

PRODUÇÃO DE CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND UTILIZANDO ENTULHO DE OBRA RECICLADO

**(1)MORALES, GILSON; (2)ANGULO, SÉRGIO CIRELLI; (3)CECILIANO,
ANTONIO CARLOS M.**

(1) Eng.Civil. Doutor em Eng. PCC-EPUSP.UE L. Campus
Universitário/CTU.Departamento de Construção Civil - CEP 86051-970 –
LONDRINA-PR. E-mail: gmorales@uel.br

(2) Mestrando em Engenharia Civil pela PCC-EPUSP
Rua João Miguel Jarra, 132/06 - CEP 05417-040 - SÃO PAULO
E-mail: sangulo@pcc.usp.br

(3) Engenheiro Civil da empresa Soares Engenharia S.A.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é o estudo da viabilidade técnica da utilização de entulho de obra na produção de agregados para produção em concretos. A primeira etapa constou da caracterização física dos agregados obtidos pela moagem, seguida do estudo da composição granulométrica. Foram definidos traços de concreto com diferentes porcentagens de material reciclado, sequência ideal de mistura e condições de trabalhabilidade, sendo avaliadas as propriedades do concreto no estado fresco. Finalmente, foram avaliadas as propriedades do concreto no estado endurecido. O teor de material pulverulento variou de 12% a 20%. Foram ensaiados traços unitários em massa 1:3; 1:4; 1:5 e 1:6. A resistência à compressão obtida foi da ordem de 8 a 28 MPa, com resultados bastante favoráveis ao se utilizar as frações mais finas do entulho moído.

ABSTRACT

This research study the technical viability by using refused material of building construction like aggregates for concrete. The first stage consisted of the physical characterization of the grinder aggregates, followed by a study of the granulometric composition. To proceed there were defined different rates of the recycled aggregate in the concrete composition, the sequence of the mixture and the workability, being appraised the properties of the concrete in the fresh state. Finally, there were appraised the properties of the concrete in the hardened state. The value of powdery material, passed in the sieve 0,075mm was of 12% to 23%. There were rehearsed the unitary mixes design initially in mass 1:3, 1:4; 1:5 and 1:6 with several compositions. There were obtained strength of axial compression by the order of 18 to 28 MPa at 28 days, with quite favorable results when using the thinnest fractions.

1 INTRODUÇÃO

Define-se concretos com agregados reciclados como concretos produzidos com agregados reciclados ou com a combinação de agregados reciclados com outros agregados. Esta terminologia é sugerida na norma japonesa preparada pela sociedade de Construtores Prediais do Japão B.C.S.J. [1977] .

Portanto, agregados reciclados são agregados gerados pelo processo de reciclagem do entulho de construção civil, seja ele produto de demolições de construções antigas ou rejeitos do processo construtivo de obras civis.

O entulho de construção civil é um tipo de resíduo sólido urbano dentre vários existentes, definido como rejeitos constituídos por todo material mineral proveniente do desperdício do processo construtivo num canteiro, ou de reforma ou de demolição.

Como definição, reciclagem é a reintrodução de resíduos ou rejeitos em um processo produtivo. É uma forma muito atrativa de gerenciamento de resíduos pois poupa espaço em aterros sanitários, reduz o consumo de energia e contribui para a economia dos recursos naturais.

A reciclagem do entulho de Construção Civil teve início a partir de 1946, no final da 2ª Guerra Mundial, sendo aplicada na reconstrução de diversas cidades européias que tiveram seus edifícios demolidos. Neste contexto, efetuava-se duas atividades conjuntas : a remoção de ruínas e a produção de materiais de construção.(LEVY,1997)

Este tipo de reciclagem continua até os dias atuais principalmente pela necessidade de preservar recursos minerais não renováveis, suprir demanda de agregados onde existem problemas com escassez de matéria-prima, alternativa de desenvolvimento para a indústria de equipamentos para a mineração e britagem, necessidade de preservação ecológica devido as grandes quantidades de entulho gerada, necessidade das empresas imporem com vantagem competitivas nas questões ambientais como vem preconizando a nova ISO série 14000 (Gerenciamento Ambiental).(LEVY,1997).

