

Efeitos da substituição parcial do Agregado miúdo por resíduo de construção civil em argamassas

Effects of the partial replacement of the aggregate by construction residue on mortars

Kátia Carolina Hunhoff Botelho, Engenheira Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul- UNIJUÍ.

katiahunhoffbotelho@hotmail.com

Lucas Fernando Krug, orientador, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul- UNIJUÍ.

lucas.krug@unijui.edu.br

Bruna Gioppo Bueno, estudante, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul- UNIJUÍ.

brunagiopobueno@gmail.com

Guilherme Amaral de Moraes, Engenheiro civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul- UNIJUÍ.

guilherme_a_moraes@hotmail.com

Flávia Izabel Bandeira, estudante, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul- UNIJUÍ.

flavia_izabel_b@hotmail.com

Resumo

O presente estudo realizado pelo grupo de pesquisa de novos materiais e tecnologia para construção objetivou analisar o desempenho mecânico de diferentes traços de argamassas com percentuais de substituição do agregado miúdo por resíduo da construção civil (RCC). A utilização do mesmo em substituição parcial dos agregados é uma alternativa para dar-lhe uma finalidade ecologicamente correta, tendo em vista que para a produção de argamassas, grande porção dos componentes é a própria areia. Os traços foram: 1:1:6, 1:2:6, 1:1:8 e 1:2:8. Os percentuais de substituição utilizados foram 10%, 20% e 30%, em massa, quando comparados com o traço referencial. Os ensaios de resistência a compressão, resistência à tração na flexão, consistência e retenção de água, foram executados no Laboratório de Engenharia Civil da

UNIJIÚ. Concluiu-se que existe aplicabilidade desta nova mistura como material alternativo para inserção no mercado da construção civil, tendo resultado positivo na resistência mecânica.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Meio ambiente; Resistência, Agregados.

Abstract

The present study carried out by the research group of new materials and technology for construction was aimed at analyzing the mechanical performance of different mortar traces with percentages of replacement of the small aggregate by construction waste (RCC). The use of the same in partial replacement of the aggregates is an alternative to give it an ecologically correct purpose, considering that for the production of mortars, large part of the components is the sand itself. The strokes were: 1: 1: 6, 1: 2: 6, 1: 1: 8 and 1: 2: 8. The percentages of substitution used were 10%, 20% and 30%, by mass, when compared with the reference trait. The tests of compressive strength, flexural tensile strength, consistency and water retention were performed at the UNIJIÚ Civil Engineering Laboratory. It was concluded that there is applicability of this new mixture as alternative material for insertion in the civil construction market, having a positive result in mechanical resistance.

Keywords: Sustainability, Environment; Resistance, Aggregates.

1. Introdução

Atualmente uma das grandes preocupações do profissional de Engenharia no ramo da construção civil é a vida útil da edificação, ou seja, a sua durabilidade e desempenho. Como Recena (2015) explica, dentre os problemas que podem ser acarretados pela fissuração do revestimento estão: o aumento da permeabilidade, a diminuição da aderência a base que pode ter como consequência o deslocamento de eventual revestimento cerâmico, e a falha na função estética.

Outra questão muito importante lembrada por Rocha e John (2003) é a relação entre a sustentabilidade na utilização dos Resíduos da Construção Civil. Tendo em vista que não há muitos meios de reutilizar este material, devendo desta maneira ser responsabilidade dos próprios profissionais da Construção Civil dar uma destinação adequada para os RCC's. Tudo que cerca-nos um dia poderá ser resíduo, em conformidade com Rocha e John (2003), tudo que é gerado pela extração de matéria-prima e pela produção de bens também é resíduo. Em todas as sociedades a quantidade de resíduos gerada é muito maior do que a de bens consumidos. Mesmo que deva-se focar na redução dos resíduos produzidos, eles nunca deixarão de existir, por isso a necessidade de reutilizá-los de maneira a minimizar os problemas causados pelos resíduos ao meio ambiente, no momento em que são descartados.

