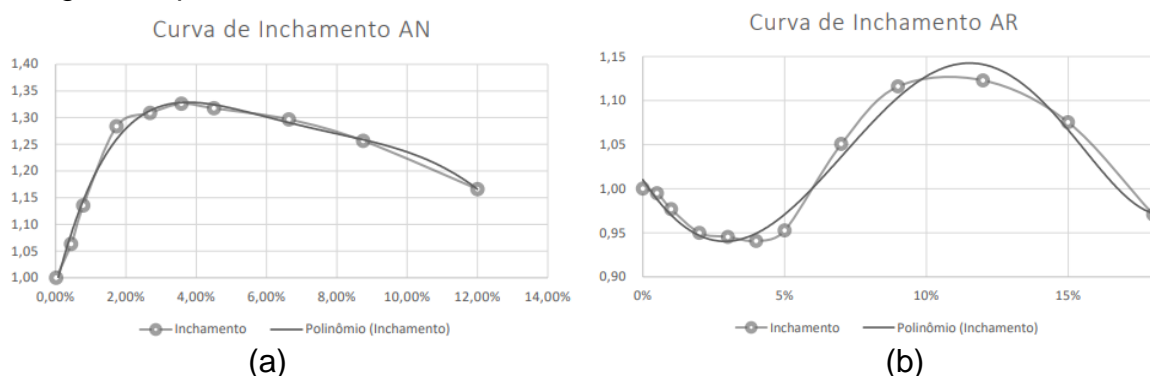


Figura 2 Curva de inchamento (a) Areia Natural; (b) Areia reciclada de RCD.

Além de possuir um inchamento máximo bem menor, o AR não possui inchamento significativo até 5% de umidade, pelo contrário e retraiu nas primeiras adições de água o comportamento pode ser justificado retração nas primeiras adições de água como sendo causadas por uma cura interna, proporcionada pela absorção de água dos agregados.

Após a caracterização dos materiais, foram confeccionadas argamassas no traço 1:1:6 (Cimento: Cal hidratada: Areia). A quantidade de água necessária foi obtida pelo ensaio de consistência para que as argamassas analisadas apresentassem comportamento reológico similar. Os resultados do ensaio de consistência com os três níveis de incorporação 0% (AN), 50% (AM) e 100% (AR) são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 Resultado dos ensaios de consistência.

Material	Consistência (mm)	Relação a/c
1:1:6 AN (Areia Natural)	258	1,5
1:1:6 AM (Areia Mista)	261	1,71
1:1:6 AR (Areia Reciclada)	259	1,9

Os resultados obtidos na consistência indicam a maior absorção de água dos materiais utilizados na confecção da argamassa e conseqüentemente, maior necessidade de água de amassamento para uma consistência adequada.

Após a definição da quantidade de água, foram moldados corpos de prova, conforme NBR 13276 [19], para realização dos ensaios no estado endurecido aos 28 dias de cura.

A Figura 3 apresenta os resultados obtidos no ensaio de absorção por imersão e índice de vazios realizados conforme NBR9778 [20].

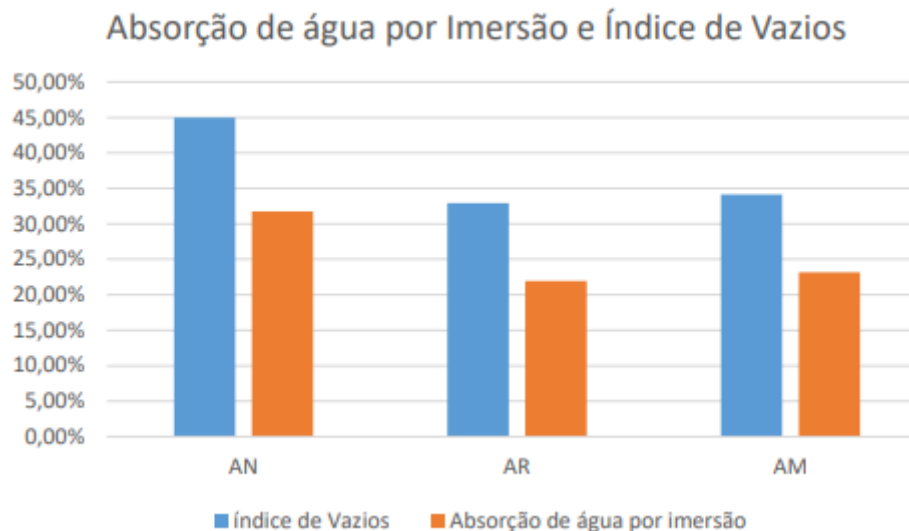


Figura 3 Absorção de água por imersão e índice de vazios.

