

## **BLOCOS DE CONCRETO PRODUZIDOS COM AGREGADOS PROVENIENTES DA RECICLAGEM DE RESÍDUOS GERADOS PELA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**SOUSA, J.G.G. (1); BAUER, E. (2); SPOSTO, R.M. (3)**

**(1)** Eng. Civil. Doutorando do PECC da Universidade de Brasília-UnB.  
CNB 13 - Lote 02 - Bloco A - Apto.: 305, Taguatinga Norte-DF, CEP.: 72115-135,  
getulio@unb.br

**(2)** Eng. Civil Professor Doutor do PECC da Universidade de Brasília-UnB,  
elbauer@zaz.com.br

**(3)** Eng<sup>a</sup>. Civil Professora Doutora do PECC da Universidade de Brasília-UnB,  
rmsposto@unb.br

**Palavras-chave:** Reciclagem de entulho, concreto com agregados reciclados, Blocos de concreto, Blocos de concreto com entulho reciclado

**Key-Words:** Dump recycling, concrete with recycled aggregates, concrete Blocks, concrete Blocks with recycled dump

### **RESUMO**

O estudo apresentado neste artigo, tem como objetivo investigar como os agregados provenientes da reciclagem de entulho de construção civil podem ser utilizados na produção de blocos de concreto. Preliminarmente, os estudos tiveram início com a definição dos parâmetros de mistura para materiais convencionais (tradicionalmente utilizados na produção de blocos de concreto), onde se utilizou corpos-de-prova cilíndricos (10x20) cm, moldados com o auxílio de uma mesa vibratória. Após estas definições, a partir das composições de melhores resultados, estabeleceu-se faixas granulométricas, onde procurou-se ajustar a granulometria dos agregados reciclados dentro de certos intervalos. Concluídos os estudos preliminares, moldaram-se blocos de concreto (9x19x39) cm para materiais convencionais (Referência) e para as composições com entulho reciclado. Os estudos apresentam como resultado o comportamento relativo à umidade de moldagem, massa específica, absorção de água e resistência à compressão, frente às variações no percentual de entulho reciclado na composição do agregado total. No geral os resultados apontam para as potencialidades de utilização do entulho na produção de blocos de concreto ou qualquer elemento pré-moldado com processo de produção semelhante.

### **ABSTRACT**

The study presented in this article has as objective investigates as the coming attachés of the recycling of building site dump they can be used in the production of concrete blocks. The studies had beginning with the definition of the mixture parameters for conventional materials (traditionally used in the production of concrete blocks), where cylindrical body-of-proof was used (10x20) cm, moulded with the aid of a vibratory table. After these definitions, starting from the compositions of better results settled down strips of the aggregates, where it tried to adjust of the aggregates recycled inside of certain intervals. Concluded the preliminary studies, concrete blocks were molded (9x19x39) cm for conventional materials (Reference) and for the compositions with recycled dump. The studies present as result the relative behavior to the molding humidity, specific mass, absorption of water and resistance to the compression, front to the variations in the percentile of dump recycled in the total aggregates's composition. In the general the results appear for the potentialities of use of the dump in the production of concrete blocks or any premolded element with process of similar production.

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de componentes pré-moldados de concreto, a partir da utilização de agregados reciclados de entulho de construção, vem se mostrando como uma proposta potencial de destino racional desse tipo de resíduo. Tal fato é impulsionado ainda por diversos projetos de usinas de reciclagem de entulho implantados nas grandes cidades brasileiras, principalmente aquelas que sofrem com os problemas da geração do entulho (PINTO, 1997). Entretanto, é notório que, na maioria das vezes, o processo de utilização dos resíduos não são acompanhados de estudos científico-tecnológicos que apontem para suas reais potencialidades de utilização, contribuindo para a inviabilização do processo de reciclagem e possíveis aplicações (John, 2000).

