

# **PLACAS PRENSADAS DE COMPÓSITO À BASE DE CIMENTO E CASCA DE ARROZ**

**ZUCCO, Lóris L<sup>(1)</sup>, BERALDO, Antonio L<sup>(2)</sup>**

(1) MSc. UFRRJ-CTUR – CP 74559 – 23851-970 – Seropédica – RJ

(2) Prof. Ass. Dr. FEAGRI – UNICAMP – CP 6011 - 13083-970 – Campinas – SP

## **RESUMO**

A rizicultura ocupa extensas áreas em determinadas regiões do Brasil produzindo, no beneficiamento da matéria-prima, grande volume de resíduos que são descartados a céu aberto ou queimados de forma não controlada.

No presente estudo, verificou-se a adequação do uso desse resíduo como um componente na fabricação de concreto leve, e testou-se a viabilidade de fabricação de placas prensadas de compósitos à base de cimento Portland e casca de arroz. As placas obtidas através de prensagem (pressão de cerca de 7 kgf/cm<sup>2</sup>) foram ensaiadas em flexão estática, compressão paralela à superfície, variação dimensional e absorção de água.

Como resultado, verificou-se que o material apresentou grande estabilidade dimensional, em relação a aglomerados e compensado, podendo ser empregado em locais úmidos, tendo em vista sua reduzida perda de resistência, em compressão, quando ensaiado na condição saturada.

## **ABSTRACT**

Rice husk is the most important waste in rice industrial processing. Nevertheless this raw material remain unexploited mainly for construction purposes. In this work it was analysed the feasibility of rice husk cement bonded particleboard fabrication. Samples were submitted to physical-mechanical tests. Results show a good performance of this composite material when compared with others lignocellulosics products.

## **1. INTRODUÇÃO**

A utilização de fibras vegetais em construções faz parte da história da humanidade. Normalmente empregadas na produção de tijolos de adobe, em coberturas de sapé, nas tramas das casas de pau à pique e em tantas outras aplicações, a palha serve para reduzir a presença de fissuras em tijolos queimados ao sol, além de torná-los mais leves.

Do ponto de vista ambiental, a utilização de resíduos agro-industriais (como a palha ou a casca de arroz) traria somente benefícios, pois evitaria a queima indiscriminada do material ou sua deposição em locais e em condições inadequadas.

SILVEIRA et al. (1996) citaram diversos autores que definiram ser a casca de arroz uma capa lenhosa, dura e altamente silicosa, composta por 50% de celulose, 30% de lignina e 20% de sílica, em base anidra.

Um dos grandes entraves para o emprego das fibras vegetais na produção de compósitos à base de aglomerantes inorgânicos (cimento Portland), está na ocorrência de incompatibilidade química entre o cimento e as fibras vegetais, devido ao fato da água de amassamento solubilizar açúcares, entre outros inibidores que, em contato com o cimento, inibem sua pega, tornando o processo produtivo inadequado.

Esta pesquisa teve como objetivo determinar algumas características das placas obtidas de compósitos cimento-casca de arroz, com base em estudos anteriores de BERALDO & ZUCCO (1998). Nesse estudo preliminar observou-se que a casca de arroz era moderadamente inibitória à pega do cimento Portland necessitando, desse modo, de que fossem realizados tratamentos sobre a matéria prima, de modo a permitir a obtenção de compósitos com adequada resistência mecânica.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

No que se refere ao estudo para a obtenção de compósitos à base de cimento Portland e casca de arroz, foram utilizados os materiais casca de arroz (na condição lavado em solução de cal, com frações granulométricas de 10 mm, 5 mm e uma mistura de ambas (empírica, de 65% e 35%, respectivamente), denominada (10+5) mm, acelerador de pega cloreto de cálcio e cimento Portland CP V-ARI (NBR 5733).

As placas de compósito foram confeccionadas utilizando-se moldes metálicos com dimensões internas de 46,5 cm x 61,0 cm x altura variável, desenvolvidos no Laboratório de Protótipos do Departamento de Máquinas Agrícolas da FEAGRI.

A norma ASTM D-1037 faz referência à determinação do comprimento dos corpos-de-prova retirados de placas, em função de sua espessura. Tendo-se como fator limitante o comprimento dos corpos-de-prova, optou-se por produzir placas com espessura de 15 mm. Para obter a espessura desejada analisou-se, experimentalmente, a quantidade de materiais necessários (de acordo com o traço) para a fabricação de cada placa, assim como a carga a ser aplicada pela prensa hidráulica. Em relação à quantidade de materiais, fixou-se a quantidade de casca de arroz, sendo os demais componentes determinados em função do traço (Quadro 1).