Existe grande importância na minimização dos resíduos gerados pela construção civil, bem como a introdução desses materiais na própria construção civil. Os autores ainda salientam que existem diversas técnicas e procedimentos para que o processo ocorra de maneira a garantir que sejam respeitadas as características limitantes desse material, assim quando há conhecimento do potencial de aproveitamento, facilita-se o emprego dos RCC's nos empreendimentos da construção civil.

A relevância do tema de reciclagem dos resíduos industriais vem aumentando, tendo em vista que aumentou consideravelmente a quantidade de rejeitos sólidos e diminuiu a possibilidade de utilização de matérias-primas naturais, como Rocha e John (2003) dissertam, o estudo do aproveitamento desses resíduos como novos materiais está ganhando força, pois diminui o custo com matéria-prima natural, e dá lugar a matérias-primas secundárias, reduz o impacto ambiental, além de criar novos empregos.

Desta maneira, a pesquisa em questão tem como principais objetivos dar novos usos a materiais que são descartados de forma incorreta no meio ambiente, além de analisar o potencial desses resíduos quando incorporados nas argamassas de revestimento.

2. Procedimentos metodológicos

Este trabalho apresentará como metodologia a revisão bibliográfica, além de um estudo aprofundado com ensaios realizados no Laboratório de Engenharia Civil (LEC), da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, que fica localizado na cidade de Ijuí, Rio Grande do Sul, Brasil.

2.1 Caracterização dos materiais

Para que os ensaios laboratoriais pudessem ser executados, utilizou-se, de acordo com a figura 01, os seguintes materiais:

- Cimento;
- Cal;
- Agregado miúdo natural (areia);
- Agregado miúdo reciclado (RCC);
- Água.



Figura 1: Materiais componentes da mistura em pesquisa. Fonte: Elaborado pelos autores

O cimento Portland utilizado para a realização desta pesquisa é do tipo CP II – Z (Figura 01), que é regido pela NBR 11578 (1991), e composto por 76 à 94% de clínquer + gesso, 6 à 14% de material Pozolâmico e de 0 à 10% de material carbonático. Para realizar a caracterização do cimento Portland, executou-se o ensaio de massa específica, conforme orienta a NBR NM 23 (2001), com a utilização do frasco de Le Chatelier.

Sendo assim, obteve-se como resultado a massa específica de 3,15 kg/dm³ e massa unitária solta de 1,10 kg/dm³.

A cal hidráulica utilizada para a realização desta pesquisa é do tipo CH - III (Figura 01), regida pela NBR 7175/1992, que não necessita de tempo de hidratação, e contém um teor aumentado de material carbonático com massa específica de 2,398 kg/dm³ e massa unitária solta de 0,68 kg/dm³ constituída de CaCO₃ com percentual de argila que varia de 8 a 20%, tratada a cerca de 1000°C.

Para realizar-se os ensaios de laboratório conforme normativa, utilizou-se de agregado miúdo natural, cedido pelo Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste o Estado do Rio Grande do Sul – LEC – UNIJUÍ, tendo sido este secado em estufa à 100° C por 24 horas e após seu resfriamento armazenado em tambores com tampas

rosqueáveis que não permitem que o material absorva a umidade do ambiente. Na figura 01, a areia natural seca, pronta para uso, de módulo de finura igual a 1,62, massa específica 2,57 kg/dm³, massa unitária solta de 1,49 kg/dm³ e coeficiente de inchamento 1,29.

Da mesma maneira que o agregado miúdo natural, a areia reciclada fornecida pela empresa RESICON da cidade de Santa Rosa, secou-se em estufa por 24 horas e após resfriamento armazenou-se em tonel para posterior utilização. O agregado miúdo reciclado é composto por resíduos provenientes da construção civil, e contém materiais como: concreto, cerâmica, argamassa, revestimentos e possivelmente pequeno percentual de gesso, dados estes fornecidos pela empresa responsável pelo fornecimento do material.