Atualmente, são poucos os estudos que abordam a produção de blocos de concreto com entulho reciclado. Além das aplicações empíricas desenvolvidas por algumas prefeituras de cidades brasileiras, destacando-se os estudos desenvolvidos por DE PAUW (1982) e POLLET (1997), com uma avaliação simples de algumas propriedades exigidas para os blocos de concreto. Neste sentido este trabalho faz parte de uma Dissertação de Mestrado desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília (PECC), surge com o objetivo de contribuir com as pesquisas sobre a reciclagem de entulho avaliando, dentre outras coisas, como o entulho reciclado pode influenciar no processo de produção de elementos pré-moldados, em particular os blocos de concreto.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

A Tabela 1 apresenta uma síntese dos materiais utilizados durante a pesquisa. O cimento e os agregados das séries de referência (Agregados A e B) foram definidos em função dos materiais tradicionalmente utilizados na produção de blocos de concreto, na região do Distrito Federal. As amostras de entulho reciclado foram colhidas em um canteiro de obras de um edifício multipavimentos localizado em Brasília. Após a coleta o entulho reciclado passou por um processo de britagem e peneiramento até obtenção de agregados com dimensão máxima característica equivalente ao agregado B.

Tabela 1 – Ensaio de caracterização do agregado A

Materiais	Característica	Resultados	Método de ensaio
Agregado A	Módulo de finura	1,64	NBR 7217 (1987)
	Dimensão máxima característica	2,4 mm	NBR 7217 (1987)
	Teor de materiais pulverulentos	2,40 %	NBR 7219 (1987)
	Absorção de água	5,9 %	NBR 9777 (1987)
	Massa específica unitária	1108 g/dm <sup>3</sup>	NBR 7810 (1983)
	Massa específica real	2614 g/dm <sup>3</sup>	NBR 9776 (1987)
Agregado B	Módulo de finura	4,25	NBR 7217 (1987)
	Dimensão máxima característica	9,5 mm	NBR 7217 (1987)
	Teor de materiais pulverulentos	6,72 %	NBR 7219 (1987)
	Absorção de água – granulometria < 2,4 mm	1,3 %	NBR 9777 (1987)
	Absorção de água – granulometria > 2,4 e < 9,6 mm	2,5 %	NBR 9937 (1987)
	Massa específica unitária	1614 g/dm <sup>3</sup>	NBR 7810 (1983)
	Massa específica real	2770 g/dm <sup>3</sup>	NBR 9776 (1987)
Entulho reciclado	Módulo de finura	3,47	NBR 7217 (1987)
	Dimensão máxima característica	9,5 mm	NBR 7217 (1987)
	Teor de materiais pulverulentos	14,23 %	NBR 7219 (1987)
	Absorção de água – granulometria < 2,4 mm	9,9 %	NBR 9777 (1987)
	Absorção de água – granulometria > 2,4 e < 9,6 mm	16,5 %	NBR 9937 (1987)
	Massa específica unitária	1272 g/dm <sup>3</sup>	NBR 7810 (1983)
	Massa específica real	2481 g/dm <sup>3</sup>	NBR 9776 (1987)

## 3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

O programa experimental fundamentou-se na necessidade de investigar quais parâmetros de mistura dos blocos de concreto e quais composições entre agregados reciclados e convencionais a serem avaliadas. Dentre os diversos parâmetros que interferem no processo, procurou-se dar ênfase àqueles

preconizados pela literatura sobre produção de blocos de concreto, destacando-se (MEDEIROS, 1993 e TANGO, 1984):

- a consistência de moldagem dos blocos, onde procurou-se avaliar qual o teor de umidade (umidade de moldagem) que a vibro-prensa oferecia condições de moldagem dos blocos,
- a energia de adensamento, definida a partir do tempo necessário de funcionamento da vibro-prensa, para critérios relativos a produção e as propriedades dos blocos após a desmoldagem;
- a composição granulométrica dos agregados que indique uma melhor acomodação entre as partículas.

As composições com entulho reciclado foram definidas em função da curva granulométrica com melhores desempenhos (para as propriedades avaliadas), obtidas em estudos desenvolvidos com os materiais convencionais (agregado *A* e agregado *B*).

