

Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas  
de Madeira, 4, São Carlos (SP), 22 a 24  
de julho de 1992.

Anais do ... -- São Carlos: LaMEM/  
EESC/USP, 1992.

5 v.

1. Estruturas de madeira 2. Tecnologia da  
madeira 3. Habitação de madeira 4. Pro-  
priedades da madeira.

CDD - 624.184

53 u

SYSNO	<u>844484</u>
PROD	<u>003409</u>
ACERVO EESC	

St. 844484

3

anais

# IV EBRAMEM

1992

## O USO DO PÓ DE SERRA COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO EM MISTURAS SECAS E ARGAMASSAS

LUIS ALFREDO COTINI GRANDI\*  
WALTER ABRAHÃO NIMIR\*\*

### RESUMO

A idéia de se aproveitar o pó de serra como material de construção, misturado com aglomerantes aéreos e hidráulicos, resultando daí em produtos de mercado, se prendeu à necessidade constante de se procurar transformar resíduos industriais indesejáveis, portanto prejuízos, em lucros para a contabilidade das empresas. É um material abundante. Todas as indústrias que trabalham com madeira, o tem como problema. Nossa preocupação foi a adaptação de métodos de ensaios, adotamos as similaridades possíveis ao caso. Acreditamos que este trabalho tenha interesse ao governo, industriais, profissionais da construção pesquisadores e outros.

### 1- INTRODUÇÃO

A procura constante de novos materiais alternativos para atender as particularidades da Construção Civil é uma tarefa árdua de pesquisas. Estes precisam, de preferência, ter os seguintes ingredientes: matéria-prima abundante, de baixo custo e se possível, resíduos industriais. Neste sentido procuramos desenvolver nossa pesquisa, objetivando tirar um material de massa específica dentro da necessidade desejada e daí seu comportamento característico em relação à resistência mecânica à compressão, à condutividade térmica, à absorção acústica, trabalhabilidade e custos. Sua aplicação seria em enchimento dos vazios das alvenarias de blocos pré-moldados de concreto, cerâmico, etc, com dois furos, sem fundo, assentados tipo mata-junta ou juntas a prumo. Essa proposta evolui para "O USO DO PÓ DE SERRA COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO, EM MISTURAS SECAS E ARGAMASSAS", passando antes por "O USO DO PÓ DE SERRA COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO, EM MISTURAS SECAS, COM CONSISTÊNCIA ADEQUADA TIPO ARGAMASSA, COM AGLOMERANTES HIDRÁULICOS E AÉREOS, COM OU SEM AGREGADO MIÚDO E EM DIVERSOS TRAÇOS. PRÉ CONDIÇÃO PARA A CONFEÇÃO DE PRODUTOS COMO ARGAMASSAS, PLACAS, BLOCOS, ETC".

\* Faculdade de Engenharia Civil - UNICAMP  
Caixa Postal 6021 - CEP 13081 - CAMPINAS - SP

\*\* Escola de Engenharia de São Carlos - Univ. de São Paulo

Uma das formas de se obter concreto ou argamassa leve é: "misturar ao cimento, um pó de alumínio muito fino que reage com a cal do cimento para formar bolhas de hidrogênio. Isso permite introduzir uma quantidade de gás variando de 30 a 80% e obter densidades relativas de 1,4 a 0,6", (L'HERMITE, 1983). Neste sentido podemos pensar em um material leve e não agressivo aos ligantes ou a si próprio quando ao invés de produzir bolhas de gás, ocupem o lugar dessas, de tal maneira que fiquem envolvidos por uma película protetora resistente de aglomerante. Como exemplo temos o favo de mel. Atendida esta situação, teremos a massa inicial da mistura de aproximadamente 190kg/m<sup>3</sup> (pó), mais a proporção em massa dos outros componentes.

Por ser um material não normalizado, adotamos os métodos de ensaios adaptados de outros já normalizados, corrigindo-os dentro das necessidades. Para determinarmos a umidade, a granulometria, as massas unitárias e específicas, usamos a metodologia do agregado miúdo. Para a resistência mecânica à compressão usamos a metodologia empregada para argamassa de cimento e areia. Para determinarmos a condutividade térmica usamos o método do fio quente. Para determinarmos a absorção acústica usamos o método da caixa (12mm x 12mm x 12mm).

## 2- O MATERIAL

2.1- A mistura do pó, em granulometria adequada, com os ligantes aéreos e hidráulicos, com ou sem a adição de agregado miúdo quartzoso (areias), resultou em um produto leve, absorvente térmico e acústico, com resistência ideal para o fim a que se destinar. O material aceita muito bem a aplicação de solventes, colas, seladores para madeira, ser serrado, pregado ou parafusado, ser produzido na obra e como arte final pintado. O resultado será tanto melhor quanto maior for sua massa específica e quando submetido ao fogo os de baixa massa específica queimam lentamente.

