



## **ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS, TÉRMICAS E ACÚSTICAS DE BLOCOS DE CONCRETO PRODUZIDOS COM AREIA E PÓ DE SERRA; UMA ALTERNATIVA AMBIENTAL**

**Flávio Pedrosa Dantas Filho** <sup>(1)</sup>; **Luiz Antonio Perrone Ferreira de Brito** <sup>(2)</sup>

(1) Universidade de Taubaté - UNITAU, Departamento de Engenharia Civil, Rua Ernesto Pereira, 99, Taubaté, SP, (12) 3625-4297, e-mail: [pedrosadantas@uol.com.br](mailto:pedrosadantas@uol.com.br)

(2) Universidade de Taubaté, UNITAU, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Praça Felix Guisard 120, Taubaté, SP, (12) 36254183, [labrito@bighost.com.br](mailto:labrito@bighost.com.br)

### **RESUMO**

A preocupação com o grave problema da geração de resíduos na construção civil, e na indústria vem, cada vez mais, despertando a conscientização da necessidade de realização de estudos com vistas a melhorar o ciclo de produção e adequar a destinação dos resíduos gerados. Neste sentido, a reciclagem se apresenta como uma grande alternativa. Este trabalho visa a reciclagem do pó de serra da indústria madeireira. É estudada a influência de diferentes teores da adição do pó de serra tratado em substituição parcial ao agregado miúdo mineral na fabricação de blocos de concreto para alvenaria de vedação. Determinou-se a resistência à compressão, absorção de água e condutibilidade térmica e a absorção acústica para vários teores de pó de serra em substituição ao agregado miúdo mineral. A análise dos resultados permite concluir que a utilização do pó de serra como agregado miúdo na confecção dos blocos de concreto até 50% em volume aumentou a resistência térmica e a absorção acústica com redução de peso e da resistência à compressão em comparação ao bloco de concreto de referência.

### **ABSTRACT**

Concern with residue from the construction industry calls upon the need for studies aiming to optimize production cycle as well as to better dispose of such residues. Evidently, recycling is certainly an excellent option. The work herein described concerns recycling of sawdust, a very undesirable residue generated by wood industries. It is studied the influence of different quantities of sawdust, partially substituting small aggregate mineral, used to produce hollow concrete masonry blocks. Their compression load capacity, humidity, water absorption factor, net area and thermal conductivity and acoustical absorption factor were determined. Final results analysis leads to the conclusion that employing sawdust, up to 50% in volume, to produce concrete blocks increases their thermal isolation capacity and acoustical absorption besides reducing their total weight and reduction on their compression loads capability was observed, as compared to the reference concrete blocks.

### **1. INTRODUÇÃO**

São cada vez mais escassas as fontes de agregados utilizados na construção civil, sendo cada vez mais altos os custos envolvendo sua extração, produção e transporte. A areia é um recurso não renovável e sua exploração representa risco permanente ao meio ambiente. A utilização do pó de serra na confecção de blocos de concreto ou argamassas de acabamento constitui-se em uma alternativa viável

para reduzir a exploração de agregados, pois se trata de matéria prima renovável, proveniente de fontes reflorestáveis, ou recicláveis. Contribui também para a recuperação dos resíduos da indústria madeireira na forma de pó de serra, sendo uma maneira atraente de se solucionar o problema do destino final dos resíduos, tanto do ponto de vista comercial como do ponto de vista ambiental. O pó de serra possui baixa massa específica, tem boas características acústicas e térmicas e, pode-se a partir dele, desenvolver-se um tipo de bloco que permita associar à função de vedação ao conforto térmico, acústico e ao alívio de cargas estruturais.

Neste trabalho foi realizado um estudo do comportamento do bloco de concreto com substituição do agregado miúdo mineral pelo pó de serra, com variações de 30%, 40%, 50% e 60% e 100% do teor em volume do agregado miúdo mineral. Suas propriedades físicas como resistência à compressão, absorção de água e condutibilidade térmica foram obtidas através de ensaios e comparadas com as mesmas propriedades obtidas em um bloco de concreto de referência. As características acústicas do traço proposto foram comparadas com materiais tradicionalmente utilizados em tratamentos acústicos. Os coeficientes de absorção acústica do traço pesquisado foi determinado por Brito e Bertoli (2003)

