



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

**ENTAC 2010**

XIII Encontro Nacional de Tecnologia  
do Ambiente Construído

## **ANÁLISE DE METODOLOGIAS UTILIZADAS PARA A CARACTERIZAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA DE CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO**

**Ana Paula Werle (1); Aline Troian (2); Jeferson Alcântara (3); Marlova P.  
Kulakowski; (4) Claudio S. Kazmierczak (5)**

(1) Arq., Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Unisinos, Brasil –  
e-mail: anhapaula@gmail.com Arq., Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Civil

(2) Arq., Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Unisinos, Brasil –  
e-mail: aline.troian@gmail.com

(3) Bolsista de IC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Unisinos, Brasil –  
e-mail: jefersonalcantara@yahoo.com.br

(4) Dra., Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Unisinos, Brasil – e-mail:  
marlovak@unisinos.br

(5) Dr., Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Unisinos, Brasil – e-mail:  
claudiok@unisinos.br

### **RESUMO**

Os resíduos de construção e demolição (RCD) são responsáveis por um expressivo montante do volume total de resíduos sólidos urbanos gerados pela população. Sua aplicação, como agregados, tem sido objeto de inúmeras pesquisas que procuram identificar suas características, desempenho e limitações. O presente trabalho está focado na utilização de resíduos provenientes da britagem de concreto. O estudo compara dois métodos utilizados para quantificar o potencial de absorção de água dos agregados: imersão e absorção por capilaridade. Com estes dados pretende-se estipular uma condição de pré-molhagem para os agregados, para que estes, quando inseridos em uma nova matriz de concreto no estado fresco, não absorvam uma quantidade excessiva de água da pasta, alterando substancialmente a sua trabalhabilidade durante o período que antecede a pega. Foram ensaiados concretos com relação água/cimento de 0,85, 0,56 e 0,43, observando-se que há diferença entre os dois métodos. Com base neste estudo, pode-se constatar que os métodos para estipular uma quantidade prévia de pré-molhagem são falhos, porém de suma importância para a verificação do potencial de absorção do agregado.

Palavras-chave: agregados reciclados de concreto; caracterização; absorção; pré-molhagem.

## 1 INTRODUÇÃO

Os resíduos de construção e demolição (RCD) representam cerca de 50% do total de resíduos sólidos, e são os maiores responsáveis pelo esgotamento de aterros em cidades de médio e grande porte, segundo Ângulo et al (2003). Sua disposição adequada tem se tornado um problema para os gestores municipais, em virtude da falta de áreas passíveis de licenciamento para receber este resíduo. Dos cerca de 65 milhões de toneladas de resíduos gerados anualmente no setor da construção civil, são reciclados menos de 5% (CAPELLO, 2006), justificando o estudo de alternativas para a sua reciclagem.

Uma opção de reciclagem é a utilização do RCD em substituição a agregados convencionais, em concretos. O concreto confeccionado com RCD apresenta um comportamento diferenciado em relação ao concreto convencional, tanto no estado fresco, quanto no estado endurecido, em função do agregado reciclado apresentar forma mais angulosa, textura superficial rugosa e grande potencial de absorção de água.

Este trabalho é focado na determinação da absorção de água de agregados reciclados. Como o RCD é um material mais poroso que os agregados convencionais, espera-se que ele absorva uma quantia de água elevada e, em consequência, podem ocorrer alterações na trabalhabilidade estipulada para o concreto novo. Com o objetivo de minimizar estas diferenças, diversos autores (BAZUCO, 1999; LEITE, 2001; BUTLER, 2003; LOVATO, 2007; CABRAL, 2007) sugerem que se faça uma compensação no teor de água do agregado, chamada de pré-molhagem, quando realizada antes da colocação dos agregados na mistura.