2.2. Procedimento para realização dos ensaios

Para a presente pesquisa, foram elaborados 4 traços diferentes, escolhidos a partir do que é usual em canteiros de obra, optou-se então por um traço referência, sem substituição do agregado natural pelo reciclado, e outros três com substituição de 10, 20 e 30% de areia natural por resíduo de construção civil. Para cada um dos traços foram confeccionados dezoito corpos de prova prismáticos, de dimensões 4x4x16 como mostrado na Figura 2 a seguir, com a finalidade de utilização de dois por idade.



Figura 2: Corpos de prova cilíndricos e prismáticos. Fonte: Elaborado pelos autores

2.3 Ensaio de consistência

A mesa para índice de consistência foi o método empregado nesta pesquisa para avaliar a consistência das argamassas, por ser o mais utilizado e difundido. Este método, conforme estabelecido pela NBR 13276 (ABNT, 2005b), inicia-se com a preparação da argamassa no misturador mecânico (argamassadeira) com tempo de mistura de quatro minutos, com velocidade lenta e sua posterior moldagem em uma fôrma tronco cônica (base maior: $\varnothing=12,5$ cm; base menor: $\varnothing=8,0$ cm; altura: 6,5 cm) posicionada sobre uma mesa plana com manivela. Coloca-se a argamassa na fôrma em três camadas de mesma altura e, com soquete, são aplicados 15, 10 e 5 golpes uniformes e homogêaneamente distribuídos, respectivamente, da primeira à terceira camada. Após o preenchimento, a fôrma é retirada e, em seguida, a manivela da mesa é movimentada, fazendo com que esta caia 30 vezes, em aproximadamente 30 segundos, como mostra a Figura 3, provocando o espalhamento do cone da argamassa conforme a Figura 4. Com o paquímetro, medem-se três diâmetros tomados em pares de pontos uniformemente distribuídos ao longo do perímetro, então pela média dessas medidas calcula-se o índice de espalhamento, devendo o mesmo ficar entre 245 e 265 mm.



Figura 3: Argamassa preparada no misturador mecânico e adicionada ao molde tronco cônico. Fonte: Elaborado pelos autores



Figura 4: Argamassa na mesa de espalhamento. Fonte: Elaborado pelos autores

2.4 Retenção de água

A NBR 13277/2005, rege os ensaios de retenção de água, no recipiente metálico do equipamento de sucção com o papel filtro umedecido, realiza-se sucção por 90 segundos, pesa-se o conjunto e toma-se nota, após então adiciona-se a mistura de argamassa já preparada conforme norma 13276/2005, aplica-se 16 golpes nas bordas do recipiente e 21 no meio do recipiente, rasa-se com régua metálica, pesa-se o conjunto com a argamassa e após aplica-se novamente sucção, por 15 minutos e por fim anota-se os pesos de todas as fases. Utilizou-se apenas de metade do volume da argamassadeira para a realização dos ensaios de retenção de água. Conforme processo mostrado na Figura 05, a seguir.

Os resultados serão obtidos a partir da formula (1) e (2).

$$RA = \left[1 + \frac{(Ma - Ms)}{AF \times (Ma - Mv)} \right] \times 100 \quad (1)$$

$$AF = \frac{Mw}{M + Mw} \quad (2)$$

Onde: Ma é a massa do conjunto com argamassa. Ms é a massa do conjunto após a sucção; Mv é a massa do conjunto vazio; AF é o fator água/argamassa fresca; Mw é a massa total de água acrescentada à mistura e m é a soma das massas dos componentes anidros, todos os dados em gramas.

