

UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO
GRANDE DO SUL – UNIJUÍ
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA – DETEC
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE DE ALGUMAS PROPRIEDADES DO
BLOCO FABRICADO COM MATERIAIS
RECICLADOS PARA A EXECUÇÃO DE
ALVENARIA**

GLÁUCIO M. WALKER

Trabalho de Conclusão do Curso

Ijuí-RS, março de 2004

GLÁUCIO M. WALKER

**ANÁLISE DE ALGUMAS PROPRIEDADES DO BLOCO
FABRICADO COM MATERIAIS RECICLADOS PARA
A EXECUÇÃO DE ALVENARIA**

Trabalho de Conclusão do Curso

Trabalho apresentado ao corpo docente do Programa de Graduação em Engenharia Civil do Curso de Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para aprovação na disciplina e formação de nível superior no curso de Engenharia Civil.

Orientadores

M. Francisco Ripoli Filho

M. Raquel Kohler

Ijuí

2004

GLÁUCIO M. WALKER

**ANÁLISE DE ALGUMAS PROPRIEDADES DO BLOCO
FABRICADO COM MATERIAIS RECICLADOS PARA A
EXECUÇÃO DE ALVENARIA**

Trabalho de Conclusão do Curso
Aprovação na disciplina e formação de nível superior no curso de
Engenharia Civil
Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul

Aprovado em Março de 2004

M. Eng. Prof. Francisco Ripoli Filho
Orientador

M. Urb. Prof. Raquel Kohler
Orientadora

Prof. Esp. José Crippa
Banca Examinadora

M. Eng. Prof. Luís Eduardo Mödler
Coordenador do Curso de Engenharia Civil

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Francisco Ripoli Filho, e a co-orientadora, Raquel Kohler, pelo incentivo, motivação, dedicação e confiança conferida na elaboração deste trabalho;

Agradeço aos laboratoristas, Ivan e Salete, e ao M. Eng. Paulo Obregon da Universidade Federal de Santa Maria, pelo auxílio na execução dos ensaios;

Agradeço também aos meus pais, Irineu e Iolanda, as minhas irmãs Geórgia, Giana e Geisse e a meus avós Alfredo e Lúcia pelo incentivo e confiança em mim depositados;

Por fim, agradeço a minha noiva, Mariling, pelo apoio, paciência, compreensão nos momentos de ausência e pela partilha nos momentos de angústia.

RESUMO

A investigação enfocou especialmente a análise e viabilidade de um sistema construtivo composto por blocos com garrafas "PET" revestidos de argamassa (cimento, areia, escória de pneu usado) definindo-se como alvenaria racionalizada, que oferece condições de conforto (térmico e acústico) para um projeto de habitação popular. Face a isso, aprofundou-se o estudo sobre racionalização e modulação (com a análise de materiais e técnicas construtivas de baixo custo). Analisaram-se as propriedades dos materiais utilizados, a contribuição do sistema construtivo, a questão ambiental, enfim, sua viabilidade na construção de habitações populares, em especial na região noroeste do Rio Grande do Sul. Para atender a estes requisitos, investigaram-se os materiais em laboratório (ensaios físicos e mecânicos). Analisou-se o conjunto (parede), com o ensaio de transmissibilidade sonora em elementos construtivos e posteriormente verificaram-se possíveis patologias no elemento (bloco), através de pesquisa em desenvolvimento de uma parede exposta a intempéries. Destaca-se neste trabalho a utilização de materiais alternativos com as garrafas "PET" e escória de pneu usado, utilizados para a confecção dos blocos, classificados atualmente como fontes poluidoras, para as quais procurou dar-se um destino reutilizável, com contribuição a ecologia.

Palavras-chave: Materiais Alternativos, Racionalização da alvenaria, Modulação.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Delimitação do tema	11
1.2	Formulação da questão de estudo	12
1.3	Definição dos objetivos	12
1.3.1	Objetivo geral	12
1.3.2	Objetivos específicos.....	12
1.4	Justificativa	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	Introdução.....	15
2.2	Materiais alternativos para a confecção dos blocos.....	16
2.2.1	Introdução.....	16
2.2.2	Plásticos.....	18
2.2.3	Borracha.....	23
2.2.3.1	Polímeros de borracha.....	27
2.3	Argamassas e suas propriedades.....	28
2.4	Perdas x racionalização na construção civil.....	32
2.5	Teor de ar incorporado.....	38
2.6	Permeabilidade à água.....	39
2.7	Isolamento sonoro.....	39

3	METODOLOGIA	42
3.1	Classificação do estudo	42
3.2	Plano de coleta de dados.....	42
3.3	Plano de análise dos dados.....	47
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	48
4.1	Ensaio para obtenção do ar incorporado.....	48
4.2	Ensaio para determinação da permeabilidade do bloco.....	49
4.3	Ensaio para obtenção da Massa Unitária Solta dos Materiais....	52
4.4	Ensaio de compressão axial.....	52
4.5	Ensaio de isolamento sonora.....	55
4.6	Parede exposta às intempéries.....	59
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
5.1	Conclusões.....	61
5.2	Sugestões para trabalhos futuros.....	64
	BIBLIOGRAFIA.....	65
	ANEXOS.....	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Blocos e modulações mais comuns.....	37
Figura 2 – Vista frontal da parede e equipamentos.....	40
Figura 3 - Analisador sonoro – Tipo 4418.....	40
Figura 4 - Terceira geração de formas.....	43
Figura 5 - Materiais componentes da argamassa.....	43
Figura 6 - Equipamento de ar incorporado.....	44
Figura 7 - Ensaio de massa unitária solta da borracha.....	44
Figura 8 - Equipamento para ensaio de compressão axial.....	45
Figura 9 - Parede em teste às intempéries.....	46
Figura 10 – Equipamento para ensaio de permeabilidade “cachimbo”.....	46
Figura 11 - Gráfico dos resultados do teor de ar incorporado da massa..	49
Figura 12 - Ensaio de Permeabilidade – Parede Sem Revestimento.....	50
Figura 13 - Ensaio de Permeabilidade – Parede Com Revestimento.....	50
Figura 14 - Detalhe da fixação do “cachimbo” na parede.....	51
Figura 15 - Equipamento “cachimbo” fixado.....	51
Figura 16 - Resultados dos ensaios de compressão axial cps e blocos.....	53
Figura 17 - Resultados dos ensaios de compressão axial cps e blocos.....	54
Figura 18A - Resultados do ensaio de isolamento sonora da parede sem revestimento	55
Figura 18B – Índice de Redução Acústica Parede sem revestimento.....	56
Figura 18C – Resultados do ensaio de isolamento sonora da parede com revestimento.....	56

Figura 18D – Índice de Redução Acústica com revestimento em uma das faces.....	57
Figura 18E - Resultados do ensaio de isolamento sonora da parede com revestimento em duas faces.....	57
Figura 18F - Índice de Redução Acústica com revestimento em duas faces.....	58
Figura 19 - Parede exposta a intempéries.....	59
Figura 20 - Fissura identificada no revestimento.....	59
Figura 21 - Mancha esbranquiçada identificada.....	60
Figura 22 - Mancha escura identificada.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Identificação universal dos termoplásticos (GRIPPI, 2001).....	19
Tabela 2 - Utilização do plástico no Brasil (GRIPPI, 2001).....	19
Tabela 3 - Utilização do plástico conforme sua resina (GRIPPI, 2001).....	20
Tabela 4 – Resultados dos ensaios de ar incorporado.....	48
Tabela 5 – Ensaio para obtenção da massa unitária solta dos materiais....	52

1 INTRODUÇÃO

1.1 Delimitação do tema

Sabe-se que a preocupação com avaliações de inovações tecnológicas não é nova no país. São conhecidas e citadas na literatura experiências com protótipos de sistemas construtivos inovadores para construção de habitações populares.

Destaca-se, entretanto, que muitos programas habitacionais são implementados sem nenhuma atenção à região climática e ao contexto sócio-econômico onde as habitações são construídas.

Neste enfoque, este trabalho consiste na análise de um sistema construtivo para execução de alvenaria, que utiliza materiais alternativos de baixo custo, recicláveis, de fácil aquisição, que se propõem a contribuir para a melhoria das condições de conforto (térmico e acústico) e segurança (resistência) em habitações populares.

1.2 Formulação da questão de estudo

O desenvolvimento da construção civil vem se caracterizando por diversas e enriquecedoras fases de crescimento, em especial no que

se refere a componentes alternativos que ofereçam boas propriedades físicas e mecânicas, porém sem a devida preocupação com as questões ambientais e o custo-benefício. Face a isso questionou-se o sistema construtivo analisado; se o mesmo, atende os requisitos a que se propõe, ou seja, utiliza materiais alternativos que ofereçam resistência, boas condições termo-acústicas, racionalização na execução da alvenaria, associados a baixo custo.

1.3 Definição dos objetivos do estudo

1.3.1 Objetivo geral

Caracterização e análise das propriedades do bloco fabricado com materiais reciclados para emprego na execução de alvenaria de baixo custo.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterização do sistema construtivo proposto quanto a racionalização na execução da alvenaria;
- Análise das propriedades físicas e mecânicas dos blocos;
- Verificação, através de ensaios específicos, do grau de isolamento acústico e a permeabilidade dos blocos;

1.4 Justificativa

Sabe-se que os blocos cerâmicos empregados na execução de alvenaria de habitações populares são, na maioria das vezes, de baixa resistência, sendo seu uso atribuído exclusivamente ao baixo custo e não a qualidade.

Salienta-se também que estes blocos possuem função exclusiva de vedação, entretanto, têm sido utilizados inadequadamente, na maioria das vezes, com função resistente. Estes casos agravam-se nos trechos de paredes onde são executadas as instalações elétricas e hidráulicas, pois requerem rasgos indiscriminados nas mesmas, reduzindo ainda mais a resistência, principalmente se executados na horizontal.

Portanto, as alternativas de baixo custo para a construção de habitações populares surgem como uma necessidade frente ao crescimento do déficit (quantitativo/qualitativo) habitacional brasileiro.

Diante destas constatações e tendo em vista as condições climáticas do Rio Grande do Sul, é necessário projetar e construir fazendo uso de um sistema construtivo racionalizado que atenda as condições térmicas e sonoras, que geralmente são deixadas em segundo plano em habitações de caráter social ou popular, sem com isso agredir o meio ambiente.

Desta forma, a UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do RS, firmou convênio com a Prefeitura Municipal de Santa Rosa e o SINDUSCOM – Sindicato da Indústria da Construção Civil e do Mobiliário de Santa Rosa, com o objetivo de desenvolver, dentre outras ações, uma solução para execução de alvenaria, adequada, eficiente, e principalmente de baixo custo para utilização em casas.

Em função da necessidade da redução de custos as alternativas pesquisadas contemplaram o local da construção, a tipologia edilícia, os materiais de construção e o sistema construtivo, sendo apresentado neste trabalho apenas o estudo dos dois últimos itens.

Espera-se que esta investigação possa contribuir efetivamente no desenvolvimento de novas tecnologias para a construção civil.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Introdução

O presente capítulo apresenta uma breve revisão bibliográfica sobre o uso de novas tecnologias, racionalização de processos construtivos, materiais alternativos e impacto ambiental na construção civil.

Um dos setores ligados à construção civil que contribui para a degradação ambiental é a exploração de madeira geralmente utilizada para a queima na produção de tijolos.

No Brasil, devido ao grande número de olarias, cresce o desmatamento e a extração de madeira, mesmo sabendo que no Rio Grande do Sul algumas olarias já estão substituindo a lenha (utilizada para queima dos tijolos) pela casca de arroz. A desatenção com o solo, entretanto, leva à desertificação, criando depressões registradas em diferentes áreas do país.

Segundo (PAIVA, 1998), a preocupação com a preservação do meio ambiente vem crescendo nos últimos anos e, especialmente no caso brasileiro, deve se aprofundar na próxima década. Vários fatores apontam para este crescimento, destacando-se o aumento do interesse

da população com as questões ambientais, o aumento de organizações da sociedade civil dedicadas ao tema e o interesse de empresas em utilizar materiais recicláveis na construção civil.

Com isso, a aplicação de técnicas e materiais alternativos para a construção civil tem sido objeto de interesse crescente no Brasil, pois além da preocupação com a questão ambiental existe outro grande problema referente ao déficit habitacional brasileiro. No país necessita-se de quase trezentas mil novas habitações por ano e tem-se atendido apenas 5% dessa cifra; os níveis de desperdício de materiais por sua vez são grandes, da ordem de 25%, (IBGE, 2000).