## **1.1 Blocos de concreto**

Bloco de concreto pode ser definido como a unidade de alvenaria constituída pela mistura homogênea, adequadamente proporcionada, basicamente composta de cimento Portland, agregado miúdo e graúdo e água, conformada através de vibro-compressão em equipamentos denominados vibro-prensa. As vibro-prensas são as produtoras de blocos de concreto. Elas recebem esta denominação devido ao mecanismo de funcionamento empregado durante o processo de moldagem dos blocos: vibração associada à prensagem. A primeira função é responsável pelo preenchimento e adensamento da mistura nos moldes e a segunda influencia o adensamento e o controle da altura dos blocos.

O concreto possui características próprias, mas podem ser classificados dentro de dois grupos, de acordo com seu comportamento que permite definir propriedades como resistência à compressão, entre outras: os concretos plásticos e os concretos secos. Para a fabricação dos blocos de concreto utiliza-se o concreto seco. Algumas precauções devem ser atendidas na dosagem do concreto para blocos, pois a consistência é a de terra úmida, diferindo daquele normalmente utilizado em estruturas, de consistência plástica. No concreto de consistência seca existe presença significativa de ar em seu interior que devem ser minimizadas pela vibro-prensa.

A normalização brasileira define basicamente dois tipos de blocos de concreto, de acordo com sua aplicação: para vedação, o bloco vazado de concreto simples para alvenaria sem função estrutural normalizado pela NBR 7173 (1982), e o bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural normalizado pela NBR 6136 (1994).

## **2 METODOLOGIA**

O pó de serra utilizado nesta pesquisa foi obtido das madeiras pinus (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*), eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) e resíduos da indústria de transformação da madeira, passante na peneira 4,8mm, que através de um tratamento em meio alcalino transformou-se em pó de serra utilizável. Em seguida foram confeccionados corpos de prova que foram ensaiados em suas características físicas.

### **2.1 Características no Material Utilizado para Fabricação dos Corpos de Prova**

A metodologia adotada para a caracterização física do pó de serra foi baseada no procedimento de GRANDI (1995). Foi realizada a classificação granulométrica do agregado vegetal, e determinou-se o teor de umidade do agregado em secador infravermelho, modelo IRP-150 a 110°C. Em seguida, determinou-se a massa unitária no estado seco e solto, de acordo com a norma da NBR 7251 (1982), no estado seco e compactado, conforme norma NBR 7810 (1983), massa específica por meio do frasco de Chapman de acordo com a norma da NBR 9776 (1986) e ensaio de inchamento/expansão NBR 6467

A massa específica do agregado vegetal foi determinada de acordo com a norma técnica da ABNT-NBR 9776 (1986), substituindo-se a água por 350 cm<sup>3</sup> de álcool e o agregado miúdo por 75g de pó de serra. A substituição da água por álcool deveu-se ao fato deste ter menor densidade do que a água e o pó de serra ser de massa menor do que da areia. Utilizando apenas água, parte do pó de serra bóia na superfície, problema este eliminado pelo uso do álcool.

Na tabela 1 estão as características granulométricas do pó de serra utilizado, dimensão máxima do grão, módulo de finura, umidade, massa unitária seca, solta e compacta. As mesmas características físicas do agregado miúdo mineral utilizado (areia quartzosa), procedente do município de Tremembé, Estado de São Paulo, estão na Tabela 2. O agregado graúdo de origem basáltica é procedente do município de Taubaté, Estado de São Paulo com as características granulométricas mostradas na Tabela 3.

**Tabela 1 – Características físicas do pó de serra**

Características	Resultados
Dimensão máxima característica (mm)	2,40
Módulo de Finura	2,41
Umidade (%)	9,18%
Massa unitária seco e solto (kg/dm <sup>3</sup> )	0,179
Massa unitária seco e compactada (kg/dm <sup>3</sup> )	0,195
Massa específica real (g/cm <sup>3</sup> )	1,223

**Tabela 2 – Características físicas do agregado miúdo**

Características	Resultados
Dimensão máxima característica (mm)	2,40
Módulo de Finura	2,34
Umidade (%)	4%
Massa unitária seco e solto (kg/dm <sup>3</sup> )	1,43
Massa específica real (kg/dm <sup>3</sup> )	2,61

**Tabela 3 – Características físicas do agregado graúdo**

Características	Resultados
Dimensão máxima característica (mm)	9,5
Módulo de Finura	5,6
Umidade (%)	0
Massa unitária seco solto (kg/dm <sup>3</sup> )	1,73
Massa específica real (kg/dm <sup>3</sup> )	2,65

O cimento Portland utilizado foi o de alta resistência inicial – CPV – ARI . A escolha deste cimento deve-se ao seu elevado teor de C3S (Silicato Tricálcico) e C2S (Silicato Dicálcico), em relação aos outros tipos de cimento Portland, tornando-o menos sensível à ação dos extrativos da madeira.

