ANÁLISE DA ESTRUTURA POROSA E DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE CONCRETOS PARA UTILIZAÇÃO NA FABRICAÇÃO DE VIGOTAS DE LAJES PRÉ-MOLDADAS MISTAS PRODUZIDOS COM AGREGADO RECICLADO DE BLOCOS DE CONCRETO [1]

BARDELLA, P. S., Universidade Estadual de Londrina, email: paulo.bardella@uel.br;
SARAGOSA, G. C., Universidade Estadual de Londrina, email: saragosa@uel.br;
GASPAR, W. M. C., Universidade Estadual de Londrina, email: william_cunha21@hotmail.com

ABSTRACT

The aim of this experimental work was to evaluate the compressive strength, capilar absorption and voids of concretes used in precast concrete with replacement of natural agregate for recycled agregate (50% and 100% replacement by mass). The concretes were produced with hight early strength Portland cement in the age of 7 and 28 days for compressive strength and 28 days for capilar absorption and voids. The results showed that the shape agregate and porcentage replacement influenced the durability and compressive strength of the concretes.

Keywords: *Absorptiom. Precast concret. Durability.*

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, no fim da segunda década do século 21, embora as técnicas de reciclagem dos resíduos da construção civil tenham evoluído, não se pode afirmar com absoluta convicção que a reciclagem tenha se tornado uma idéia amplamente difundida no setor construtivo. Desta forma, tem-se que este será um dos principais desafios que o setor produtivo da construção civil brasileira deve enfrentar nos próximos anos.

A Resolução CONAMA nº 307 (2002) estabelece quatro classes de resíduos, identificados por classes A, B, C e D, cada classe é classificada pelo tipo de material descartado e qual a sua potencialidade de reutilização. Dentre as quatro classes de resíduos devemos destacar os resíduos Classe A que são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados.

---

[1] BARDELLA, P. S., SARAGOSA, G. C., GASPAR, W. M. C. Análise da estrutura porosa e da resistência à compressão de concretos para utilização na fabricação de vigotas de lajes pré-moldadas mistas produzidos com agregados reciclados de blocos de concreto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

No conjunto denominado por RCC, os resíduos de concreto apresentam um elevado potencial para sua utilização, devido ao conhecimento de suas propriedades básicas, tais como resistência a compressão e idade, e seu menor grau de contaminação por outros materiais quando comparado com outros resíduos de construção. Entre os principais geradores de resíduos de concreto estão as fábricas de pré-moldados (KATZ, 2003; BUTLER, 2003; TOPÇU; SENGEL, 2004).

O objetivo desse trabalho foi identificar a potencialidade de utilização de resíduos de blocos de concreto triturados como agregado graúdo utilizados em substituição (total ou parcial) ao agregado natural na mistura de traços de concreto para produção de vigotas de lajes pré-moldadas mista.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os rejeitos da construção civil representam grande volume de material desperdiçado nos canteiros de obra, fábricas de pré-moldados e também de empresas produtoras de artefatos de concreto. Assim, a necessidade de reciclagem para o desenvolvimento auto-sustentável, de materiais produzidos a partir de rejeitos da cadeia produtiva da indústria da construção é de grande importância sob o impacto ambiental (FONSECA, 2002).

No Brasil, algumas fábricas de pré-moldados de pequeno porte indicam um volume de resíduos de concreto em torno de 0,2 m^3/dia, representando 2% da produção total. Desse total, aproximadamente 25% seriam representados por blocos de concreto rejeitados pelo controle de qualidade e 10% por rejeitos de vigotas e painéis de laje pré-moldada (BUTLER, 2007).

Dessa forma, é necessário a obtenção de informações mais detalhadas sobre as características desses agregados reciclados, que sejam relevantes ao comportamento mecânico dos concretos, sendo essa uma condição para aumentar o emprego desses materiais na fabricação de produtos à base do cimento, o que permitiria uma redução nos custos de produção na indústria de artefatos de cimento e conseqüentemente contribuiria com o aspecto sustentável relacionado aos resíduos gerados nas empresas.

3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Nesse item é feita a descrição dos materiais e métodos de ensaio utilizados durante o programa experimental. Os ensaios foram realizados nas instalações do Laboratório de Materiais de Construção, da Universidade Estadual de Londrina.

3.1 Materiais Utilizados

3.1.1 Cimento Portland

O cimento Portland utilizado nesse trabalho experimental foi o CP V ARI (cimento Portland de Alta Resistência Inicial). O valor da massa específica determinada em laboratório foi de 3,09 g/cm^3.

