

# VIABILIDADE DE FABRICAÇÃO DE TELHAS ONDULADAS DE COMPÓSITOS BIOMASSA VEGETAL-CIMENTO (CBC)<sup>1</sup>

Antonio Ludovico BERALDO<sup>2</sup>, Lia Lorena PIMENTEL<sup>3</sup>

**RESUMO:** Neste trabalho são apresentados os resultados de ensaios de compressão de compósitos biomassa vegetal-cimento (CBC), e de telhas onduladas fabricadas com esse material. O uso de cimento de alta resistência inicial (CP V ARI), independentemente dos tratamentos realizados sobre a biomassa vegetal, permitiu a obtenção de compósitos de maior resistência mecânica. A mineralização das partículas vegetais, embora altamente favorável para a fabricação dos corpos-de-prova, mostrou-se problemática na confecção das telhas onduladas, devendo ser buscadas concentrações ótimas dos sais utilizados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Compósitos, telhas onduladas, biomassa vegetal

**ABSTRACT:** The aim of this work was to verify the viability of the lightweight tiles fabrication with a wood-cement composite (WCC). A very quick setting cement (Brazilian type CP V ARI) enables a better results for all utilization vegetal biomass treatment. Vegetal particles mineralization increased the compression strength of the samples, while the same treatment reduced the mix workability.

**KEYWORDS:** Composites, lightweight tiles, vegetal biomass

**INTRODUÇÃO:** A recente proibição, em alguns países, do uso do cimento-amianto deverá desencadear acirrada disputa entre os fornecedores das diversas fibras que buscarão substituir esse polêmico material. No Brasil existe grande disponibilidade de biomassa vegetal, quer seja localmente (bambu, capim), gerada em agroindústria (casca de arroz, piaçava, coco, sisal) ou como resíduo de indústria da madeira. Grande parte dessa valiosa matéria prima não encontra um fim mais nobre constituindo-se, inclusive, em séria ameaça ambiental por sua deposição em locais inapropriados ou, então, pela queima indiscriminada. Um dos maiores obstáculos à disseminação do uso de compósitos biomassa vegetal-cimento (CBC) em construções refere-se ao inadequado comportamento da maioria das espécies vegetais em presença da pasta de cimento. Várias tentativas foram efetuadas buscando-se minimizar a incompatibilidade química entre os constituintes do CBC, atuando-se isoladamente ou em conjunto sobre eles (Mougel et al., 1995).

**MATERIAL E MÉTODOS:** Testes preliminares indicaram o efeito nefasto de partículas vegetais sobre o cimento CP II E 32 (Beraldo & Rolim, 1996). Desse modo, foram

---

<sup>1</sup> Pesquisa desenvolvida na Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP (1ª etapa - estudo de CBC) e na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da UNIMEP (2ª etapa - fabricação de telhas onduladas CBC).

<sup>2</sup> Professor Assistente Doutor, Departamento de Construções Rurais, FEAGRI/UNICAMP - CP: 6011 - CEP: 13083-970 - E-mail: beraldo@agr.unicamp.br - F: 788-2030 - Fax: 239-4717

<sup>3</sup> Eng. Civil, Centro de Tecnologia, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UNIMEP, Rod. Santa Bárbara-Iracemápolis km 01, Santa Bárbara D'Oeste, SP, CEP: 13450-000

efetuados os seguintes tratamentos: lavagem em água quente (2 horas a 80 °C), uso de acelerador (CaCl<sub>2</sub> diluído na água de amassamento - 3% em relação à massa de cimento) e mineralização (imersão em solução a 5% de silicato de sódio, durante 5 minutos, seguido de imersão em solução a 30% de sulfato de alumínio, com igual duração. Adaptado de Furuno, 1991). Na fabricação dos corpos-de-prova (Ø 50 e altura 100 mm) adotou-se o traço, em massa, de 1:0,375:0,75. Os corpos-de-prova foram desmoldados após 24 h, curados em ar ambiente, capeados e ensaiados à compressão ao 7º dia. Em seguida, testou-se a adequação da mistura na fabricação de telhas onduladas (8 mm) na máquina Parry Pantile 82. As telhas onduladas, curadas em meio úmido, foram submetidas a ensaios de absorção e de flexão (dispositivo manual), aos 14 dias. O carregamento foi efetuado distribuindo-se lentamente a carga ao longo do perfil ondulado da telha, através da colocação de areia em um balde plástico, até ocorrer a ruptura. A carga de ruptura foi calculada por:  $F = 8,57 + 5,57 \cdot P$ , onde P = peso do balde com areia.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A Figura 1 mostra os resultados dos ensaios de compressão realizados sobre os corpos-de-prova cilíndricos aos 7 dias. A análise estatística dos resultados através do teste de Tukey indicou que, em todas as situações, os corpos-de-prova fabricados com o cimento CP V ARI tiveram melhor desempenho mecânico. A lavagem das partículas aumentou, porém não de forma estatisticamente significativa, a resistência do CBC à compressão, evidenciando que ocorreu eliminação parcial dos constituintes nocivos da madeira. Verifica-se, igualmente, o efeito positivo da mineralização bloqueando a saída de substâncias inibidoras em direção à pasta de cimento. A Tabela 1 apresenta os resultados de testes efetuados sobre as telhas onduladas de CBC. Os resultados iniciais (T1 a T4) mostraram-se muito distantes do tratamento testemunha (T0 - microconcreto de pedrisco). A granulometria inadequada das partículas vegetais ( $D_{máx} = 4,8$  mm), aliada à vibração excessiva, fez migrar a argamassa para o fundo da fôrma, ocasionando a presença de grandes fissuras na parte superior, responsáveis pela fragilidade do material e excessiva absorção d'água. A adoção de fração granulométrica mais adequada ( $D_{máx} = 2,4$  mm) permitiu obter telhas onduladas de melhor aspecto visual, menor absorção e carga de ruptura da ordem de 30 kgf. A adição de cal (20%) melhora a trabalhabilidade da mistura, favorecendo o recobrimento das partículas vegetais. A exemplo do que foi observado no ensaio dos corpos-de-prova, a inclusão de cimento CP V ARI na mistura faz aumentar a resistência da telha ondulada. Por outro lado, durante a preparação do tratamento T9 constatou-se a ocorrência do fenômeno da falsa pega, motivada pela ação intensa dos produtos químicos sobre o cimento, o que dificultou sobremaneira a vibração da mistura. Por esse motivo, e por razões de ordem econômica, o tratamento deve ser refeito buscando-se concentrações menos elevadas de sais, de modo que a trabalhabilidade da mistura seja adequada.