As composições definidas foram avaliadas segundo as propriedades indicadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Propriedades avaliadas no estudo

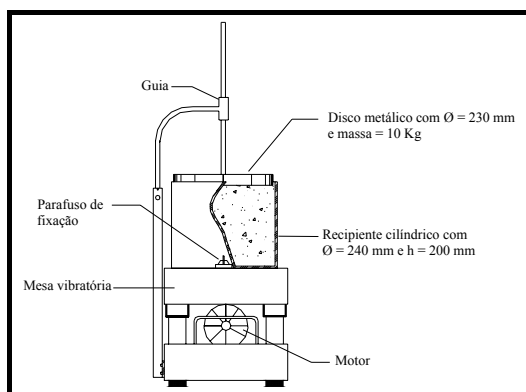
Propriedades	Procedimentos
Umidade moldagem	A umidade de moldagem foi definida a partir de estudos preliminares de avaliação da consistência que possibilitassem condições de moldagem dos blocos na vibro-prensa utilizada no estudo. Para todas as composições, tanto as de referência como as com entulho reciclado, foram avaliadas para os mesmos critérios de consistência
Massa específica no estado endurecido	24 horas após a moldagem, determinava-se a massa específica a partir da simples divisão entre a massa dos elementos e respectivos volumes
Absorção por imersão de água	- corpos-de-prova segundo a NBR 9778 (1987) – Argamassa e concreto endurecidos determinação da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica. - Blocos de concreto segundo NBR 13118 (1991) – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Determinação da absorção de água, do teor de umidade e da área líquida.
Resistência à compressão	- corpos-de-prova segundo NBR 5739 (1994) – Ensaio à compressão de corpos-de-prova cilíndricos de concreto; - Blocos de concreto segundo NBR 7184 (1991) – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Determinação da resistência a compressão

Na definição da consistência de moldagem foi utilizado como referência o ensaio definido pela norma ASTM C1170 (1991) – Standard Test Methods for Determining Consistency and Density of Roller-Compacted Concrete Using a Vibrating Table. Esta norma foi utilizada em função do concreto utilizado na produção dos blocos apresentar características de consistência semelhantes às preconizadas pelo documento. Segundo o ensaio, a consistência é estabelecida em função do tempo que uma determinada amostra de concreto leva para adensar sob determinada energia, em mesa uma vibratória (Figura 1-(a)). O tempo medido, expresso em segundos, é definido como tempo Vebe. Este tempo foi avaliado em 10 s (de acordo com as configurações da mesa vibratória apresentada na Figura 1-(a)), para todas as composições estudadas.

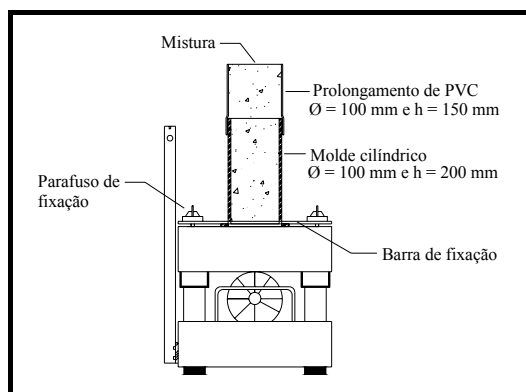
Grande parte dos estudos de definição dos parâmetros de mistura e avaliação das propriedades, foi realizada em corpos-de-prova cilíndricos (10x20) cm, moldado em uma mesa vibratória (Figura-(b)), em condições de adensamento similares a da vibro-prensa utilizada na moldagem dos blocos de concreto (Figura-(c)). O tempo de adensamento, na mesa vibratória, utilizado com parâmetro durante a moldagem dos corpos-de-prova foi de 25 s, este tempo fornece uma energia de adensamento, equivalente a desenvolvida na vibro-prensa durante a moldagem dos blocos. O tempo de moldagem dos blocos de concreto na vibro-prensa variou entre 10 e 15 s.

Concluídos os estudos em corpos de prova, com as séries com melhores resultados, moldaram-se os blocos de concreto, sendo estes avaliados quanto à massa específica, absorção de água por imersão e resistência à compressão.

