USP

Campus de São Carlos

ESTUDOS FÍSICOS E MECÂNICOS DE TELHAS DE CIMENTO DE ESCÓRIA DE ALTO-FORNO REFORÇADO COM FIBRAS CELULÓSICAS RESIDUAIS

Reginaldo Araujo Devito

Orientador: Prof. Dr. Francisco Arthur S. Vecchia

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

ESTUDOS FÍSICOS E MECÂNICOS DE TELHAS DE CIMENTO DE ESCÓRIA DE ALTO-FORNO REFORÇADO COM FIBRAS CELULÓSICAS RESIDUAIS

Reginaldo Araujo Devito

Serviço de Pós-Gradução EESC/USP
EXEMPLAR REVISADO
Data de entrada no Serviço: 31/07/03
Ass.:

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do titulo de Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Francisco Arthur da Silva Vecchia

DEDALUS - Acervo - EESC
31100044135

EESC-USP Biblioteca CAMPUS DE S. CARLOS

São Carlos

2003

Class. TESE-EESC
Cutt. 1885
Tombo T249/03
Sysno 1327709

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

D496e

Devito, Reginaldo Araujo
Estudos físicos e mecânicos de telhas de cimento de escória de alto-forno reforçado com fibras celulósicas residuais / Reginaldo Araujo Devito. -- São Carlos, 2003.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2003.
Área: Ciências da Engenharia Ambiental.
Orientador : Prof. Dr. Francisco Arthur da Silva Vecchia.

1. Reciclagem. 2. Telha. 3.Escória de alto-forno. 4. Fibras vegetais residuais. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **REGINALDO ARAUJO DEVITO**

Dissertação defendida e julgada em 07-07-2003 perante a Comissão Julgadora:

Francisco A. Vecchia — Aprovado

Prof. Dr. **FRANCISCO ARTHUR DA SILVA VECCHIA (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADO

Prof. Assoc. **HOLMER SAVASTANO JÚNIOR**
(Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos/USP)

APROVADO

Prof. Dr. **OSNY PELLEGRINO FERREIRA**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

Prof. Doutor **VALDIR SCHALCH**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Ciências da Engenharia Ambiental

Prof. Assoc. **MURILO ARAUJO ROMERO**
Vice-Presidente em exercício da Comissão de Pós-Graduação

Talvez não tenhamos conseguido

fazer o melhor, mas lutamos para

que o melhor fosse feito...

Não somos o que deveríamos ser,

não somos o que iríamos ser, mas,

graças a Deus não somos o que éramos.

Martin Luther King

Aos meus pais,

pelo apoio e incentivo.

AGRADECIMENTOS

A Deus pai, que nos concedeu a vida.

Aos meus pais, Armando e Marilda, pelo incentivo e dedicação em todos os momentos de minha vida.

A minha namorada Audria, pelo apoio acadêmico e motivação na conquista deste grande desafio.

Ao Prof. Dr. Francisco Vecchia, da EESC/USP pela orientação, confiança e amizade.

Ao Prof. Dr. Holmer Savastano Júnior, da FZEA/USP, por acreditar na conquista deste sonho, pelo incentivo, dedicação e orientação deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Osny Pellegrino Ferreira, da EESC/USP, pelas contribuições à pesquisa e a atenção dispensada desde o início desta caminhada.

A todos os bons funcionários que não mediram esforços para auxiliar na concretização deste estudo, representados na figura do Sr. Pedro Ramos, da FZEA/USP.

Aos fiéis amigos Rogério Zanquetim, Robson de Godoy Fernandes, Leandro Cunha, Guilherme de Souza Silva, Carlos Henrique Benevenuto, Carlos Henrique Marucci, Giovani Pereira Saco, Alexandre Malachias e Odair Nilen, pelo auxílio técnico e companheirismo.

A todos os colegas do CRHEA/USP, em especial pelos amigos Cássio, Valdir e Adeildo pelas várias conversas, pela hospedagem e amizade.

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento desta pesquisa, deixo aqui meus eternos agradecimentos.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS ix

LISTA DE TABELAS xi

RESUMO xiii

ABSTRACT xiv

1. INTRODUÇÃO 1

1.1. OBJETIVOS 5

2. REVISÃO DE LITERATURA 6

2.1. MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO ALTERNATIVOS 6

2.2. FIBRAS VEGETAIS 10

2.3. CIMENTO DE ESCÓRIA DE ALTO-FORNO 11

2.4. DIFICULDADES NA PRODUÇÃO DE COMPÓSITOS ALTERNATIVOS 12

2.5. COMPORTAMENTO TÉRMICO 14

2.6. SISTEMAS DE COBERTURA POR ENCAIXE 17

2.7. COMENTÁRIOS ADICIONAIS 22

3. MATERIAL E MÉTODOS 23

3.1. MATERIAL 23

3.1.1. Preparo das polpas celulósicas 23

3.1.2. Matrizes cimentícias 24

3.2. PRODUÇÃO DOS COMPÓSITOS 26

3.2.1. Moldagem das placas planas 26

3.2.2. Moldagem das telhas 29

3.3. ENSAIOS REALIZADOS 30

3.3.1. Flexão com três cutelos em placas planas 30

3.3.2. Flexão com três cutelos em telhas 31

3.3.3. Determinação de propriedades físicas em placas e telhas 32

3.3.4. Permeabilidade de placas e telhas 32

3.3.5. Durabilidade das telhas 33

3.3.6. Comportamento térmico das telhas 35

3.3.7. Custos de produção das telhas 38

4. ANÁLISE DE RESULTADOS 39

4.1. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DAS PLACAS PLANAS 39

4.2. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DAS TELHAS 42

4.3. COMPORTAMENTO TÉRMICO DAS TELHAS 48

4.4. CUSTOS DE PRODUÇÃO DAS TELHAS 51

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 53

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 55

7. ANEXOS 63

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Esquema do processo de moldagem das telhas de cimento Portland reforçada com fibras de coco (BAHIA, 1985).....7

FIGURA 2: Esquema do processo de moldagem (cortes transversais sem escala). 9

FIGURA 3: Telhas por encaixe cerâmicas: (a) tipo Romana; (b) tipo Colonial; (c) tipo Plan. Fonte: catálogos diversos.....19

FIGURA 4: Telhas por encaixe de concreto. Fonte: catálogos diversos. 21

FIGURA 5: Esquema do processo de moldagem das placas com vibração: (a) adaptação de quadro metálico; (b) filme plástico; (c) aplicação do compósito e adensamento por vibração; (d) placa retangular moldada (perspectiva sem escala)...28

FIGURA 6: Perfil de moldagem das telhas com vibração. 29

FIGURA 7: Dispositivo de ensaio de flexão para placas com três cutelos.....30

FIGURA 8. Dispositivo de ensaio de flexão para telhas com três cutelos. 31

FIGURA 9: Esquema de ensaio de permeabilidade em telhas (vista em perspectiva sem escala, medidas em mm). 33

FIGURA 10: Bancada de envelhecimento natural do Campus USP em Pirassununga, SP. 34

FIGURA 11: Esquema do protótipo (vista em planta sem escala, medidas em cm)...37

FIGURA 12. Esquema da localização dos termopares no protótipo (vista em corte longitudinal sem escala, medidas em cm) 37

FIGURA 13: Protótipo habitacional para ensaio de comportamento térmico.....38

FIGURA 14: Gráfico da soma dos valores de trabalhabilidade, resistência e energia específica, por série, aos 28 dias. 41

FIGURA 15: Curvas de força x deformação das telhas (série s15) à base de cimento Portland CPIII-RS com 5% de sílica ativa reforçada com polpa kraft residual de eucalipto aos 28 dias. 43

FIGURA 16: Curvas de força x deformação das telhas (série s15) à base de cimento Portland CPIII-RS com 5% de sílica ativa reforçada com polpa kraft residual de eucalipto aos 84 dias. 43

FIGURA 17: Curvas de força x deformação das telhas (s15) à base de cimento Portland CPIII-RS com 5% de sílica ativa reforçada com polpa kraft residual de eucalipto aos 365 dias. 44

FIGURA 18: Curvas de força x deformação das telhas (s16) à base de escória de alto-forno reforçada com polpa kraft residual de eucalipto aos 28 dias. 45

FIGURA 19: Curvas de força x deformação das telhas (s16) à base de escória de alto-forno reforçada com polpa kraft residual de eucalipto aos 84 dias. 45

FIGURA 20: Curvas de força x deformação das telhas (s16) à base de escória de alto-forno reforçada com polpa kraft residual de eucalipto aos 365 dias. 46

FIGURA 21: Resistência à tração na flexão das séries s15 e s16 aos 28, 82 e 365 dias. 46

FIGURA 22: Energia específica das séries s15 e s16 aos 28, 82 e 365 dias. 47

FIGURA 23: Desempenho térmico dos sistemas de cobertura, no período de 4 a 9 de maio de 2002. 49

FIGURA 24: Desempenho térmico dos sistemas de cobertura, no dia 7 de maio de 2002....50

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Exigências funcionais de coberturas. Adaptada de PIRES (1998).....17

TABELA 2: Características morfológicas dos tipos de telha por encaixe de cerâmica. Adaptada de MENEGUETTI (2001).....20

TABELA 3: Características morfológicas dos tipos de telhas por encaixe de concreto. Fonte: BIONDO apud MENEGUETTI (2001).....21

TABELA 4: Composição química da escória granulada de alto-forno (% em massa) (OLIVEIRA, 2000).....24

TABELA 5: Composição química provável da cal hidratada (% em massa) (OLIVEIRA, 2000).....24

TABELA 6: Composição química provável da gipsita (% em massa) (OLIVEIRA, 2000).....25

TABELA 7: Principais características do cimento CPIIF 32 Itaú. Fonte: Cimento Itaú, set. 2002.....26

TABELA 8: Principais características do cimento CP-III 32 RS. Fonte: Cimento Mizu, nov. 2000.....26

TABELA 9: Formulações empregadas para os compósitos.....27

TABELA 10: Formulações empregadas para as telhas.....29

TABELA 11: Dados climatológicos da divisão de meteorologia da Aeronáutica, Pirassununga, SP, período de fevereiro de 2001 a fevereiro de 2002.....34

TABELA 12: Propriedades físicas e mecânicas dos compósitos.....41

TABELA 13: Propriedades físicas e mecânicas das telhas (s15) à base de cimento Portland CPIII-RS com 5% de sílica ativa reforçada com polpa kraft residual de eucalipto, relação água/aglomerante 0,5 (em massa), aos 28, 84 e 365 dias de idade (NBR-13858-2).....42

TABELA 14: Propriedades físicas e mecânicas das telhas (série s16) à base de escória de alto-forno reforçada com polpa kraft residual de eucalipto, relação água/aglomerante 0,5 (em massa), aos 28, 84 e 365 dias de idade (NBR-13858-2). .44

TABELA 15: Dados climatológicos da estação do CRHEA, período de 4 a 9 de maio de 2002. 49

TABELA 16: Quantidade e custos para produção de um milheiro das telhas (série 15) à base de cimento Portland CPIII-RS com 5% de sílica ativa e reforçada com polpa kraft residual de eucalipto....51

TABELA 17: Quantidade e custos para produção de um milheiro das telhas (s16) à base de escória de alto-forno reforçada com polpa kraft residual de eucalipto. 52

TABELA 18: Comparação de preços de telhados. 52

RESUMO

DEVITO, R. A. (2003). *Estudos físicos e mecânicos de telhas de cimento de escória de alto-forno reforçado com fibras celulósicas residuais.* São Carlos, 2003. 143p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

A presente pesquisa tem como objetivo desenvolver um novo elemento de cobertura, compatível com o meio ambiente: telhas de cimento alternativo reforçado com fibras celulósicas. Para tanto, foram utilizadas matérias-primas consideradas resíduos industriais (cimento de escória de alto-forno e rejeito de polpa de celulose de eucalipto) para obtenção de pastas cimentícias reforçadas. Os compósitos foram produzidos por dispersão prévia das fibras em água, mistura do compósito em argamassadeira convencional, adensamento por vibração, moldagem em fôrmas, seguida de cura úmida. Foram moldadas placas planas de diferentes formulações de matrizes cimentícias, com as matérias-primas alternativas disponíveis. Com base nos melhores resultados dessa fase preliminar, foram produzidas duas séries de telhas tipo romana "capa canal". Foram avaliados o desempenho físico-mecânico, os custos de produção e o comportamento térmico das telhas. Os resultados revelaram a potencialidade dos compósitos obtidos na produção de fibrocimentos alternativos, por meio de técnicas simples e de baixo consumo de energia, direcionados à autoconstrução urbana e rural de baixo custo.

Palavras-chave: Reciclagem, telha, escória de alto-forno, fibras vegetais residuais.

ABSTRACT

DEVITO, R. A. (2003). Physical and mechanical studies of roofing tiles made of blast furnace slag cement reinforced with residual cellulose fibers. São Carlos, 2003. 143p. Masters Dissertation - São Carlos School of Engineering, University of São Paulo.

The objective of this study was to develop a new roofing material that would be compatible with the environment: roofing tiles made of alternative cement reinforced with cellulose fibers. Industrial waste materials were used as raw materials (blast furnace slag cement and waste eucalyptus cellulose pulp) to obtain reinforced cement pastes. The composites were produced by previously dispersing the fibers in water, mixing the composite in a conventional cement-mixer, compaction by vibration, shaping them in molds, followed by moist curing. Flat sheets were molded using different formulations of cement matrixes with the alternative raw materials available. Based on the best results from this preliminary phase, two series of Roman tiles for roofing were produced. The physical and mechanical performance, the cost of production, and the thermal behavior of the tiles were evaluated. The results revealed the potential of composites made of alternative fiber-cements, using simple techniques and with low energy consumption, in urban and rural areas for low-cost self-construction.

Key words: Recycling; roofing tiles; blast furnace slag cement; residual vegetable fibers.

1. INTRODUÇÃO

A quantidade de CO_2 (gás carbônico) que está sendo lançado na atmosfera vem crescendo exponencialmente e os vegetais não estão sendo capazes de transformar todo esse gás carbônico em oxigênio durante a fotossíntese. JOHN (2000) afirma que, atualmente, são gerados cerca de sete bilhões de toneladas de CO_2 por ano e que mais da metade deste crescimento ocorreu nos últimos 40 anos. O CO_2 absorve os raios infravermelhos o que vem causando um aumento da temperatura da Terra, fenômeno este denominado efeito estufa.

Esse mesmo autor considera a queima de combustíveis fósseis como sendo a principal responsável por esse aumento. Porém, ainda hoje não há nenhuma tecnologia no mundo capaz de substituir os combustíveis fósseis na produção de energia. Martin Hoffert, físico da Universidade de Nova York, após analisar diversas estratégicas de produção de energia limpa (biomassa, fissão nuclear, ventos ou fotovoltaica terrestre), concluiu que nenhuma tecnologia atual vai substituir os $12x10^{12}$ Watts anuais consumidos pela humanidade hoje (85% dos quais são derivados de combustíveis fósseis), muito menos os $30x10^{12}$ Watts estimados para daqui a 50 anos (NOGUEIRA, 2002).

A indústria da construção civil, particularmente a produção de materiais consome considerável quantidade de energia, proveniente de combustíveis fósseis, especialmente ao levar em consideração o volume de produção. Na Inglaterra, o consumo de energia associado à produção e transporte de materiais de construção civil é de aproximadamente 10% do consumo total de energia.

Por outro lado, indústrias vêm tendo problemas com a produção de resíduos, pois a legislação ambiental e o mercado externo vêm exigindo que as empresas incorporem tecnologias "limpas" em seus processos de produção, fator este considerado de extrema relevância para a preservação do meio ambiente.

Os resíduos industriais exigem altos investimentos por parte das empresas para seu tratamento e disposição final. Além de não trazerem retorno econômico algum, tornam o produto final menos competitivo no mercado, já que são acrescidos em seu preço os custos do manejo dos resíduos. A saída para este problema foi buscar uma forma de transformar os resíduos industriais em matérias-primas, reutilizando-os em outros processos produtivos como, por exemplo, o aproveitamento da escória de alto-forno e rejeito de polpa de celulose de eucalipto na produção de telhas. Essa transformação reúne o aproveitamento dos abundantes resíduos produzidos pelas industrias de aço e papel, a possibilidade de barateamento dos elementos de cobertura e a substituição do cimento Portland e das fibras de amianto, minimizando os impactos ambientais.

A redução do consumo de energia tem sido a justificativa para o uso da escória de alto-forno na substituição parcial ou integral do cimento Portland, além da redução da poluição emitida na produção do clínquer que implica na calcinação do calcário, que libera grande quantidade de gás carbônico, e a redução dos aterros. As escórias de alto-forno são hoje uma grande preocupação para as indústrias siderúrgicas brasileiras, já que ocupam um grande espaço nos aterros, quando são dispostas nestes.

No Brasil, a produção de cimento, por exemplo, é responsável por cerca de 6 a 8% do gás carbônico emitido (JONH, 2000). A substituição do clínquer Portland em 50% por escória de alto-forno permite uma redução de cerca 40% no consumo de energia. O processamento da tonelada de escória consome menos de 20% do consumo energético para o processamento de uma tonelada de cimento Portland. (JOHN, 1995).

Fibras naturais residuais como reforço de matrizes frágeis à base de cimento têm despertado grandes interesses nos países em desenvolvimento, por causa de seu baixo custo, disponibilidade, baixa energia incorporada e também no que se refere às questões ambientais. Isso ocorre, pois as fibras encapsuladas contribuem para a redução da poluição por resíduos sólidos. Segundo SWAMY (1990), o emprego desses compósitos para produção de telhas de cobertura, de placas e outros componentes pré-fabricados, pode representar significativa contribuição para o rápido crescimento da infra-estrutura urbana e rural desses países.

O cimento amianto permanece até hoje na maioria dos estados brasileiros como único compósito fibroso à base de matriz cimentícia com larga escala de produção, apesar de deficiências sérias, tais como: incompatibilidade das fibras de amianto crisotila com o desenvolvimento sustentável na construção civil, além do desconforto térmico. GIANNASI & THÉBAUD-MONY (1997) demonstraram que essas fibras minerais representam potencial cancerígeno, daí a principal razão para substituí-las.

Apesar de um grande número de pesquisas comprovarem a eficiência das fibras vegetais como reforço de materiais na construção civil, o seu emprego, em escala industrial, ainda é pequeno (AGOPYAN & JOHN, 1994). A resposta para esse problema passa por três pontos importantes: adequação dos processos industriais hoje existentes fundamentados no modelo Hatschek, determinação da durabilidade e comprovação do comportamento térmico frente ao clima tropical.

Tendo em vista as desvantagens do uso do cimento Portland convencional e da fibra de amianto, e as mudanças tecnológicas ocorridas na sociedade atual, mais especificamente as voltadas à conservação ambiental, em muitos países ainda permanece o desafio de se criar tecnologia alternativa de fibrocimento.

Neste estudo vamos revelar a potencialidade dos compósitos obtidos na produção de fibrocimentos alternativos, por meio de técnicas de reciclagem simples e de baixo consumo de energia, direcionados à autoconstrução urbana e rural de baixo custo.

1.1. Objetivos

O presente estudo tem por objetivo principal desenvolver um novo elemento de cobertura: telhas de cimento de escória de alto-forno reforçado com fibras celulósicas residuais. Para tanto foram traçados os objetivos específicos, a saber:

- Preparar e caracterizar a matéria prima.
- Produzir e avaliar placas planas de matrizes de diferentes formulações.
- Confeccionar telhas com base nos melhores resultados das placas planas e analisar seu desempenho físico-mecânico, durabilidade, comportamento térmico e custos de produção.

Ao longo das diversas etapas deste trabalho, persistiu o constante desenvolvimento, adaptação e ajuste de recursos e técnicas laboratoriais disponíveis, ou seja, um processo artesanal para obtenção de uma solução construtiva baseada em técnicas simples e no emprego de resíduos, para produção de telhas sem a necessidade de mão-de-obra especializada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Materiais de construção alternativos

De acordo com GRANDI (1997), um novo produto, para ter aceitação no mercado da construção civil brasileira, necessita ser durável, resistente, decorativo e trabalhável, além de apresentar peso específico, condutividade térmica e absorção adequada ao uso, e preço de mercado igual ou inferior ao daqueles produtos normalizados similares e disponíveis no mercado.

A produção de componentes construtivos esbeltos, com desempenho mecânico e isolamento termoacústico aceitáveis, reforçados com fibras celulósicas, combinadas ou não a fibras plásticas, é de cerca de 1,4 milhão de toneladas ao ano no mundo todo (RONGXI, 1995). Essa produção está localizada, em grande parte, nos EUA, Europa, Oceania, Ásia e África do Sul. Nesse contexto, a Austrália destaca-se como primeiro país a produzir comercialmente fibrocimentos sem o uso de amianto (COUTTS, 1992).

O primeiro estudo relevante de fibrocimentos naturais no Brasil, ocorreu em 1980, no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento (CEPED), em Camaçari, BA. Após estudar as fibras vegetais na região, a equipe do CEPED concentrou seus trabalhos nas fibras de coco e sisal, com avaliação da influência do teor e do comprimento

desses reforços, assim como dos processos de moldagem. A partir disso, foram desenvolvidos componentes habitacionais, tais como pias de cozinha, pequenas caixas d'água e o "telhão" - produto de maior destaque, com comprimento de 180 cm, largura aproximada de 41 cm e espessura de 1,5 cm. Foi empregada uma cartilha, para transmitir a tecnologia aos usuários finais, que produziriam as telhas para consumo próprio (BAHIA, 1985). A matriz empregada foi uma argamassa de cimento e areia com traço 1:3 em volume, relação água/cimento de 0,7 e reforçada com 2% em volume de fibras de coco cortadas (comprimento médio das fibras de 4 cm).

A metodologia empregada consistiu em moldar uma placa plana sobre filme plástico, fixado em esquadro de madeira. Essa placa era moldada em duas camadas de argamassa, e as fibras colocadas manualmente entre elas. Posteriormente, o esquadro de madeira era removido e a placa, suspensa em cavaletes, adquiria o formato de canal, como mostra a Figura 1 a seguir:

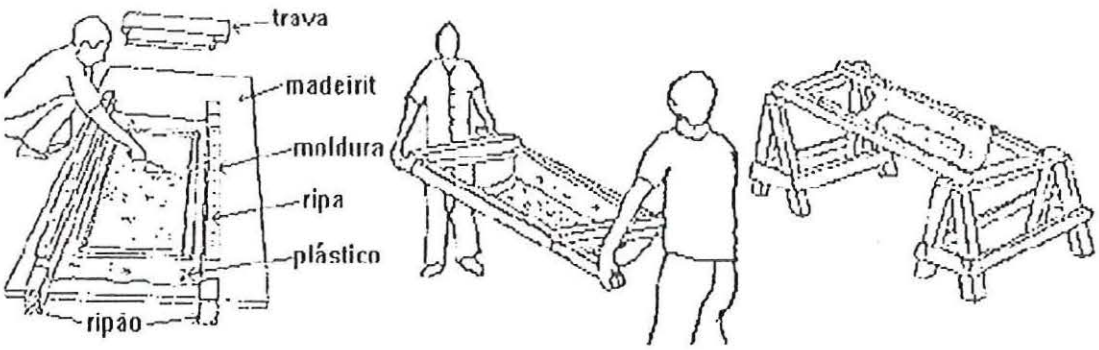


FIGURA 1: Esquema do processo de moldagem das telhas de cimento Portland reforçada com fibras de coco (BAHIA, 1985).

O processo era simples e não requeria mão-de-obra especializada, porém a deficiência encontrada foi em razão da má distribuição das fibras na argamassa e do

emprego de volume de fibras inferior ao estipulado. Para evitar esses riscos, o CEPED passou a recomendar a mistura das fibras na argamassa antes da moldagem. Embora a tecnologia de produção tenha sido simples e o desempenho, em curto prazo, excelente, não se recomendou o seu uso em coberturas, até que fossem concluídos estudos relativos ao envelhecimento do compósito. Para minimizar o efeito da alcalinidade da matriz e melhorar a durabilidade do compósito, os pesquisadores do CEPED ainda estudaram tratamentos por meio de impregnação das fibras com resina (GUIMARÃES, 1990).

A pesquisa "Sistema de cobertura para construção de baixo custo: uso de fibras vegetais e de resíduos agroindustriais", desenvolvida no Campus da USP de Pirassununga SP, apresentou o estudo da disponibilidade de resíduos fibrosos e a produção de telhas de cobertura tipo capa-canal, com dimensões de 50 cm de comprimento e 25 cm de largura. Para tanto, foram utilizados materiais alternativos como cimento de escória de alto-forno e fibras residuais de sisal (*Agave sisalana*) e bananeira (*Musa cavendishii*), bem como rejeito de polpa celulósica de eucalipto (*Eucalyptus grandis*), para produção de argamassas reforçadas (SAVASTANO JR. et al., 1999 e SAVASTANO JR. et al., 1997). Os compósitos, na fase recém-misturada, apresentaram massa específica inferior à da matriz sem reforço, o que pode ser explicado pela presença das fibras, que possuem reduzida massa específica aparente e agem como incorporadores de ar. Observou-se que as fibras reduziram a trabalhabilidade dos compósitos e ficaram mal distribuídas na matriz. Com exceção das telhas reforçadas com fibra de sisal de campo (capacidade de carga na flexão

inferior a 680 N) e com fibra de banana (empenamento superior a 3 mm). As demais séries de telhas produzidas atenderam às especificações de normas pertinentes (GRAM & GUT, 1994). Em médio prazo, no entanto, ocorreu a deterioração das macrofibras e a perda de ductilidade do material, como também observado por BENTUR & AKERS (1989).

No trabalho cooperativo USP-CSIRO[1], objetivou-se a melhoria dos processos produtivos e do desempenho de compósitos à base de cimento com reforço de fibras vegetais, por meio de tratamento especial das fibras (deslignificação) e da produção de placas planas similar ao modelo Hatschek, conforme detalhado na Figura 2.

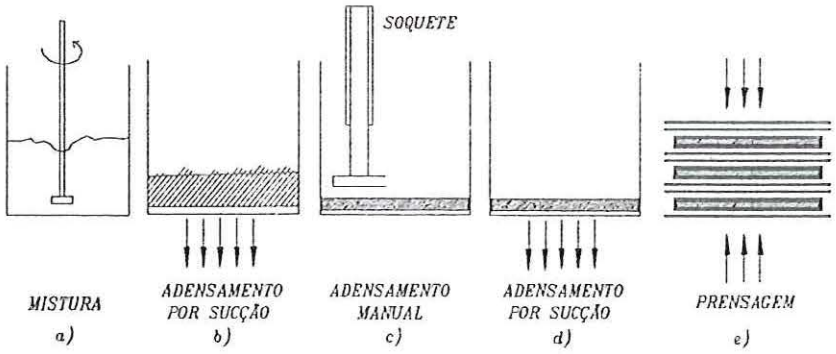


FIGURA 2: Esquema do processo de moldagem (cortes transversais sem escala).

Os materiais produzidos, a partir de método baseado na dispersão prévia das fibras e do aglomerante em solução aquosa, demonstraram desempenho mecânico muito superior ao das matrizes cimentícias reforçadas com fibras sem tratamento e moldadas segundo processo convencional de simples mistura em argamassadeira e sob vibração. Com matriz à base de cimento de escória e reforço de 12% em massa de

---

[1] CSIRO - Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Austrália.

polpa de eucalipto, as resistências médias à tração na flexão dos compósitos atingiram 18 MPa, e os valores de energia específica chegaram a exceder 1,2 kJ/m^2, aos 28 dias

2.2. Fibras Vegetais

A adição de fibras naturais proporciona maior capacidade de absorção de energia às matrizes cimentícias, cria possibilidade de trabalho no estágio pós-fissurado e confere isolamento termo-acústico aceitável (AGOPYAN & SAVASTANO, 1997).

SAVASTANO JR. et al. (1997) descreveram as potencialidades de alguns resíduos agroindustriais:

- Uma única associação de produtores no interior do estado da Bahia apresenta produção potencial de 30 mil t/ano de bucha verde de sisal, que permanece no campo sem uso, a preço nulo.
- A projeção de produção de fibra a partir do pseudo-caule da bananeira chega a 95 mil t/ano, só considerado o Vale do Ribeira, SP.
- Uma única indústria de polpa de celulose de eucalipto, no Espírito Santo, gera cerca de 17 mil t/ano de rejeito fibroso, ao preço de US$ 15/t.

De acordo com SAVASTANO JR. (2000), a polpa celulósica residual de eucalipto apresenta vantagem pelo baixo teor de lignina, por ser disponível em quantidades superiores a 30 mil t/ano (com base na produção brasileira de pasta celulósica comercial), além de já se encontrar em forma de polpa, requerendo baixo

consumo de energia de processamento (apenas desintegração em água fria) e ser de fácil homogeneização na matriz de cimento.

2.3. Cimento de escória de alto-forno

A escória de alto-forno é um resíduo da produção do ferro-gusa (ferro com 3 a 4% de carbono) e possui composição química semelhante à do cimento Portland.

Ela sai do alto-forno na forma de um líquido viscoso com temperatura entre 1350 e 1500 °C. Submetida a resfriamento severo, ela se torna granulada e vítrea, possuindo características aglomerantes.

O Brasil é um grande produtor de escória de alto-forno. No período de novembro de 2001 a novembro de 2002, a produção de ferro gusa foi de 29 milhões de toneladas (dados preliminares do Instituto Brasileiro de Siderurgia, informação *on line* obtida no endereço eletrônico http://www.ibs.org.br/producao.htm em 17/12/02). Segundo SAVASTANO JR. (2000), cada tonelada de ferro gusa gera, como resíduo, cerca de 330 kg de escória. Podemos concluir então que a produção de escória de alto-forno neste período foi da ordem de 9,57 milhões toneladas. Parte desta escória é adicionada ao cimento Portland pelas industrias, porém o acúmulo desse resíduo é estimado na ordem de três milhões de toneladas ano, causando um sério problema para disposição.

A escória básica granulada é vendida a um preço inferior a US$ 10/t (JOHN, 1995). A produção de cimento a partir de escória básica granulada exige apenas a sua

moagem (custo aproximado de US$ 15/t), além da adição de ativadores (gipsita de uso agrícola, cal hidratada, soda cáustica, cimento Portland ou uma mistura destes). Sendo que a hidratação da escória acontece mais ligeiramente em meio alcalino e/ou sob altas temperaturas.

O emprego da escória de alto-forno como aglomerante ajuda a diminuir a necessidade de calcinação de matéria-prima, o que permite a redução do consumo de energia e dos custos de produção dos cimentos, além de minimizar os malefícios ao meio ambiente (JOHN, 1995).

A adição de fibras vegetais como reforço em cimentos Portland é pouco aconselhável, pois este tem como característica a alcalinidade elevada, o que acarreta o ataque às fibras vegetais. Já aglomerantes alternativos à base de escória de alto-forno e de cinza de casca de arroz, por exemplo, apresentam alcalinidade menor que a do cimento Portlant sendo, portanto menos agressivos às fibras vegetais de reforço e mais adequados, nesse caso, para o uso como aglomerantes.

2.4. Dificuldades na produção de compósitos alternativos

Nas décadas de 80 e 90, pesquisadores brasileiros e do mundo todo se depararam com o desempenho mecânico deficiente (resistência à tração na flexão inferior a 10 MPa) dos compósitos cimentícios reforçados com fibras vegetais (INTERNATIONAL CONFERENCE ON RECENT DEVELOPMENTS..., 1989,

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON VEGETABLE PLANTS..., 1990 e INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FIBRE REINFORCED., 1992).

Certas dificuldades associadas a esses fibrocimentos alternativos devem ser consideradas, conforme apresentado a seguir.

I. *Necessidade de preparo das fibras, para retirada de substâncias químicas indesejáveis.* As fibras vegetais são extraídas a partir de processos bastante rudimentares, e podem reter contaminantes que interferem, por exemplo, na hidratação do aglomerante. COUTTS & WARDEN (1992), por meio de processos de polpação aplicados a fibras de sisal, apresentaram resultados de resistência à flexão da ordem de 20 MPa, em compósitos com cerca de 8% de fibra em relação à massa de cimento Portland.

II. *Adequação dos processos de fabricação.* Procedimentos convencionais, de simples mistura e moldagem, geralmente originam problemas de má distribuição das fibras no interior da matriz, com incorporação excessiva de vazios permeáveis. A ordem de mistura dos materiais, a retirada do excesso de água, a aplicação de pressão após moldagem e o uso de autoclave, são algumas técnicas decisivas para o melhor desempenho do compósito, conforme demonstrado por AGGARWAL (1992) e COUTTS & NI (1995).

III. *Durabilidade*. Considerado um dos principais fatores limitantes do uso das fibras naturais na construção civil, sendo consensual a necessidade de estudos adicionais. Segundo GRAM (1988) e JOHN & AGOPYAN (1993), para conter a degradação dos compósitos, várias soluções têm sido estudadas: a) proteção das fibras com polímeros e hidro-repelentes (resinas, óleos e asfaltos); b) impermeabilização superficial do componente construtivo, por pintura à base de PVA; c) matrizes de baixa alcalinidade, tais como gesso e cimentos de escória de alto-forno, com pH da água do poro inferior ao do cimento Portland comum; d) carbonatação acelerada da matriz; e) emprego do compósito em locais não sujeitos às intempéries ambientais; f) uso de polpas celulósicas, com baixos teores de lignina (substância amorfa que se decompõe frente à elevada alcalinidade dos cimentos convencionais).

2.5. Comportamento térmico

Na presença de oxigênio, o organismo dos seres homeotérmicos (animais que a temperatura interna tende a permanecer constante) promove a queima das calorias dos alimentos (processo conhecido como metabolismo) e as transforma em energia, gerando assim, o calor interno do corpo. Porém, com as variações climáticas, há trocas térmicas entre o corpo e o ambiente, com ganho ou perda de calor (frio), o que determina aumento ou diminuição da temperatura interna do organismo. RIVERO

(1985) ressalta a fadiga física e nervosa, o acréscimo dos acidentes de trabalho, além da exposição do organismo humano a diversas doenças, como conseqüência dos meios desconfortáveis.

Nas regiões de clima tropical e subtropical, a temperatura e a umidade relativa do ar são fatores limitantes ao desenvolvimento, à produção e à reprodução dos animais. A produtividade ótima de uma ave é resultado do alojamento adequado, sem nenhum desperdício de energia para o ambiente, seja para compensar a perda de calor, seja para acionar seu sistema de refrigeração, a fim de resistir ao calor ambiental, e minimizar a parte destinada ao seu ganho de peso (NÃÃS et al., 1995).

Para NÃÃS (1989), o desempenho animal (ganho de massa e produção de leite) é conseqüência do funcionamento do seu sistema homeotermo. O animal torna-se mais saudável e produtivo, pois, dentro, de uma variação de temperatura denominada zona de conforto ou termoneutralidade, ocorre o menor desgaste do animal.

Quanto ao ser humano, o conforto térmico é importante para o seu bem-estar. Este pode ser visto como "*um estado de mente que reflete satisfação com o ambiente que envolve uma pessoa - nem quente nem frio*" (ASHRAE, 1985). E a edificação é um dos fatores responsáveis para que tal sensação agradável ocorra, pois esta é a ligação entre o ambiente interno e as variações climáticas externas.

Para SILVA (2001), a edificação necessita estar adequada ao sítio onde está localizada, pois o bem estar térmico está diretamente relacionado, entre outras variáveis, ao projeto apropriado da edificação, aos materiais construtivos empregados

e à localização geográfica. O clima exterior sofre constantes variações e as construções devem possibilitar a regularização e a adaptação às condições exteriores, conforme as exigências de conforto.

Segundo VECCHIA (1997), em uma edificação, o ambiente construído é o conjunto constituído pelos envolventes das edificações: coberturas, paredes, pisos, entre outros elementos e dispositivos. E estes devem ser considerados instrumentos de controle ambiental entre as condições externas e internas de uma edificação.

Em particular, a função primordial do telhado é proteger contra intempéries e adequar os níveis de conforto térmico, acústico e visual (LEE, 2000). Em uma edificação, a cobertura é a parte mais exposta às condições climáticas externas, ou seja, onde se dá a entrada da energia térmica e, portanto, seu desempenho tem grande importância na determinação do conforto térmico (CARVALHO FILHO & SAVASTANO JR., 1985).

A utilização de fibras vegetais na produção de telhas de fibrocimento confere isolamento termo-acústico aceitável (AGOPYAN & SAVASTANO, 1997), em especial pela baixa massa específica aparente do compósito. Além disso, o cimento de escória de alto-forno, ao se carbonatar, apresenta coloração cinza clara, sendo favorável à reflexão do calor (CUNHA et al., 2001).

2.6. Sistemas de cobertura por encaixe

Segundo ATAEV (1985), a função básica das coberturas é proteger as atividades humanas e o conteúdo das edificações da chuva, do vento, do calor, do frio, das poeiras e dos gases do meio ambiente.

Para PIRES (1998), as coberturas devem atender algumas exigências funcionais, conforme Tabela 1.

TABELA 1: Exigências funcionais de coberturas. Adaptada de PIRES (1998).

EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DE COBERTURAS	
Segurança	Estrutura
Habitabilidade	Estanqueidade (água, ar, neve e poeiras)
	Conforto térmico
	Conforto acústico
	Conforto visual
	Conforto tátil
	Higiene (ausência de substâncias nocivas ou insalubres)
	Adaptação do acabamento à utilização
Durabilidade	Conservação das propriedades mecânicas e físicas perante o tempo
Economia	Limitação do custo global
	Economia de energia

Para MENEGUETTI (2001), os produtos para coberturas descontínuas podem ser reunidos e classificados em três classes, conforme a sua instalação:

- **Telhas por encaixe**, componente com saliências e reentrâncias na face inferior para fixação por ancoragem mecânica. Telhas cerâmicas, de concreto, de vidro, de policarbonato e fibro-vegetais, por exemplo.

- **Telhas por fixação,** componente com nervuras longitudinais e com fixação por meio de conectores. Telhas onduladas de fibrocimentos, de metal e de polímeros, por exemplo.
- **Placa,** componente com ambas as superfícies lisas e com fixação por meio de conectores ou adesivos. Placa de ardósia, de vidro, de madeira e de fibrocimento, por exemplo.

A telha por encaixe é o principal instrumento de cobertura e acabamento dos telhados por encaixe. São fabricadas com os mais diversos tipos de materiais (cerâmicas, concreto, vidro, plásticos, diferindo-se pelo tamanho, massa, quantidade por m^2, design e porcentagem de inclinação do telhado), conforme descrição abaixo:

- **Telhas por encaixe de cerâmica**

As telhas por encaixe de cerâmica são produzidas de argila recentes (quaternárias) e às vezes terciárias. As argilas são extraídas de margens de rios, lagos ou várzeas, ricas em ferro e álcalis, com granulometria fina e contêm teor considerável de matéria orgânica (responsável pela elevada plasticidade). São fabricadas pelos processos de moldagem plástica manual ou por extrusão e moldagem por prensagem em massa seca, com diferentes teores de umidade. Após a queima a uma temperatura de cerca de 950 °C, a presença de elevadas concentrações de ferro proporciona cores vivas do alaranjado ao vermelho. Argilas com baixa concentração

de ferro podem produzir telhas com propriedades cerâmicas aceitáveis, porém de cores claras. Temperaturas de queima elevadas (1250 °C) podem ser inadequadas por produzirem cores escuras (marrom). Portanto, a cor é um dos fatores fundamentais para escolha de uma argila para produção de telhas (SANTOS, 1975). No mercado brasileiro, existem muitas formas de telhas por encaixe de cerâmica, tais como as ilustradas na Figura 3 e definidas como segue na Tabela 2:

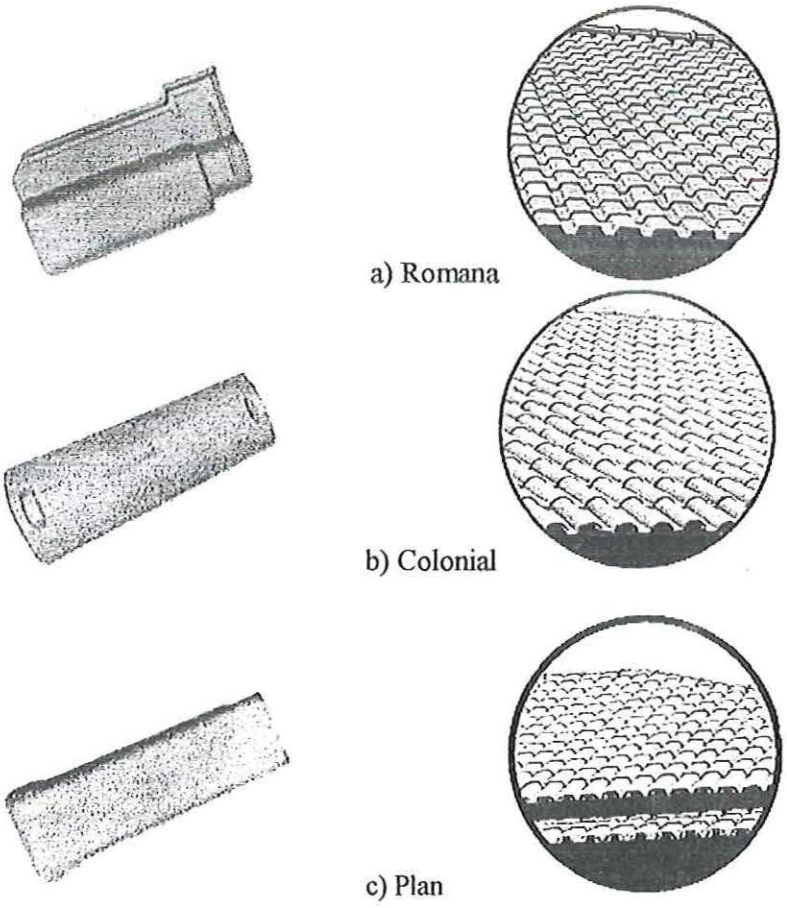


FIGURA 3: Telhas por encaixe cerâmicas: (a) tipo Romana; (b) tipo Colonial; (c) tipo Plan. Fonte: catálogos diversos.

