

## **DIAGNÓSTICO DO RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL DA REGIÃO DE FLORIANÓPOLIS E SUA POTENCIALIZAÇÃO COMO AGREGADO GRAÚDO PARA A CONFECÇÃO DE NOVOS CONCRETOS**

**XAVIER L.L. (1); DE BRITO, L.A. (2); CAVALCANTE, J.R. (3) e CHERIAF, M. (4)**

- (1) Eng<sup>a</sup>. Civil / Mestranda do PPGEC / Núcleo de Pesquisa na Construção / Grupo ValoRes / Universidade Federal de Santa Catarina / CEP:88040-900 / e-mail: luciana@npc.ufsc.br  
(2) Graduando / Pesquisador do Departamento de Engenharia Civil / Núcleo de Pesquisa na Construção / Grupo ValoRes / Universidade Federal de Santa Catarina / CEP:88040-900 / e-mail: leonardo@npc.ufsc.br  
(3) Prof<sup>a</sup>. / Departamento de Engenharia Civil / Núcleo de Pesquisa na Construção / Grupo ValoRes / Universidade Federal de Santa Catarina / CEP:88040-900 / e-mail: janaide@npc.ufsc.br  
(4) Prof<sup>o</sup>. Convidado / Universidade Federal de Santa Catarina / Departamento de Engenharia Civil / Núcleo de Pesquisa na Construção / Grupo ValoRes / Universidade Federal de Santa / CEP 88040-900 / e-mail: malik@npc.ufsc.br

### **RESUMO**

A preocupação com a preservação ambiental cresce a cada dia e os movimentos sociais junto com a população exigem que as políticas públicas dêem maior importância aos problemas ambientais. A reciclagem de resíduos surge como alternativa para minimizar problemas de escassez de áreas de deposição e de redução do uso de matéria-prima natural. As vantagens que se obtém com a reciclagem estão na esfera ambiental, econômica e social.

O crescimento da população, o desenvolvimento da indústria e o processo acelerado da urbanização contribuem para o aumento da geração de resíduos.

Em virtude da problemática ocasionada pela geração de grandes quantidades de resíduos de construção civil, e de sua potencial deposição em locais inadequados e, ainda sabendo-se que a construção civil pode absorver quase a totalidade de seus resíduos, é que se propôs o presente estudo. Usando um reaproveitamento adequado, considera-se importante o diagnóstico da geração do resíduo da construção civil no município, quando tem-se por fim o uso potencial deste resíduo como substituição parcial ou total da matéria-prima na confecção de componentes para construção civil.

Buscou-se, então, avaliar o potencial do resíduo da construção civil baseando-se na elaboração de procedimentos e técnicas de controle e dosagem para uso deste material em substituição à brita natural. Procurou-se igualmente elaborar um procedimento considerando as características de trabalhabilidade e fornecendo curvas de dosagem para os concretos, relacionando-se importantes parâmetros, tais como a resistência à compressão, a relação água/cimento, os traços utilizados e o consumo de cimento.

No presente artigo são apresentados dados do levantamento da geração do resíduo da construção civil de Florianópolis e avaliado a disponibilidade da produção de agregados para a construção civil.

Da parcela de resíduo da construção civil potencialmente identificados como fonte para produção de agregado reciclado é proposto um procedimento conforme resultados do projeto PROSAB-FINEP.

**Palavras-chave:** Diagnóstico, resíduo da construção civil, reciclagem, concreto, agregado reciclado.

## 1 INTRODUÇÃO

O uso indiscriminado de recursos naturais, a escassez de áreas de deposição de resíduos, o crescimento da população, o processo acelerado da urbanização e o desenvolvimento da indústria são fatores que destacam a importância da reciclagem como alternativa minimizadora ou solucionadora para problemas ambientais, econômicos e sociais.