**CONCLUSÕES:** O uso de biomassa vegetal pode ser uma alternativa economicamente viável para a fabricação de telhas onduladas. Apesar da carga de ruptura ser da ordem de 30 kgf, as telhas onduladas são muito leves (menos de 1,40 g/cm<sup>3</sup>), o que as qualifica como material de cobertura, ou para serem utilizadas em forros.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

BERALDO, A.L.; ROLIM, M.M. **Efeito de tratamentos sobre a resistência à compressão de compósitos cimento-madeira de reflorestamento.** In: Memórias do IV Congresso Argentino y II Internacional de Ingenieria Rural. Neuquen, Argentina, p. 733-778, 1996.

FURUNO, T.; UEHARA, T.; JODAI, S. **Combinations of wood and silicate. I - Impregnation by water glass and application of aluminum silicate and calcium chloride as reactants.** Mokuzai Gakkarski, vol. 37, n° 5, p. 462-472, 1991.

MOUGEL, G.; BERALDO, A.L.; ZOULALIAN, A. **Controlled dimensional variations of wood-cement composite.** Holzforschung, 49, p. 471-477, 1995.

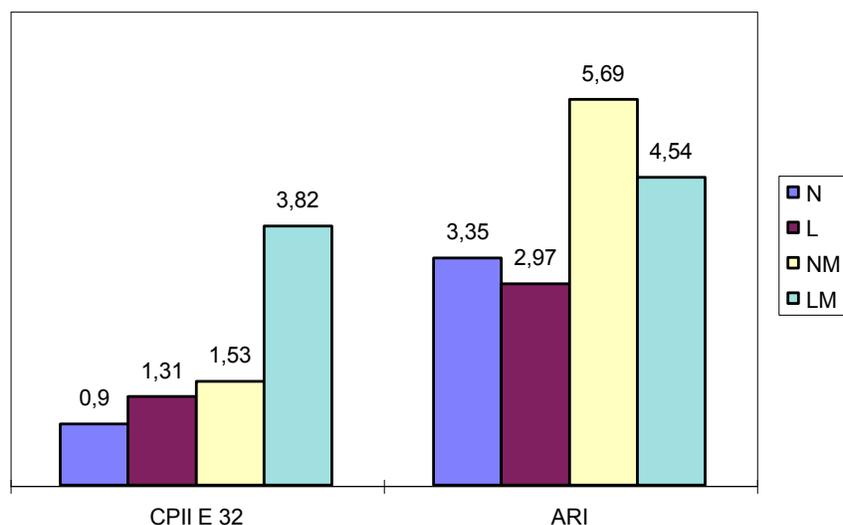


Figura 1 - Resistência a compressão do CBC, Natural (N), Lavada (L), Mineralizada (M), Natural-Mineralizada (NM), Lavada-Mineralizada (LM)

TABELA 1 - Resultados físico-mecânicos das telhas onduladas

Tratamento	Tração (massa)	Absorção (%)	Massa específica (g/cm³)	Carga de ruptura (kgf)	Observações
T0	1:3:1	13	2,4	81	pedrisco
T1	1:0:0,5:1	43	1,0	23	# 4,8 mm
T2	1:1:0,4:1	35	1,3	24	# 4,8 mm
T3	1:1:0,4:1	31	1,1	15	# 2,4 mm
T4	1:1:0,4:1,2	32	1,3	15	placa plana
T5	1:1:0,4:1,2	28	1,3	28	# 2,4 mm
T6	1:1:0,3:1	22	1,4	28	# 2,4 mm
T7	1:1,25:0,4:1,2	24	1,4	22	idem--20% de Cal
T8	1:1:0,33:1	22	1,3	32	CP V ARI
T9	1:1:0,5:1	20	1,3	22	idem-mineralizada
T10	1:1:0,3:1	24	1,3	30	CP V ARI bambu