TABELA 2: Características morfológicas dos tipos de telha por encaixe de cerâmica. Adaptada de MENEGUETTI (2001).

TIPOS DE TELHAS DE ENCAIXE CERÂMICA					
CARACTERISTICAS	FRANCESA	ROMANA	COLONIAL	PAULISTA	PLAN
Comprimento (mm)	400	415	460	460	460
Largura (mm)	240	216	180/140	Capa 160/120 Canal 180/140	Capa 160/120 Canal 180/140
Espessura (mm)	14	10	13	13	13
Altura do canal (mm)	-	-	75/55	Capa 70/70 Canal 70/55	Capa 60/60 Canal 5/45
Massa seca média (g)	2600	2600	2250	Capa 2000 Canal 2150	Capa 2290 Canal 2280
Massa seca máxima (g)	3000	3000	2700	Capa 2650 Canal 2650	Capa 2750 Canal 2780
Galga (mm)	340	360	400	400	400
Ângulos de inclinação	18°<i<22°	17°<i<25°	11°<i<24°	11°<i<24°	11°<i<17°
Declividade	32%<d<45%	30%<d<45%	20%<d<25%	20%<d<25%	20%<d<30%
Número de telhas por m^2	15	16	24	26	26
Peso próprio seco do telhado (N/m^2)	450	480	650	690	720
Peso próprio saturado do telhado (N/m^2)	540	580	780	830	860

Para permitir a passagem de luz, as mesmas formas podem ser encontradas em vidro ou em policarbonato.

- **Telhas por encaixe de concreto**

As telhas por encaixe de concreto são fabricadas por extrusão de argamassa de cimento, areia e água. A argamassa é colocada em moldes que se movem continuamente em uma esteira e que passam em uma prensa. Depois de prensada, a tira contínua de argamassa é cortada nos tamanhos desejados para as telhas, que

seguem para cura em câmara úmida a uma temperatura entre 40 e 50 °C. A pigmentação é incorporada diretamente na argamassa antes da estampagem, ou antes da cura. As telhas de concreto apresentam formas de seções transversais semelhantes às telhas cerâmicas tradicionais e também as características geométricas podem variar entre fabricantes, tal como apresentado na Figura 4 e na Tabela 3, respectivamente:

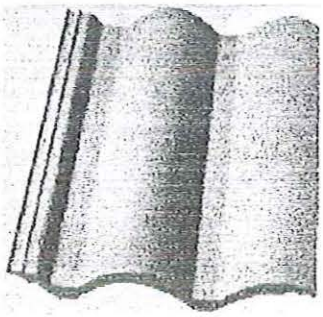


FIGURA 4: Telhas por encaixe de concreto. Fonte: catálogos diversos.

TABELA 3: Características morfológicas dos tipos de telhas por encaixe de concreto. Fonte: BIONDO[2] apud MENEGUETTI (2001).

CARACTERISTICAS	TELHA POR ENCAIXE DE CONCRETO
Comprimento útil (mm)	320
Largura útil (mm)	300
Espessura (mm)	>10
Altura do canal (mm)	70
Massa seca média (g)	4000 a 4700
Galga (mm)	320
Declividade	29%<d<45%
Número de telhas por m^2	9,5 a 10,5
Peso unitário (kg)	4,3 a 5,0
Peso seco do telhado (N/m^2)	450 a 500
Peso saturado do telhado (N/m^2)	500 a 550

[2] BIONDO. G. (1991). *Buon tetto*. 2° ed. Milano, Be-ma Editrici.

2.7. Comentários adicionais

Após vários anos de constante evolução tecnológica, deparamos ainda com o desafio de incorporar fibras vegetais para desenvolver um novo componente de cobertura, esbelto, durável, de produção simples, com menos consumo de energia, voltado para autoconstrução de baixa renda. Com o intuito de conservar o meio ambiente para épocas futuras substituindo o uso do amianto, do cimento portland e de argila, além de baratear os custos de produção através da reciclagem e melhorar as condições de bem estar com o melhor conforto térmico da cobertura nos deparamos com o paradoxo no uso de tecnologias alternativas. De um lado a simplicidade e certa deficiência representado com o telhão, (desenvolvido no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento - CEPED). E de outro lado, a melhoria dos processos produtivos e do desempenho de compósitos por meio de tratamento especial das fibras (deslignificação) e da produção de placas planas similar ao modelo Hatschek (prensagem e retirada do excesso de água) no trabalho cooperativo USP-Austrália.

Acredita-se que uma proposta de sucesso possa aliar bom desempenho e racionalização de energia, mão de obra não especializada e simplicidade de produção, o que inclui o tratamento especial das fibras (deslignificação) e a metodologia de moldagem com adaptação do equipamento desenvolvido pela empresa Parry Associates - UK, Reino Unido.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. Preparo das polpas celulósicas

Polpa kraft residual de *Eucalyptus grandis*, deslignificada por meio de processo químico, parcialmente branqueada, oriunda da Aracruz Celulose, ES, foi previamente seca em estufa com circulação de ar a 65 ° C, até constância de massa, para estocagem. Próximo de sua utilização, a polpa foi submetida à dispersão com uso de liqüidificador de alta rotação (concentração de 5,6 g de fibra por litro de água), drenada por simples filtragem, particulada com o uso de uma batedeira laboratorial e mantida refrigerada dentro de saco plástico hermeticamente fechado.

Principais propriedades físicas médias da polpa empregada: comprimento = 0,66 mm (por intermédio de analisador óptico automatizado Kajaani FS-200), espessura = 10,9 μm (média de 20 medições por microscopia eletrônica de varredura), massa específica real = 1,609 g/cm^3, massa específica aparente = 0,230 g/cm^3, volume de vazios permeáveis = 89% e absorção máxima de água = 643% (NBR 9778).

3.1.2. Matrizes cimentícias

A escória de alto-forno (ver composição química na Tabela 4) foi fornecida pela Companhia Siderúrgica Tubarão (CST) e submetida a moagem, em moinho de cargas metálicas esféricas, até atingir a finura Blaine de 800 m^2/kg (NBR 7224), sendo então acondicionada em recipientes selados até o momento do uso. Esse cimento alternativo foi estudado previamente por AGOPYAN & JOHN (1994), AGOPYAN (1991), DEVITO et al. (2000) e DEVITO & SAVASTANO (2000).

TABELA 4: Composição química da escória granulada de alto-forno (% em massa) (OLIVEIRA, 2000).

Composto	Teor (% em massa)	Composto	Teor (% em massa)
Perda ao fogo	1,67	SO_3	0,15
SiO_2	33,78	Na_2O	0,16
Al_2O_3	13,11	K_2O	0,32
Fe_2O_3	0,51	S^{2-}	1,14
CaO	42,47	CaO livre	0,10
MgO	7,46	Resíduo insolúvel	0,53

A cal hidratada utilizada para ativação foi do tipo CH-I, classificação conforme NBR-7175, marca Supercal, composição química na Tabela 5.

TABELA 5: Composição química provável da cal hidratada (% em massa) (OLIVEIRA, 2000).

Composto	Teor (% em massa)	Composto	Teor (% em massa)
$Ca(OH)_2$	90,00	SiO_2	1,50
$Mg(OH)_2$	0,56	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	0,89
$CaSO_4$	0,49	Água livre	0,36
$CaCO_3$	5,60	Óxidos totais na base não volátil	92,00

A gipsita apresenta alto grau de pureza e baixas concentrações de resíduos, é proveniente da região da Araripina, PE, e sua composição química provável é apresentada na Tabela 6.

TABELA 6: Composição química provável da gipsita (% em massa) (OLIVEIRA, 2000).

Composto	Teor (% em massa)	Composto	Teor (% em massa)
$CaSO_4.2H_2O$	88,90	$MgCO_3$	0,42
$CaSO_4$	7,12	MgO	0,16
$CaCO_3$	1,54	$SiO_2 + Fe_2O_3 + Al_2O_3$	0,84

A sílica ativa empregada foi da marca Microsilica, sendo composta de pelo menos 85% em massa de sílica amorfa (SiO_2).

O material carbonático foi da marca Minercal e apresentou, em sua composição (teores em massa), 42% de CaO, 3% de MgO, 15% de SiO_2, 35% de perda ao fogo e 22% de resíduo insolúvel (NBR-5743 e NBR-9203).

Utilizou-se aditivo superplastificante de alta performance de pega normal para concretos de alto desempenho, composto de polímero melamínico, da marca Sikament, em conformidade com as especificações da ASTM C 494 tipo F. Tal aditivo foi empregado como plastificante e redutor de água, para obtenção de massas plásticas, mesmo com baixa relação água/cimento. A dosagem recomendada pelo fabricante varia de 0,6 a 3,0% em massa de cimento, e pode ser adicionado diretamente ao compósito ou à água de amassamento. Neste estudo, a dosagem ideal foi de 2% para o cimento de escória de alto-forno e 3% para o cimento CP III RS, em massa de cimento, incorporado na água de amassamento. Para tanto, foram

consideradas características das matérias-primas, relação água/cimento de 0,5, além de trabalhabilidade da mistura final, avaliada pelo índice de consistência (NBR-7215) entre 200 a 250 mm.

O cimento Portland empregado foi o CPIIF 32, marca Itaú, conforme especificação da NBR 11578. Suas principais características seguem na Tabela 7.

TABELA 7: Principais características do cimento CPIIF 32 Itaú. Fonte: Cimento Itaú, set. 2002.

Composição Química (%)				Resistência à Compressão			Finura	Exp.	Pega	
P. Fogo	Res. Insolúvel	SO_3	CaO	03 Dias	07 Dias	28 Dias	Blaine	Quente	Início	Fim
%	%	%	%	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(m^2/Kg)	(mm)	(minutos)	
4,12	1,00	2,88	0,97	29,9	34,7	43,1	413	0	154	214

Utilizou-se ainda cimento Portland CPIII 32 RS (NBR 5735), resistente a sulfatos, marca Mizu, sendo que suas principais características seguem na Tabela 8.

TABELA 8: Principais características do cimento CP-III 32 RS. Fonte: Cimento Mizu, nov. 2000.

Composição Química (%)				Resistência à Compressão			Finura	Exp.	Pega	
P. Fogo	Res. Insolúvel	SO_3	CaO	03 Dias	07 Dias	28 Dias	Blaine	Quente	Início	Fim
%	%	%	%	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(m^2/Kg)	(mm)	(minutos)	
0,57	0,24	0,83	0,8	15,0	25,3	36,7	468	0	193	297

3.2. Produção dos compósitos

3.2.1. Moldagem das placas planas

Foram produzidos compósitos reforçados com 5% de fibra de celulose, conforme detalhado na Tabela 9.

TABELA 9: Formulações empregadas para os compósitos

Série	Cimento CP II F32	Cimento CP III RS	Escória de alto-forno	Cal CH1	Gipsita Ararapina	Micro-sílica	Material Carbonático	Relação água-aglomerante	Aditivo super-plastificante
s1	1							0,7	
s2	1							0,5	2%
s3		0,95				0,05		0,7	
s4		0,95				0,05		0,5	3%
s5		0,95				0,05		0,5	2%
s6		0,90				0,05	0,05	0,7	
s7		0,90				0,05	0,05	0,5	2%
s8			0,88	0,02	0,10			0,7	
s9			0,88	0,02	0,10			0,6	
s10			0,88	0,02	0,10			0,5	2%
s11			0,84	0,02	0,10	0,05		0,7	
s12			0,84	0,02	0,10	0,05		0,5	2%
s13			0,79	0,02	0,09	0,05	0,05	0,7	
s14			0,79	0,02	0,09	0,05	0,05	0,5	2%

Obs.: Valores aproximados com duas casas decimais.

Os insumos foram misturados em uma argamassadeira de eixo vertical e movimento planetário, com capacidade nominal de cinco litros, marca Emic, modelo NS-351, potência 0,295 kW, e rotação de 1580 rpm. Para se alcançar a máxima homogeneidade do compósito, observou-se a seguinte ordem de mistura na argamassadeira: matérias-primas da matriz cimentícia, por um minuto na velocidade baixa, adição de água e mistura por mais dois minutos na velocidade baixa, seguida da introdução da fibra e mistura suplementar por três minutos na velocidade alta. Cada amassada rendeu aproximadamente 1,35 dm^3 de pasta, suficiente para moldar uma placa de dimensões (500x250x8) mm. Para caracterização do material, na condição recém-misturada, determinou-se o índice de consistência (NBR-7215) e a massa específica (NBR-9833). Utilizou-se a metodologia de moldagem adotada com equipamento desenvolvido pela empresa Parry Associates - UK, Reino Unido, conforme detalhado em GRAM & GUT (1994). Tal equipamento consiste na

adaptação de um quadro metálico em mesa vibratória de superfície plana (Figura 5) acionada por motor de 2,95 kW e com freqüência de vibração igual a 2200 rpm. Durante a moldagem, o compósito é aplicado sobre filme plástico e adensado por vibração, e adquire a forma de placa retangular com a espessura desejada. Também foram utilizados colher de pedreiro e espátula, para auxiliar a moldagem das placas planas. Depois da vibração, o quadro é levantado e a placa recém-moldada transferida, sobre o filme plástico, para um apoio plano. Segue-se cura em ambiente saturado por 11 dias. Após o período de cura, as placas planas são cortadas em serra de disco diamantado, refrigerada à água, originando nove corpos-de-prova (125 mm de comprimento, 40 mm de largura e 9 mm de espessura). Seguem para ambiente aboratorial até a data de ruptura, e são ensaiados na mesma condição (secos ao ar).

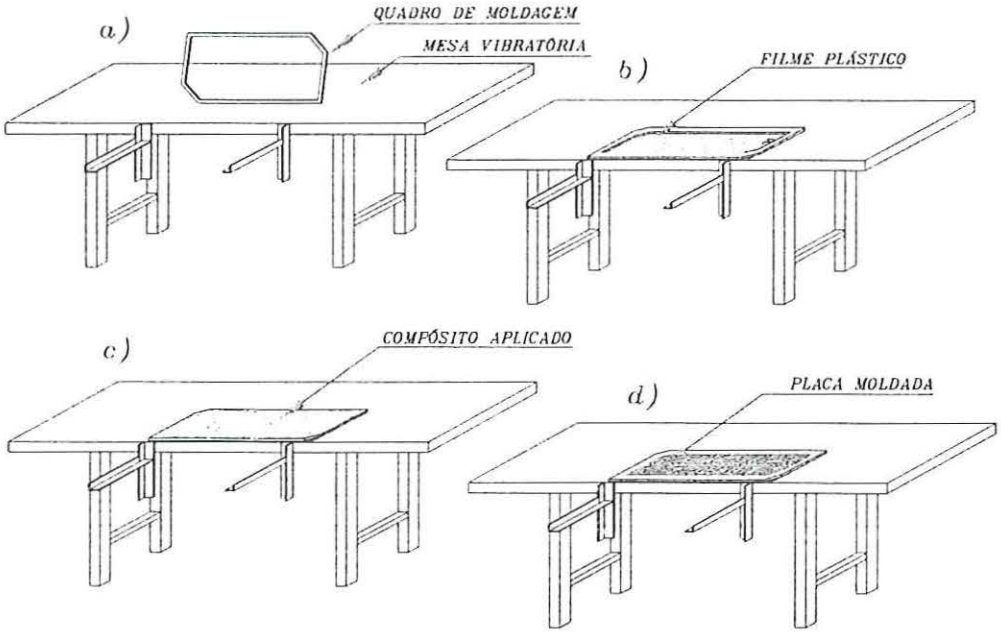


FIGURA 5: Esquema do processo de moldagem das placas com vibração: (a) adaptação de quadro metálico; (b) filme plástico; (c) aplicação do compósito e adensamento por vibração; (d) placa retangular moldada (perspectiva sem escala).

3.2.2. Moldagem das telhas

O procedimento de moldagem utilizado foi a simples mistura em argamassadeira convencional e adensamento por vibração. Na confecção das telhas, conforme Figura 6, o quadro é suspenso e o conjunto filme plástico-placa arrastado para a fôrma ondulada, que confere à telha seu formato final. Após período de, no mínimo, 24 h, as telhas são desformadas e os filmes plásticos destacados de suas superfícies, e as telhas seguem para cura imersa em água por 14 dias.

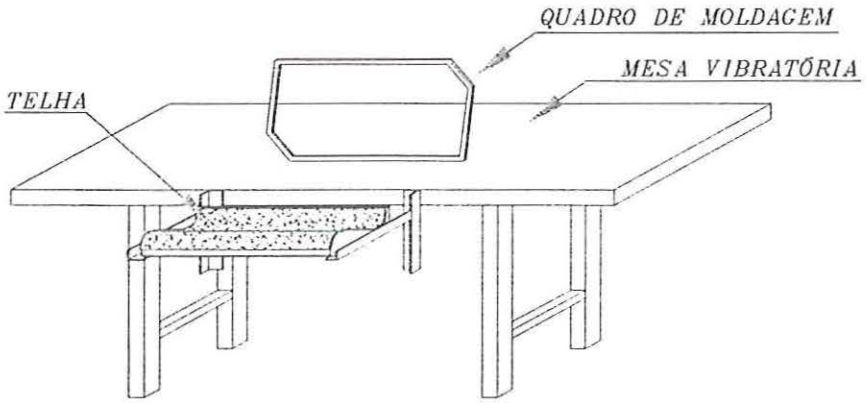


FIGURA 6: Perfil de moldagem das telhas com vibração.

Foram moldadas duas séries de telhas, cada uma delas composta por seis telhas, conforme Tabela 10, com formulações idênticas às das séries s4 e s10 de placas planas, reforçadas com 5% (em massa de cimento) de fibra de celulose de *Eucalyptus grandis.*

TABELA 10: Formulações empregadas para as telhas

Série	Cimento CP II F32	Cimento CP III RS	Escória de alto-forno	Cal CH1	Gipsita Ararapina	Micro-sílica	Material Carbonático	Relação água-cimento	Aditivo super-plastificante
s15		0,95				0,05		0,5	3%
s16			0,88	0,02	0,1			0,5	2%

3.3. Ensaios realizados

3.3.1. Flexão com três cutelos em placas planas

O desempenho mecânico à flexão foi obtido com dispositivo de três cutelos (ver esquema na Figura 7), vão inferior 100 mm, velocidade de carga 5 mm/min, máquina universal de ensaios Emic DL 30000, equipado com célula de carga de 1 kN, programa de controle M-Test v. 101 e deflectômetro com curso de 12 mm para determinação da deformação. A finalização do ensaio ocorre ao se constatar redução de 50% da carga máxima de ruptura, para cálculo da energia específica: energia absorvida (área sob a curva no gráfico carga x deformação) dividida pela área da superfície de fratura, adaptado de EUSEBIO et al. (1998).

Cálculos:

Resistência à tração na flexão = $(3.P.l)/(2.b.d^2)$

l = 100 mm (vão); d = espessura; b = largura; P= carregamento.

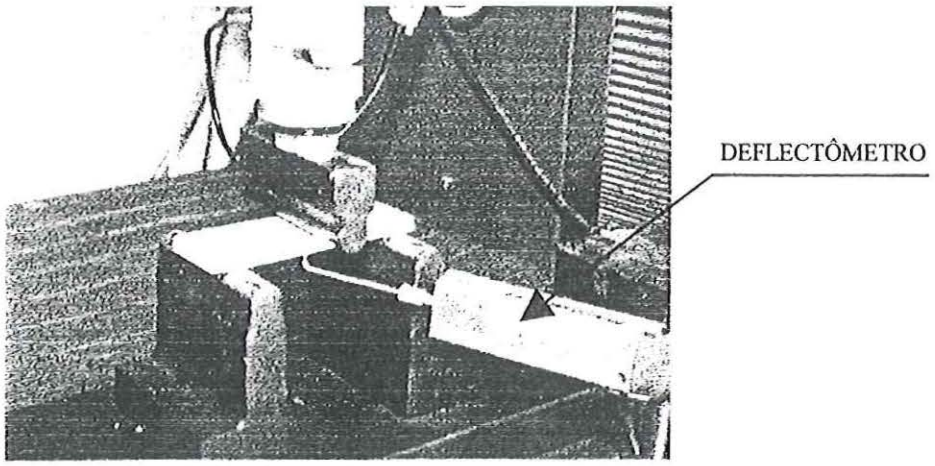


FIGURA 7: Dispositivo de ensaio de flexão para placas com três cutelos.

3.3.2. Flexão com três cutelos em telhas

Vinte e quatro horas antes da ruptura, os corpos-de-prova são imersos em água, sendo ensaiados na mesma condição (saturados com superfície seca).

O desempenho mecânico à flexão emprega dispositivo de três cutelos (ver esquema na Figura 8), vão inferior 330 mm, velocidade de carga 5 mm/min, equipamento Emic DL 30000, programa de controle M-Test v. 101 e deflectômetro com curso de 12 mm para determinação da deformação, e segue o procedimento experimental, adaptado de GRAM & GUT (1994). A finalização do ensaio ocorre ao se constatar redução de 70% da carga máxima de ruptura, para cálculo da energia específica: energia absorvida (área sob a curva no gráfico carga x deformação) dividida pela área da superfície de fratura, adaptado de EUSEBIO et al. (1998).

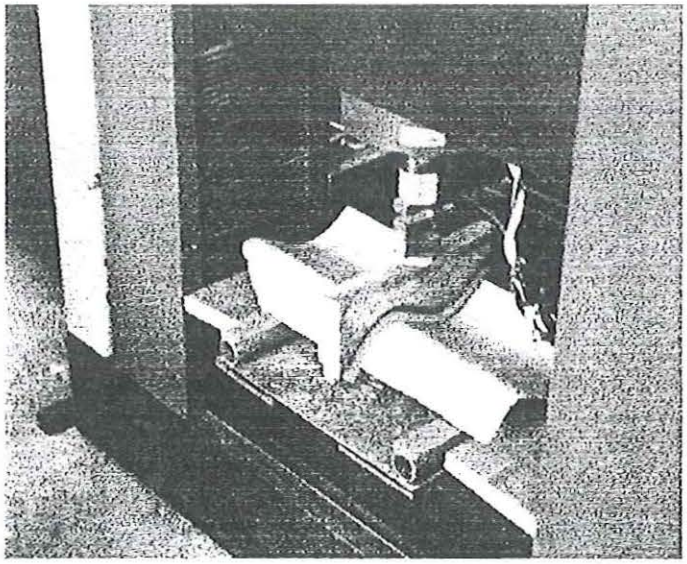


FIGURA 8. Dispositivo de ensaio de flexão para telhas com três cutelos.

3.3.3. Determinação de propriedades físicas em placas e telhas

Após secagem em estufa à temperatura de (105 ± 5) °C, até constância de massa (variação inferior a 0,5% em relação à leitura anterior), determina-se a massa das amostras. Resfria-se a amostra em dessecador, e determina-se a massa seca (MS). Segue a imersão em água por 24 horas à temperatura de (23 ± 5) °C, com a determinação da massa saturada com superfície seca (MU) e da massa imersa saturada (MI) (NBR- 7581).

Cálculos:

Absorção de água (% em massa) = (MU - MS).100/MS

Massa específica aparente (g/cm^3) = MS/(MS - MI)

Volume aparente de vazios (% em volume) = (MU - MS).100/(MU - MI)

3.3.4. Permeabilidade de placas e telhas

O dispositivo de ensaio se constitui em um tubo com seção circular, reto, aberto nos extremos, com diâmetro interno aproximadamente igual a 35 mm e altura suficiente para formar coluna d'água de 250 mm (Figura 9). O tubo foi fixado com cola silicone à superfície da telha ou da placa plana , preenchido com água até formar coluna de 250 mm, permanecendo em repouso por 24 h, em ambiente coberto e ventilado. Após esse período, observou-se a face inferior do corpo-de-prova, sendo

aceitável, no máximo, o aparecimento de manchas, sem formação de gotas (NBR 13858-2).

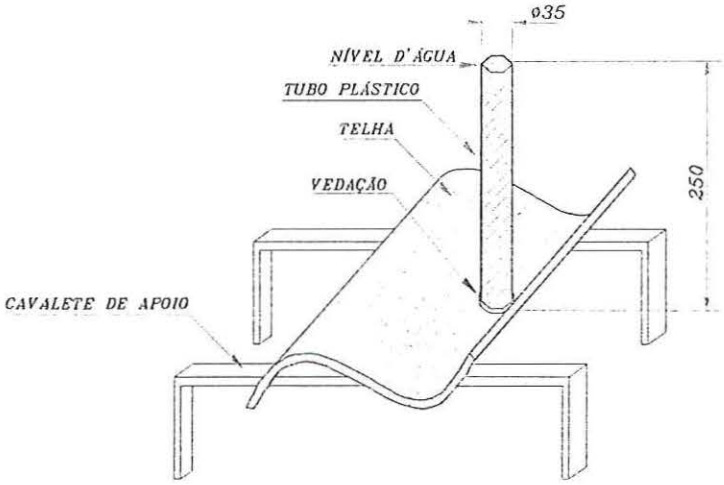


FIGURA 9: Esquema de ensaio de permeabilidade em telhas (vista em perspectiva sem escala, medidas em mm).

3.3.5. Durabilidade das telhas

Para analisar a durabilidade das telhas sob envelhecimento natural, estas foram submetidas ao envelhecimento natural, com idade de 84 e 365 dias a contar da produção. O ensaio foi realizado no Campus da USP de Pirassununga, SP (latitude 21° 59'S), numa bancada metálica inclinada de 30° em relação à horizontal e voltada para o norte (Figura 10). O período de exposição foi de fevereiro a maio de 2001 e de fevereiro de 2001 a fevereiro de 2002 e as principais características climáticas registradas do período estão na Tabela 11.

TABELA 11: Dados climatológicos da divisão de meteorologia da Aeronáutica, Pirassununga, SP, período de fevereiro de 2001 a fevereiro de 2002.

MÊS	TEMPERATURA. DO AR (°C)			UMIDADE RELATIVA (%)	CHUVA (mm)
	Max.	Min.	Média	Média	Total
Fev-01	32,5	20,4	26,7	69,0	94,0
Mar-01	32,6	19,5	26,2	69,0	115,0
Abr-01	30,4	16,6	24,3	66,0	17,2
Mai-01	25,7	12,4	19,8	71,0	73,2
Jun-01	25,3	10,6	18,7	69,0	4,6
Jul-01	27,1	9,7	19,5	66,0	0,8
Ago-01	27,8	11,3	19,4	72,0	67,1
Set-01	27,4	14,2	20,4	72,0	102,4
Out-01	29,8	16,6	22,7	75,0	85,4
Nov-01	30,2	19,0	24,1	75,0	162,5
Dez-01	29,3	19,8	24,0	80,0	224,4
Jan-02	34,3	15,0	24,4	82,0	383,6
Fev-02	33,0	15,4	23,5	81,0	173,6
Fev-01 a Fev-02					1503,8

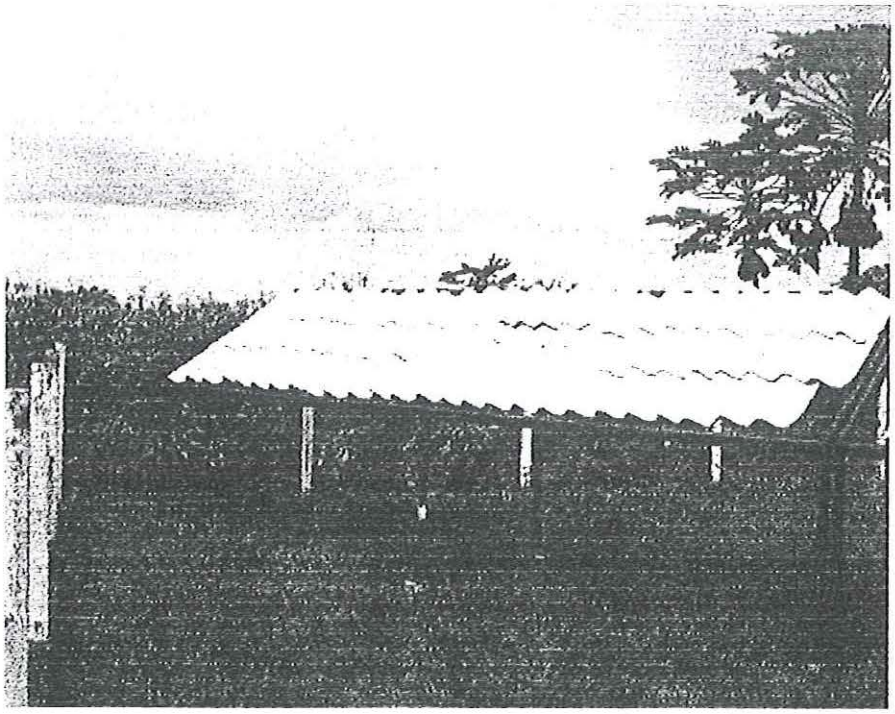


FIGURA 10: Bancada de envelhecimento natural do Campus USP em Pirassununga, SP.

3.3.6. Comportamento térmico das telhas

Acompanhou-se o comportamento térmico do sistema de cobertura de telhas de escória de alto-forno (série s16 da Tabela 10) em relação às coberturas de cimento CP III RS (série s15 da Tabela 10), aplicados em modelos reduzidos. O experimento foi realizado em Itirapina, estado de São Paulo, na bacia hidrográfica do Ribeirão do Lobo. A região apresenta coordenada geográfica: 22° 01'22" Latitude Sul e 48° 57'38" de Longitude Oeste, altitude na cota de 733 metros. Localizado na área da Estação Climatológica do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada – CRHEA que faz parte do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

O clima da bacia hidrográfica do Ribeirão do Lobo foi classificado segundo a caracterização Clássica, como do tipo Cwb, isto é, subtropical mesotérmico com verão úmido e inverno seco. Ocorrem algumas influências de frentes frias vindas do sul, principalmente no inverno e no outono. A pluviosidade média anual é de 1200 a 1300 mm, sendo o período de outubro a março o de maior precipitação, e o período de abril a setembro o de menor precipitação. A temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C, e a temperatura média do inverno é inferior a 18 °C. A amplitude térmica diária é grande, aumentando a temperatura durante o dia, diminuindo no período noturno (TUNDISI, 1986).

Quanto à caracterização dinâmica, MONTEIRO (1973) considera a região do estudo como sendo de clima controlado por massas equatoriais e tropicais,

caracterizando-se por climas tropicais alternadamente secos e úmidos. A característica marcante dessa região é a existência de um período seco muito nítido, quando a freqüência de chuva diminui consideravelmente no sentido dos paralelos, culminando no setor norte, que se constitui na área de inverno mais nitidamente seca do Estado de São Paulo.

CHAMIXAES (1991) estudou a radiação solar média na bacia do Lobo, que variou de 306,36 a 539,64 $cal*cm^{-2}*dia^{-1}$, no período de junho e dezembro de 1988, respectivamente. Observou-se também que os valores de radiação solar registrados diariamente no verão eram mais elevados do que os valores registrados no inverno.

A velocidade do vento é maior na região entre setembro e novembro, com velocidades de 10 a 12 km/h. O mais freqüente é o vento sul, que provoca a homogeneização da água da represa (CALIJURI, 1988).

Por meio da estação meteorológica automática (CR10X – Campbell Scientific Inc.) do CRHEA, foram monitorados dados climáticos externos tais como: temperatura e umidade relativa do ar, pressão atmosférica, radiação solar, velocidade e direção dos ventos e precipitação.

Para o estudo do comportamento térmico do ambiente construído, foram instalados sensores (termopares) no interior dos três protótipos habitacionais (Figuras 11, 12 e 13), conectados a um equipamento de aquisição e armazenamento ("datalogger" AM416, 32 canais) acoplado à estação meteorológica. Foram

monitorados os seguintes parâmetros climáticos: temperaturas superficiais (teto) e temperatura de bulbo seco (tbs).

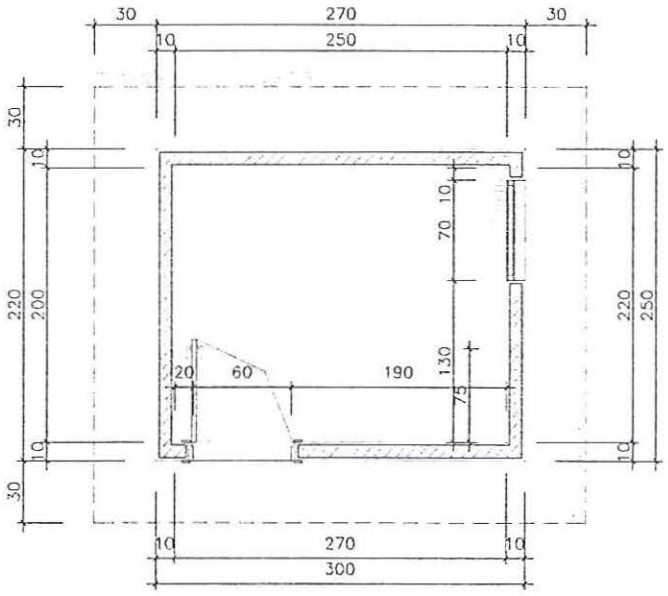


FIGURA 11: Esquema do protótipo (vista em planta sem escala, medidas em cm).

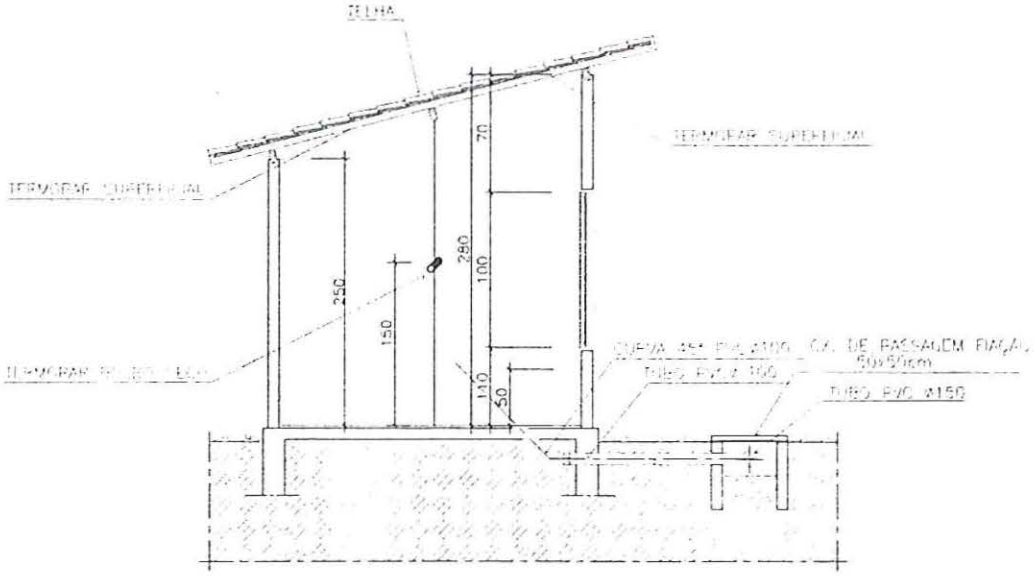


FIGURA 12. Esquema da localização dos termopares no protótipo (vista em corte longitudinal sem escala, medidas em cm)

FIGURA 13: Protótipo habitacional para ensaio de comportamento térmico.

3.3.7. Custos de produção das telhas

Os custos de produção alternativos das telhas foram calculados de acordo com AGOPYAN (1991) e abrangeram a depreciação (detrimento de valor linear durante a vida útil) dos equipamentos. Conforme CUNHA et al. (2001), no estudo da depreciação dos equipamentos laboratoriais, adotou-se valor residual de 5% do valor novo e vida útil de dez anos. O custo alternativo do capital investido nesses equipamentos considerou a média dos valores novo e residual, com a aplicação de taxa de juros de 6% ao ano. Tendo em vista que o processo de produção é artesanal, direcionado à autoconstrução, sem necessidade de operários especializados, conseqüentemente caracterizado pela baixa produção, não foram considerados, nos cálculos dos custos, as despesas com mão de obra.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Avaliação do desempenho das placas planas

Conforme mostra a Tabela 12, foram testadas 14 formulações diferentes de matrizes reforçadas com polpa de celulose de eucalipto. Observou-se, na condição recém-misturada, que pastas com índices de consistência inferiores a 220 mm, apresentaram dificuldade de compactação do material, o que causou a incidência indesejável de bolhas de ar junto à superfície inferior da placa, além de fissuras e dificuldade na trabalhabilidade durante a moldagem. A faixa considerada ótima para o índice de consistência ficou entre 225 mm a 235 mm.

Apesar da metodologia de produção e moldagem das séries ser simples, ela exige um potencial de trabalhabilidade ideal do compósito para não ocorrer a incidência de bolhas, ou de fissuras, além do que o produto final pode ficar prejudicado. A cada série moldada foi avaliada a trabalhabilidade em notas que variam de 0 (muito ruim) a 10 (muito boa).

Tendo em vista a problemática do desempenho mecânico em longo prazo no uso de fibras vegetais e escória de alto-forno, considerou-se também a resistência mecânica como sendo um fator preponderante na escolha das séries.

Assim, para otimizar o processo de avaliação das séries, criou-se uma escala comparativa para cada característica analisada, classificando também a resistência à tração na flexão e a energia específica em escalas de 0 a 10.

Desse modo, no caso da resistência, estabeleceu-se que o 0 corresponderia ao pior valor de todas as séries (3,99 Mpa - s13), e o 10 corresponderia ao melhor valor das mesmas (10,99 Mpa - s12). Analogamente, para a energia específica, estabeleceu-se que 0 corresponderia a 0,15 KJ/m^2 (s6) e 10 corresponderia a 0,24 KJ/m^2 (s5). Elaborou-se um gráfico (Figura 14) da soma dos valores obtidos (trabalhabilidade, resistência à tração na flexão em MPa e energia específica em KJ/m^2, aos 28 dias) após a conversão desses para essa nova escala. Avaliou-se, portanto, como melhor resultado o maior valor obtido na soma das três variáveis estudadas.

Considerou-se a permeabilidade como sendo relevante na análise da performance dos compósitos, ou seja, num telhado não pode existir gotejamento e é conveniente que não haja incidência de manchas. Assim as séries s1, s2, s5, s6, s7, s11 e s13 mostraram-se deficientes neste item e foram descartadas.

TABELA 12: Propriedades físicas e mecânicas dos compósitos.

Série	Índice de consistência (mm)	Massa específica compósito fresco (g/cm^{-3})	Avaliação de trabalhabilidade e porosidade	Permea-bilidade	Resist. à tração na flexão (MPa)	Energia específica (kJ/m^2)	Absorção de água (% em massa)	Massa específica (g/cm^{-3})	Vazios permeáveis (% em vol.)
s1	237	1,7	6,0	Mancha	5,41 (0,74)	0,16 (0,02)	36,8 (0,59)	1,26 (0,01)	46,4 (0,43)
s2	195	1,8	6,0	Mancha	8,08 (0,43)	0,16 (0,02)	25,9 (0,42)	1,49 (0,01)	38,7 (0,42)
s3	250	1,6	8,5	Nada	6,40 (0,30)	0,18 (0,02)	37,4 (0,35)	1,26 (0,01)	47,4 (0,21)
s4	225	1,7	9,5	Nada	7,43 (0,99)	0,17 (0,03)	29,8 (0,54)	1,42 (0,01)	42,2 (0,79)
s5	220	1,7	4,0	Mancha	9,40 (0,82)	0,24 (0,06)	26,6 (0,79)	1,48 (0,01)	39,4 (1,04)
s6	235	1,6	9,0	Mancha	5,88 (0,29)	0,15 (0,02)	38,2 (0,23)	1,25 (0,01)	47,8 (0,11)
s7	225	1,7	5,0	Mancha	8,04 (0,59)	0,17 (0,02)	27,0 (0,42)	1,45 (0,00)	39,0 (0,58)
s8	255	1,6	7,5	Nada	5,75 (0,59)	0,21 (0,06)	44,0 (0,35)	1,17 (0,01)	51,7 (0,25)
s9	232	1,7	8,5	Nada	6,15 (0,21)	0,18 (0,03)	37,0 (0,31)	1,26 (0,01)	46,6 (0,24)
s10	233	1,7	8,5	Nada	8,08 (0,38)	0,21 (0,03)	35,9 (0,44)	1,30 (0,01)	46,9 (0,38)
s11	260	1,6	9,0	Mancha	5,33 (0,38)	0,16 (0,03)	41,1 (0,62)	1,19 (0,01)	49,1 (0,26)
s12	240	1,7	4,0	Nada	10,99 (0,40)	0,16 (0,02)	28,8 (0,82)	1,44 (0,01)	41,4 (0,79)
s13	254	1,6	9,5	Mancha	3,99 (0,18)	0,15 (0,03)	45,3 (0,59)	1,13 (0,01)	51,3 (0,37)
s14	234	1,7	7,5	Nada	8,25 (0,36)	0,17 (0,04)	32,2 (0,50)	1,36 (0,01)	43,8 (0,62)

Obs.: desvios padrão entre parênteses.