O presente estudo tem como objetivo verificar a viabilidade técnica da produção de concretos com agregados reciclados.

2 METODOLOGIA DA PESQUISA.

Inicialmente, foram selecionados 3 lotes de entulho : 1 misto (com restos de concreto, cacos de materiais cerâmicos e restos de alvenaria), 1 lote homogêneo de concreto e um lote homogêneo de alvenaria. Em seguida, foram processados em central de moagem, obtendo-se 4 frações granulométricas de cada lote.

A caracterização dos agregados foi baseada nas normas brasileiras. Foi realizado estudo de dosagem : utilizando método de dosagem IPT para os agregados de concreto e alvenaria. Para os agregados mistos, fez-se um estudo de composição granulométrica ideal. Os concretos produzidos foram avaliados nas idades de 3,7 e 28 dias na resistência à compressão e na tração por compressão diametral.

3 RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS.

As composições granulométricas analisadas foram de agregados reciclados mistos, que saíram em quatro frações das peneiras rotativas de uma central de moagem. Serão designadas como AM (Areia mista), B0M (Brita 0 mista), B1M (Brita 1 mista) e B3M (brita 3 mista). As tabelas demonstram as composições obtidas.

Após, foram processados lotes de entulho homogêneos de alvenaria e concreto,

obtendo-se 4 granulometrias diferentes de agregados. Serão designados como : AA(areia de alvenaria), AC (areia de concreto), ABA (areia brita de alvenaria), ABC (areia brita de concreto), B0A (brita 0 de alvenaria), B0C (brita 0 de concreto), B3A (brita 3 de alvenaria) e B2C (brita 2 de concreto). As figuras 1 e 2 mostram as granulometrias obtidas.

A figura 1 mostra as curvas granulométricas das areia estudadas, com os limites granulométricos inferiores e superiores propostos pela ASTM C33.

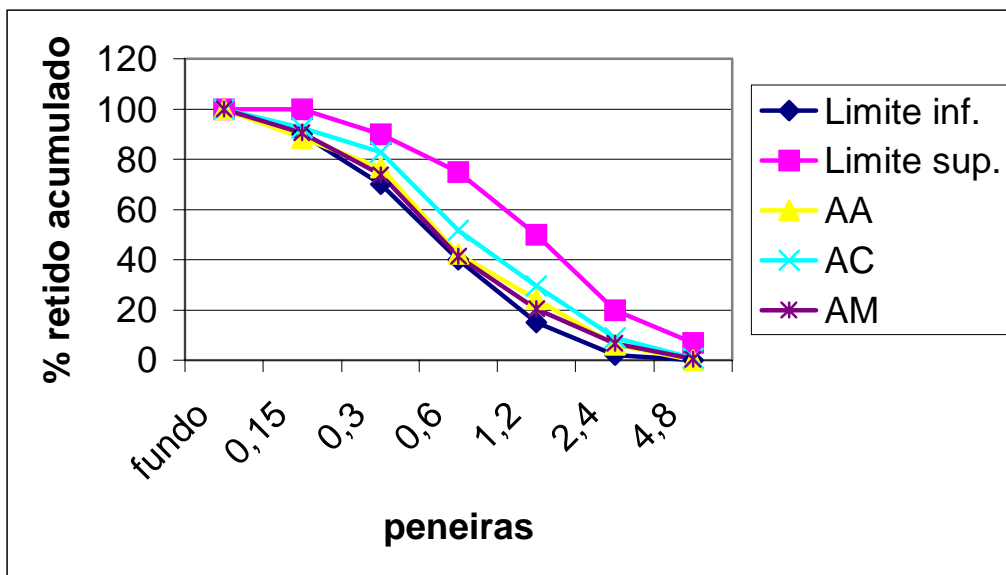


Figura 1 – Composições granulométricas das areias estudadas.

