

MIANTO

SOTILA
NAÇU

MA M

pen

HERR

DIGEO



BESC

APESP

BRA

RA DO AMIANTO CRISTILA

INI

V SEMINÁRIO

Desenvolvimento Sustentável e a
Reciclagem na Construção Civil
16 e 17 de Setembro de 2002

LOCAL

IPEN - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
Av. Professor Lineu Prestes, 2242
Auditório Rômulo Pieroni - Bloco A
Cidade Universitária São Paulo - SP

ORGANIZAÇÃO E REALIZAÇÃO

IBRACON - Instituto Brasileiro do Concreto
Comitê Técnico - 206 Meio Ambiente

APOIO

EEM - Escola de Engenharia de Mauá

IPEN - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - CQMA

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de
São Paulo - DIGEO

PMI.USP - Escola Politécnica da USP - Deptº Engenharia de
Minas

PCC.USP - Escola Politécnica da USP - Deptº Engenharia de
Construção Civil

UNESP - Universidade Estadual Paulista

UNITAU - Universidade de Taubaté

UNINOVE - Centro Universitário Nove de Julho

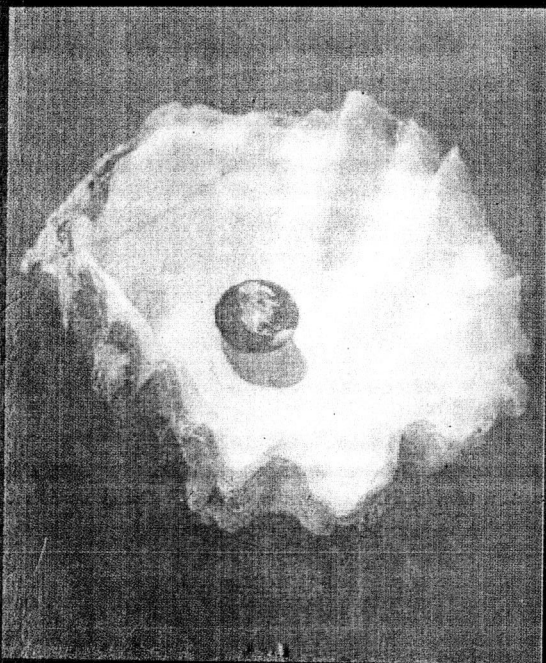
COMITÊ TÉCNICO 206 - MEIO AMBIENTE



IBRACON

V SEMINÁRIO

Desenvolvimento Sustentável e a
Reciclagem na Construção Civil



16 e 17 de Setembro de 2002



IBRACON

**COMITÊ TÉCNICO 206
MEIO AMBIENTE**

ORGANIZAÇÃO E REALIZAÇÃO

IBRACON - Instituto Brasileiro de Concreto

Comitê Técnico – 206

Meio Ambiente



APOIO

EEM- Escola de Engenharia Maua

IPEN –Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – CQMQA

IPT –Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – DIGEO

PML.USP- Escola Politécnica da USP Departº de Engenharia de Minas

PCC.USP –Escola Politécnica da USP – Departº de Engenharia de Construção Civil

UNESP –Universidade Estadual Paulista

UNITAU –Universidade de Taubaté

UNINOVE – Centro Universitário Nove de Julho.

ANAIS

São Paulo – SP

16 e 17 de setembro de 2002

Ficha Catalográfica

V Seminário "Desenvolvimento Sustentável e Reciclagem na Construção Civil"
CT206 Meio Ambiente

São Paulo SP

Setembro 2002

1. Resíduos de Construção civil – Coleta e Gerenciamento 2 Reciclagem de
novos Materiais e Técnicas de Aplicação 3 Reciclagem 375

Comissão Organizadora

Aldo Siervo de Amorim - MQA - IPEN

Antonia Jadranka Suto - ABCP

Arlene Regnier de Lima Ferreira - IBRACON

Cássia S. de Assis - E.E. Mauá

Emílio Y. Onishi - Landmark

Levy Rezende - UNINOVE

Lindolfo Soares - E. Politécnica PMI / USP

Márcio J. Estefano de Oliveira - UNESP/ UNITAU

Maria Aparecida F. Pires - IPEN / CNEN-SP

Mirian Cruxên B. Oliveira - DIGEO - IPT

Rosemary S. I. Zamataro - ABRA

Salomon Mony Levy – UNINOVE / PCC.USP (Coordenador)