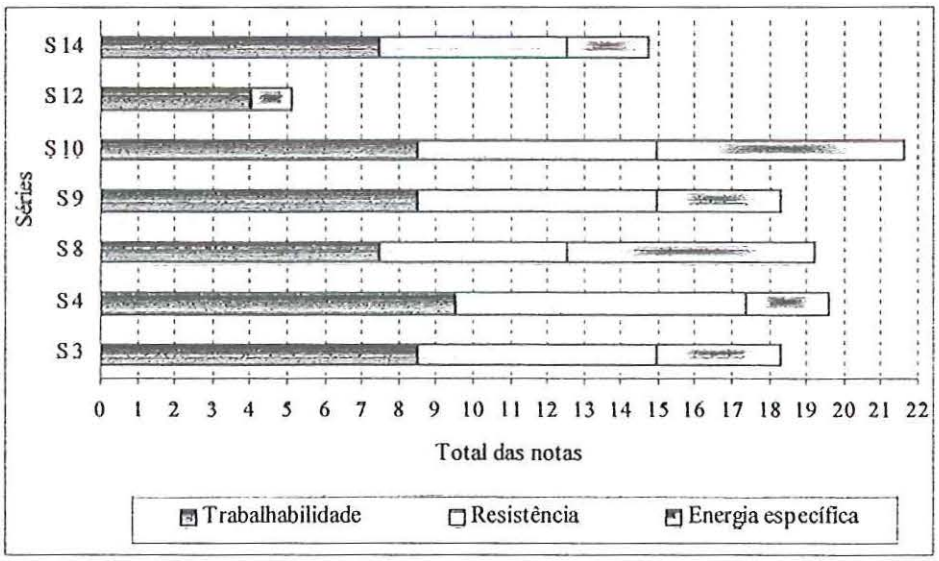


FIGURA 14: Gráfico da soma dos valores de trabalhabilidade, resistência e energia específica, por série, aos 28 dias.

Um resultado promissor foi atingido pela série s10, com índice de consistência de 233 mm, resistência à tração na flexão igual a 8,08 MPa e o melhor resultado de ductilidade (0,21 kJ/m^2). Já a série s4 atingiu a energia específica de 0,17 kJ/m^2e resistência à tração na flexão de 7,43 MPa. Com relação à absorção de água, as séries

s10 e s4 atenderam o limite de 37% proposto pela norma brasileira para telhas onduladas de fibrocimento NBR 7581.

Argamassa de cimento de escória de alto-forno sem reforço, obtida em estudo anterior conduzido por SAVASTANO JR. et al. (1999), atingiu resistência à tração na flexão de 3,4 MPa e energia específica de 0,075 kJ/m2, o que demonstra o desempenho aceitável dos fibrocimentos ora produzidos.

As pastas reforçadas apresentaram resistência e ductilidade crescentes com o uso de aditivo superplastificante, com a conseqüente redução da relação água/aglomerante, o que comprova distribuição homogênea das fibras e sua capacidade de reforço.

4.2. Avaliação do desempenho das telhas

Os resultados dos ensaios físicos e mecânicos, e as curvas de força x deformação e energia x deformação das telhas, executados conforme procedimentos expostos nos itens 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4 e 3.3.5, seguem nas Tabelas 13 e 14 e nas Figuras 15 a 22.

TABELA 13: Propriedades físicas e mecânicas das telhas (s15) à base de cimento Portland CPIII-RS com 5% de sílica ativa reforçada com polpa kraft residual de eucalipto, relação água/aglomerante 0,5 (em massa), aos 28, 84 e 365 dias de idade (NBR-13858-2).

Série	Idade da telha (dias)	Permeabilidade	Absorção de água (% em massa)	Massa específica (g/cm^3)	Vazios permeáveis (% em vol.)	Força de ruptura na flexão (N)	Energia específica (kJ/m^2)	Espessura (mm)
s15	28	Nada	40,6 (6,74)	1,23 (0,05)	49,7 (6,47)	837,3 (83,56)	1,11 (0,21)	9,38
	84	Nada	35,6 (5,12)	1,41 (0,12)	49,9 (6,06)	592,4 (135,4)	0,54 (0,18)	8,46
	365	Nada	23,8 (0,61)	1,56 (0,05)	37,2 (0,97)	531,4 (162,5)	0,50 (0,26)	8,87

Obs.: desvios padrão entre parêntesis.

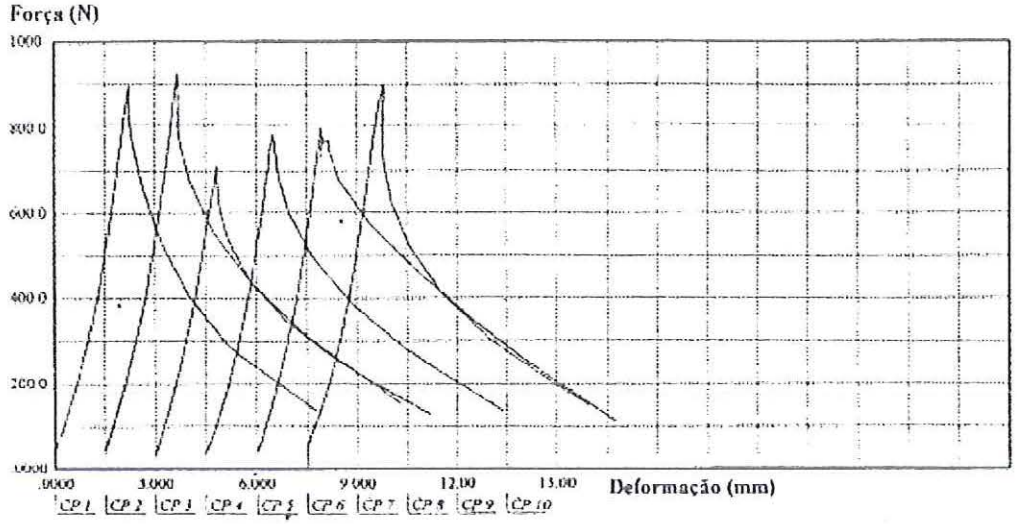


FIGURA 15: Curvas de força x deformação das telhas (série s15) à base de cimento Portland CPIII-RS com 5% de sílica ativa reforçada com polpa kraft residual de eucalipto aos 28 dias (sem escala).

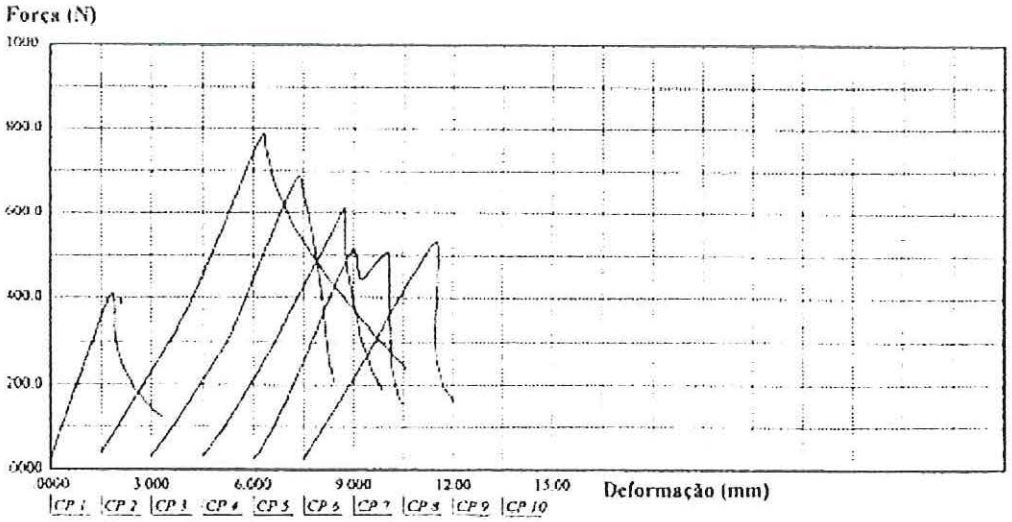


FIGURA 16: Curvas de força x deformação das telhas (série s15) à base de cimento Portland CPIII-RS com 5% de sílica ativa reforçada com polpa kraft residual de eucalipto aos 84 dias (sem escala).

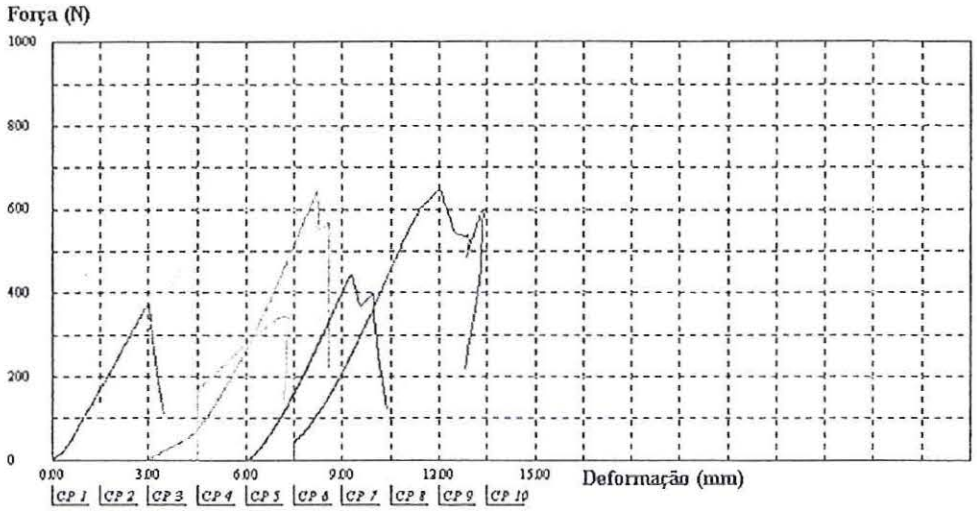


FIGURA 17: Curvas de força x deformação das telhas (s15) à base de cimento Portland CPIII-RS com 5% de sílica ativa reforçada com polpa kraft residual de eucalipto aos 365 dias (sem escala).

TABELA 14: Propriedades físicas e mecânicas das telhas (série s16) à base de escória de alto-forno reforçada com polpa kraft residual de eucalipto, relação água/aglomerante 0,5 (em massa), aos 28, 84 e 365 dias de idade (NBR-13858-2).

Série	Data de ensaio (dias)	Permea-bilidade	Absorção de água (% em massa)	Massa específica (g/cm^3)	Vazios permeáveis (% em vol.)	Força de ruptura na flexão (N)	Energia específica (kJ/m^2)	Espes-sura (mm)
s16	28	Nada	43,7 (3,08)	1,23 (0,06)	53,5 (2,21)	1008,32 (125,8)	1,53 (0,38)	9,86
	84	Nada	44,9 (2,66)	1,19 (0,05)	53,4 (1,93)	603,68 (110,2)	0,79 (0,06)	9,59
	365	Nada	30,5 (0,65)	1,41 (0,13)	42,8 (0,75)	535,67 (73,86)	0,63 (0,08)	8,28

Obs.: desvios padrão entre parêntesis.

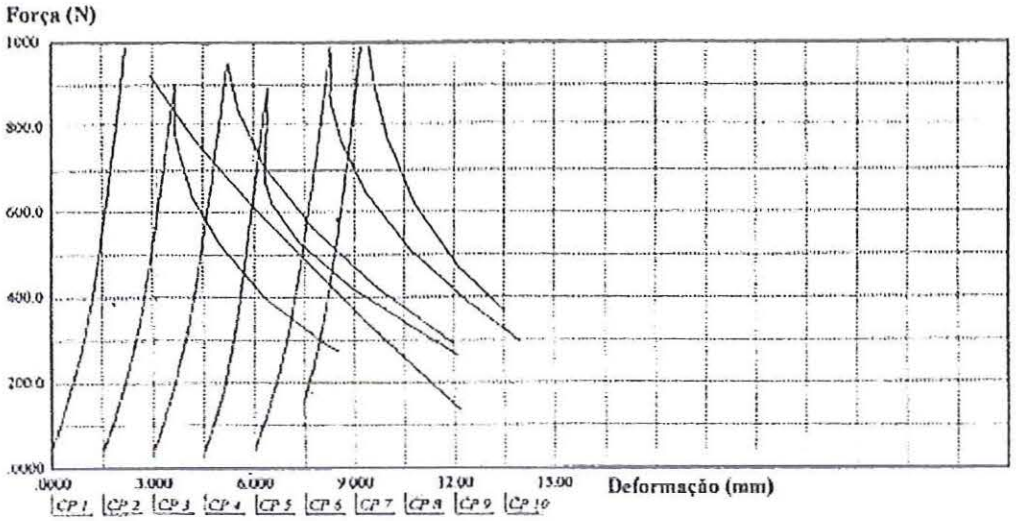


FIGURA 18: Curvas de força x deformação das telhas (s16) à base de escória de alto-forno reforçada com polpa kraft residual de eucalipto aos 28 dias (sem escala).

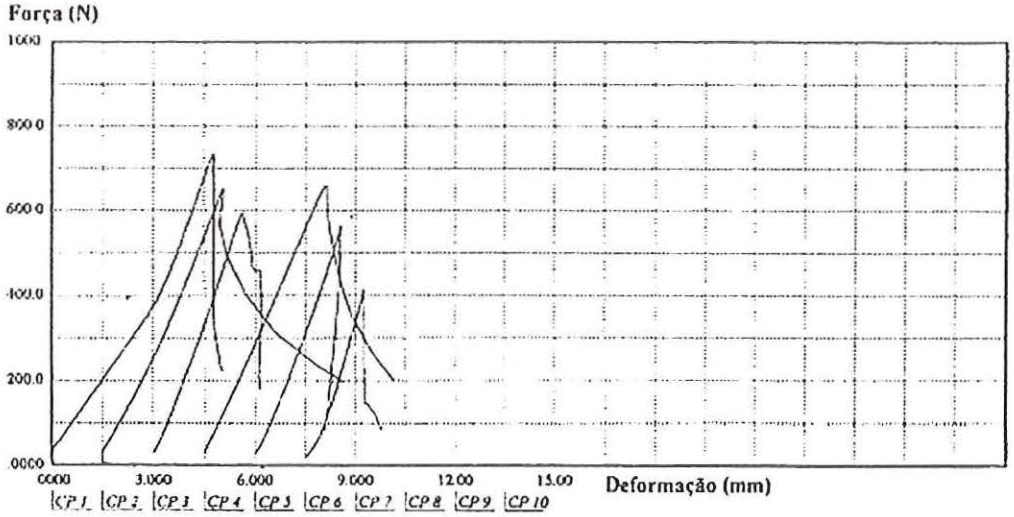


FIGURA 19: Curvas de força x deformação das telhas (s16) à base de escória de alto-forno reforçada com polpa kraft residual de eucalipto aos 84 dias (sem escala).

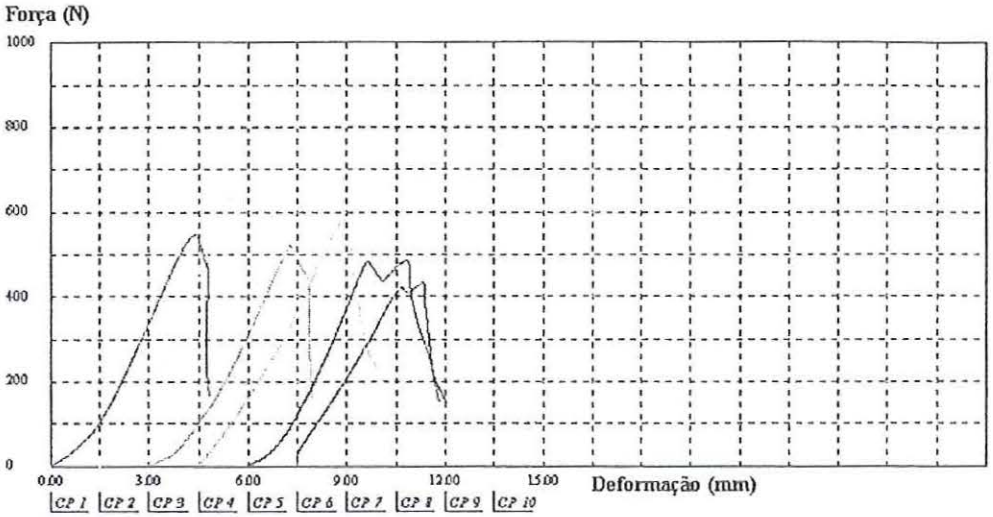


FIGURA 20: Curvas de força x deformação das telhas (s16) à base de escória de alto-forno reforçada com polpa kraft residual de eucalipto aos 365 dias (sem escala).

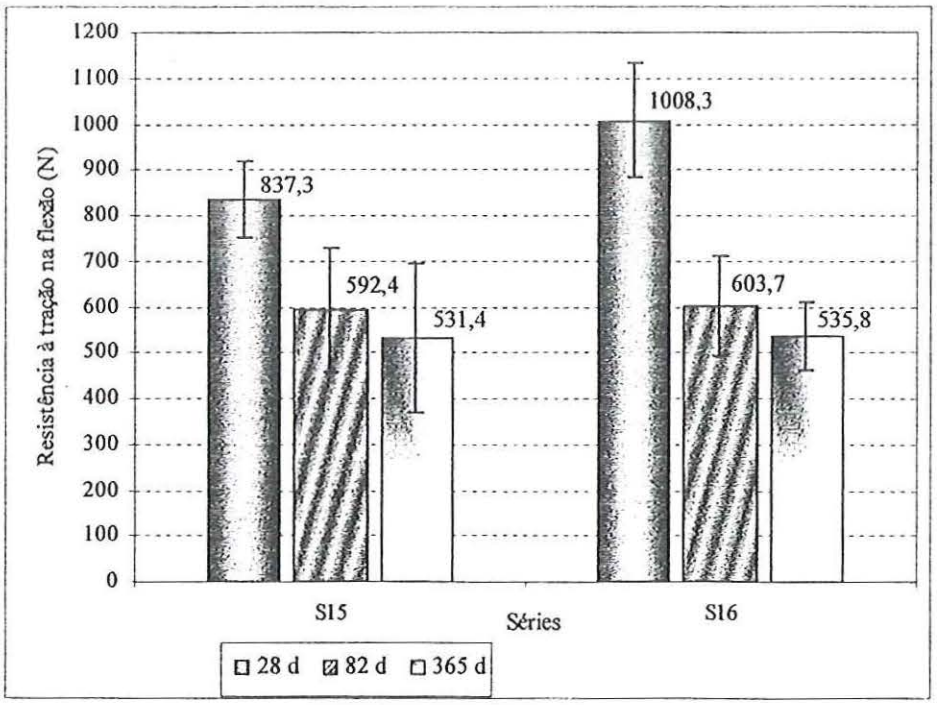


FIGURA 21: Resistência à tração na flexão das séries s15 e s16 aos 28, 82 e 365 dias.

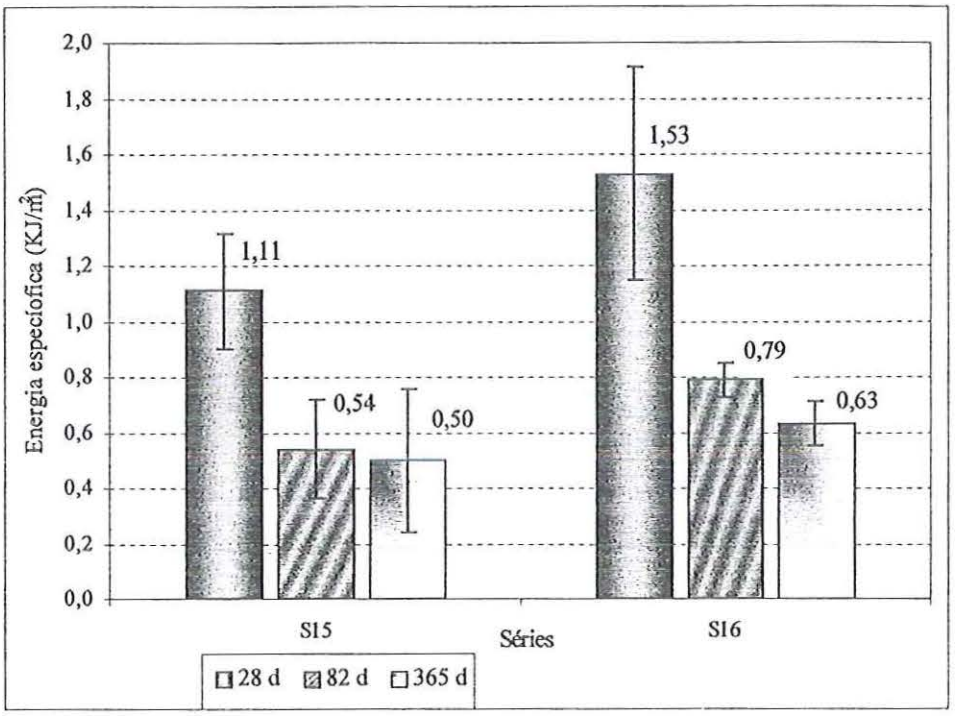


FIGURA 22: Energia específica das séries s15 e s16 aos 28, 82 e 365 dias.

De acordo com as recomendações de GRAM & GUT (1994), um resultado bastante promissor foi atingido pela série s16, com índice de consistência de 216 mm, no estado recém-misturado, resistência à tração na flexão de cerca de 1008 N e o melhor resultado de ductilidade (1,53 kJ/m2), aos 28 dias de idade. No ensaio de permeabilidade, o compósito especificado de teve ausência manchas e gotas, resultado considerado ideal.

No ensaio de envelhecimento, o aspecto externo das telhas permaneceu sem fissuras ou escurecimento da superfície, ou seja, com a mesma boa aparência da produção. Entretanto após 365 dias de exposição, ao comparar a força de ruptura na flexão, observou-se redução de 37% para a série s15 e 47% para s16. Analogamente, comparando a energia específica, constatou-se redução de 55% para s15 e de 59%

para s16. A perda da resistência das telhas à base de escória foi também observada por outros pesquisadores como SAVASTANO JR. (2000). Assim, o desempenho mecânico mostrou considerável piora, com queda de carga máxima e energia absorvida. Porém, as duas séries ensaiadas no envelhecimento natural atenderam aos requisitos sugeridos por GRAM & GUT (1994) para produtos similares, após imersão por 24 h: (i) permeabilidade sem detecção de gotas ou manchas na superfície inferior da telha após 24 h sob a ação de 250 mm de coluna d'água e (ii) carga máxima no ensaio de flexão superior a 425 N, como recomendado para telhas de 8 mm de espessura ensaiadas na condição saturada. Quanto à elevada absorção, em especial nas primeiras idades, esta pode ser justificada pelas reações químicas de hidratação mais lentas, por parte da escória de alto-forno, resultando-se em maior porosidade (TAYLOR, 1997). Porém após as primeiras idades ambas séries atenderam o limite de 37% de absorção de água proposto pela norma brasileira para telhas onduladas de fibrocimento NBR7581.

4.3. Comportamento térmico das telhas

Seguem os dados climatológicos (Tabela 15) e os gráficos da temperatura dos sistemas de cobertura analisados (Figura 23 e 24), com o intuito de interpretar a situação climática local, em relação aos dias monitorados.

TABELA 15: Dados climatológicos da estação do CRHEA, período de 4 a 9 de maio de 2002.

	TEMPERATURA DO AR (°C)						VELOC. VENTO	RADIAÇÃO	UMIDADE	CHUVA
Dia	Max.	Min.	9 Horas	15 Horas	21 Horas	Média	2 m (m/s)	SOLAR (W/m^2)	RELATIVA (%)	(mm)
4	25,8	15,3	19,6	26	20	21,34	2,28	162,37	71,2	3,3
5	28,4	17,2	19	27	21	22,52	2,19	284,42	64,2	0
6	28,4	16,5	19,3	27,5	18,2	21,98	2,24	236,27	65,2	0,7
7	**27,9**	**14**	**20,2**	**26,5**	**18,3**	**21,38**	**2,51**	**287,78**	**64,2**	**0,3**
8	29,2	15	17,8	25,5	20	21,5	2,76	260,91	64,2	0
9	25	14,8	19	24	18	20,16	2,44	164,61	70,4	0

Obs: A umidade relativa (%) corresponde a média diária do período.

A Tabela 15 demonstra o período de transição de outono-inverno. A maior radiação solar foi identificada no dia sete e, por esta razão, este dia foi escolhido para o estudo do conforto térmico das telhas de escória de alto-forno e de cimento. No dia sete, a amplitude térmica manteve-se na faixa de 14 °C e os valores de umidade relativa atingiram a faixa de 64% e temperatura máxima do ar foi de 27,9 °C.

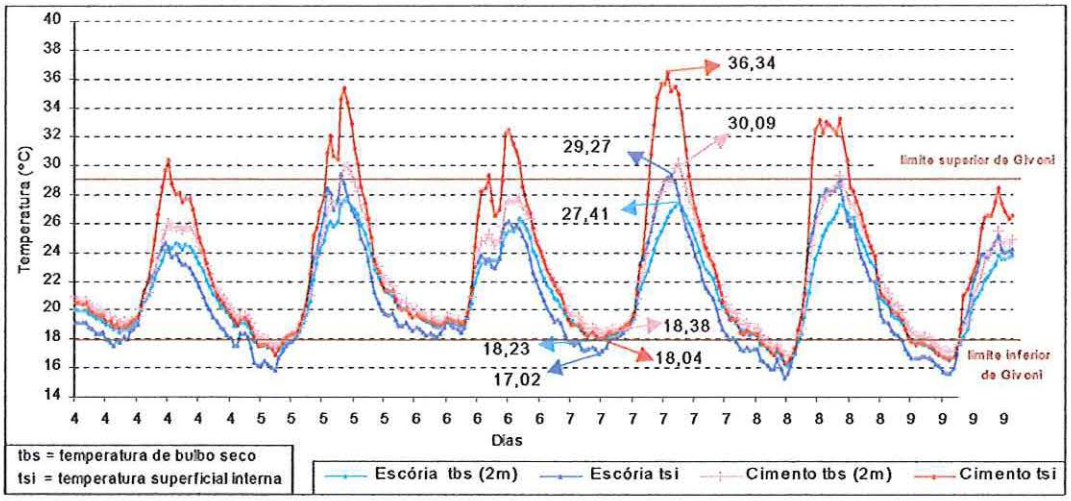


FIGURA 23: Desempenho térmico dos sistemas de cobertura, no período de 4 a 9 de maio de 2002.

Analisando o gráfico acima no dia sete, observa-se a temperatura superficial (tsi) foi de 36,3 °C no sistema de cobertura com telhas à base de cimento Portland (s15) e de 29,3 °C no sistema com telhas à base escória de alto-forno (s16), o que resultou uma diferença de aproximadamente 7 °C entre os dois sistemas. A telha de

escória apresenta coloração mais clara que a de cimento, o que a torna mais favorável à reflexão da radiação, o que pode explicar os valores menores de tsi.

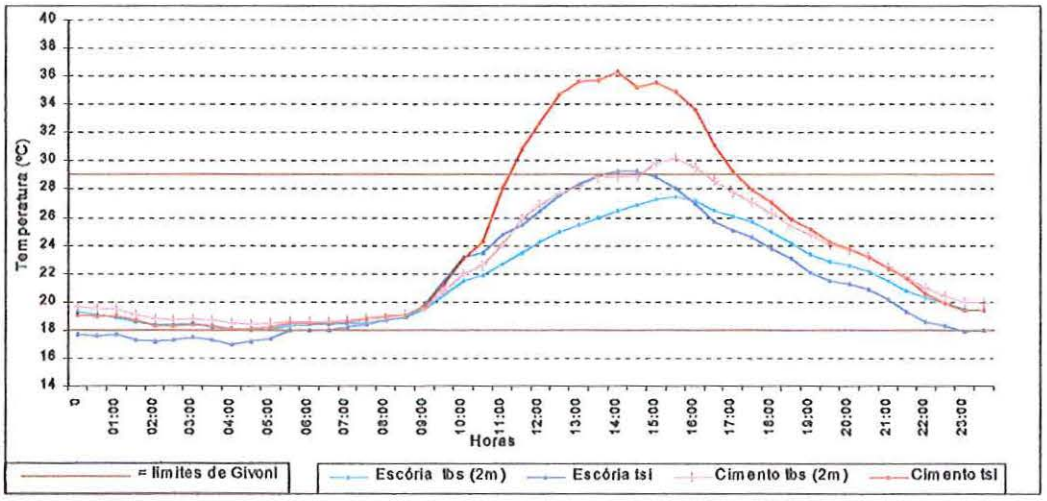


FIGURA 24: Desempenho térmico dos sistemas de cobertura, no dia 7 de maio de 2002.

Com relação à temperatura de bulbo seco (tbs), constatou-se que no dia sete, os dois sistemas de cobertura estavam praticamente[3] dentro dos limites de conforto térmico propostos por GIVONI (1992), ou seja, entre 18 e 29 °C. Observando-se a metodologia utilizada por VECCHIA (1997), isso pode ser explicado pelo fato de ambas as telhas serem do mesmo tipo (romana) e reforçadas com mesmo teor de celulose de eucalipto. A única diferença entre elas é o tipo de matriz utilizada (cimento cpIII RS ou escória de alto-forno).

[3] Exceto o sistema de cobertura com telhas à base de cimento Portland (s15) que ultrapassou o limite superior em 1 °C entre 15:00h e 16:30h.

4.4. Custos de produção das telhas

Considerando o índice de perdas por quebra durante a fabricação de 3%, a produtividade média alcançada de 16 telhas por hora de trabalho efetivo e simultâneo de duas pessoas sem qualquer experiência na referida atividade e o consumo de 12,5 telhas por metro quadrado de telhado, observa-se, conforme Tabelas 16 e 17, o custo de produção de R$ 12,06/m^2 para as telhas à base de cimento Portland CPIII-RS e de R$ 5,51/m^2 para as telhas à base de escória de alto-forno.

É importante ressaltar que o uso de aditivo superplastificante (material de custo elevado) na produção das telhas aliado ao fato dessas serem confeccionadas em laboratório e não em escala industrial, utilizando insumos a preço de varejo, contribuiu para o aumento do custo de produção.

TABELA 16: Quantidade e custos para produção de um milheiro das telhas (série 15) à base de cimento Portland CPIII-RS com 5% de sílica ativa e reforçada com polpa kraft residual de eucalipto.

Item	Especificação	Unidade	Quantidade	Valor unit. (R$)	Valor total (R$)
Matéria-prima	cimento CP III RS	kg	1425	0,3360	478,80
	Sílica ativa	kg	75	0,980	73,50
	Aditivo superplastificante	kg	45	7,40	333,00
	Fibra de celulose	kg	75	0,0537	4,03
Energia elétrica	Mesa vibratória	kWh	47	0,26	12,22
	Betoneira	kWh	11,5	0,26	2,99
Depreciação	Mesa vibratória, betoneira e formas				45,43
Custo alternativo	(valor novo total = R$ 14601,14)				15,06
TOTAL GERAL					965,03

Obs.: Cotação do dólar norte-americano no mercado paralelo em 28/11/02 = R$ 3,58.

TABELA 17: Quantidade e custos para produção de um milheiro das telhas (s16) à base de escória de alto-forno reforçada com polpa kraft residual de eucalipto.

Item	Especificação	Unidade	Quantidade	Valor unit. (R$)	Valor total (R$)
Matéria-prima	Escória de alto-forno	kg	1.320	0,0895	118,14
	Gipsita Araripina	kg	150	0,105	15,75
	Cal CH-I	kg	30	0,19	5,70
	Aditivo superplastificante	kg	30	7,40	222,00
	Fibra de celulose	kg	75	0,0537	4,03
Energia elétrica	Mesa vibratória	kWh	47	0,26	12,22
	Betoneira	kWh	11,5	0,26	2,99
Depreciação	Mesa vibratória, betoneira e formas				45,43
Custo alternativo	(valor novo total = R$ 14601,14)				15,06
TOTAL GERAL					441,32

Obs.: Cotação do dólar norte-americano no mercado paralelo em 28/11/02 = R$ 3,58.

Segue na Tabela 18 informações a respeito da comparação de preços de mercado de outras telhas similares (chapa de fibrocimento, cerâmica, concreto, escória de alto-forno e cimento cpIII RS), bem como os custos de estrutura de madeira para telhados de uma água para habitações de pequeno porte, de acordo com dados da Revista Construção (fevereiro/2003).

TABELA 18: Comparação de preços de telhados.

Telha	Tamanho	Quantidade	R$/Unidade	Telhas R$/m²		Estrutura de Madeira R$/m²		Valor total
	(cm)	por m²		Material	Mão de Obra	Material	Mão de Obra	R$/m²
Chapa de Fibrocimento 4 mm	50 x 122 x 0,4	2,12	2,18	4,62	2,15	12,85	9,77	29,39
Chapa de Fibrocimento 5 mm	110 x 122 x 0,5	0,96	6,76	6,49	2,15	12,85	9,77	31,26
Chapa de Fibrocimento 6 mm	110 x 122 x 0,6	0,96	8,71	8,36	2,15	12,85	9,77	33,13
Escória de alto-forno (s16)	50 x 25 x 0,8	12,5	0,44	5,50	7,12	19,20	14,67	46,49
Cerâmica Romana	33 x 41,9	16	0,43	6,87	7,12	19,20	14,67	47,86
Cerâmica Francesa	33 x 41,9	16	0,53	8,55	7,12	19,20	14,67	49,54
Cerâmica Plan	33 x 41,9	24	0,43	10,37	7,12	19,20	14,67	51,36
Concreto Pérola	41,9 x 33	10,5	0,99	10,40	7,12	19,20	14,67	51,39
Cerâmica Paulista	33 x 41,9	25	0,43	10,75	7,12	19,20	14,67	51,74
Cimento CPIII-RS (s15)	50 x 25 x 0,8	12,5	0,97	12,06	7,12	19,20	14,67	53,05

Pode-se observar que dentre as telhas de encaixe, as de escória de alto-forno (s16) apresentaram o menor preço. No entanto, ao se comparar com as telhas de fixação observa-se que as chapas de fibrocimento obtiveram preço inferior devido aos seus baixos custos de material e de mão-de-obra tanto da estrutura do telhado quanto da produção das telhas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foram testadas placas planas de 14 formulações diferentes de matrizes reforças com 5% em massa de polpa de celulose residual. Analisando a permeabilidade, resistência, energia, trabalhabilidade (facilidade de moldagem) e porosidade das placas foi determinada a melhor formulação como sendo a série s10. Esta foi composta de 88% de escória de alto-forno, 2% de cal hidrata CHI, 10% de gipsita, relação água-aglomerante 0,50 e 2% em massa de aditivo superplastificante.

Posteriormente, foram produzidas telhas capa canal tipo "romana" (25x50cm), seguindo os mesmos procedimentos de moldagem e o mesmo traço da placa plana s10. As telhas de escória de alto-forno (série s16) alcançaram resultados considerados positivos aos 28 dias: resistência à tração na flexão igual a 1008 N, ductilidade de 1,53 kJ/m^2 e ausência de manchas e gotas no ensaio de permeabilidade. Porém, no ensaio de durabilidade, as telhas tiveram significativa redução do desempenho (47% na força de ruptura na flexão após 365 dias), mesmo assim, apresentaram carga superior a 425 N, como recomendado[4] para telhas de 8 mm.

---

[4] GRAM & GUT (1994)

Pode se dizer que o decaimento da resistência foi conseqüência da deteorização das fibras pelo meio alcalino da matriz. Nesse sentido é necessário que novas pesquisas sejam realizadas com o intuito de reduzir a relação água-aglomerante, diminuindo a água nos poros e o ataque do material pelo meio alcalino, por meio de prensagem e extrusão durante a moldagem. Além disso, recomenda-se a incorporação de mais fibras por meio da otimização da tecnologia de mistura e de produção e o aperfeiçoamento da hidratação e da cura do material.

A conclusão fundamental é que este componente de cobertura em desenvolvimento apresenta real potencialidade, como também o compósito utilizado em sua fabricação, feito de escória de alto-forno reforçado com fibras residuais, na substituição do cimento Portland e das fibras de amianto. Apesar dos resultados aceitáveis atingidos nas primeiras idades, o processo de produção basicamente artesanal deverá ser aprimorado no sentido de manter as propriedades físicas e mecânicas das telhas ao longo da vida útil do telhado, tirando proveito de seu conforto termo-acústico, além da sua competitividade em preço.

Portanto, a produção de telhas à base de escória de alto-forno reforçado com fibras residuais surge como importante ferramenta para contribuir na conservação do meio ambiente à medida que transforma resíduos sólidos industriais em matérias-primas de componentes construtivos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGGARWAL, L.K. (1992). Studies on cement-bonded coir fibreboards. *Cement & Concrete Composites*, v.14, p.63-9.

AGOPYAN, V. (1991). *Materiais reforçados com fibras para a construção civil nos países em desenvolvimento: uso de fibras vegetais*. São Paulo. 204p. Tese (Livre-docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

AGOPYAN, V; JOHN, V.M. (1994). Introdução ao sistema de painéis IPT/IDRC. Argamassa de cimento e escória reforçado com fibra de coco. In: Seminário IPT/UFES resíduos industriais para redução de custos na construção habitacional. Vitória, s.ed. Anais. Vitória, 1994. p.28-37.

AGOPYAN, V.; SAVASTANO JR., H. (1997). Uso de materiais alternativos à base de fibras vegetais na construção civil: experiência brasileira. *In: Seminario Iberoamericano 1997 de materiales fibrorreforzados*, 1. Y Reunion del Proyecto pip viii.5 Cyted, 3. Cali, 1997. Memorias. Cali, Cyted/Universidad del Valle. p.23-40. (Artículo 03).

ASHRAE (1985). American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineering (1985). *Handbook of Fundamentals*. New York: ASHRAE.

ATAEV.S.S. (1985). Construction technology. Moscou, Mir.

BAHIA. (1985). Centro de Pesquisas e Desenvolvimento. Cartilha para fabricação de telhão em argamassa armada. Rio de Janeiro, BNH. 25p.

BENTUR, A.; AKERS S.A.S. May (1989). The microstructure and ageing of cellulose fibre reinforced cement composites cured in a normal environment. *The international Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete*, v.11, n.2, p.99-109.

CALIJURI, M. C. (1988). *Respostas fisioecológicas da comunidade fitoplanctônica e fatores ecológicos em ecossistemas com diferentes estágios de eutrofização*. São Carlos. 293p. Tese (Doutorado) - SHS, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

CARVALHO FILHO, A.C.; SAVASTANO JR, H. Calor através de coberturas. Apresentado ao seminário de Pós-Graduação, na disciplina Conforto Habitacional. Datilografado/ São Paulo, 1995/

CHAMIXAES, C.B.C.B. (1991). *Variação temporal e espacial da biomassa, composição de espécies e produtividade das algas perifíticas relacionada com as condições ambientais de pequenos rios da bacia hidrográfica do Ribeirão do Lobo* (Itirapina – SP). São Carlos. 334p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

COUTTS, R.S.P.; NI, Y. (1995). Autoclaved bamboo pulp fibre reinforced cement. *Cement & Concrete Composites*, v.17, n.2, p.99-106.

COUTTS, R.S.P.; WARDEN, P.G. (1992). Sisal pulp reinforced cement mortar. *Cement & Concrete Composites*, v.14, p.17-21.

CUNHA, L., SAVASTANO JR., H., MIASIRO, H. Y.(2001). Fabricação de telhas de argamassa de comento Portland com adição de escória de alto-forno. In: XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, Foz do Iguaçu, PR, 2001. *Anais*. Jaboticabal/SP, SBEA,. p.1-4.

DEVITO, R.A.; SAVASTANO JR., H. (2000). Escória de alto-forno reforçada com fibras celulósicas. In: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, Fortaleza/CE, 2000. Anais. Fortaleza/CE, SBEA/UFC.

DEVITO, R.A.; SAVASTANO JR., H.; VECCHIA, F.A.S. (2000). Telhas de cimento de escória de alto-forno reforçado com fibras celulósicas residuais. In: SIMPÓSIO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ENGENHARIA AMBIENTAL, 6. E SIMPÓSIO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL, 5., São Carlos, 2000. *Anais*. São Carlos, PPG-SHS-EESC-USP, 2000. Disquete, 1p.

EUSEBIO, D.A.; CABANGON, R. J.; WARDEN, P.G.; COUTTS, R.S.P. (1998) The manufacture of wood fibre reinforced cement composites from Eucalyptus pellita and Acacia mangium chemithermomechanical pulp. In: PACIFC RIM BIO-BASED COMPOSITES SYMPOSIUM, 4., Bogor, 1998. *Proceedings*. Bogor Agricultural University. p. 428-36.

GIANNASI, F., THÉBAUD-MONY, A. (1997). Occupation exposures to abestos in Brazil. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, Philadelphia, v.3, n.2, p. 150-7.

GIVONI, B. (1992). *Comfort, climate e analysis and building design guidelines.* Energy and building, v 18. July/92.

GRAM, H.E. (1988). Durability of natural fibres in concrete. In: SWAMY, R.N., ed. *Natural fibre reinforced cement and concrete*. Glasgow, Blackie, p.143-72. (Concrete and Technology Design, 5)

GRAM, H.-E.; GUT, P. (1994). *Directives pour le controle de qualite*. St. Gallen, Skat/BIT. 69p. (Serie Pedagogique TFM/TVM: Outil 23)

GRANDI, L.A.C. (1997). Características físicas do agregado vegetal para aplicação em argamassas e compósitos de cimento Portland. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2. Salvador, 1997 *Anais*. Salvador, CEPED/EP-UFBA/UCSAL/Uefs. p.76-86.

GUIMARÃES, S.S. (1990). Vegetable fiber-cement composites. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON VEGETABLE PLANTS AND THEIR FIBRES AS BUILDING MATERIALS, 2., Salvador, 1990. *Proccedings*. London, Chapman and Hall. p.98-107. (Rilem Proceedings, 7)

INTERNATIONAL CONFERENCE ON RECENT DEVELOPMENTS IN FIBRE REINFORCED CEMENTS AND CONCRETES, Cardiff, 1989. *Proceedings*. Barking, Elsevier.

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FIBRE REINFORCED CEMENT AND CONCRETE, 4., Sheffield, 1992. *Proceedings*. London, E&FN Spon (Rilem Proceedings, 17).

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON VEGETABLE PLANTS AND THEIR FIBRES AS BUILDING MATERIALS, 2., Salvador, 1990. *Proceedings*. London, Chapman and Hall,. (Rilem Proceedings, 7).