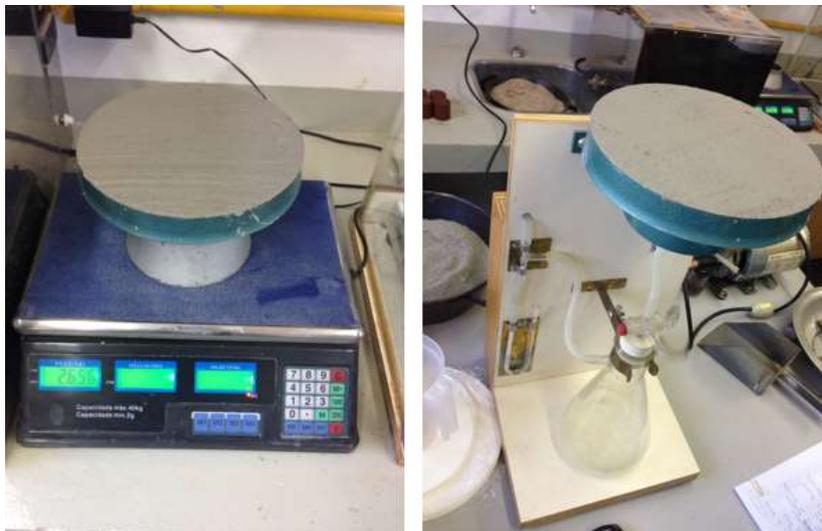


Figura 5 Ensaio de retenção de água. Fonte: Elaborado pelos autores

2.5 Moldagem dos corpos de prova

Para a realização da moldagem dos corpos de prova, foram utilizados moldes cilíndricos metálicos, com dimensões de 5x10 centímetros (diâmetro da base x altura), e moldes prismáticos com dimensões 4x4x16 centímetros. No processo para confecção dos moldes cilíndricos, utilizou-se a argamassa preparada de acordo com cada traço, previamente analisada a consistência de acordo com a NBR 13276/2005, com uma fina camada de óleo nas paredes do molde, em quatro camadas de 30 golpes segundo a NBR 13279/2005. Já os

corpos de prova prismáticos foram adensados em duas camadas de 30 golpes na mesa de espalhamento como recomenda a norma 13279/2005.

2.6 Ensaio de resistência a tração na flexão

Utilizando os moldes prismáticos moldados, após desmoldados e curados a 7, 28 e 56 dias em 45% de umidade (cura a temperatura ambiente), leva-se os corpos de prova à prensa, como mostrado na Figura 6. Seguindo a norma NBR 13279/2005 realiza-se os rompimentos.



Figura 6: Rompimento dos corpos de prova (Ensaio de tração na flexão). Fonte: Elaborado pelos autores

2.7 Ensaio de resistência a compressão

Usando as metades dos corpos de prova oriundos dos ensaios de resistência a tração na flexão, com idades de 7, 28, 56, de acordo com a NBR 13276/2005 leva-se a prensa para realização de ensaio de compressão, como mostrado na figura 7, toma-se nota dos resultados.



Figura 7: Rompimento dos corpos de prova prismáticos (Ensaio de compressão). Fonte: Elaborado pelos autores

3. Resultados

A consistência da mistura da argamassa é um ensaio necessário para a realização dos demais ensaios, desta maneira através das massas e traços previamente estabelecidos é que se ensaiou o quantitativo de água necessário para que a trabalhabilidade atendesse a NBR 13276 de 2002. A seguir os gráficos para análise dos resultados obtidos na pesquisa.