Cada tipo de agregado reciclado possui determinada rede de poros, o que irá resultar em diferentes coeficientes de absorção de água. A quantidade de água a ser utilizada na pré-molhagem muitas vezes é estimada a partir da determinação desta absorção. Ângulo (2000) relaciona a absorção elevada dos RCD à porosidade do material, salientando que em média concretos absorvem menos água do que as argamassas devido a sua constituição menos porosa. Porém, a argamassa aderida ao agregado gráudo proporciona uma maior absorção de água pelo concreto quando comparado ao agregado natural. Leite (2001) considera que a absorção depende de fatores como umidade e porosidade do material, sendo a alta absorção diretamente relacionada com a camada de argamassa aderida aos grãos. A autora encontra uma taxa de absorção de 4,95% para agregados gráudos mistos (cerâmicas, argamassas e concreto). Segundo Barra (1996) apud Leite (2001), características como densidade, porosidade, teor de água e absorção, são propriedades que dependem da quantidade de poros e da rede de interconexão dos poros dentro dos grãos. Bazuco (1999) aponta para uma taxa média de absorção, após 24 horas, de 8,45%; neste estudo 75% da quantidade de água foi absorvida durante os primeiros 30 minutos do ensaio. Para Lovato (2007) a absorção de 50% da massa total de água absorvida pelos grãos se deu nos primeiros 30 minutos. Cabral (2007) observou que 80% da massa de água absorvida pelos grãos ocorre nos primeiros 10 minutos do ensaio, com duração de 24 horas. Em Butler (2003) a absorção de 88% da massa da água absorvida pelos agregados ocorreu também nos primeiros 10 minutos. Os autores mencionados determinaram a absorção de água dos agregados reciclados por imersão, e constataram que a absorção de água ocorre preponderantemente nos primeiros minutos de contato com a água.

Assim como não há consenso sobre a forma ideal para a determinação da absorção de água de agregados, também há grande diversidade de parâmetros e procedimentos para sua pré-molhagem (tabela 1), em especial com relação à quantidade de água a ser utilizada.

**Tabela 1** - Comparação entre a utilização de pré-molhagem e método para determinação da quantidade de pré-molhagem utilizada por diversos autores.

| Autor         | Tipo de RCD                    | Pré-molhagem Utilização ou Não   | Tempo (min). | Quantidade de Água  | Método utilizado para determinação de quantidade de água para pré-molhagem   |
|---------------|--------------------------------|--|--------------|---|--|
| Zordan (1997) | Misto                          | Não executou pré-molhagem  | —            | —   | —  |
| Bazuco (1999) | Misto                          | Uso de agregado seco e saturado por 24h – agregados expostos ao ar por 15 minutos antes da mistura   | —            | —   | —  |
| Levy (2001)   | Concreto e alvenaria separados | Não utiliza pré-molhagem, determina relação a/c de acordo com abatimento estabelecido $70 \pm 10$ mm.  | —            | —   | —  |
| Leite (2001)  | Misto                          | Compensação de água em função da alta absorção do agregado reciclado   | 10           | Adiciona ao traço 40% da taxa de absorção em média (para agregado graúdo reciclado) | Amostra é seca em estufa, resfriada e submersa. São registrados os ganhos de massa ao longo do tempo, com auxílio de dispositivo acoplado em balança hidrostática.   |
| Butler (2003) | Concreto                       | Não cita pré-molhagem, mas há um acréscimo de água em relação ao fator a/c inicial de 0,41 para 0,45 e 0,48 conforme % de agregados utilizados | —            | —   | —  |
| Vieira (2003) | Misto                          | Pré-umidificação – abatimento fixo em $70 \pm 10$ mm   | 10           | Variou de acordo com a absorção do agregado   | Metodologia proposta por LEITE (2001).   |
| Angulo (2005) | Misto                          | Pré-saturação  | 10           | Submerso em 70% do valor de absorção de água pelo agregado                          | Massa de água absorvida pelo agregado graúdo de RCD nos seguintes intervalos de tempo: 5, 10, 15, 30, 60, 120, 180, 240, 300, 1440 minutos. Estabelece o tempo necessário para atingir 70% do valor da absorção de água em um período de 24 horas. |
| Cabral (2007) | Mistos                         | Utiliza pré-molhagem – NBR 15.116 – que sugere umedecer com teor de 80% da taxa de absorção do agregado  | 10           | 80% da água que seria absorvida pelo agregado em 24 horas                           | Metodologia proposta por LEITE (2001).   |
| Lovato (2007) | Mistos                         | Realiza pré-molhagem   | 15           | varia de acordo com a taxa de absorção do material                                  | —  |