A reversibilidade desse quadro depende evidentemente da conjuntura econômica, mas também de uma mentalidade profissional sintonizada com produção nesses níveis e, principalmente, adequada a emergencialidade da situação.

2.2 Materiais alternativos para a confecção dos blocos

2.2.1 Introdução

É notória a preocupação com os problemas causados pelo acúmulo de lixo no Brasil. Diversas cidades brasileiras estão se mostrando interessadas em mudar este quadro que atinge a maior parte delas. Segundo (GRIPPI, 2001) deve-se começar conscientizando a base dos problemas, a quem cabe gerenciar adequadamente o lixo urbano, ou seja, as prefeituras, pois estes problemas aparentemente invisíveis podem em pouco tempo causar grandes dificuldades à população.

GRIPPI destaca que o lixo é a matéria-prima fora do lugar e que o tratamento do lixo doméstico, além de ser uma questão com implicações tecnológicas, é antes de qualquer coisa uma questão cultural.

Outro aspecto levantado por GRIPPI é que cada brasileiro gera hoje em média, 500 g de lixo por dia, isto é, 100 mil toneladas de lixo doméstico em todo o país por dia.

Dados do (IBGE, 2002) apontam que 80% da disposição final do lixo brasileiro é feita em vazadouros a céu aberto, sendo o pior cenário o da região Nordeste. Contudo, a região brasileira que mais tem fomentado a reciclagem é a região Sudeste, com apenas 1,1% do lixo produzido no país.

Em vista disso, a virada do século vem desenvolvendo várias alternativas com relação ao gerenciamento ambiental, principalmente referente ao lixo, devido a escassez de espaços físicos e aos problemas causados para com a humanidade. É oportuno lembrar que no início do século passado, com o incremento da indústria gráfica, o papel já era reciclado, os papéis de segunda mão passavam por processos industriais sucessivos que os tornavam perfeitamente reutilizáveis e com custo reduzido.

GRIPPI adverte que nos últimos anos, o Brasil tem gerado outros tipos de lixo, diferente em quantidade e qualidade, em volume e em composição, causados principalmente pelo processo de industrialização no país. Ele esclarece que naturalmente a industrialização traz consigo materiais a serem descartados, assim como o aumento no consumo atrelado ao crescimento populacional gera cada vez mais lixo para ser descartado. O fato de o homem existir traz consigo a existência do lixo na mesma proporção.

O que se percebe é que ainda há muito a se fazer no Brasil para que bons exemplos sustentáveis possam ser mostrados. Quem sabe a educação ambiental possa ajudar alguns municípios brasileiros a minimizar os problemas causados pelo descaso com o meio ambiente, pois a cobrança e a pressão por parte da sociedade estão cada vez maiores, e é preciso que os municípios repriorizem seus investimentos em prol do contexto ambiental.

2.2.2 Plásticos

GRIPPI considera o plástico uma grande alternativa para a substituição de outros materiais escassos ou com custos mais elevados, pois o plástico é utilizado em quase todos os setores da indústria, principalmente por sua versatilidade. Suas características de alta resistência e leveza permitiram o seu aproveitamento em uma ampla gama de produtos e hoje a humanidade praticamente não poderia imaginar-se sem ele. O plástico é também conhecido como Termoplástico, por sua facilidade de moldagem industrial ao sofrer aquecimento e solidificando-se após o resfriamento. A tabela 1 identifica universalmente os termoplásticos.

Tabela 1

Identificação universal dos termoplásticos

1	PET	Polietileno Tereftalato
2	PEAD	Polietileno de Alta Densidade
3	PVC	Policloreto de Vinila
4	PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
5	PP	Polipropileno
6	PS	Poliestireno
7	OT	Outros plásticos especiais de engenharia

GRIPPI 2001.

Desta forma, o plástico é utilizado em quase todos os setores da economia, como: construção civil, lazer, telecomunicações, indústrias eletroeletrônica, automobilística e médico-hospitalar e no transporte de energia. Atualmente, o setor de embalagens é o que mais se destaca na utilização do plástico. Segundo GRIPPI, aproximadamente 30% das resinas plásticas consumidas no Brasil destinam-se à indústria de embalagens. A tabela 2 classifica a utilização do plástico no Brasil.

Tabela 2

Utilização do plástico no Brasil

Embalagens	30%
Automobilística	20%
Eletroeletrônica	15%
Construção	15%
Têxtil	15%
Outras	5%

GRIPPI 2001.

Ainda nessa mesma linha de considerações, a tabela 3 apresenta as utilizações mais comuns de cada tipo de resina.

Tabela 3

Utilização do plástico conforme sua resina

1	PET	Frasco para refrigerantes.
2	PEAD	Utilidade domestica e produtos de limpeza.
3	PVC	Tubos e conexões, frascos de água mineral
4	PEBD	Sacos de lixo e embalagens flexíveis.
5	PP	Autopeças, fios têxteis, potes em geral.
6	PS	Copos descartáveis.
7	OT	CDs e eletrodomésticos.

GRIPPI 2001.

Apesar de todos os benefícios do plástico, a maior critica em relação à utilização do mesmo é a sua baixíssima biodegradabilidade ambiental. Uma garrafa de água mineral jogada no meio ambiente poderá ficar ali intacta por mais de 100 anos (GRIPPI).

Dentre os plásticos, o **PET (Polietileno Tereftalato)** possui lugar de destaque. Segundo (SILVA, 2003) o PET foi desenvolvido em 1941 pelos químicos ingleses Whinfield e Dickson. Mas as garrafas produzidas com este polímero só começaram a ser fabricadas na década de 70, após cuidadosa revisão dos aspectos de segurança e meio ambiente. No começo dos anos 80, EUA e Canadá iniciaram a coleta dessas garrafas, reciclando-as inicialmente para fazer enchimento de almofadas. Com a melhoria da qualidade do PET reciclado, surgiram

aplicações importantes, como tecidos, lâminas e garrafas para produtos não alimentícios. Mais tarde, na década de 90, o governo americano autorizou o uso deste material reciclado em embalagens de alimentos.

O PET é hoje uma resina muito conhecida e com uma das maiores taxas de crescimento em aplicação como material de embalagem. Isso se deve, às suas excelentes propriedades (elevada resistência mecânica, aparência nobre, brilho e transparência, barreira a gases, entre outras). Dessa forma o material não pode ser transformado em composto orgânico e é de difícil degradação em aterros sanitários. O PET é altamente combustível, com valor de cerca de 20.000 BTUs/kilo, e libera gases residuais como monóxido e dióxido de carbono, acetaldeído, benzoato de vinila e ácido benzóico (SILVA).

Ainda nessa mesma linha de considerações, o PET é um polímero cristalino e como tal tem suas propriedades dependentes do grau de cristalinidade que atinge após a transformação, portanto quanto maior o grau de cristalinidade, maior a rigidez, ou seja menor resistência ao impacto, maior a resistência térmica e menor a transparência. A temperatura de transição vítrea é em torno de 75°C, logo é rígido à temperatura ambiente e flexível acima de 75°C.

SILVA esclarece que os poliésteres são materiais produzidos pela polimerização de um ácido dicarboxílico e um glicol ou um bifenol. O PET é, portanto, o polímero formado pela reação do ácido tereftálico e o etilenoglicol. Por sua vez, o ácido tereftálico é obtido pela oxidação do p-xileno, enquanto o etilenoglicol é sintetizado a partir do eteno, sendo ambos produtos da indústria petroquímica no Brasil. Inicialmente o PET era na realidade apenas obtido a partir do ester do ácido tereftálico, o dimetil tereftalato-DMT, devido à dificuldade de obtenção do ácido com a pureza suficiente para a aplicação. Porém, com o desenvolvimento de processos adequados à purificação do ácido tereftálico-PTA permitiu a

produção comercial do PET pela rota da esterificação direta, hoje também muito utilizada para a fabricação do PET.

Muito embora os poliésteres são conhecidos desde a década de 30, a primeira síntese do polímero com alto peso molecular foi sustentada em 1942, com potencial reconhecido na época para aplicações como fibra. Contudo, as garrafas tipo PET tornaram-se disponíveis no Brasil apenas em 1989 (SILVA).

A evolução do mercado e os avanços tecnológicos têm impulsionado novas aplicações para o PET reciclado, das cordas e fios de costura, aos carpetes, tem sido recentemente implementado no setor da construção civil em forma de fibras ou até mesmo para a fabricação de blocos.

SILVA relata que no ano de 2002 apenas 35% da resina PET produzida no Brasil foi reciclada, totalizando 105 mil toneladas. Segundo os próprios fabricantes, todos os meses, mais de 500 toneladas do material, que demora até 400 anos para se decompor, são jogadas no solo do Rio Grande do Sul. Atualmente, apenas 21% das garrafas PET são reaproveitadas no Brasil. Uma das cenas mais comuns em enchentes é o 'mar' de garrafas plásticas tipo PET acumuladas em canais e sarjetas.

O Brasil consumiu 300 mil toneladas de resina PET na fabricação de embalagens em 2002, sendo que a demanda mundial é de cerca de 6,7 milhões de toneladas por ano (GRIPPI).

Cabe levantar que devido à criação do PET veio o problema do acúmulo de garrafas plásticas que não se desintegram, um entrave ecológico, que a propósito parece estar próximo de uma solução.

Contudo, o uso do PET vem sendo implementado na construção civil com grande sucesso, e vários são os estudos sobre suas propriedades.

- ✓ As vantagens do isolamento térmico são pouco conhecidas e por isso pouco valorizadas.
- ✓ Materiais autóctones para isolamento são pouco estudados e por isso pouco explorados.
- ✓ A utilização de materiais especiais exige adaptação nos métodos tradicionais.

Em termos de formulação de novos materiais e produtos alternativos para a habitação de interesse popular, o PET aparece como alternativa em ascensão no mercado.

2.2.3 Borracha

Embora seja significativo o crescimento da frota de veículos no Brasil, a magnitude do efeito ambiental causado pelos milhões de pneus inservíveis gerados a cada ano não se percebe tão facilmente. A disposição final dos pneus representa um problema de difícil solução, pois são objetos volumosos que precisam ser armazenados em condições apropriadas para evitar riscos de incêndio e proliferação de insetos e roedores. A disposição em aterros sanitários se torna inviável, pois os pneus inteiros apresentam baixa compressibilidade e degradação muito lenta (BERTOLLO, 2002).

Recentemente, devido às preocupações ambientais, tem-se questionado a respeito da destinação ou deposição de pneus inservíveis em todo o mundo. Segundo a indústria de reciclagem Guerrato do Brasil, dentre as alternativas possíveis para o aproveitamento de resíduos de pneumáticos as que mais se destacam são:

Construção civil

- Construção de painéis de isolamento acústico;
- Construção de mantas impermeáveis para isolamento de tetos e terraços;
- Construção de pisos de borracha;

Indústria do Asfalto

- Mistura de granulado (polímero de borracha) para a formação do manto betuminoso;

Indústria automobilística

- Guarnições especiais para vidros;
- Tapetes;
- Proteção de pára-choque;
- Dutos de tomada de ar;
- Mangueiras de ligação de várias partes do motor;

- Produção de artefatos especiais de borracha (manoplas, pedais, etc.);

Indústria do Calçado

- Produção de solas de borracha;
- Produção de botas;

Segundo (FIORI, 1998) são gerados 35 milhões de carcaças de pneus anualmente no Brasil. Ainda sobre este aspecto, a Associação Brasileira da Indústria de Pneumáticos (ANIP) afirma que a produção brasileira de pneus em 1999 foi de cerca de 43,4 milhões de unidades, isto é, o Brasil acumulou nos últimos anos cerca de 100 milhões de pneus que ninguém sabe onde estocar corretamente, sem ameaçar o meio ambiente.

A quantidade de resíduos sólidos provenientes da indústria de borracha e do descarte de pneumáticos inservíveis tem levado a vários estudos acerca da utilização destes materiais reciclados na indústria, motivados, principalmente, pelo grande volume de resíduos gerados e seu longo período de degradação (SPECHT, 2002 apud BERTOLLO, 2002).

Várias tentativas de reduzir este índice têm sido buscadas, confecção de tapetes e solados de borracha, estabilização de taludes com mantas de pneus, uso como combustível, etc.

Desta forma, ao pesquisar novas alternativas para a construção civil, transitando pela industrialização leve e disponível para a intervenção individual, com novos materiais de boa performance, descobre-se que um material centenário (borracha), possui propriedades que o tornam viável para o uso.