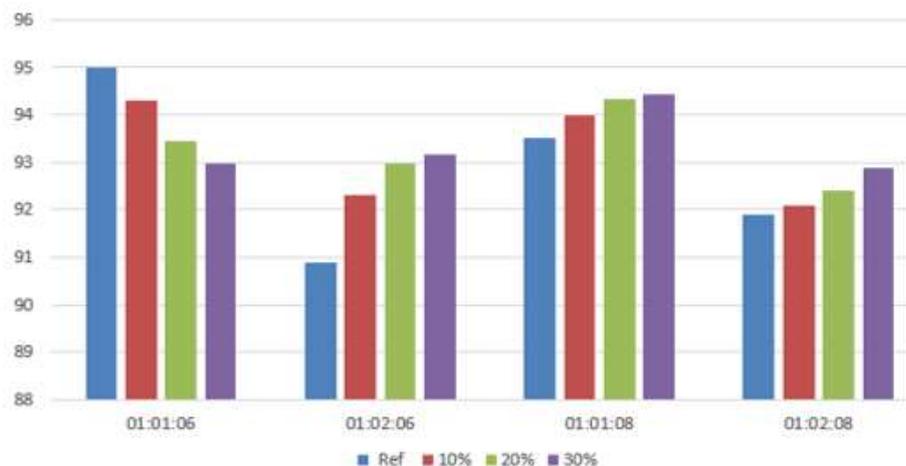


Figura 8: Gráfico dos resultados do ensaio de retenção de água. Fonte: Elaborado pelos autores

Através dos resultados de retenção de água obtidos, observou-se que os traços com menor teor de agregado (1:1:6 e 1:2:6) permitem que o aglomerante governe a retenção. Já nos traços em que o teor de agregado é maior (1:1:8 e 1:2:8) quem governa a retenção é o próprio agregado, absorvendo mais água.

Os resultados obtidos nos ensaios de resistência a tração na flexão mostram que a oscilação do desempenho das argamassas com substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de construção civil condiz com o que demonstra o estudo bibliográfico, pois conforme se adiciona maior percentual de resíduo, a resistência com o passar do tempo aumenta. Porém a disparidade ocorre por tratar-se de um resíduo misto com uma variedade de propriedades dos componentes.

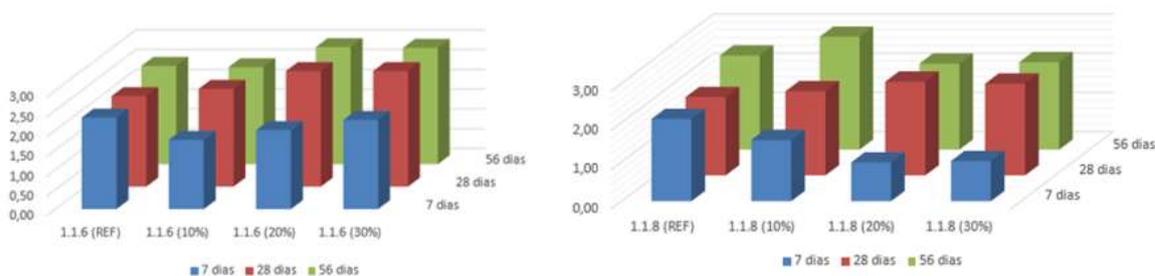


Figura 9: Gráficos dos ensaios de tração na flexão, da esquerda para a direita 1:1:6 e 1:1:8. Fonte: Elaborado pelos autores

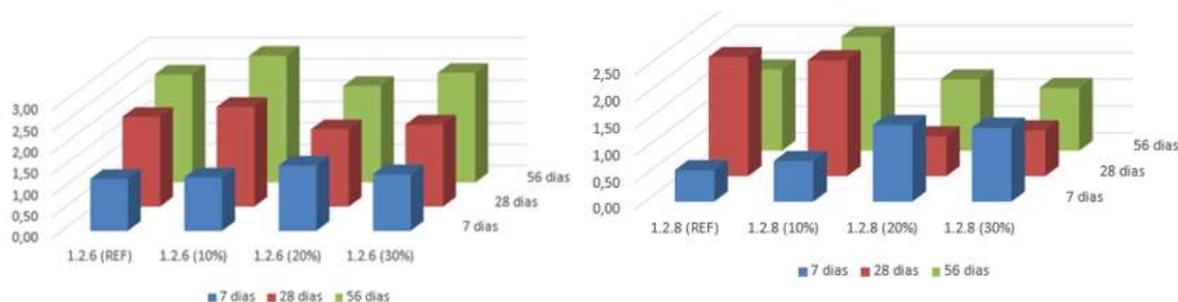


Figura 10: Gráficos dos ensaios de tração na flexão, da esquerda para a direita 1:2:6 e 1:2:8. Fonte: Elaborado pelos autores