## 2.2 Produção do Bloco de Concreto

Para a produção dos corpos de prova (blocos de concreto) de referência foi utilizado o método proposto por Frasson Jr (2000), e adotado pela fabricante de máquinas vibro prensas norte americana, Besser Company. Este é baseado no ajuste de traço pela granulometria final das misturas, mais propriamente por seu módulo de finura (M.F). Este método foi muito utilizado pela empresa ENCOL, que junto a EPUSP desenvolveu um manual sobre o processo produtivo e dosagem de blocos de concreto, denominado Manual do Processo Construtivo Poli-Encol: Blocos e Pré-moldados (1991). O

método estipula inicialmente uma proporção pré-estabelecida dentro de uma faixa de 40% para a brita 0, e 60% para a areia média, em massa, variando estas porcentagens de acordo com a análise granulométrica dos mesmos. De acordo com o referido método o módulo de finura da mistura deve ficar em torno de 3,60 a 3,75.

A Tabela 4 mostra os traços utilizados para a produção dos blocos de concreto de (14x19x39cm) com espessura de 2,50cm.

**Tabela 4 - Misturas utilizadas na produção de blocos de vedação (14x19x39cm)**

Traço	Proporcionalidade dos materiais em massa								
	Unitário				Total				
	Cimento (Kg)	Pó de serra (kg)	Agregado miúdo (kg)	Agregado graúdo (kg)	Cimento (kg)	Pó de serra (kg)	Agregado miúdo (kg)	Agregado graúdo (kg)	a/c
Traço A (referência)	1	-	4,31	3,30	22	-	94,87	72,66	0,62
Traço B	1	0,16	3,00	3,30	22	3,44	66,00	72,66	0,68
Traço C	1	0,20	2,63	3,30	22	4,43	57,75	72,66	0,78
Traço D	1	0,25	2,06	3,30	22	5,51	45,38	72,66	0,79
Traço E	1	0,31	1,69	3,30	22	6,89	37,12	72,12	0,82
Traço F	1	0,4	0	0	22	8,86	0	0	0,78

### 2.3 Condutibilidade Térmica

A condutibilidade térmica foi determinada em um equipamento denominado Condutímetro Fluximétrico, seguindo os procedimentos descritos na Norma Técnica ISO 8301: "*Standart Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus*", mostrado esquematicamente na Figura 1. Considerando que a amostra é homogênea, é possível determinar a condutibilidade térmica do material como na equação 1, sendo  $\lambda$  a condutibilidade térmica em (W/m K),  $L$  a espessura da amostra (m) e  $R$  a resistência térmica (W/m<sup>2</sup>K).

$$\lambda = \frac{L}{R} \quad [\text{Eq 01}]$$

O método baseia-se na medição da resistência térmica em regime estacionário, com aplicação de uma densidade de fluxo de calor simultaneamente constante e unidirecional, a partir de duas superfícies isotérmicas mantidas a temperaturas constantes e diferentes uma da outra, através da zona central de medição de um fluxímetro e da zona central de uma amostra em forma de placa. O resultado da medição é a resistência térmica individual dos corpos de prova submetidos ao ensaio, sendo possível então determinar sua condutibilidade térmica. A densidade de fluxo térmico,  $q$ , que atravessa a amostra é determinada a partir do sinal fornecido pelo fluxímetro e de sua constante de calibração, sendo que o cálculo da resistência térmica,  $R$ , é dado pela equação 2, onde,  $R$  é a resistência térmica (m<sup>2</sup> K/W),  $q_1$  e  $q_2$  a densidade de fluxo de calor medido pelos fluxímetros 1 e 2 (W/m<sup>2</sup>) e  $T_1$  e  $T_2$  as temperaturas superficiais da amostra.