3.1.2 Agregados

Os agregados naturais utilizados são os disponíveis e comumente usados na região de Londrina-PR. Foi utilizada areia média de rio (MF = 1,75), apresentando curva granulométrica identificada na região da zona utilizável inferior NBR NM 248 (ABNT 2003), e pedra britada nº 0 (basalto) com dimensão máxima característica de 9,5 mm.

Os agregados reciclados graúdos foram obtidos por meio da britagem de resíduos de blocos de concreto (Figura 1) triturados em máquina com funcionamento tipo mandíbula modelo queixada 300 localizada na Prefeitura do Campus Universitário da Universidade Estadual de Londrina (Figura 2).

Figura 1 – Resíduos de Blocos de Concreto



Fonte: Os autores

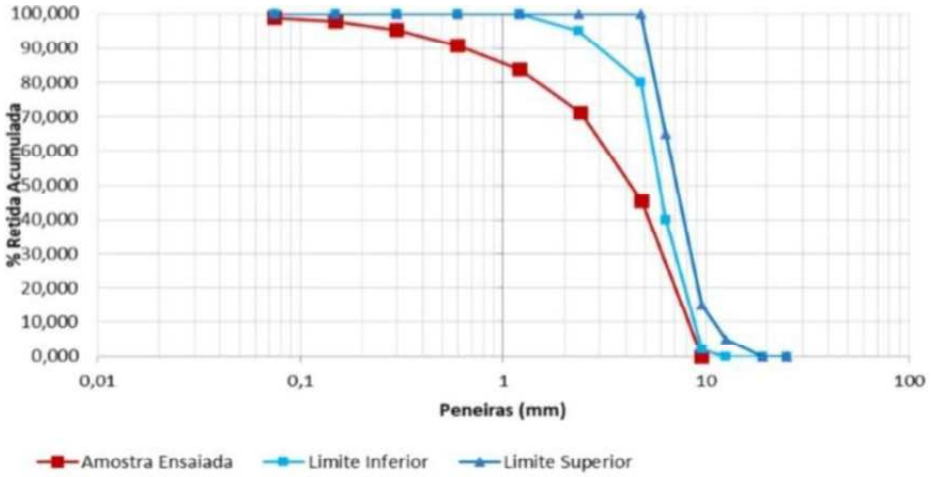
Figura 2 – Triturador Tipo Mandíbula Modelo Queixada 300



Fonte: Os autores

A Figura 3 apresenta a curva granulométrica do agregado graúdo reciclado utilizado nesse trabalho experimental. Observando a Figura 3 constata-se que a distribuição granulométrica não demonstrou ser adequada. Entretanto, por se tratar de um estudo experimental optou-se por utilizar o agregado reciclado sem correções na curva granulométrica.

Figura 3 – Curva Granulométrica do Agregado Graúdo Reciclado



Fonte: Os autores

3.1.3 Concreto

Para determinação dos traços de concreto, contou-se com o apoio de uma empresa de estruturas pré-fabricadas de concreto, que por sua vez, disponibilizou o método de dosagem utilizado para a fabricação de vigotas pré-fabricadas de concreto em sua fábrica. Assim, o traço de concreto utilizado na fábrica de pré-moldados foi adotado como traço padrão no estudo (T1), por meio desse traço padrão foram idealizados dois novos traços de concreto, um com substituição de 50% do agregado graúdo natural por agregado reciclado (T2) e o outro com substituição de 100% do agregado graúdo natural pelo agregado reciclado (T3) (Tabela 1).

Tabela 1 – Traços de Concreto

Traço	Cimento	Areia	Brita	Agregado Reciciclado	Relação a/c
T1	1	3,57	4	-	0,60
T2	1	3,57	2	2	0,65
T3	1	3,57	-	4	0,69

Fonte: Os autores

É necessário observar que para manter a mesma consistência do T1 (slump-test = 30 mm ± 10 mm) foi necessário fazer a alteração da relação água/cimento nos traços T2 e T3.