JOHN, V.M. (1995). *Cimentos de escória ativada com silicatos de sódio*. São Paulo. 200p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

____. (2000). *Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento*. São Paulo. 113p. Tese (Livre-docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

JOHN, V.M.; AGOPYAN, V. (1993). Materiais reforçados com fibras vegetais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE MATERIAIS REFORÇADOS COM FIBRAS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL. São Paulo, 1993. *Anais*. São Paulo, EP-USP. p.29-38.

LEE, A. *O impacto da substituição do telhado de fibrocimento*. São Paulo, 2000. 11p. (Monografia) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MENEGUETTI, M. P. M. Z. (2001). *Diretrizes para racionalização construtiva em coberturas com telhados por encaixe: proposta e aplicação*. São Paulo. 1v.+apêndice. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MONTEIRO, C. A. F.(1973). *A dinâmica climática e as chuvas de inverno na fachada sul oriental do brasil*: estudo geográfico sob forma de atlas. São Paulo: IGEOG-USP

NÃÃS, I. A. (1989). *Princípios de conforto térmico na produção animal*. São Paulo, Ícone. 183 p.

NÃÃS, I. A.; MOURA, D.J.; LAGANÁ, C. (1995). A amplitude térmica e seu reflexo na produtividade de frangos de corte. *APINCO*. p.203-4.

NOGUEIRA, S. (2002). Energia requer tecnologia revolucionária. *Folha de São Paulo*, São Paulo, 1 nov. Caderno Ciência, p.17.

OLIVEIRA, C.T.A.A. (2000). *Água do poro de pastas de cimento de escória*. São Paulo. 162p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

PIRES. F. (1998). Estruturas de betão para coberturas de edifícios utilizadas em Portugal. In: SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE TELHADOS PARA HABITAÇÃO, III, São Paulo, 1998. *Anais*. São Paulo, Universidade de São Paulo, v.u, p.73-78.

PITTON, S. E. C. (1985). *Análise de Sistemas de Organização Climática do Espaço*. Rio Claro. Dissertação (Mestrado). IGCE/UNESP.

REVISTA CONSTRUÇÃO, São Paulo, Editora Pini, ano LXI, n.° 19, 2003.

RIVERO, R (1985). *Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural*. Porto Alegre: Luzzato Editores/ Editora da UFRGS.

RONGXI, S. (1995). Current status, trends of world fibre-cement industry and its impact on China fibre-cement industry. In: NATIONAL FIBRE-CEMENT TECHNOLOGY, STANDARDS AND INFORMATION CONFERENCE, 4., Beijing, 1995. *Proceedings*.

SANTOS. P. S. (1975). *Tecnologia de argilas*. Aplicada às argilas brasileiras. São Paulo, Edgard Blücher, vol. 2.

SAVASTANO JR..(2000). *Sistema de cobertura para construções de baixo custo: uso de fibras vegetais e de outros resíduos agroindustriais*. São Paulo. 144p. Tese (Livre-docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SAVASTANO JR., H.; FLORES, C.A.; DEVITO, R.A. & ROSARIO, S.F. (1999). Identificación y caracterización de residuos agroindustriales, para uso en la construcción civil. *Ingeniería Industrial*, Lima, ano VIII, n.23, p.35-46.

SAVASTANO JR., H.; LUZ, P.H.C.; NOLASCO, A.M. (1997). Seleção de resíduos de alguns tipos de fibra vegetal, para reforço de componentes de construção. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1., Canela, 1997. *Anais*. Porto Alegre, Antac. p.107-12.

SILVA, A. C. (2001). *Estudos climáticos e ambiente construído no município de Descalvado-SP*. São Carlos. 95p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

SWAMY, R.N. Vegetable fibre reinforced cement composites - a false dream or a potential reality? (1990) In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON VEGETABLE PLANTS AND THEIR FIBRES AS BUILDING MATERIALS, 2., Salvador, 1990. *Proceedings*. London, Chapman and Hall. p.3-8. (Rilem Proceedings, 7).

TAYLOR, H. F. W. (1997). *Cement chemistry*, 2ª ed. Thomas Telford, London.

TUNDISI, J. G. (1986). *Limnologia de represas artificiais*. São Carlos. Tese (Doutorado). CRHEA/Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

VECCHIA, F. A. S. (1997). *Clima e ambiente construído: A abordagem dinâmica aplicada ao Conforto Humano*. São Paulo. 316p. Tese (Doutorado). FFLCH, Universidade de São Paulo.

7. ANEXOS

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s 1	5% polpa celulose eucalipto + de cimento portland itaú CP II F32

muitas BOLHAS

1- DOSAGEM

Componentes		Traço	Quant.(g)
Cimento	A	0.00	1900.00
	D		0.00
Água total		0.70	1330.00
Fibra seca		0.05	95.00
Fibra úmida	B		366.80
Água adicionada	C		1058.20

2- DATAS

Moldagem	21/1/01
Início Cura	21/1/01
Final Cura	1/2/01
	só amb.
	saturado
Ruptura 14d	4/2/01
Ruptura 28d	18/2/01
umidade fibra	0.741
água na fibra	271.80

3- PROCEDIMENTOS DE MOLDAGEM

Tratamento prévio fibra	50g de fibra em 1litro de água 24 h imerso; 50g+1l água+8l água 10 min no liquidificador,			
	(2partes) aperto manual máximo, (4partes)10 min na batedeira Vbaixa e + 3min Valta, geladeira			
Mistura	Equipamento	Velocidade	Ordem	Tempo
	argamassadeira	baixa	A	1 min baixa
			A+C	2 min baixa
			A+C+B	3min alta
	mais 1 min v alta após ensaios			
Vibração	Equipamento	Freqüência (rpm)		Tempo
	mesa vibratoria	2200 rpm		120 s no total
Peças Mold. & qtdd.	1 telha plana			
Cura	úmida em ambiente saturado (saco plastico selado) por 11 dias			
Outros	p/ várias telhas ok, para uma telha poderia ser a/c 0,55 a 0,60			
	Nota bolhas = 6			

4- PROPRIEDADES NO ESTADO RECÉM-MISTURADO

Índice de consistência

Determinação	IC (mm)
1º	238.0
2º	235.2
3º	237.0
4º	
5º	
6º	
Média	236.7
Desvio Padrão	1.4
NBR 7215	

Massa específica

Massa (kg)	2.251
Volume (dm^3)	1.353
Massa específica (kg/dm^3)	1.664
NBR 9833	

Obs: vibracao por 2x30s a 3000 rpm.
Apos determ, nova homog. por 1 min na argamassadeira, em veloc alta.

PLACAS (125x40x6)mm

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s 1	5% polpa celulose eucalipto + de cimento portland itaú CP II F32

1- ENSAIOS MECÂNICOS

CP	Largura 1 (mm)	Largura 2 (mm)	Largura média	Espessura 1 (mm)	Espessura 2 (mm)	Espessura média	Secção $2.l.e^2/(3.101,5)$	Comp. Base $101,5^2/(6.e)$
10			40.85	7.36	7.26	7.31	*14.34*	*234.9*
11			40.52	7.60	7.60	7.60	*15.37*	*225.9*
12			40.54	7.60	7.60	7.60	*15.38*	*225.9*
13			40.24	8.12	7.68	7.90	*16.50*	*217.3*
14			40.33	8.35	8.44	8.40	*18.67*	*204.5*
15			40.46	8.23	8.66	8.45	*18.95*	*203.3*
16			40.20	7.21	7.36	7.29	*14.01*	*235.7*
17			40.50	7.63	7.60	7.62	*15.43*	*225.5*
18			40.51	7.84	7.62	7.73	*15.90*	*222.1*

		Resist. à tração na flexão (MPa) (Rilem 49TFR)	Energia F>0.5Fmax (N.mm)	En. espec. (kJ/m2) En/l.e	Mód. Elasticidade (MPa)	Permea-bilidade
10		5.028	49.30	0.17		
11		4.970	45.59	0.15		
12		6.408	52.89	0.17		
13		6.217	57.30	0.18	5134	
14		5.214	47.81	0.14	3952	
15		4.187	50.24	0.15		
16		6.172	53.14	0.18		
17		5.578	56.03	0.18	8167	
18		4.940			2425	
Média		**5.41**	**51.54**	**0.16**	**4920**	
DVP		**0.74**	**4.03**	**0.02**	**2432**	
Med - 2.DVP		3.94	43.48	0.13	55	
Med + 2.DVP		6.89	59.60	0.20	9784	
Mínimo		**4.19**	**45.59**	**0.14**	**2425**	
Máximo		**6.41**	**57.30**	**0.18**	**8167**	
CV		7.34	12.79	9.73	2	

2- DATAS	
Moldagem	21/01/2001
Ruptura	18/02/2001
Idade	28 dias
3- Procedimentos	
Velocidade	0.5mm/min
Vão inferior	101,5 mm
Nº Cutelos	3
Posição	Lisa superior
Célula	1 kN
Mét flexao au-csiro	
Operador	Reginaldo

UNIVERSIDADE DE SAO PAULO
CONSTRUÇÕES RURAIS & AMBIÊNCIA

Relatório de Ensaio de Compressão

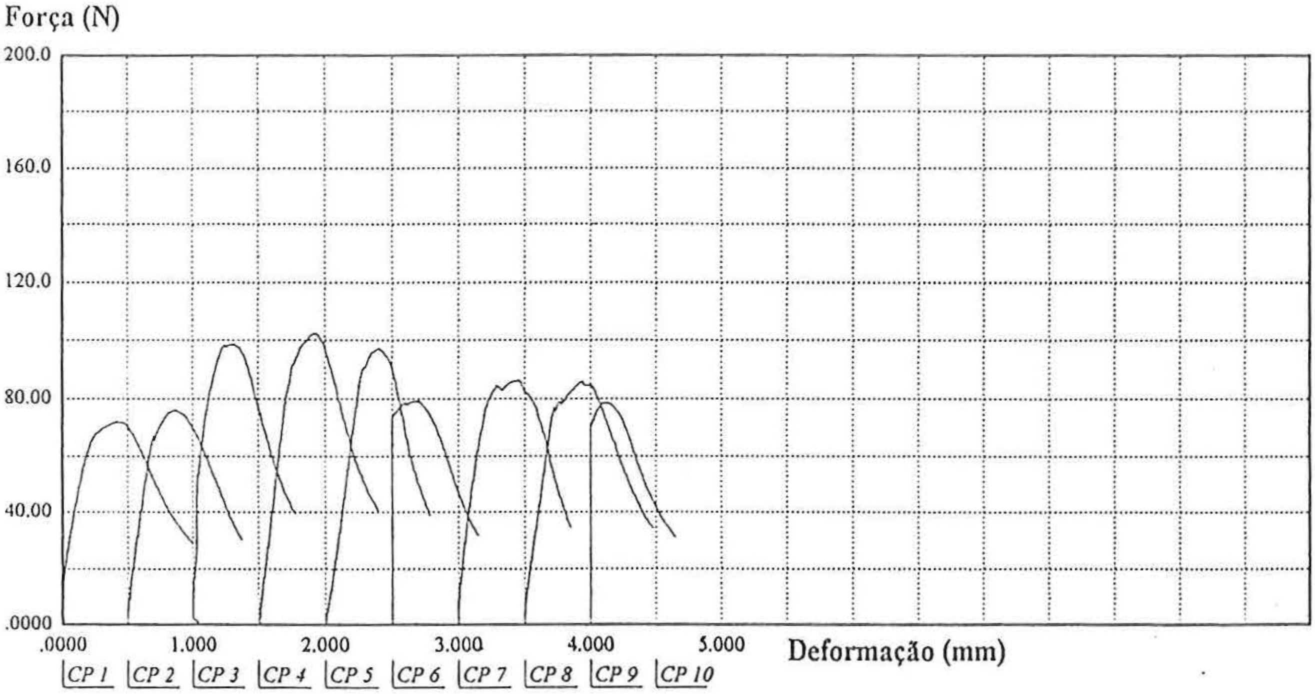
Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 22** Extensômetro: **Trd 10** Data: **19/02/01** Hora: **13:51:15** Trabalho nº **0017**

Programa: **MTest versão 1.01** Método de Ensaio: **Flexão Au-CSIRO 3c v161199**

Ident. Amostra: >> PRODUTO: s 1 MOLDAGEM:

Parâmetro >>	Força	Tensão	Energia	Mod.Elástic.	Tensão
Evento >>	Força Max.	Força Max.	Colapso1		Escoam. ES1
Unidade >>	(N)	(MPa)	(N.mm)	(MPa)	(MPa)
CP 1	72.10	5.028	49.30	-1843	.4260
CP 2	76.40	4.970	45.59	-1149	.3734
CP 3	98.55	6.408	52.89	50870	3.496
CP 4	102.6	6.217	57.30	5134	5.037
CP 5	97.34	5.214	47.81	3952	4.775
CP 6	79.35	4.187	50.24	11150	2.441
CP 7	86.47	6.172	53.14	14670	1.440
CP 8	86.06	5.578	56.03	8167	1.340
CP 9	78.54	4.940	34.71	2425	4.765
Número CPs	9	9	9	9	9
Média	86.38	5.413	49.67	10380	2.677
Desv.Padrão	10.87	.7372	6.759	16120	1.896
Mínimo	72.10	4.187	34.71	-1843	.3734
Máximo	102.6	6.408	57.30	50870	5.037

Legenda >>> Colapso1: 50.00 % Escoam. ES1: Def.Especif. .004000 %



Observação: l = 100 mm□□operador: Holmer/Reginaldo□□flexao 3 cutelos, 0.5 mm/min, 1000 N□□

SAMPLE #	DESCRIPTION	TEST DATE (BEGINING)
s 1	5% polpa celulose eucalipto + de cimento portland itaú CP II F32	

specimen #	dry mass (g)	saturated mass (g)	immersed mass (g)	water absorption (%w/w	bulk density (g.cm-3)	apparent void volume (%v/v)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
10	47.98	65.23	27.70	35.95	1.278	45.96
11	48.90	66.93	28.35	36.87	1.267	46.73
12	49.68	67.71	28.65	36.29	1.272	46.16
13	50.21	68.61	28.68	36.65	1.257	46.08
14	52.11	71.65	30.10	37.50	1.254	47.03
15	51.80	71.14	29.72	37.34	1.251	46.69
			average	36.766	1.263	46.44
			std deviation	0.696	0.011	0.43

PROCEDURE: Place dry tested specimens in an oven @ 105 ±5°C for a minimum period of 24 hours. Allow to cool in a dessicator and record the dry mass of each specimen in grams. Immerse specimens in clean water for a minimum period of 24 hours. Record the immersed mass in grams of each specimen while suspended in clean water. Immediately following the removal of surface water by wiping with an absorbent cloth, record the saturated mass of each specimen in grams.

CALCULATION: Water absorption (%w/w) = (saturated mass - dry mass) x 100 / dry mass
Bulk density (g.cm-3) = dry mass / (saturated mass - immersed mass)
Apparent void volume (%v/v) = (saturated mass - dry mass) x 100 / (saturated mass - immersed mass)

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s 2	5% polpa celulose eucalipto + de cimento portland itaú CPII F32 c/ ad sikament 30(

Muitas BOLHAS

1- DOSAGEM

Componentes		Traço	Quant.(g)
Cimento	A	0.00	1900.00
	D		0.00
Água total		0.50	950.00
Fibra seca		0.05	95.00
Fibra úmida	B		366.80
Água adicionada	C		678.20

2- DATAS

Moldagem	21/1/01
Início Cura	21/1/01
Final Cura	1/2/01
	só amb.
	saturado
Ruptura 14d	4/2/01
Ruptura 28d	18/2/01
umidade fibra	0.741
água na fibra	271.80
aditivo (2%mc)	38

3- PROCEDIMENTOS DE MOLDAGEM

Tratamento prévio fibra	50g de fibra em 1litro de água 24 h imerso; 50g+1l água+8l água 10 min no liquidificador,			
	(2partes) aperto manual máximo, (4partes)10 min na batedeira Vbaixa e + 3min Valta, geladeira			
Mistura	Equipamento	Velocidade	Ordem	Tempo
	argamassadeira	baixa	A	1 min baixa
			A+C	2 min baixa
			A+C+B	3min alta
	mais 1 min v alta após ensaios			
Vibração	Equipamento	Freqüência (rpm)		Tempo
	mesa vibratoria	2200 rpm		120 s no total
Peças Mold. & qtdd.	1 telha plana			
Cura	úmida em ambiente saturado (saco plastico selado) por 11 dias			
Outros	Nota Bolhas = 6			

4- PROPRIEDADES NO ESTADO RECÉM-MISTURADO

Índice de consistência

Determinação	IC (mm)
1º	192.6
2º	196.5
3º	194.9
4º	
5º	
6º	
Média	194.7
Desvio Padrão	2.0
NBR 7215	

Massa específica

Massa (kg)	2.446
Volume (dm^3)	1.353
Massa específica (kg/dm^3)	1.808
NBR 9833	

Obs: vibracao por 2x30s a 3000 rpm.
Apos determ, nova homog. por 1 min na argamassadeira, em veloc alta.

s 2		5% polpa celulose eucalipto + de cimento portland itau CPII F32 c/ ad sikament 300						
1- ENSAIOS MECÂNICOS								
CP	Largura 1	Largura 2	Largura	Espessura 1	Espessura 2	Espessura	Secção	Comp. Base
	(mm)	(mm)	média	(mm)	(mm)	média	$2.l.e^2/(3.101,5)$	$101,5^2/(6.e)$
10			40.18	6.93	6.99	6.96	*12.78*	*246.7*
11			40.31	7.06	7.14	7.10	*13.35*	*241.8*
12			40.40	6.85	7.04	6.95	*12.80*	*247.2*
13			40.26	7.90	7.98	7.94	*16.67*	*216.3*
14			40.16	7.95	7.95	7.95	*16.67*	*216.0*
15			40.48	7.80	7.90	7.85	*16.38*	*218.7*
16			40.49	7.66	7.85	7.76	*15.99*	*221.4*
17			40.47	7.16	7.29	7.23	*13.88*	*237.7*
18			40.45	7.24	7.17	7.21	*13.79*	*238.3*
		Resist. à	Energia	En. espec.	Mód.	Permea-		
		tração na	F>0.5Fmax	(kJ/m2)	Elasticidade	bilidade	2- DATAS	
		flexão (MPa)	(N.mm)	En/l.e	(MPa)		Moldagem	21/01/2001
		(Rilem 49TFR)					Ruptura	18/02/2001
10		7.890	37.89	0.14	44280		Idade	28 dias
11		7.784	45.21	0.16	34080		3- Procedimentos	
12		7.573	40.35	0.14	14750		Velocidade	0.5mm/min
13		7.877	48.84	0.15	36670			
14		7.700	49.64	0.16				
15		8.131	59.53	0.19				
16		8.808	57.02	0.18			Vão inferior	101,5 mm
17		8.638	47.94	0.16			Nº Cutelos	3
18		8.305	54.06	0.19			Posição	Lisa superior
Média		**8.08**	**48.94**	**0.16**	**32445**		Célula	1 kN
DVP		**0.43**	**7.20**	**0.02**	**12566**		Mét flexao au-csiro	
Med - 2.DVP		7.22	34.54	0.13	7313		Operador	Reginaldo
Med + 2.DVP		8.93	63.35	0.20	57577			
Mínimo		**7.57**	**37.89**	**0.14**	**14750**			
Máximo		**8.81**	**59.53**	**0.19**	**44280**			
CV		18.90	6.80	8.76	3			

UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

CONSTRUÇÕES RURAIS & AMBIÊNCIA

Relatório de Ensaio de Compressão

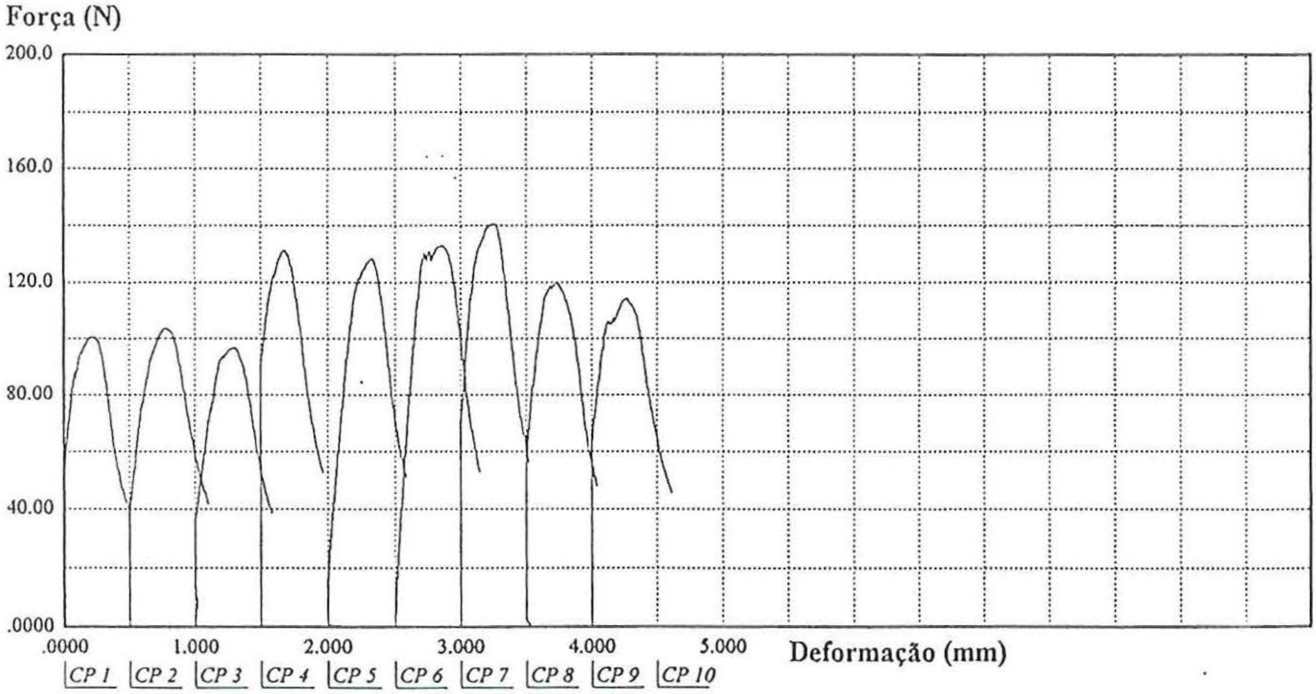
Máquina: Emic DL30000 Célula: Trd 22 Extensômetro: Trd 10 Data: 19/02/01 Hora: 13:17:43 Trabalho n° 0016

Programa: MTest versão 1.01 Método de Ensaio: Flexão Au-CSIRO 3c v161199

Ident. Amostra: >> PRODUTO: s 2 MOLDAGEM:

Parâmetro >>	Força	Tensão	Energia	Mod.Elástic.	Tensão
Evento >>	Força Max.	Força Max.	Colapso1		Escoam. ES1
Unidade >>	(N)	(MPa)	(N.mm)	(MPa)	(MPa)
CP 1	100.8	7.890	37.89	44280	2.584
CP 2	103.9	7.784	45.21	34080	2.263
CP 3	96.94	7.573	40.35	14750	2.979
CP 4	131.3	7.877	48.84	36670	3.264
CP 5	128.4	7.700	49.64	-1416	.5799
CP 6	133.2	8.131	59.53	-295.6	.4980
CP 7	140.8	8.808	57.02	5121	8.749
CP 8	119.9	8.638	47.94	-6735	.9601
CP 9	114.5	8.305	54.06	-1156	1.373
Número CPs	9	9	9	9	9
Média	118.9	8.078	48.94	13920	2.583
Desv.Padrão	15.74	.4274	7.202	19410	2.530
Mínimo	96.94	7.573	37.89	-6735	.4980
Máximo	140.8	8.808	59.53	44280	8.749

Legenda >>> Colapso1: 50.00 % Escoam. ES1: Def.Especif. .004000 %



Observação: l = 100 mm□□operador: Holmer/Reginaldo□□flexao 3 cutelos, 0.5 mm/min, 1000 N□□

SAMPLE #	DESCRIPTION	TEST DATE (BEGINING)
s 2	5% polpa celulose eucalipto + de cimento portland itaú CPII F32 c/ ad sikament 300	

specimen #	dry mass (g)	saturated mass (g)	immersed mass (g)	water absorption (%w/w	bulk density (g.cm-3)	apparent void volume (%v/v)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
10	53.55	67.58	31.66	26.20	1.491	39.06
11	54.85	69.17	31.94	26.11	1.473	38.46
12	54.45	68.12	32.10	25.11	1.512	37.95
13	58.28	73.55	34.38	26.20	1.488	38.98
14	57.78	72.81	33.84	26.01	1.483	38.57
15	57.45	72.40	33.95	26.02	1.494	38.88
			average	25.942	1.490	38.65
			std deviation	0.418	0.013	0.42

PROCEDURE: Place dry tested specimens in an oven @ 105 ±5°C for a minimum period of 24 hours. Allow to cool in a dessicator and record the dry mass of each specimen in grams. Immerse specimens in clean water for a minimum period of 24 hours. Record the immersed mass in grams of each specimen while suspended in clean water. Immediately following the removal of surface water by wiping with an absorbent cloth, record the saturated mass of each specimen in grams.

CALCULATION: Water absorption (%w/w) = (saturated mass - dry mass) x 100 / dry mass
Bulk density (g.cm-3) = dry mass / (saturated mass - immersed mass)
Apparent void volume (%v/v) = (saturated mass - dry mass) x 100 / (saturated mass - immersed mass)

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s 3	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de CPIII + MS

Mais ou menos BOLHA

1- DOSAGEM

Componentes		Traço	Quant.(g)
Cimento	A	1.00	1500.00
CPIII	A1	0.95	1425.00
Microsilica	A2	0.05	75.00
	A3	0.00	0.00
	D		0.00
Água total		0.70	1050.00
Fibra seca		0.05	75.00
Fibra úmida	B		289.58
Água adicionada	C		835.42

2- DATAS

Moldagem	21/1/01
Início Cura	21/1/01
Final Cura	1/2/01
	só amb.
	saturado
Ruptura 14d	4/2/01
Ruptura 28d	18/2/01
umidade fibra	0.741
água na fibra	214.58

3- PROCEDIMENTOS DE MOLDAGEM

Tratamento prévio fibra	50g de fibra em 1litro de água 24 h imerso; 50g+1l água+8l água 10 min no liquidificador,			
	(2partes) aperto manual máximo, (4partes)10 min na batedeira Vbaixa e + 3min Valta, geladeira			
Mistura	Equipamento	Velocidade	Ordem	Tempo
	argamassadeira	baixa	A	1 min baixa
			A+C	2 min baixa
			A+C+B	3min alta
	mais 1 min v alta após ensaios			
Vibração	Equipamento	Freqüência (rpm)		Tempo
	mesa vibratoria	2200 rpm		120 s no total
Peças Mold. & qtdd.	1 telha plana			
Cura	úmida em ambiente saturado (saco plastico selado) por 11 dias			
Outros	relação ideal 0,55 ou 0,60 para uma telha			
	Nota Bolha: 8,5			

4- PROPRIEDADES NO ESTADO RECÉM-MISTURADO

Índice de consistência

Determinação	IC (mm)
1º	250.1
2º	247.7
3º	248.6
4º	252.3
5º	
6º	
Média	249.7
Desvio Padrão	2.0
NBR 7215	

Massa específica

Massa (kg)	2.213
Volume (dm^3)	1.353
Massa específica (kg/dm^3)	1.636
NBR 9833	

Obs: vibracao por 2x30s a 3000 rpm.
Apos determ, nova homog. por 1 min na argamassadeira, em veloc alta.

PLACAS (125x40x6)mm

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s 3	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de CPIII + MS

1- ENSAIOS MECÂNICOS

CP	Largura 1 (mm)	Largura 2 (mm)	Largura média	Espessura 1 (mm)	Espessura 2 (mm)	Espessura média	Secção $2.l.e^2/(3.101,5)$	Comp. Base $101,5^2/(6.e)$
10			40.44	8.22	8.16	8.19	*17.82*	*209.7*
11			40.48	9.15	9.09	9.12	*22.11*	*188.3*
12			40.38	8.30	8.24	8.27	*18.14*	*207.6*
13			40.44	9.09	9.11	9.10	*22.00*	*188.7*
14			40.32	9.30	9.36	9.33	*23.05*	*184.0*
15			39.23	9.60	9.55	9.58	*23.62*	*179.3*
16			40.38	8.17	8.19	8.18	*17.75*	*209.9*
17			40.39	8.60	8.43	8.52	*19.23*	*201.6*
18			40.21	9.00	8.90	8.95	*21.16*	*191.8*
		Resist. à tração na flexão (MPa) (Rilem 49TFR)	**Energia F>0.5Fmax (N.mm)**	**En. espec. (kJ/m2)** En/l.e	**Mód. Elas. (MPa)**	**Permea-bilidade**		
10		6.809	62.27	0.19	41920			
11		6.476	70.67	0.19				
12		6.476	63.59	0.19	35480			
13		6.066	62.50	0.17				
14		5.871	55.04	0.15				
15		6.730	64.99	0.17				
16		6.513	60.88	0.18				
17		6.388	55.43	0.16				
18		6.301	77.08	0.21				
Média		**6.40**	**63.61**	**0.18**	**38700**			
DVP		**0.30**	**6.93**	**0.02**	**4554**			
Med - 2.DVP		5.81	49.75	0.14	29592			
Med + 2.DVP		7.00	77.46	0.22	47808			
Mínimo		**5.87**	**55.04**	**0.15**	**35480**	**Obs:**		
Máximo		**6.81**	**77.08**	**0.21**	**41920**			
CV		21.62	9.18	9.09	8			

2- DATAS	
Moldagem	21/01/2001
Ruptura	18/02/2001
Idade	28 dias
3- Procedimentos	
Velocidade	0.5mm/min
Vão inferior	101,5 mm
Nº Cutelos	3
Posição	Lisa superior
Célula	1 kN
Mét flexao au-csiro	
Operador	Reginaldo

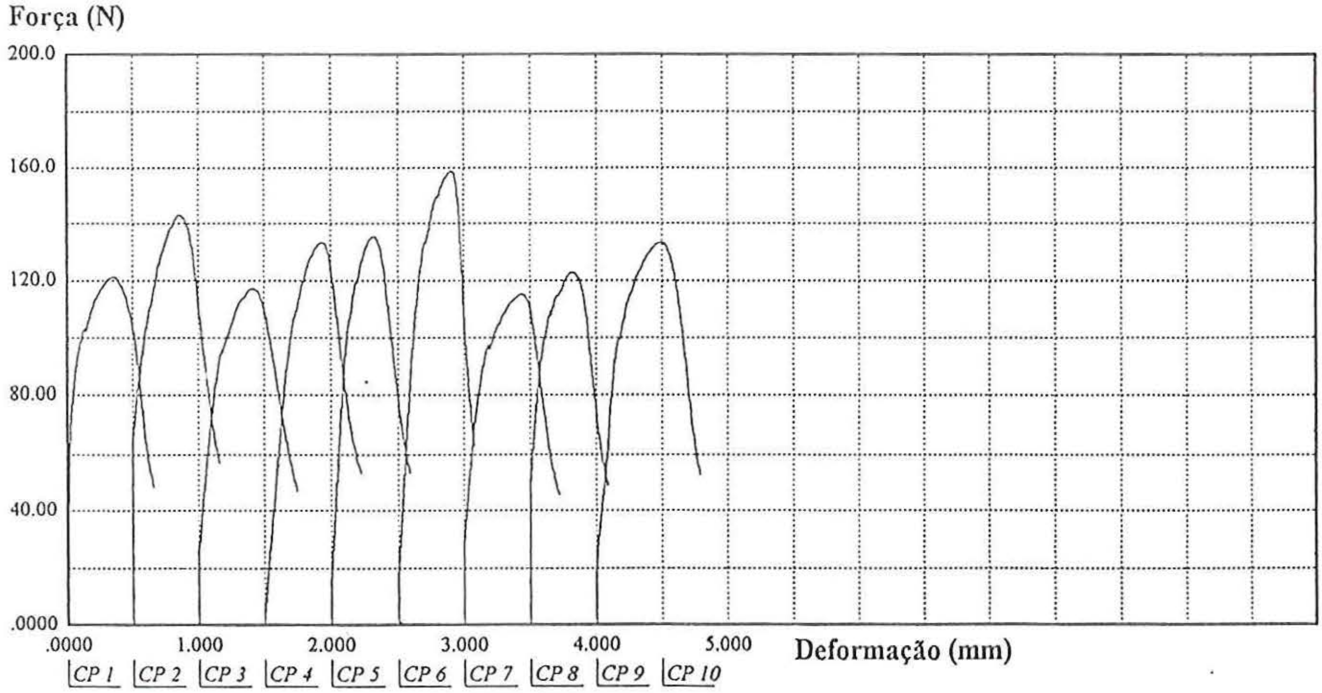
UNIVERSIDADE DE SAO PAULO
CONSTRUÇÕES RURAIS & AMBIÊNCIA

Relatório de Ensaio de Compressão

Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 22** Extensômetro: **Trd 10** Data: **18/02/01** Hora: **14:52:52** Trabalho nº **0007**
Programa: **MTest versão 1.01** Método de Ensaio: **Flexão Au-CSIRO 3c v161199**
Ident. Amostra: >>PRODUTO **s 3** MOLDAGEM:

Parâmetro >>	Força	Tensão	Energia	Mod.Elástic.	Tensão
Evento >>	Força Max.	Força Max.	Colapso1		Escoam. ES1
Unidade >>	(N)	(MPa)	(N.mm)	(MPa)	(MPa)
CP 1	121.3	6.809	62.27	41920	3.991
CP 2	143.2	6.476	70.67	-16600	1.143
CP 3	117.5	6.476	63.59	35480	1.767
CP 4	133.5	6.066	62.50	4500	4.101
CP 5	135.3	5.871	55.04	18700	1.166
CP 6	159.0	6.730	64.99	442.2	.4263
CP 7	115.6	6.513	60.88	-6461	.7337
CP 8	122.9	6.388	55.43	-14590	1.571
CP 9	133.3	6.301	77.08	-6320	.6726
Número CPs	9	9	9	9	9
Média	131.3	6.403	63.61	6340	1.730
Desv.Padrão	13.87	.2961	6.928	21200	1.380
Mínimo	115.6	5.871	55.04	-16600	.4263
Máximo	159.0	6.809	77.08	41920	4.101

Legenda >>> Colapso1: 50.00 % Escoam. ES1: Def.Especif. .004000 %



Observação: l = 100 mm□□operador: Holmer/Reginaldo□□flexao 3 cutelos, 0.5 mm/min, 1000 N□□

SAMPLE #	DESCRIPTION	TEST DATE (BEGINING)
s 3	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de CPIII + MS	

specimen #	dry mass (g)	saturated mass (g)	immersed mass (g)	water absorption (%w/w	bulk density (g.cm-3)	apparent void volume (%v/v)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
10	53.25	72.94	31.18	36.98	1.275	47.15
11	56.54	77.93	33.04	37.83	1.260	47.65
12	53.10	72.77	31.03	37.04	1.272	47.13
13	56.43	77.60	32.85	37.52	1.261	47.31
14	57.94	79.79	33.85	37.71	1.261	47.56
15	57.99	79.72	33.78	37.47	1.262	47.30
			average	37.425	1.265	47.35
			std deviation	0.348	0.007	0.21

PROCEDURE: Place dry tested specimens in an oven @ 105 ±5°C for a minimum period of 24 hours. Allow to cool in a dessicator and record the dry mass of each specimen in grams. Immerse specimens in clean water for a minimum period of 24 hours. Record the immersed mass in grams of each specimen while suspended in clean water. Immediately following the removal of surface water by wiping with an absorbent cloth, record the saturated mass of each specimen in grams.

CALCULATION: Water absorption (%w/w) = (saturated mass - dry mass) x 100 / dry mass

Bulk density (g.cm-3) = dry mass / (saturated mass - immersed mass)

Apparent void volume (%v/v) = (saturated mass - dry mass) x 100 / (saturated mass - immersed mass)

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s 4	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de CPIII + MS *com aditivo sikament 300*

poucas BOLHAS

1- DOSAGEM

Componentes		Traço	Quant.(g)
Cimento	A	1.00	1500.00
CPIII	A1	*0.95*	1425.00
Microsilica	A2	*0.05*	75.00
	A3	*0.00*	0.00
	D		0.00
Água total		*0.50*	750.00
Fibra seca		*0.05*	75.00
Fibra úmida	B		317.66
Água adicionada	C		507.34

2- DATAS

Moldagem	11/2/01
Início Cura	11/2/01
Final Cura	22/2/01
	só amb.
	saturado
Ruptura 14d	25/2/01
Ruptura 28d	11/3/01
umidade fibra	*0,7639*
água na fibra	242.66
aditivo (3%mc)	45

3- PROCEDIMENTOS DE MOLDAGEM

Tratamento prévio fibra	50g de fibra em 1litro de água 24 h imerso; 50g+1l água+8l água 10 min no liquidificador; (2partes) aperto manual máximo, (4partes)10 min na batedeira Vbaixa e + 3min Valta, geladeira

Mistura

Equipamento	Velocidade	Ordem	Tempo	
argamassadeira	baixa	A	1 min	baixa
		A+C	2 min	baixa
		A+C+B	3min	alta
mais 1 min v alta após ensaios				

Vibração

Equipamento	Freqüência (rpm)	Tempo
mesa vibratoria	2200 rpm	120 s no total

Peças Mold. & qtdd.	1 telha plana
Cura	úmida em ambiente saturado (saco plastico selado) por 11 dias
Outros	Nota Bolha: 9.5

4- PROPRIEDADES NO ESTADO RECÉM-MISTURADO

Índice de consistência

Determinação	IC (mm)
1º	224.4
2º	225.8
3º	225.9
4º	
5º	
6º	
Média	225.4
Desvio Padrão	0.8
NBR 7215	

Massa específica

Massa (kg)	2.342
Volume (dm^3)	1.353
Massa específica (kg/dm^3)	1.73
NBR 9833	

Obs: vibracao por 2x30s a 3000 rpm.
Apos determ, nova homog. por 1 min na argamassadeira, em veloc alta.