Os resultados indicam uma evidente diminuição do índice de vazios e conseqüentemente menor absorção de água conforme foi aumentado a incorporação de RCD. A maior finura da areia reciclada justifica a diminuição da porosidade da argamassa, além disso, a presença de cimento não hidratado na areia, também contribui com a diminuição da porosidade.

Os resultados obtidos entre a incorporação parcial (AM) e a total (AR) apresentaram resultados similares.

A Figura 4 apresenta os resultados obtidos no ensaio de absorção por capilaridade realizados conforme NBR 9779 [21].

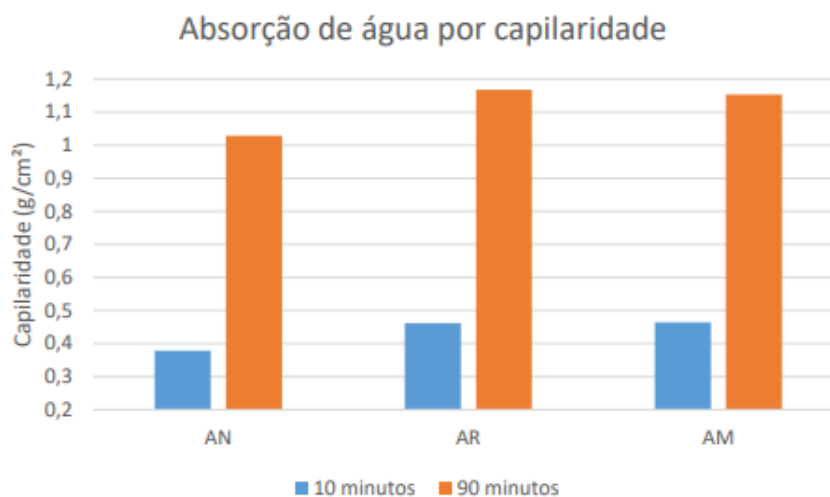


Figura 4 Absorção de água por capilaridade.

Os resultados de absorção por capilaridade indicam uma maior absorção de água conforme aumenta-se a incorporação do resíduo, de forma contrária ao obtido no ensaio anterior. Este comportamento é justificado pelo tipo de absorção realizada no ensaio de capilaridade. Quanto menor for o diâmetro dos poros superficiais da argamassa, maior a força de sucção e conseqüentemente, maior a absorção por capilaridade. A faixa de diâmetros de poros com melhor comportamento de sucção capilar é entre 0,1 μ m e 10 μ m. Portanto, a adição do RCD, promoveu uma diminuição da porosidade, conforme visto na Figura 3, e diminuição do diâmetro dos poros e conseqüente aumento da sucção capilar, conforme Figura 4.

Os resultados obtidos entre a incorporação parcial (AM) e a total (AR) apresentaram resultados similares.

A resistência à tração na flexão e a resistência à compressão estão indicados na Figura 5 e 6 respectivamente realizados conforme NBR 13279 [21].