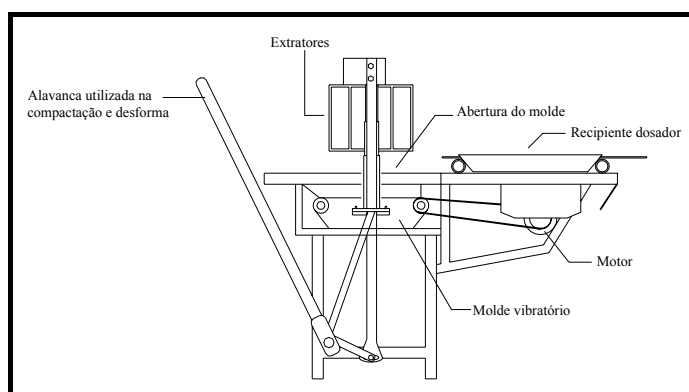
Deve-se destacar ainda, que nesse estudo, optou-se por um processo de cura em câmara úmida (por ser um procedimento corriqueiro na avaliação experimental dos concretos). Para todos os corpos-de-prova cilíndricos e blocos de concreto produzidos ao longo da pesquisa, adotou-se o mesmo procedimento de cura, ou seja, 24 horas após a moldagem estes foram armazenados em câmara úmida por um período de 7 dias. Ao término deste período, foram ensaiados à compressão e à absorção por imersão.



(a) Mesa vibratória utilizada no ensaio consistência (frequência: 57,5 Hz e amplitude 1,5 mm)



(b) Moldagem dos corpos-de-prova cilíndricos na mesa vibratória (tempo de adensamento na moldagem igual a 25 s)



(c) Vibro-prensa utilizada na moldagem dos blocos de concreto

Figura 1 – Equipamentos utilizados durante o estudo

### 3.1 Definição das séries de estudos

Os estudos de definição da composição de referência foram desenvolvidos com o traço 1:10 (cimento:agregado), para composições com 0, 10, 20, 30, 40 e 50 % de agregado *A*, na composição do agregado total. No geral, a composição com melhores resultados foi a composição com 20 % de agregado *A*, sendo esta definida como referência para os estudos com o entulho reciclado

Para o entulho reciclado foram previstas variações na curva granulométrica, a partir da composição de referência. Estas composições estão indicadas na Tabela 3.

As séries em blocos de concreto, avaliadas durante a pesquisa, estão apresentadas na Tabela 6. Foram moldados blocos de concreto para 2 composições com melhores resultados, obtidos no estudo em corpos-de-prova. O estudo contemplou ainda uma análise da influência das partículas inferiores a 2,4 mm, onde procurou-se avaliar a influência dos finos, oriundos da reciclagem do entulho nas propriedades dos blocos.

Tabela 3 – Séries de ensaios em corpos-de-prova cilíndricos (10x20)

Materiais	Séries	% Agregados			Quantidade por ensaio		
		% A	% E	% B	Massa esp.	Resistência	Absorção
Traço: (Referências)	CAP10-20	20	0	80	6	4	2
Traço: Entulho e Agregado <i>B</i>	CEP10-70	0	70	30	8	5	3
	CEP10-60	0	60	40	8	5	3
	CEP10-50	0	50	50	8	5	3
	CEP10-40	0	40	60	8	5	3
	CEP10-30	0	30	70	8	5	3
Total de corpos-de-prova analisados					46	29	17

#### Legenda:

CAP20-80 – Corpos-de-prova cilíndricos com Agregados convencionais, traço 1:10, com 20% de agregado *A*

CEP10-70 – Corpos-de-prova cilíndricos com Entulho reciclado, traço 1:10, com 10% de agregado *A*

% A - % de agregado *A*, % B - % de agregado *B*, % E - % de entulho reciclado

Tabela 4 – Série de ensaios em blocos de concreto (10x19x39) cm

Materiais	Séries	% Agregados			Quantidade por ensaio		
		% A	% E	% B	Massa esp.	Resistência	Absorção
Traço: Agregados A e B (Referência)	BAP10-20	20	0	80	12	8	4
Traço: Entulho e Agregado B	BEP10-30	0	30	70	12	8	4
	BEP10-50	0	50	50	12	8	4
	BAEP10-20	20	40	40	12	8	4
Total de blocos analisados					48	32	16