2.2- Sua aplicação em forma de pó: mistura a seco do pó com a cal hidratada e ou cal hidratada e cimento, poderá ser usada no enchimento dos vazios formados nas alvenarias de blocos pré-moldados de concreto ou cerâmico, com dois furos, sem fundo, assentes no tipo mata-junta ou junta a prumo. Esta aplicação conta com a carbonatação da cal ao longo do tempo e tem a finalidade de melhorar o comportamento higrotérmico da alvenaria, a absorção acústica, a melhora térmica etc, sem produzir despesas maiores de fundações.

2.3- Sua aplicação em forma de mistura úmida, compactada manualmente ou com prensa mecânica: poderá ser usada para se moldar placas e blocos. As placas têm sua aplicação em revestimento de paredes, forros, como substrato de piso para funcionar como absorvente acústico etc. Os blocos terão sua aplicação no enchimento de lajes nervuradas e vigas estruturais, por exemplo caixão perdido.

2.4- Sua aplicação em forma tradicional, nas argamassas: poderá ser usada como revestimento de paredes, forros e como subs-

trato de piso, isto é, sobre a argamassa de regularização e sob a argamassa de assentamento do piso. Essa argamassa se comportará bem, porque o cimento e a cal entram na composição das argamassas de regularização e de assentamento, tornando assim a estrutura do piso mais solidária e com melhores coeficientes de absorção acústica. Pode ser usada como recheio, entre placas de argamassa armada e outras, tornando o produto mais barato, menos tóxico e dando-lhe características de acordo com as necessidades de projeto, trabalhando para isto com os variados traços. Pode-se trabalhar este material em três faixas, tomando como parâmetro a massa específica. A primeira seria o produto leve, com massa específica entre aproximadamente 400 a 700kg/m<sup>3</sup>; a segunda seria o produto médio, com a massa específica entre 701 a 1000kg/m<sup>3</sup> e a terceira seria a pesada, aquela entre 1001 a 1400kg/m<sup>3</sup>. Cada faixa dará sua resposta em relação à resistência mecânica à compressão, condutividade térmica, absorção acústica, custo etc.

### 3- SEUS COMPONENTES

3.1- Pó de serra - Material proveniente da madeira (dicotiledóneas e coníferas), pó de diâmetro máximo que passa pela peneira de malha 4,8mm, da ABNT, resultante do corte de serrote, serra circular ou fita, de lixadeira ou de trituração etc. Podem ser de madeiras moles (coníferas) ou de madeiras duras (dicotiledóneas). É um sub-produto industrial. Seu consumo atualmente é problemático por não ter valor econômico e por ocupar espaços úteis nas indústrias que cortam e preparam as madeiras para colocá-las no comércio. Material abundante em certas regiões do país, onde são muitas as utilizações da madeira tornando-se um sério problema de resíduo industrial. O pó de madeira tem em sua composição celulose, hemicelulose, lignina, etc. São substâncias orgânicas, ácidas e isotrópicas.

3.2- Cal hidratada - Cal Hidratada para Argamassas - ABNT - NBR 7175/86.

3.3- Cimento Portland - ABNT - NBR 5732 - out/88.

3.4- Agregado Miúdo - ABNT - NBR 7211 - 1983.

### 4- EXPLICACÕES NECESSÁRIAS

4.1- Os resultados aqui apresentados dizem respeito ao pó da madeira da espécie Eucalipto Tereticornis.

4.2- A umidade é aquela em relação à temperatura máxima de 90°C.

4.3- Os traços estão apresentados da seguinte forma:

agl; a; pó; x,

onde agl é a quantidade em massa de aglomerantes aéreos e hidráulicos. Neste trabalho foi usada a relação 0,2 de aéreos

e hidráulico;  $a$  é a relação em massa de agregado miúdo quartzoso (não usamos neste trabalho);  $pó$  é a quantidade em massa do pó de serra da espécie Eucalipto Tereticornis;  $x$  é a relação em massa de água em função dos aglomerantes.

4.4- Estamos fazendo vários ensaios com várias espécies de madeiras: Eucalipto Tereticornis, Pinus Ondurence, pó de cana (bagaço) e pó tipo obra (retalhos, madeiras usadas e variadas de obra).

## 5- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

5.1- Umidade do pó ao natural -  $U = 19\%$

5.2- Composição granulométrica - NBR 7217

5.2.1- Pó de serra ao natural (Eucalipto Tereticornis)

5.2.2- Dimensão máxima característica 2,4mm

5.2.3- Módulo de finura 2,74mm

5.2.4- Classificação segundo a NBR 7211: média

5.2.5- O módulo de finura caracteriza-se por uma granulometria média - zona 3

5.2.6- Pó de serra seco em estufa

5.2.7- Dimensão máxima característica = 2,4mm

5.2.8- Módulo de finura = 2,17mm

5.2.9- Classificação segundo a NBR 7211 = média

5.2.10- O módulo de finura caracteriza-se por uma granulometria média, zona 3, tendendo para os limites da granulometria fina.

5.3- Determinação da massa unitária - em estado solto, NBR 7251:

$$U = 19\%, \quad 90^\circ\text{C}, \quad \delta = 0,185\text{kg/dm}^3$$

5.4- Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de CHAPMAN - NBR 9776. Para ser possível este ensaio fizemos as seguintes alterações:

5.4.1- Substituímos os 200ml de água com densidade aproximada de  $1,0\text{kg/dm}^3$  por 350ml de álcool de densidade aproximada de  $0,86\text{kg/dm}^3$ . Esta medida foi necessária uma vez que o pó desce lenta e parcialmente para o fundo ficando parte na superfície da água, boiando.