PLACAS (125x40x6)mm

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s 4	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de CPIII + MS com aditivo sikament 300

1- ENSAIOS MECÂNICOS

CP	Largura 1 (mm)	Largura 2 (mm)	Largura média	Espessura 1 (mm)	Espessura 2 (mm)	Espessura média	Secção $2.l.e^2/(3.101,5)$	Comp. Base $101,5^2/(6.e)$
10			40.21	8.24	8.44	8.34	18.37	205.9
11			40.24	8.22	8.31	8.27	18.05	207.7
12			39.87	7.87	7.96	7.92	16.41	216.9
13			40.20	8.36	8.36	8.36	18.44	205.4
14			39.98	7.68	7.66	7.67	15.45	223.9
15			40.20	8.32	8.32	8.32	18.28	206.4
16			39.99	7.56	7.55	7.56	14.99	227.3
17			40.12	8.29	8.25	8.27	18.01	207.7
18			39.92	7.58	7.50	7.54	14.91	227.7
		Resist. à tração na flexão (MPa) (Rilem 49TFR)	**Energia F>0.5Fmax (N.mm)**	**En. espec. (kJ/m2)** En/l.e	**Mód. Elasticidade (MPa)**	**Permea-bilidade**		
10		6.322	47.22	0.14	7321			
11		6.717	54.82	0.16	8720			
12		7.421	52.78	0.17				
13		7.114	53.23	0.16				
14		8.134	57.85	0.19				
15		6.353	48.58	0.15	8206			
16		8.721	62.48	0.21				
17		7.067	50.11	0.15	8637			
18		9.032	67.55	0.22				
Média		7.43	54.96	0.17	8221			
DVP		0.99	6.66	0.03	641			
Med - 2.DVP		5.45	41.63	0.11	6939			
Med + 2.DVP		9.41	68.29	0.23	9503			
Mínimo		6.32	47.22	0.14	7321			
Máximo		9.03	67.55	0.22	8720			
CV		7.50	8.25	5.98	13			

2- DATAS	
Moldagem	11/02/2001
Ruptura	11/03/2001
Idade	28 dias
3- Procedimentos	
Velocidade	0.5mm/min
Vão inferior	101,5 mm
Nº Cutelos	3
Posição	Lisa superior
Célula	1 kN
Mét flexao au-csiro	
Operador	Reginaldo

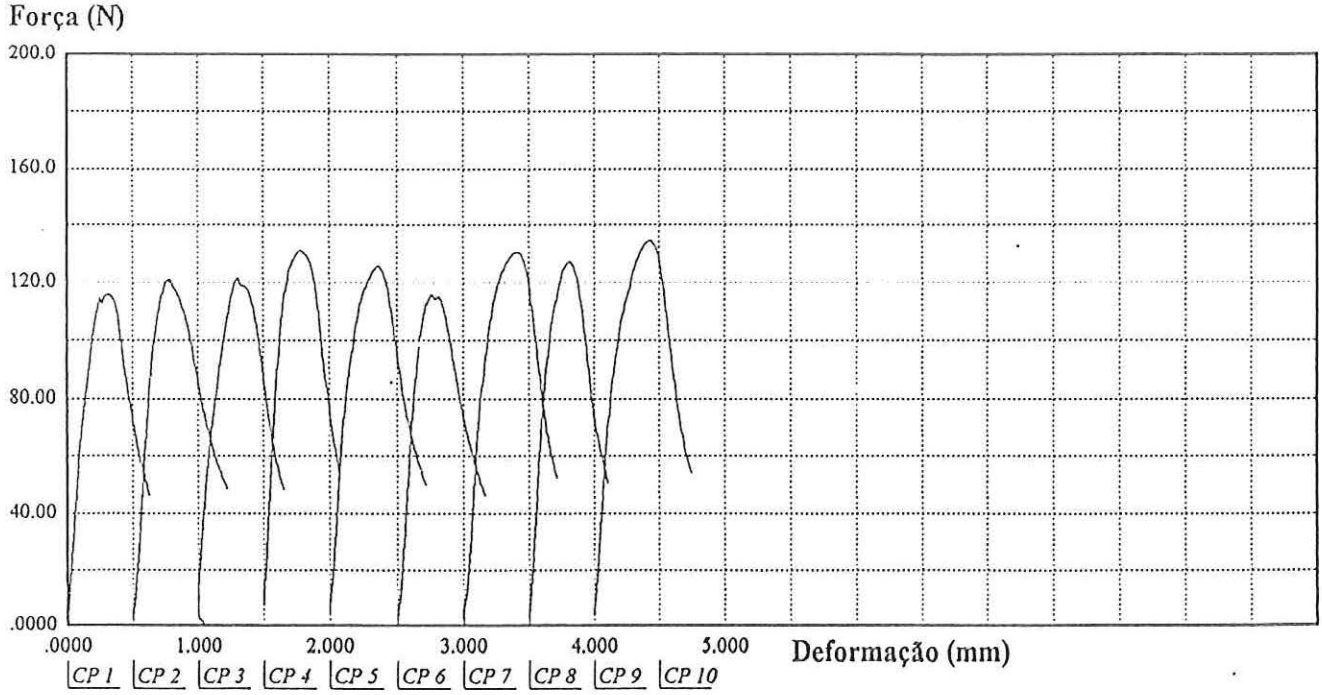
UNIVERSIDADE DE SAO PAULO
CONSTRUÇÕES RURAIS & AMBIÊNCIA

Relatório de Ensaio de Compressão

Máquina: Emic DL30000 Célula: Trd 22 Extensômetro: Trd 10 Data: 11/03/01 Hora: 12:53:10 Trabalho nº 0033
Programa: MTest versão 1.01 Método de Ensaio: Flexão Au-CSIRO 3c v161199
Ident. Amostra: >>> PRODUTO: s 4 MOLDAGEM:

Parâmetro >>	Força	Tensão	Energia	Mod.Elástic.	Tensão
Evento >>	Força Max.	Força Max.	Colapso1		Escoam. ES1
Unidade >>	(N)	(MPa)	(N.mm)	(MPa)	(MPa)
CP 1	116.1	6.322	47.22	7321	3.947
CP 2	121.2	6.717	54.82	8720	4.872
CP 3	121.8	7.421	52.78	-3302	.7118
CP 4	131.2	7.114	53.23	10140	4.143
CP 5	125.7	8.134	57.85	10260	5.084
CP 6	116.1	6.353	48.58	8206	4.620
CP 7	130.6	8.721	62.48	10510	5.449
CP 8	127.3	7.067	50.11	8637	4.749
CP 9	134.7	9.032	67.55	10330	5.070
Número CPs	9	9	9	9	9
Média	125.0	7.431	54.96	7868	4.294
Desv.Padrão	6.620	.9909	6.664	4336	1.422
Mínimo	116.1	6.322	47.22	-3302	.7118
Máximo	134.7	9.032	67.55	10510	5.449

Legenda >>> Colapso1: 50.00 % Escoam. ES1: Def.Especif. .004000 %



Observação: l = 100 mm□□operador: Holmer/Reginaldo□□flexao 3 cutelos, 0.5 mm/min, 1000 N□□

SAMPLE #	DESCRIPTION	TEST DATE (BEGINING)
s 4	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de CPIII + MS com aditivo sikament 300	

specimen #	dry mass (g)	saturated mass (g)	immersed mass (g)	water absorption (%w/w)	bulk density (g.cm-3)	apparent void volume (%v/v)
10	58.40	75.49	33.63	29.26	1.395	40.83
11	58.55	75.97	35.04	29.75	1.430	42.56
12	56.85	73.83	34.03	29.87	1.428	42.66
13	58.90	76.53	34.88	29.93	1.414	42.33
14	55.96	72.01	33.12	28.68	1.439	41.27
15	58.28	75.72	34.50	29.92	1.414	42.31
16	55.08	71.48	32.45	29.77	1.411	42.02
17	57.31	74.56	34.21	30.10	1.420	42.75
18	53.66	70.10	32.25	30.64	1.418	43.43
			average	29.770	1.419	42.24
			std deviation	0.643	0.013	0.79

PROCEDURE: Place dry tested specimens in an oven @ 105 ±5°C for a minimum period of 24 hours. Allow to cool in a dessicator and record the dry mass of each specimen in grams. Immerse specimens in clean water for a minimum period of 24 hours. Record the immersed mass in grams of each specimen while suspended in clean water. Immediately following the removal of surface water by wiping with an absorbent cloth, record the saturated mass of each specimen in grams.

CALCULATIONS: Water absorption (%w/w) = (saturated mass - dry mass) x 100 / dry mass
Bulk density (g.cm-3) = dry mass / (saturated mass - immersed mass)
Apparent void volume (%v/v) = (saturated mass - dry mass) x 100 / (saturated mass - immersed mass)

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s 5	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de CPIII + MS *com aditivo sikament 300*

Muita BOLHA

1- DOSAGEM

Componentes		Traço	Quant.(g)
Cimento	A	1.00	1500.00
CPIII	A1	*0.95*	1425.00
Microsilica	A2	*0.05*	75.00
	A3	*0.00*	0.00
	D		0.00
Água total		*0.50*	750.00
Fibra seca		*0.05*	75.00
Fibra úmida	B		289.58
Água adicionada	C		535.42

2- DATAS

Moldagem	21/1/01
Início Cura	21/1/01
Final Cura	1/2/01
	só amb.
	saturado
Ruptura 14d	4/2/01
Ruptura 28d	18/2/01
umidade fibra	*0.741*
água na fibra	214.58
aditivo (2%mc)	30

3- PROCEDIMENTOS DE MOLDAGEM

Tratamento prévio fibra	50g de fibra em 1litro de água 24 h imerso; 50g+1l água+8l água 10 min no liquidificador,			
	(2partes) aperto manual máximo, (4partes)10 min na batedeira Vbaixa e + 3min Valta, geladeira			
Mistura	Equipamento	Velocidade	Ordem	Tempo
	argamassadeira	baixa	A	1 min baixa
			A+C	2 min baixa
			A+C+B	3min alta
	mais 1 min v alta após ensaios			
Vibração	Equipamento	Freqüência (rpm)		Tempo
	mesa vibratoria	2200 rpm		120 s no total
Peças Mold. & qtdd.	1 telha plana			
Cura	úmida em ambiente saturado (saco plastico selado) por 11 dias			
Outros	seca, 0,60 seria ideal			
	Nota Bolha: 4			

4- PROPRIEDADES NO ESTADO RECÉM-MISTURADO

Índice de consistência

Determinação	IC (mm)
1º	220.5
2º	220.5
3º	218.1
4º	
5º	
6º	
Média	219.7
Desvio Padrão	1.4
NBR 7215	

Massa específica

Massa (kg)	2.327
Volume (dm^3)	1.353
Massa específica (kg/dm^3)	1.720
NBR 9833	

Obs: vibracao por 2x30s a 3000 rpm.
Apos determ, nova homog. por 1 min na argamassadeira, em veloc alta.

PLACAS (125x40x6)mm

SÉRIE	DESCRIÇÃO							
s 5	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de CPIII + MS com aditivo sikament 300							
1- ENSAIOS MECÂNICOS								
CP	Largura 1	Largura 2	Largura	Espessura 1	Espessura 2	Espessura	Secção	Comp. Base
	(mm)	(mm)	média	(mm)	(mm)	média	$2.l.e^2/(3.101,5)$	$101,5^2/(6.e)$
10			40.41	7.47	7.45	7.46	*14.77*	*230.2*
11			40.39	6.84	7.05	6.95	*12.80*	*247.2*
12			40.47	7.98	7.98	7.98	*16.93*	*215.2*
13			40.46	8.04	7.99	8.02	*17.07*	*214.2*
14			40.44	8.04	8.13	8.09	*17.36*	*212.4*
15			40.42	7.99	8.04	8.02	*17.05*	*214.2*
16			39.99	8.19	8.29	8.24	*17.83*	*208.4*
17			40.39	8.14	8.19	8.17	*17.69*	*210.3*
18			40.56	8.11	8.24	8.18	*17.80*	*210.0*
		Resist. à	**Energia**	**En. espec.**	**Mód.**	**Permea-**		
		tração na	**F>0.5Fmax**	**(kJ/m2)**	**Elas.**	**bilidade**	**2- DATAS**	
		flexão (MPa)	**(N.mm)**	En/l.e	**(MPa)**		**Moldagem**	21/01/2001
		(Rilem 49TFR)					**Ruptura**	18/02/2001
10		9.472	59.59	0.20			**Idade**	28 dias
11		9.073	61.28	0.22			**3- Procedimentos**	
12		9.683	89.81	0.28			**Velocidade**	0.5mm/min
13		9.769	62.20	0.19				
14		10.470	118.90	0.36				
15		10.540	98.21	0.30				
16		9.014	77.12	0.23			**Vão inferior**	101,5 mm
17		8.091	52.28	0.16	9315		**Nº Cutelos**	3
18		8.523	72.04	0.22	15880		**Posição**	Lisa superior
Média		**9.40**	**76.83**	**0.24**	**12598**		**Célula**	1 kN
DVP		**0.82**	**21.72**	**0.06**	**4642**		**Mét flexao au-csiro**	
Med - 2.DVP		7.76	33.38	0.11	3313		**Operador**	Reginaldo
Med + 2.DVP		11.05	120.27	0.37	21882			
Mínimo		**8.09**	**52.28**	**0.16**	**9315**	**Obs:**		
Máximo		**10.54**	**118.90**	**0.36**	**15880**			
CV		11.44	3.54	3.77	3			

UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

CONSTRUÇÕES RURAIS & AMBIÊNCIA

Relatório de Ensaio de Compressão

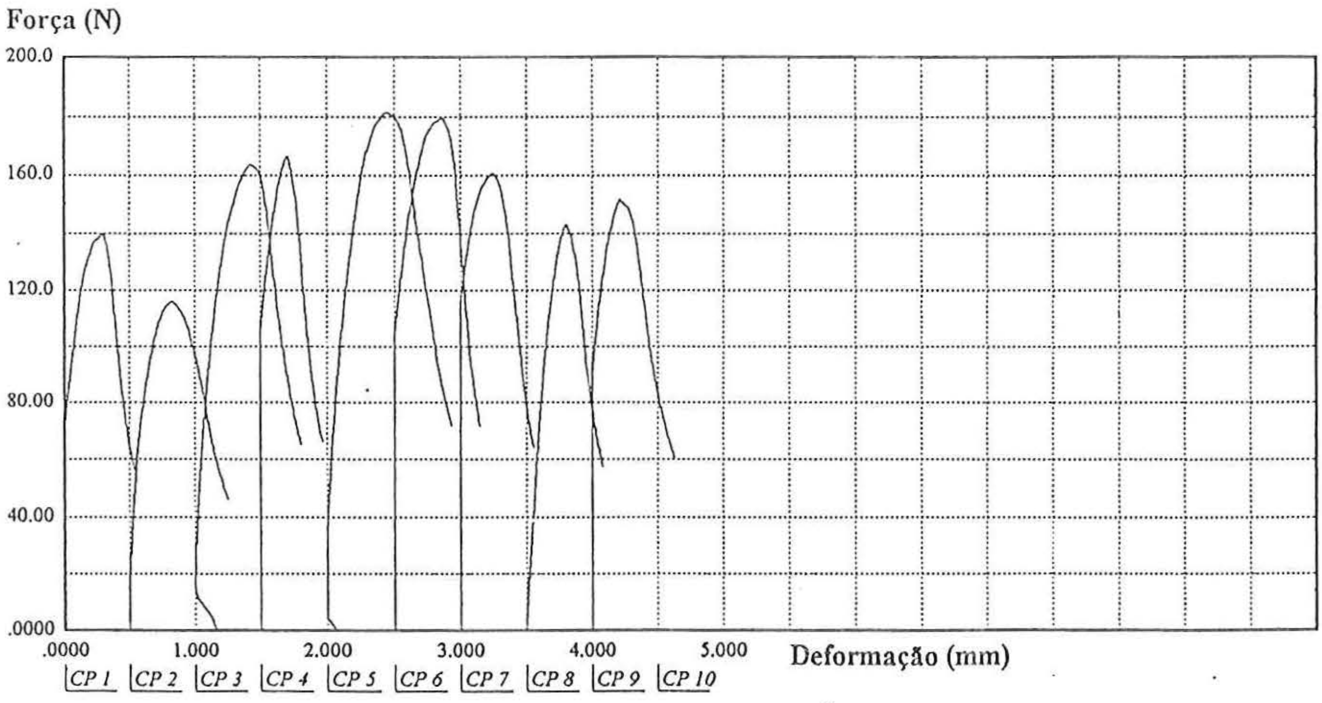
Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 22** Extensômetro: **Trd 10** Data: **18/02/01** Hora: **15:32:21** Trabalho nº **0008**

Programa: **MTest versão 1.01** Método de Ensaio: **Flexão Au-CSIRO 3c v161199**

Ident. Amostra: >>>PRODUTO: **s 5** MOLDAGEM:

Parâmetro >>	Força	Tensão	Energia	Mod.Elástic.	Tensão
Evento >>	Força Max.	Força Max.	Colapso1		Escoam. ES1
Unidade >>	(N)	(MPa)	(N.mm)	(MPa)	(MPa)
CP 1	139.9	9.472	59.59	315.9	1.466
CP 2	116.1	9.073	61.28	117500	2.266
CP 3	163.9	9.683	89.81	-2668	1.255
CP 4	166.8	9.769	62.20	84300	3.315
CP 5	181.8	10.47	118.9	88690	2.668
CP 6	179.6	10.54	98.21	-7957	1.455
CP 7	160.7	9.014	77.12	41200	3.566
CP 8	143.1	8.091	52.28	9315	3.901
CP 9	151.7	8.523	72.04	15880	2.970
Número CPs	9	9	9	9	9
Média	156.0	9.404	76.82	38510	2.540
Desv.Padrão	20.79	.8216	21.71	46830	.9852
Mínimo	116.1	8.091	52.28	-7957	1.255
Máximo	181.8	10.54	118.9	117500	3.901

Legenda >>> Colapso1: 50.00 % Escoam. ES1: Def.Especif. .004000 %



Observação: l = 100 mm□□operador: Holmer/Reginaldo□□flexao 3 cutelos, 0.5 mm/min, 1000 N□□

SAMPLE #	DESCRIPTION	TEST DATE (BEGINING)
s 5	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de CPIII + MS com aditivo sikament 300	

specimen #	dry mass (g)	saturated mass (g)	immersed mass (g)	water absorption (%w/w)	bulk density (g.cm-3)	apparent void volume (%v/v)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
10	56.3	71.72	33.48	27.39	1.472	40.32
11	51.69	65.32	30.73	26.37	1.494	39.40
12	59.65	75.21	35.04	26.09	1.485	38.74
13	59.60	74.91	34.64	25.69	1.480	38.02
14	59.60	75.16	35.44	26.11	1.501	39.17
15	58.63	74.84	35.16	27.65	1.478	40.85
			average	26.548	1.485	39.42
			std deviation	0.787	0.011	1.04

PROCEDURE: Place dry tested specimens in an oven @ 105 ±5°C for a minimum period of 24 hours. Allow to cool in a dessicator and record the dry mass of each specimen in grams. Immerse specimens in clean water for a minimum period of 24 hours. Record the immersed mass in grams of each specimen while suspended in clean water. Immediately following the removal of surface water by wiping with an absorbent cloth, record the saturated mass of each specimen in grams.

CALCULATION: Water absorption (%w/w) = (saturated mass - dry mass) x 100 / dry mass
Bulk density (g.cm-3) = dry mass / (saturated mass - immersed mass)
Apparent void volume (%v/v) = (saturated mass - dry mass) x 100 / (saturated mass - immersed mass)

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s 6	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de CPIII + MS + mat carb

Pouca BOLHA

1- DOSAGEM

Componentes		Traço	Quant.(g)
Cimento	A	1.00	1500.00
CPIII	A1	0.90	1350.00
Microsilica	A2	0.05	75.00
Mat carbonatico	A3	0.05	75.00
	D		0.00
Água total		0.70	1050.00
Fibra seca		0.05	75.00
Fibra úmida	B		289.58
Água adicionada	C		835.42

2- DATAS

Moldagem	21/1/01
Início Cura	21/1/01
Final Cura	1/2/01
	só amb.
	saturado
Ruptura 14d	4/2/01
Ruptura 28d	18/2/01
umidade fibra	0.741
água na fibra	214.58

3- PROCEDIMENTOS DE MOLDAGEM

Tratamento prévio fibra	50g de fibra em 1litro de água 24 h imerso; 50g+1l água+8l água 10 min no liquidificador,			
	(2partes) aperto manual máximo, (4partes)10 min na batedeira Vbaixa e + 3min Valta, geladeira			
Mistura	Equipamento	Velocidade	Ordem	Tempo
	argamassadeira	baixa	A	1 min baixa
			A+C	2 min baixa
			A+C+B	3min alta
	mais 1 min v alta após ensaios			
Vibração	Equipamento	Freqüência (rpm)		Tempo
	mesa vibratoria	2200 rpm		120 s no total
Peças Mold. & qtdd.	1 telha plana			
Cura	úmida em ambiente saturado (saco plastico selado) por 11 dias			
Outros	ok, para uma e para várias			
	Nota Bolha: 9.0			

4- PROPRIEDADES NO ESTADO RECÉM-MISTURADO

Índice de consistência

Determinação	IC (mm)
1º	232.9
2º	237.6
3º	235.6
4º	
5º	
6º	
Média	235.4
Desvio Padrão	2.4
NBR 7215	

Massa específica

Massa (kg)	2.202
Volume (dm^3)	1.353
Massa específica (kg/dm^3)	1.627
NBR 9833	

Obs: vibracao por 2x30s a 3000 rpm.
Apos determ, nova homog. por 1 min na argamassadeira, em veloc alta.

PLACAS (125x40x6)mm

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s 6	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de CPIII + MS + mat carb

1- ENSAIOS MECÂNICOS

CP	Largura 1 (mm)	Largura 2 (mm)	Largura média	Espessura 1 (mm)	Espessura 2 (mm)	Espessura média	Secção $2.l.e^2/(3.101,5)$	Comp. Base $101,5^2/(6.e)$
10			40.42	8.40	8.08	8.24	*18.03*	*208.4*
11			40.47	8.69	9.00	8.85	*20.80*	*194.1*
12			40.45	8.79	8.67	8.73	*20.25*	*196.7*
13			40.41	8.49	8.45	8.47	*19.04*	*202.7*
14			40.40	8.46	8.49	8.48	*19.06*	*202.6*
15			40.53	8.30	8.20	8.25	*18.12*	*208.1*
16			40.40	7.76	7.75	7.76	*15.96*	*221.4*
17			40.42	7.69	7.77	7.73	*15.86*	*222.1*
18			40.42	7.73	7.85	7.79	*16.11*	*220.4*
		Resist. à tração na flexão (MPa) (Rilem 49TFR)	**Energia F>0.5Fmax (N.mm)**	**En. espec. (kJ/m2)** En/l.e	**Mód. Elas. (MPa)**	**Permea-bilidade**		
10		6.143	55.57	0.17	6344			
11		6.081	63.75	0.18	6275			
12		5.656	58.70	0.17				
13		5.634	44.24	0.13	6964			
14		5.551	38.38	0.11				
15								
16		6.360	45.08	0.14				
17		5.773	45.81	0.15				
18		5.834	44.14	0.14				
Média		**5.88**	**49.46**	**0.15**	**6528**			
DVP		**0.29**	**8.76**	**0.02**	**379**			
Med - 2.DVP		5.31	31.93	0.10	5769			
Med + 2.DVP		6.45	66.99	0.19	7287			
Mínimo		**5.55**	**38.38**	**0.11**	**6275**	**Obs:**		
Máximo		**6.36**	**63.75**	**0.18**	**6964**			
CV		20.56	5.64	6.80	17			

2- DATAS	
Moldagem	21/01/2001
Ruptura	18/02/2001
Idade	28 dias
3- Procedimentos	
Velocidade	0.5mm/min
Vão inferior	101,5 mm
Nº Cutelos	3
Posição	Lisa superior
Célula	1 kN
Mét flexao au-csiro	
Operador	Reginaldo

UNIVERSIDADE DE SAO PAULO
CONSTRUÇÕES RURAIS & AMBIÊNCIA

Relatório de Ensaio de Compressão

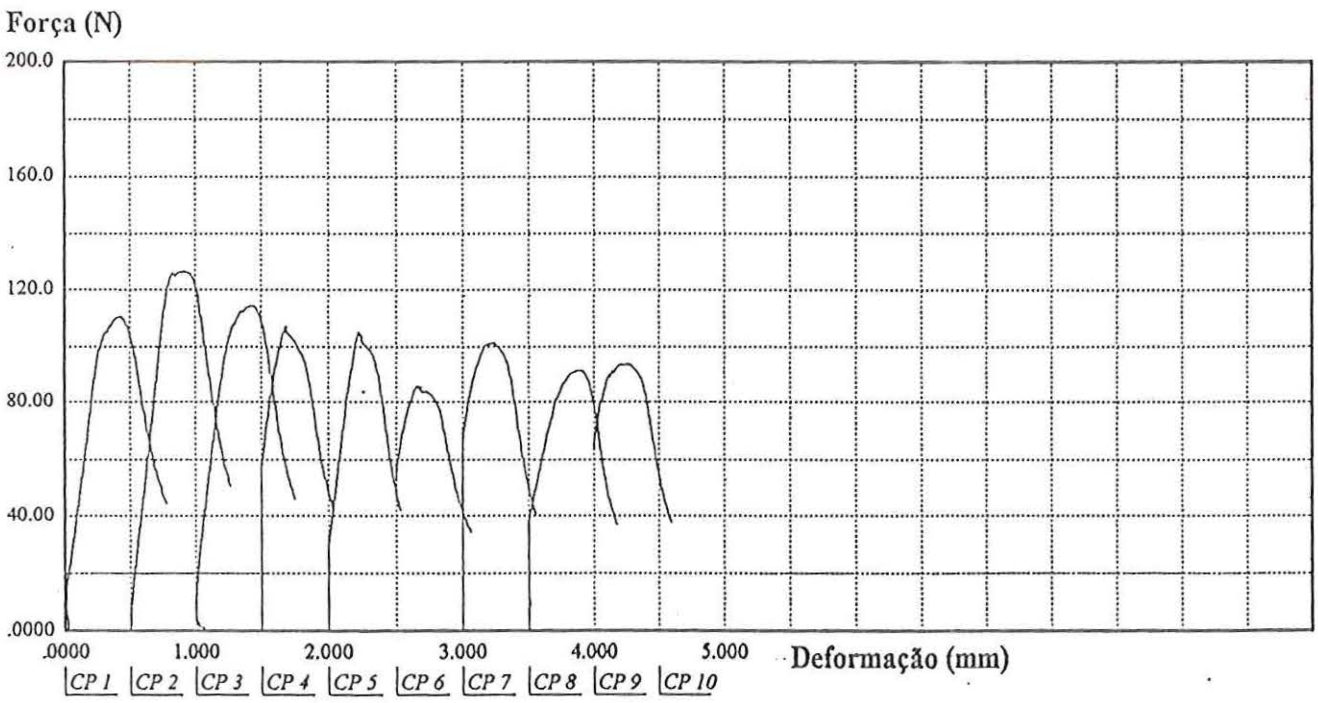
Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 22** Extensômetro: **Trd 10** Data: **19/02/01** Hora: **09:11:51** Trabalho nº **0012**

Programa: **MTest versão 1.01** Método de Ensaio: **Flexão Au-CSIRO 3c v161199**

Ident. Amostra: >> PRODUTO: **s 6** MOLDAGEM:

Parâmetro >>	Força	Tensão	Energia	Mod.Elástic.	Tensão
Evento >>	Força Max.	Força Max.	Colapso1		Escoam. ES1
Unidade >>	(N)	(MPa)	(N.mm)	(MPa)	(MPa)
CP 1	110.8	6.143	55.57	6344	1.391
CP 2	126.5	6.081	63.75	6275	1.151
CP 3	114.5	5.656	58.70	-1314	.5138
CP 4	107.3	5.634	44.24	6964	1.959
CP 5	105.8	5.551	38.38	24820	1.544
CP 6	85.93	4.742	35.43	-2579	.9095
CP 7	101.5	6.360	45.08	-15630	1.592
CP 8	91.57	5.773	45.81	-1987	.4635
CP 9	93.98	5.834	44.14	-2354	1.342
Número CPs	9	9	9	9	9
Média	104.2	5.753	47.90	2282	1.207
Desv.Padrão	12.57	.4638	9.438	10950	.5005
Mínimo	85.93	4.742	35.43	-15630	.4635
Máximo	126.5	6.360	63.75	24820	1.959

Legenda >>> Colapso1: 50.00 % Escoam. ES1: Def.Especif. .004000 %



Observação: l = 100 mm□□operador: Holmer/Reginaldo□□flexao 3 cutelos, 0.5 mm/min, 1000 N□□

SAMPLE #	DESCRIPTION	TEST DATE (BEGINING)
s 6	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de CPIII + MS + mat carb	

specimen #	dry mass (g)	saturated mass (g)	immersed mass (g)	water absorption (%w/w)	bulk density (g.cm-3)	apparent void volume (%v/v)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
10	50.70	70.02	29.66	38.11	1.256	47.87
11	51.73	71.68	30.12	38.57	1.245	48.00
12	52.32	72.36	30.46	38.30	1.249	47.83
13	50.28	69.39	29.41	38.01	1.258	47.80
14	50.68	69.94	29.54	38.00	1.254	47.67
15	50.18	69.25	29.40	38.00	1.259	47.85
			average	38.165	1.253	47.84
			std deviation	0.228	0.006	0.11

PROCEDURE: Place dry tested specimens in an oven @ 105 ±5°C for a minimum period of 24 hours. Allow to cool in a dessicator and record the dry mass of each specimen in grams. Immerse specimens in clean water for a minimum period of 24 hours. Record the immersed mass in grams of each specimen while suspended in clean water. Immediately following the removal of surface water by wiping with an absorbent cloth, record the saturated mass of each specimen in grams.

CALCULATION: Water absorption (%w/w) = (saturated mass - dry mass) x 100 / dry mass
Bulk density (g.cm-3) = dry mass / (saturated mass - immersed mass)
Apparent void volume (%v/v) = (saturated mass - dry mass) x 100 / (saturated mass - immersed mass)

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s 7	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de CPIII + MS + mat carb c/ aditivo

Mais ou menos BOLHA

1- DOSAGEM

Componentes		Traço	Quant.(g)
Cimento	A	1.00	1500.00
CPIII	A1	0.90	1350.00
Microsilica	A2	0.05	75.00
Mat carbonatico	A3	0.05	75.00
	D		0.00
Água total		0.50	750.00
Fibra seca		0.05	75.00
Fibra úmida	B		289.58
Água adicionada	C		535.42

2- DATAS

Moldagem	21/1/01
Início Cura	21/1/01
Final Cura	1/2/01
	só amb.
	saturado
Ruptura 14d	4/2/01
Ruptura 28d	18/2/01
umidade fibra	0.741
água na fibra	214.58
aditivo (2%mc)	30

3- PROCEDIMENTOS DE MOLDAGEM

Tratamento prévio fibra	50g de fibra em 1litro de água 24 h imerso; 50g+1l água+8l água 10 min no liquidificador,			
	(2partes) aperto manual máximo, (4partes)10 min na batedeira Vbaixa e + 3min Valta, geladeira			
Mistura	Equipamento	Velocidade	Ordem	Tempo
	argamassadeira	baixa	A	1 min baixa
			A+C	2 min baixa
			A+C+B	3min alta
	mais 1 min v alta após ensaios			
Vibração	Equipamento	Freqüência (rpm)		Tempo
	mesa vibratoria	2200 rpm		120 s no total
Peças Mold. & qtdd.	1 telha plana			
Cura	úmida em ambiente saturado (saco plastico selado) por 11 dias			
Outros	seca, faltou água, relação ideal de 0,55 a 0,60			
	Nota Bolha: 5.0			

4- PROPRIEDADES NO ESTADO RECÉM-MISTURADO

Índice de consistência

Determinação	IC (mm)
1º	225.4
2º	224.0
3º	226.0
4º	
5º	
6º	
Média	225.1
Desvio Padrão	1.0
NBR 7215	

Massa específica

Massa (kg)	2.335
Volume (dm^3)	1.353
Massa específica (kg/dm^3)	1.725
NBR 9833	

Obs: vibracao por 2x30s a 3000 rpm.
Apos determ, nova homog. por 1 min na argamassadeira, em veloc alta.

PLACAS (125x40x6)mm

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s 7	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de CPIII + MS + mat carb c/ aditivo

1- ENSAIOS MECÂNICOS

CP	Largura 1 (mm)	Largura 2 (mm)	Largura média	Espessura 1 (mm)	Espessura 2 (mm)	Espessura média	Secção $2.l.e^2/(3.101,5)$	Comp. Base $101,5^2/(6.e)$
10			39.16	8.45	8.37	8.41	*18.19*	*204.2*
11			39.19	8.44	8.71	8.58	*18.93*	*200.2*
12			40.13	7.49	8.22	7.86	*16.26*	*218.6*
13			40.32	8.17	8.14	8.16	*17.61*	*210.6*
14			40.21	8.05	8.16	8.11	*17.35*	*211.8*
15			40.18	8.14	8.11	8.13	*17.42*	*211.3*
16			40.45	7.02	7.21	7.12	*13.45*	*241.3*
17			40.44	7.20	7.01	7.11	*13.41*	*241.7*
18			40.25	7.36	7.21	7.29	*14.03*	*235.7*
		Resist. à tração na flexão (MPa) (Rilem 49TFR)	**Energia F>0.5Fmax (N.mm)**	**En. espec. (kJ/m2)** En/l.e	**Mód. Elas. (MPa)**	**Permea-bilidade**	**2- DATAS**	
							Moldagem	21/01/2001
							Ruptura	18/02/2001
10		9.020	58.17	0.18	9129		**Idade**	28 dias
11		7.965	55.79	0.17			**3- Procedimentos**	
12		8.373	55.08	0.17			**Velocidade**	0.5mm/min
13		7.586	53.28	0.16				
14		7.545	49.82	0.15	9442			
15		7.068						
16		8.425	44.71	0.16			**Vão inferior**	101,5 mm
17		8.400	58.88	0.20			**Nº Cutelos**	3
18		7.933	59.93	0.20			**Posição**	Lisa superior
Média		**8.04**	**54.46**	**0.17**	**9286**		**Célula**	1 kN
DVP		**0.59**	**5.12**	**0.02**	**221**		**Mét flexao au-csiro**	
Med - 2.DVP		6.86	44.22	0.13	8843		**Operador**	Reginaldo
Med + 2.DVP		9.21	64.69	0.22	9728			
Mínimo		**7.07**	**44.71**	**0.15**	**9129**	**Obs:**		
Máximo		**9.02**	**59.93**	**0.20**	**9442**			
CV		13.68	10.64	8.60	42			

UNIVERSIDADE DE SAO PAULO
CONSTRUÇÕES RURAIS & AMBIÊNCIA

Relatório de Ensaio de Compressão

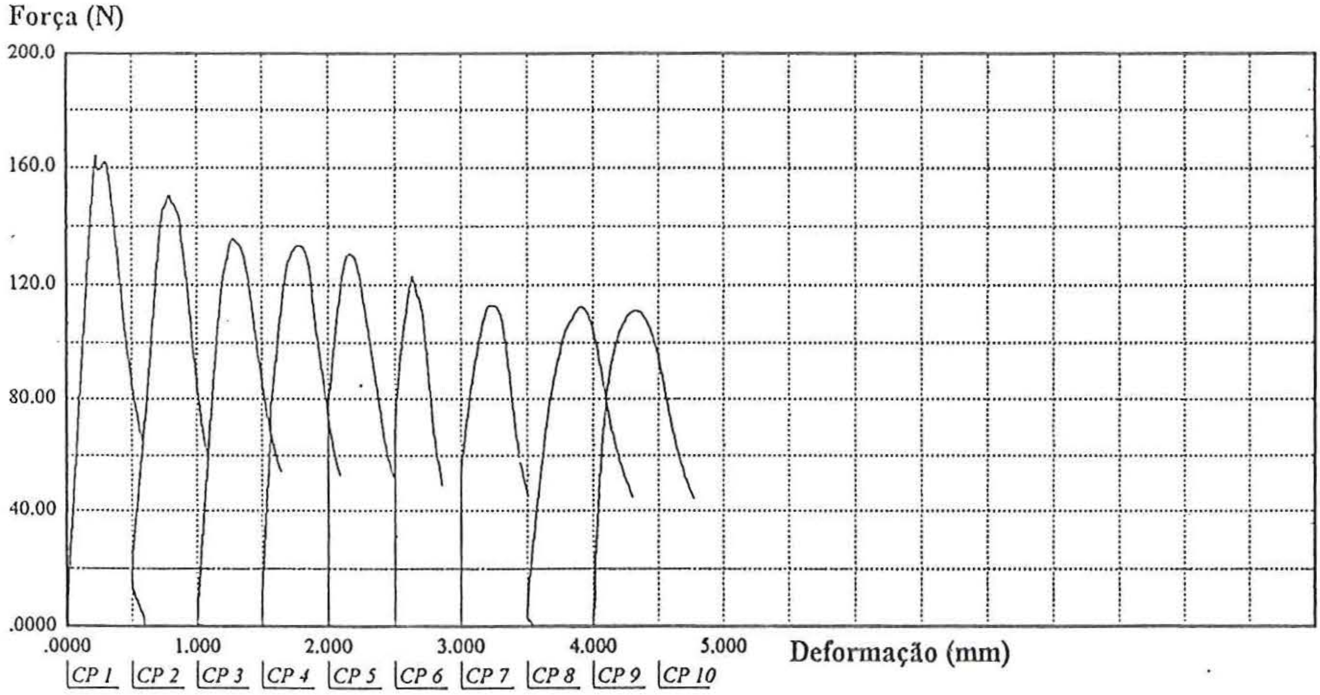
Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 22** Extensômetro: **Trd 10** Data: **19/02/01** Hora: **10:02:25** Trabalho nº **0013**

Programa: **MTest versão 1.01** Método de Ensaio: **Flexão Au-CSIRO 3c v161199**

Ident. Amostra: >> PRODUTO: s 7 MOLDAGEM:

Parâmetro >>	Força	Tensão	Energia	Mod.Elástic.	Tensão
Evento >>	Força Max.	Força Max.	Colapso1		Escoam. ES1
Unidade >>	(N)	(MPa)	(N.mm)	(MPa)	(MPa)
CP 1	164.1	9.020	58.17	9129	6.953
CP 2	150.8	7.965	55.79	-2802	1.108
CP 3	136.1	8.373	55.08	-1001	.5615
CP 4	133.6	7.586	53.28	-1902	.5699
CP 5	130.9	7.545	49.82	9442	2.411
CP 6	123.1	7.068	31.50	140800	4.347
CP 7	113.3	8.425	44.71	23040	2.051
CP 8	112.6	8.400	58.88	-2352	.7334
CP 9	111.3	7.933	59.93	23970	3.211
Número CPs	9	9	9	9	9
Média	130.7	8.035	51.91	22040	2.438
Desv.Padrão	18.08	.5876	9.026	45750	2.135
Mínimo	111.3	7.068	31.50	-2802	.5615
Máximo	164.1	9.020	59.93	140800	6.953

Legenda >>> Colapso1: 50.00 % Escoam. ES1: Def.Especif. .004000 %



Observação: l = 100 mm□□operador: Holmer/Reginaldo□□flexao 3 cutelos, 0.5 mm/min, 1000 N□□

SAMPLE #	DESCRIPTION	TEST DATE (BEGINING)
s 7	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de CPIII + MS + mat carb c/ aditivo	

specimen #	dry mass (g)	saturated mass (g)	immersed mass (g)	water absorption (%w/w)	bulk density (g.cm-3)	apparent void volume (%v/v)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
10	56.56	71.95	33.02	27.21	1.453	39.53
11	58.40	74.04	33.71	26.78	1.448	38.78
12	55.24	69.80	31.80	26.36	1.454	38.32
13	57.34	72.62	32.98	26.65	1.447	38.55
14	56.86	72.33	32.96	27.21	1.444	39.29
15	55.92	71.29	32.65	27.49	1.447	39.78
			average	26.948	1.449	39.04
			std deviation	0.422	0.004	0.68

PROCEDURE: Place dry tested specimens in an oven @ 105 ±5°C for a minimum period of 24 hours. Allow to cool in a dessicator and record the dry mass of each specimen in grams. Immerse specimens in clean water for a minimum period of 24 hours. Record the immersed mass in grams of each specimen while suspended in clean water. Immediately following the removal of surface water by wiping with an absorbent cloth, record the saturated mass of each specimen in grams.

CALCULATION: Water absorption (%w/w) = (saturated mass - dry mass) x 100 / dry mass
Bulk density (g.cm-3) = dry mass / (saturated mass - immersed mass)
Apparent void volume (%v/v) = (saturated mass - dry mass) x 100 / (saturated mass - immersed mass)

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s 8	5% polpa celulose eucalipto + pasta de escória EAF 10G2C

Pouca BOLHA

1- DOSAGEM

Componentes		Traço	Quant.(g)
Cimento	A	1.00	1500.00
Escória	A1	0.88	1320.00
Cal	A2	0.02	30.00
Gipsita Araripina	A3	0.10	150.00
	D		0.00
Água total		0.70	1050.00
Fibra seca		0.05	75.00
Fibra úmida	B		289.58
Água adicionada	C		835.42

2- DATAS

Moldagem	21/1/01
Início Cura	21/1/01
Final Cura	1/2/01
	só amb.
	saturado
Ruptura 14d	4/2/01
Ruptura 28d	18/2/01
umidade fibra	0.741
água na fibra	214.58

3- PROCEDIMENTOS DE MOLDAGEM

Tratamento prévio fibra	50g de fibra em 1litro de água 24 h imerso; 50g+1l água+8l água 10 min no liquidificador,			
	(2partes) aperto manual máximo, (4partes)10 min na batedeira Vbaixa e + 3min Valta, geladeira			
Mistura	Equipamento	Velocidade	Ordem	Tempo
	argamassadeira	baixa	A	1 min baixa
			A+C	2 min baixa
			A+C+B	3min alta
	mais 1 min v alta após ensaios			
Vibração	Equipamento	Freqüência (rpm)		Tempo
	mesa vibratoria	2200 rpm		120 s no total
Peças Mold. & qtdd.	1 telha plana			
Cura	úmida em ambiente saturado (saco plastico selado) por 11 dias			
Outros	para uma telha a/c ideal seria 0,60			
	bolhas = nota 7,5			

4- PROPRIEDADES NO ESTADO RECÉM-MISTURADO

Índice de consistência

Determinação	IC (mm)
1º	255.7
2º	254.6
3º	254.1
4º	
5º	
6º	
Média	254.8
Desvio Padrão	0.8
NBR 7215	

Massa específica

Massa (kg)	2.175
Volume (dm^3)	1.353
Massa específica (kg/dm^3)	1.607
NBR 9833	

Obs: vibracao por 2x30s a 3000 rpm.
Apos determ, nova homog. por 1 min na argamassadeira, em veloc alta.