O presente trabalho tem como objetivo propor uma nova abordagem para a estimativa de absorção inicial dos agregados reciclados. Parte-se da hipótese de que o ensaio de absorção de água por imersão não é o mais apropriado para a determinação da absorção de água do agregado durante os minutos iniciais de contato com a matriz de argamassa (que resulta em alterações na

trabalhabilidade do concreto) e que a absorção de água por capilaridade é o fenômeno preponderante. Mesmo considerando que durante os primeiros momentos de contato com a água, a presença de aglomerantes, adições e finos alteram a dinâmica da absorção de água pelo agregado, espera-se que o ensaio de capilaridade indique uma tendência de comportamento mais apropriada para a execução de concretos com RCD. Foram comparados os resultados de absorção por imersão e absorção por capilaridade unidirecional, em agregados provenientes da cominuição de concretos de diferentes relações água/cimento. Os ensaios de absorção de água foram realizados em agregados reciclados de concreto e os de absorção por capilaridade unidirecional nos concretos originais.

## 2 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Neste trabalho é realizada uma comparação entre o comportamento de agregados reciclados obtidos a partir da cominuição, em britador de mandíbulas, de concretos com diferentes relações água/cimento, com ênfase na absorção de água. Foram utilizados concretos com resistências de 18, 37 e 50 MPa, elaborados no Laboratório de Materiais de Construção (LMC) – UNISINOS, e agregados resultantes da cominuição destes concretos.

### 2.1 Materiais utilizados

O cimento utilizado foi o cimento Portland de alta resistência inicial - CP V ARI, de modo a permitir uma grau de hidratação elevado até a data estipulada para a reciclagem destes concretos (63 dias).

O agregado gráúdo natural adotado para a pesquisa é de origem basáltica, com distribuição granulométrica apresentada na Tabela 2. Este material passou por processo de lavagem, para remoção de finos aderidos aos grãos, assim como secagem, para sua posterior aplicação. O agregado miúdo empregado é uma areia de origem quartzosa, com distribuição granulométrica visualizada na Tabela 3.

**Tabela 2** - Distribuição granulométrica do agregado gráúdo natural – ABNT NBR NM 248:2001.

| Abertura de Peneira | Média Retida | Média Acumulada |
|---------------------|--------------|-----------------|
| # 25 mm             | 0            | 0               |
| # 19 mm             | 2            | 2               |
| # 12,5 mm           | 60           | 62              |
| # 9,5 mm            | 32           | 94              |
| # 6,3 mm            | 6            | 100             |
| # 4,8 mm            | 0            | 100             |
| < 4,8 mm            | 0            | 100             |

**Tabela 3** - Distribuição granulométrica do agregado miúdo natural – ABNT NBR NM 248:2003.

| Abertura de Peneira | Média Retida | Média Acumulada |
|---------------------|--------------|-----------------|
| # 4,8 mm            | 3            | 3               |
| # 2,4 mm            | 11           | 14              |
| # 1,2 mm            | 18           | 32              |
| # 0,6 mm            | 18           | 50              |
| # 0,3 mm            | 27           | 77              |
| # 0,15 mm           | 20           | 97              |
| # 0,075 mm          | 3            | 100             |
| < 0,15 mm           | 0            | 100             |