Quadro 1: Quantidade de material, por placa, em gramas

Material	10 mm	5 mm	(10 + 5) mm
Cimento	4000	3307	3590
Casca de arroz	1400	1400	900 + 500
Água	2000	1654	1795
CaCl <sub>2</sub>	120,00	99,21	107,70

Em relação à prensagem das placas, verificou-se que uma carga de 20 toneladas (pressão de cerca de 7,0 kgf/cm<sup>2</sup>), apresentava os melhores resultados de acabamento externo, desempenho na manipulação e manutenção das características do material.

Na fabricação das placas utilizou-se uma prensa hidráulica convencional, marca Charlott, modelo PH 30, com capacidade nominal de 30 toneladas, que apresentou uma margem de erro, na aplicação da carga, da ordem de 2 %. A carga foi distribuída ao longo da superfície da fôrma através de discos metálicos superpostos, um sistema de rótulas e um cilindro de aço que recebeu a carga aplicada pela prensa. Para a

manutenção da carga aplicada, as fôrmas foram fixadas através de parafusos, dispostos nas extremidades (Figura 1).

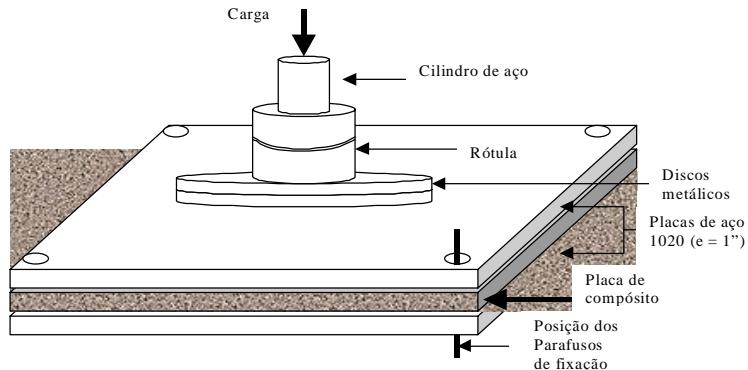


Figura 1: Esquema da prensagem e fixação dos moldes

As placas foram desmoldadas 24 h após a mistura dos componentes. A cura das placas deu-se, inicialmente, em câmara úmida por um período de sete dias, sendo, as mesmas, em seguida, postas a secar completando a cura ao ar livre. Com aproximadamente 20 dias, as placas foram serradas (serra circular Invicta - dentes de vídea) para retirada de corpos-de-prova a serem utilizados nos ensaios de flexão estática (Figura 2), compressão paralela à superfície (Figura 3) e, absorção e variação dimensional (Figuras 4 e 5).