PLACAS (125x40x6)mm

SÉRIE	DESCRIÇÃO							
s 8	5% polpa celulose eucalipto + pasta de escória EAF 10G2C							
1- ENSAIOS MECÂNICOS								
CP	Largura 1	Largura 2	Largura	Espessura 1	Espessura 2	Espessura	Secção	Comp. Base
	(mm)	(mm)	média	(mm)	(mm)	média	$2.l.e^2/(3.101,5)$	$101,5^2/(6.e)$
10			40.25	8.37	8.17	8.27	*18.08*	*207.623*
11			40.36	7.55	7.44	7.50	*14.89*	*229.092*
12			40.34	7.46	7.41	7.44	*14.65*	*230.940*
13			40.42	7.92	7.48	7.70	*15.74*	*222.992*
14			40.40	8.01	7.69	7.85	*16.35*	*218.731*
15			40.18	8.90	8.61	8.76	*20.23*	*196.121*
16			39.66	9.40	9.13	9.27	*22.36*	*185.326*
17			40.30	8.70	9.11	8.91	*20.99*	*192.818*
18			40.32	8.64	9.00	8.82	*20.60*	*194.676*
		Resist. à tração na flexão (MPa) (Rilem 49TFR)	**Energia F>0.5Fmax (N.mm)**	**En. espec. (kJ/m2)** En/l.e	**Mód. Elas. (MPa)**	**Permea-bilidade**	**2- DATAS**	
							Moldagem	21/01/2001
							Ruptura	18/02/2001
10		4.641	44.73	0.13			**Idade**	28 dias
11		6.086	91.36	0.30	3537		**3- Procedimentos**	
12		6.214	72.03	0.24	3483		**Velocidade**	0.5mm/min
13		6.773	78.96	0.25	3272			
14		5.600	58.60	0.18	2648			
15		5.655	86.97	0.25	2470			
16		5.434	70.72	0.19	3448		**Vão Inferior**	101,5 mm
17		5.744	56.07	0.16	3006		**Nº Cutelos**	3
18		5.592	56.68	0.16	4192		**Posição**	Lisa superior
Média		**5.75**	**68.46**	**0.21**	**3257**		**Célula**	1 kN
DVP		**0.59**	**15.60**	**0.06**	**547**		**Mét flexao au-csiro**	
Med - 2.DVP		4.57	37.25	0.10	2163		**Operador**	Reginaldo
Med + 2.DVP		6.92	99.66	0.32	4351			
Mínimo		**4.64**	**44.73**	**0.13**	**2470**			
Máximo		**6.77**	**91.36**	**0.30**	**4192**			
CV		9.79	4.39	3.74	6			

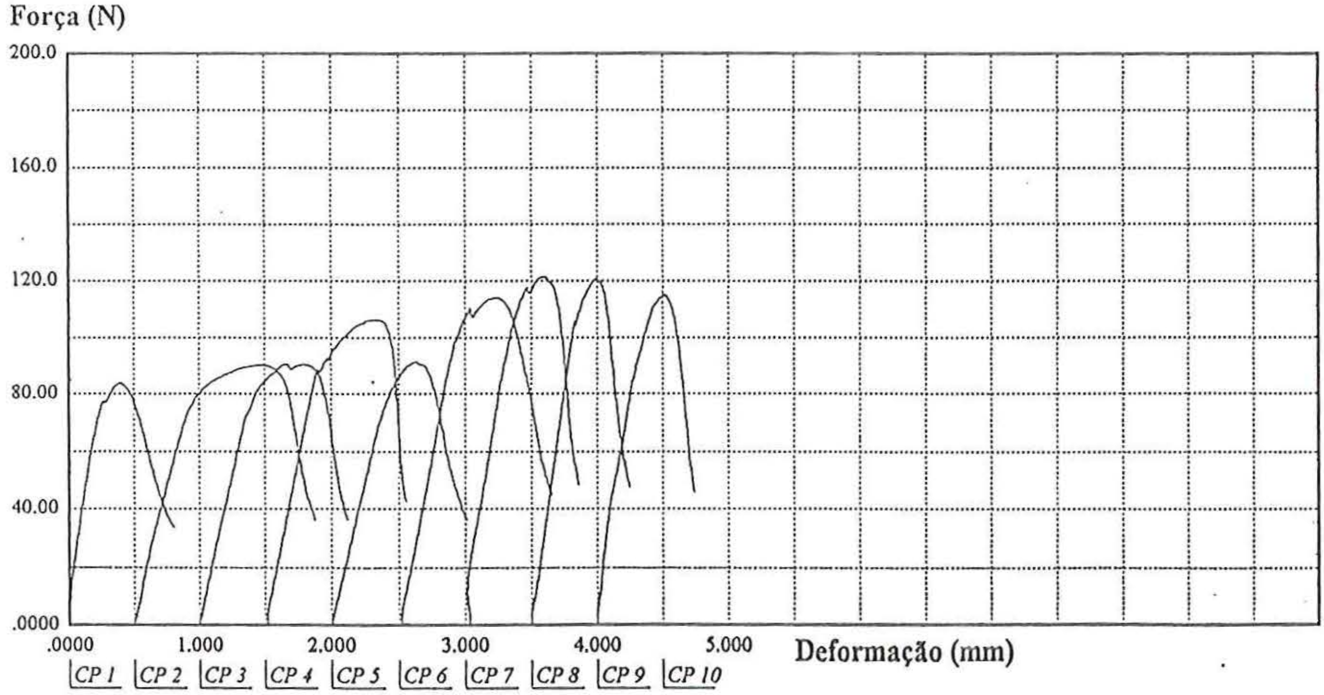
UNIVERSIDADE DE SAO PAULO
CONSTRUÇÕES RURAIS & AMBIÊNCIA

Relatório de Ensaio de Compressão

Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 22** Extensômetro: **Trd 10** Data: **18/02/01** Hora: **13:37:40** Trabalho nº **0005**
Programa: **MTest versão 1.01** Método de Ensaio: **Flexão Au-CSIRO 3c v161199**
Ident. Amostra: >>PRODUTO: s 8 MOLDAGEM:

Parâmetro >>	Força	Tensão	Energia	Mod.Elástic.	Tensão
Evento >>	Força Max.	Força Max.	Colapso1		Escoam. ES1
Unidade >>	(N)	(MPa)	(N.mm)	(MPa)	(MPa)
CP 1	83.91	4.641	44.73	10320	.9078
CP 2	90.63	6.086	91.36	3537	2.085
CP 3	91.03	6.214	72.03	3483	2.316
CP 4	106.6	6.773	78.96	3272	5.643
CP 5	91.57	5.600	58.60	2648	4.387
CP 6	114.4	5.655	86.97	2470	4.606
CP 7	121.5	5.434	70.72	3448	1.324
CP 8	120.6	5.744	56.07	3006	5.034
CP 9	115.2	5.592	56.68	4192	1.926
Número CPs	9	9	9	9	9
Média	103.9	5.749	68.46	4042	3.137
Desv.Padrão	14.69	.5874	15.60	2409	1.771
Mínimo	83.91	4.641	44.73	2470	.9078
Máximo	121.5	6.773	91.36	10320	5.643

Legenda >>> Colapso1: 50.00 % Escoam. ES1: Def.Especif. .004000 %



Observação: l = 100 mm□□operador: Holmer/Reginaldo□□flexao 3 cutelos, 0.5 mm/min, 1000 N□□

SAMPLE #	DESCRIPTION	TEST DATE (BEGINING)
s 8	5% polpa celulose eucalipto + pasta de escória EAF 10G2C	

specimen #	dry mass (g)	saturated mass (g)	immersed mass (g)	water absorption (%w/w)	bulk density (g.cm-3)	apparent void volume (%v/v)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
10	48.18	69.14	28.40	43.50	1.183	51.45
11	43.80	62.96	25.74	43.74	1.177	51.48
12	46.25	66.78	27.29	44.39	1.171	51.99
14	45.84	66.08	27.19	44.15	1.179	52.04
15	50.16	72.42	29.29	44.38	1.163	51.61
16	52.14	75.05	30.69	43.94	1.175	51.65
			average	44.018	1.175	51.70
			std deviation	0.355	0.007	0.25

PROCEDURE: Place dry tested specimens in an oven @ 105 ±5°C for a minimum period of 24 hours. Allow to cool in a dessicator and record the dry mass of each specimen in grams. Immerse specimens in clean water for a minimum period of 24 hours. Record the immersed mass in grams of each specimen while suspended in clean water. Immediately following the removal of surface water by wiping with an absorbent cloth, record the saturated mass of each specimen in grams.

CALCULATIONS:
Water absorption (%w/w) = (saturated mass - dry mass) x 100 / dry mass
Bulk density (g.cm-3) = dry mass / (saturated mass - immersed mass)
Apparent void volume (%v/v) = (saturated mass - dry mass) x 100 / (saturated mass - immersed mass)

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s 9	5% polpa celulose eucalipto + pasta de escória EAF 10G2C

1- DOSAGEM

Componentes		Traço	Quant.(g)
Cimento	A	1.00	1500.00
Escória	A1	*0.88*	1320.00
Cal	A2	*0.02*	30.00
Gipsita Araripina	A3	*0.10*	150.00
	D		0.00
Água total		*0.60*	900.00
Fibra seca		*0.05*	75.00
Fibra úmida	B		289.58
Água adicionada	C		685.42

2- DATAS

Moldagem	21/1/01
Início Cura	21/1/01
Final Cura	1/2/01
	só amb.
	saturado
Ruptura 14d	4/2/01
Ruptura 28d	18/2/01
umidade fibra	0.741
água na fibra	214.58

3- PROCEDIMENTOS DE MOLDAGEM

Tratamento prévio fibra	50g de fibra em 1litro de água 24 h imerso; 50g+1l água+8l água 10 min no liquidificador,			
	(2partes) aperto manual máximo, (4partes)10 min na batedeira Vbaixa e + 3min Valta, geladeira			
Mistura	Equipamento	Velocidade	Ordem	Tempo
	argamassadeira	baixa	A	1 min baixa
			A+C	2 min baixa
			A+C+B	3min alta
	mais 1 min v alta após ensaios			
Vibração	Equipamento	Freqüência (rpm)		Tempo
	mesa vibratoria	2200 rpm		120 s no total
Peças Mold. & qtdd.	1 telha plana			
Cura	úmida em ambiente saturado (saco plastico selado) por 11 dias			
Outros	Bolha Nota: 8,5			

4- PROPRIEDADES NO ESTADO RECÉM-MISTURADO

Índice de consistência

Determinação	IC (mm)
1º	231.0
2º	232.0
3º	232.3
4º	
5º	
6º	
Média	231.8
Desvio Padrão	0.7
NBR 7215	

Massa específica

Massa (kg)	2.277
Volume (dm^3)	1.353
Massa específica (kg/dm^3)	1.683
NBR 9833	

Obs: vibracao por 2x30s a 3000 rpm.
Apos determ, nova homog. por 1 min na argamassadeira, em veloc alta.

PLACAS (125x40x6)mm

SÉRIE	DESCRIÇÃO							
s 9	5% polpa celulose eucalipto + pasta de escória EAF 10G2C							
1- ENSAIOS MECÂNICOS								
CP	Largura 1	Largura 2	Largura	Espessura 1	Espessura 2	Espessura	Secção	Comp. Base
	(mm)	(mm)	média	(mm)	(mm)	média	$2.l.e^2/(3.101,5)$	$101,5^2/(6.e)$
10			40.26	8.39	8.22	8.31	*18.24*	*206.7*
11			39.72	8.35	8.72	8.54	*19.00*	*201.2*
12			40.25	8.67	8.49	8.58	*19.46*	*200.1*
13			39.86	8.86	8.80	8.83	*20.41*	*194.5*
14			40.11	8.29	8.52	8.41	*18.61*	*204.3*
15			39.47	8.39	8.73	8.56	*19.00*	*200.6*
16			39.66	8.25	8.23	8.24	*17.69*	*208.4*
17			39.89	8.49	8.39	8.44	*18.66*	*203.4*
18			40.26	8.28	8.38	8.33	*18.35*	*206.1*
		Resist. à	**Energia**	**En. espec.**	**Mód.**	**Permea-**		
		tração na	**F>0.5Fmax**	**(kJ/m2)**	**Elas.**	**bilidade**	**2- DATAS**	
		flexão (MPa)	**(N.mm)**	En/l.e	**(MPa)**		**Moldagem**	21/01/2001
		(Rilem 49TFR)					**Ruptura**	18/02/2001
10		6.220	49.88	0.15	8940		**Idade**	28 dias
11							**3- Procedimentos**	
12		6.134	63.36	0.18			**Velocidade**	0.5mm/min
13		6.026	68.45	0.19				
14		6.282	73.76	0.22	4495			
15		5.809	48.37	0.14	2434			
16		6.482	58.75	0.18	3308		**Vão inferior**	101,5 mm
17		5.979	52.26	0.16	3889		**Nº Cutelos**	3
18		6.289	64.37	0.19	5975		**Posição**	Lisa superior
Média		**6.15**	**59.90**	**0.18**	**4840**		**Célula**	1 kN
DVP		**0.21**	**9.18**	**0.03**	**2335**		**Mét flexao au-csiro**	
Med - 2.DVP		5.73	41.54	0.13	170		**Operador**	Reginaldo
Med + 2.DVP		6.58	78.26	0.23	9510			
Mínimo		**5.81**	**48.37**	**0.14**	**2434**			
Máximo		**6.48**	**73.76**	**0.22**	**8940**			
CV		29.10	6.52	6.82	2			

UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

CONSTRUÇÕES RURAIS & AMBIÊNCIA

Relatório de Ensaio de Compressão

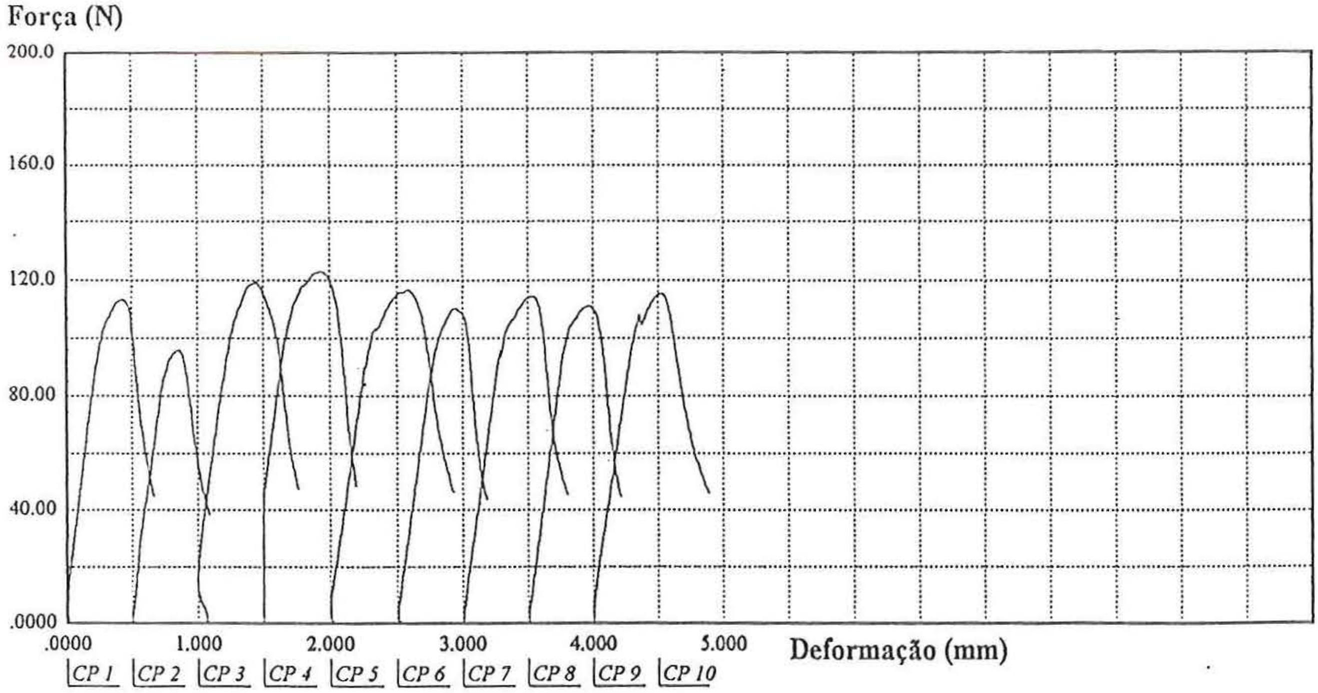
Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 22** Extensômetro: **Trd 10** Data: **18/02/01** Hora: **14:13:00** Trabalho nº **0006**

Programa: **MTest versão 1.01** Método de Ensaio: **Flexão Au-CSIRO 3c v161199**

Ident. Amostra: >>>PRODUTO: s 9 MOLDAGEM:

Parâmetro >>	Força	Tensão	Energia	Mod.Elástic.	Tensão
Evento >>	Força Max.	Força Max.	Colapso1		Escoam. ES1
Unidade >>	(N)	(MPa)	(N.mm)	(MPa)	(MPa)
CP 1	113.5	6.220	49.88	8940	1.178
CP 2	96.00	5.053	35.54	5683	1.883
CP 3	119.4	6.134	63.36	-2827	.8900
CP 4	123.0	6.026	68.45	2095	6.022
CP 5	116.9	6.282	73.76	4495	1.589
CP 6	110.4	5.809	48.37	2434	5.764
CP 7	114.7	6.482	58.75	3308	6.011
CP 8	111.6	5.979	52.26	3889	5.195
CP 9	115.4	6.289	64.37	5975	1.253
Número CPs	9	9	9	9	9
Média	113.4	6.030	57.19	3777	3.310
Desv.Padrão	7.588	.4166	11.82	3243	2.342
Mínimo	96.00	5.053	35.54	-2827	.8900
Máximo	123.0	6.482	73.76	8940	6.022

Legenda >>> Colapso1: 50.00 % Escoam. ES1: Def.Especif. .004000 %



Observação: l = 100 mm□□operador: Holmer/Reginaldo□□flexao 3 cutelos, 0.5 mm/min, 1000 N□□

SAMPLE #	DESCRIPTION	TEST DATE (BEGINING)
s 9	5% polpa celulose eucalipto + pasta de escória EAF 10G2C	

specimen #	dry mass (g)	saturated mass (g)	immersed mass (g)	water absorption (%w/w)	bulk density (g.cm-3)	apparent void volume (%v/v)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
10	53.55	73.10	31.17	36.51	1.277	46.63
12	55.41	76.01	32.19	37.18	1.264	47.01
13	55.21	75.70	31.49	37.11	1.249	46.35
14	53.71	73.38	30.99	36.62	1.267	46.40
15	53.31	73.09	30.78	37.10	1.260	46.75
16	52.49	72.02	30.20	37.21	1.255	46.70
			average	36.955	1.262	46.64
			std deviation	0.307	0.010	0.24

PROCEDURE: Place dry tested specimens in an oven @ 105 ±5°C for a minimum period of 24 hours. Allow to cool in a dessicator and record the dry mass of each specimen in grams. Immerse specimens in clean water for a minimum period of 24 hours. Record the immersed mass in grams of each specimen while suspended in clean water. Immediately following the removal of surface water by wiping with an absorbent cloth, record the saturated mass of each specimen in grams.

CALCULATION: Water absorption (%w/w) = (saturated mass - dry mass) x 100 / dry mass
Bulk density (g.cm-3) = dry mass / (saturated mass - immersed mass)
Apparent void volume (%v/v) = (saturated mass - dry mass) x 100 / (saturated mass - immersed mass)

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s 10	5% polpa celulose eucalipto + pasta de escória EAF 10G2C c/ ad sikament 300

1- DOSAGEM

Componentes		Traço	Quant.(g)
Cimento	A	1.00	1500.00
Escória	A1	0.88	1320.00
Cal	A2	0.02	30.00
Gipsita Araripina	A3	0.10	150.00
	D		0.00
Água total		0.50	750.00
Fibra seca		0.05	75.00
Fibra úmida	B		289.58
Água adicionada	C		535.42

2- DATAS

Moldagem	21/1/01
Início Cura	21/1/01
Final Cura	1/2/01
	só amb.
	saturado
Ruptura 14d	4/2/01
Ruptura 28d	18/2/01
umidade fibra	0.741
água na fibra	214.58
aditivo (2%mc)	30

3- PROCEDIMENTOS DE MOLDAGEM

Tratamento prévio fibra	50g de fibra em 1litro de água 24 h imerso; 50g+1l água+8l água 10 min no liquidificador,			
	(2partes) aperto manual máximo, (4partes)10 min na batedeira Vbaixa e + 3min Valta, geladeira			
Mistura	Equipamento	Velocidade	Ordem	Tempo
	argamassadeira	baixa	A	1 min baixa
			A+C	2 min baixa
			A+C+B	3min alta
	mais 1 min v alta após ensaios			
Vibração	Equipamento	Freqüência (rpm)		Tempo
	mesa vibratoria	2200 rpm		120 s no total
Peças Mold. & qtdd.	1 telha plana			
Cura	úmida em ambiente saturado (saco plastico selado) por 11 dias			
Outros	bolhas = 8,5			

4- PROPRIEDADES NO ESTADO RECÉM-MISTURADO

Índice de consistência

Determinação	IC (mm)
1º	232.3
2º	232.4
3º	233.5
4º	
5º	
6º	
Média	232.7
Desvio Padrão	0.7
NBR 7215	

Massa específica

Massa (kg)	2.295
Volume (dm^3)	1.353
Massa específica (kg/dm^3)	1.696
NBR 9833	

Obs: vibracao por 2x30s a 3000 rpm.
Apos determ, nova homog. por 1 min na argamassadeira, em veloc alta.

PLACAS (125x40x6)mm

SÉRIE	DESCRIÇÃO							
s 10	5% polpa celulose eucalipto + pasta de escória EAF 10G2C c/ ad sikament 300							
1- ENSAIOS MECÂNICOS								
CP	Largura 1	Largura 2	Largura	Espessura 1	Espessura 2	Espessura	Secção	Comp. Base
	(mm)	(mm)	média	(mm)	(mm)	média	$2.l.e^2/(3.101,5)$	$101,5^2/(6.e)$
10			40.37	9.91	9.60	9.76	*25.23*	*176.017*
11			40.32	10.11	9.76	9.94	*26.14*	*172.828*
12			40.33	9.70	9.78	9.74	*25.13*	*176.288*
13			40.30	10.00	10.16	10.08	*26.91*	*170.308*
14			40.34	9.82	10.29	10.06	*26.79*	*170.765*
15			40.33	10.43	10.47	10.45	*28.93*	*164.310*
16			40.26	10.24	10.22	10.23	*27.67*	*167.844*
17			40.35	9.49	9.63	9.56	*24.22*	*179.607*
18			39.98	10.01	9.69	9.85	*25.48*	*174.319*
		Resist. à	**Energia**	**En. espec.**	**Mód**	**Permea-**		
		tração na	**F>0.5Fmax**	**(kJ/m2)**	**Elast**	**bilidade**	**2- DATAS**	
		flexão (MPa)	**(N.mm)**	En/l.e	**(MPa)**		**Moldagem**	21/01/2001
		(Rilem 49TFR)					**Ruptura**	18/02/2001
10		8.243	80.27	0.20	4980		**Idade**	28 dias
11		7.561	70.75	0.18			**3- Procedimentos**	
12		8.345	93.38	0.24			**Velocidade**	0.5mm/min
13		7.778	81.01	0.20	7437			
14		8.159	94.27	0.23				
15		8.558	102.90	0.24	3531			
16		7.633	71.94	0.17	10670		**Vão inferior**	101,5 mm
17		8.398	74.79	0.19	6936		**Nº Cutelos**	3
18							**Posição**	Lisa superior
Média		**8.08**	**83.66**	**0.21**	**6711**		**Célula**	1 kN
DVP		**0.38**	**11.82**	**0.03**	**2709**		**Mét flexao au-csiro**	
Med - 2.DVP		7.33	60.02	0.15	1292		**Operador**	Reginaldo
Med + 2.DVP		8.84	107.31	0.26	12129			
Mínimo		**7.56**	**70.75**	**0.17**	**3531**	**Obs:**		
Máximo		**8.56**	**102.90**	**0.24**	**10670**			
CV		21.47	7.08	7.65	2			

UNIVERSIDADE DE SAO PAULO
CONSTRUÇÕES RURAIS & AMBIÊNCIA

Relatório de Ensaio de Compressão

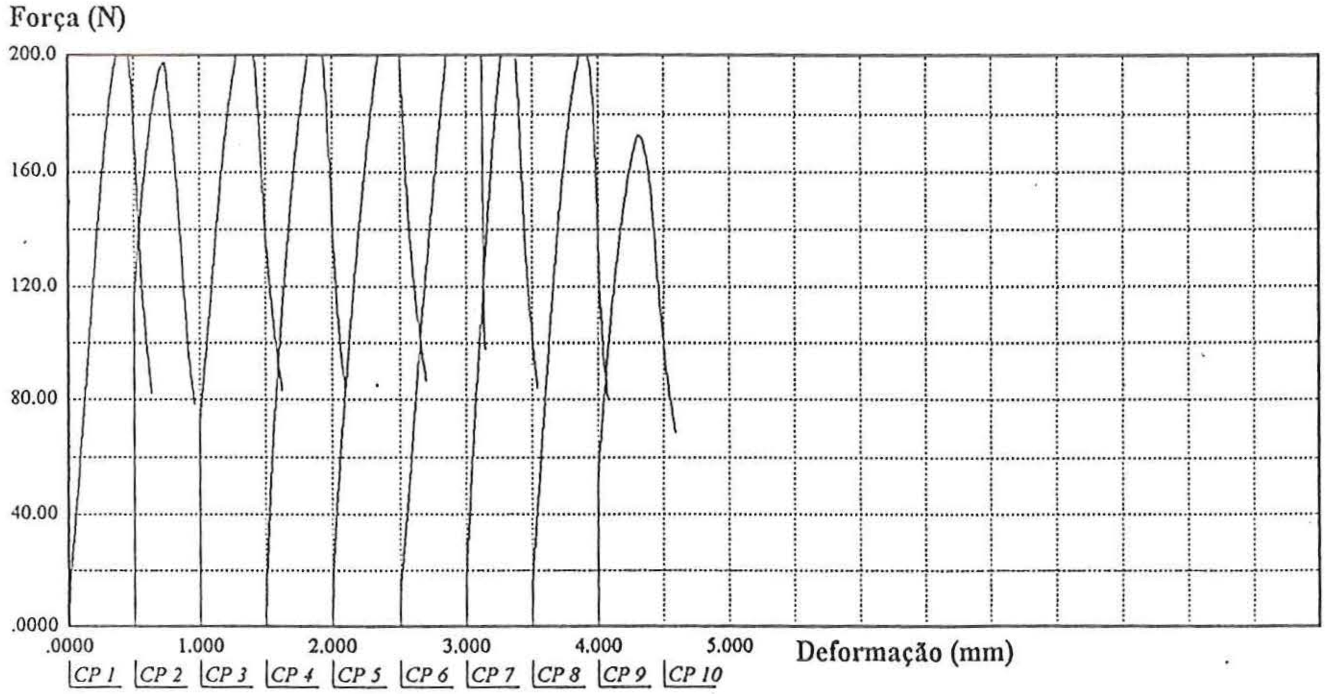
Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 22** Extensômetro: **Trd 10** Data: **18/02/01** Hora: **13:10:29** Trabalho n° **0004**

Programa: **MTest versão 1.01** Método de Ensaio: **Flexão Au-CSIRO 3c v161199**

Ident. Amostra: >>>PRODUTO: s 10 MOLDAGEM:

Parâmetro >>	Força	Tensão	Energia	Mod.Elástic.	Tensão
Evento >>	Força Max.	Força Max.	Colapso1		Escoam. ES1
Unidade >>	(N)	(MPa)	(N.mm)	(MPa)	(MPa)
CP 1	208.0	8.243	80.27	4980	1.578
CP 2	197.6	7.561	70.75	68430	2.984
CP 3	209.7	8.345	93.38	124.6	.8535
CP 4	209.3	7.778	81.01	7437	2.609
CP 5	218.6	8.159	94.27	194.3	*
CP 6	247.6	8.558	102.9	3531	4.344
CP 7	211.2	7.633	71.94	10670	1.348
CP 8	203.4	8.398	74.79	6936	1.587
CP 9	173.1	6.792	71.20	21750	1.636
Número CPs	9	9	9	9	8
Média	208.7	7.941	82.28	13780	2.117
Desv.Padrão	19.49	.5566	11.81	21510	1.130
Mínimo	173.1	6.792	70.75	124.6	.8535
Máximo	247.6	8.558	102.9	68430	4.344

Legenda >>> Colapso1: 50.00 % Escoam. ES1: Def.Especif. .004000 %



Observação: l = 100 mm□□operador: Holmer/Reginaldo□□flexao 3 cutelos, 0.5 mm/min, 1000 N□□

SAMPLE #	DESCRIPTION	TEST DATE (BEGINING)
s 10	5% polpa celulose eucalipto + pasta de escória EAF 10G2C c/ ad sikament 300	

specimen #	dry mass (g)	saturated mass (g)	immersed mass (g)	water absorption (%w/w)	bulk density (g.cm-3)	apparent void volume (%v/v)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
10	62.22	84.66	36.94	36.07	1.304	47.02
11	63.59	86.64	37.69	36.25	1.299	47.09
12	63.25	86.39	37.58	36.58	1.296	47.41
13	63.95	86.80	37.76	35.73	1.304	46.59
14	63.51	85.99	37.68	35.40	1.315	46.53
15	65.16	88.36	38.40	35.60	1.304	46.44
			average	35.938	1.304	46.85
			std deviation	0.442	0.006	0.28

PROCEDURE: Place dry tested specimens in an oven @ 105 ±5°C for a minimum period of 24 hours. Allow to cool in a dessicator and record the dry mass of each specimen in grams. Immerse specimens in clean water for a minimum period of 24 hours. Record the immersed mass in grams of each specimen while suspended in clean water. Immediately following the removal of surface water by wiping with an absorbent cloth, record the saturated mass of each specimen in grams.

CALCULATIONS:
Water absorption (%w/w) = (saturated mass - dry mass) x 100 / dry mass
Bulk density (g.cm-3) = dry mass / (saturated mass - immersed mass)
Apparent void volume (%v/v) = (saturated mass - dry mass) x 100 / (saturated mass - immersed mass)

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s 11	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de escória EAF 6G8C + MS

Pouca BOLHA

1- DOSAGEM

Componentes		Traço	Quant.(g)
Cimento	A	1.000	1500.00
Escória	A1	0.836	1254.00
Cal	A2	0.019	28.50
Gipsita Araripina	A3	0.095	142.50
Microsilica	A4	0.050	75.00
Água total		0.700	1050.00
Fibra seca		0.050	75.00
Fibra úmida	B		289.58
Água adicionada	C		835.42

2- DATAS

Moldagem	21/1/01
Início Cura	21/1/01
Final Cura	1/2/01
	só amb
	saturado
Ruptura 14d	4/2/01
Ruptura 28d	18/2/01
umidade fibra	0.741
água na fibra	214.58

3- PROCEDIMENTOS DE MOLDAGEM

Tratamento prévio fibra	50g de fibra em 1litro de água 24 h imerso; 50g+1l água+8l água 10 min no liquidificador,			
	(2partes) aperto manual máximo, (4partes)10 min na batedeira Vbaixa e + 3min Valta, geladeira			
Mistura	Equipamento	Velocidade	Ordem	Tempo
	argamassadeira	baixa	A	1 min baixa
			A+C	2 min baixa
			A+C+B	3min alta
	mais 1 min v alta após ensaios			
Vibração	Equipamento	Freqüência (rpm)		Tempo
	mesa vibratoria	2200 rpm		120 s no total
Peças Mold. & qtdd.	1 telha plana			
Cura	úmida em ambiente saturado (saco plastico selado) por 11 dias			
Outros	para várias telhas a/c 0,65 para uma telha 0,60			
	Nota Bolha: 9.0			

4- PROPRIEDADES NO ESTADO RECÉM-MISTURADO

Índice de consistência

Determinação	IC (mm)
1º	259.6
2º	258.8
3º	260.7
4º	
5º	
6º	
Média	259.7
Desvio Padrão	1.0
NBR 7215	

Massa específica

Massa (kg)	2.174
Volume (dm^3)	1.353
Massa específica (kg/dm^3)	1.607
NBR 9833	

Obs: vibracao por 2x30s a 3000 rpm.
Apos determ, nova homog. por 1 min na argamassadeira, em veloc alta.

PLACAS (125x40x6)mm

SÉRIE	DESCRIÇÃO							
s 11	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de escória EAF 6G8C + MS							
1- ENSAIOS MECÂNICOS								
CP	Largura 1	Largura 2	Largura	Espessura 1	Espessura 2	Espessura	Secção	Comp. Base
	(mm)	(mm)	média	(mm)	(mm)	média	$2.l.e^2/(3.101,5)$	$101,5^2/(6.e)$
10			40.15	7.95	7.94	7.95	*16.65*	*216.1*
11			40.16	8.06	7.95	8.01	*16.90*	*214.5*
12			40.17	8.11	8.11	8.11	*17.35*	*211.7*
13			40.13	7.96	7.94	7.95	*16.66*	*216.0*
14			40.36	8.92	8.42	8.67	*19.93*	*198.0*
15			40.60	8.28	8.29	8.29	*18.30*	*207.2*
16			40.31	8.71	8.79	8.75	*20.27*	*196.2*
17			40.33	8.51	8.56	8.54	*19.30*	*201.2*
18			40.53	8.19	8.16	8.18	*17.79*	*210.0*
		Resist. à	**Energia**	**En. espec.**	**Mód.**	**Permea-**		
		tração na	**F>0.5Fmax**	**(kJ/m2)**	**Elas.**	**bilidade**	**2- DATAS**	
		flexão (MPa)	**(N.mm)**	En/l.e	(MPa)		**Moldagem**	21/01/2001
		(Rilem 49TFR)					**Ruptura**	18/02/2001
10							**Idade**	28 dias
11		4.898	55.99	0.17			**3- Procedimentos**	
12		5.479	57.82	0.18			**Velocidade**	0.5mm/min
13		5.845	61.32	0.19				
14		5.248	49.09	0.14				
15		5.620	53.56	0.16				
16		5.478	72.90	0.21			**Vão inferior**	101,5 mm
17		5.398	46.85	0.14	5324		**Nº Cutelos**	3
18		4.694	36.62	0.11	3492		**Posição**	Lisa superior
Média		**5.33**	**54.27**	**0.16**	**4408**		**Célula**	1 kN
DVP		**0.38**	**10.73**	**0.03**	**1295**		**Mét flexao au-csiro**	
Med - 2.DVP		4.58	32.80	0.10	1817		**Operador**	Reginaldo
Med + 2.DVP		6.09	75.73	0.23	6999			
Mínimo		**4.69**	**36.62**	**0.11**	**3492**	**Obs:**		
Máximo		**5.85**	**72.90**	**0.21**	**5324**			
CV		14.14	5.06	5.09	3			

UNIVERSIDADE DE SAO PAULO
CONSTRUÇÕES RURAIS & AMBIÊNCIA

Relatório de Ensaio de Compressão

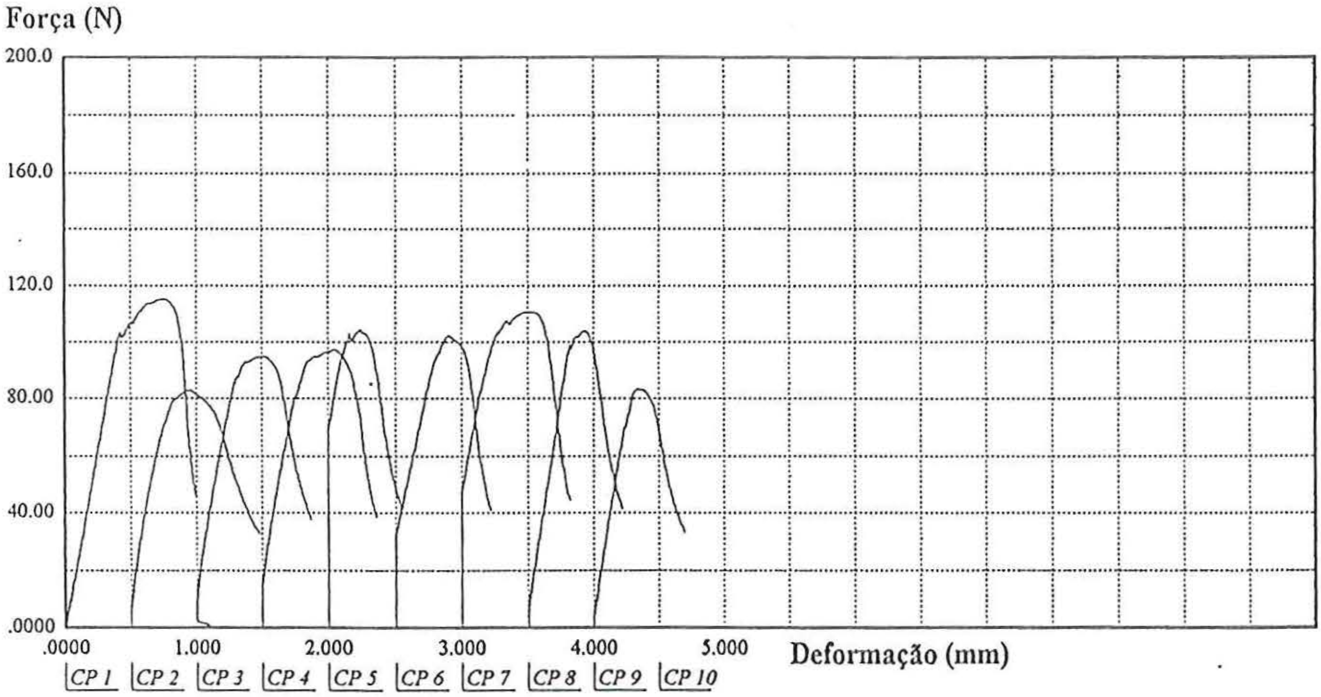
Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 22** Extensômetro: **Trd 10** Data: **18/02/01** Hora: **16:17:34** Trabalho nº **0009**

Programa: **MTest versão 1.01** Método de Ensaio: **Flexão Au-CSIRO 3c v161199**

Ident. Amostra: >>PRODUTO: S 11 MOLDAGEM:

Parâmetro >>	Força	Tensão	Energia	Mod.Elástic.	Tensão
Evento >>	Força Max.	Força Max.	Colapso1		Escoam. ES1
Unidade >>	(N)	(MPa)	(N.mm)	(MPa)	(MPa)
CP 1	115.2	6.921	79.35	3313	6.231
CP 2	82.77	4.898	55.99	-316.8	.3218
CP 3	95.06	5.479	57.82	-977.8	.4662
CP 4	97.37	5.845	61.32	10820	1.475
CP 5	104.6	5.248	49.09	-5656	1.112
CP 6	102.8	5.620	53.56	15980	1.308
CP 7	111.0	5.478	72.90	12050	2.070
CP 8	104.2	5.398	46.85	5324	1.023
CP 9	83.51	4.694	36.62	3492	3.383
Número CPs	9	9	9	9	9
Média	99.62	5.509	57.06	4893	1.932
Desv.Padrão	11.18	.6362	13.06	6954	1.852
Mínimo	82.77	4.694	36.62	-5656	.3218
Máximo	115.2	6.921	79.35	15980	6.231

Legenda >>> Colapso1: 50.00 % Escoam. ES1: Def.Especif. .004000 %



Observação: l = 100 mm□□operador: Holmer/Reginaldo□□flexao 3 cutelos, 0.5 mm/min, 1000 N□□

SAMPLE #	DESCRIPTION	TEST DATE (BEGINING)
s 11	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de escória EAF 6G8C + MS	

specimen #	dry mass (g)	saturated mass (g)	immersed mass (g)	water absorption (%w/w)	bulk density (g.cm-3)	apparent void volume (%v/v)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
10	46.36	64.87	26.95	39.93	1.223	48.81
11	46.86	66.23	26.90	41.34	1.191	49.25
12	47.70	67.38	27.04	41.26	1.182	48.79
13	46.90	66.22	26.90	41.19	1.193	49.14
14	51.10	72.44	29.28	41.76	1.184	49.44
15	49.54	69.90	28.33	41.10	1.192	48.98
			average	41.096	1.194	49.07
			std deviation	0.617	0.016	0.26

PROCEDURE: Place dry tested specimens in an oven @ 105 ±5°C for a minimum period of 24 hours. Allow to cool in a dessicator and record the dry mass of each specimen in grams. Immerse specimens in clean water for a minimum period of 24 hours. Record the immersed mass in grams of each specimen while suspended in clean water. Immediately following the removal of surface water by wiping with an absorbent cloth, record the saturated mass of each specimen in grams.

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s 12	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de escória EAF 6G8C + MS c/ adit

Muitas BOLHA

1- DOSAGEM

Componentes		Traço	Quant.(g)
Cimento	A	1.000	1500.00
Escória	A1	0.836	1254.00
Cal	A2	0.019	28.50
Gipsita Araripina	A3	0.095	142.50
Microsilica	A4	0.050	75.00
Água total		0.500	750.00
Fibra seca		0.050	75.00
Fibra úmida	B		289.58
Água adicionada	C		535.42

2- DATAS

Moldagem	21/1/01
Início Cura	21/1/01
Final Cura	1/2/01
	só amb.
	saturado
Ruptura 14d	4/2/01
Ruptura 28d	18/2/01
umidade fibra	0.741
água na fibra	214.58
aditivo (2%mc)	30

3- PROCEDIMENTOS DE MOLDAGEM

Tratamento prévio fibra	50g de fibra em 1litro de água 24 h imerso; 50g+1l água+8l água 10 min no liquidificador, (2partes) aperto manual máximo, (4partes)10 min na batedeira Vbaixa e + 3min Valta, geladeira			
Mistura	Equipamento	Velocidade	Ordem	Tempo
	argamassadeira	baixa	A	1 min baixa
			A+C	2 min baixa
			A+C+B	3min alta
	mais 1 min v alta após ensaios			
Vibração	Equipamento	Freqüência (rpm)		Tempo
	mesa vibratoria	2200 rpm		120 s no total
	mais 1 min v alta após ensaios			
Peças Mold. & qtdd.	Equipamento	Freqüência (rpm)		Tempo
Cura	úmida em ambiente saturado (saco plastico selado) por 11 dias			
Outros	ok			
	Nota Bolha: 4.0			

4- PROPRIEDADES NO ESTADO RECÉM-MISTURADO

Índice de consistência

Determinação	IC (mm)
1º	240.6
2º	239.7
3º	239.5
4º	
5º	
6º	
Média	239.9
Desvio Padrão	0.6
NBR 7215	

Massa específica

Massa (kg)	2.305
Volume (dm^3)	1.353
Massa específica (kg/dm^3)	1.704
NBR 9833	

Obs: vibracao por 2x30s a 3000 rpm.
Apos determ, nova homog. por 1 min na argamassadeira, em veloc alta.