## 2.2 Dosagem e caracterização dos concretos reciclados

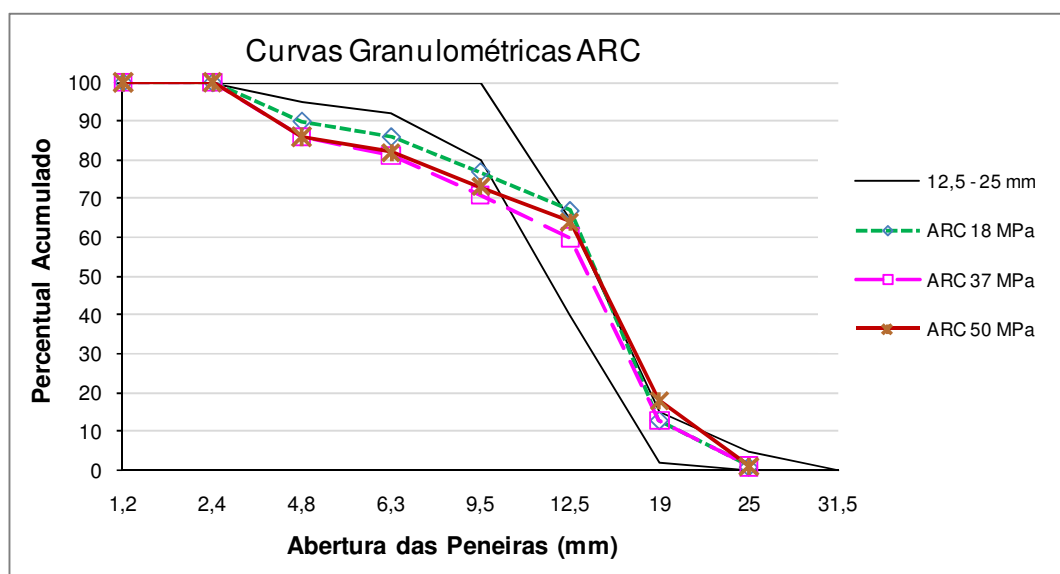
O método de dosagem adotado é baseado em HELENE e TERZIAN (1993). Foi adotado um teor de argamassa  $\alpha = 49\%$ . A quantidade de água foi a necessária para um abatimento de  $100 \pm 20$  mm. Foram executados três traços, pobre (a/c 0,85), intermediário (a/c 0,56) e rico (a/c 0,43). Para cada betonada foram moldados corpos-de-prova de dimensões 10 x 20 cm, submetidos à cura submersa por 63 dias em câmara úmida, com temperatura média de 21°C. Os resultados de resistência à compressão e a tração por compressão diametral, obtidos para os concretos, estão apresentados na tabela 4.

**Tabela 4** - Resultados de resistência à compressão e tração por compressão diametral aos 28 dias.

| Relação a/c do RCD | Resistência à Compressão Axial (28 dias) – ABNT NBR NM 101:1997 | Resistência à Tração por Compressão Diametral (28 dias) – ABNT NBRNM 8:1995 |
|--------------------|---|---|
| 0,85               | 18 MPa  | 7 MPa   |
| 0,56               | 37 MPa  | 11 MPa  |
| 0,43               | 50 MPa  | 14 MPa  |

Após a cura, os corpos-de-prova foram levados a um processo de cominuição, através de britador de mandíbulas, e peneiramento, separando-se a fração passante pela peneira de abertura # 25 mm e retida na peneira de abertura # 4,8 mm, em função da dimensão máxima característica do agregado de referência.

As curvas granulométricas indicam que o material gerado possui granulometria adequada ao uso em concretos, situando-se próximo da zona delimitada entre as peneiras 12,5 e 25mm, conforme visualizado na Figura 1, e a caracterização física dos agregados consta na tabela 5.



**Figura 1** - Curva granulométrica para agregados graúdos reciclados de concreto.

**Tabela 5** - Caracterização física dos agregados graúdos reciclados de concreto

| Tipo de RCD | Dimensão Máxima (mm) | Módulo de Finura | Massa Específica (g/cm³) – NM 52/2009 – NM 53/2009 | Massa Unitária (g/cm³) – NM 45/2006 |
|-------------|----------------------|------------------|--|-------------------------------------|
| a/c 0,85    | 25                   | 1,68             | 2,50   | 1,21                                |
| a/c 0,56    | 25                   | 1,65             | 2,47   | 1,20                                |
| a/c 0,43    | 25                   | 1,70             | 2,49   | 1,21                                |

## 2.3 Absorção de Água

Para a determinação da absorção de água dos agregados, foi adotado o método de absorção de água por imersão, adaptado de LEITE (2001). Para este método, as amostras de agregados foram secas em estufa até constância de massa (variação de  $\pm 0,1g$ ), resfriadas e mantidas em dessecadores contendo sílica gel, antes de serem submetidas ao ensaio de absorção.

O ensaio de absorção é dividido em duas etapas. Na Etapa 1 é realizado o registro de absorção no primeiro minuto. Uma amostra seca, e previamente pesada, é colocada dentro de um recipiente vazado e submersa em água; ao alcançar 1 minuto o material é retirado da água, seco superficialmente com um pano úmido, e a nova massa é determinada.

Na Etapa 2 ocorre o registro da absorção ao longo do tempo. Uma amostra seca de agregados é colocada em um recipiente vazado, acoplado a uma balança hidrostática, e o conjunto é submerso em água; são registrados os valores de acréscimo de massa, com o auxílio de balança hidrostática, nos seguintes intervalos de tempo: 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 30 e 60 minutos; 2, 3, 4, 5, 6, 24, 48 e 72 horas; a amostra permanece submersa ininterruptamente durante as 72 horas do ensaio (ou até a constância de massa).