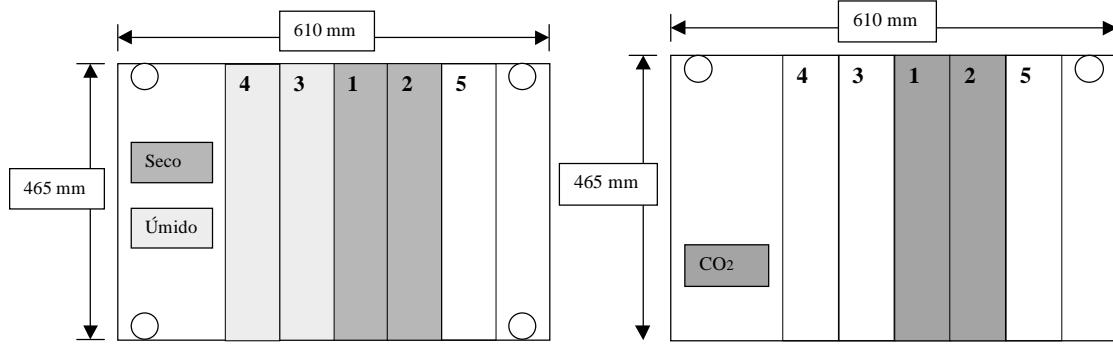


Figura 2: Extração de corpos-de-prova para ensaio à flexão estática

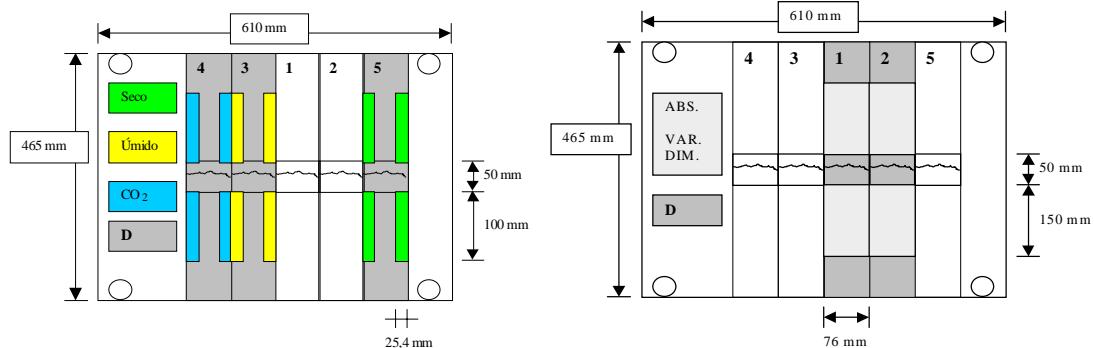


Figura 3: Extração de corpos-de-prova para ensaio de compressão paralela à superfície.

Figura 4: Extração de corpos-de-prova para ensaio de absorção e variação dimensional

Aplicou-se a carbonatação com o intuito de verificar uma possível melhoria na resistência do compósito. Para a carbonatação, as peças foram umedecidas (saturação, seguida de exposição ao ar, sobre bancada, por cerca de 24 horas antes da carbonatação, para a homogeneizar o teor de umidade das placas) e dispostas no interior de um reator

cilíndrico de 60 l de capacidade, mantendo-se um afastamento entre as mesmas de cerca de 5 mm.

Na avaliação das características dos corpos-de-prova extraídos das placas de compósito, de compensado e aglomerados comerciais (elementos de comparação), utilizou-se, como referência, a norma ASTM D-1037, tendo em vista a existência de conflitos metodológicos na execução dos ensaios de flexão estática, se utilizada a norma NBR 9533, o que inviabilizaria a comparação dos resultados.

Os corpos-de-prova na condição seco, após a determinação da massa e dimensões (Figura 5), foram imersos em água por um período de 2 horas, após o qual, foram retirados do banho de imersão, enxugados superficialmente com auxílio de toalha de algodão/papel, sendo, em seguida, pesados e medidos. Após a determinação das medidas necessárias (massa, comprimento, largura e espessura), os corpos-de-prova foram novamente imersos em água (limpa), repetindo-se o processo após 24 horas e 120 horas do início do experimento.

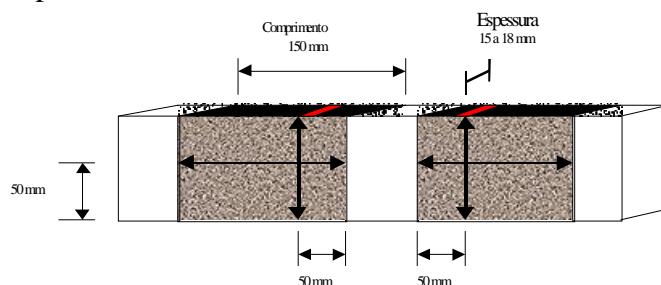


Figura 5: Locais marcados nos corpos-de-prova utilizados para as medições

As variações dimensionais foram calculadas através da expressão, utilizada na determinação das variações dimensionais de madeiras:

$$V_D = \frac{(D_u - D_s)}{D_u} \cdot 100\%$$

Onde:

$V_D$  = Variável dimensional analisada (comprimento, largura, espessura, volume ou absorção de água), em porcentagem;

$D_u$  = Dimensão analisada, na condição úmido (comprimento, largura, espessura, volume ou absorção de água);

$D_s$  = Dimensão analisada, na condição seco em estufa (comprimento, largura, espessura, volume ou absorção de água).

No ensaio de absorção de água, a expressão dos resultados deve ser em porcentagem de volume e em porcentagem de peso (ASTM D-1037).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado dos ensaios de flexão estática estão indicados no Quadro 2. Os valores apresentados indicaram que o material compósito apresentou baixa resistência à flexão, principalmente quando ensaiado na condição úmida (após 48 horas de imersão). Como principal vantagem, observou-se a manutenção de sua estrutura pois não se desgregou facilmente, mesmo após alcançar a tensão de ruptura.