**Legenda:**

BAP10-20 – Blocos de concreto com Agregados convencionais, traço 1:10, com 20% de agregado A

BEP10-70 – Blocos de concreto com Entulho reciclado, traço 1:10, com 30% de agregado A

% A - % de agregado A, % B - % de agregado B, % E - % de entulho reciclado

#### 4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o processo de moldagem dos corpos-de-prova identificou-se visualmente que a mistura no estado fresco apresentava comportamentos diferentes do observado com materiais convencionais. Basicamente, as alterações se resumem em um grau de coesão entre as partículas, maior do que o observado nos materiais convencionais, e uma certa dificuldade de adensamento da mistura durante a moldagem dos corpos-de-prova. Estes comportamentos podem ser justificados através de considerações relativas a natureza da composição do entulho, onde se destacam:

- a presença de considerável parcela de materiais argilosos como solos, identificados visualmente;
- o alto índice de materiais pulverulentos que foram comprovados através de ensaio (Tabela 3);
- a estrutura de grande parte dos agregados, extremamente porosa, composta por argamassas endurecidas e cacos cerâmicos, com influência direta no valor de absorção de água dos agregados (Tabela 3).

#### 4.1 Resultados das séries em corpos-de-prova cilíndricos

##### 4.1.1 - Umidade da mistura durante a moldagem

A Figura 2 apresenta os resultados de umidade de moldagem, obtidos em função da percentagem de entulho na composição. Os resultados indicam que a umidade necessária para obter uma dada consistência aumenta consideravelmente, à medida que a percentagem desse material também aumenta. Este comportamento é evidenciado nas composições com 70% de entulho (CEP10-70), onde o teor de umidade é próximo do dobro para a composição de referência (materiais convencionais). Esta diferença tende a diminuir, à medida que a percentagem de entulho reciclado é reduzida na composição. Este comportamento pode ser influenciado diretamente pela natureza das partículas constituintes.

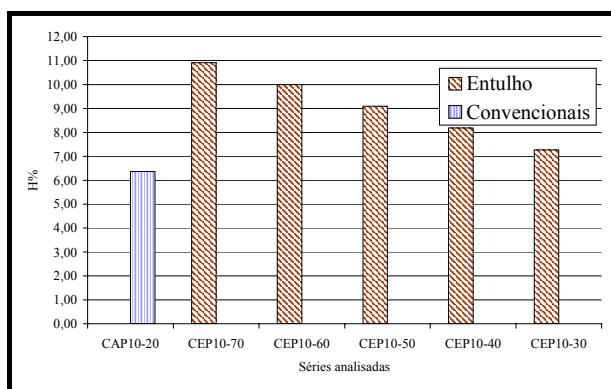


Figura 2 – Umidade da mistura durante a moldagem dos corpos-de-prova em função da % de entulho

#### 4.1.2 - Massa específica no estado endurecido

A partir da Figura 3, observa-se que a massa específica, para 70% de entulho na composição (CEP10-70), é extremamente baixa se comparada ao resultado de referência. Quando a percentagem é em torno de 50% a 30% (CEP10-50 e CEP10-30), a massa específica tende a aproximar dos valores obtidos com materiais convencionais. Este comportamento pode ser justificado pelos seguintes fatores:

- a massa específica do entulho é relativamente menor que a do agregado *B*, sendo assim, ao substituir o agregado *B* por entulho, a massa específica tende a diminuir;
- as dificuldades de adensamento da mistura observadas durante a moldagem, influenciadas pelas maiores percentagens desse material na composição, tem como resultado direto o aumento no volume de vazios e, conseqüentemente, redução na massa específica.