Os resultados dos ensaios de tração na flexão do traço 1:2:8 não foram considerados, pois ocorreu grande discrepância em seus dados, ocorridos provavelmente por falha na captura dos resultados na máquina hidráulica de tração, bem como, possivelmente, o efeito do alto teor de cal e aglomerante e elevada perda de resistência.

Na sequência os resultados de resistência a compressão que por consequência obtiveram resultados similares aos de resistência a tração na flexão, pois foram utilizadas as metades dos corpos de prova rompidos pelo ensaio de tração na flexão.

Nos primeiros sete dias, no traço de 1:1:6, pela ação da cal possui maior retenção de água, já nos ensaios a 28 e 56 dias ocorre maior perda de água para o meio. Já no 1:1:8 o agregado é que predomina sobre o comportamento por estar em maior teor.

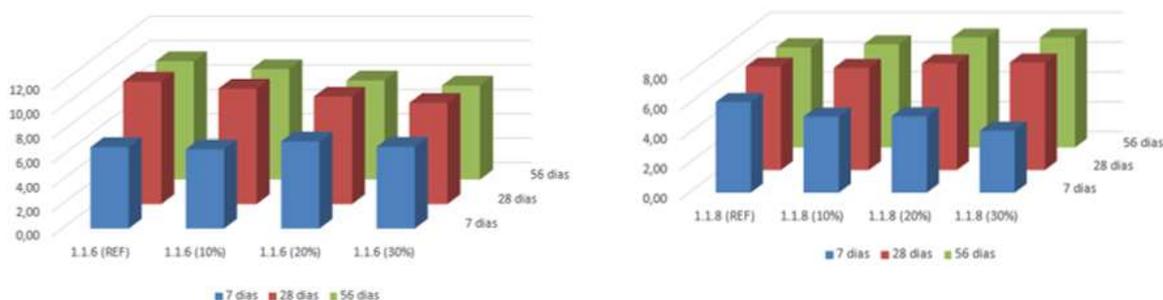


Figura 11: Gráficos dos ensaios de compressão, da esquerda para a direita 1:1:6 e 1:1:8. Fonte: Elaborado pelos autores

No traço 1:2:6 onde a cal está em maior teor, ela retém umidade por maior tempo, garantindo água em idades avançadas, aumentando desta maneira a F_c dos traços com maior porcentagem de agregado. Com o aumento do teor de agregado no traço 1:2:8, os F_c se mantiveram com valor muito próximos.

Apesar da melhora no desempenho da argamassa com o decorrer da cura, observa-se que conforme adiciona-se maior percentual de resíduo de construção civil misto na mistura o desempenho mecânico à compressão continua diminuindo.

Por se tratar de valores muito próximos, pode-se considerar que não existe alteração efetiva e que venha a prejudicar o posterior desempenho dessas argamassas.