A despeito destas questões, a utilização de borracha (resíduo proveniente de sobras de recapagem de pneus) como componente na argamassa ou no concreto ainda está sendo testada em algumas universidades, porém segundo os próprios fabricantes possui versatilidade comprovada como material isolante.

É oportuno lembrar que a maioria dos materiais utilizados na construção contemporânea têm baixos índices de isolamento. SANTOS destaca que para alcançar os índices de isolamento de 100 mm de polímeros de borracha, seriam necessários 1.8 m de concreto, 700 mm de solo-cimento ou concreto celular e 500 mm de tijolos furados.

Contudo, quando inservíveis, os pneumáticos acarretam uma série de problemas, como: degradação lenta, incomodamente perceptíveis e volumosos, necessitando de condições apropriadas de armazenamento e deposição. Outro problema relacionado ao pneu inteiro quando enterrado, é a sua tendência em subir e sair para a superfície, devido ao espaço vazio existente em sua forma (EPA, 1991).

Como pode-se observar, a disposição final de pneus inservíveis representa um problema de difícil solução, o que evidencia a necessidade da elaboração de medidas para minimizar a geração dos mesmos. Conforme (MICHELIN, 1999) alguns fabricantes têm procurado desenvolver tecnologias que aumentam a durabilidade dos pneus.

A este respeito o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), através da portaria nº 258 de 26 de agosto de 1999, estabeleceu que a partir de janeiro de 2002, para cada 4 pneus comercializados no País, nacionais ou importados, 1 pneu velho teria de ser reciclado. Para 2003 a meta era 2 pneus velhos para cada 4 novos e em 2004 a proporção será de 1 por 1. Desde janeiro deste ano o Conama

determinou que os fabricantes comprovem o destino dado a cada pneu recolhido para a reciclagem.

O fato é que todo pneu, em algum momento, se transformará em um resíduo potencialmente danoso à saúde pública e ao meio ambiente, e uma solução adequada para sua destinação final deve ser adotada. BERTOLO salienta que têm sido realizadas pesquisas, particularmente no exterior, buscando o desenvolvimento de novas tecnologias para reutilizar pneus velhos, seja na sua forma inteira, como borracha reciclada ou como combustível na geração de energia.

Por conseguinte (PAIVA, 1998) destaca que estudos estão sendo desenvolvidos com o intuito de consolidar o conhecimento da reciclagem de pneu e identificar novos potenciais de aplicação do material. Determinar os fatores químicos e mineralógicos intervenientes no processo de substituição parcial do agregado tradicional.

Em vista disso e com a convicção de estar dando um destino a um material que é fonte de poluição ambiental e que tange a características físicas e mecânicas satisfatórias para as novas necessidades construtivas do país, vislumbra-se a possibilidade de colaborar com estudos e profissionais ligados as áreas de arquitetura, construção civil e preservação ambiental.

2.2.3.1 Polímeros de borracha

Segundo Charles Goodyear, as propriedades de uma substância química estão relacionadas com sua estrutura molecular. Como exemplo, pode-se pensar na borracha natural. A forma na qual as

moléculas deste composto estão dispostas confere elasticidade ao material.

Esta propriedade não é, contudo, permanente em todas as situações. Com o aquecimento, ocorre perda de elasticidade e endurecimento da borracha, este fenômeno foi resolvido mais tarde por Charles Goodyear com a incorporação de enxofre na borracha (JONH WILEY & SONS, 1995).

Atualmente, substituintes sintéticos da borracha natural estão sendo utilizados. O estireno-butadieno é um deles, este composto foi sintetizado pelos alemães em 1930 e aperfeiçoado pelos norte-americanos durante a Segunda Guerra Mundial. A síntese ocorre pela polimerização de 57% de butadieno e 25% de estireno, (JONH WILEY & SONS, 1995).

O neopreno é um outro polímero formado a partir da polimerização do cloropreno, também muito utilizado na indústria. A produção industrial do neopreno foi desenvolvida por Wallace Carothers, o mesmo homem que criou o Nylon (JONH WILEY & SONS, 1995).

Além dos materiais sintéticos que são conhecidos com o nome geral de "borrachas", muitos outros polímeros são utilizados atualmente na produção de plásticos dos mais variados tipos.

2.3 Argamassas e suas propriedades

A composição da argamassa agrega características físicas e mecânicas provenientes de cada agregado e aglomerante utilizado na mistura e seu proporcionamento. Geralmente a argamassa é composta

por cimento, cal e areia, porém sua composição depende da finalidade para qual esta será destinada. Neste caso considera-se o cimento e a cal como aglomerantes e a areia agregado.

A principal característica dos aglomerantes, como o nome sugere é de aglomerar, ou seja, aglutinar, entretanto ambos (a cal e o cimento) possuem outras características fundamentais. A cal é conhecida por sua capacidade de reter e liberar água lentamente para a hidratação do cimento diminuindo assim a probabilidade do surgimento de fissuras na argamassa, já o cimento, se utilizado corretamente, fornece à argamassa a resistência mecânica necessária para sua resistência.

É oportuno lembrar que um dos fatores que deve ser controlado ou minimizado é a retração na secagem da argamassa. Segundo SABBATINI ocorre devido à evaporação da água de amassamento da argamassa e, também, pelas reações de hidratação e carbonatação dos aglomerantes. A retração pode acabar causando a formação de fissuras no revestimento.

As fissuras podem ser prejudiciais ou não (microfissuras). As fissuras prejudiciais permitem a percolação da água pelo revestimento já no estado endurecido, comprometendo a sua estanqueidade à água (SABBATINI, 2001).

SABBATINI salienta que argamassas com um alto teor de cimento, denominadas "fortes", estão mais sujeitas às tensões causadoras do aparecimento de fissuras prejudiciais durante a secagem, além das trincas e possíveis descolamentos da argamassa já no estado endurecido. Já as argamassas mais "fracas" estão menos sujeitas ao aparecimento de fissuras prejudiciais.

Torna-se assim, necessário conhecer as propriedades da argamassa no estado endurecido, estas que equivalem às propriedades do próprio revestimento.

Segundo SABBATINI, as propriedades da argamassa são:

➤ *Aderência;*

A Aderência pode assim ser expressa: é a propriedade do revestimento de manter-se fixo ao substrato, através da resistência às tensões normais e tangenciais que surgem na interface base-revestimento (SABBATINI, 2001, p. 22).

➤ *Capacidade de absorver deformações;*

Resume-se a propriedade do revestimento de suportar tensões sem romper, sem apresentar fissuras prejudiciais e sem perder a aderência (SABBATINI, 2001, p. 23).

➤ *Resistência mecânica;*

Define-se como: propriedade dos revestimentos de suportarem as ações mecânicas de diferentes naturezas, devidas à abrasão superficial, ao impacto e à contração termoigroscópica (SABBATINI, 2001, p. 24).

➤ *Permeabilidade;*

A permeabilidade está relacionada à passagem de água pela camada de argamassa, que é um material poroso e permite a percolação da água tanto no estado líquido como no de vapor (SABBATINI, 2001, p. 25).

➤ *Durabilidade;*

É uma propriedade do período de uso do revestimento, resultante das propriedades do revestimento no estado endurecido e que reflete o desempenho do revestimento diante das ações do meio externo ao longo do tempo (SABBATINI, 2001, p. 26).

Vários estudos estão sendo feitos em universidades para implementar ou substituir componentes da argamassa por materiais alternativos que possam reduzir seu custo e melhorar seu desempenho em alguns aspectos (térmico e acústico), sem comprometer outros (resistência e estanqueidade).

A este respeito, deve-se buscar conhecer e analisar os materiais utilizados sem com isso desprezar a eficiência de dois materiais em especial (areia e cimento), essenciais para que a argamassa adquira resistência mecânica.

Embora a argamassa é geralmente utilizada como revestimento de alvenaria, existem outras aplicações que se mostram promissoras principalmente em vista dos resultados obtidos com o uso de materiais recicláveis.

2.4 Relação entre perdas e racionalização na construção civil

Muito se discute sobre as perdas de materiais na construção civil. Os poucos estudos aprofundados sobre o tema, realizados no Brasil até o momento indicam percentuais de perdas de alguns materiais bastante elevados, dentre eles a alvenaria de vedação se destaca. A divulgação de tais resultados tem provocado a reação de alguns segmentos da indústria preocupados em melhorar o desempenho das construções (KOSKELA, 1992).

Também se discute a necessidade de conscientização por parte do setor sobre o papel dos indicadores de perdas no seu desenvolvimento. O esforço de medição do desempenho dos processos construtivos de forma clara, associada à identificação das causas reais dos problemas, constitui-se num dos pontos essenciais para a melhoria da qualidade e produtividade segundo as modernas filosofias gerenciais.

O conceito de perdas na construção civil é, com freqüência, associado unicamente aos desperdícios de materiais. No entanto, as perdas estendem-se além deste conceito e devem ser entendidas como qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão de obra e capital em quantidades superiores àquelas necessárias à produção da edificação. Neste caso, as perdas englobam tanto a ocorrência de desperdícios de materiais quanto a execução de tarefas desnecessárias que geram custos adicionais e não agregam valor. Tais perdas são conseqüência de um processo de baixa qualidade, que traz como resultado não só uma elevação de custos, mas também um produto final de qualidade deficiente (SOIBELMEN, 1993).

Segundo (KOSKELA, 1992) para reduzir as perdas na construção de edificações é necessário conhecer sua natureza e identificar

suas principais causas. Com este objetivo, as perdas podem ser classificadas de acordo com a possibilidade de serem controladas, sua natureza e sua origem.

Na situação desejada, melhora-se a eficiência das atividades que agregam valor, elimina-se uma parcela das atividades que não agregam valor, e reduz-se as demais perdas. Contudo, pode-se admitir que existe um nível aceitável de perdas (perda inevitável) que só pode ser reduzido através de uma mudança significativa no patamar de desenvolvimento tecnológico, ou seja, criação de um sistema construtivo racionalizado (KOSKELA, 1992).

Entretanto, Segundo (SOIBELMAN, 1993) os dados sobre perdas de materiais disponíveis indicam que as mesmas são bastante elevadas, existindo uma grande variabilidade nos indicadores de perdas de diferentes obras.

Considerando que uma grande parcela das perdas são previsíveis e evitáveis através de medidas de prevenção relativamente simples, é importante que o setor mobilize-se também no sentido de reduzir as perdas existentes, através da introdução de novos métodos e sistemas construtivos voltados principalmente à população de baixa renda, já que é a parcela da população que geralmente não possui condições financeiras para ter orientação de um responsável técnico (engenheiro civil).

Por conseguinte, (PINTO, 1989) destaca que a reabertura de um comércio franco e ativo com o resto do mundo nos coloca frente a novas possibilidades e mecanismos. Edificações mais ágeis na sua construção e que, ao mesmo tempo reduzam de forma objetiva o "resíduo de obra", e/ou o impacto ambiental não só são desejáveis como viáveis – PAIVA salienta que a construção civil, assim como tudo, esta aberta a

novos componentes e técnicas, que permitam a liberdade de projetar e adequar estes componentes, fazendo uso da técnica modular racionalizada.

Para isso é necessário que se reflita sobre a adequação da aplicação de métodos de racionalização da construção na produção habitacional. A constatação das diferenças tipológicas entre as soluções construtivas propostas pelo poder público e as adotadas pela população sugeriu uma reformulação teórica que servisse de referência para a ação no campo da habitação social, particularmente, aquelas que pretendem a racionalização da construção.

Sobre o conceito de racionalização e da questão habitacional e com objetivo de entender como pode o conhecimento relacionar-se à racionalização da construção e ter seu papel na tecnologia impropriamente dita formal e informal, esta última referindo-se à desenvolvida pela população de baixa renda para criar seu *habitat* e atender suas necessidades. (PAIVA, 1998) ressalta que deve-se buscar atender as necessidades de cada região integrando-as no contexto global, ou seja, relacionando-as às políticas habitacionais e à produção da habitação popular.

Busca-se compreender como, de que instrumento cogniscente, a população de baixa renda utiliza-se para solucionar seu problema de *habitat*, além de compreender o papel fundamental do conhecimento no processo de produção habitacional (PAIVA, 1998).

Observa-se, porém, que a intenção da racionalização da construção não difere estruturalmente das práticas que tem sido usadas no tratamento da questão habitacional desde a sua emergência, isto não significa dizer que as propostas da racionalização não tem validade. No entanto, produzem resultados contrários aos esperados quando as questões sócio-culturais da população são desprezadas no

desenvolvimento de propostas de racionalização da produção da habitação social.