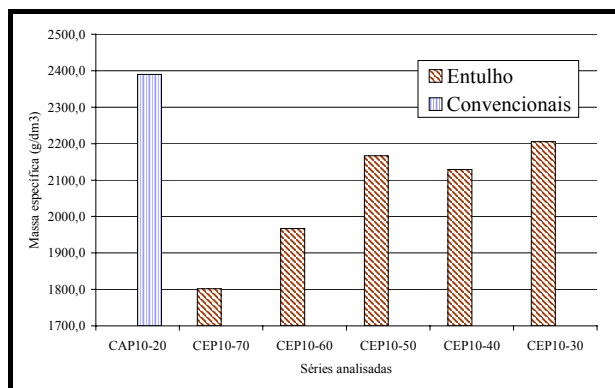


Figura 3 – Massa específica dos corpos-de-prova em função da % de entulho

#### 4.1.3 - Absorção por imersão

Os resultados de absorção indicam um comportamento já esperado para as composições com maior percentagem de entulho, ou seja, um alto índice de absorção. Na Figura 4, os valores para as composições com 70% e 60% (CEP10-70 e CEP10-60), são maiores que o dobro do valor de referência. Esta influência é diminuída à medida que se reduz a percentagem desse material na composição. Para este caso, a absorção por imersão se aproxima de valores próximos dos obtidos com materiais convencionais. Acredita-se que os fatores contribuintes para este comportamento são idênticos aos descritos para os resultados de massa específica, sendo agravados mais ainda pela natureza das partículas constituintes do entulho.

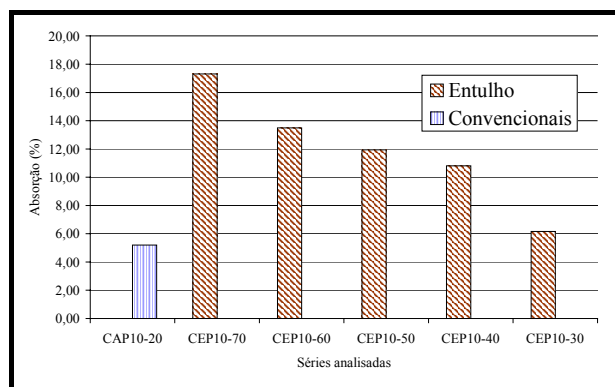


Figura 4 – Absorção por imersão dos corpos-de-prova em função da % de entulho

#### 4.1.4 - Resistência à compressão

Para os valores de resistência (Figura 5), observa-se um comportamento similar ao obtido com os resultados de massa específica. A percentagem de entulho influencia consideravelmente nos resultados, quando comparados aos materiais convencionais. Para as composições entre 70% e 60% (CEP10-70 e CEP10-60) os valores de resistência são menores que a metade dos valores de referência (CAP10-20). As composições no intervalo entre 30 % e 50 % (CEP10-30 e CEP10-50), apresentaram valores de resistência próximos do valor obtidos com a série de referência. Este mesmo comportamento foi identificado na avaliação das propriedades já discutidas anteriormente.

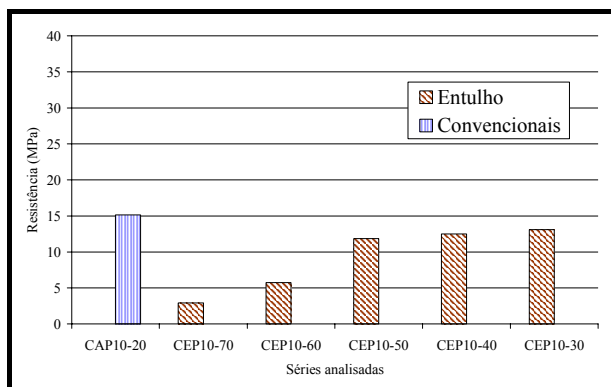


Figura 5 – Resistência à compressão dos corpos-de-prova em função da % de entulho

#### 4.2 - Blocos de concreto

Os valores apresentados neste item são resultados da avaliação do comportamento dos blocos de concreto moldados a partir das composições que apresentaram melhores resultados nos estudos em corpos de prova cilíndricos. No total foram moldados 12 blocos de concreto por série sendo todos utilizados na determinação da massa específica, 8 ensaiados à resistência à compressão e 4 ensaiados à absorção por imersão.

A Tabela 5, apresenta, os resultados individuais obtidos para a série de referência desenvolvida com os materiais convencionais.