<http://www.ibracon.org.br> e-mail: office@ibracon.org.br

Apoio Administrativo

IBRACON – Instituto Brasileiro de Concreto

Edição

Salomon Levy - E. Politécnica PCC / USP – Coordenador do CT-206

PAREDES REVESTIDAS DE ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO COM AGREGADOS RECICLADOS

FONSECA, Fábio Braga (1); MACHADO JÚNIOR, Eloy Ferraz (2)

(1) Mestrando do Departamento de Engenharia de Estruturas. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. E-mail: fabiobf@sc.usp.br.

(2) Professor Doutor, Departamento de Engenharia de Estruturas. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. E-mail: efemacjr@sc.usp.br. Avenida do Trabalhador São-carlense, 400. CEP 13.566-590. São Carlos, SP. Fax: (016)273-9482

Palavras-Chave: abatimento nulo, bloco de concreto reciclado, revestimento de argamassa, painel de alvenaria, desempenho estrutural.

RESUMO

Os rejeitos de construção e demolição representam, atualmente, grande volume de material desperdiçado no canteiro de obra e fábricas de pré-moldados de concreto. A necessidade da reciclagem para o desenvolvimento auto-sustentável, de materiais produzidos a partir dos rejeitos de construção, é de grande importância sob o impacto ambiental, além de proporcionar economia aos construtores e produtores de artefatos de cimento. Ensaios de concretos e argamassas, utilizando agregados reciclados, resultam bom desempenho mecânico e são relativamente mais leves quando comparados aos respectivos materiais utilizando agregados naturais. A fabricação de blocos de concreto com função estrutural, produzido com agregados reciclados de fração entre 2.4mm e 9.5mm, combinada à fração miúda de agregados naturais, possibilitam a execução de edifícios de pequena altura. A utilização da fração miúda reciclada, na preparação de argamassas de assentamento e de revestimento, apresenta comportamento eficiente ao conjunto alvenaria-argamassa. A caracterização dos agregados, o estudo de traço, a análise do desempenho físico e mecânico dos blocos, prismas e paredes, sem graute, de alvenaria, bem como correlações de eficiência e análise da influência da argamassa de assentamento e de revestimento, é uma necessidade para o conhecimento e utilização deste material.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a busca por soluções que impliquem no aumento racional da produtividade e na eliminação de desperdícios, é de fundamental importância para o desenvolvimento tecnológico. Dentre este vasto conjunto, o processo construtivo que mais se destaca e que possui um crescente interesse pela eficiência, quando exige-se uma edificação mais econômica, proporcionando elevada velocidade de construção, é o de alvenaria. No entanto, o procedimento requer que o projeto e os elementos utilizados sejam bem definidos para garantir o desempenho desejado.

1282709
150103

SYSNO 1282709
PROD 002994

Além da racionalização, organizações não governamentais e institutos que se preocupam com a natureza, exigem uma reformulação nas leis e diretrizes, nacionais e internacionais.

Os resíduos gerados pelas construções e demolições (RCD), que podem ser caracterizados por produtos cerâmicos e produtos à base de cimento, pertencem a uma classe cujo destino encontra-se impróprio ao meio ambiente, mas com potencialidade para voltar ao mercado. A produção de blocos de concretos e argamassas de assentamento e de revestimento produzidos com agregado reciclado seria um meio de incentivar o chamado "Projeto de Habitação 1.0", destinada à habitação popular, que têm como objetivo propor uma alternativa a curto prazo para solucionar o atual déficit de aproximadamente 6 milhões de moradias.

1.1 Objetivo

Este trabalho tem como objetivo principal, analisar os comportamentos de painéis de alvenaria com blocos vazados de concreto para alvenaria com função estrutural, através dos módulos de elasticidade e desempenhos de paredes quanto à resistência à compressão axial, quando assentados e revestidos com argamassas mistas, compostas por cimento, cal e agregados miúdos naturais (N) e reciclados (R). Esclarece-se que o bloco utilizado é composto por agregado reciclado miúdo e grão de RCD, mediante cura normal. Além da utilização da argamassa no assentamento dos blocos, será analisada a influência do assentamento e revestimento sobre o comportamento das paredes, através de três tipos: paredes sem revestimento, paredes revestidas com mesma argamassa do assentamento e paredes revestidas com argamassa diferente da utilizada no assentamento.