Desta forma, (PAIVA, 1998) destaca que um dos aspectos imprescindíveis para se alcançar o objetivo de racionalizar um sistema construtivo é definir quais as etapas mais relevantes para o menor desperdício.

Segundo ele o principal responsável pelo alto índice de desperdício na construção de edificações é a alvenaria. Portanto, para conceber um projeto racionalizado é recomendável que se defina um sistema de modulação da alvenaria.

“Modular” a alvenaria é projetar utilizando-se de uma “unidade modular”, que é definida pelas medidas dos blocos, comprimento e espessura. Dessa forma, para a execução de uma modulação racionalizada deve passar pela definição do tipo de bloco ou tijolo a ser adotado nas paredes.

Portanto, para iniciar-se a modulação em planta baixa, é necessário definir alguns parâmetros. O mais importante deles é definir a família de blocos a ser utilizada no empreendimento em questão e a largura dos blocos. Esta escolha definirá em qual “unidade modular” se fará o lançamento em planta baixa. Define-se a unidade modular como ponto de partida.

Para conseguir-se uma correta amarração entre paredes é necessário que os blocos tenham a seguinte relação:

$$c = 2 \times l + j, \text{ sendo}$$

c = comprimento

l = largura

j = espessura da junta

Mais usualmente, utiliza-se duas famílias de blocos: a família 29 e a família 39 (PAIVA).

A família 29, adotada neste projeto é composta de três elementos básicos: o bloco B14 (14x34x14 cm), o bloco B29 (14x34x29 cm) e o bloco B44 (14x34x44 cm), respectivamente, largura, altura e comprimento.

Adota-se a família 29 para projetar usando unidade modular 15 e múltiplos de 15, onde 15 é a medida do bloco de 14 cm, mais 1 cm de espessura das juntas. No caso da família 29, os blocos têm sempre 14 cm de largura. Ou seja, o comprimento dos blocos é sempre múltiplo da largura, o que evita o uso dos elementos compensadores.

Projetar alvenarias moduladas com blocos vazados de argamassa lembra a montagem de um jogo de peças de encaixes, como o "Lego". Modular é amarrar um elemento ao outro com juntas alternadas e amarrar as alvenarias, encaixando os elementos de uma e de outra em fiadas alternadas (COLEÇÃO HABITARE, 1997, p. 31).

Outro aspecto que deve-se salientar é a importância da interação dos elementos construtivos. Daí a necessidade de adquirir o máximo de conhecimento sobre o sistema construtivo, como já mencionado.

Sugere-se, ao fechar os vãos das alvenarias, utilizar o máximo de blocos B29 e em seguida lançar os vãos das esquadrias e os shafts (PAIVA).

O "fechamento" definitivo da modulação em planta baixa, no entanto, só ocorre após a execução das elevações das alvenarias, quando

se dá realmente o processo de compatibilização com as instalações. Somente quando se insere os vãos das janelas, e principalmente os shafts que abrigam as instalações hidrossanitárias, é que concluímos a posição definitiva dos blocos em planta baixa.

Segundo PAIVA é importante sempre avaliar as soluções adotadas e minimizar a variabilidade de componentes. Normalmente, as soluções simples de um projeto estão associadas à facilidade na hora de executar a obra. A figura 1 mostra os blocos e modulações mais utilizadas.

Dimensão modular	Dimensão nominal	Tipos de materiais
15 x 30	14 x 29	Cerâmica, Concreto, <i>Bloco "X"</i>
12,5 x 25	11,5 x 24	Cerâmica, Sílico-calcáreo
20 x 40	19 x 39	Concreto
15 x 40	14 x 39	Concreto

Figura 1 - Blocos e modulações mais comuns

Para conseguir-se uma perfeita modulação é necessário trabalhar com as medidas dos blocos desde a concepção dos espaços. Neste ponto é interessante ressaltar a importância e a interação entre os projetos (hidrossanitário, elétrico e arquitetônico). Então pode-se iniciar a modulação definitiva. Neste ponto sempre existirão alguns ajustes necessários.

Os encontros de paredes são pontos muito importantes no sistema. Portanto, deve-se intercalar as fiadas evitando-se utilizar juntas a prumo, deste modo as amarrações com blocos modulares são automaticamente resolvidas com a defasagem de meio bloco.

2.5 Teor de ar incorporado

O teor de ar das argamassas é expresso em porcentagem e pode ser obtido por dois métodos: gravimétrico e pressiométrico.

O método gravimétrico consiste em comparar a massa específica da argamassa fresca contendo ar, com a massa específica da argamassa fresca sem ar (calculada teoricamente). O teor de ar pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$AR = 100 \times [1 - ME_E/ME_T]$$

Onde: AR = teor de ar da argamassa em (%).

ME_E = massa específica da argamassa com ar (obtida em ensaio), em (g/dm³).

ME_T = massa específica da argamassa sem ar (calculada teoricamente), em (g/dm³).

O método pressiométrico (manométrico) baseia-se na lei de Boyle para determinação do teor de ar, pela relação da pressão e do volume, em uma dada temperatura. Neste método, o medidor empregado é constituído por uma campânula de medida e um sistema de vedação. O seu princípio consiste na introdução de água, até uma determinada altura, sobre a amostra de volume conhecido de argamassa, e na aplicação de uma pressão de ar pré-estabelecida, por meio de uma pequena bomba, sobre a água. A determinação consiste na redução do volume de ar da amostra de argamassa, pela observação da quantidade de água que se penetra sob a pressão aplicada, sendo que esta quantidade é calibrada em termos de porcentagem de vazios de ar na amostra de argamassa. Assim, o equipamento fornece diretamente o volume de ar da amostra.

As normas DIN 185 e ASTM 780 prescrevem o método. A NBR 11686/90 prescreve o equipamento, podendo ser utilizado para determinação do teor de ar de argamassas.

2.6 Permeabilidade à água

O ensaio proposto para avaliar a permeabilidade em superfícies verticais (paredes) é o método do cachimbo. Neste método o cachimbo fixado sobre o revestimento, através de um mastique, é preenchido com água até a referência do nível. Registra-se, a cada minuto, a leitura do abaixamento do nível da água em cm^3 , até completar 15 min ou o nível da água atingir a marca de 4 cm^3 . Devem ser realizados no mínimo três pontos de ensaio sobre o revestimento, distanciados em no mínimo 1 metro. Os resultados são apresentados em um gráfico com o nível de água em cm^3 versus tempo em minutos.

2.7 Isolamento sonoro

Verificar-se-á o isolamento acústico de uma parede construída em escala real com os blocos (aproximadamente $4,00\text{m} \times 3,00\text{m}$), dentro da câmara de acústica no LMCC - Laboratório De Materiais de Construção Civil da Universidade Federal de Santa Maria.

Este ensaio será realizado para obtenção do índice de isolamento sonora da parede. Deve-se para isso adotar os procedimentos de ensaio regulamentados na International Standard ISO (717-1) e International Standard ISO 140/IV.

As figuras 2 e 3 apresentam a parede e os equipamentos utilizados na realização de ensaios de transmissibilidade e isolamento acústico.

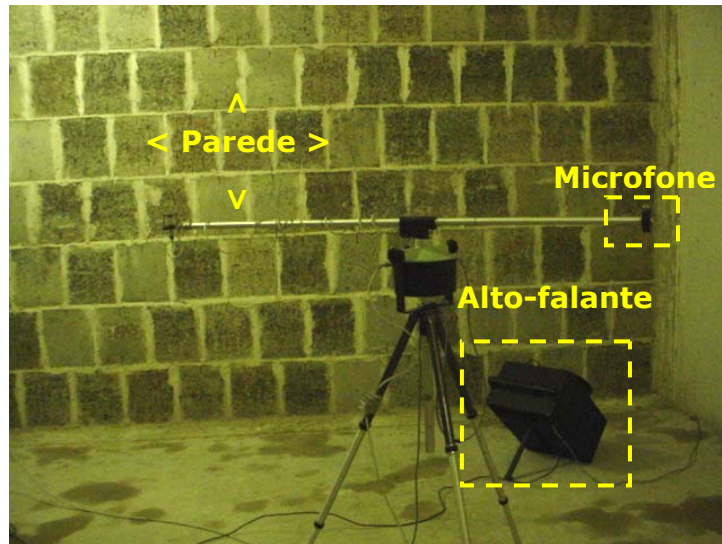


Figura 2 – Vista frontal da parede e equipamentos

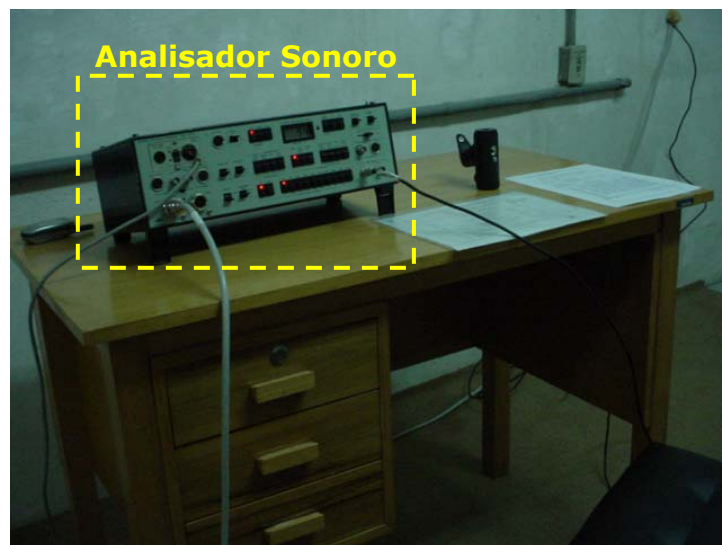


Figura 3 – Analisador sonoro – Tipo 4418

Equipamentos utilizados neste ensaio:

- Microfone – responsável por captar o som (ruído);

- Alto-falante – responsável pela emissão do som (ruído);
- Analisador sonoro – responsável pelo armazenamento dos dados e emissão do relatório dos resultados do ensaio;

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação do estudo

Neste estudo analisou-se um sistema construtivo para habitações populares e a viabilidade da inclusão de materiais alternativos no elemento construtivo.

A pesquisa realizada é de ordem quantitativa e qualitativa, uma vez que os materiais serão testados em laboratório, analisados numericamente e, o produto – blocos – analisados qualitativamente.

3.2 Plano de coleta dos dados

Inicialmente foram resgatados todos os dados coletados na primeira etapa da pesquisa.

O início desta pesquisa ocorreu em (julho/2001), e foram várias as modificações feitas no sistema de formas (figura 4), utilizadas para a moldagem dos blocos.



FIGURA 4 – Terceira geração de formas

É importante ressaltar que esta etapa da pesquisa (iniciada em Abril/2003) tem por finalidade a análise das propriedades físicas e mecânicas do bloco e dos materiais empregados na argamassa, conforme figura 5.

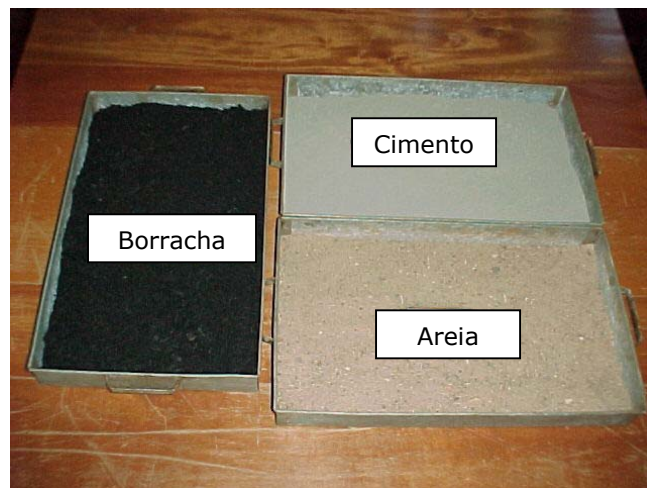


FIGURA 5 – Materiais componentes da argamassa

Um dos ensaios realizados para caracterizar a argamassa foi o ensaio de ar incorporado. Este ensaio serve para obter o percentual de ar incorporado à argamassa durante o preparo da mesma (figura 6).



FIGURA 6 – Equipamento para ensaio de ar incorporado

Outro ensaio realizado para caracterizar os materiais foi o ensaio da massa unitária solta dos agregados. Este ensaio determina o peso específico de cada material necessário para calcular as dosagens (figura 7).