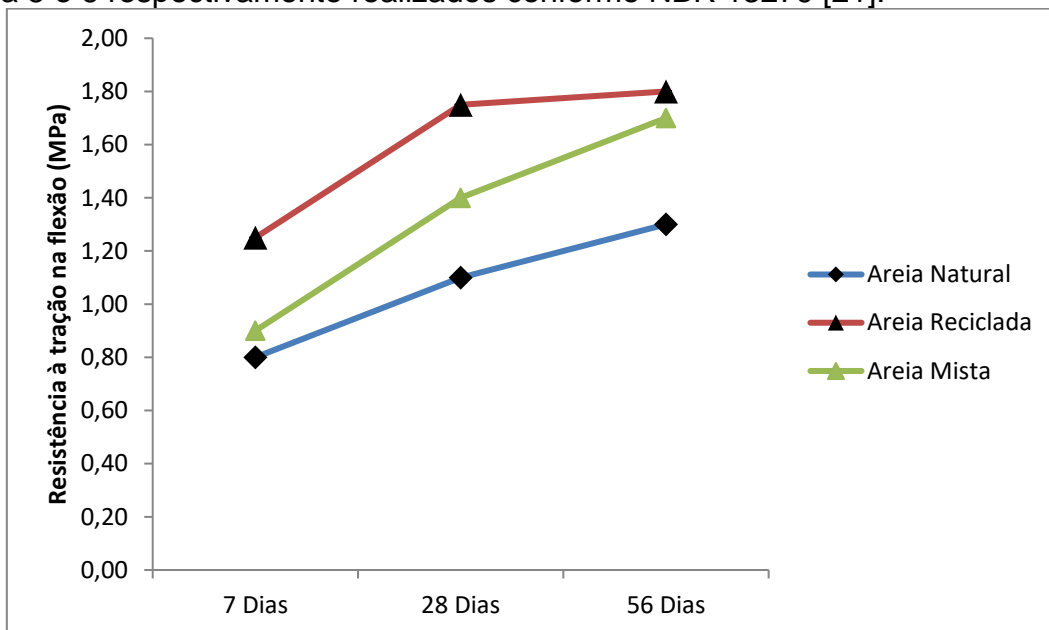


Figura 5 Resistência à tração na flexão.

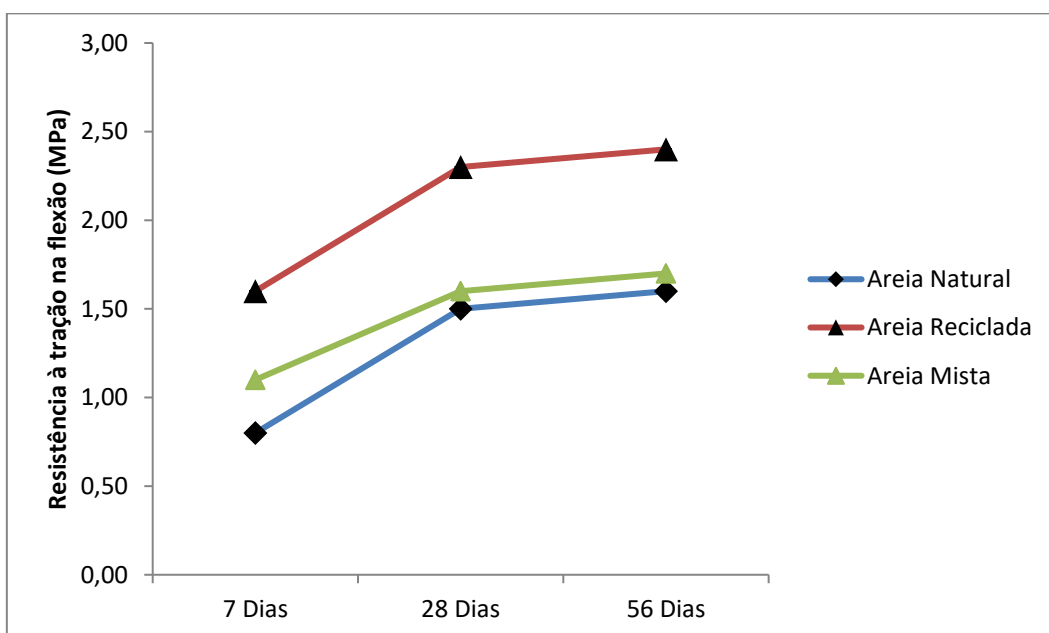


Figura 6 Resistência à compressão.

A resistência mecânica das argamassas verificada pelos ensaios à tração na flexão e compressão indicam um melhor desempenho quando utilizado areia reciclada.

A diminuição da porosidade aliada à hidratação do cimento presente na areia reciclada promoveram um significativo aumento de resistência mecânica.