PLACAS (125x40x6)mm

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s 12	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de escória EAF 6G8C + MS c/ adit

1- ENSAIOS MECÂNICOS

CP	Largura 1 (mm)	Largura 2 (mm)	Largura média	Espessura 1 (mm)	Espessura 2 (mm)	Espessura média	Secção $2.l.e^2/(3.101,5)$	Comp. Base $101,5^2/(6.e)$
10			40.25	6.83	6.68	6.76	*12.06*	*254.2*
11			40.35	7.22	6.91	7.07	*13.23*	*243.0*
12			40.18	7.43	7.45	7.44	*14.61*	*230.8*
13			40.30	6.66	6.70	6.68	*11.81*	*257.0*
14			40.29	7.13	6.83	6.98	*12.89*	*246.0*
15			39.82	7.40	7.22	7.31	*13.98*	*234.9*
16			40.43	6.78	6.74	6.76	*12.14*	*254.0*
17			40.45	6.67	6.68	6.68	*11.84*	*257.2*
18			40.39	6.59	6.55	6.57	*11.45*	*261.3*
		Resist. à tração na flexão (MPa) (Rilem 49TFR)	**Energia F>0.5Fmax (N.mm)**	**En. espec. (kJ/m2)** En/l.e	**Mód. Elas. (MPa)**	**Permea-bilidade**		
10		10.910	43.49	0.16	3249			
11		11.100	49.49	0.17				
12		10.580	42.84	0.14				
13		11.030	48.54	0.18	9261			
14		11.690	43.90	0.16	8509			
15		11.320	56.81	0.20	6899			
16		10.810	38.21	0.14				
17		11.120	42.58	0.16				
18		10.340	32.82	0.12				
Média		**10.99**	**44.30**	**0.16**	**6980**			
DVP		**0.40**	**6.86**	**0.02**	**2675**			
Med - 2.DVP		10.20	30.58	0.11	1629			
Med + 2.DVP		11.78	58.01	0.20	12330			
Mínimo		**10.34**	**32.82**	**0.12**	**3249**			
Máximo		**11.69**	**56.81**	**0.20**	**9261**			
CV		27.70	6.46	7.24	3			

2- DATAS	
Moldagem	21/01/2001
Ruptura	18/02/2001
Idade	28 dias
3- Procedimentos	
Velocidade	0.5mm/min
Vão inferior	101,5 mm
Nº Cutelos	3
Posição	Lisa superior
Célula	1 kN
Mét flexao au-csiro	
Operador	Reginaldo

Obs:

UNIVERSIDADE DE SAO PAULO
CONSTRUÇÕES RURAIS & AMBIÊNCIA

Relatório de Ensaio de Compressão

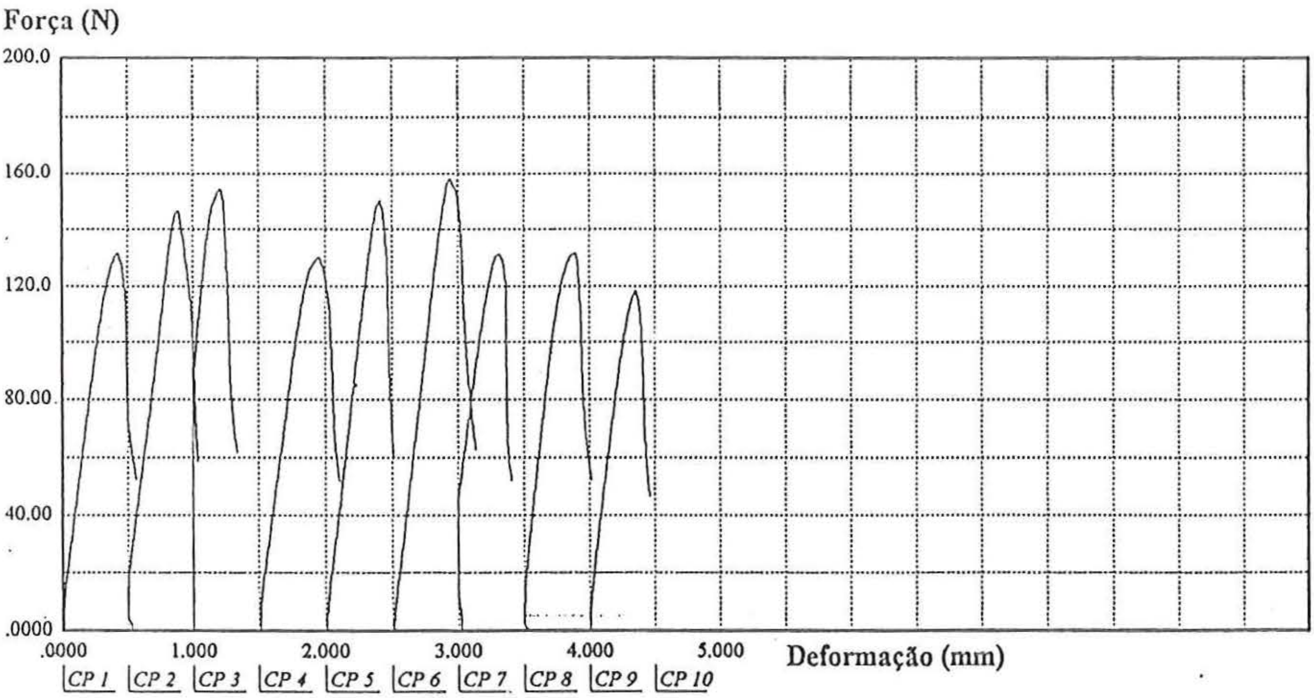
Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 22** Extensômetro: **Trd 10** Data: **19/02/01** Hora: **08:18:06** Trabalho nº **0011**

Programa: **MTest versão 1.01** Método de Ensaio: **Flexão Au-CSIRO 3c v161199**

Ident. Amostra: >>> PRODUTO: s 12 MOLDAGEM:

Parâmetro >>	Força	Tensão	Energia	Mod.Elástic.	Tensão
Evento >>	Força Max.	Força Max.	Colapso1		Escoam. ES1
Unidade >>	(N)	(MPa)	(N.mm)	(MPa)	(MPa)
CP 1	131.6	10.91	43.49	3249	6.680
CP 2	146.9	11.10	49.49	-6701	1.093
CP 3	154.5	10.58	42.84	119500	3.451
CP 4	130.2	11.03	48.54	9261	3.013
CP 5	150.6	11.69	43.90	8509	4.403
CP 6	158.3	11.32	56.81	6899	10.58
CP 7	131.2	10.81	38.21	10280	4.778
CP 8	131.7	11.12	42.58	-2979	.8930
CP 9	118.4	10.34	32.82	-1764	.7270
Número CPs	9	9	9	9	9
Média	139.3	10.99	44.30	16250	3.958
Desv.Padrão	13.60	.3967	6.859	39180	3.189
Mínimo	118.4	10.34	32.82	-6701	.7270
Máximo	158.3	11.69	56.81	119500	10.58

Legenda >>> Colapso1: 50.00 % Escoam. ES1: Def.Especif. .004000 %



Observação: l = 100 mm□□operador: Holmer/Reginaldo□□flexao 3 cutelos, 0.5 mm/min, 1000 N□□

SAMPLE #	DESCRIPTION	TEST DATE (BEGINING)
s 12.	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de escória EAF 6G8C + MS c/ adit	

specimen #	dry mass (g)	saturated mass (g)	immersed mass (g)	water absorption (%w/w)	bulk density (g.cm-3)	apparent void volume (%v/v)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
10	48.80	63.50	28.94	30.12	1.412	42.53
11	51.65	66.32	30.37	28.40	1.437	40.81
12	52.98	67.74	31.31	27.86	1.454	40.52
13	47.24	60.68	27.89	28.45	1.441	40.99
14	49.46	63.64	29.34	28.67	1.442	41.34
15	50.11	64.86	29.85	29.44	1.431	42.13
			average	28.823	1.436	41.39
			std deviation	0.816	0.014	0.79

PROCEDURE: Place dry tested specimens in an oven @ 105 ±5°C for a minimum period of 24 hours. Allow to cool in a dessicator and record the dry mass of each specimen in grams. Immerse specimens in clean water for a minimum period of 24 hours. Record the immersed mass in grams of each specimen while suspended in clean water. Immediately following the removal of surface water by wiping with an absorbent cloth, record the saturated mass of each specimen in grams.

CALCULATION: Water absorption (%w/w) = (saturated mass - dry mass) x 100 / dry mass
Bulk density (g.cm-3) = dry mass / (saturated mass - immersed mass)
Apparent void volume (%v/v) = (saturated mass - dry mass) x 100 / (saturated mass - immersed mass)

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s 13	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de escória EAF 6G8C + MS + mat carb

Pouca BOLHa

1- DOSAGEM

Componentes		Traço	Quant.(g)
Cimento	A	1.000	1500.00
Escória	A1	0.792	1188.00
Cal	A2	0.018	27.00
Gipsita Araripina	A3	0.090	135.00
Microsilica	A4	0.050	75.00
Mat carbonatico	A5	0.050	75.00
Água total		0.700	1050.00
Fibra seca		0.050	75.00
Fibra úmida	B		289.58
Água adicionada	C		835.42

2- DATAS

Moldagem	21/1/01
Início Cura	21/1/01
Final Cura	1/2/01
	só amb.
	saturado
Ruptura 14d	4/2/01
Ruptura 28d	18/2/01

umidade fibra	0.741
água na fibra	214.58

3- PROCEDIMENTOS DE MOLDAGEM

Tratamento prévio fibra	50g de fibra em 1litro de água 24 h imerso; 50g+1l água+8l água 10 min no liquidificador,			
	(2partes) aperto manual máximo, (4partes)10 min na batedeira Vbaixa e + 3min Valta, geladeira			
Mistura	Equipamento	Velocidade	Ordem	Tempo
	argamassadeira	baixa	A	1 min baixa
			A+C	2 min baixa
			A+C+B	3min alta
	mais 1 min v alta após ensaios			
Vibração	Equipamento	Freqüência (rpm)		Tempo
	mesa vibratoria	2200 rpm		120 s no total
Peças Mold. & qtdd.	1 telha plana			
Cura	úmida em ambiente saturado (saco plastico selado) por 11 dias			
Outros	para várias telhas ok, para uma telha poderia ser a/c 0,65			
	Nota Bolha: 9.5			
	relação ideal para váiras telhas entre 240 a 245.			

4- PROPRIEDADES NO ESTADO RECÉM-MISTURADO

Índice de consistência

Determinação	IC (mm)
1º	253.9
2º	254.5
3º	253.3
4º	
5º	
6º	
Média	253.9
Desvio Padrão	0.6
NBR 7215	

Massa específica

Massa (kg)	2.176
Volume (dm^3)	1.353
Massa específica (kg/dm^3)	1.608
NBR 9833	

Obs: vibracao por 2x30s a 3000 rpm.
Apos determ, nova homog. por 1 min na argamassadeira, em veloc alta.

PLACAS (125x40x6)mm

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s 13	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de escória EAF 6G8C + MS + mat carb

1- ENSAIOS MECÂNICOS

CP	Largura 1 (mm)	Largura 2 (mm)	Largura média	Espessura 1 (mm)	Espessura 2 (mm)	Espessura média	Secção $2.l.e^2/(3.101,5)$	Comp. Base $101,5^2/(6.e)$
10			40.30	8.07	8.20	8.14	*17.53*	*211.0*
11			40.06	8.40	8.11	8.26	*17.93*	*208.0*
12			40.39	7.93	8.33	8.13	*17.53*	*211.2*
13			40.07	7.74	7.73	7.74	*15.75*	*222.0*
14			40.03	7.65	7.70	7.68	*15.49*	*223.7*
15			40.13	7.56	7.60	7.58	*15.14*	*226.5*
16			40.32	8.13	8.07	8.10	*17.38*	*212.0*
17			40.75	7.99	8.10	8.05	*17.32*	*213.4*
18			40.37	7.99	8.00	8.00	*16.95*	*214.8*
		Resist. à tração na flexão (MPa) (Rilem 49TFR)	**Energia F>0.5Fmax (N.mm)**	**En. espec. (kJ/m2)** En/l.e	**Mód. Elas. (MPa)**	**Permea-bilidade**	**2- DATAS**	
							Moldagem	21/01/2001
							Ruptura	18/02/2001
10		3.762	43.16	0.13	3163		**Idade**	28 dias
11		4.118	43.60	0.13			**3- Procedimentos**	
12		4.159	53.03	0.16	2061		**Velocidade**	0.5mm/min
13		3.819	36.62	0.12	4766			
14		3.814	38.33	0.12	3684			
15		3.895	57.51	0.19				
16		4.017	46.06	0.14			**Vão inferior**	101,5 mm
17		4.116	56.51	0.17	5450		**Nº Cutelos**	3
18		4.246			3530		**Posição**	Lisa superior
Média		**3.99**	**46.85**	**0.15**	**3776**		**Célula**	1 kN
DVP		**0.18**	**7.99**	**0.03**	**1197**		**Mét flexao au-csiro**	
Med - 2.DVP		3.64	30.87	0.10	1381		**Operador**	Reginaldo
Med + 2.DVP		4.35	62.84	0.20	6170			
Mínimo		**3.76**	**36.62**	**0.12**	**2061**	**Obs:**		
Máximo		**4.25**	**57.51**	**0.19**	**5450**			
CV		22.68	5.86	5.80	3			

UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

CONSTRUÇÕES RURAIS & AMBIÊNCIA

Relatório de Ensaio de Compressão

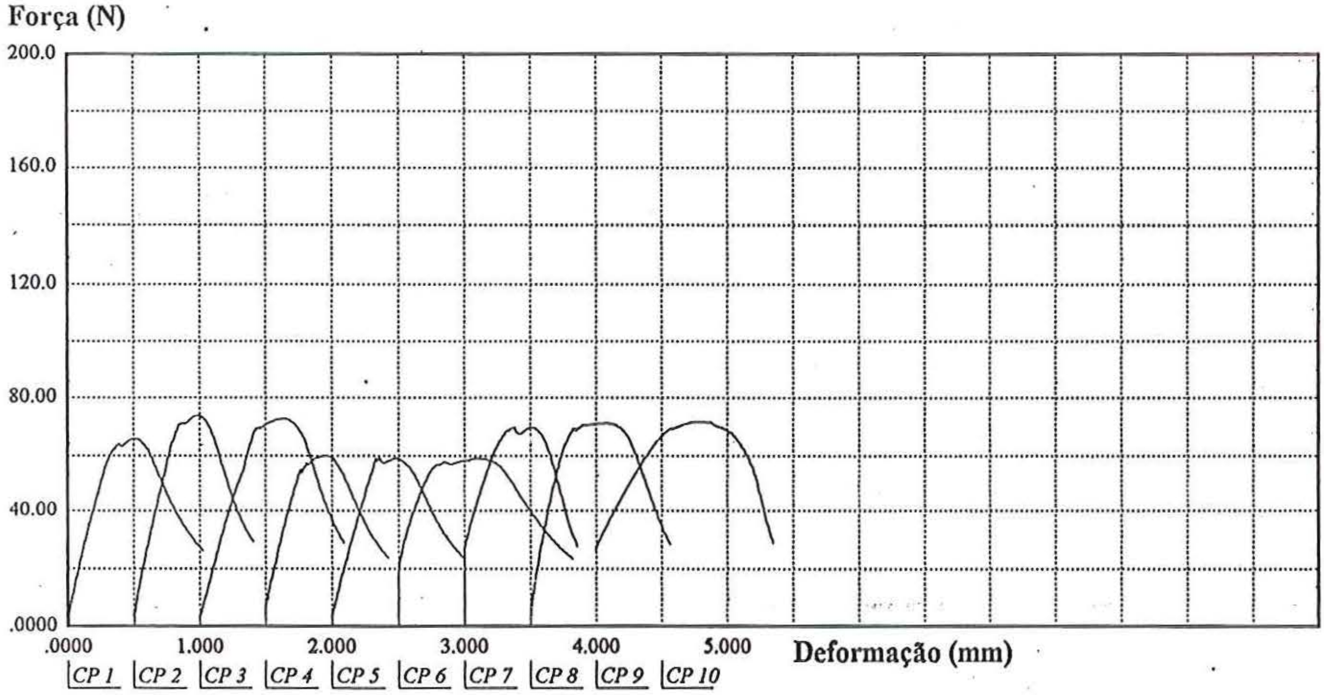
Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 22** Extensômetro: **Trd 10** Data: **19/02/01** Hora: **11:04:37** Trabalho nº **0014**

Programa: **MTest versão 1.01** Método de Ensaio: **Flexão Au-CSIRO 3c v161199**

Ident. Amostra: >> PRODUTO: s 13 MOLDAGEM:

Parâmetro >> Evento >> Unidade >>	Força Força Max. (N)	Tensão Força Max. (MPa)	Energia Colapso1 (N.mm)	Mod.Elástic. (MPa)	Tensão Escoam. ES1 (MPa)
CP 1	65.96	3.762	43.16	3163	1.256
CP 2	73.84	4.118	43.60	-219.9	.2621
CP 3	72.90	4.159	53.03	2061	2.585
CP 4	60.15	3.819	36.62	4766	1.059
CP 5	59.08	3.814	38.33	3684	.8819
CP 6	58.97	3.895	57.51	52210	1.470
CP 7	69.82	4.017	46.06	32460	1.545
CP 8	71.29	4.116	56.51	5450	1.008
CP 9	71.96	4.246	77.13	3530	1.317
Número CPs	9	9	9	9	9
Média	67.11	3.994	50.22	11900	1.265
Desv.Padrão	6.203	.1760	12.56	18020	.6251
Mínimo	58.97	3.762	36.62	-219.9	.2621
Máximo	73.84	4.246	77.13	52210	2.585

Legenda >>> Colapso1: 50.00 % Escoam. ES1: Def.Especif. .004000 %



Observação: l = 100 mm□□operador: Holmer/Reginaldo□□flexao 3 cutelos, 0.5 mm/min, 1000 N□□

SAMPLE #	DESCRIPTION	TEST DATE (BEGINING)
s 13	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de escória EAF 6G8C + MS + mat carb	

specimen #	dry mass (g)	saturated mass (g)	immersed mass (g)	water absorption (%w/w)	bulk density (g.cm-3)	apparent void volume (%v/v)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
10	45.51	65.88	26.09	44.76	1.144	51.19
11	46.22	67.09	26.66	45.15	1.143	51.62
12	45.00	65.08	25.57	44.62	1.139	50.82
13	44.35	64.56	25.25	45.57	1.128	51.41
14	43.79	64.04	24.90	46.24	1.119	51.74
15	43.18	62.77	24.31	45.37	1.123	50.94
			average	45.286	1.133	51.29
			std deviation	0.590	0.011	0.37

PROCEDURE: Place dry tested specimens in an oven @ 105 ±5°C for a minimum period of 24 hours. Allow to cool in a dessicator and record the dry mass of each specimen in grams. Immerse specimens in clean water for a minimum period of 24 hours. Record the immersed mass in grams of each specimen while suspended in clean water. Immediately following the removal of surface water by wiping with an absorbent cloth, record the saturated mass of each specimen in grams.

CALCULATION: Water absorption (%w/w) = (saturated mass - dry mass) x 100 / dry mass
Bulk density (g.cm-3) = dry mass / (saturated mass - immersed mass)
Apparent void volume (%v/v) = (saturated mass - dry mass) x 100 / (saturated mass - immersed mass)

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s 14	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de escória EAF 6G8C + MS + mat carb

Pouca BOLHAS

1- DOSAGEM

Componentes		Traço	Quant.(g)
Cimento	A	1.000	1500.00
Escória	A1	0.792	1188.00
Cal	A2	0.018	27.00
Gipsita Araripina	A3	0.090	135.00
Microsilica	A4	0.050	75.00
Mat carbonatico	A5	0.050	75.00
Água total		0.500	750.00
Fibra seca		0.050	75.00
Fibra úmida	B		289.58
Água adicionada	C		535.42

2- DATAS

Moldagem	21/1/01
Início Cura	21/1/01
Final Cura	1/2/01
	só amb.
	saturado
Ruptura 14d	4/2/01
Ruptura 28d	18/2/01

umidade fibra	0.741
água na fibra	214.58
aditivo (2%mc)	30

3- PROCEDIMENTOS DE MOLDAGEM

Tratamento prévio fibra	50g de fibra em 1litro de água 24 h imerso; 50g+1l água+8l água 10 min no liquidificador,			
	(2partes) aperto manual máximo, (4partes)10 min na batedeira Vbaixa e + 3min Valta, geladeira			
Mistura	Equipamento	Velocidade	Ordem	Tempo
	Equipamento	Velocidade	Ordem	Tempo
	argamassadeira	baixa	A	1 min baixa
			A+C	2 min baixa
			A+C+B	3min alta
Vibração	mais 1 min v alta após ensaios			
	Equipamento	Freqüência (rpm)		Tempo
	mesa vibratoria	2200 rpm		120 s no total
Peças Mold. & qtdd.	1 telha plana			
Cura	úmida em ambiente saturado (saco plastico selado) por 11 dias			
Outros	ok para uma telha			
	Nota bolha= 7,5			

4- PROPRIEDADES NO ESTADO RECÉM-MISTURADO

Índice de consistência

Determinação	IC (mm)
1º	235.0
2º	232.6
3º	232.8
4º	
5º	
6º	
Média	233.5
Desvio Padrão	1.3
NBR 7215	

Massa específica

Massa (kg)	2.307
Volume (dm^3)	1.353
Massa específica (kg/dm^3)	1.705
NBR 9833	

Obs: vibracao por 2x30s a 3000 rpm.
Apos determ, nova homog. por 1 min na argamassadeira, em veloc alta.

PLACAS (125x40x6)mm

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s 14	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de escória EAF 6G8C + MS + mat carb

1- ENSAIOS MECÂNICOS

CP	Largura 1 (mm)	Largura 2 (mm)	Largura média	Espessura 1 (mm)	Espessura 2 (mm)	Espessura média	Secção $2.l.e^2/(3.101,5)$	Comp. Base $101,5^2/(6.e)$
10			40.22	7.50	7.30	7.40	*14.47*	*232.0*
11			40.20	7.59	7.58	7.59	*15.19*	*226.4*
12			40.25	7.63	7.65	7.64	*15.43*	*224.7*
13			40.33	8.22	8.00	8.11	*17.42*	*211.7*
14			40.35	8.23	8.20	8.22	*17.89*	*209.0*
15			40.14	8.20	8.40	8.30	*18.16*	*206.9*
16			40.20	8.00	8.00	8.00	*16.90*	*214.6*
17			40.29	8.15	8.27	8.21	*17.84*	*209.1*
18			40.25	8.13	8.14	8.14	*17.50*	*211.1*
		Resist. à tração na flexão (MPa) (Rilem 49TFR)	**Energia F>0.5Fmax (N.mm)**	**En. espec. (kJ/m2)** En/l.e	**Mód. Elas. (MPa)**	**Permea-bilidade**	**2- DATAS**	
							Moldagem	21/01/2001
							Ruptura	18/02/2001
10		8.314	55.81	0.19	7494		**Idade**	28 dias
11		8.256	54.42	0.18			**3- Procedimentos**	
12		7.579	40.82	0.13			**Velocidade**	0.5mm/min
13		8.108	38.01	0.12				
14		8.833	78.74	0.24				
15		8.251	53.72	0.16	6946			
16		8.548	55.76	0.17			**Vão inferior**	101,5 mm
17		8.113	56.55	0.17			**Nº Cutelos**	3
18							**Posição**	Lisa superior
Média		**8.25**	**54.23**	**0.17**	**7220**		**Célula**	1 kN
DVP		**0.36**	**12.27**	**0.04**	**387**		**Mét flexao au-csiro**	
Med - 2.DVP		7.52	29.69	0.10	6445		**Operador**	Reginaldo
Med + 2.DVP		8.98	78.77	0.24	7995			
Mínimo		**7.58**	**38.01**	**0.12**	**6946**	**Obs:**		
Máximo		**8.83**	**78.74**	**0.24**	**7494**			
CV		22.73	4.42	4.65	19			

UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

CONSTRUÇÕES RURAIS & AMBIÊNCIA

Relatório de Ensaio de Compressão

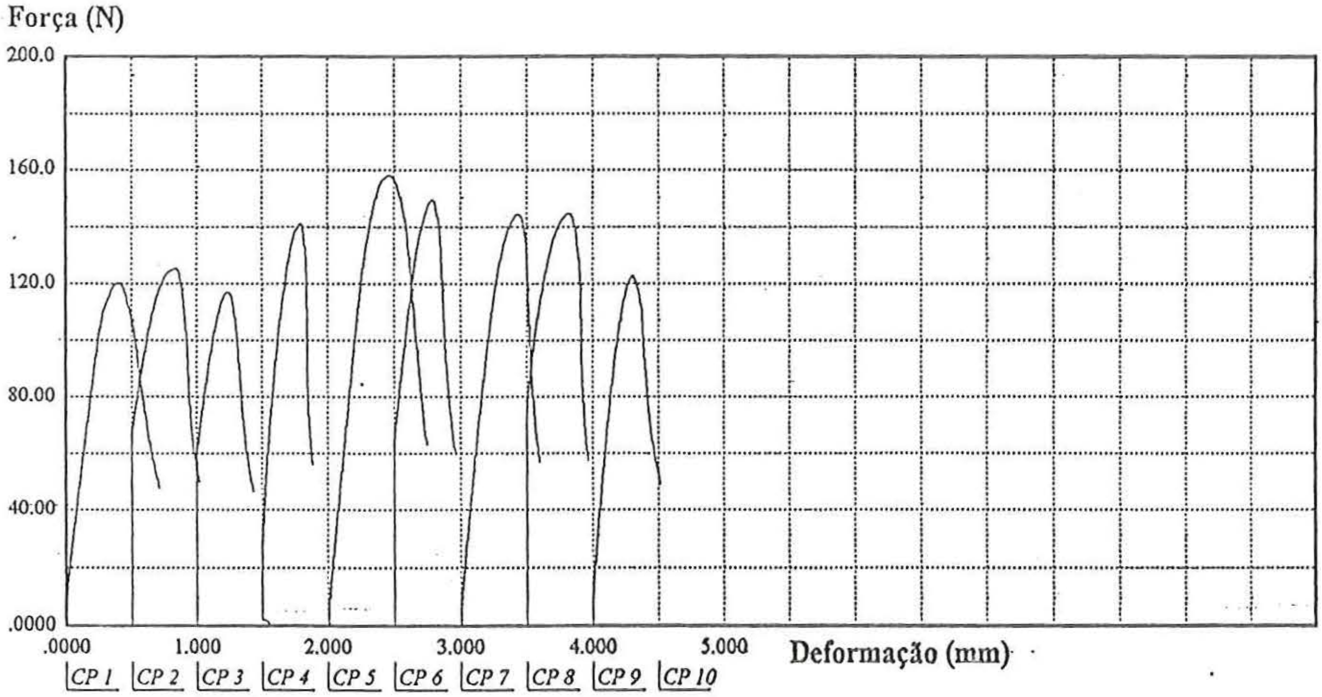
Máquina: Emic DL30000 Célula: Trd 22 Extensômetro: Trd 10 Data: 19/02/01 Hora: 12:42:12 Trabalho n° 0015

Programa: MTest versão 1.01 Método de Ensaio: Flexão-Au-CSIRO-3e-v161199

Ident. Amostra: >>> PRODUTO: s 14 MOLDAGEM:

Parâmetro >>	Força	Tensão	Energia	Mod.Elástic.	Tensão
Evento >>	Força Max.	Força Max.	Colapso1		Escoam. ES1
Unidade >>	(N)	(MPa)	(N.mm)	(MPa)	(MPa)
CP 1	120.3	8.314	55.81	7494	2.821
CP 2	125.4	8.256	54.42	-4105	1.222
CP 3	116.9	7.579	40.82	-2187	.9615
CP 4	141.2	8.108	38.01	-2336	.6879
CP 5	158.0	8.833	78.74	-281.4	.5010
CP 6	149.8	8.251	53.72	6946	2.331
CP 7	144.5	8.548	55.76	398.9	.4608
CP 8	144.7	8.113	56.55	-2850	1.003
CP 9	122.9	7.020	39.98	8026	3.082
Número CPs	9	9	9	9	9
Média	136.0	8.114	52.65	1234	1.452
Desv.Padrão	14.78	.5324	12.42	4881	1.017
Mínimo	116.9	7.020	38.01	-4105	.4608
Máximo	158.0	8.833	78.74	8026	3.082

Legenda >>> Colapso1: 50.00 % Escoam. ES1: Def.Especif. .004000 %



Observação: l = 100 mm operador: Holmer/Reginaldo flexao 3 cutelos, 0.5 mm/min, 1000 N

SAMPLE #	DESCRIPTION	TEST DATE (BEGINING)
s 14	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de escória EAF 6G8C + MS + mat carb	

specimen #	dry mass (g)	saturated mass (g)	immersed mass (g)	water absorption (%w/w)	bulk density (g.cm-3)	apparent void volume (%v/v)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
10	49.77	66.17	29.24	32.95	1.348	44.41
11	50.36	66.66	29.52	32.37	1.356	43.89
12	49.45	65.27	28.79	31.99	1.356	43.37
13	52.98	69.70	30.65	31.56	1.357	42.82
14	52.60	69.42	31.12	31.98	1.373	43.92
15	51.91	68.82	30.76	32.58	1.364	44.43
			average	32.237	1.359	43.80
			std deviation	0.436	0.009	0.62

PROCEDURE: Place dry tested specimens in an oven @ 105 ±5°C for a minimum period of 24 hours. Allow to cool in a dessicator and record the dry mass of each specimen in grams. Immerse specimens in clean water for a minimum period of 24 hours. Record the immersed mass in grams of each specimen while suspended in clean water. Immediately following the removal of surface water by wiping with an absorbent cloth, record the saturated mass of each specimen in grams.

CALCULATION: Water absorption (%w/w) = (saturated mass - dry mass) x 100 / dry mass
Bulk density (g.cm-3) = dry mass / (saturated mass - immersed mass)
Apparent void volume (%v/v) = (saturated mass - dry mass) x 100 / (saturated mass - immersed mass)

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s15 (28 dias)	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de CPIII + MS *com aditivo sikament 300*

26020102 (B)

1- DOSAGEM

Componentes		Traço	Quant.(g)
Cimento	A	1,00	22500,00
CPIII	A1	*0,95*	21375,00
Microsilica	A2	*0,05*	1125,00
Água total		*0,50*	11250,00
Fibra seca		*0,05*	1125,00
Fibra úmida	B		4519,89
Água adicionada	C		7855,11

2- DATAS

Moldagem	26/2/01
Ruptura 28d	26/3/01
umidade fibra	***0,7511***
água na fibra	3394,89
aditivo (3%mc)	675

3- PROCEDIMENTOS DE MOLDAGEM

Tratamento prévio fibra	50g de fibra em 1litro de água 24 h imerso; 50g+1l água+8l água 10 min no liquidificador, (2partes) aperto manual máximo, (4partes)10 min na batedeira Vbaixa e + 3min Valta, geladeira			
Mistura	Equipamento	Velocidade	Ordem	Tempo
	argamassadeira	baixa	A	1 min baixa
			A+C	2 min baixa
			A+C+B	3min alta
	mais 1 min v alta após ensaios			
Vibração	Equipamento	Freqüência (rpm)		Tempo
	mesa vibratoria	2200 rpm		120 s no total
Peças Mold. & qtdd.	94 telhas			
Cura				
Outros				

4- PROPRIEDADES NO ESTADO RECÉM-MISTURADO

Índice de consistência

Determinação	IC (mm)
1º	230,0
2º	234,6
3º	237,3
4º	
5º	
6º	
Média	234,0
Desvio Padrão	3,7
NBR 7215	

Massa específica

Massa (kg)	2,4
Volume (dm^3)	1,353
Massa específica (kg/dm^3)	1,77
NBR 9833	

Obs: vibracao por 2x30s a 3000 rpm.
Apos determ, nova homog. por 1 min na argamassadeira, em veloc alta.

TELHAS

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s15 (28 dias)	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de CPIII + MS *com aditivo sikament 300*

1- ENSAIOS FÍSICOS E MECÂNICOS								2- DATAS E PROCEDIMENTOS	
Telha Nº	Largura 1	Largura 2	Largura	Espessura 1	Espessura 2	Espessura 3	Espessura	Moldagem	26/02/01
	(mm)	(mm)	média	(mm)	(mm)	(mm)	média	Empenamento	25/03/01
1			262,00	9,32	8,7	8,64	8,89	Permeabilidade	25/03/01
2			262,00	10,40	9,24	9,00	9,55	Absorção	27/03/01
3			262,00	9,66	9,92	9,69	9,76	Rupt. flexão	25/03/01
4			262,00	9,73	8,85	8,79	9,12	Velocidade	5 mm/min
5			262,00	10,11	9,07	8,94	9,37	Pos. superior	lisa
6			262,00	10,34	9,52	8,82	9,56	Célula	5 KN

							Met. Flexao telha v161199 (UNE/Gram,Gut)		
Telha Nº	Empenamento	Permeabilidade					Ruptura à flexão		
	(mm)						Idade (dias)	Energia	En. espec.
		23ºC							(kJ.m^{-2})
							Fmax.(N)	(N.mm)	En/l.e
1	0,80	Nada					897,2	2387	1,025
2	1,70	Nada					926,6	2918	1,167
3	0,00	Nada					.712	2193	0,858
4	0,90	Nada					786,9	2676	1,120
5	0,00	Nada					801,7	3623	1,475
6	2,40	Nada					899,3	2565	1,024
Média	0,97	Nada					837,28	2727,00	1,111
DVP	0,95						83,56	503,77	0,207
Med - 2.DVP	-0,93						670,16	1719,47	0,697
Med + 2.DVP	2,86						1004,41	3734,53	1,526
Mínimo	0,00						712,00	2193,00	0,858
Máximo	2,40						926,60	3623,00	1,475
CV	1,02						10,02	5,41	5,362

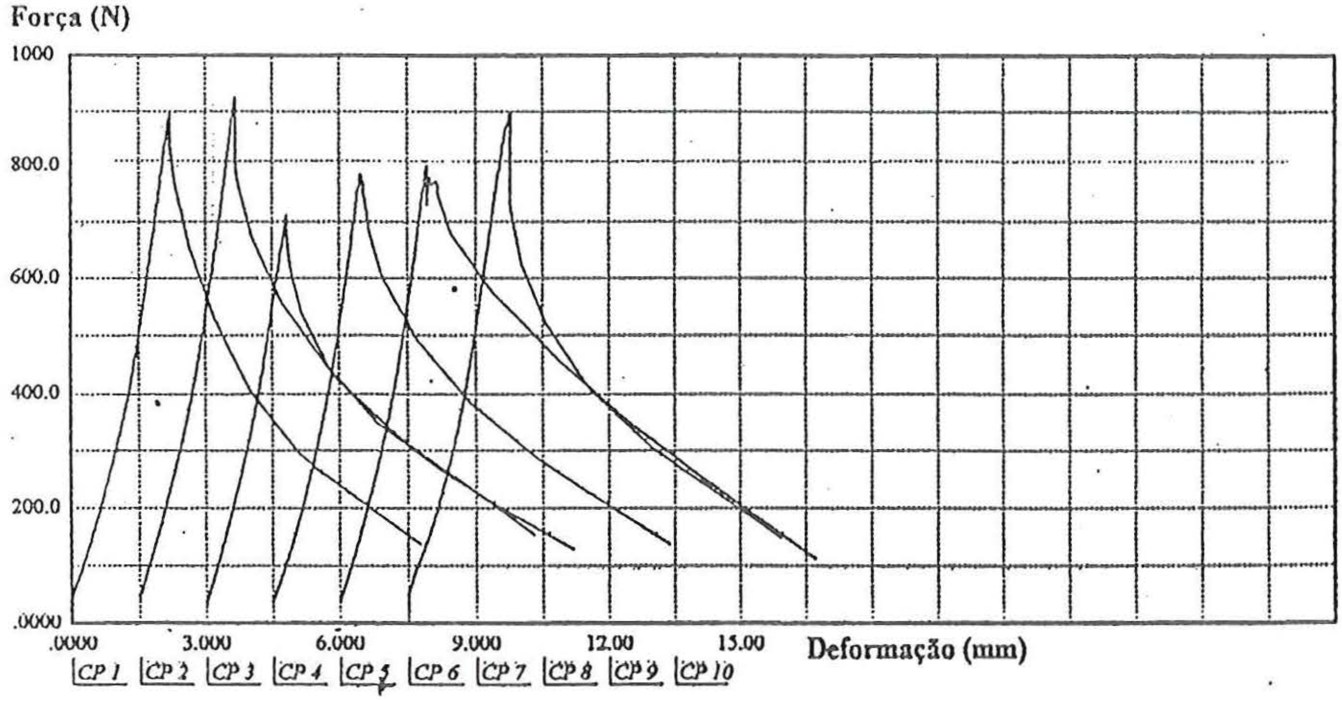
UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

Relatório de Ensaio de Compressão

Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 24** Extensômetro: **Trd 10** Data: **26/03/01** Hora: **10:42:17** Trabalho nº **0045**
Programa: **MTest versão 1.01** Método de Ensaio: **Flexao telha v181200**
Ident. Amostra: >> PRODUTO: s 15 28 dias

Parâmetro >>	Força	Energia
Evento >>	Força Max.	Colapso1
Unidade >>	(N)	(N.mm)
CP 1	897.2	2387
CP 2	926.6	2918
CP 3	712.0	2193
CP 4	786.9	2676
CP 5	801.7	3623
CP 6	899.3	2565
Número CPs	6	6
Média	837.3	2727
Desv.Padrão	83.56	503.8
Coef.Var.(%)	9.979	18.47
Mínimo	712.0	2193
Máximo	926.6	3623

Legenda >>> Colapso1: 70.00 %



SAMPLE #	DESCRIPTION	TEST DATE (BEGINING)
s15 (28 dias)	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de CPIII + MS com aditivo sikament 300	

specimen #	dry mass (g)	saturated mass (g)	immersed mass (g)	water absorption (%w/w)	bulk density (g.cm-3)	apparent void volume (%v/v)
1	20,07	28,90	12,56	44,00	1,228	54,04
2	19,18	27,54	12,11	43,59	1,243	54,18
3	37,30	50,03	20,35	34,13	1,257	42,89
4	25,75	35,62	15,22	38,33	1,262	48,38
5	50,96	76,79	31,48	50,69	1,125	57,01
6	41,83	55,63	22,30	32,99	1,255	41,40
			average	*40,62*	*1,228*	*49,65*
			std deviation	*6,74*	*0,052*	*6,47*

PROCEDURE: Place dry tested specimens in an oven @ 105 ±5°C for a minimum period of 24 hours. Allow to cool in a dessicator and record the dry mass of each specimen in grams. Immerse specimens in clean water for a minimum period of 24 hours. Record the immersed mass in grams of each specimen while suspended in clean water. Immediately following the removal of surface water by wiping with an absorbent cloth, record the saturated mass of each specimen in grams.

CALCULATIONS:
Water absorption (%w/w) = (saturated mass - dry mass) x 100 / dry mass
Bulk density (g.cm-3) = dry mass / (saturated mass - immersed mass)
Apparent void volume (%v/v) = (saturated mass - dry mass) x 100 / (saturated mass - immersed mass)

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s15 (84 dias)	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de CPIII + MS *com aditivo sikament 300*
26020102 (B)	

1- DOSAGEM

Componentes		Traço	Quant.(g)
Cimento	A	1,00	22500,00
CPIII	A1	*0,95*	21375,00
Microsilica	A2	*0,05*	1125,00
	A3	*0,00*	0,00
	D		0,00
Água total		*0,50*	11250,00
Fibra seca		*0,05*	1125,00
Fibra úmida	B		4519,89
Água adicionada	C		7855,11

2- DATAS

Moldagem	26/2/01
Ruptura 28d	26/3/01
umidade fibra	*0,7511*
água na fibra	3394,89
aditivo (3%mc)	675

3- PROCEDIMENTOS DE MOLDAGEM

Tratamento prévio fibra	50g de fibra em 1litro de água 24 h imerso; 50g+1l água+8l água 10 min no liquidificador,
	(2partes) aperto manual máximo, (4partes)10 min na batedeira Vbaixa e + 3min Valta, geladeira

	Equipamento	Velocidade	Ordem	Tempo	
Mistura	argamassadeira	baixa	A	1 min	baixa
			A+C	2 min	baixa
			A+C+B	3min	alta
	mais 1 min v alta após ensaios				

	Equipamento	Freqüência (rpm)	Tempo
Vibração	mesa vibratoria	2200 rpm	120 s no total

Peças Mold. & qtdd.	94 telhas
Cura	
Outros	

4- PROPRIEDADES NO ESTADO RECÉM-MISTURADO

Índice de consistência

Determinação	IC (mm)
1º	230,0
2º	234,6
3º	237,3
4º	
5º	
6º	
Média	234,0
Desvio Padrão	3,7
NBR 7215	

Massa específica

Massa (kg)	2,4
Volume (dm^3)	1,353
Massa específica (kg/dm^3)	1,77
NBR 9833	

Obs: vibracao por 2x30s a 3000 rpm.
Apos determ, nova homog. por 1 min na argamassadeira, em veloc alta.