$$R = \frac{T_1 - T_2}{\left( \frac{q_1 + q_2}{2} \right)} \quad [\text{Eq 2}]$$

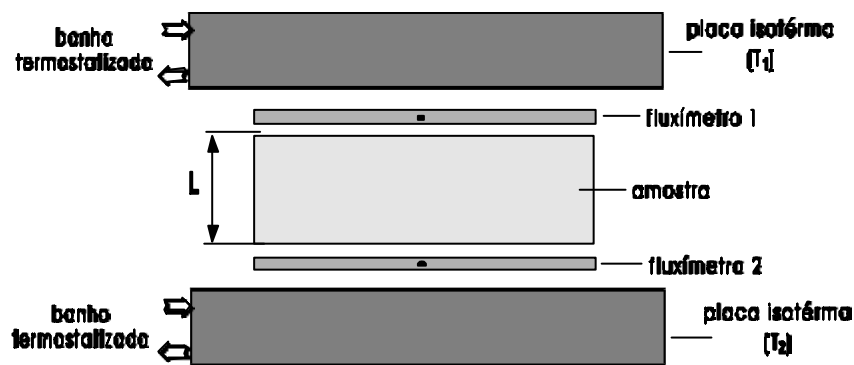


Figura 1 - Princípio do método de medição da resistência térmica

## 2.4 Absorção Acústica

Os coeficientes de absorção sonora foram determinados por Brito e Bertoli (2003). O procedimento utilizado foi o determinado pela ISO 354 - *Acoustics - Measurement of sound absorption in a reverberation room*, em uma sala reverberante no Laboratório de Física e Conforto Ambiental da Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo da Unicamp. Apenas o traço F foi ensaiado devido a sua baixa densidade, portanto com melhores possibilidades de absorver energia sonora. Este fato também facilita sua utilização como forro falso ou revestimento, pois não causa sobrecarga na estrutura.

## 3 RESULTADOS OBTIDOS

As características obtidas dos ensaios dos corpos de prova foram comparadas com o traço de concreto de referência, com a normalização vigente e com outros tipos de materiais de uso corrente na construção civil.

### 3.1 Características de Massa e Resistência Mecânica

A figura 2 mostra a massa média dos blocos secos ao ar. O traço E e D apresentaram uma redução da ordem de 3Kg, o traço C uma redução da ordem de 2,4 kg e o traço B uma redução de cerca de 1,5 Kg. O traço F, sem os agregados miúdos, apenas cimento e pó de serra apresentou uma grande redução de massa, cerca de 7 Kg.

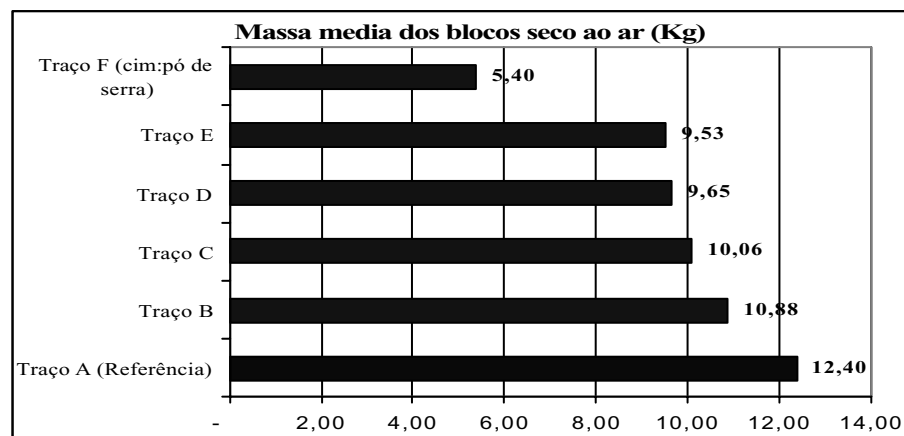
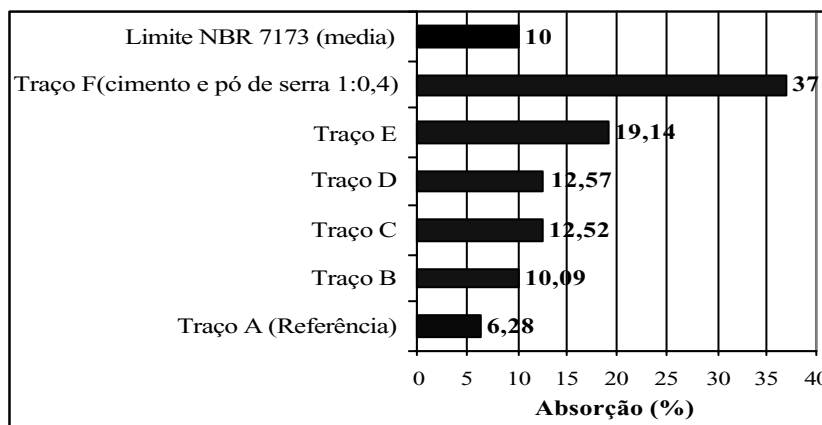