A figura 2 mostra as cruvas granulométricas das britas de alvenaria e concreto do estudo. A figura 3 mostra as demais curvas granulométricas das britas mistas.

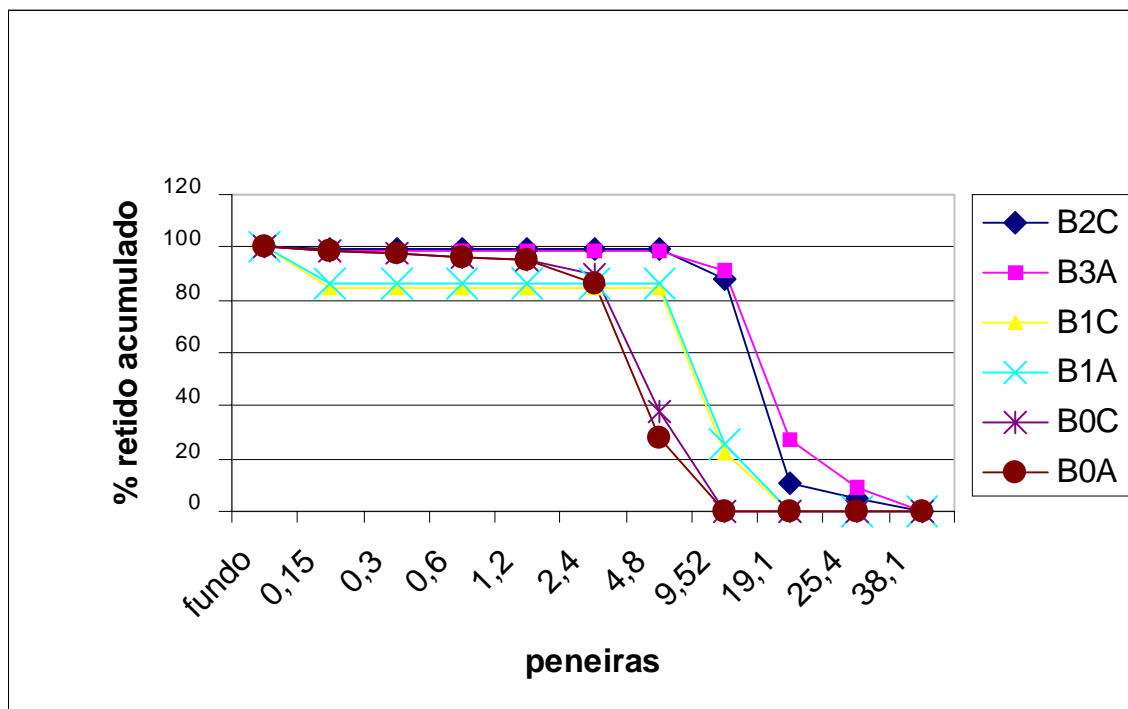


Figura 2 - Composições granulométricas das britas de concreto e alvenaria.