A absorção de água por capilaridade foi realizada conforme a norma RILEM TC 116 PCD, nos exemplares de concreto.

## 3 RESULTADOS

### 3.1 Absorção de Água por Imersão

Os resultados obtidos a partir do ensaio de absorção por imersão são apresentados na figura 2, adotando-se para o primeiro minuto o acréscimo de massa determinado conforme descrito na etapa 1. A figura 3 apresenta a absorção por imersão nos primeiros minutos de imersão. A absorção por imersão total dos agregados foi de 8,5%; 6,1; 5,2% para os agregados reciclados de concreto com relação a/c 0,85; 0,56; 0,43, respectivamente, e para o agregado natural foi de 2,3%.

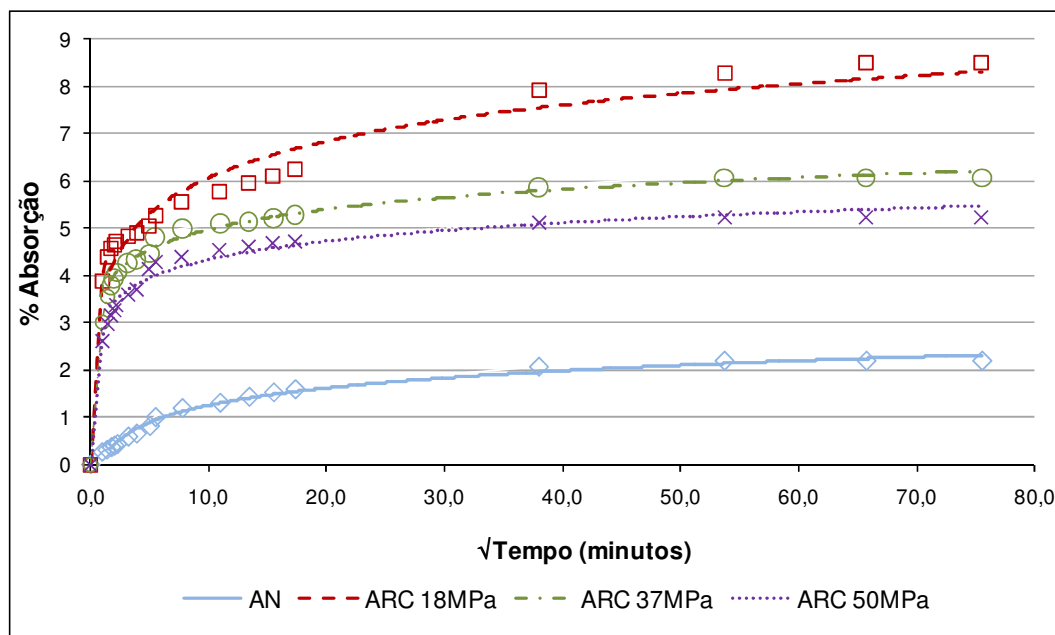
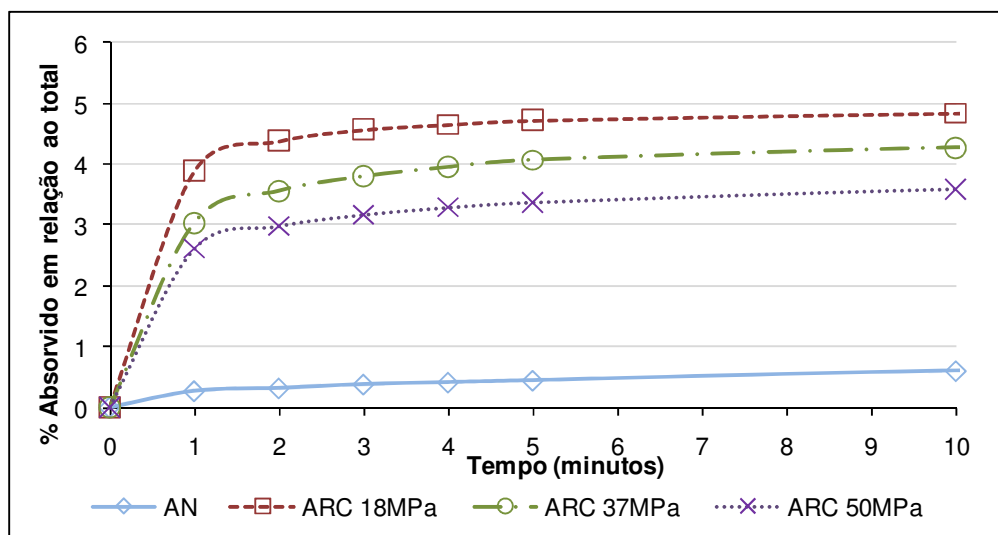