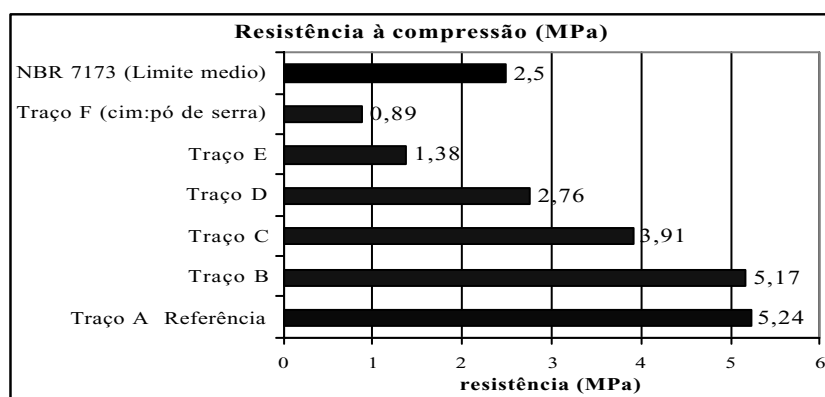
Figura 2 - Resultados da massa média dos blocos de concreto secos ao ar

A figura 3 apresenta os índices de absorção de água. A NBR 7173 (1982) estabelece um limite máximo de absorção de 10%. Todos os traços ensaiados apresentam resultados acima deste limite, notadamente o traço F. Este fenômeno pode ser explicado devido à presença do pó de serra em sua composição, pois a madeira possui facilidade de absorver umidade. Esta limitação indica que este material só deverá ser utilizado em vedações internas, longe das áreas úmidas, e em caso de sua utilização em vedações externas deve-se utilizar tintas acrílicas para a impermeabilização e beiras que evitem uma incidência direta da chuva.



**Figura 3– Resultados obtidos no ensaio de absorção de água, comparados com o limite médio estabelecido pela NBR 7173 (1982)**

A figura 4 mostra a resistência à compressão em MPa dos copos de provas. O limite determinado como aceitável pela NBR 7173 (1982) é de 2,5 MPa. O traço de referência possui uma resistência de 5,4 MPa, muito próximo do alcançado pelo traço B, 5,17 MPa, mas com uma massa de 1,5 Kg a menos. O traço E apresentou uma resistência abaixo do proposto pela NBR 7173 (1982), mas o traço D, com uma massa semelhante ao bloco confeccionado com traço E, apresentou uma resistência acima do determinado pela NBR 7173 (1982). Portanto o traço B, C e D podem ser utilizados em vedações desde que respeitados seus limites de resistência mecânica. Os traços E e F devem ter apenas uma utilização secundária, como por exemplo, o enchimento de lajes pré moldadas e na execução de contrapisos.



**Figura 4 – Resistências à compressão médias dos blocos de concreto comparados com o limite médio estabelecido pela NBR 7173 (1982)**

### 3.2 Condutibilidade térmica

Os valores apresentados para a condutibilidade térmica são resultados da avaliação do comportamento dos blocos de concreto moldados a partir das composições de maior interesse na pesquisa. Foram

selecionados entre os traços D e F. O traço D possui a menor massa entre os traços que possuem uma resistência mecânica acima do especificado pela NBR 7173 (1982) e um índice de absorção a água abaixo do especificado pela mesma norma. O traço F não satisfaz os requisitos da NBR 7173 (1982), mas por apresentar uma massa reduzida pode-se utilizá-lo como material de acabamento, como revestimento de lajes de cobertura, por exemplo, onde o conhecimento de sua resistência térmica é importante. Outra utilização possível para este traço é na confecção de brises externos para proteção solar já que sua pequena massa indica uma baixa capacidade de armazenamento térmico se comparado com o concreto convencional.