A geração de grande quantidade de resíduos oriundos da atividade de construção civil, a deposição em locais inadequados e o impacto que estes causam ao meio ambiente, ainda sabendo-se que a construção civil pode absorver quase a totalidade destes resíduos, são justificativas para realização do presente estudo.

Nos últimos anos tem crescido, consideravelmente, o número de pesquisas para reaproveitar os resíduos. Diversas pesquisas comprovam a potencialidade dos resíduos da construção civil (entulho) como matéria-prima para produção de novos materiais de construção.

O diagnóstico da geração do resíduo da construção civil no município é fundamental quando pretende-se utilizar o resíduo da construção civil como substituição parcial ou total da matéria-prima na confecção de componentes para construção civil. Ressalta-se que para o reaproveitamento adequado existe necessidade de dispositivo para seleção, britagem e graduação do material.

No diagnóstico buscou-se caracterizar o resíduo da construção civil na cidade de Florianópolis, quantificando-o e qualificando-o, bem como identificar o número de depósitos destes resíduos, permitindo uma avaliação da problemática no município.

Avaliou-se também, o potencial do resíduo da construção civil elaborando-se procedimentos e técnicas de controle e dosagem para utilização deste material, em substituição à brita natural, na execução de novos concretos. O procedimento elaborado considerou as características de trabalhabilidade e forneceu curvas de dosagem para os concretos, relacionando-se importantes parâmetros, tais como a resistência à compressão, a relação água/cimento, os traços utilizados e o consumo de cimento.

O artigo apresenta a situação atual do gerenciamento e a geração do resíduo da construção civil no município de Florianópolis e a avaliação da possibilidade de utilização na confecção de novos concretos.

## 2 A SITUAÇÃO ATUAL DO SEU GERENCIAMENTO DO RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL E A GERAÇÃO NO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS

Em Florianópolis, a eliminação do resíduo da construção civil em áreas de preservação e/ou impróprias para disposição, de maneira indiscriminada e clandestina, provoca um problema ambiental que necessita de uma solução.

Os resíduos da construção civil no município são expressivos na quantidade gerada, não possuem gerenciamento adequado e o impacto causado ao meio ambiente é visível e prejudicial a qualidade de vida.

Identificou-se a existência de 94 pontos de deposição clandestinos no município, sendo 27 (vinte e sete) pontos com até 10 m<sup>3</sup> de resíduo da construção civil, 47 (quarenta e sete) pontos de 11 a 50 m<sup>3</sup>, 11 (onze) pontos de 51 a 100 m<sup>3</sup> e 9 (nove) pontos com mais de 100 m<sup>3</sup>. Os aterros licenciados são dois, um em Biguaçu, que recebe resíduos domésticos, hospitalares e inertes, e o outro localizado no bairro Saco Grande recebendo somente resíduos inertes. Foram identificados, ainda três lixões, o de Potecas e o de Forquilha, ambos no município de São José e o de Tapuia na Palhoça. Os aterros de Tapuia e Forquilha não são licenciados mesmo assim cobram das empresas para a deposição do resíduo da construção civil (XAVIER, 2001).

O município de Florianópolis tem uma geração de 795,18 ton./dia de resíduos da construção civil no que corresponde a per-capita de 2,39 kg/habxdia (XAVIER, 2001).

A caracterização qualitativa (composição e proporção) do resíduo da construção civil apresentou um potencial de reaproveitamento, em massa, de 37,27% de material cimentício; 15,08% de material cerâmico; 11,86% de argamassa + tijolo cerâmico; 31,56 % de material heterogêneo; 1,21% de madeira e 3,03% de outros materiais (mármore, telha de cimento amianto, ferro, vidro, plástico, entre outros). As condições do resíduo da construção civil gerado em Florianópolis permitem a obtenção de uma parcela 64,21 %, em massa, de material passível de Trituração e graduação para obtenção de brita, pedrisco, areia grossa e fina. O alcance destes agregados reciclados só poderá ser assegurado desde que sejam isentos de periculosidade (XAVIER, 2001).