Quadro 2: Resultado dos ensaios de flexão estática (MPa)

Placa	Estado	MOE	$T_{LP}$	$T_R$
10 mm	Seco	2946	2,74	5,37
	Úmido	2701	1,86	3,88
	$CO_2$	3142	2,51	5,01
5 mm	Seco	2477	3,17	4,46
	Úmido	1556	1,28	2,10
	$CO_2$	2504	1,84	3,26
(10+5) mm	Seco	2484	3,14	4,77
	Úmido	2522	1,78	3,66
	$CO_2$	3953	3,15	6,36
Agl. U. s/rev.	Seco	2047	6,25	9,78
	Úmido	1435	3,53	6,83
Agl. M. c/rev.	Seco	4159	12,19	16,02
	Úmido	3533	6,49	10,20
Agl. U. c/rev.	Seco	3420	9,30	10,89
	Úmido	1986	4,21	8,07
Comp. Lam.	Seco	12756	19,82	37,50
	Úmido	11829	19,39	35,04
MDF	Seco	2357	15,42	27,43
	Úmido	362	2,81	3,95

OBS.: MOE = módulo de elasticidade;  $T_{LP}$  = tensão no limite de proporcionalidade;  $T_R$  = tensão na ruptura; Agl. U. s/rev. = aglomerado uniforme sem revestimento; Agl. U. c/rev. = aglomerado uniforme com revestimento; Agl. M. c/rev. = aglomerado misto com revestimento; Comp. Lam. = compensado laminado; MDF = Medium Density Fiberboard.

Nas Figuras 6 e 7, são apresentados gráficos carga x deformação, para os compósitos cimento- casca de arroz, fração granulométrica 10 mm, nas condições seco e úmido.

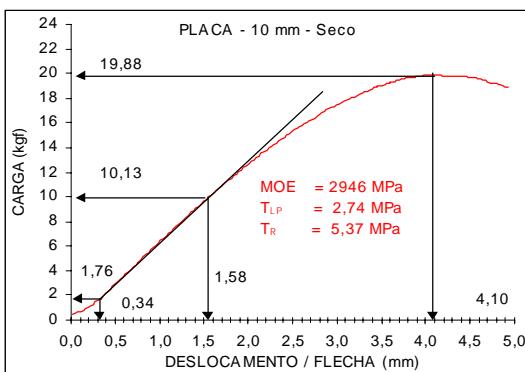


Figura 6: Carga x deformação:  
10 mm, condição seco

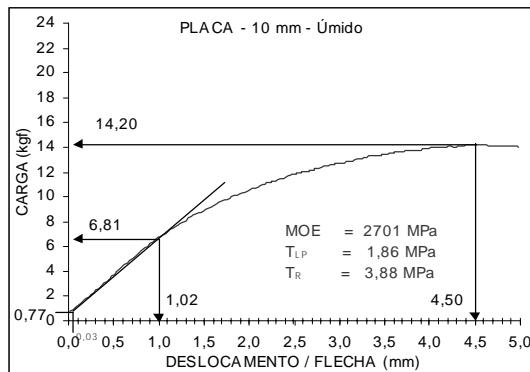


Figura 7: Carga x deformação:  
10 mm, condição úmido

Observou-se que, apesar da perda de resistência, os compósitos não sofreram desagregação com facilidade, a exemplo do que ocorreu com os aglomerados (fragmentação) e compensados (descolamento das lâminas). Observou-se, ainda, que os materiais compósitos apresentaram uma deformação gradual, caracterizando, desta forma, a ductilidade do material. O mesmo comportamento foi observado em alguns dos materiais utilizados como comparação.

No Quadro 3 são apresentados os resultados dos ensaios de compressão paralela à superfície para os diferentes materiais testados.

Os valores apresentados indicaram que o material compósito apresentou, como característica principal, uma reduzida perda na resistência à compressão, quando submetido ao efeito da umidade (saturação).

Quadro 3: Resultado dos ensaios de compressão paralela à superfície (CPS).

Placa	Estado	CPS (MPa)
10 mm	Seco	8,70
	Úmido	7,61
	CO <sub>2</sub>	8,99
5 mm	Seco	8,12
	Úmido	6,87
	CO <sub>2</sub>	7,38
(10+5) mm	Seco	8,50
	Úmido	7,37
	CO <sub>2</sub>	9,21
Agl. M. s/rev.	Seco	8,91
	Úmido	0,63
Agl. M. c/rev.	Seco	13,96
	Úmido	6,10
Agl. U. c/rev.	Seco	7,09
	Úmido	1,41
Comp. Lam.	Seco	19,89
	Úmido	6,10
MDF	Seco	13,23
	Úmido	2,42

OBS.: **Seco** = material ensaiado no teor de umidade estabilizado ao ar; **Úmido** = material ensaiado saturado; **CO<sub>2</sub>** = material ensaiado após a carbonatação.