5.4.2- Substituímos as 500g de agregado miúdo (areia) por 75g de pó de serra. Os volumes se equiparam, uma vez que a massa unitária da areia é aproximadamente 6,6 vezes a massa unitária do pó.

Resultado final  $\gamma = 1,34\text{kg/dm}^3$

A massa específica do Eucalipto Tereticornis é  $\gamma = 0,95\text{kg/dm}^3$ , em estado normal de uso de madeira. Neste o lenho possui vazios, já em estado de pó estes tendem a diminuir substancialmente.

## 6- CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS

6.1- Resistência à Compressão: ensaios, moldagem de corpo-de-prova de argamassa de cimento e areia, NBR 7215 - Ensaio de Cimento Portland - Método de ensaio, determinação da resistência à compressão.

6.2- Alteramos o número de camadas compactadas de 4 para 5, com 30 golpes, por verificarmos que a resistência máxima foi alcançada quando aplicamos a energia de compactação em 5 camadas.

6.3- Usamos o traço em massa de 1,0; 1,0; 1,5 sendo 80% de aglomerante hidráulico e 20% de aglomerante aéreo. Este traço, com esta compactação, resultou em um produto de massa específica igual a  $\gamma = 780\text{kg/m}^3$ ; resistência média à compressão aos 14 dias de  $f_{14} = 2,3\text{MPa}$ ; desvio padrão de  $s = 0,14\text{MPa}$ ; coeficiente de variação  $\delta = 5,5\%$ . A considerável variação do resultado foi motivado pela falta de capeamento das faces dos corpos-de-prova.

## 7- CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

Ensaio realizado pelo método do fio quente. Moldamos 22 corpos-de-prova de  $6,0 \times 12,0 \times 24\text{cm}$ , perfazendo 11 ensaios, corpos-de-prova de massa específica  $\gamma = 595\text{kg/m}^3$ , como resultado tivemos a condutividade média,  $\lambda = 0,173 \text{ W/mK}$  ou  $\lambda = 0,148 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ , desvio padrão  $s = 0,041 \text{ W/mK}$  e coeficiente de variação  $\delta = 23,7\%$ .

## 8- CARACTERÍSTICAS ACÚSTICAS

Isolamento acústico de 25 dB para placas de 10mm de espessura, massa específica de  $620\text{kg/m}^3$ , para a frequência de 500hz, absorção de 27 sabines. Coeficiente de absorção aproximadamente 70% (sabins métrico/m<sup>2</sup>)

## 9- CUSTO

Pelos estudos elaborados chegamos em um provável consumo de materiais por m<sup>2</sup>:

57,0 kg de aglomerante aéreo - cal hidratada;  
230,0 kg de aglomerante hidráulico - Cimento Portland;  
287,0 kg de pó de serra da espécie Eucalipto Tereticornis;  
430,5 kg de água potável.

Para o cálculo do custo consideramos:

- a) em 08/02/91, o custo do pó em Cr\$ 1,00/kg;
- b) consideramos o acréscimo estimado de 400% sobre o custo dos materiais para atender o custo de transformação, tais como a mão-de-obra, o consumo de energia elétrica, a depreciação dos maquinários etc, até os preços de venda ao consumidor;
- c) custo em por  $m^3$  US\$ 84,39/ $m^3$ ;
- d) custo em por  $m^2$  US\$ 1,69/ $m^2$ .

## 10- CONCLUSÃO

Baseados nas informações bastante suscintas que apresentamos, temos a plena convicção de que estamos chegando a conclusões animadoras. Podemos ver que é grande a possibilidade do uso do Pó de Serra em finalidades mais nobres. Poderá deixar de ser um problema de espaço, perigo de incêndio, etc e se transformar em uma matéria prima de grande valor.

Cada vez que se pensa e se estuda a respeito mais vai se abrindo o horizonte, confirmando as necessidades de pesquisas sobre o assunto.

## 11- BIBLIOGRAFIA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregado para concreto: Especificação. NBR-7211. Rio de Janeiro: ABNT, 1983.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Ensaio de cimento Portland: Método de Ensaio. NBR-7215. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Determinação da composição granulométrica. NBR-7217. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregado em estado solto: Determinação da massa unitária. NBR-7251. Rio de Janeiro: ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregados: Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. NBR-9776. Rio de Janeiro: ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cal hidratada para argamassa. NBR-7175. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cimento Portland Comum: Especificação. NBR-5732. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

MOAVENZADEH, F. Concise Encyclopedia of Building & Construction Materials. Pergamon Press, Artigo, Wood-Cement Boards, 1990.

L'HERMITE, R. Ao pé do muro. Brasília: SENAI, Centro de Tecnologia da Construção. s.d. 173p.

UCHÔA, S.B.B. Condutividade térmica da madeira. São Carlos, 1978. 171p. Dissertação (Mestre em Arquitetura e Planejamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, USP.