FIGURA 7 – Ensaio de massa unitária solta da borracha

De abril a julho de 2003 foram realizados testes de resistência à compressão dos blocos através do equipamento para ensaio de compressão axial, como destaca a figura 8.



FIGURA 8 – Equipamento para ensaio de compressão axial

A resistência a compressão axial de cada bloco ou corpo de prova ensaiado é obtida através da relação força/área, ou seja força aplicada por um pistão hidráulico sobre o bloco até que ocorra sua ruptura dividida pela área de contato da base do bloco, segundo NBR 6461/1983.

Está executada e em observação - desde Julho/2002 - uma parede exposta às intempéries - ao ar livre - sendo que, a mesma, serve para análise de patologias.



FIGURA 9 – Parede em teste às intempéries

Em seguida analisou-se o bloco através do ensaio de permeabilidade, realizado com o equipamento “cachimbo” (figura 10).



FIGURA 10 – Equipamento para ensaio de permeabilidade “cachimbo”

Com este dispositivo é possível avaliar a permeabilidade de um revestimento de parede, através da propriedade da absorção de água sob uma pressão inicial de 92 mm de coluna de água. Esta pressão de água de 92 mm corresponde à ação estática de um vento com velocidade aproximada de 140 km/h.

3.3 Plano de análise dos dados

De posse dos resultados dos ensaios, estes foram analisados de acordo com os procedimentos descritos nas Normas Técnicas da ABNT, e outras de organismos internacionais (DIN, ASTM, CSTB).

Face aos resultados obtidos com os ensaios, os mesmos foram confrontados com os descritos nas normas específicas, verificando assim o desempenho do elemento (bloco).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo apresentou-se os resultados dos ensaios realizados com os materiais utilizados na fabricação dos blocos e os resultados dos ensaios realizados nos blocos.

4.1 Ensaio para obtenção do ar incorporado

A tabela 4 apresenta os resultados obtidos através dos ensaios de ar incorporado na argamassa, na moldagem dos blocos.

Tabela 4

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE AR INCORPORADO

Número da Moldagem	Ar Incorporado (%)
Nº 04	12,0
Nº 06	13,0
Nº 08	12,0
Nº 10	20,0
Nº 12	9,0
Nº 14	16,0
Nº 16	25,0
Nº 18	22,0

Através da tabela 4 e da figura 11 pode-se observar variação no teor de ar incorporado dos blocos analisados. Este ocorre devido à variação do tipo do agregado (borracha) adicionado, e do tempo de mistura na betoneira.

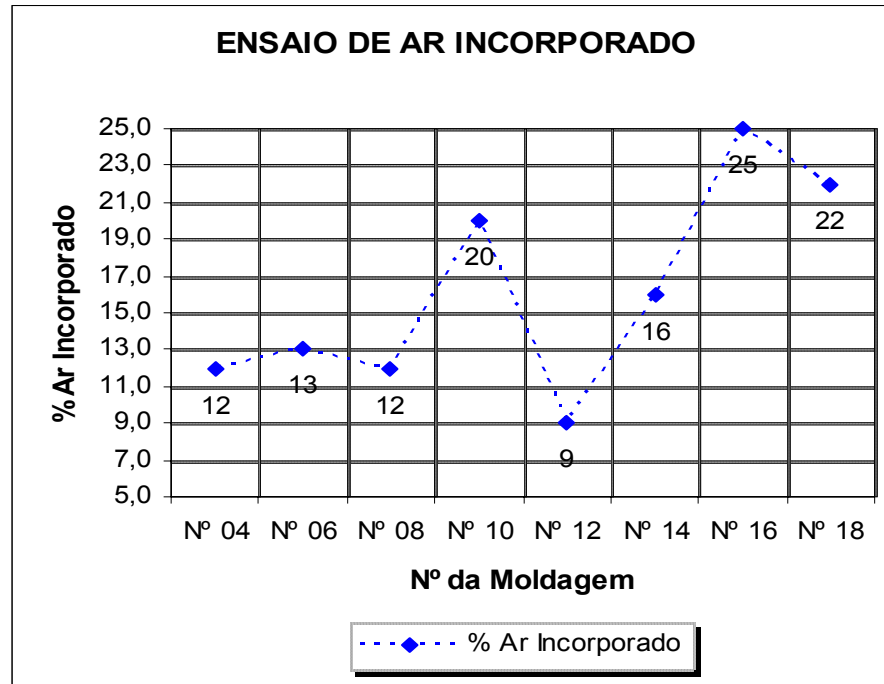


FIGURA 11 – Gráfico dos resultados do teor de ar incorporado da massa

O teor de ar incorporado pode variar de: $ar < 8\%$; $8\% < ar < 18\%$ e $ar > 18\%$ (NBR 13281/01). Sinalizam variações que tanto podem beneficiar redução de custo em virtude de redução do aglomerante, redução da massa no bloco/conjunto parede, como também poderão apresentar preocupações no sentido de maximizar problemas de acabamento e aderência final do revestimento.

4.2 Ensaio para determinação da permeabilidade do bloco

Os resultados do teste com o "cachimbo" estão apresentados no gráfico com o nível de água em cm^3 versus tempo (em minutos), como mostram as figuras 12 e 13.

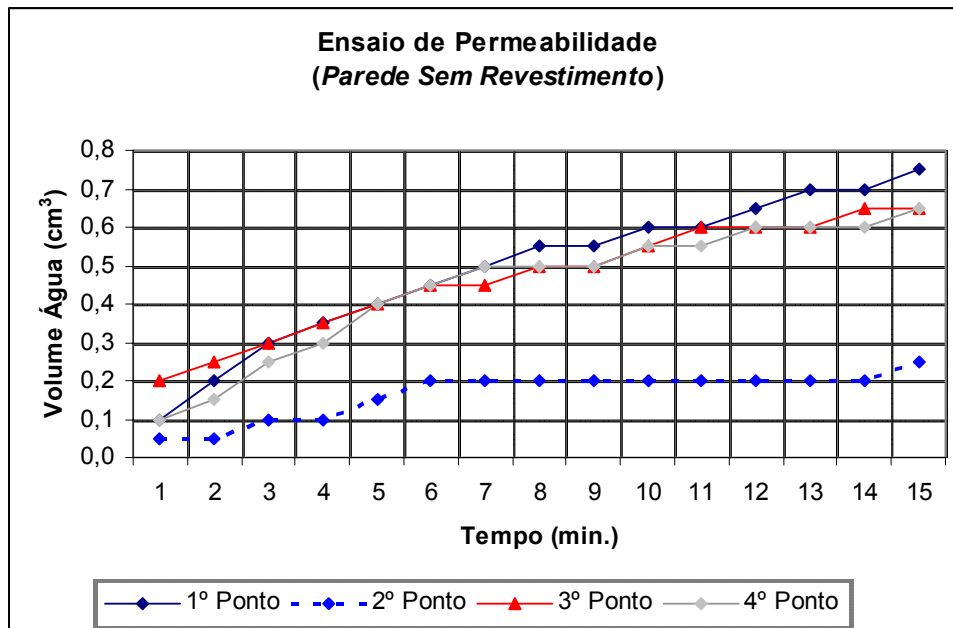


FIGURA 12 – Ensaio de Permeabilidade – Parede Sem Revestimento

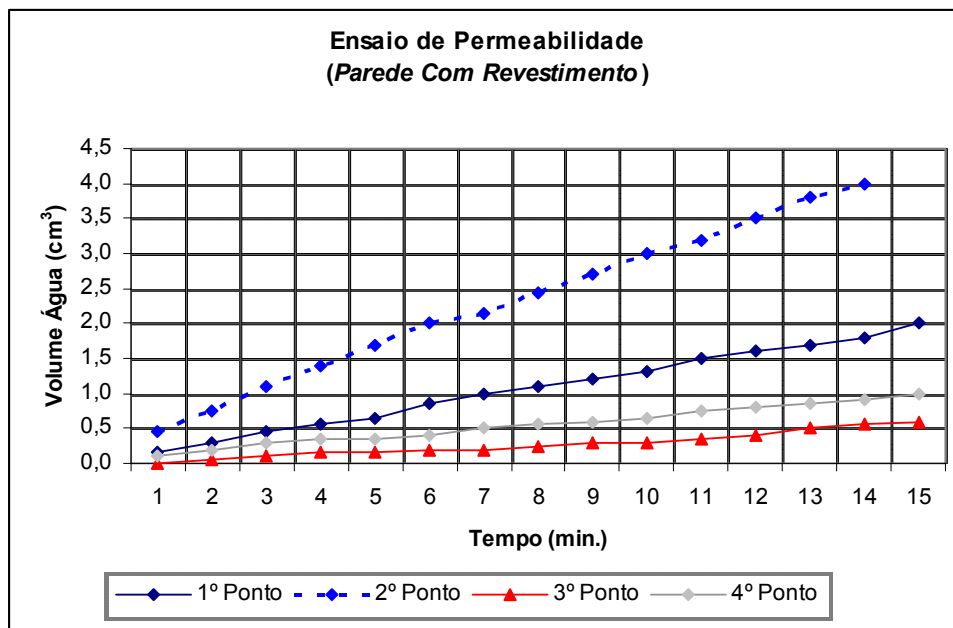


FIGURA 13 – Ensaio de Permeabilidade – Parede Com Revestimento

Verifica-se baixa absorção em ambos os casos, podendo-se destacar o caso da parede sem revestimento, ou seja, a própria em investigação, onde o nível de água pelo tempo em minutos apresenta

performance comparada dentro de padrões normais de parede de vedação quanto ao quesito permeabilidade.

Futuros ensaios de aderência e acabamento poderão justificar seu desempenho.



FIGURA 14 – Detalhe da fixação do “cachimbo” na parede



FIGURA 15 – Equipamento “cachimbo” fixado

4.3 Ensaio para obtenção da Massa Unitária Solta dos materiais

Tabela 5

ENSAIO PARA OBTENÇÃO DA MASSA UNITÁRIA SOLTA DOS COMPONENTES DA MISTURA

Massa Unitária Solta do aglomerante			
Volume Cuba (dm ³)			20,190
CIMENTO			
Descrição	Peso (kg)	Peso Médio (kg)	Mas. Unit. Solta (kg/dm ³)
Peso 1 (kg)	22,920	22,483	1,114
Peso 2 (kg)	22,530		
Peso 3 (kg)	21,998		
Massa Unitária Solta dos agregados			
Volume Cuba (dm ³)			20,190
AREIA			
Descrição	Peso (kg)	Peso Médio (kg)	Mas. Unit. Solta (kg/dm ³)
Peso 1 (kg)	32,100	32,507	1,610
Peso 2 (kg)	32,590		
Peso 3 (kg)	32,830		
BORRACHA			
Descrição	Peso (kg)	Peso Médio (kg)	Mas. Unit. Solta (kg/dm ³)
Peso 1 (kg)	7,460	7,567	0,375
Peso 2 (kg)	7,550		
Peso 3 (kg)	7,690		

Pelos valores apresentados verifica-se a baixa massa unitária da borracha que possibilita que o bloco apresente bom desempenho na parede, sem contudo, sobrecarregar a estrutura.

4.4 Ensaios de compressão axial

Durante o tempo de pesquisa procurou-se estudar além das características dos componentes da mistura, dosagens com variações no

aglomerante para que o elemento (bloco) se tornasse viável, ou seja, relação custo benefício, porém mantendo resistência mínima.

Com isso variou-se a dosagem dos componentes a fim de conseguir a resistência compatível necessária. As figuras 16 e 17 representam as moldagens e as resistências obtidas através dos ensaios de compressão axial.

Paralelamente às moldagens dos blocos, foram moldados e ensaiados corpos de prova (10,0cm X 20,0cm) para obter-se uma correlação aos ensaios, sobre as mesmas dosagens das argamassas.

Resultados dos blocos e corpos de prova (cps) rompidos a compressão.