Ressalta-se que cada parede será analisada, também, em função da resistência de aderência à tração do revestimento e do módulo de elasticidade das argamassas, segundo as normas vigentes.

2 DOSAGEM E PRODUÇÃO DE ARGAMASSA, BLOCOS DE CONCRETO E PAREDES DE ALVENARIA

2.1 Dosagem de blocos

Os materiais foram separados entre sua granulometria para que fosse possível obter a melhor composição entre os agregados. Devido a necessidade de possuir abatimento nulo, utilizou-se o cimento CP V – ARI Plus, pois apresenta maior teor de finos em comparação a outros tipos de cimento, proporcionando maior consistência, possibilidade de desmolde imediato, transporte e resistência mínima do bloco de concreto adquirida as primeiras horas.

Como o principal fator de resistência do concreto é a obtenção de uma composição granulometria ótima e econômica, procurou-se determinar o melhor proporcionamento dentre os agregados. O método mais recomendado baseia-se no maior empacotamento, proposto por HELENE & TERZIAN (1995) e recomendada pela A.B.C.P. (ABREU, 2000), que consiste na determinação de uma composição que resulte

na maior massa unitária no estado seco compactado. No entanto, devido a grande variação de massa unitária entre os agregados naturais e reciclados, recorreu-se a ACI 211.3-75, que propõe um método de dosagem de concreto com abatimento nulo. A seguir, apresenta-se na Tabela 10, as características dos agregados utilizados no traço adotado para a fabricação dos blocos.

Tabela 1 Características físicas dos agregados utilizados para a confecção dos blocos de concreto

materiais	cimento	agregado				a/c
		< #1.2	#1.2-2.4	#2.4-4.8	#4.8-9.5	
traço (massa)	1.00	0,65	3,70	1,78	2,18	0,96
tipo do agregado	-	natural	natural	reciclado	reciclado	-

A Figura 5, exibe a curva granulométrica composta por todos os agregados naturais e reciclados, para determinar o coeficiente de não uniformidade, que indica o quão desuniforme está a curva granulométrica pela razão do diâmetro de 60% pelo de 10%, representando assim a existência de espaços vazios não preenchidos por grãos menores.

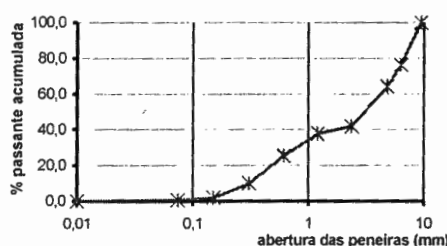


Figura 1 Curva granulométrica composta dos agregados

Desta forma, conclui-se que o coeficiente de não uniformidade igual a 13,5, apresenta uniformidade mediana, pois segundo BORTOLUZZO (2000), a não uniformidade da amostra dos agregados podem ser expressas como muito uniforme ($C_u < 5$), uniformidade média ($5 < C_u < 15$) e desuniforme ($C_u > 15$).

As características do traço do bloco de concreto com agregados reciclados resultaram num consumo de cimento de 212,7kg/m³, teor de água de 10,3%, teor de argamassa de 57,5% e relação cimento/agregado de 1:8,3. Nota-se que, mesmo possuindo abatimento nulo, ela contém um teor de água elevado, devido à alta taxa de absorção de água dos agregados reciclados.

Esta elevada taxa de absorção é resultado da alta permeabilidade dos agregados utilizados. Como pode ser visto na Figura 6, a natureza da amostra retirada do lote de

RCD reciclado, possui grande quantidade de argamassa, cerâmicas e concreto, responsáveis por 79% da massa total. Estes materiais são capazes de absorver grande quantidade de água, resultando numa grande perda de trabalhabilidade, além de propiciar a retração.

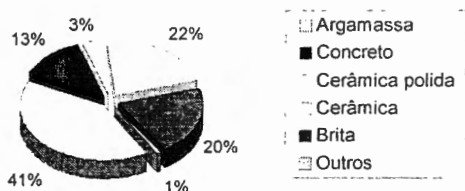


Figura 2 Natureza dos agregados reciclados de $D_{máx} = 9,5\text{mm}$

Segundo MACHADO JR. *et al* (1998), mantendo a relação a/c, o abatimento diminui quando substitui o agregado natural pelo agregado reciclado, e mesmo que aumente esta relação, pode-se obter ainda um concreto com abatimento nulo, devido à elevada absorção do agregado reciclado.