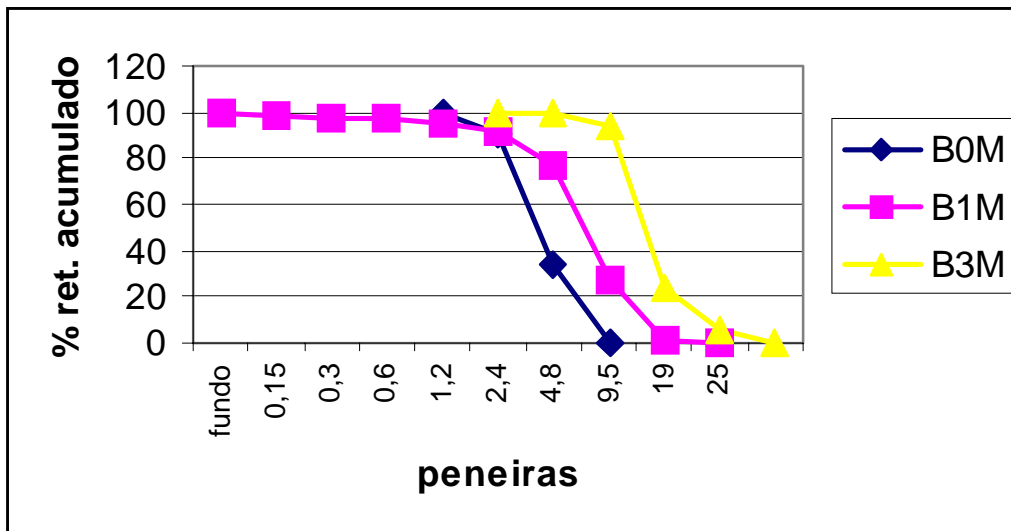


Figura 3 – Curvas granulométricas das britas mistas.

A seguir, a tabela 1 resume as outras caracterizações dos agregados.

Tabela 1- Demais caracterizações dos agregados reciclados.

Material	AM	AA	AC	B0M	ABA	ABC	B1M	B0A	B0C	B2C	B3A	B3M
Massa Unitária (g/cm3)	1.31	1,26	1,36	1.15	0,95	1,25	1.32	0,93	1,23	1,24	0,92	1.30
Massa Específica (g/cm3)	2.48	2,21	2,43	2.46	2,42	2,60	2.44	2,05	2,55	2,47	2,10	2.36
Material Pulverulento (%)	23	15	13	-			-			2,4	0,8	-
Desgaste por Abrasão (%)	-			-			31,5					35,5
Matéria Orgânica (ppm)	<300 ppm	<300 ppm	<300 ppm	-	<300 ppm	<300 ppm	-					-
Massa unitária Compactada								1,21	1,41	1,46	1,07	
Absorção – 24 horas(%)		12,5 3	10,0 0		20	15		10	10	10	15	

Durante esta etapa, observou-se que a absorção do agregado variava em função do tempo, principalmente para os agregados miúdos. A figura 4 mostra esses valores obtidos.

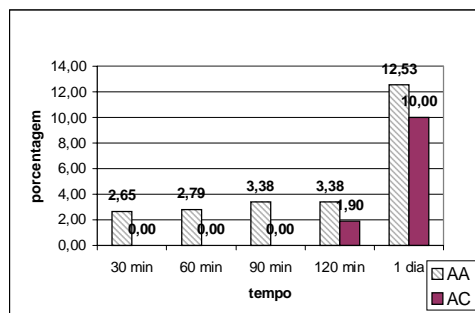


Figura 4 – Absorção dos agregados miúdos em função do tempo.

4 RESULTADOS DA DOSAGEM DOS CONCRETOS.

Para a produção de concretos com agregados reciclados utilizaram as britas de concreto B2C e B1C, com areias de concreto e areias de alvenaria. Para a mistura de agregados graúdos foi utilizado o ensaio de massa unitária compactada, variando a porcentagem dos agregados, até encontrar um valor máximo de massa unitária compactada. A relação de maior compacidade entre as britas B2C e B1C pode ser obtido pela tabela 2.

Tabela 2 – Proporção ideal entre B2C e B1C.

Agregados B2C/B1C	
Proporção	Massas Unitárias
100/0	1,459
90/10	1,482
80/20	1,505
70/30	1,505
60/40	1,509
50/50	1,509

Em seguida para a dosagem, foram definidas as porcentagens de argamassa ideal para os dois tipos de areias e para as britas B2C, B1C de concreto. As tabelas 3 e 4 expõem os resultados.

Tabela 3 - % argamassa idela para areia de concreto.

% argamassa ideal – Slump 80mm areia concreto Tabela (3)	
% argamassa	H (%)
0,45	9,16
0,5	8,59
0,55	9,01
% argamassa ideal - 0,53 – H=8,53%	

Tabela 4 - % argamassa ideal para areia de alvenaria.