Tabela 5 – Resultados individuais para a série BAP10-20

BAP10-20	Massa específica (g/dm3)	Resistência à compressão (MPa)	Absorção por imersão (%)
R1	2083,9	3,0	
R2	2196,3	3,4	
R3	2189,5	2,5	
R4	2191,9	4,9	
R5	1984,2	3,5	
R6	2097,0	4,0	
R7	2088,7	3,1	
R8	2111,5	2,8	
A1	2000,6		9,65
A2	2093,0		9,31
A3	2071,8		8,83
A4	2075,8		7,90
Média	2098,7	3,4	8,9
Desv. Pad.	68,06	0,76	0,76
CV	3,24	22,33	8,56

Através destes resultados, pode-se constatar que individualmente os valores de resistência à compressão e absorção por imersão são extremamente satisfatório. Com relação à norma NBR 7173/82, que especifica os limites de resistência e absorção para blocos de concreto simples sem

função estrutural (Resistência igual ou superior a 2 MPa individual e 2,5 MPa média, Absorção igual ou inferior a 10 % individual e 15 % média), todos valores estão de acordo com o recomendado.

As Tabelas 6 e 7 apresentam os resultados individuais obtidos para as séries em blocos com entulho reciclado. Os resultados indicam que, individualmente, os valores obtidos para cada propriedade avaliada são relativamente inferiores aos valores de referência. Este comportamento também é identificado nos resultados da série BEP10-20/40, apresentada na Tabela 8 (série onde se substituiu, por agregado A, a parcela do entulho inferior a 2,4 mm).

Com relação às recomendações da NBR 7173/82, os resultados não foram satisfatórios. Para a série BEP10-30 (Tabela 6), a maior parte dos valores individuais está abaixo dos recomendados, o mesmo acontecendo com o valor médio. Para a absorção por imersão, apesar dos valores individuais estarem de acordo com o recomendado, o valor médio estar bem acima do recomendado.

Tabela 6 – Resultados individuais para a série BEP10-30

BEP10-30	Massa específica (g/dm <sup>3</sup> )	Resistência à compressão (MPa)	Absorção por imersão (%)
R1	1887,5	1,9	
R2	2020,5	2,4	
R3	1943,4	2,1	
R4	1928,0	1,8	
R5	1872,8	1,5	
R6	1961,0	1,8	
R7	1935,1	2,1	
R8	1953,0	1,9	
A1	1964,9		12,48
A2	1861,7		13,53
A3	1948,8		12,87
A4	1905,0		13,59
Média	1931,8	1,9	13,1
Desv. Pad.	44,49	0,27	0,53
CV	2,30	14,31	4,07

Na Tabela 7 (série com 50% de entulho reciclado na composição), observa-se pequenas alterações em relação aos resultados verificados na série anterior com uma percentagem menor de entulho, 30%. Os valores individuais de resistência na maioria são superiores aos recomendados, entretanto na média, o valor ainda é inferior ao recomendado. Para a absorção por imersão, observa-se um aumento nos valores obtidos, em alguns casos estes valores superam aos recomendados pela norma.

Tabela 7 – Resultados individuais para a série BEP10-50

BEP10-50	Massa específica (g/dm <sup>3</sup> )	Resistência à compressão. (MPa)	Absorção por imersão (%)
R1	1845,1	1,6	
R2	1806,5	1,5	
R3	1888,7	3,3	
R4	1914,9	2,0	
R5	2027,2	2,3	
R6	1957,1	2,1	
R7	1953,7	2,5	
R8	1801,5		
A1	1842,1		13,96
A2	1943,5		14,14
A3	1896,4		13,61
A4	1799,6		16,37
Média	1889,7	2,2	14,5
Desv. Pad.	72,74	0,59	1,25
CV	3,85	26,88	8,61

Os resultados das duas séries analisadas denunciam a influência do entulho nas propriedades avaliadas, ou seja, reduzindo a resistência ou aumentando a absorção dos blocos consideravelmente. Este comportamento pode ser justificado a partir dos mesmos fatores, já descrito no estudo em corpos

de prova cilíndricos, sendo agravado mais ainda pelos fatores que caracterizam o processo de produção dos blocos (espessura da forma da vibro-prensa, energia de adensamento, dimensões dos blocos, dentre outros).