2.2 Dosagem da argamassa

A escolha da argamassa a ser utilizada foi baseada no consumo de cimento e na influência que exerce na parede de alvenaria. A resistência das unidades de alvenaria é o principal fator que determina a resistência da parede de alvenaria, mas não o único. Segundo a Figura 7, originária da BS 5628 part 1, o aumento de 10MPa na resistência à compressão do elemento estrutural pode resultar em apenas 1MPa na resistência característica à compressão da parede de alvenaria, dependendo desta forma, da argamassa de assentamento utilizada.

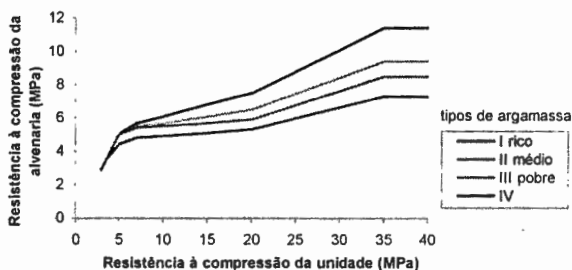


Figura 3 Relação entre a resistência à compressão da parede de alvenaria e a resistência à compressão do elemento estrutural

Como o bloco de concreto utilizado tem a resistência mínima estrutural, a argamassa escolhida foi a do tipo "III pobre", caracterizada pelo baixo consumo de cimento. A Tabela 11 expõe as características do traço proposto pela BS 5628 part 1 para argamassa mista de cimento, cal e agregado miúdo, mantendo a relação de 1:3 para aglomerante/material seco.

Tabela 2 Traço das argamassas em função do agregado utilizado

tipo	volume	natural (massa)	reciclado (massa)
III pobre	1 : 1,00 : 6,00	1 : 0,61 : 7,73	1 : 0,61 : 6,91

A quantidade de água existente na argamassa foi determinada em função do índice de consistência estabelecido previamente com 230 ± 10 mm, medido na mesa de espalhamento, apresentada na Tabela 12, juntamente com os ensaios de resistência à compressão, tração indireta e módulo de elasticidade.

Tabela 3 Características das argamassas

ensaio	natural	reciclado
relação água/cimento	1,56	2,05
índice de consistência (mm)	230	240
massa específica fresca (kg/m^3)	1.980	1.947
consumo de cimento (kg/m^3)	197	186
resistência à compressão (MPa) – 7 dias	2,25 (1,00)	3,21 (1,00)
– 28 dias	4,12 (1,83)	5,86 (1,83)
resistência à tração por compressão diametral (MPa)	-	0,84
módulo de elasticidade da argamassa (MPa)	9.019	6.244

3 CONFEÇÃO DE PAREDES DE ALVENARIA E METODOLOGIA DE ENSAIO

Para verificar a influência do revestimento no desempenho da alvenaria à compressão e com a possibilidade de combinar os 2 tipos de argamassas, foram ensaiados 3 séries de paredes para cada tipo de argamassa: parede sem revestimento, parede assentada e revestida com a mesma argamassa, e parede assentada e revestida com argamassas distintas, totalizando 6 tipos de paredes, onde cada combinação possui 3 exemplares de 80×80 cm. O chapisco foi aplicado aos 3 dias de idade do assentamento dos blocos e o revestimento após 1 dia do chapisco. A cura foi realizada nos primeiros 3 dias de assentamento e revestimento, por aspersão de água não contínua, simulando a ocorrência de obra.

Para identificar as paredes, adotou-se a seguinte nomenclatura. A primeira letra indica o tipo de agregado utilizado no assentamento, enquanto que o segundo representa o agregado utilizado no revestimento, cuja natureza é indicada pela letra "N" para natural e "R" para agregado reciclado.

3.1 Prismas e paredes para ensaio de compressão axial

Para que fosse possível correlacionar os comportamentos mecânicos entre blocos e painéis de alvenaria, cada parede possuía seu respectivo prisma de 3 blocos, assentado com a mesma argamassa, porém sem revestimento. A importância da correlação com os prismas é devido à facilidade de execução de ensaios futuros e de conferência da capacidade portante das paredes projetadas.