Figura 2 - Absorção por imersão ao longo de 72 horas dos agregados graúdos.



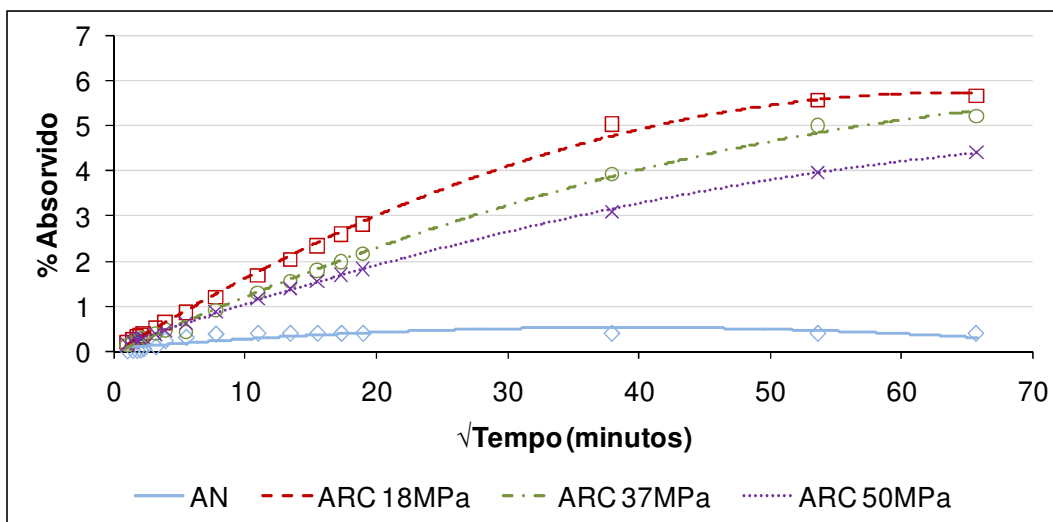
**Figura 3** - Absorção por imersão nos primeiros 10 minutos em contato com a água dos agregados graúdos.

### 3.2 Absorção de Água por Capilaridade

O ensaio de absorção de água por capilaridade foi realizado modificando o método RILEM TC 116 PCD, alterando-se os tempos de medição de modo a permitir a comparação entre os dois métodos utilizados no programa experimental.

Após 28 dias de cura submersa dos concretos, um corpo-de-prova 10x20cm foi serrado em 5 partes, sendo três partes, com altura de 5cm, retiradas da parte central da peça, desprezando as partes superior e inferior do corpo-de-prova. As três amostras de 10x5cm foram mantidas em estufa a 60°C até a estabilização de massa. Estas amostras, após saírem da estufa, permaneceram em dessecador com sílica gel até atingirem a temperatura ambiente, em sala com temperatura controlada (20°C±1°C). Assim que retiradas do dessecador, as laterais das amostras foram seladas com fita adesiva extra-forte, de forma a impermeabilizar esta face. As superfícies, superior e inferior, foram deixadas livres. Um balão de látex foi colocado na superfície superior, para que não haja uma interferência da umidade externa na face superior da amostra. A maleabilidade do látex propicia espaço o ar expulso pela absorção de água. A superfície inferior permaneceu em contato com uma lâmina de água, com profundidade de 3 mm.