Para a série BEP10-20/40, observa-se alguma melhora nos resultados em relação às séries anteriores. Quanto às recomendações da NBR 7173/82, na grande maioria, os valores estão de acordo com os valores indicados para a resistência e a absorção. Para esta série pode-se comprovar a influência das partículas de entulho reciclado nas propriedades da mistura, sendo evidenciada principalmente na absorção por imersão, onde a diferença em relação às séries anteriores é bastante considerável, próximo dos 5 %.

Tabela 8 – Resultados individuais para a série BEP10-20/40

BEP10-20/40	Massa específica (g/dm <sup>3</sup> )	Resistência à compressão (MPa)	Absorção por imersão (%)
R1	2058,8	2,1	
R2	1970,1	3,8	
R3	2062,5	2,9	
R4	2114,5	2,8	
R5	1999,9	2,3	
R6	1922,3	2,6	
R7	1994,6	2,3	
R8	1917,2	1,9	
A1	2068,2		8,88
A2	1941,0		11,86
A3	2038,7		9,65
A4	2014,4		10,75
Média	2008,5	2,6	10,3
Desv. Pad.	62,71	0,58	1,30
CV	3,12	22,60	12,67

## 5. CONCLUSÕES

Como conclusão cabe destacar os seguintes aspectos:

### I - Em relação aos corpos-de-prova cilíndricos

- o entulho reciclado exerceu uma influencia extremamente significativa nos resultados das propriedades avaliadas, destacando-se: redução nos valores de massa específica e resistência à compressão e aumento extremamente considerável nos valores de absorção por imersão. As séries onde essa influencia foi mais visíveis foram as composições com 70 % e 60 % de entulho;
- Composições próximas de 30 % de entulho na composição (nos estudos em corpos-de-prova), mostraram-se potencialmente utilizáveis, sem grandes alterações em relação aos resultados de referência.

### II - Em relação aos blocos de concreto

- nas séries em blocos com entulho reciclado, é extremamente considerável a influência do entulho nas propriedades dos blocos. Para as séries BEP10-30 e BEP10-50, a média e a maior parte dos resultados individuais de resistência e absorção não estão de acordo com as especificações da norma para alvenaria de vedação (NBR 7173, 1982);
- para a série BEP10-20/40 (20 % do agregado *A* e 40 % de entulho reciclado), sem considerar a parcela do entulho inferior a 2,4 mm, observa-se uma considerável melhora nos resultados de resistência e de absorção. Tanto a média como todos os valores individuais estão de acordo com as especificações da referida norma para alvenaria de vedação. Os resultados demonstram de certa forma, a influencia das partículas do entulho inferior 2,4 mm, nas propriedades avaliadas.

No geral, os resultados apontam as potencialidades de utilização do entulho reciclado na produção dos blocos de concreto e de qualquer outro elemento pré-moldado com características semelhantes de

produção. Entretanto, são necessários novos estudos que avaliem outras composições granulométricas principalmente a influência dos finos do entulho nas propriedades dos blocos. Deve-se ressaltar ainda, a necessidade de estudos complementares quanto ao desempenho desses blocos ao longo do tempo principalmente em situações de utilização sob condições de exposição excessiva à umidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DE PAUW, C. Recyclage des decombres d'une ville sinistree. **CSTC Revue** n.4, p.12-28. dez., 1982.
- JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000. 102p. tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- MEDEIROS, J.S. **Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto**. São Paulo, 1993. 449p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- PINTO, T.P. Resultados da gestão diferenciada. **Téchne**. São Paulo, pini. n.31, p.31-34, nov./dez., 1997.
- POLLET, V. et al. Recycled aggregates: alternative resources for the construction industry. In: International Conference Buildings and the Environment, 2., Paris, 1997. **Proceedings**. Paris, 1997. P.635-642.
- SOUSA, J.G.G. **Contribuição ao estudo da relação entre propriedades e proporcionamento de blocos de concreto – Aplicação ao uso de entulho como agregado reciclado**. Brasília, 2001. 124p. Dissertação (Mestrado) – PECC, Universidade de Brasília.
- TANGO, C.E.S. **Blocos de concreto: dosagem, produção e controle de qualidade**. 1 ed. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 1984, v.1.