% argamassa ideal – slump 80mm areia de alvenaria Tabela (4)	
% argamassa	H (%)
0,4	7,22
0,45	7,4
0,5	10,18
% argamassa ideal - 0,44 - H=6,7%	

O problema da produção surge quando se determina uma relação água/cimento e necessita-se colocar a água de absorção corrigida para 24 horas . Como se trata de grande quantidade de água, a consistência fica altamente prejudicada porque

a absorção dos agregados variam em função do tempo, tendo sérios problemas de segregação e slump sem marcação nas primeiras 2 horas da produção.

O Método de dosagem IPT é válido para concretos com agregados reciclados, porém é muito difícil determinar consistências padrões, pois as absorções são em função do tempo que por sua vez depende do agregado utilizado. Neste caso, a consistência se torna um parâmetro muito instável.

5 RESULTADOS DO ESTUDO DAS COMPOSIÇÕES GRANULOMÉTRICAS IDEAIS.

Esse estudo foi dirigido para os agregados reciclados mistos, provenientes do lote de entulho com restos de concreto, cacos de materiais cerâmicos e restos de alvenaria. As combinações entre diferentes frações de entulho moído, como também as combinações deste com areia média convencional foram realizadas. Com base no melhor resultado de resistência à compressão, selecionou-se a relação com traço unitário em massa 1: 1,48: 2,1 e com consumo de cimento igual a 300 kg/m³. Esta relação entre os agregados e aglomerante apresentou resultados satisfatórios de resistência mecânica.

Fixando-se a relação água cimento dos concretos, as melhores trabalhabilidades foram para os concretos com presença de B1M e B3M. Com areia lavada de rio obteve-se melhor resultado quando comparado com a AM.

6 RESULTADOS DO CONCRETO ENDURECIDO.

Para os agregados de concreto e alvenaria, os resultados de resistência à compressão e tração por compressão diametral podem ser obtidos pelas tabelas 5, 6 e 7.

Tabela 5 – Resistências à compressão e tração de concretos com areia de concreto.

Concretos com areia de concreto					
Tabela (5)					
T. G.	x	slump	abs. britas	abs. areia	Massa Esp. Concreto fresco
1:4	0,32	excessiv. Fluido	10%	10%	2,18 Kg/dm ³
1:5	0,37	excessiv. Fluido	10%	10%	2,15 Kg/dm ³
1:6	0,43	excessiv. Fluido	10%	10%	2,12 Kg/dm ³
TG	fc3(MPa)	fc7 (MPa)	fc28 (MPa)	ft28(MPa)	média
1:4					fc 3 - 10,01
	9,84	12,00	20,37	1,70	fc7 - 11,09
	10,18	10,18	11,31	1,98	fc28 - 20,37
					ft28 - 1,84
1:5					fc 3 - 6,79
	6,79	10,07	12,79	1,41	fc7 - 10,12
	6,79	10,18	14,26	1,41	fc28 - 13,52
					ft28 - 1,41
1:6					fc 3 - 3,39
	3,39	6,56	6,79	1,13	fc7 - 6,39
	3,39	6,22	8,03	1,13	fc28 - 7,41
					ft28 - 1,13

Tabela 6 - Resistências à compressão e tração de concretos com areia de alvenaria.

Concretos com areia de alvenaria					
Tabela (6)					
T. G.	x	slump	abs. britas	abs. areia	Massa Esp. Concreto fresco
1:4	0,32	excessiv. Fluido	10%	12,53%	2,40 Kg/dm ³
1:5	0,37	excessiv. Fluido	10%	12,53%	2,22 Kg/dm ³
TG	fc3(MPa)	fc7 (MPa)	fc28 (MPa)	ft28(MPa)	média
1:4					fc 3 - 6,67
	6,56	9,62	13,24	1,70	fc7 - 9,90
	6,79	10,18	13,58	1,84	fc28 - 13,41
					ft28 - 1,77
1:5					fc 3 - 4,80
	5,65	8,03	11,31	0,85	fc7 - 8,20
	3,96	8,37	10,18	1,27	fc28 - 10,74
					ft28 - 1,06

Tabela 7 - Resistências à compressão e tração de concretos com areias de alvenaria e concreto para traços genéricos 1:3.