A absorção de água por capilaridade foi acompanhada através da pesagem das amostras nos seguintes intervalos de tempo: 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 30 e 60 minutos e 2, 3, 4, 5, 6, 24, 48, 72 e 96 horas (mesmos intervalos de tempo adotados para o ensaio de absorção por imersão dos agregados). Para o registro do peso, as amostras são retiradas da água e secas superficialmente com pano úmido (para remover o excesso de água), de modo que a superfície permaneça úmida. Os resultados obtidos para o ensaio de absorção por capilaridade dos concretos estão apresentados na figura 4. A absorção por capilaridade total dos agregados reciclados foi de 5,8%; 5,4% e 4,4%, para os concretos com relação a/c 0,85; 0,56 e 0,43, respectivamente.



**Figura 4** - Absorção por capilaridade dos concretos reciclados como agregados.

## 4 DISCUSSÃO

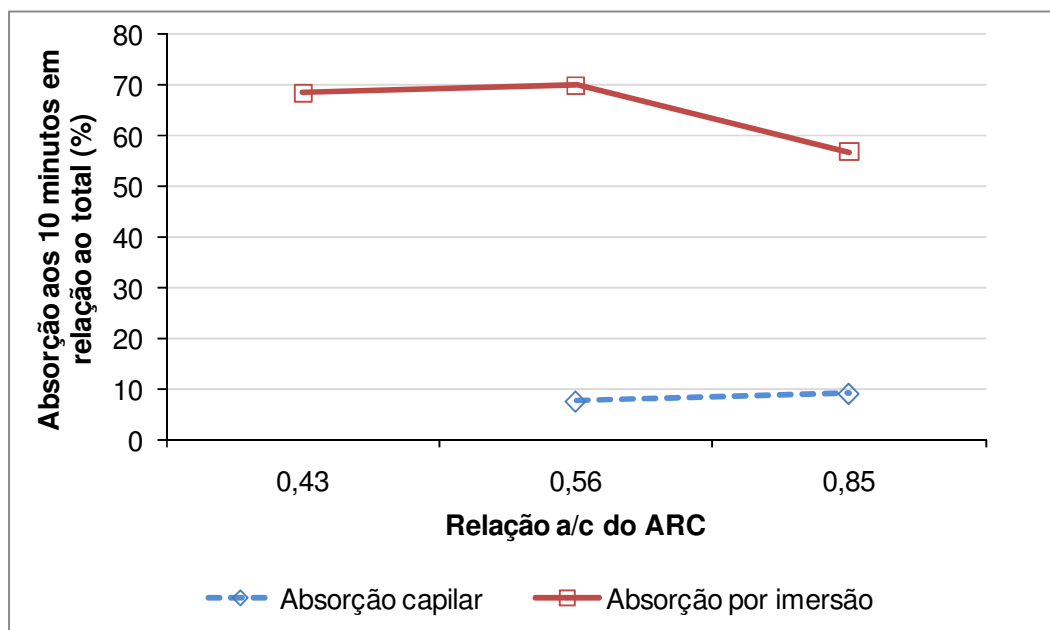
Considerando-se a absorção de água por imersão, visualizada na figura 2, constata-se que a absorção de água dos agregados de concreto é muito superior à absorção do agregado, e ocorre de forma muito mais intensa nos primeiros minutos de contato com a água. O comportamento observado nos diversos agregados é consequência da microestrutura do material. Butler (2003) observa que as propriedades dos agregados reciclados de concreto foram influenciadas pela camada de argamassa aderida ao agregado natural, sendo esta camada responsável pela porosidade do agregado, a alta absorção de água e redução da massa específica.

Observa-se que com apenas 5 minutos em submersão, quase todos os materiais atingiram aproximadamente 70% da quantidade total absorvida até constância de massa.

Com base nestes dados, pode-se inferir que o processo da pré-molhagem dos agregados, se realizado por imersão, pode ser efetuado em curto espaço de tempo. O único agregado que não apresentou uma absorção de água na ordem de 70% aos 2 minutos de ensaio foi o obtido a partir da britagem de concreto com relação a/c 0,85, sendo necessário o contato com a água por 10 minutos para atingir este valor. O tempo de 10 minutos, majoritário na bibliografia, é adequado e permite que, em situações reais de uso, não ocorra uma evaporação excessiva e perda das propriedades esperadas pela pré-molhagem.

Observa-se também que as absorções de água observadas, obtidas a partir dos dois métodos utilizados, apresentam diferenças expressivas entre si. Na figura 5 pode-se visualizar estas diferenças para os primeiros dez minutos de contato com a água.