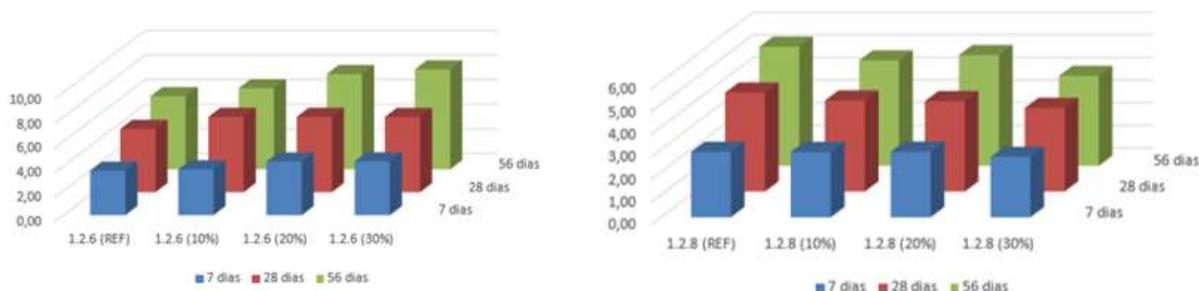


Figura 12: Gráficos dos ensaios de compressão, da esquerda para a direita 1:2:6 e 1:2:8. Fonte: Elaborado pelos autores

4. Considerações Finais

Tendo em vista que os objetivos desta pesquisa eram analisar os resultados e também o desempenho da argamassa de revestimento com substituição parcial do agregado miúdo por resíduos de construção civil, podendo desta forma, chegar a uma resposta sobre o desempenho das argamassas com incorporação de resíduos de construção civil quanto as propriedades no estado fresco e no estado endurecido.

Quanto a consistência: Os resíduos da construção civil quando utilizados em substituição a área natural, por se tratarem de materiais mais porosos e com teor de finos elevado absorvem maior quantidade de água e desta maneira tornam a mistura mais trabalhável. Sendo este ensaio de extrema importância para todos os demais ensaios que foram realizados.

Quanto a retenção de água: A cal é uma grande responsável por dar maior trabalhabilidade as argamassas, e ela aliada ao resíduo de construção civil misto confere as argamassas de revestimento um teor bastante elevado no quesito de retenção de água, este fator traz excelentes benefícios as argamassas de revestimento, dentre eles o fato de que os aglomerantes necessitam de quantidade de água suficiente para não reagir quimicamente, os parâmetros de resistência mecânica, aderência e a durabilidade são propriedades que dependem da retenção de água da argamassa e por esta razão são beneficiadas com a substituição de agregado miúdo por resíduo de construção civil.

Quanto a resistência mecânica: De acordo com a bibliografia estudada o esperado (apesar de bastante variável, por se tratar de resíduo misto), é que a resistência mecânica à compressão e a tração na flexão melhoram com um percentual de substituição igual a 50%, contudo, nos resultados obtidos nesta pesquisa dos percentuais de 10, 20 e 30 por cento de substituição houve muita variação e acredita-se que dentre os fatores que possam ter alterado os resultados estão:

- ✓ Tratar-se de resíduo misto, com alta variação de propriedades;
- ✓ Temperatura ambiente;
- ✓ Cura dos CP's ser realizada a temperatura ambiente (45% de umidade).

Conclui-se então de modo geral que o uso da areia reciclada mista para a finalidade de substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de construção civil não é simples, e que, na maioria dos casos a resistência superficial será imprevisível, no entanto, o estudo e as tecnologias empregadas para tornar este uso popular no mercado da Construção civil são necessários. Para que haja evolução constante nas técnicas de aplicações de materiais é necessário ainda maior aprofundamento e análise das falhas de desempenho deste material, pois a responsabilidade de encontrar meios para destinação desse material resultante do entulho da construção civil é dos próprios profissionais do ramo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Rocha, C. Janaíde; John, M. Vanderley. Utilização de Resíduos na Construção Habitacional. Vol.4. Porto Alegre – 2003.

RECENA, F.A.P. **Conhecendo a argamassa**. 2.ed. Porto Alegre: Editora Universitária Pucrs, 2012. 188p.

RECENA, Fernando Antonio Piazza. **Conhecendo a Argamassa**. 2.Ed. Editoria Universitária Pucrs. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

_____. NBR 13276. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, Brasil, 2002.

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

_____. NBR 15259. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, Brasil, 2005.

_____. NBR 13277. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Retenção de água – método de ensaio. Rio de Janeiro, Brasil, 2005