A quantidade de resíduo gerada e o potencial de reaproveitamento mostra que a implantação de uma instalação de reciclagem para o município é viável quanto ao suprimento de material, sendo uma medida mitigadora para a problemática do gerenciamento do resíduo no município.

### **3 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADO GRAÚDO PARA A CONFECÇÃO DE NOVOS CONCRETOS**

#### **3.1 Objetivos**

O estudo da potencialidade tecnológica dos concretos confeccionados com agregados reciclados apresentado neste trabalho, tem como objetivo principal, caracterizar as propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com agregados graúdos reciclados secos e saturados e sua aplicação na dosagem destes concretos, além de apresentar uma breve comparação de custos. Os ensaios feitos nos concretos foram trabalhabilidade, consistência e consumo de cimento (concreto fresco) e resistência à compressão (concreto endurecido).

#### **3.2 Caracterização dos materiais**

O cimento empregado foi o Portland composto (CPIV-32). O agregado miúdo utilizado foi uma areia natural de origem quartzosa. O agregado reciclado utilizado era proveniente da britagem dos concretos fabricados em laboratório de acordo com as dosagens de concreteiras de Florianópolis. O material graúdo natural utilizado possuía o diâmetro máximo de 19,0mm. As características dos agregados, determinadas em conformidade com as Normas da ABNT, encontram-se apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características dos Agregados Graúdos Naturais e Reciclados

Características Físicas	Agregado Natural	Agregado Reciclado
Massa específica ( $\text{kg/dm}^3$ ) NBR-9776 e NBR-9937	2,63	2,31
Absorção (%) NBR-9937	Após 1 hora	-
	Após 24 horas	3,50
Dimensão máxima característica (mm) NBR-7217	19,0	19,0
Quantidade de Argamassa Aderida (%)	-	40,97
Abrasão Los Angeles NBR-6465/84	25,7	43,7

As características físicas e químicas apresentadas pelo entulho utilizado no estudo são consideradas boas, habilitando essa categoria de resíduo como apto para o uso em determinados tipos de concreto.

O potencial de absorção é um fator bastante significativo para a produção de um concreto utilizando esse material reciclado, pois indicará quanto será a demanda de água, alterando assim a relação água/cimento do concreto confeccionado. Nesse estudo foi visto que o valor final de absorção foi de aproximadamente 3,5%, valor considerado baixo em comparação a outros estudos (Figura 1).