**Figura 5** - Comparação entre os ensaios de absorção por imersão e por capilaridade, nos 10 minutos iniciais de ensaio.

Ao comparar-se as curvas do gráfico da figura 3 (absorção por imersão) com as curvas do gráfico da figura 4 (absorção por capilaridade), pode-se observar que a absorção do agregado imerso em água é brusca, ocorrendo em sua maioria no primeiro minuto de contato com a água, enquanto que a absorção por capilaridade ocorre de forma mais lenta e gradual. Considerando-se a quantidade de água absorvida, a diferença de absorção total dos ARC obtida por cada um dos métodos é na ordem de 60%. Partindo-se da hipótese de que o comportamento real da absorção de água de um agregado imerso em argamassa é mais próximo da capilaridade do que da imersão, verifica-se que a estimativa da absorção de água por imersão pode levar a sérias distorções na determinação da quantidade de água que deve ser utilizada na pré-molhagem do agregado reciclado, uma vez que a absorção de água do agregado no concreto fresco irá ocorrer em velocidade substancialmente inferior àquela obtida pelo ensaio de absorção por imersão.

A estimativa do teor de água a ser utilizado na pré-molhagem, segundo o exposto, não deve ser baseada na absorção determinada por imersão, mas sim por capilaridade, uma vez que o ensaio de imersão tende a superestimar a quantidade de água que será absorvida da argamassa pelo agregado ao longo dos primeiros minutos de contato com a água.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de pré-molhagem em concretos onde é utilizado agregado proveniente da reciclagem é uma prática que vem sendo recomendada por diversos pesquisadores, porém não há consenso sobre o teor de água a ser utilizado e a forma de sua estimativa. A absorção de água ocorrida por capilaridade, mecanismo de transporte próximo ao que deve ocorrer no agregado imerso no concreto fresco, é muito mais lento que a determinada por imersão, para o mesmo agregado, o que indica que o ensaio de absorção por imersão não deve ser adotado para a estimativa do teor de água a ser utilizado na pré-molhagem.

## 6 BIBLIOGRAFIA

ÂNGULO, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. 2000. 155p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2000.

ÂNGULO, S. C. **Caracterização de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos**. 2005. 167p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2005.

ÂNGULO, S. C.; KAHN H.; JOHN, V. M.; ULSEN, C. **Metodologia da caracterização de resíduos de construção e demolição**. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL – MATERIAIS RECICLADOS E SUAS APLICAÇÕES, 6., 2003, São Paulo, Anais. São Paulo: IBRACON, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 8**. Concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral, Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 45**. Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios, Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 52**. Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente, Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 53**. Agregado graúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente, Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 101**. Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 248**. Agregados - Determinação da composição granulométrica Rio de Janeiro, 2001

BARRA, M. **Estudio de la durabilidad del hormigón de árido reciclado en su aplicación como hormigón armado**. Barcelona, 1996. 223 p. Tese (doutorado). Escola técnica Superior d'Enginyers de Camin, Canal i Ports. Universitat Politècnica de la Catalunya. Apud LEITE (2001).

BAZUCO, R. S. **Utilização de agregados reciclados de concreto para a produção de novos concretos**. Florianópolis, 1999. 100 p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

BUTLER, A. M. **Concretos com agregados graúdos de concreto – Influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados**. 2003. 187p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CABRAL, A. E. B. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD**. 2007. 194p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2007.

CAPELLO, G. Entulho vira matéria-prima. Revista Techne, Edição 112, julho 2006.

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** 2001. 266p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

LOVATO, P. S. **Verificação dos parâmetros de controle de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição para utilização em concreto.** 2007. 180p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto. Estrutura, Propriedades e Materiais.** São Paulo. Editora IBRACON, 2008.

RILEM, TC 116 PCD. **C. Determination of the Capillary Absorption of Water of Hardened Concrete,** Material and Structures/Materiaux ET Constructions, v. 32, p. 178-179, Abr. 1999.

VIEIRA, G. L. **Estudo do processo de corrosão ação de íons cloreto em concretos obtidos a partir de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** 2003. 150p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

ZORDAN, S. E. **A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto.** 1997. 139p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1997.

## **7 AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à FINEP, CNPq, CAPES e PLANO DE BACIA SINOS pelas bolsas de estudo, bem como pela verba de fomento à pesquisa.