Utilizou-se como capeamento, placas produzidas com fibras de madeira reconstituída do tipo "soft-board" com espessura unitária de 10mm, justificada pela dificuldade encontrada em realizar o capeamento com enxofre, transporte e manuseio, além da grande capacidade de deformar-se, permitindo distribuir uniformemente o carregamento e reduzir os efeitos de confinamento da chapas da máquina de ensaio. No entanto, estas placas foram aplicadas apenas sobre os blocos e não no revestimento, tendo como objetivo, obter o comportamento da parede de alvenaria quando se aplica carregamento apenas ao núcleo, transferindo parte de seu carregamento, por aderência, à argamassa de revestimento.

Para realizar o ensaio de compressão axial, os corpos-de-prova foram instrumentados para que fosse possível determinar seu módulo de elasticidade secante pela curva média tensão-deformação de cada componente. Conforme indicado na Figura 8, instalaram-se dois transdutores nos blocos intermediários dos prismas e paredes (5, 6) para analisar a influência das juntas verticais de argamassa no módulo de elasticidade do bloco e outros quatro transdutores (1, 2, 3, 4) para determinar os encurtamentos médios das paredes.

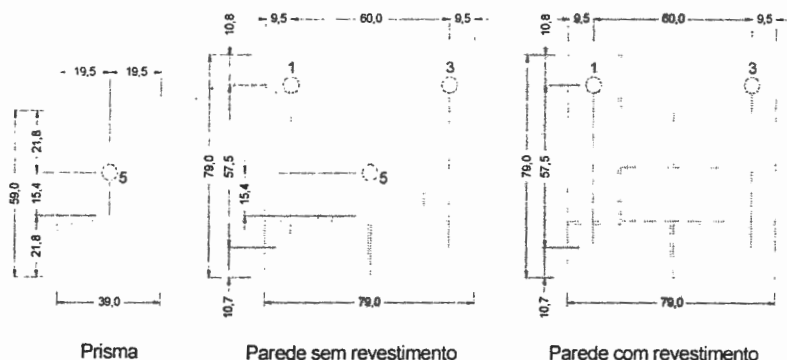


Figura 1: Posicionamento dos transdutores nos prismas e paredes

As paredes foram ensaiadas pela Máquina Universal de Ensaio com dispositivo servo-hidráulico INSTRON, que possibilita controlar a velocidade do deslocamento do pistão. Aplicaram-se cargas de escorvamento de um estágio de 20kN para prismas e de dois estágios de 65kN e 120kN para paredes, para promover uma acomodação da alvenaria à argamassa e ao capeamento. A velocidade de carregamento para ambos foi de 0,005mm/s, com aquisição de dados dos deslocamentos dos transdutores efetuada a cada segundo pelo SISTEM 5000.

3.2 Painel para o ensaio de resistência de aderência à tração do revestimento

Foram confeccionadas duas paredes, cada uma assentada com um tipo de argamassa e com os lados de cada parede, revestidos com um tipo de argamassa, representando os quatro tipos de paredes com revestimento presentes no ensaio de compressão. Com este ensaio, pretendia-se obter subsídios para a análise da influência do revestimento no desempenho estrutural da parede.

A determinação da resistência à aderência entre bloco e o revestimento de argamassa, segundo a NBR 13528/95, baseia-se na força de tração que deve ser aplicada a um revestimento previamente delimitado. No entanto existe uma pequena modificação, devido o dispositivo utilizado, ao qual aplica o carregamento por um braço de alavanca exposto na Figura 9, cuja força R_a exercida pelo dispositivo de arrancamento do corpo-de-prova do revestimento, é expressa pela Equação 1.

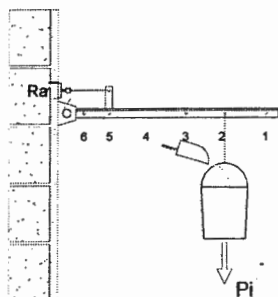


Figura 5 Ensaio de resistência da aderência à tração do revestimento

$$R_a = \sum P_i \cdot k_i + F_0 \quad (1)$$

Onde

P_i = peso aplicado no ponto genérico i ;

k_i = constante do dispositivo no ponto genérico i ;

F_0 = força transferida ao cabo devido ao peso próprio do dispositivo.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Caracterização dos blocos de concreto

A Tabela 13 apresenta o resultados dos ensaios dos blocos inteiros de dimensões nominais de 15x20x40cm referentes à largura, altura e comprimento.