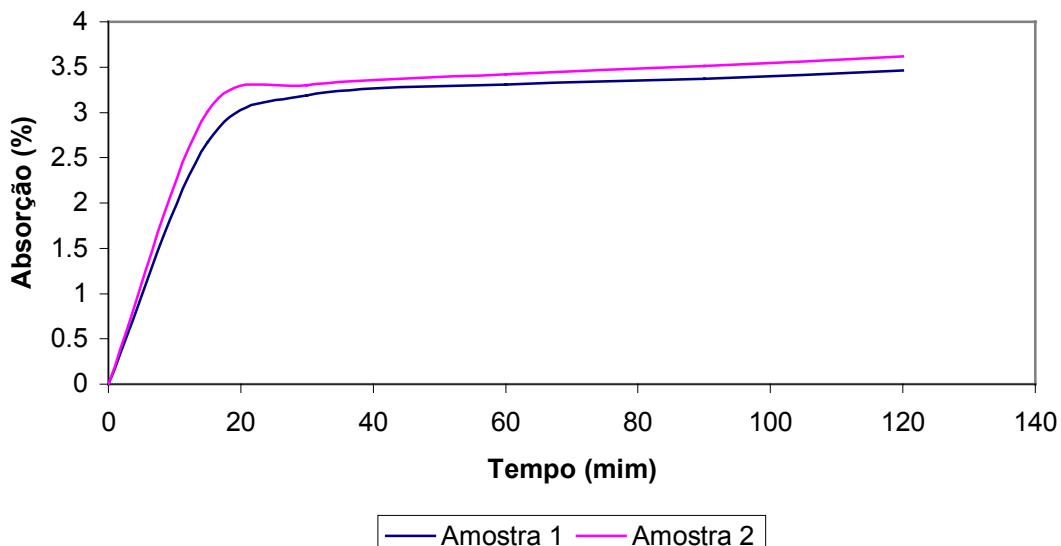


FIGURA 1: Absorção do Agregado Reciclado Sintético

### 3.3 Dosagem dos concretos

O método de dosagem utilizado foi denominado método do IPT adaptado, pois seguindo procedimento do método do IPT convencional, leva em consideração a densidade do agregado reciclado no cálculo dos traços de estudo.

Cabe destacar que o método baseia-se no ajuste de curvas de resistência e trabalhabilidade em função dos requisitos estruturais e de produção do concreto em canteiro.

TABELA 2: Traços utilizados para o teor ótimo de argamassa.

Teor de substituição (%)	$\alpha_i$ em massa (%)	$m = 3,5$	$m = 5,0$	$m = 6,5$
0	54	1:1,46:2,04	1:2,24:2,76	1:3,04:3,46
25	58	1:1,63:1,40:0,47	1:2,48:1,89:0,63	1:3,33:2,38:0,79
50	60	1:1,72:0,89:0,89	1:2,60:1,20:1,20	1:3,48:1,51:1,51
75	62	1:1,83:0,42:1,25	1:2,72:0,57:1,71	1:3,66:0,71:2,13
100	64	1:1,90:1,60	1:2,84:2,16	1:3,79:2,71

### 3.4 Verificação da perda de abatimento

A perda de abatimento pode ser definida como a perda de fluidez do concreto fresco com o passar do tempo. Ela ocorre quando a água livre de uma mistura é consumida pelas reações de hidratação, por adsorção na superfície dos produtos de hidratação e por evaporação (MEHTA e MONTEIRO, 1994). No caso de concretos com agregados reciclados, o principal fator de consumo da água livre pode ser atribuído à absorção por parte dos agregados.

Este ensaio foi realizado para os concretos de referência e para os concretos produzidos com agregados reciclados secos, para verificar a influência da absorção de água na perda da trabalhabilidade dos concretos com agregados secos, tendo em vista os valores de absorção mais altos desses agregados, na primeira hora após a mistura.