A tabela 4 apresenta a condutibilidade térmica dos traços ensaiados. O traço F apresenta uma condutibilidade térmica cerca de quatro vezes menor que o traço de referência, o que o credencia como um material adequado ao isolamento térmico. Pode também ser útil na confecção de brises externos com a ressalva da necessidade de proteção contra a umidade.

**Tabela 4 - Resultados da condutibilidade térmica dos traços selecionados**

Traços (em massa) selecionados entre as misturas propostas	Condutibilidade térmica ( W/mK )
Traço F 1 : 0,4 (0,78) cimento : pó de serra : água/cimento	0,26
Traço A (Referência) 1 : 4,31 : 3,30 (0,62) cimento : agregado miúdo : agregado graúdo : água/cimento	0,93
Traço D 1 : 0,25 : 2,06 : 3,30 ( 0,79 ) cimento: pó de serra: agregado miúdo : agregado graúdo : água/cimento	0,38

Na tabela 5 é apresentado a resistência térmica do bloco de concreto executado com o traço D e de outros de uso corrente na construção civil. O traço D é que apresenta a maior resistência térmica , mesmo sem a utilização do reboco, sendo indicada sua utilização em paredes com incidência de altos níveis de radiação térmica.

**Tabela 5 – Resistência térmica do bloco de concreto confeccionado com traço D e de materiais de uso corrente na construção civil, Projeto de norma ABNT 02:135.07-002 (2003)**

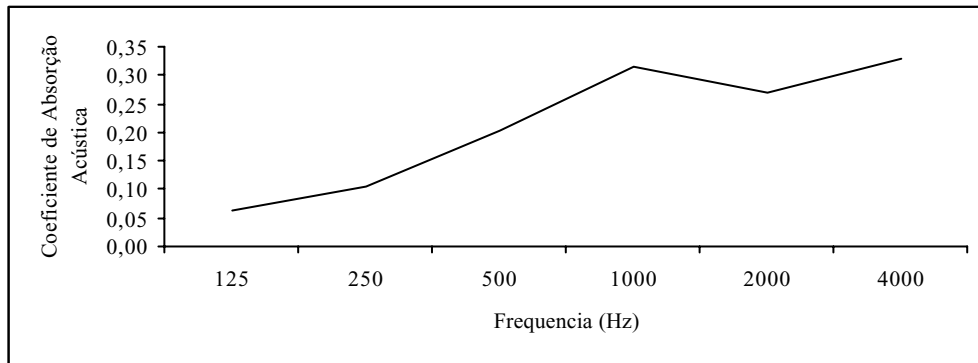
Material	Resistência térmica (m <sup>2</sup> .K / W)	Espessura total da parede (cm)
Bloco de concreto, traço D, com argamassa de assentamento de 1 cm, sem reboco	0,49	16,0
Tijolo cerâmico de 6 furos com argamassa de assentamento de 1 cm, com reboco de 2,5 cm	0,40	14,0
Tijolo cerâmico de 4 furos com argamassa de assentamento de 1 cm, com reboco de 2,5 cm	0,40	14,5
Tijolo maciço com argamassa de assentamento de 1 cm, com reboco de 2,5 cm	0,32	14,5
Tijolo cerâmico de 6 furos com argamassa de assentamento de 1 cm, com reboco de 2,5 cm	0,40	19,0