Tabela 4 Características dos blocos de concreto

ensaio		resultados			
resistência à compressão (MPa)	NBR 6136/94	idade (dias)	$f_{b,m}$	$f_{b,k}$	CV (%)
		7	9,87	7,0 (1,00)	14,4
		28	11,22	8,5 (1,21)	13,9
absorção (%)	MB-3459/91	média	CV (%)		
		8,1	8,8		
área líquida (cm ²)	MB-3459/91	média	CV (%)		
		305,2	0,3		
massa específica (g/cm ³)	MB-3459/91	média	CV (%)		
		1,99	0,4		

$f_{b,m}$: resistência média à compressão dos blocos de concreto

$f_{b,k}$: resistência característica à compressão dos blocos de concreto

Nota-se que os blocos apresentaram excelentes resultados às exigências mínimas de 4.5MPa de resistência característica à compressão e de absorção inferior a 10%, segundo a NBR 6136/94. Além disto, o ganho de 1,21MPa na resistência à compressão ao longo do tempo, possibilita ao consumidor, um produto com qualidade acima do esperado, representando num aumento de 21%.

4.2 Determinação da resistência à compressão axial em primas e paredes

Como os ensaios de paredes de alvenaria realizados foram feitos com deformação controlada, foi possível obter a curva tensão-deformação da estrutura após o pico de carregamento, possibilitando analisar a resistência e rigidez do elemento estrutural. A Tabela 14 relaciona a eficiência entre a resistência última das paredes (f_{pa}), primas (f_{pr}) e bloco (f_{bk}) de 8,5MPa, em função das argamassas de assentamento e revestimento.

Tabela 5 Relação de eficiência entre a resistência última à compressão das paredes, prismas e blocos

Série	idade (dias)	parede		prisma		relações de eficiência		
		f_{pa} (MPa)	CV (%)	f_{pr} (MPa)	CV (%)	f_{pa} / f_{pr}	f_{pa} / f_{bk}	f_{pr} / f_{bk}
R	18	6,45	11,1	6,45	10,4	1,00	0,76	0,76
RN	21	5,08	10,5	-	-	0,79	0,60	0,76
RR	20	5,94	6,8	-	-	0,92	0,70	0,76
N	22	4,88	4,8	5,96	13,2	0,82	0,57	0,70
NN	23	4,79	13,1	-	-	0,80	0,56	0,70
NR	24	4,81	24,0	-	-	0,81	0,57	0,70

Um fato importante que pode ser verificado é o ganho de resistência obtido pela parede RR sobre a RN, contribuindo para o acréscimo da resistência da alvenaria em 17% apenas variando o revestimento. Entretanto, o aumento de 23% da parede RR sobre a NR, comprova que a substituição da argamassa de assentamento contendo agregado natural pelo agregado reciclado, possibilita aumentar a resistência à compressão da parede.

4.3 Determinação do módulo de elasticidade dos blocos e paredes de alvenaria

Segundo a ACI 530-92/ASCE 5-32, a determinação do módulo de elasticidade secante médio do bloco de concreto (E_{bm}) e das paredes (E_{pam}), devem ser obtidas por uma reta secante à 5% e 33% da tensão crítica e da respectiva deformação específica, da parábola ajustada à 80% da curva tensão-deformação média, cujo resultado apresenta-se na Tabela 15.

Tabela 6 Módulo de elasticidade secante do bloco de concreto com e sem influência da junta vertical de argamassa

série	E_{bm} (MPa)	CV (%)
prisma	R 10.669	15,2
	N 10.951	2,9
parede	R 20.031	12,9
	N 14.178	28,3

O módulo de elasticidade médio dos blocos obtido pelo prisma foi de 10.810MPa, muito inferior aos valores obtidos pelas paredes quando existe a influência das juntas verticais de diferentes tipos de argamassa, porém superior aos obtidos por JUSTE (2001), que variaram de 6.228MPa a 7.554MPa, para blocos com resistência característica à compressão de 10.8MPa e 22.9MPa, respectivamente.