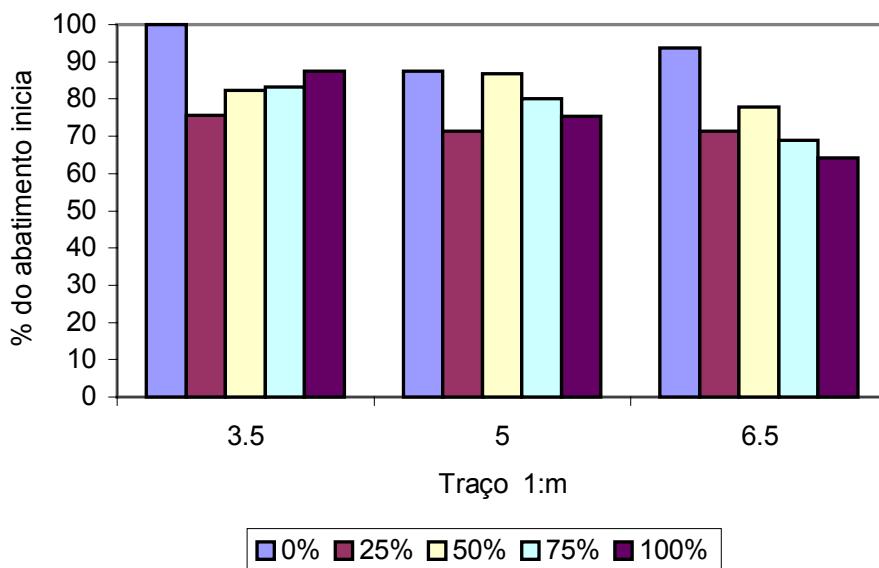


FIGURA 2: Perda de abatimento em relação ao abatimento inicial

Analisando a Figura 2 percebe-se que ocorreu uma perda de abatimento mais acentuada para os traços mais pobres, aqueles que incorporaram maior quantidade de agregados em termos relativos. Isto deve-se ao fato que, quanto maior a quantidade de agregados reciclados secos incorporados, mais água os mesmos devem extrair da mistura, fazendo com que haja uma perda mais acentuada de abatimento nos instantes iniciais. Ressalta-se que os agregados apresentaram absorção de água de 3,5% em relação à massa total de agregado reciclado.

### 3.5 Fator água/cimento

Um problema dos concretos produzidos com agregados reciclados é a determinação relação **água/cimento** efetiva, ou seja, aquela calculada a partir da quantidade de água que ocupa um espaço exterior às partículas de agregado quando o volume total do concreto se estabiliza. No caso dos agregados reciclados secos, a água correspondente à absorção efetiva foi descontada da água de hidratação, para efeito de cálculo, de suas relações água/cimento, simulando uma situação mais próxima da real, desta forma, com a parcela da água correspondente a absorção efetiva sendo absorvida pelos agregados reciclados.

TABELA 3: Relação a/c para os concretos de traço m=5,0

% Substituição	a/c Total AGR Secos	a/c Efetiva AGR Secos	a/c AGR Saturados
25%	0,61	0,63	0,58
50%	0,60	0,65	0,59
75%	0,56	0,62	0,59
100%	0,64	0,71	0,60

A análise da Tabela 3 confirma que, descontando-se a água de absorção efetiva nos cálculos das relações água/cimento dos concretos com agregados secos, as mesmas se tornam mais próximas dos valores obtidos para os concretos com agregados saturados, o que pode ser um indicativo de que estas relações onde se desconta a água de absorção efetiva realmente refletem o que ocorre no concreto, fornecendo uma estimativa confiável da quantidade da água de amassamento que é absorvida pelos agregados.

### 3.6 Resistência à compressão

As propriedades mecânicas dos concretos foram determinadas conforme a norma NBR 5739. Para cada traço estudado são apresentados os resultados das resistências médias alcançadas aos 3, 7, e 28 dias de idade, figuras 3, 4 e 5.

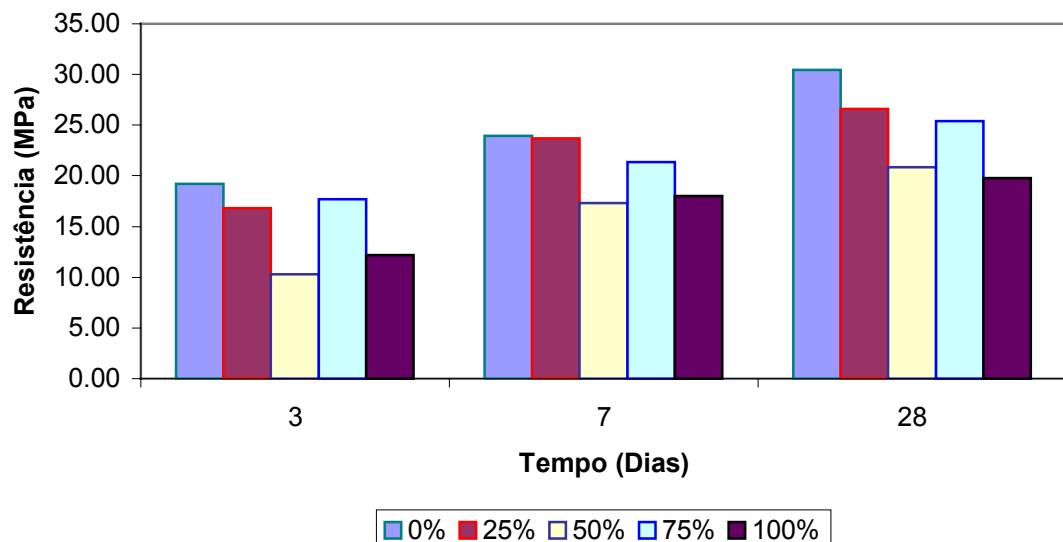


FIGURA 3: Resistência à compressão dos concretos com agregados reciclados secos, m=5,0.