### 3.3 Absorção Acústica

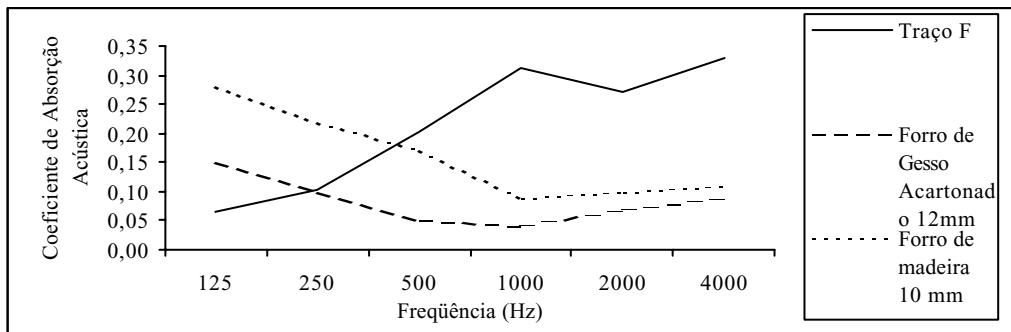
Os índices de absorção acústica da argamassa de traço F obtidos por Brito e Bertoli (2003) estão representados na figura 7.

Na figura 8 é apresentada uma comparação entre os coeficientes de absorção acústica de dois tipos de forros comuns na construção civil, o forro de gesso acartonado e o forro de lambri de madeira. Estes

materiais possuem um bom desempenho até as frequências de 500 Hz, sendo que a nas médias e altas frequências a placa confeccionada com o traço F apresenta uma melhor absorção acústica.

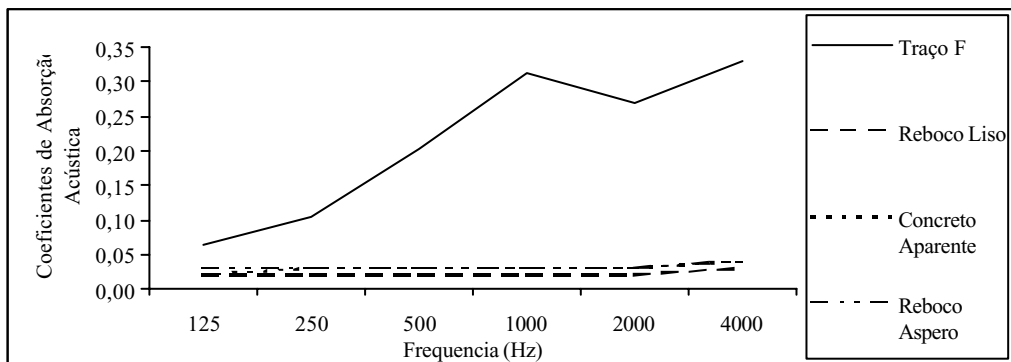


**Figura 7, Coeficientes de absorção acústica das placas confeccionadas com traço F, Brito e Bertoli (2003)**



**Figura 8, Comparação dos coeficientes de absorção acústica do traço F, Brito e Bertoli (2003), forro de gesso acartonado de 12 mm e forro de madeira 10 mm, Egan (1988)**

Assim, utilizando estes materiais em conjunto, o forro de madeira e gesso acartonado na cobertura para absorção das baixas frequências, e a placa feita com o traço F nas paredes para a absorção das médias e altas frequências, consegue-se um melhor controle do campo reverberante abrangendo um maior espectro de frequência.



**Figura 9 - Comparação dos coeficientes de absorção acústica do traço F, Brito e Bertoli (2003), reboco liso, reboco áspero e concreto aparente, NBR 12179 (1992)**



A figura 9 apresenta uma comparação entre as placas confeccionadas com o traço F e materiais de acabamento como o reboco liso e áspero e concreto aparente. A placa apresenta um desempenho superior em todas as frequências, notadamente acima de 500Hz. Sua utilização em locais como bares e restaurantes, onde é necessário um rígido controle do campo reverberante e ao mesmo tempo revestimentos de fácil limpeza, evitaria a necessidade de materiais de alta absorção, difíceis de limpar, utilizados para compensar o baixo desempenho de superfícies rebocadas, por exemplo.

#### 4 COMETÁRIOS

Através dos resultados da adição do pó de serra como agregado miúdo em até 50% em substituição ao agregado miúdo mineral na produção de blocos de concreto, traço D, pode-se constatar que a resistência à compressão e absorção de água são satisfatórias atendendo a norma NBR 7173 (1982).

Os resultados do traço F (argamassa de cimento e pó de serra), não foram satisfatórios para a produção de blocos de concreto para alvenaria de vedação, segundo a NBR 7173 (1982). Entretanto devido sua característica de leveza aliada à sua capacidade termo-isolante recomenda-se sua utilização como material de enchimento de lajes e contrapisos de lajes de cobertura.