No Quadro 4 são apresentados os resultados do ensaio de absorção de água, expressos em percentuais de massa e volume.

Quadro 4: Percentuais relativos de absorção de água (24 h de imersão)

	% em volume	% em massa
10 mm	1,45	10,07
5 mm	1,11	13,44
(10+5) mm	4,38	11,70
Agl. M. s/rev.	13,37	63,34
Agl. U. c/rev.	9,53	33,39
Agl. M. c/rev.	14,76	67,00
Comp. Lam.	2,87	32,64

Analizando-se os resultados do Quadro 4, verificou-se que os materiais compósitos apresentaram, em geral, os menores valores percentuais de absorção de água.

Na Figura 8 são apresentadas as curvas de absorção de água para os diferentes materiais testados, onde fica evidente a baixa absorção de água pelos materiais compósitos, ao longo do tempo de imersão, sendo importante destacar que os materiais aglomerados e compensado sofreram desagregação de sua estrutura (desagregação do material particulado ou descolamento das lâminas que os compõem), quando expostos à ação da umidade, o mesmo não ocorrendo com os materiais compósitos.

Esta característica do material compósito de apresentar baixa capacidade de absorção de água/retenção de umidade, ao longo do tempo de imersão, deve-se, principalmente, ao aglomerante que, por recobrir as fibras, limita sua absorção/expansão.

Outro fator que influenciou a capacidade de absorção de água/retenção de umidade nos compósitos foi o percentual de finos, onde o material de fração granulométrica 10 mm apresentou os menores percentuais, seguido da fração granulométrica (10+5) mm. A fração granulométrica 5 mm foi a que apresentou os maiores percentuais de finos e, em consequência, resultados superiores de absorção/retenção de água.

Na Figura 9 são apresentadas as curvas de variação volumétrica, para os diferentes materiais testados, obtidas à partir das variações volumétricas dos corpos-de-prova em função da percentagem de umidade absorvida, as quais indicaram a maior ou menor capacidade de um material em absorver ou reter umidade.

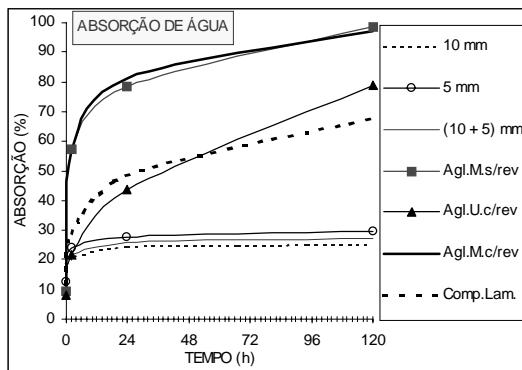


Figura 8: Curvas de absorção de água

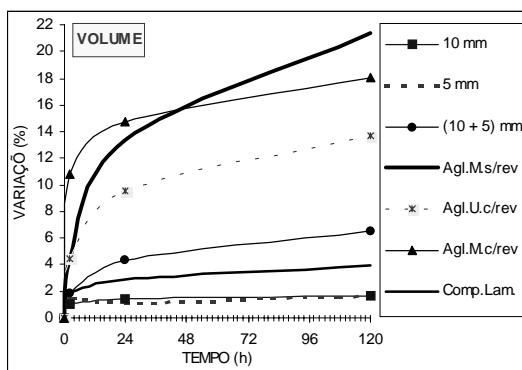


Figura 9: Curvas de variação volumétrica

Avaliando-se o comportamento dos materiais em relação à variação volumétrica, verificou-se que os compósitos apresentaram, em geral, os menores percentuais, o que se atribui à combinação dos fatores estrutura do material e aglomerante utilizado. Tanto a estrutura do material como o revestimento das partículas influiu nas variações dimensionais por facilitarem ou restringirem a retração/inchamento, em função da perda ou absorção de água. No Quadro 5 são apresentados os resultados do ensaio de variação dimensional, para os materiais testados.