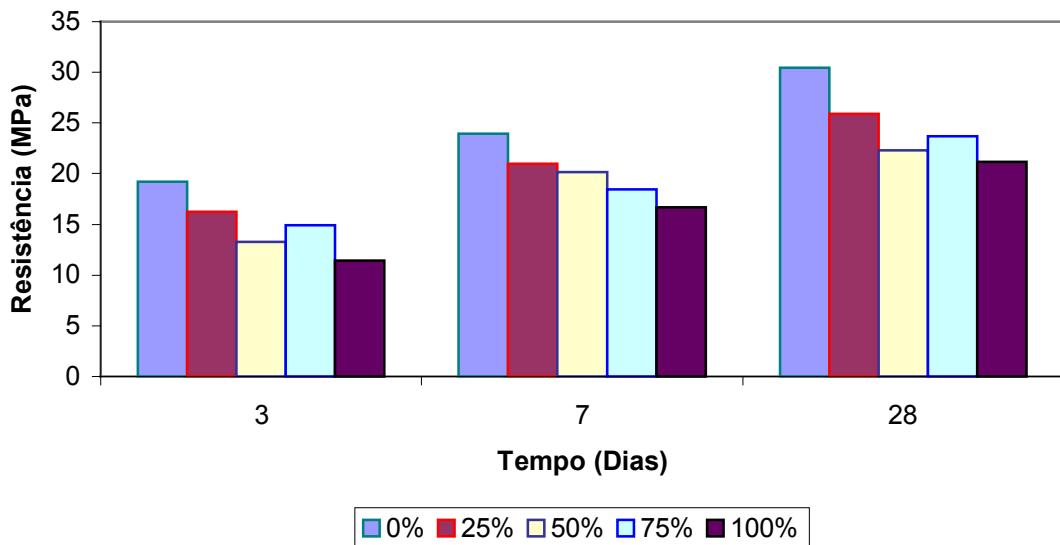


FIGURA 4: Resistência à compressão dos concretos com agregados reciclados saturados,  $m=5,0$ .