O traço F pode ser utilizado como revestimento interno devido suas boas características de absorção acústica. Placas confeccionadas com este traço são uma alternativa aos tradicionais materiais de absorção acústica disponíveis no mercado (lã de vidro, lã de rocha, espumas de poliuretano). Apesar de ter um coeficiente de absorção acústica bem inferior estas podem ser utilizadas em maior quantidade não se sobressaindo perante outros acabamentos.

Outra utilização deste traço seria a confecção de brises externos para proteção de janelas. Sua vantagem estaria na menor massa em relação ao concreto, menor capacidade térmica e maior resistência térmica, não armazenando calor durante o dia e por consequência não o transmitindo durante a noite. Por possuir boa característica de absorção acústica diminuirá a transmissão de energia sonora pela janela possibilitando a ventilação do local mesmo próximo a ruas e avenidas de tráfego elevado. Neste caso devem ser tomados cuidados para a impermeabilização do brise devido à sua facilidade de absorção de água.

#### 5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados no presente estudo, pode-se dizer que a substituição do agregado miúdo mineral pelo pó de serra possibilita a redução do consumo de areia na produção do concreto. A utilização do pó de serra para a fabricação de blocos de concreto, possibilitou a elaboração de um composto leve, com baixa densidade e baixa condutibilidade térmica bom coeficiente de absorção acústica em comparação com o concreto de referência.

Os blocos de concreto com adição de pó de serra devem ficar limitados a ambientes secos, podendo, se necessário, submete-los a um tratamento superficial adequado, com a finalidade de conferir-lhes um certo grau de impermeabilidade.

A madeira é um material que pode ser repostado pela própria natureza e seus resíduos podem ser aproveitados. Com a crise energética é de se esperar um maior interesse por esse material, cujo beneficiamento requer pouco consumo de energia, além de se diminuir o impacto ambiental de seu despejo em lixões ou áreas destinadas a entulhos.

#### 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR 7173: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural**. Rio de Janeiro, 1982. 3 p.

\_\_\_\_\_, NBR 7251: **Agregados em estado solto: determinação da massa unitária**. Rio de Janeiro, 1982.

\_\_\_\_\_, NBR 7810 : **Agregado em estado compactado seco: determinação da massa unitária, especificação.** Rio de Janeiro, 1983. 3 p.

\_\_\_\_\_, NBR 9776: **Agregados: determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapmann.** Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_, NBR 7184: **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Determinação da resistência à compressão.** Rio de Janeiro, 1991. 2 p.

\_\_\_\_\_, MB - 3459: **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Determinação da absorção de água, do teor de umidade e da área líquida.** Rio de Janeiro, 1991. 2 p.

\_\_\_\_\_, NBR 12179: **Tratamento Acústico em recintos fechados.** Rio de Janeiro, 1992. 8p.

BRITO, L. A, BERTOLI, S. R., 2003, Determinação dos coeficientes de absorção acústica de placas confeccionadas com material reciclado, VII ENCONTRO NACIONAL DO CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO, *Anais*, Curitiba

DANTAS FILHO, P, F., 2004, Contribuição ao estudo para aplicação do pó de serra da madeira em elementos de alvenaria de concreto não estrutural Dissertação (Mestrado), 117p. Faculdade de Engenharia Civil, arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

EGAN, D., **Architectural Acoustics**, MacGraw Hill, Londres, 1988, 400pp

FRASSON JUNIOR, A. **Metodologia de dosagem e controle do processo produtivo de blocos de concreto para alvenaria estrutural.** Florianópolis, 2000. 146p., Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

GRANDI, L. A. C. **Placas pré-moldadas de argamassa de cimento e pó de serra.** 1995. 128f. Tese (Doutorado), Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas , Campinas.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ISO 354 - **Acoustics - Measurement of sound absorption in a reverberation room**, Genebre, Switzerland, 1985

\_\_\_\_\_, ISO 830, **Determination de la résistance thermique et de la conductivité thermique en régime stationnaire, Methode fluximétrique** , Genebre, Switzerland 1991

Manual do Processo Construtivo POLI-ENCOL: **Blocos e pré-moldados.** São Paulo, EPUSP/ENCOL, 1991. ( Relatório técnico R5-26/91)