Os resultados dos módulos de elasticidade secantes médios das paredes (E_{pam}) estão expostos na Tabela 16.

Tabela 7 Módulos de elasticidade das paredes

série	E_{pam} (MPa)	CV (%)
R	4.819	8,7
RN	6.113	1,4
RR	8.318	3,2
N	5.147	8,9
NN	8.692	13,5
NR	7.029	14,8

Analisando as paredes assentadas com argamassa contendo agregados naturais da tabela acima, juntamente com a tabela 5, percebe-se que as paredes possuem a mesma resistência à compressão, porém com diferentes módulos de elasticidade. Além disto, ao colocar os valores dos módulos das paredes de forma decrescente, verifica-se que as paredes assentadas e revestidas com o mesmo tipo de argamassa, possuem os maiores módulos de elasticidade. Isto ocorre devido ao revestimento ter a mesma deformação da argamassa de assentamento, não acarretando em diferentes comportamentos, como a argamassa de assentamento deformar-se mais que a de revestimento. Outro fato verificado é que a presença do revestimento aumenta o módulo de elasticidade, tornando a parede mais rígida.

A Tabela 17 compara os módulos de elasticidade dos painéis sem revestimento, aos valores obtidos por Juste (2001), BS 5628 part 2 (1992) e a variação entre 700 à 1.000 vezes a resistência máxima à compressão da alvenaria.

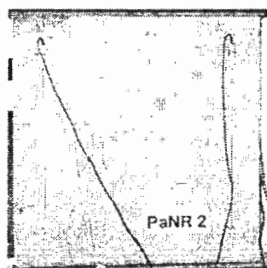
Tabela 8 Comparação dos módulos de elasticidade (MPa)

Série	f_{alv}	experimental	JUSTE (2001)	BS 5628 ($900 \cdot f_{\text{alv}}$)	$700 \cdot f_{\text{alv}}$	$1000 \cdot f_{\text{alv}}$
R	6,45	4.819	-	5.805	4.515	6.450
N	4,88	5.147	6.440 e 8.693	4.392	3.416	4.880

Comparando os resultados da Tabela 8, percebe-se que os resultados referentes à série N, apresentam próximos aos limites mínimos e máximos. Desta forma, pode-se supor que o tipo de agregado contido na argamassa influencia significativamente na deformação da alvenaria.

A seguir, apresenta-se na Figura 10, a ruptura típica da paredes revestidas. Durante a realização dos ensaios, as paredes que possuíam revestimento, sofreram descolamento em alguns pontos. Como a argamassa é o material mais deformável, quando as tensões de compressão são transmitidas do bloco ao revestimento, ela reage no sentido contrário ao solicitado. Desta forma, quando a solicitação for superior à resistência de aderência à tração, em determinado ponto, o ponto sofre descolamento do substrato. No entanto, caso a aderência seja elevada em torno do mesmo ponto, ou seja, o ponto fraco está delimitado, haverá então um estado de tensão multiaxial, cuja

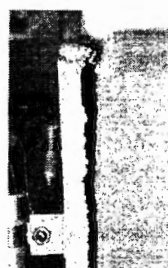
deformação ocorrerá na superfície não confinada, ou seja, para o lado externo do revestimento, caracterizando-se pela perda de aderência do revestimento.



a) fissuração da superfície revestida



b) perfil



c) descolamento

Figura 6 Ruptura das paredes revestidas

4.4 Determinação da resistência à aderência por tração do revestimento

A Figura 11 compara os revestimentos pelo local em que ocorreu a ruptura, cujos valores foram determinados pela média aritmética de 10 corpos-de-prova.

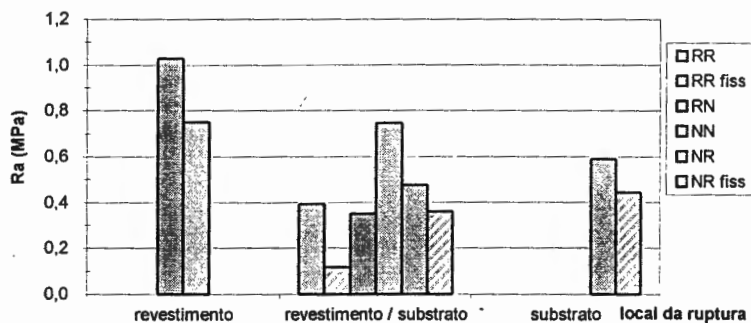


Figura 7 Comparativo das resistências de aderência

Com exceção de RR fissurado, todos os revestimentos podem ser utilizados em qualquer tipo de acabamento, pois possuem resistências superiores a 0,3MPa, mínima exigida pela NBR 13749/96.