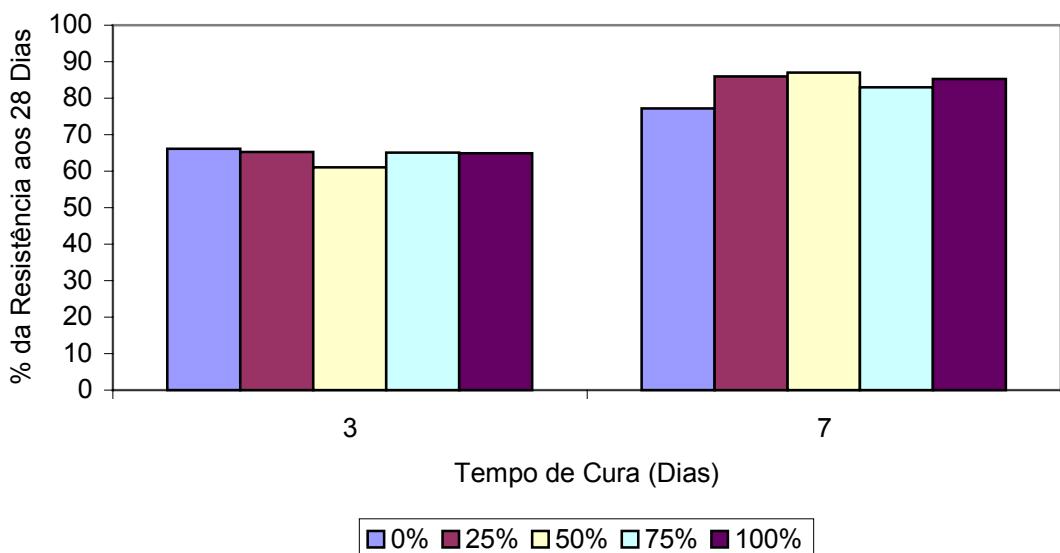


FIGURA 5: Porcentagem da resistência à compressão aos 3 e 7 dias, em relação aos 28 Dias

Pelas figuras 3, 4 e 5 percebe-se que os concretos contendo tanto agregados reciclados secos como saturados apresentaram resistências relativamente mais baixas até os 3 dias de idade. No período compreendido entre 3 e 7 dias os concretos com agregados reciclados apresentaram maior ganho de resistências, ultrapassando os valores dos concretos de referência. A partir daí, os concretos de referência voltam a ter um maior ganho percentual de resistência. Pode-se concluir então que os concretos com agregados reciclados apresentaram maior desenvolvimento de resistências no período compreendido entre 3 e 7 dias de idade, em relação aos concretos com agregados naturais.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O diagnóstico permitiu o conhecimento do quadro atual da situação dos resíduos da construção civil na cidade de Florianópolis, percebendo-se através desta pesquisa que existe um grande potencial de utilização para os resíduos da construção e viabilidade de uso, como agregado graúdo, na confecção de novos concretos.

Quanto ao potencial de uso tecnológico concluímos que o agregado reciclado quando usado saturado é um material praticamente igual ao agregado natural, isso quanto a trabalhabilidade, diferindo no estado em que ele é lançado na betoneira, ou seja, com a superfície mais ou menos seca, que resulta numa maior ou menor demanda de água para se atingir critérios de dosagem determinados.

Os resultados de resistência dos concretos fabricados com agregados reciclados, para o traço utilizado, forneceram valores mais baixos, da ordem de 20% a menos, quando comparados com os concretos de referência.

Quando procura-se produzir um concreto com resistências mais baixas, o uso do agregado reciclado pode se tornar muito viável quando se adota a técnica correta para sua utilização prática. Portanto, é necessário que seja feito o tratamento de saturação no agregado reciclado por ser o ponto chave para seu bom desempenho deste como agregado graúdo.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, R. C.; ROCHA, J. C.; PRUDÊNCIO JR, L. R.; CHERIAF, M. Aproveitamento do Entulho da Construção Civil como Agregado para Concreto. In: II SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 1998, Porto Alegre. II Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental. 1998. v.1. p.138-144.

BAZUCO, R. S., Utilização de Agregados Reciclados de Concreto para a Produção de Novos Concretos. Florianópolis, 1999. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Estado de Santa Catarina.

CARNEIRO, A. P.; CASSA, J. C.; QUADROS, B. E.; COSTA, D. B., SAMPAIO, T. S.; ALBERTE, E. P. V. Caracterização do entulho de Salvador visando a produção de agregado reciclado. In: ENTAC – Encontro Nacional da Tecnologia do Ambiente Construído. Salvador. Abril de 2000.

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J. M. Concreto - Estrutura, Propriedades e Materiais. Ed. PINI, 1a edição. São Paulo, 1994.

NEVILLE, A. M. Propriedades do Concreto. Ed. PINI, 2a edição. São Paulo, 1997.

PINTO, T de P. *Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Civil*, 1999. 209p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo.

SILVEIRA, G. T. R. Metodologia de caracterização dos resíduos sólidos, como uma base - para uma gestão ambiental. Estudo de caso: Entulhos da construção civil em Campinas - São Paulo. Campinas, 1993. 170 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil de Campinas - UNICAMP.

XAVIER, L. L. Diagnóstico do resíduo da construção civil na cidade de Florianópolis. Florianópolis, 2001. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.