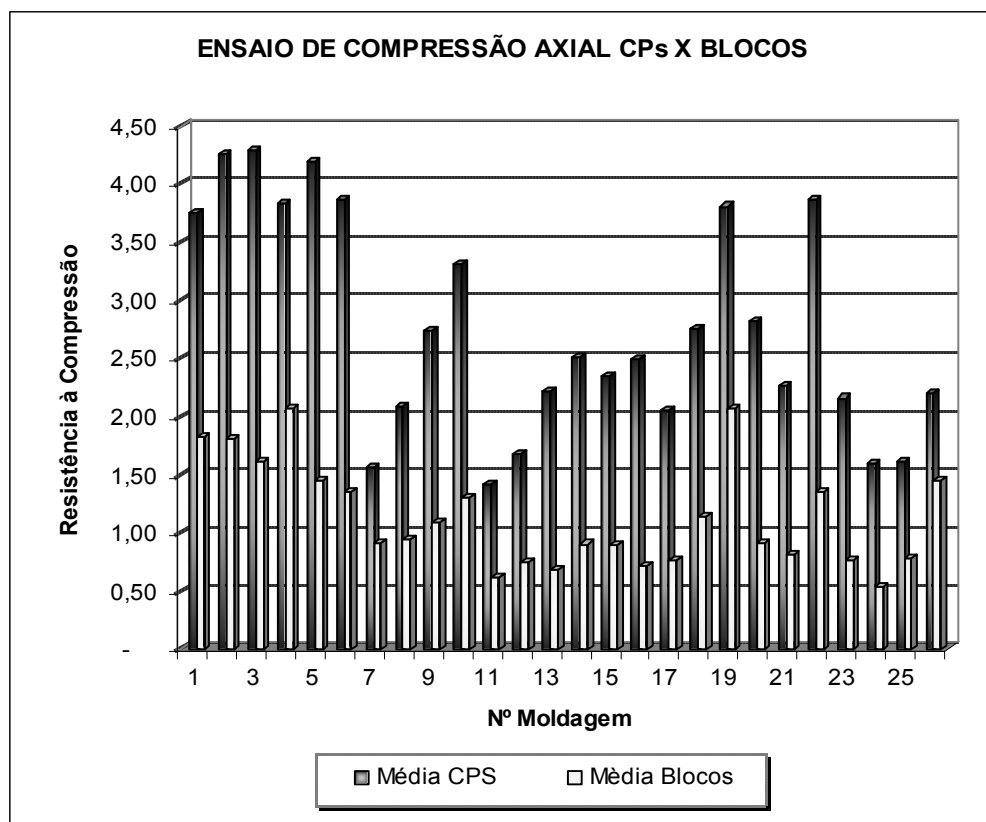


FIGURA 16 – Resultados dos ensaios de compressão axial cps e blocos

Observou-se correlação direta (proporcionalidade) mantida entre os resultados dos cps e blocos.

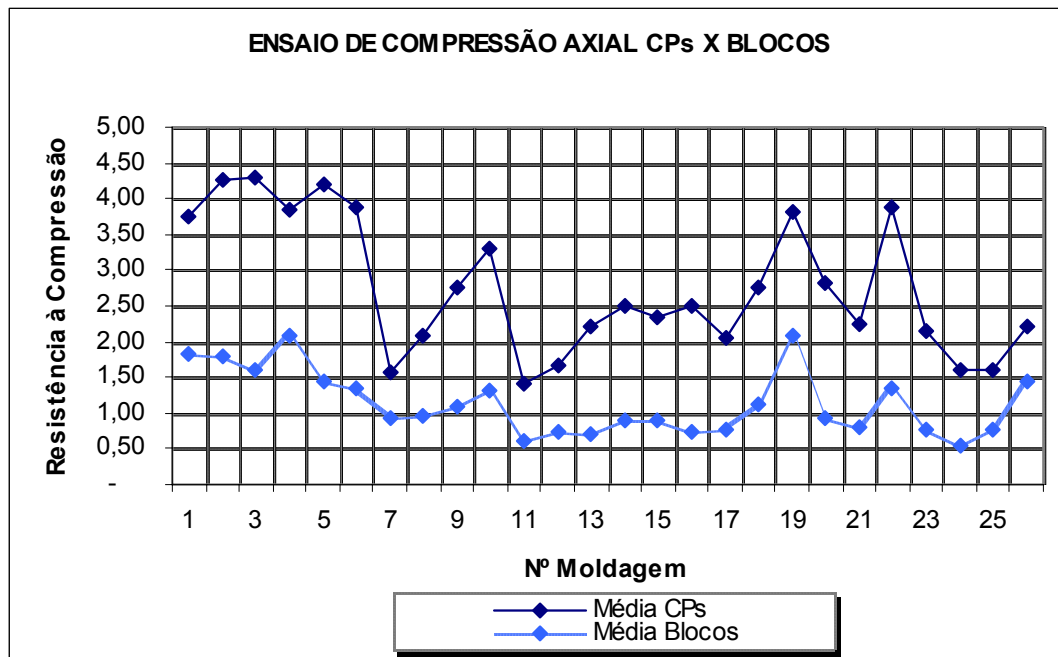


FIGURA 17 – Resultados dos ensaios de compressão axial cps e blocos

Face aos ensaios de compressão realizados tanto nos blocos como nos corpos de prova, a investigação constatou:

- As resistências resultaram, em média, aproximada a 1,00 MPa, mínima para alvenaria de vedação;
- As resistências dos corpos de prova apresentaram valores que dão suporte para se estabelecer controle dos blocos;
- Ocorreram variações de resistência ao longo dos meses de moldagem em função da variação do fator água/cimento;
- Tanto as misturas quanto a forma de homogeneização foram, no desenvolvimento do processo, modificadas várias vezes no seu procedimento, até a constatação da

melhor maneira de proceder-se à conformação do produto;

4.5 Ensaio de isolamento sonora

As figuras 18 (A, B, C, D, E, F) apresentam os resultados obtidos no ensaio de transmissibilidade acústica dos blocos.

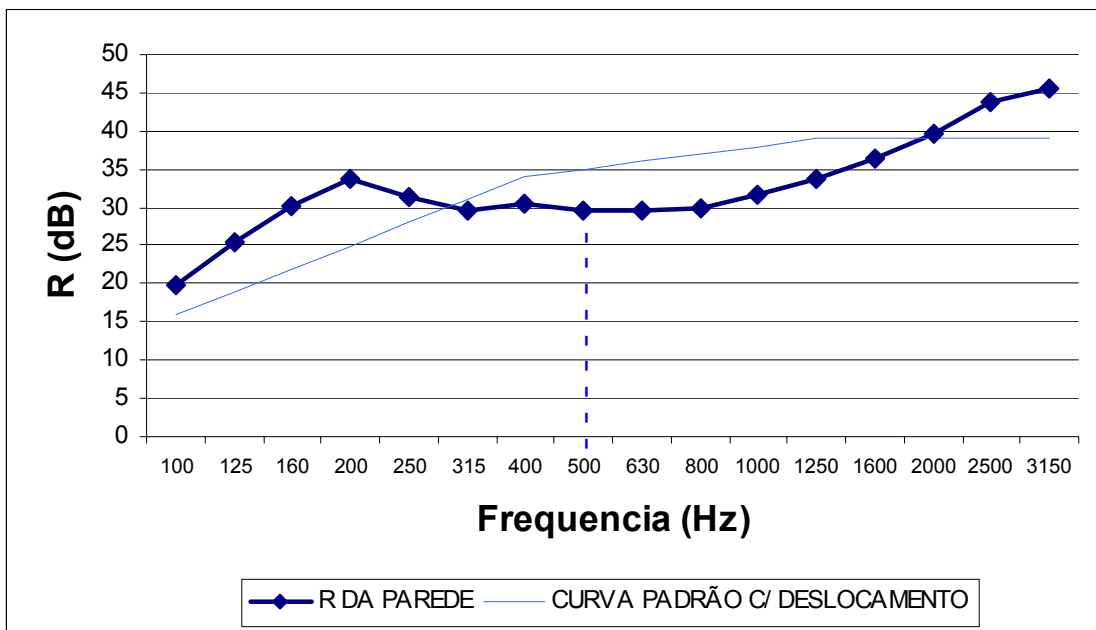


FIGURA 18A – Resultados do ensaio de isolamento sonora da parede sem revestimento

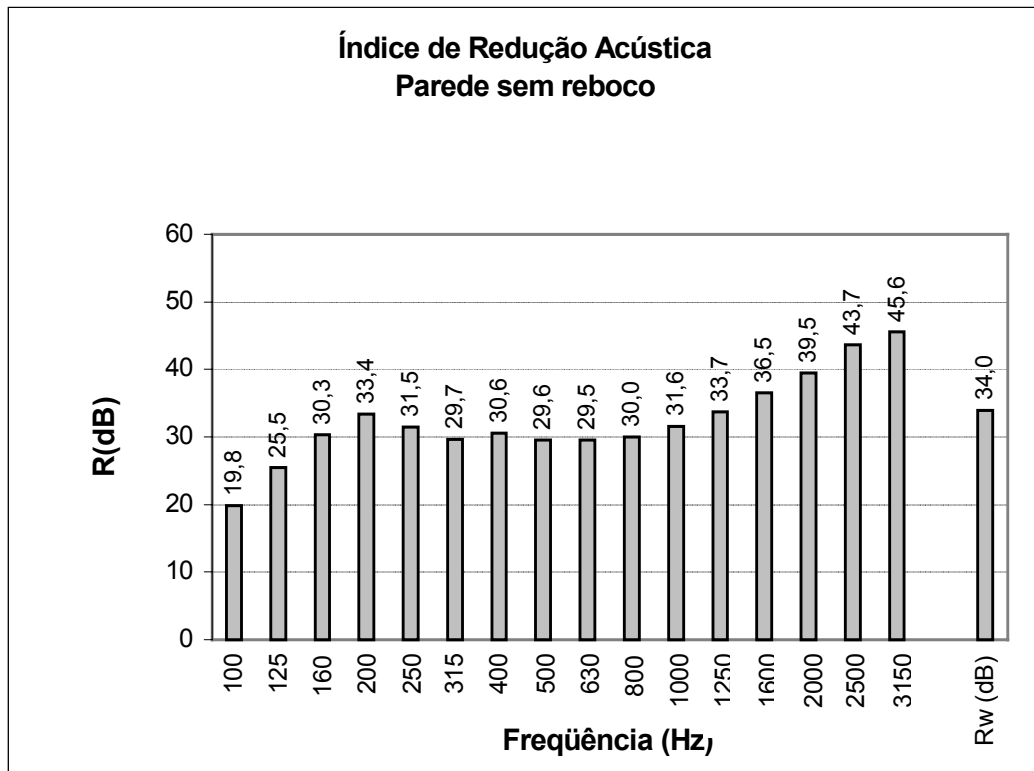


FIGURA 18B – Índice de Redução Acústica Parede sem revestimento

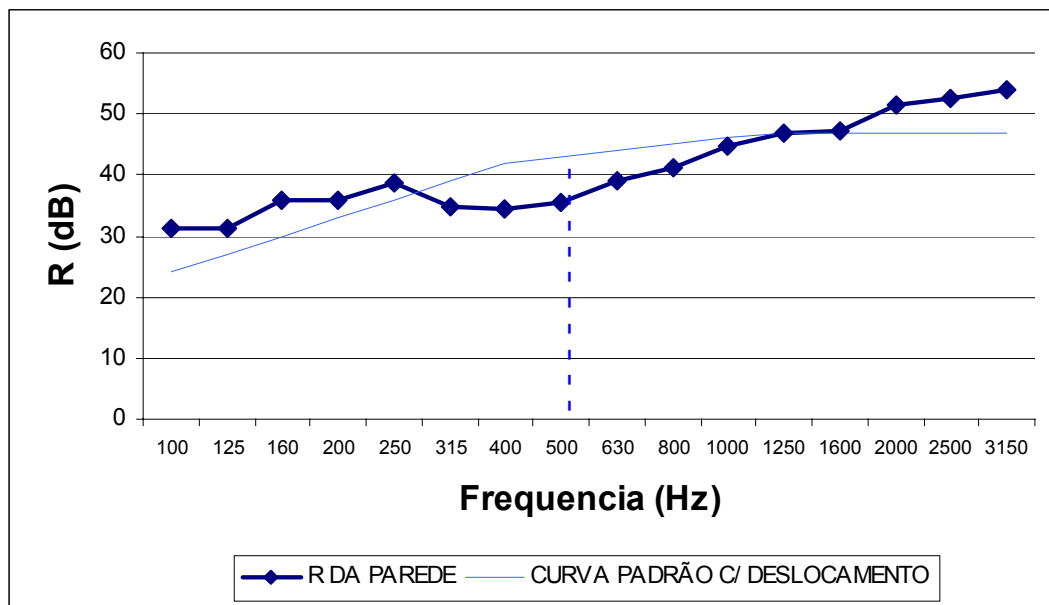


FIGURA 18C – Resultados do ensaio de isolamento sonora da parede com revestimento