Esta queda de resistência pode ser devido ao maior coeficiente de forma dos agregados naturais quando comparadas às partículas lamelares e angulares dos agregados reciclados, resultando em argamassa com menor volume de vazios. Além

disto, como o agregado reciclado é poroso, este absorve grande quantidade de água. Quando a argamassa ainda fresca é exposta ao sol, possibilita elevada evaporação, provocando fissuras de retração por secagem.

5 CONCLUSÃO

Os agregados reciclados, com dimensão máxima inferior a 9,5mm, podem ser utilizados não apenas em concretos com consistência plástica, mas em artefatos de concreto com abatimento nulo e boa resistência, com baixo consumo de cimento.

Os agregados reciclados apresentam alta capacidade de absorção de água, devido à alta porosidade característica dos RCD, oriunda da elevada quantidade de argamassa aderida aos agregados graúdos, e da alta concentração de material cerâmico que constitui os agregados miúdos reciclados.

Segundo comparação dos resultados do bloco contendo agregado natural, apresentados por JUSTE (2001), o bloco contendo agregado reciclado possui maior rigidez e menor resistência. Quanto à análise dos módulos de elasticidade dos blocos de concreto, determinado em paredes, existe a influência das juntas verticais de ambos os tipos de argamassas, pois uma parcela do carregamento é transferida e absorvida pelas fiadas de argamassa, resultando em um acréscimo na rigidez do elemento estrutural.

As resistências à compressão das argamassas foram ideais para os blocos de concreto. As relações de eficiência de resistência à compressão axial entre paredes, prismas e blocos de alvenaria, resultaram excelentes resultados. Paredes assentadas com argamassa contendo agregado natural apresentaram resistências semelhantes, independente da existência de revestimento. No entanto, paredes revestidas, assentadas com agregados reciclados, resultaram em um decréscimo na resistência, porém superiores às assentadas com agregado natural.

As maiores resistências foram obtidas pelas paredes revestidas com argamassas contendo agregados naturais, devido a grande variação dos resultados do revestimento fissurado contendo agregado reciclado. Além disto, houve a influência da argamassa de assentamento na aderência do revestimento:

6 REFERÊNCIAS

- ABREU, J.V. (2000). *Produção de peças pré-moldadas de concreto*. São Paulo. ABCP. / Curso sobre produção e controle de artefatos de cimento, Escola de Engenharia de São Carlos – USP, abr, 2000/.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (1992). *ACI 211.3-75 – Standard practice for selecting proportions for no-slump concrete*. Detroit, Michigan.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1991). *MB 3-459 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Determinação da absorção de água, do teor de umidade e da área líquida*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994). *NBR 6.136 - Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural*. Rio de Janeiro.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1995). *NBR 13528 – Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: Determinação da resistência de aderência à tração*. Rio de Janeiro.
- BORTOLUZZO, C.W. (2000). *Contribuição ao estudo do comportamento mecânico dos revestimentos de argamassa*. São Carlos. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION (1978). *BS 5628 – Code of practice for Structural use of masonry*. Part 1. Unreinforced masonry. Londres. Inglaterra.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION (1992). *BS 5628 – Code of practice for Structural use of masonry*. Part 2. Unreinforced masonry. Londres. Inglaterra.
- HELENE, P.R.L.; TERZIAN, P. (1992). *Manual de dosagem e controle do concreto*. São Paulo, PINI.
- JUSTE, A.E. (2001). *Estudo da Resistência e da deformabilidade da alvenaria de blocos de concreto submetida a esforços de compressão*. São Carlos. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.
- MACHADO JR., E.F.; LATTEZA, L.M.; Mendes, C.L. (1998). Influência do agregado graúdo, proveniente da reciclagem de rejeitos de construção e demolição (entulho), na perda do abatimento do concreto fresco e nas propriedades mecânicas do concreto endurecido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 40., Rio de Janeiro, 1998. *Anais*. São Paulo. IBRACON [CD-ROM].