3.2 Ensaios Realizados

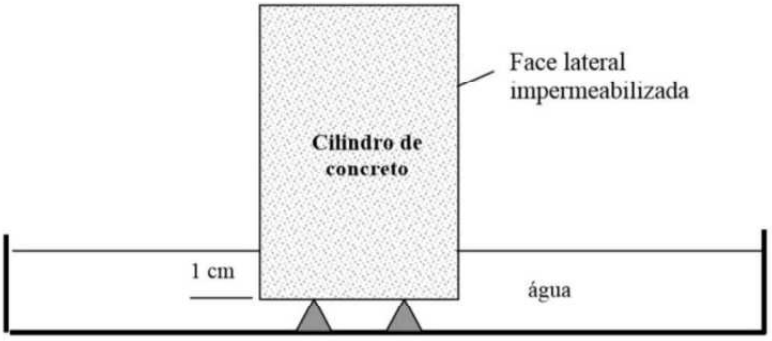
3.2.1 Resistência à Compressão Axial

Os ensaios de resistência à compressão axial foram realizados segundo os procedimentos da NBR 5739 (ABNT, 1994). Foram moldados seis corpos de prova cilíndricos (10 x 20) cm para cada traço de concreto e para cada idade de ruptura, as rupturas foram realizadas nas idades de 7 e 28 dias. Após a desmoldagem dos corpos de prova, os mesmos foram mantidos em câmara úmida até a idade do rompimento.

3.2.2 Absorção Capitar

Por meio de uma adaptação do método descrito pela NBR 9779 (ABNT, 1995), para cada traço de concreto, foi medida a absorção capilar em 4 corpos de prova cilíndricos (10x20) cm, na idade de 28 dias. Aos 28 dias os corpos de prova foram secos em estufa a 60 °C por 24 horas, e tiveram suas laterais impermeabilizadas com duas demãos de verniz impermeabilizante e, então, foram submetidos ao procedimento de ensaio. A impermeabilização lateral teve por objetivo garantir um sentido único de fluxo da água absorvida. A Figura 4 demonstra como foi realizado o ensaio.

Figura 4 – Dispositivo para o Ensaio de Absorção Capilar



Fonte: Os autores

A absorção de água foi medida pela variação de massa, com pesagens consecutivas aos 5, 10, 15 e 30 minutos, 1 hora, 2, 4, 6, 8 e 24 horas de ensaio. De posse dos valores de variação de massa foi calculada a quantidade de água que o material absorveu por unidade de área (Kg/m2).

3.2.3 Massa Específica e Índice de Vazios

Os ensaios de massa específica e de índice de vazios foram realizados segundo os procedimentos da NBR 9778 (ABNT, 1995). Foram moldados quatro corpos de prova para cada traço de concreto e os ensaios foram realizados na idade de 28 dias. Para cada traço de concreto a massa específica e o índice de vazios foram determinados nos mesmos corpos de prova.

4 RESULTADOS E ANÁLISE

4.1 Resistência à Compressão Axial

A Tabela 2 apresenta os resultados de resistência à compressão axial obtidos para os três traços de concreto.

Tabela 2 – Resistência à Compressão Axial (MPa) (Média dos CPs)

Traço	7 dias	28 dias	Desvio Padrão (Sd)
T1	21,8	26,8	2,13
T2	10,7	13,4	1,81
T3	7,8	10,0	2,08

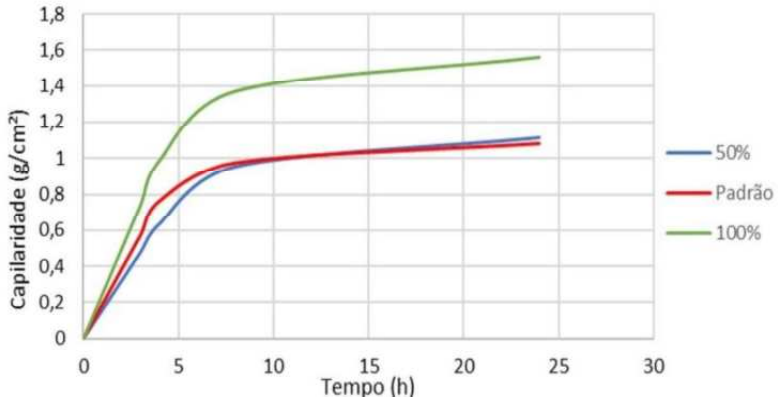
Fonte: Os autores

Por meio da análise dos resultados apresentados na Tabela 2 percebe-se que o traço T1 foi o que apresentou o valor mais elevado para a resistência à compressão sendo este valor similar ao obtido pela fábrica de lajes na sua linha de produção, tal resultado já era esperado, visto que esse traço é o mesmo utilizado pela empresa na produção de pré-moldados. Quanto aos traços T2 e T3, foi observado que as resistências à compressão não atingiram aos 28 dias o mínimo estabelecido pela NBR 6118 (ABNT, 2014) para serem utilizados como concreto estrutural. Isso é atribuido, entre outros fatores, a uma falta de distribuição granulométrica adequada para o agregado reciclado o que teve influência na consistência do concreto ocasionando necessidade de se aumentar a quantidade de água na mistrura dos T2 e T3 para se manter a mesma consistência do T1. Deve-se destacar que o agregado reciclado por apresentar uma maior porosidade quando comparado ao agregado natural também apresenta influência na consistência do concreto. Entretanto, para esta etapa do trabalho, não foram realizados ensaios de absorção de água dos agregados.