Também é possível constatar que a mistura entre as areias recicladas e natural formando a areia mista resultou num desempenho intermediário entre as duas. A incorporação parcial promoveu um desempenho significativamente superior na resistência à tração, no entanto, na resistência à compressão o resultado foi similar à areia natural.

3 CONCLUSÃO

Com base nos resultados, é possível concluir que:

- A incorporação de areia de RCD não apenas é viável como melhora o desempenho das argamassas produzidas;
- Tanto a incorporação parcial quanto a final diminui significativamente a absorção de água por imersão.
- A incorporação total de areia reciclada promoveu um aumento significativo na resistência mecânica.

Agradecimentos

Agradeço à UCAM, CNPq, FAPERJ e UENF pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. DOS SANTOS, F. F., et al. **Adequação dos municípios do estado do Rio Grande do Sul à legislação de gestão de resíduos da construção civil.** Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, v. 4, n. 8, p. 1-18, 2012.
2. HALMEMAN, M. C. R.; DE SOUZA, P. C.; CASARIN, A. N. **Caracterização dos resíduos de construção e demolição na unidade de recebimento de resíduos sólidos no município de Campo Mourão-PR.** Revista Tecnológica, p. 203-209, 2010.
3. UNEP. **Buildings and Climate Change – Summary for Decision-Makers,** 2009.
4. DOS SANTOS, A. D. N. **Diagnóstico da situação dos resíduos de construção e demolição (RCD) no Município de Petrolina (PE).** (2008).
5. BOURSCHEID, A. B.; SOUZA, R. L. **Resíduos de construção e demolição como material alternativo.** 1ª edição. Florianópolis, Publicações do IF-SC, 2010.
6. LEITE, M. B., **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** Tese de D. Sc., UFRGS, Rio Grande do Sul, Brasil. 2001.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.** 2016
8. HASABA, S.; KAWAMURA, M.; TORLI, K.; TAKEMOTO, K. **“Drying shrinkage and durability of concrete made from recycled concrete aggregates”.** Japan Concrete Institute, v.3, pp. 55–60, 1981.

9. PINTO, T. P., **Utilização de resíduos de construção. Estudo do uso em argamassas.** Dissertação de M. Sc., Departamento de Arquitetura e Planejamento da Universidade de São Carlos/USP, São Carlos, SP, Brasil. 1986.
10. COIMBRA, M. A., LIBARDI, W., & MORELLI, M. R.. **Utilização de rejeitos de pilha zinco-carvão em argamassas e concretos de cimento Portland (Waste preparing of zinc battery for use in mortar and concrete materials of portland cement).** Cerâmica, 50(316), 300-307. 2004
11. LIMA, F. S. **Aproveitamento de resíduos de construção na fabricação de argamassas.** Diss. Mestrado. UFPB, J. Pessoa, PB. 2005
12. ÂNGULO, S. C., ZORDAN, S. E., & JOHN, V. M. (2001). **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil.** São Paulo: SP.
13. OIKONOMOU, N. D., **“Recycled concrete aggregates”.** Cement & Concrete Composites, V.27, pp. 315–318, 2005.
14. ETXEBERRIA, M.; VÁZQUEZ, E.; MARI, A; BARRA, M. **“Influence of amount of recycled coarse aggregates and production process on properties of recycled aggregate concrete”.** Cement and Concrete Research, v. 37, pp. 735–742, 2007.
15. EVANGELISTA, L.; BRITO, J. **“Mechanical behaviour of concrete made with fine recycled concrete aggregates”.** Cement & Concrete Composites, v. 29, pp. 397–401, 2007.
16. CORINALDESI, V., MORICONI, G. **Behaviour of cementitious mortars containing different kinds of recycled aggregate.** Construction and Building Materials, v.23, pp. 289–294, 2009.
17. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 26: agregado miúdo: amostragem. Rio de Janeiro, 2009.
18. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 27: agregado: redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro, 2001.
19. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13276: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência.** Rio de Janeiro, 2016.
20. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9778: **Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica.** Rio de Janeiro, 2009.
21. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9779: **Argamassa e Concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade.** Rio de Janeiro, 2012.
22. 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..