Concretos com m=3					
T. G.	x	slump	abs. britas	abs. areia	Massa Esp. Concreto fresco
1:3 (concreto)	0,2	80	10%	10,00%	2,28 Kg/dm ³
1:3 (alvenaria)	0,2	100	10%	12,53%	2,34 Kg/dm ³
TG	fc3(MPa)	fc7 (MPa)	fc28 (MPa)	ft28(MPa)	média
1:3 Concreto					fc 3 - 14,54
	14,71	18,56	24,33	1,56	fc7 - 19,01
	14,37	19,47	25,46	1,98	fc28 - 24,89
					ft28 - 1,77
1:3 Alvenaria					fc 3 - 14,65
	14,59	21,50	28,52	2,55	fc7 - 19,80
	14,71	18,1	27,27	1,62	fc28 - 27,89
					ft28 - 2,08

CONCLUSÕES

A seleção do entulho para a produção de agregados reciclados é interessante sob diversos pontos, tais como:

- 1) Permite a possibilidade de se trabalhar com granulometrias diferenciadas, ao invés de se ter granulometrias limitadas, quando o agregado reciclado é misto, permitindo uma melhor adequação da composição granulométrica dos agregados; inclusive, minimizando problemas como o excesso de material pulverulento.
- 2) Os agregados provenientes da alvenaria britada são classificados como leves, existindo a possibilidade de se produzir outros tipos de concreto.
- 3) Pode haver certa reatividade pozolânica em agregados compostos basicamente por materiais cerâmicos, que melhorariam certas propriedades do concreto.
- 4) Os agregados graúdos obtidos a partir de entulho composto por concreto, permitem um melhor desempenho do ponto de vista da resistência à compressão, se comparados aos agregados reciclados mistos.

Devido à porosidade presente nos agregados graúdos de concreto reciclado, a absorção de água deve ser considerada na produção do concreto, uma vez que irá interferir diretamente na água de amassamento da mistura.

A consistência, neste caso, passa a ser um fator relativo da absorção. É prudente se desenvolver mecanismos complementares ou até mesmo diferentes para analisar o seu comportamento global.

Do ponto de vista da resistência à compressão, parece ser viável a produção de concretos estruturais com agregados reciclados, porém deve-se conhecer características como desvio padrão, sendo que a questão da durabilidade deve ser cuidadosamente analisada. O módulo de elasticidade e a fluência são propriedades que também devem ser conhecidas, para uma possível especificação de utilização em obras.

BIBLIOGRAFIA UTILIZADA.

- BARRA, Marilda. Dosagem de concretos com agregados reciclados : Aspectos Particulares. Anais : Reciclagem na construção civil, alternativa econômica para proteção ambiental. PCC/USP.São Paulo : 1997.
- CAMARGO, Antonio. Minas de entulho. **Téchne**. São Paulo, n.15, mar/abril. 1995.
- CECILIANO, Antonio Carlos Manzano. **Viabilização da utilização do entulho de obra reciclado como agregado para a produção de concreto**. Londrina, 1997. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil – Centro de Tecnologia e Urbanismo, Universidade Estadual de Londrina.
- EICHSCHEIN, E.;SIEBEL,E. Reconstruction of concrete roads using recycled sand as aggregate. 8th Symposium on Concrete Roads. Lisboa : 1998.
- HANSEN, T. C. Recycling of demolished Concrete and Masonry. London : E & FN SPON. Rilem report 6.1992.
- HELENE, Paulo; TERZIAN;Paulo. Manual de Dosagem e Controle do Concreto. São Paulo : PINI, 1992.
- LEVY, Salomon Mony ; HELENE, Paulo R.L. . **Reciclagem do entulho da Construção Civil, para utilização como agregados para argamassas e concretos**. São Paulo, 1997. Tese (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- MEHTA; Kumar; MONTEIRO, Paulo J.M. Concreto : estrutura, propriedades e materiais. São Paulo : PINI, 1994.
- PINTO, Tarcísio de Paula. Resultados da Gestão Diferenciada. **Téchne**. São Paulo, n.31, nov/dez. 1997.