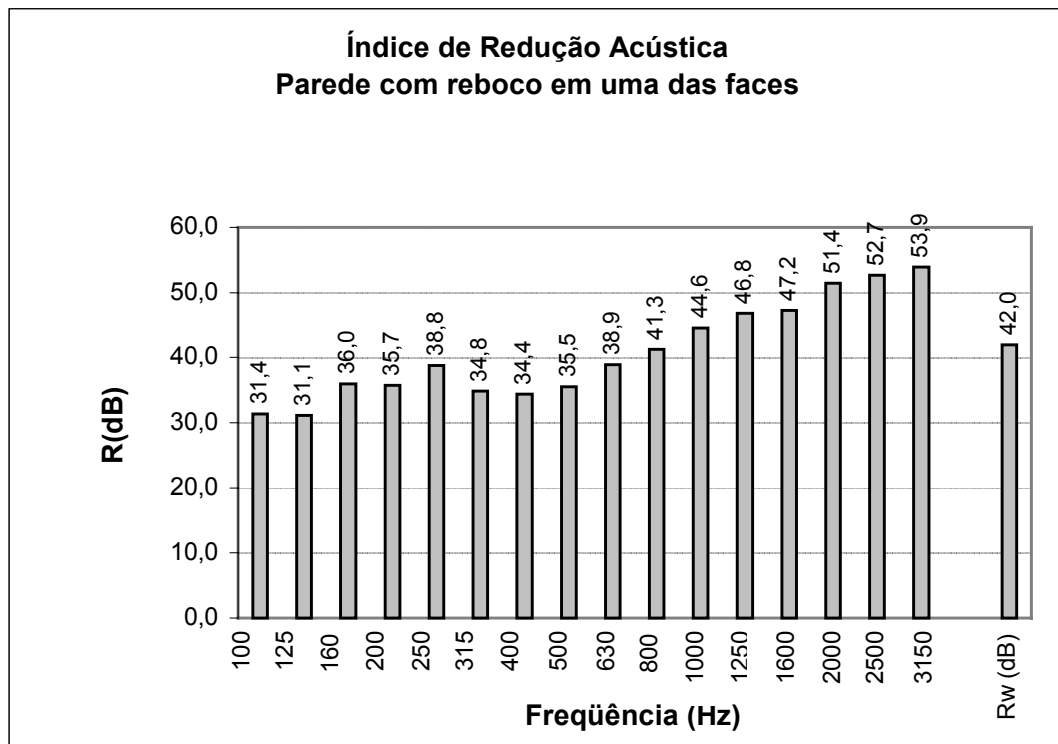


FIGURA 18D – Índice de Redução Acústica com revestimento em uma das faces

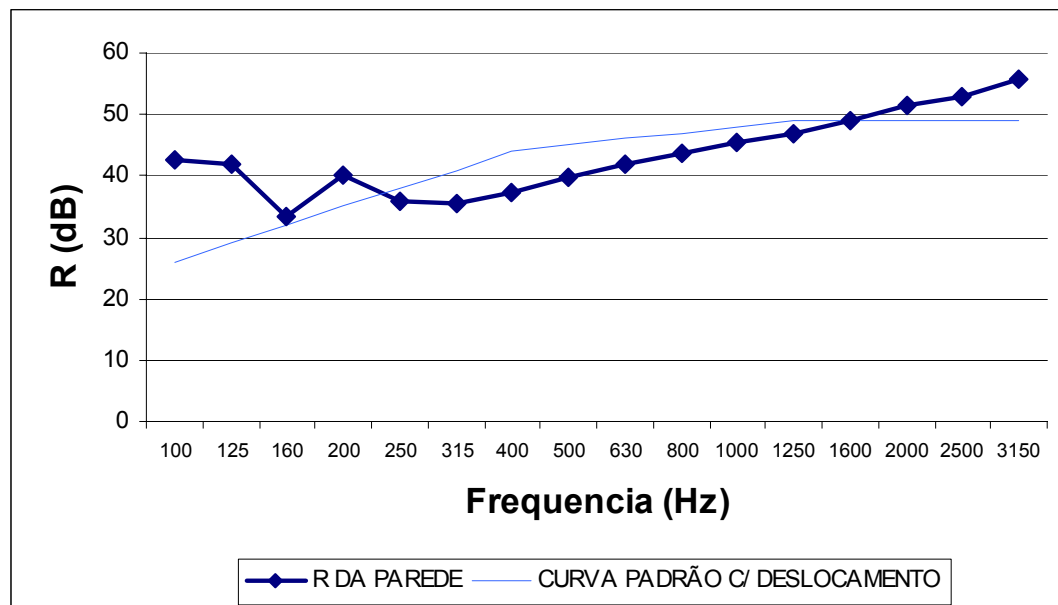


FIGURA 18E – Resultados do ensaio de isolamento sonora da parede com revestimento em duas faces

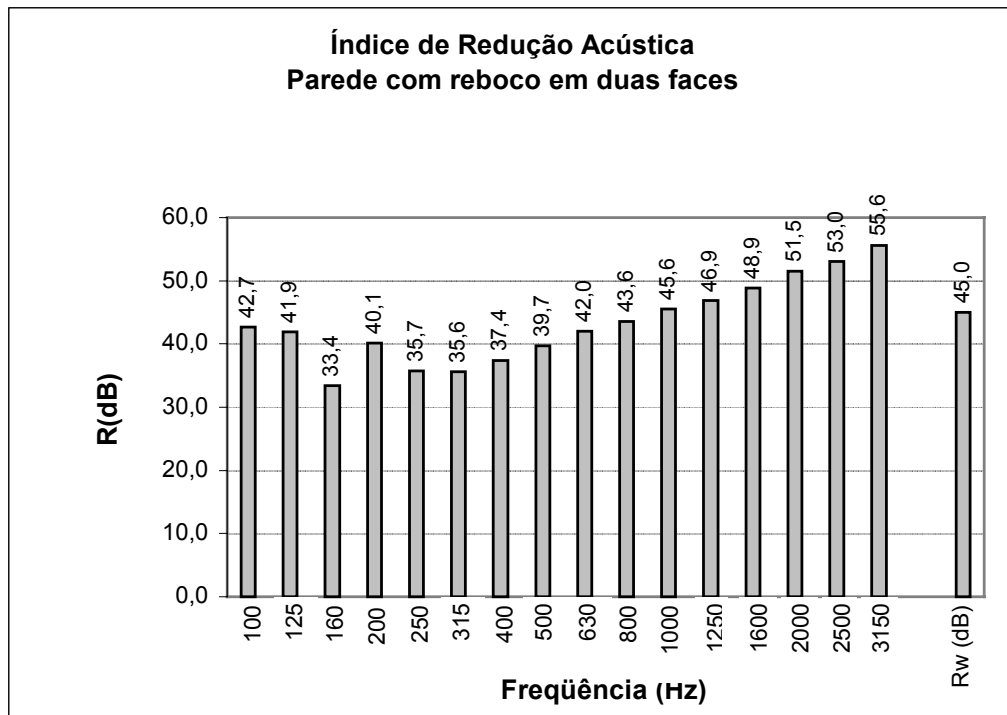


FIGURA 18F – Índice de Redução Acústica com revestimento em duas faces

Como pode-se observar através das figuras 18 (A, B, C, D, E, F), os resultados obtidos nos ensaios de isolamento sonora são expressos em várias frequências (Norma ISO 140/IV) , porém o valor utilizado como índice de isolamento sonora (R) expresso em decibéis (dB) é obtido na frequência de 500 Hertz (Hz) pois segundo especialistas esta é a frequência mais nociva ao ouvido humano.

Outro fato relevante a ser ressaltado é o bom desempenho do bloco em relação a este ensaio, pois em sua situação mais desfavorável (sem revestimento nas duas faces) obteve-se índice de isolamento sonora de 34 dB. Para melhor compreensão é importante lembrar que uma parede de blocos cerâmicos de vedação (espessura 20,0cm com revestimento de 1,5cm em ambas as faces) possui índice de isolamento sonora de 38 dB (SILVA, 2000).

4.6 Parede exposta às intempéries

A figura 19 apresenta a parede exposta às intempéries para observação da ação do tempo (sol, chuva, vento, variação térmica, etc.), na qual identificou-se o surgimento de algumas patologias.

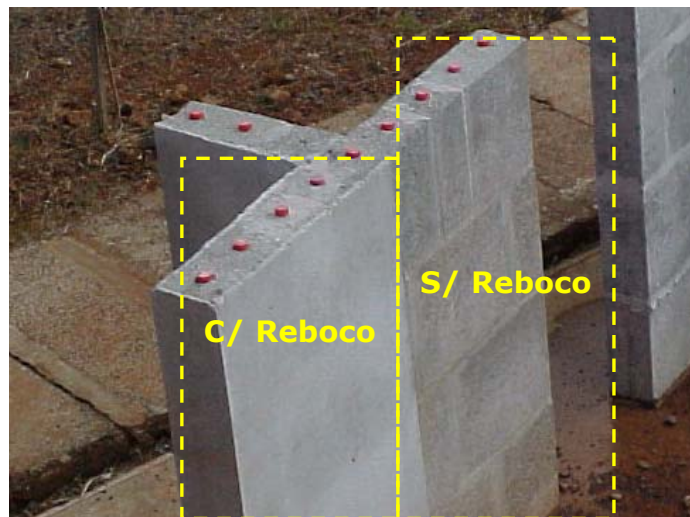


FIGURA 19 – Parede exposta a intempéries

Através de verificação visual foram encontradas patologias na parede, como nos mostra a figura 20. Detectou-se fissuras no revestimento de argamassa (reboco) sendo que o mesmo foi executado criteriosamente de acordo com os procedimentos e materiais adequados.

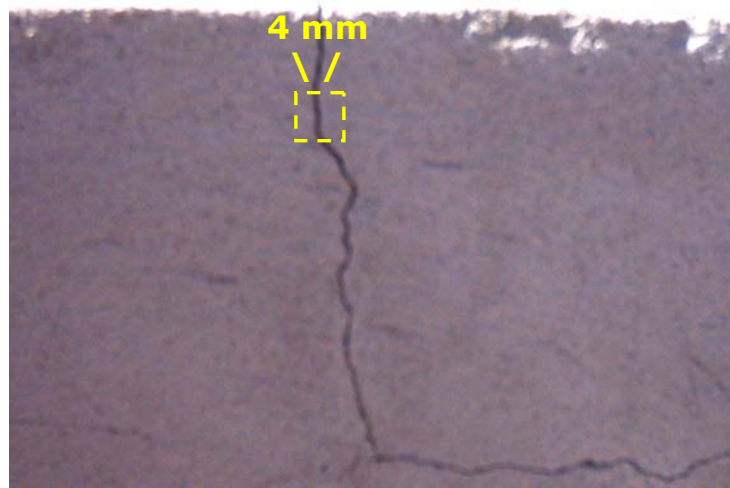


FIGURA 20 – Fissura identificada no revestimento

A parede apresentou uma espécie de “bolor” e/ou “mancha” esbranquiçada, como apresentada na figura 21.

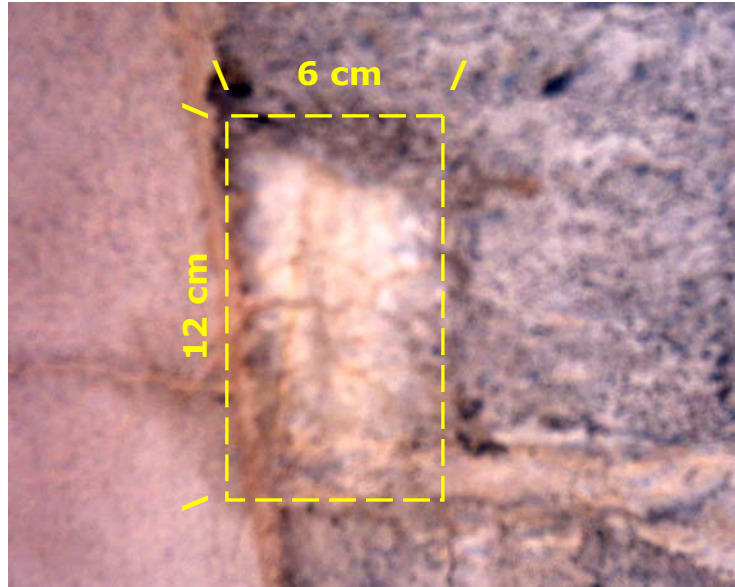


FIGURA 21 – Mancha esbranquiçada identificada

Outro fator observado na análise da parede foi o surgimento de manchas escuras sem causa definida como apresentada na figura 22.