Quadro 5: Variações dimensionais nos materiais testados (24 h de imersão)

	Comp. (mm/m)	Larg. (mm/m)	Esp. (mm/m)
10 mm	3,32	2,59	8,60
5 mm	3,02	2,42	7,24
(10+5) mm	3,82	4,65	8,15
Agl. M. s/rev.	5,86	4,98	124,14
Agl. U. c/rev.	2,76	5,83	87,48
Agl. M. c/rev.	3,80	7,33	138,01
Comp. Lam.	1,40	3,16	24,23

OBS.: Comp. = Comprimento; Larg. = Largura; Esp. = Espessura

A principal característica observada nos compósitos (Quadro 5) foi a sua baixa variação dimensional em espessura, quando comparados aos demais materiais ensaiados.

Na Figura 10 são apresentadas as curvas de variação dimensional, na direção da espessura da peça, para os diferentes materiais testados. Na Figura 11 são apresentadas curvas que relacionam a absorção de água com a variação do volume dos corpos-de-prova, para os diferentes materiais testados.

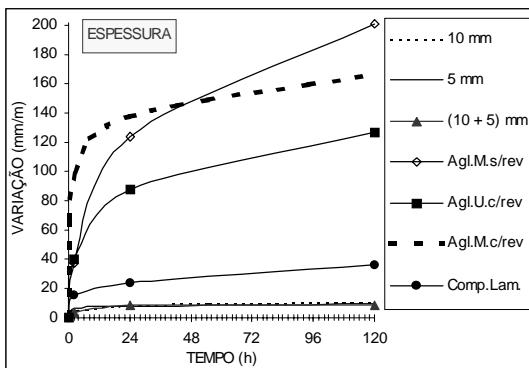


Figura 10: Curvas de variação dimensional

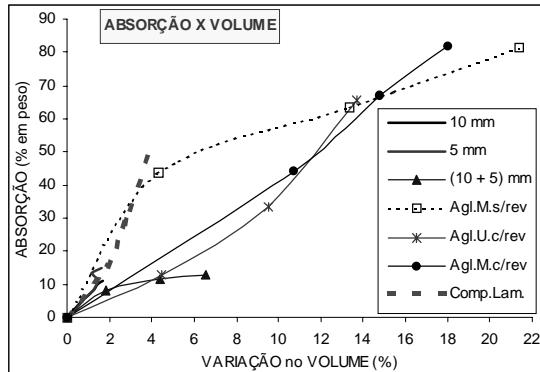


Figura 11 Curvas de absorção x volume

A utilização de um revestimento pode melhorar o desempenho dos materiais compósitos, em relação à absorção de água e variação dimensional, o que somente poderá ser comprovado através de ensaios. Esta consideração é baseada no fato de que revestimentos impermeabilizantes (melamínicos) utilizados em aglomerados reduziram as variações dimensionais devido à uma menor absorção de água.

#### 4. CONCLUSÕES

- Não se observou diferença significativa entre as médias das resistências, no ensaio de flexão, entre as placas fabricadas com frações granulométricas 10 mm, 5 mm e (10+5) mm, ensaiadas na condição seca;
- Placas ensaiadas na condição úmida apresentaram redução na resistência à flexão, quando comparadas com placas idênticas submetidas à cura ao ar livre ou carbonatadas;
- Comparado com materiais à base de madeira e resinas orgânicas o compósito casca de arroz-cimento Portland situou-se em posição intermediária. Ressaltou-se, no entanto, a grande estabilidade dimensional do compósito quando confrontado com tais materiais.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL - ASTM. Standard methods of evaluating the properties of wood-based fiber and particle panel materials. In: Annual Book of ASTM Standards, ASTM D1037-78B. Philadelphia, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, Rio de Janeiro. NBR 5733 – Cimento Portland de alta resistência inicial, Rio de Janeiro, 1991. 5 p.

\_\_\_\_\_ NBR 9533 – Compensado: Determinação da resistência à flexão estática, método de ensaio. Rio de Janeiro, 1986. 5 p.

BERALDO, A. L. & ZUCCO, L. L. Casca de arroz: Efeitos da granulometria e de tratamentos na fabricação de compósitos à base de cimento Portland. In: CLIR 98 – II CONGRESO LATINOAMERICANO DE INGENIERIA RURAL y V CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERIA RURAL. Ciudad de La Plata. ANAIS. 1998. p. 473-478.

SILVEIRA, A.; FERREIRA, A. A.; DAL MOLIN, D. C. C. A cinza da casca-de-arroz como adição mineral. In: Workshop: Reciclagem e Reutilização de Resíduos como Materiais de Construção Civil. PCC-USP. São Paulo. ANALIS. 1996. p.39-45.