4.2 Absorção Capilar

O ensaio de absorção capilar teve como objetivo avaliar qualitativamente a estrutura porosa do concreto na camada de cobrimento. Esse ensaio avalia a quantidade de água que o material absorve por unidade de área. A Figura 5 apresenta os resultados obtidos conforme ensaio descrito no item 3.2.2.

Figura 5 – Ascensão Capilar de Concreto em Função do Tempo (Média dos CPs)



Fonte: Os autores

A Figura 5 apresenta os valores para a ascensão capilar para os concretos T1, T2 e T3. Pode ser observado que o concreto T3 resultou num concreto com maior quantidade de vazios e maior porosidade, enquanto que os concretos T1 e T2 apresentaram valores de ascensão capilar próximos entre si, revelando que de certa forma a mistura de agregados graúdos com reciclados ainda possui um determinado grau de fechamento da estrutura porosa, o que pode ser explorado para outros traços com menos de 50% de agregado reciclado.

4.3 Massa Específica e Índice de Vazios

Os ensaios de massa específica e índice de vazios foram realizados seguindo os procedimentos da NBR 9778 (ABNT, 1995) com saturação das amostras sem fervura. A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para a massa específica e índice de vazios dos traços T1, T2 e T3.

Tabela 3 – Massa Específica e Índice de Vazios (Média CPs)

Traço	Massa Específica (kg/m³)	Índice de Vazios (%)
T1	2349	7,19
T2	2300	8,08
T3	2174	9,90

Fonte: Os autores

Os resultados apresentados na Tabela 3 indicam que ocorre aumento da estrutura porosa do concreto conforme ocorre aumento na quantidade de agregado reciclado utilizado no concreto. Isso é atribuído, em parte, a falta de um controle granulométrico do agregado reciclado dificultando um encaixe adequado entre as partículas. A diferença da quantidade de absorção de água que existe entre o agregado natural e o agregado reciclado também tem influência na estrutura porosa do concreto. Entretanto, está análise será verificada na continuidade do estudo em trabalho futuro.

5 CONCLUSÕES

Os resultados iniciais indicam que os agregados reciclados oriundos de resíduos de blocos de concreto, por se tratar de um resíduo que apresenta uma melhor heterogeneidade quando comparado aos RCC, demonstrou ter potencial para ser utilizado no concreto desde que estudos complementares sejam realizados. Assim, ficou evidenciado a necessidade de aprofundar o estudo em condições relacionadas à absorção de água dos agregados, melhoria da granulometria do agregado reciclado e também na produção de mais traços de concreto com substituição de agregado natural por agregado reciclado em frações menores das que foram analisadas até o momento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndrico de concreto – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **NBR 9778**: Argamassa e concreto Endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 9779**: Argamassa e concreto Endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR NM 248**: Composição Granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____.**NBR 6118**: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Armado. Rio de Janeiro, 2014.

BUTLER, A. M. Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto – influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos – EESC. Dissertação de mestrado, São Carlos - SP, 2003. 199 p.

BUTLER, A. M. Uso de agregados reciclados de concreto em blocos de alvenaria estrutural. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos – EESC. Tese de doutorado, São Carlos - SP, 2007. 499 p.

CONAMA – Conselho Nacional do meio Ambiente. **Resolução nº 307, 5 de Julho de 2002.** http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html. Acesso em 18/10/2004.

FONSECA, F. B. D. Desempenho estrutural de paredes de alvenaria de blocos de concreto de agregados reciclados de rejeitos de construção e demolição. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos – EESC. Dissertação de mestrado, São Carlos - SP, 2002. 140 p.

KATZ, A. **Properties of concrete made with recycled aggregate from partially hydrated old concrete. Cement** and Concrete Research, v.33, v. 5, p 703 – 711, may 2003.

TOPÇU, I. B., SENGEL, S. **Properties of concretes produced with waste concrete aggregate.** Cement and Concrete Research, v.34, v. 9, p 1307 – 1312, september 2004.