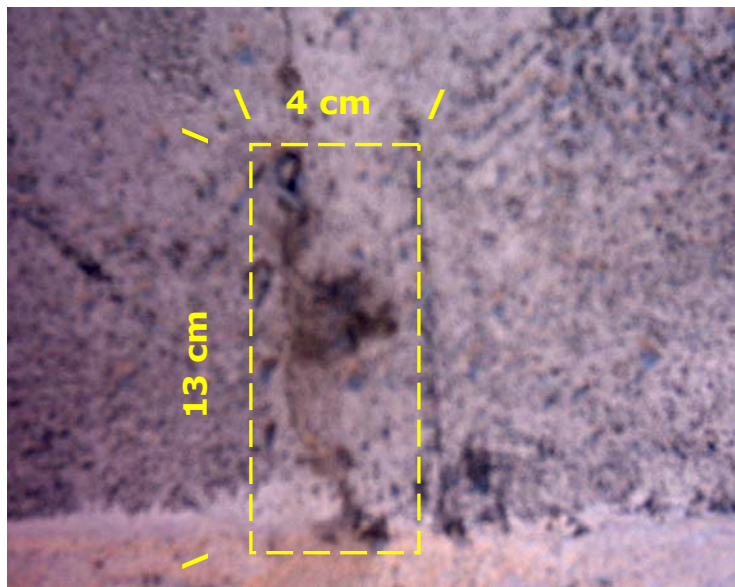


FIGURA 22 – Mancha escura identificada

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões

Os resultados obtidos nos ensaios de compressão axial e nos demais ensaios de caracterização dos blocos, apresentados, analisados e interpretados nos capítulos anteriores, bem como a avaliação crítica dos resultados relatados na literatura permitiram estabelecer as seguintes conclusões.

- No ensaio de ar incorporado pode-se dizer que os valores individuais se distinguem em duas faixas, sendo que tanto o aglomerante como os agregados ao incorporarem ar no momento da mistura, aumentaram a trabalhabilidade (plasticidade), permitindo uma sensível redução de água. Nesta investigação, o traço com baixo consumo de cimento e com deficiência em granulometria fina, a incorporação de ar foi benéfica, com vantagens também para a redução da segregação. O ar presente na mistura, permite que a água da argamassa possa expandir-se (no caso de inverno rigoroso) com o congelamento, sem contudo apresentar variações volumétricas, não desejáveis. Contudo o ar em excesso

deverá ser controlado pois pode maximizar problemas de acabamento e/ou aderência final no revestimento.

- Os resultados dos testes de permeabilidade feito tanto nos blocos, como na parede apresentaram valores que quando submetidos a pressão hidrostática, as argamassas sofrem inicialmente um efeito composto de penetração a água por capilaridade em conjunto com a pressão existente, e o método do “cachimbo” revelou que inicialmente os resultados de testes nos blocos foram potencialmente interessantes pela baixa penetração de água. Já a parede composta de blocos e argamassa apresenta índice menor para os primeiros 15 minutos, porém, se considerando que a argamassa de revestimento apresenta traço diferenciado ao da argamassa do bloco, as performances, ainda assim, são positivas.
- Nas composições de cimento, areia e borracha verificou-se que a mistura teve um significativo ganho quanto a trabalhabilidade – constatado na análise dos materiais utilizados. Esta característica é muito importante porque na prática ter-se-á benefícios de moldagem na confecção dos blocos.
- A adição da borracha na argamassa, mostrou-se potencialmente interessante, uma vez que reduziu-se o teor de cimento para o produto, porém dando a este resistência mínima necessária ao objeto a que se destina.

- A sua massa específica baixa, para os módulos propostos, possibilita um rendimento elevado na confecção de paredes com ganho em eficiência e produtividade. Confere ganho nas propriedades acústicas além de apresentar menor peso por metro quadrado de parede levantada.
- Quanto às resistências ressalta-se que quando comparada as especificações para blocos cerâmicos de vedação (mínima = 1,0MPa), estes elementos investigados em técnica dosada e controlada demonstram ser uma alternativa para redução de custos e poluição.
- Ao moldar-se os blocos com uma, duas e três garrafas "PET", juntamente com corpos de prova, nas dimensões de 10,0cm x 20,0cm, pode-se verificar que com o aumento ou diminuição da resistência dos blocos, os corpos de prova também se elevaram ou diminuíram, porém numa razão constante (1:2) conferindo valores que poderão ser adotados num futuro próximo. Para ter-se um controle tecnológico da argamassa, sugere-se moldar apenas corpos de prova para ensaios destrutivos e não mais blocos prontos para uso, sendo importante ressaltar este paralelo similar "cps x bloco" que norteará a próxima geração de controle.
- Em uma análise, ainda que precoce, da alvenaria de blocos exposta às intempéries verificaram-se, algumas patologias (fissuras, manchas, etc) as quais merecem aprofundamento em estudos futuros. Os dados observados servirão de base, ao se constatar que as

pesquisas devem continuar, pois o uso da borracha e outros materiais alternativos são viáveis em técnica dosada com controle, mostrando ser uma alternativa econômica e eficiente para a minimização de problemas ambientais.

- As formas utilizadas para a modelagem do produto, sofreram modificações no percurso do processo de investigação. As de gerações atuais flexibilizaram a tarefa dos pesquisadores dando um ganho de qualidade no produto final.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

- Analisar comparativamente (custo x benefício) do bloco alternativo com blocos cerâmicos de vedação;
- Aperfeiçoar o sistema de formas utilizado para a moldagem dos blocos a fim de garantir produção em larga escala;
- Aprofundar a análise das reações dos blocos expostos, particularmente ou especialmente no que se refere as “manchas esbranquiçadas e escuras”;

BIBLIOGRAFIA

ABEPET. **Associação Brasileira dos Fabricantes de Embalagens PET.**

Disponível em: <http://www.abepet.com.br> Acesso em:10 set. 2003.

ALVENARIA. **Racionalizando a Alvenaria.** Disponível em:

<http://www.alvenaria.hpg.ig.com/norma.hpg> Acesso em:7 set. 2003.

ANDRADE, L. S. **Racionalização da Construção.** São Paulo, 1995. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo.

ANGULO, S. C. **Produção de concretos com agregados reciclados.**

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Departamento de Construção Civil. Universidade Estadual de Londrina. 1998.

ANIP. **Associação Nacional de Importadores de Pneus.** Disponível

em: <http://www.anip.com.br> Acesso em:10 set. 2003.

ARAÚJO, J. C. Herança Indigesta. **Revista ISTOÉ,** São Paulo, julho de 2003. P.74

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Informação e documentação – Citações em documentos – Apresentação:** NBR 10520. Rio de Janeiro, 2002. 7p. Origem: Projeto NBR 10520/02.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Informação e documentação – Referências - Elaboração:** NBR 6023. Rio de Janeiro, 2002. 24p. Origem: Projeto NBR 6023/02.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos - Apresentação:** NBR 14724. Rio de Janeiro, 2002. 6p. Origem: Projeto NBR 14724/02.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Bloco Cerâmico Para Alvenaria – Verificação da resistência à compressão:** NBR 6461. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado:** NBR 13278. Rio de Janeiro, 1983.

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção.** 5 ed. V. 2. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 1994.

BERTOLLO, Sandra. A. M. **Avaliação Laboratorial de Misturas Asfálticas Densas Modificadas com Borracha de Pneus.** São Paulo, 2002. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

BRAGA, M. A. **A importância da adequação de sistemas construtivos a contextos específicos: "Método de avaliação de projetos"**. In: Anais Do Entac 98 – VII Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído – Qualidade No Processo Construtivo. Florianópolis, 27-30/abril/1998. p. 717-726.

CARDOSO, L. R. **A. Metodologia de Avaliação de Custos de Inovações Tecnológicas na Produção de Habitações de Interesse Social.** São Paulo, 1999. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

CONAMA. **Conselho Nacional do Meio Ambiente.** Disponível em: [<http://www.conama.gov.br>](http://www.conama.gov.br) Acesso em:11 set. 2003.

CONSTRUÇÃO MERCADO. São Paulo: PINI, n. 18, ano 56, jan. 2003.

CINCOTO, M. A. **Argamassas de Revestimento: Características, Propriedades e Métodos de Ensaio.** 1995. 119 p. (Boletim, 68)

ECCO. **Ecologia e Natureza.** Disponível em: [<http://www.ecco.com.br>](http://www.ecco.com.br) Acesso em:18 ago. 2003.

FURASTÉ, Pedro Augusto. **Normas Técnicas para o Trabalho Científico.** Explicação das Normas da ABNT. – 12º edição, Porto Alegre: s.n., 2003.

GEMAC. **Alternativas para a preservação do Meio Ambiente.** Disponível em: [<http://www.gemac.ufba.br/apresentação.motiva.hpg>](http://www.gemac.ufba.br/apresentação.motiva.hpg) Acesso em:10 set. 2003.

GRIPPI, Sidney. **Lixo, Reciclagem e sua História.** Ed. Interciência. 134 p.

GUERRATO DO BRASIL. **Equipamentos para Reciclagem.** [<http://www.guerrato.com.br>](http://www.guerrato.com.br) Acesso em:16 out. 2003.

HABITARE. **Coleção Habitare.** Disponível em: [<http://www.coleçãohabitare.com.br>](http://www.coleçãohabitare.com.br) Acesso em:14 set. 2003.

INTERNATIONAL STANDARD. **Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part IV: Field measurements of airborne sound insulation between rooms.** ISO 140/IV. First edition, 1978-07-15.

INTERNATIONAL STANDARD. **Acoustics – Rating of insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation.** ISO 717/1. Second edition, 1996-12-15.

KOSKELA. **Perdas na construção civil.** Disponível em: <http://www.perdasecivil.com.br> Acesso em: 14 set. 2003.

MITIDIER, C. V. **Avaliação de Desempenho de Sistemas Construtivos Inovadores Destinados a Habitações Térreas Unifamiliares. Desempenho Estrutural.** São Paulo: USP, 1988 (dissertação).

MMA. **Ministério do Meio Ambiente.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br> Acesso em: 11 set. 2003.

PAIVA, V. T. **Caminhos da Tecnologia.** Rio de Janeiro, 1998. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro.

PETRUCCI, Eladio G. R. **Materiais de Construção.** 7 ed. Porto Alegre, RS: Globo, 1979.

PINTO, T.P. **Perda de materiais em processos construtivos tradicionais.** São Carlos, UFSCAR, Departamento de Engenharia Civil, 1989. 33p.

REBELLO, Yopanan C. P. **Concepção Estrutural e Arquitetura.** São Paulo: Zigurate Editores, 2000.

REDE GLOBO DE TELEVISÃO. **Jornal Televisivo**. Apresentado em: 26 set. 2003.

SABBATINI, F. H. **Projeto e execução de revestimento de argamassa**. 2 ed. São Paulo, SP: Tula Melo, 2001.

SANTOS, A. et al. **Método de intervenção para redução de perdas na construção civil**. Porto Alegre, SEBRAE/RS, 1996.

SILVA, D. T. **Estudo da isolação sonora em paredes e divisórias de diversas naturezas**. Santa Maria, UFSM, Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, 2000. Dissertação de mestrado.

SOIBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e seu controle**. Porto Alegre, UFRGS, Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, 1993. Dissertação de mestrado.

SPECHT, L. P. **Utilização de borracha reciclada de pneus em pavimentação**. Em: SEMINÁRIO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 2002, Santa Maria, RS.

SNYDER, C. H. *The Extraordinary Chemistry of Ordinary Things*. 2nd edition. New York: John Wiley & Sons, 1995, p 198-199.

UFRGS. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <http://www.urgs.br/mad.min/sistemal.htm> Acesso em: 10 set. 2003.

UFRJ. **Universidade Federal do Rio de Janeiro**. Disponível em: <http://www.fau.ufrj.br> Acesso em: 10 set. 2003.

WENDLER. **Vantagens da Alvenaria.** Disponível em:
<http://www.wendler.alvenaria.com.br> Acesso em: 14 set. 2003.

ANEXO A – Modelo de Ficha utilizada para ensaio de Isolação Sonora

ANEXO B – Planilha dos resultados dos ensaios de Isolação Sonora

ANEXO C – Planilha dos ensaios de Compressão Axial realizados

ANEXO D - Planilha dos resultados do ensaio de Massa Unitária Solta

ANEXO E - Planilha dos resultados dos ensaios de Ar Incorporado

ANEXO F – Ficha dos resultados dos ensaios de permeabilidade

ANEXOS