TELHAS

SÉRIE	DESCRIÇÃO								
s15 (84 dias)	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de CPIII + MS *com aditivo sikament 300*								
1- ENSAIOS FÍSICOS E MECÂNICOS								2- DATAS E PROCEDIMENTOS	
Telha Nº	Largura 1	Largura 2	Largura	Espessura 1	Espessura 2	Espessura 3	Espessura	Moldagem	26/02/01
	(mm)	(mm)	média	(mm)	(mm)	(mm)	média	Empenamento	
1			262,00	11,79	7,1	7,88	8,92	Permeabilidade	
2			262,00	9,91	5,73	6,72	7,45	Absorção	
3			262,00	9,80	6,62	6,63	7,68	Rupt. flexão	84 dias
4			262,00	7,61	8,17	9,94	8,57	Velocidade	5 mm/min
5			262,00	8,24	8,43	8,91	8,53	Pos. superior	lisa
6			262,00	8,32	10,06	10,48	9,62	Célula	5 KN
								Met. Flexao telha v161199 (UNE/Gram,Gut)	
Telha Nº	Empenamento	Permeabilidade		Absorção de água			Ruptura à flexão (vão inf 350mm)		
	(mm)			MS (g)	MU (g)	A (%)	Idade (dias)	Energia	En. espec.
		23ºC						(F>0,7 Fmáx)	($kJ.m^{-2}$)
							Fmax.(N)	(N.mm)	En/l.e
1		Nada					410,000	722,40	0,309
2		Nada					790,500	3754,00	
3		Nada					688,500	1930,00	
4		Nada					615,700	1655,00	0,737
5		Nada					515,300	1378,00	0,617
6		Nada					534,200	1239,00	0,492
Média		Nada					592,37	1779,73	0,539
DVP							135,37	1049,53	0,183
Med - 2.DVP							321,63	-319,33	0,173
Med + 2.DVP							863,10	3878,80	0,904
Mínimo							410,00	722,40	0,309
Máximo							790,50	3754,00	0,737
CV							4,38	1,70	2,945

UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

Relatório de Ensaio de Compressão

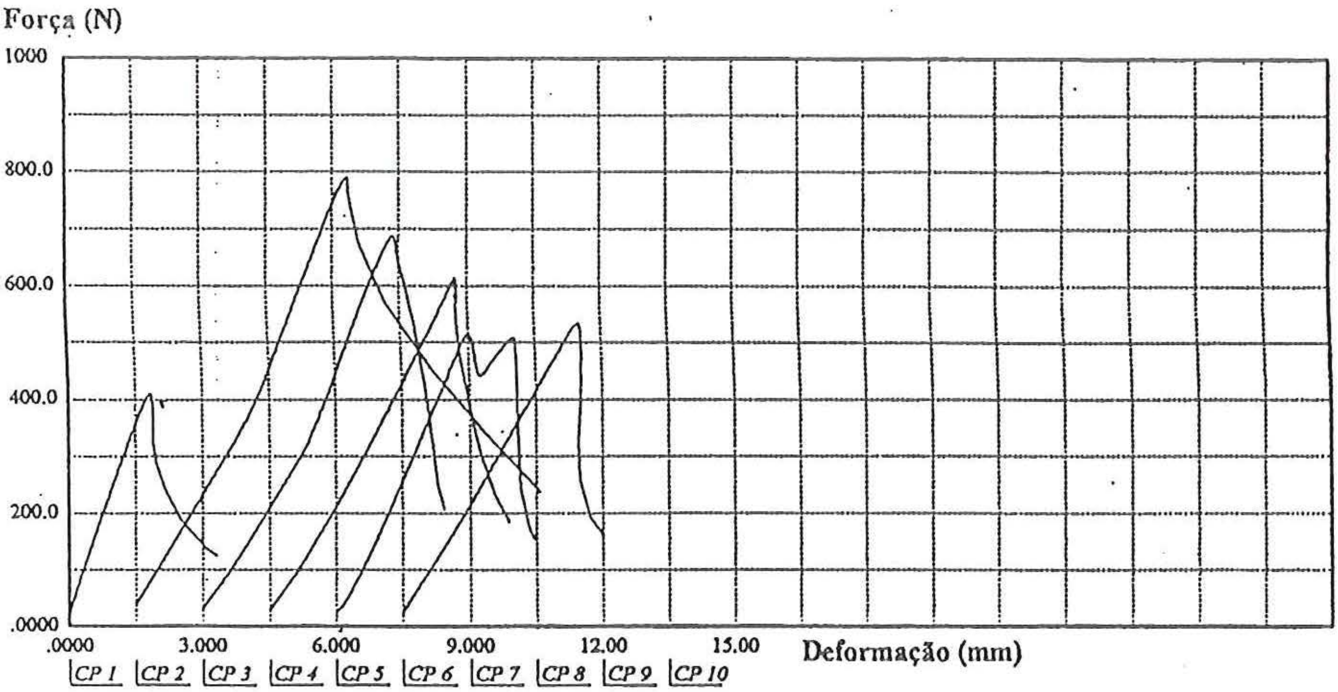
Máquina: Emic DL30000 Célula: Trd 24 Extensômetro: Trd 10 Data: 03/08/01 Hora: 14:41:19 Trabalho nº 0154

Programa: MTest versão 1.01 Método de Ensaio: Flexao telha v181200

Ident. Amostra: >>> Telhas : s 15 84 dias

Parâmetro >>	Força	Energia
Evento >>	Força Max.	Colapso1
Unidade >>	(N)	(N.mm)
CP 1	410.0	722.4
CP 2	790.5	3754
CP 3	688.5	1930
CP 4	615.7	1655
CP 5	515.3	1378
CP 6	534.2	1239
Número CPs	6	6
Média	592.3	1780
Desv.Padrão	135.4	1050
Coef.Var.(%)	22.85	58.98
Mínimo	410.0	722.4
Máximo	790.5	3754

Legenda >>> Colapso1: 70.00 %



Observação: Operador: Paulo□□Célula: 5000 N

SAMPLE #	DESCRIPTION	TEST DATE (BEGINING)
s15 (84 dias)	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de CPIII + MS com aditivo sikament 300	84 dias

specimen #	dry mass (g)	saturated mass (g)	immersed mass (g)	water absorption (%w/w)	bulk density (g.cm-3)	apparent void volume (%v/v)
1	25,07	33,90	17,56	35,22	1,534	54,04
2	24,18	32,54	17,11	34,57	1,567	54,18
3	40,30	53,30	23,35	32,26	1,346	43,41
4	28,75	38,62	18,22	34,33	1,409	48,38
5	53,96	78,62	35,21	45,70	1,243	56,81
6	44,52	58,63	25,36	31,69	1,338	42,41
			average	*35,63*	*1,406*	*49,87*
			std deviation	*5,12*	*0,124*	*6,06*

PROCEDURE: Place dry tested specimens in an oven @ 105 ±5°C for a minimum period of 24 hours. Allow to cool in a dessicator and record the dry mass of each specimen in grams. Immerse specimens in clean water for a minimum period of 24 hours. Record the immersed mass in grams of each specimen while suspended in clean water. Immediately following the removal of surface water by wiping with an absorbent cloth, record the saturated mass of each specimen in grams.

CALCULATIONS: Water absorption (%w/w) = (saturated mass - dry mass) x 100 / dry mass
Bulk density (g.cm-3) = dry mass / (saturated mass - immersed mass)
Apparent void volume (%v/v) = (saturated mass - dry mass) x 100 / (saturated mass - immersed mass)

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s15 (365dias)	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de CPIII + MS *com aditivo sikament 300*
26020102	

1- DOSAGEM

Componentes		Traço	Quant.(g)
Cimento	A	1,00	22500,00
CPIII	A1	*0,95*	21375,00
Microsilica	A2	*0,05*	1125,00
	A3	*0,00*	0,00
	D		0,00
Água total		*0,50*	11250,00
Fibra seca		*0,05*	1125,00
Fibra úmida	B		4519,89
Água adicionada	C		7855,11

2- DATAS

Moldagem	26/2/01
Início Cura	5/3/01
Final Cura	12/3/01
	imerso
Ruptura 14d	
Ruptura 28d	
umidade fibra	*0,7511*
água na fibra	3394,89
aditivo (3%mc)	675

3- PROCEDIMENTOS DE MOLDAGEM

Tratamento prévio fibra	50g de fibra em 1litro de água 24 h imerso; 50g+1l água+8l água 10 min no liquidificador, (2partes) aperto manual máximo, (4partes)10 min na batedeira Vbaixa e + 3min Valta, geladeira

	Equipamento	Velocidade	Ordem	Tempo	
Mistura	argamassadeira	baixa	A	1 min	baixa
			A+C	2 min	baixa
			A+C+B	3min	alta
	mais 1 min v alta após ensaios				

	Equipamento	Freqüência (rpm)	Tempo
Vibração	mesa vibratoria	2200 rpm	120 s no total

Peças Mold. & qtdd.	94 telhas
Cura	
Outros	

4- PROPRIEDADES NO ESTADO RECÉM-MISTURADO

Índice de consistência

Determinação	IC (mm)
1º	230,0
2º	234,6
3º	237,3
4º	
5º	
6º	
Média	234,0
Desvio Padrão	3,7
NBR 7215	

Massa específica

Massa (kg)	2,4
Volume (dm^3)	1,353
Massa específica (kg/dm^3)	1,77
NBR 9833	

Obs: vibracao por 2x30s a 3000 rpm.
Apos determ, nova homog. por 1 min na argamassadeira, em veloc alta.

TELHAS

SÉRIE	DESCRIÇÃO								
s15 (365 dias)	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de CPIII + MS *com aditivo sikament 300*								
1- ENSAIOS FÍSICOS E MECÂNICOS								2- DATAS E PROCEDIMENTOS	
Telha Nº	Largura 1	Largura 2	Largura	Espessura 1	Espessura 2	Espessura 3	Espessura	Moldagem	26/02/01
	(mm)	(mm)	média	(mm)	(mm)	(mm)	média	Empenamento	
1			262,00	11,79	7,1	7,88	9,51	Permeabilidade	
2			262,00	9,91	5,73	6,72	7,45	Absorção	
3			262,00	9,80	6,62	6,63	7,68	Rupt. flexão	365 dias
4			262,00	7,61	8,17	9,94	9,52	Velocidade	5 mm/min
5			262,00	8,24	8,43	8,91	8,82	Pos. superior	lisa
6			262,00	8,32	10,06	10,48	9,96	Célula	5 KN
							Met. Flexao telha v161199 (UNE/Gram,Gut)		
Telha Nº	Empenamento	Permeabilidade					Ruptura à flexão		
	(mm)						Idade (dias)	Energia	En. espec.
		23ºC							(kJ.m^{-2})
							Fmax.(N)	(N.mm)	En/l.e
1		Nada					375,0	610,00	0,245
2		Nada					732,0	2369,00	
3		Nada					643,0	1497,00	0,744
4		Nada					346,0	724,00	0,290
5		Nada					445,0	969,00	0,419
6		Nada					647,0	2132,00	0,817
Média		Nada					531,33	1383,50	0,503
DVP							162,70	741,54	0,262
Med - 2.DVP							205,93	-99,58	-0,022
Med + 2.DVP							856,73	2866,58	1,028
Mínimo							346,00	610,00	0,245
Máximo							732,00	2369,00	0,817
CV							3,27	1,87	1,917

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
CONSTRUÇÕES RURAIS & AMBIÊNCIA

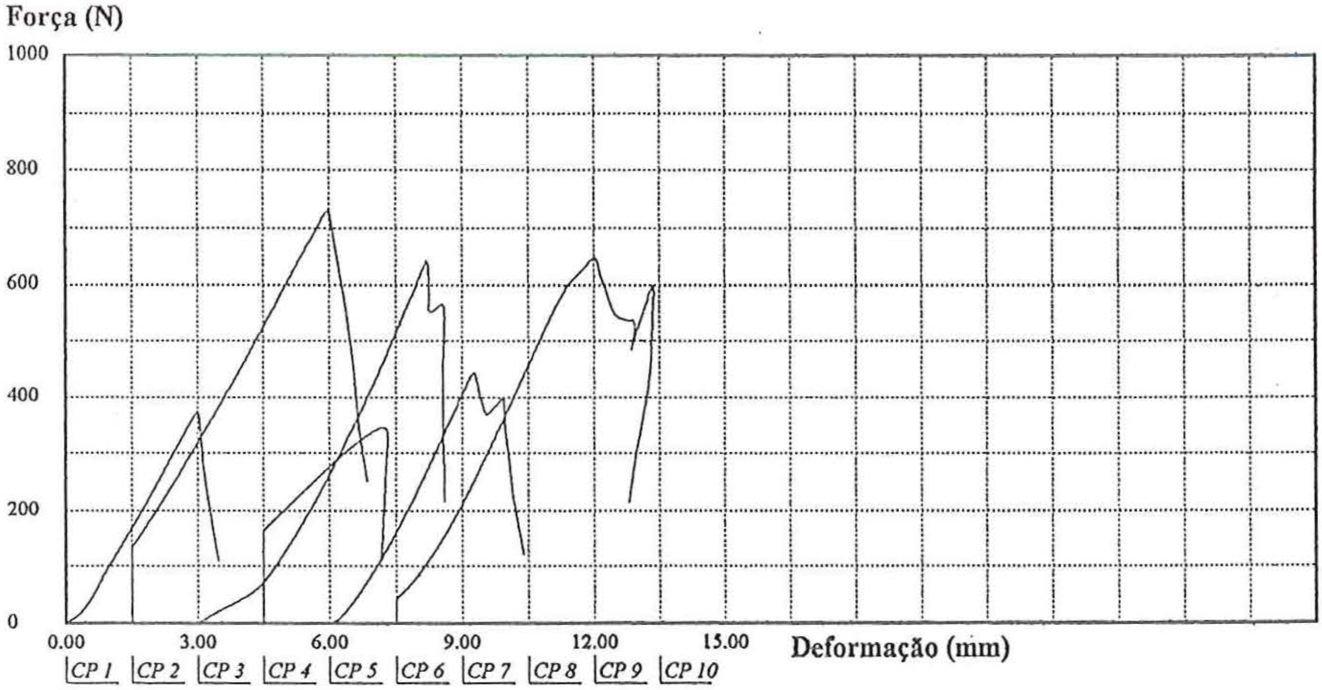
Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 24** Extensômetro: **Trd 10** Data: **06/05/2002** Hora: **13:41:34** Trabalho nº **0179**

Programa: **Tesc versão 1.10** Método de Ensaio: **flexao telhas**

Ident. Amostra: >> código: S 15 tipo: **Telhas-Pós** envelhecimento: **12 meses**

Corpo de Prova	Força (N)	Deformação na Tensão Máxima (mm)	Deformação total (mm)	Energia (N.mm)
CP 1	375	3.01	3.39	610
CP 2	732	4.50	5.28	2369
CP 3	643	5.21	5.59	1497
CP 4	346	2.69	2.69	724
CP 5	445	3.27	4.27	969
CP 6	647	4.53	5.39	2132
Número CPs	6	6	6	6
Média	531.4	3.867	4.437	1383
Desv.Padrão	162.5	1.013	1.194	741.6
Coef.Var.(%)	30.58	26.18	26.92	53.61
Mínimo	346.4	2.685	2.689	609.5
Máximo	731.8	5.207	5.594	2369



Observação: Dist. entre apoios: 100mm

SAMPLE #	DESCRIPTION	TEST DATE (BEGINING)
s15 (365dias)	5% polpa de celulose eucalipto em pasta de CPIII + MS com aditivo sikament 300	365 dias

specimen #	dry mass (g)	saturated mass (g)	immersed mass (g)	water absorption (%w/w)	bulk density (g.cm-3)	apparent void volume (%v/v)
1	23,16	28,53	14,37	23,19	1,636	37,92
2	26,03	32,40	15,50	24,47	1,540	37,69
3	27,63	34,27	16,16	24,03	1,526	36,66
4	22,91	28,23	13,79	23,22	1,587	36,84
5	24,36	30,10	14,02	23,56	1,515	35,70
6	28,18	35,10	17,04	24,56	1,560	38,32
			average	*23,84*	*1,561*	*37,19*
			std deviation	*0,61*	*0,045*	*0,97*

PROCEDURE: Place dry tested specimens in an oven @ 105 ±5°C for a minimum period of 24 hours. Allow to cool in a dessicator and record the dry mass of each specimen in grams. Immerse specimens in clean water for a minimum period of 24 hours. Record the immersed mass in grams of each specimen while suspended in clean water. Immediately following the removal of surface water by wiping with an absorbent cloth, record the saturated mass of each specimen in grams.

CALCULATIONS:
Water absorption (%w/w) = (saturated mass - dry mass) x 100 / dry mass
Bulk density (g.cm-3) = dry mass / (saturated mass - immersed mass)
Apparent void volume (%v/v) = (saturated mass - dry mass) x 100 / (saturated mass - immersed mass)

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s16 (28 dias)	5% polpa celulose eucalipto + pasta de escória EAF 10G2C c/ ad sikament 300
11020101	

1- DOSAGEM

Componentes		Traço	Quant.(g)
Cimento	A	1,00	22500,00
Escória	A1	*0,88*	19800,00
Cal	A2	*0,02*	450,00
Gipsita Araripina	A3	*0,10*	2250,00
	D		0,00
Água total		*0,50*	11250,00
Fibra seca		*0,05*	1125,00
Fibra úmida	B		4464,29
Água adicionada	C		7910,71

2- DATAS

Moldagem	11/2/01
Ruptura 28d	11/3/01
umidade fibra	*0,748*
água na fibra	3339,29
aditivo (2%mc)	450

3- PROCEDIMENTOS DE MOLDAGEM

Tratamento prévio fibra	50g de fibra em 1litro de água 24 h imerso; 50g+1l água+8l água 10 min no liquidificador, (2partes) aperto manual máximo, (4partes)10 min na batedeira Vbaixa e + 3min Valta, geladeira			
Mistura	Equipamento	Velocidade	Ordem	Tempo
	argamassadeira	baixa	A	1 min baixa
			A+C	2 min baixa
			A+C+B	3min alta
	mais 1 min v alta após ensaios			
Vibração	Equipamento	Freqüência (rpm)		Tempo
	mesa vibratoria	2200 rpm		120 s no total
Peças Mold. & qtdd.	54 telhas			
Cura				
Outros				

4- PROPRIEDADES NO ESTADO RECÉM-MISTURADO

Índice de consistência

Determinação	IC (mm)
1º	213,0
2º	218,4
3º	
4º	
5º	
6º	
Média	215,7
Desvio Padrão	3,8
NBR 7215	

Massa específica

Massa (kg)	2,431
Volume (dm^3)	1,353
Massa específica (kg/dm^3)	1,797
NBR 9833	

Obs: vibracao por 2x30s a 3000 rpm.
Apos determ, nova homog. por 1 min na argamassadeira, em veloc alta.

TELHAS

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s16 (28 dias)	5% polpa celulose eucalipto + pasta de escória EAF 10G2C c/ ad sikament 300

1- ENSAIOS FÍSICOS E MECÂNICOS								2- DATAS E PROCEDIMENTOS	
Telha Nº	Largura 1	Largura 2	Largura	Espessura 1	Espessura 2	Espessura 3	Espessura	Moldagem	11/02/01
	(mm)	(mm)	média	(mm)	(mm)	(mm)	média	Empenamento	
1			262,00	8,85	9,06	13	10,30	Permeabilidade	
2			262,00	8,81	8,25	11,67	9,58	Absorção	
3			262,00	8,14	8,67	11,02	9,28	Rupt. flexão	11/03/01
4			262,00	9,51	10,17	12,17	10,62	Velocidade	5 mm/min
5			262,00	8,60	8,69	12,68	9,99	Pos. superior	lisa
6			262,00	7,88	8,90	11,45	9,41	Célula	5 KN

Met. Flexao telha v161199 (UNE/Gram,Gut)

Telha Nº	Empenamento	Permeabilidade				Ruptura à flexão		
	(mm)					Idade (dias)	Energia	En. espec.
		23ºC				28		(kJ.m^{-2})
						Fmax.(N)	(N.mm)	En/l.e
1	1,15	Nada				1076	5659,0	2,096
2	0,25	Nada				902,2	3022,0	1,204
3	1,45	Nada				951,8	4488,0	1,847
4	0,00	Nada				893,9	3110,0	1,118
5	0,35	Nada				1001	3842,0	1,468
6	1,85	Nada				1225	3494,0	1,417
Média	0,84	Nada				1008,32	3935,83	1,525
DVP	0,75					125,80	999,53	0,378
Med - 2.DVP	-0,65					756,71	1936,77	0,770
Med + 2.DVP	2,33					1259,92	5934,89	2,280
Mínimo	0,00					893,90	3022,00	1,118
Máximo	1,85					1225,00	5659,00	2,096
CV	1,13					8,02	3,94	4,038

UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

Relatório de Ensaio de Compressão

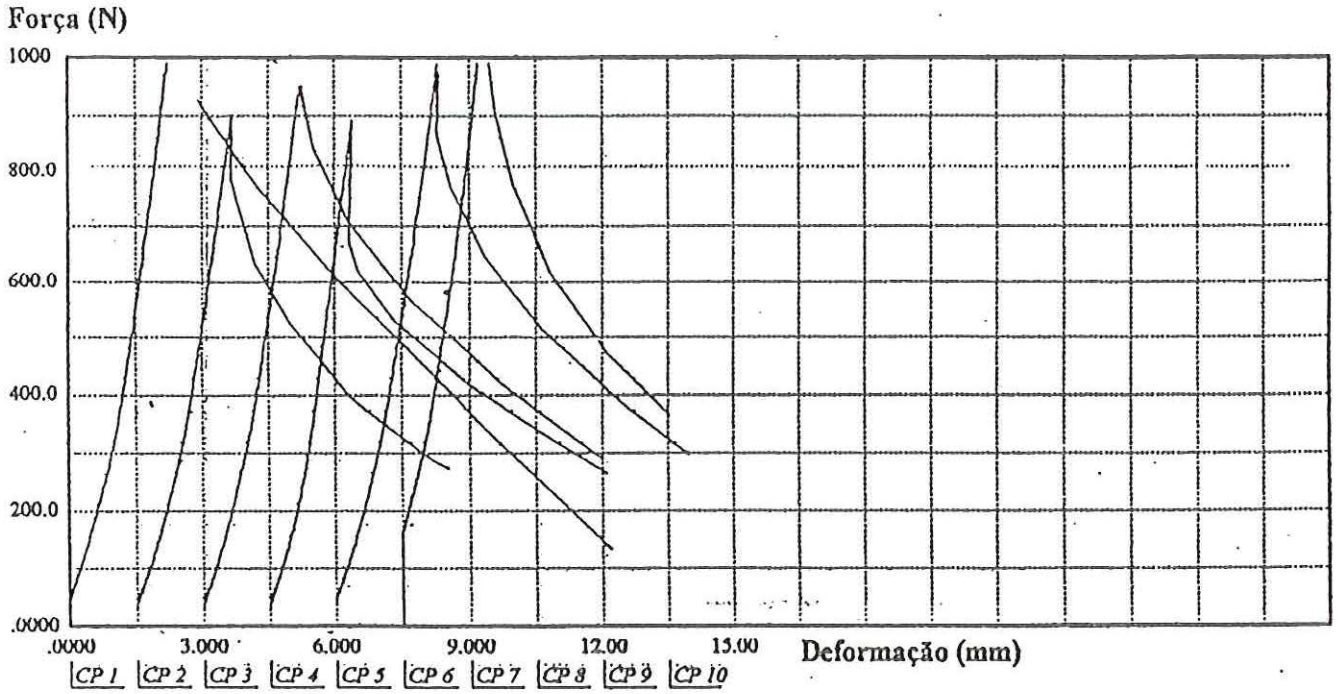
Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 29** Extensômetro: **Trd 10** Data: **12/03/01** Hora: **11:01:29** Trabalho nº **0034**

Programa: **MTest versão 1.01** Método de Ensaio: **Flexao telha v181200**

Ident. Amostra: >>PRODUTO: **s 16** **Escória Pós Reginaldo** 28 dias

Parâmetro >>	Força	Energia
Evento >>	Força Max.	Colapso1
Unidade >>	(N)	(N.mm)
CP 1	1076	5659
CP 2	902.2	3022
CP 3	951.8	4488
CP 4	893.9	3110
CP 5	1001	3842
CP 6	1225	3494
Número CPs	6	6
Média	1008	3936
Desv.Padrão	125.8	999.7
Coef.Var.(%)	12.47	25.40
Mínimo	893.9	3022
Máximo	1225	5659

Legenda >>>. Colapso1: 70.00 %



SAMPLE #	DESCRIPTION	TEST DATE (BEGINING)
s16 (28 dias)	5% polpa celulose eucalipto + pasta de escória EAF 10G2C c/ ad sikament 300	

specimen #	dry mass (g)	saturated mass (g)	immersed mass (g)	water absorption (%w/w)	bulk density (g.cm-3)	apparent void volume (%v/v)
1	31,88	44,49	19,38	39,55	1,270	50,22
2	28,05	40,52	18,31	44,46	1,263	56,15
3	33,71	49,29	20,16	46,22	1,157	53,48
4	55,94	81,71	33,67	46,07	1,164	53,64
5	23,30	33,96	14,78	45,75	1,215	55,58
6	23,33	32,67	14,69	40,03	1,298	51,95
			average	43,680	1,228	53,50
			std deviation	*3,077*	*0,058*	*2,21*

PROCEDURE: Place dry tested specimens in an oven @ 105 ±5°C for a minimum period of 24 hours. Allow to cool in a dessicator and record the dry mass of each specimen in grams. Immerse specimens in clean water for a minimum period of 24 hours. Record the immersed mass in grams of each specimen while suspended in clean water. Immediately following the removal of surface water by wiping with an absorbent cloth, record the saturated mass of each specimen in grams.

CALCULATIONS: Water absorption (%w/w) = (saturated mass - dry mass) x 100 / dry mass
Bulk density (g.cm-3) = dry mass / (saturated mass - immersed mass)
Apparent void volume (%v/v) = (saturated mass - dry mass) x 100 / (saturated mass - immersed mass)

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s16 (84 dias)	5% polpa celulose eucalipto + pasta de escória EAF 10G2C c/ ad sikament 300

1- DOSAGEM

Componentes		Traço	Quant.(g)
Cimento	A	1,00	22500,00
Escória	A1	*0,88*	19800,00
Cal	A2	*0,02*	450,00
Gipsita Araripina	A3	*0,10*	2250,00
	D		0,00
Água total		*0,50*	11250,00
Fibra seca		*0,05*	1125,00
Fibra úmida	B		4464,29
Água adicionada	C		7910,71

2- DATAS

Moldagem	11/2/01
Ruptura 14d	
Ruptura 28d	
umidade fibra	*0,748*
água na fibra	3339,29
aditivo (2%mc)	450

3- PROCEDIMENTOS DE MOLDAGEM

Tratamento prévio fibra	50g de fibra em 1litro de água 24 h imerso; 50g+1l água+8l água 10 min no liquidificador,			
	(2partes) aperto manual máximo, (4partes)10 min na batedeira Vbaixa e + 3min Valta, geladeira			
Mistura	Equipamento	Velocidade	Ordem	Tempo
	argamassadeira	baixa	A	1 min baixa
			A+C	2 min baixa
			A+C+B	3min alta
	mais 1 min v alta após ensaios			
Vibração	Equipamento	Freqüência (rpm)		Tempo
	mesa vibratoria	2200 rpm		120 s no total
Peças Mold. & qtdd.	54 telhas			
Cura				
Outros				

4- PROPRIEDADES NO ESTADO RECÉM-MISTURADO

Índice de consistência

Determinação	IC (mm)
1º	213,0
2º	218,4
3º	
4º	
5º	
6º	
Média	215,7
Desvio Padrão	3,8
NBR 7215	

Massa específica

Massa (kg)	2,431
Volume (dm^3)	1,353
Massa específica (kg/dm^3)	1,797
NBR 9833	

Obs: vibracao por 2x30s a 3000 rpm.
Apos determ, nova homog. por 1 min na argamassadeira, em veloc alta.

TELHAS

SÉRIE	DESCRIÇÃO								
s16 (84 dias)	6% de polpa de celulose eucalipto em pasta de escória								
130201	1- ENSAIOS FÍSICOS E MECÂNICOS							2- DATAS E PROCEDIMENTOS	
Telha Nº	Largura 1	Largura 2	Largura	Espessura 1	Espessura 2	Espessura 3	Espessura	Moldagem	11/02/01
	(mm)	(mm)	média	(mm)	(mm)	(mm)	média	Empenamento	
1			262,00	8,62	9,11	8,96	8,90	Permeabilidade	
2			262,00	10,63	11,01	9,93	10,52	Absorção	
3			262,00	8,96	9,62	9,74	9,44	Rupt. flexão	84 dias
4			262,00	8,99	9,12	9,14	9,08	Velocidade	5 mm/min
5			262,00	10,12	10,01	9,87	10,00	Pos. superior	lisa
6			262,00	9,84	9,35	9,63	9,61	Célula	5 KN
								Met. Flexao telha v161199 (UNE/Gram,Gut)	
Telha Nº	Empenamento	Permeabilidade		Absorção de água			Ruptura à flexão		
	(mm)			MS (g)	MU (g)	A (%)	Idade (dias)	Energia	En. espec.
		23ºC							(kJ.m^{-2})
							Fmax.(N)	(N.mm)	En/l.e
1		Nada					735,700	1664,00	0,714
2		Nada					653,600	2262,00	0,820
3		Nada					593,900	1050,00	
4		Nada					659,200	1951,00	0,820
5		Nada					566,200	586,40	
6		Nada					413,500	368,30	
Média		Nada					603,68	1313,62	0,785
DVP							110,16	764,25	0,061
Med - 2.DVP							383,37	-214,89	0,662
Med + 2.DVP							824,00	2842,12	0,907
Mínimo							413,50	368,30	0,714
Máximo							735,70	2262,00	0,820
CV							5,48	1,72	12,794

UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

Relatório de Ensaio de Compressão

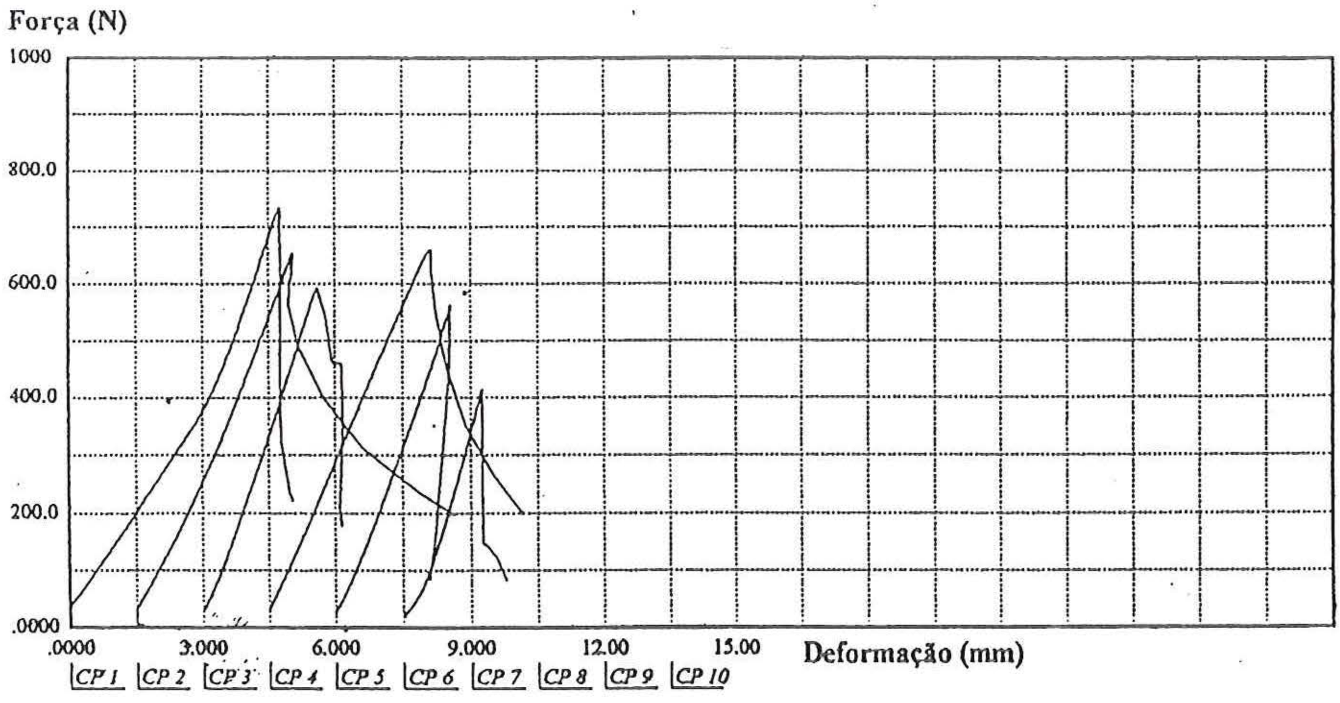
Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 24** Extensômetro: **Trd 10** Data: **03/08/01** Hora: **14:07:16** Trabalho nº **0153**

Programa: **MTest versão 1.01** Método de Ensaio: **Flexao telha v181200**

Ident. Amostra: >>> Telhas : s 16 84 dias

Parâmetro >>	Força	Energia
Evento >>	Força Max.	Colapso1
Unidade >>	(N)	(N.mm)
CP 1	735.7	1664
CP 2	653.6	2262
CP 3	593.9	1050
CP 4	659.2	1951
CP 5	566.2	586.4
CP 6	413.5	368.3
Número CPs	6	6
Média	603.7	1314
Desv.Padrão	110.2	764.3
Coef.Var.(%)	18.25	58.18
Mínimo	413.5	368.3
Máximo	735.7	2262

Legenda >>> Colapso1: 70.00 %



Observação: Operador: Paulo□□Célula: 5000 Kn

SAMPLE #		DESCRIPTION				TEST DATE (BEGINING)
s16 (84 dias)		5% polpa celulose eucalipto + pasta de escória EAF 10G2C c/ ad sikament 300				84 dias
specimen #	dry mass (g)	saturated mass (g)	immersed mass (g)	water absorption (%w/w)	bulk density (g.cm-3)	apparent void volume (%v/v)
1	30,82	43,60	18,26	41,47	1,216	50,43
2	27,01	39,29	17,50	45,46	1,240	56,36
3	32,60	48,21	19,15	47,88	1,122	53,72
4	54,82	80,53	32,69	46,90	1,146	53,74
5	22,60	32,99	13,60	45,97	1,166	53,58
6	22,40	31,78	13,89	41,88	1,252	52,43
			average	44,927	1,190	53,38
			std deviation	*2,657*	*0,053*	*1,93*

PROCEDURE: Place dry tested specimens in an oven @ 105 ±5°C for a minimum period of 24 hours. Allow to cool in a dessicator and record the dry mass of each specimen in grams. Immerse specimens in clean water for a minimum period of 24 hours. Record the immersed mass in grams of each specimen while suspended in clean water. Immediately following the removal of surface water by wiping with an absorbent cloth, record the saturated mass of each specimen in grams.

CALCULATIONS: Water absorption (%w/w) = (saturated mass - dry mass) x 100 / dry mass
Bulk density (g.cm-3) = dry mass / (saturated mass - immersed mass)
Apparent void volume (%v/v) = (saturated mass - dry mass) x 100 / (saturated mass - immersed mass)

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s16 (365 dias)	5% polpa celulose eucalipto + pasta de escória EAF 10G2C c/ ad sikament 300
11020101	

1- DOSAGEM

Componentes		Traço	Quant.(g)
Cimento	A	1,00	22500,00
Escória	A1	*0,88*	19800,00
Cal	A2	*0,02*	450,00
Gipsita Araripina	A3	*0,10*	2250,00
	D		
Água total		*0,50*	11250,00
Fibra seca		*0,05*	1125,00
Fibra úmida	B		4464,29
Água adicionada	C		7910,71

2- DATAS

Moldagem	11/2/01
Ruptura	365 dias
umidade fibra	*0,748*
água na fibra	3339,29
aditivo (2%mc)	450

3- PROCEDIMENTOS DE MOLDAGEM

Tratamento prévio fibra	50g de fibra em 1litro de água 24 h imerso; 50g+1l água+8l água 10 min no liquidificador, (2partes) aperto manual máximo, (4partes)10 min na batedeira Vbaixa e + 3min Valta, geladeira			
Mistura	Equipamento	Velocidade	Ordem	Tempo
	argamassadeira	baixa	A	1 min baixa
			A+C	2 min baixa
			A+C+B	3min alta
	mais 1 min v alta após ensaios			
Vibração	Equipamento	Freqüência (rpm)		Tempo
	mesa vibratoria	2200 rpm		120 s no total
Peças Mold. & qtdd.	54 telhas			
Cura				
Outros				

4- PROPRIEDADES NO ESTADO RECÉM-MISTURADO

Índice de consistência

Determinação	IC (mm)
1º	213,0
2º	218,4
3º	
4º	
5º	
6º	
Média	215,7
Desvio Padrão	3,8
NBR 7215	

Massa específica

Massa (kg)	2,431
Volume (dm^3)	1,353
Massa específica (kg/dm^3)	1,797
NBR 9833	

Obs: vibracao por 2x30s a 3000 rpm.
Apos determ, nova homog. por 1 min na argamassadeira, em veloc alta.

TELHAS

SÉRIE	DESCRIÇÃO
s16 (365 dias)	5% polpa celulose eucalipto + pasta de escória EAF 10G2C c/ ad sikament 300

1- ENSAIOS FÍSICOS E MECÂNICOS								2- DATAS E PROCEDIMENTOS	
Telha Nº	Largura 1	Largura 2	Largura	Espessura 1	Espessura 2	Espessura 3	Espessura	Moldagem	11/02/01
	(mm)	(mm)	média	(mm)	(mm)	(mm)	média	Empenamento	
1			262,00				7,56	Permeabilidade	
2			262,00				9,59	Absorção	
3			262,00				7,82	Rupt. flexão	365 dias
4			262,00				7,55	Velocidade	5 mm/min
5			262,00				9,59	Pos. superior	lisa
6			262,00				7,56	Célula	5 KN

							Met. Flexao telha v161199 (UNE/Gram,Gut)	
Telha Nº	Empenamento	Permeabilidade					Ruptura à flexão	
	(mm)					Idade (dias)	Energia	En. espec.
		23ºC						($kJ.m^{-2}$)
						Fmax.(N)	(N.mm)	En/l.e
1		Nada				548,0	1207	0,609
2		Nada				643,0	1686	0,671
3		Nada				521,0	1175	0,573
4		Nada				584,0	1520	0,768
5		Nada				484,0	1547	0,616
6		Nada				434,0	1091	0,551
Média		Nada				535,67	1371	0,631
DVP						73,80	243,36	0,079
Med - 2.DVP						388,07	884,29	0,474
Med + 2.DVP						683,26	1857,71	0,789
Mínimo						434,00	1091,00	0,551
Máximo						643,00	1686,00	0,768
CV						7,26	5,63	8,030

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
CONSTRUÇÕES RURAIS & AMBIÊNCIA

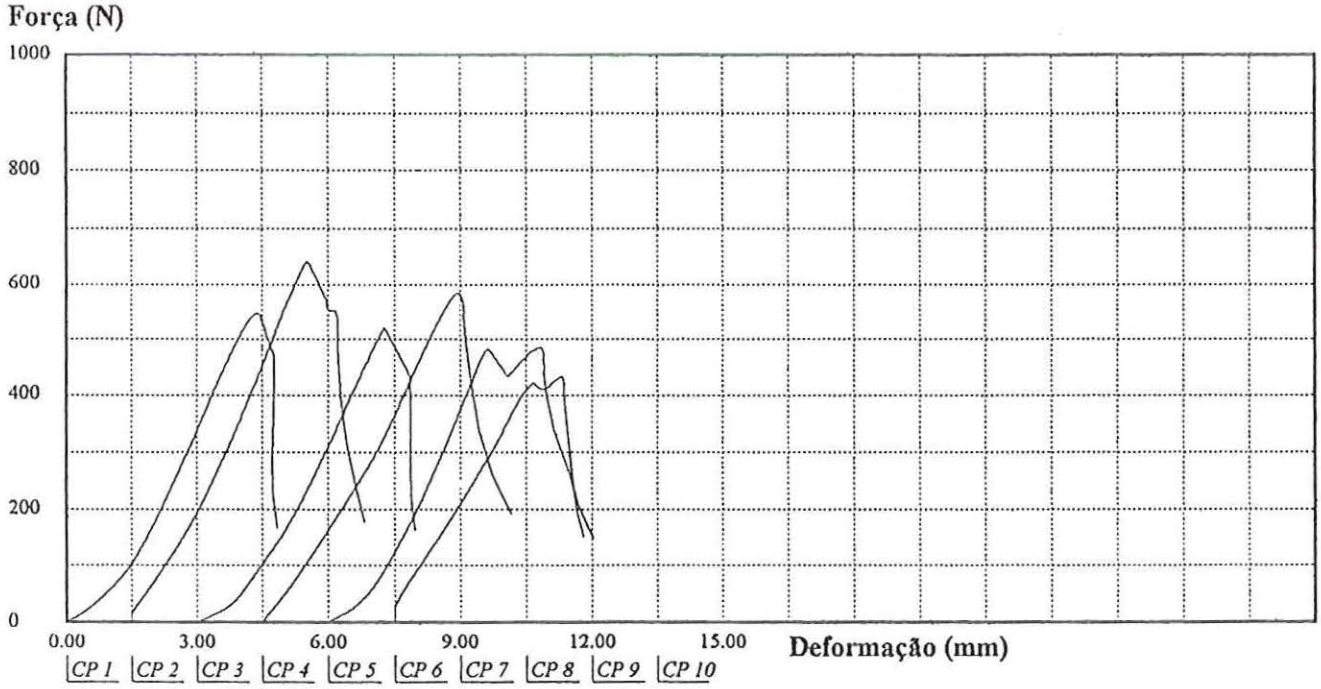
Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 24** Extensômetro: **Trd 10** Data: **06/05/2002** Hora: **14:17:17** Trabalho nº **0180**

Programa: **Tesc versão 1.10** Método de Ensaio: **flexao telhas**

Ident. Amostra: >>> código: S 16 tipo: **Telhas-Pós** envelhecimento: **12 meses**

Corpo de Prova	Força (N)	Deformação na Tensão Máxima (mm)	Deformação total (mm)	Energia (N.mm)
CP 1	548	4.39	4.75	1207
CP 2	643	4.02	5.07	1686
CP 3	521	4.27	4.90	1175
CP 4	584	4.44	5.40	1520
CP 5	484	4.78	5.78	1547
CP 6	434	3.83	4.25	1091
Número CPs	6	6	6	6
Média	535.8	4.290	5.025	1371
Desv.Padrão	73.86	0.3346	0.5278	243.2
Coef.Var.(%)	13.79	7.799	10.50	17.74
Mínimo	433.7	3.829	4.251	1091
Máximo	643.0	4.781	5.776	1686



Observação: Dist. entre apoios: 100mm

SAMPLE #	DESCRIPTION	TEST DATE (BEGINING)
s16 (365 dias)	5% polpa celulose eucalipto + pasta de escória EAF 10G2C c/ ad sikament 300	365 dias

specimen #	dry mass (g)	saturated mass (g)	immersed mass (g)	water absorption (%w/w)	bulk density (g.cm-3)	apparent void volume (%v/v)
1	50,13	65,57	29,64	30,80	1,395	42,97
2	25,86	33,72	15,58	30,39	1,426	43,33
3	29,41	38,42	17,27	30,64	1,391	42,60
4	35,07	46,02	20,97	31,22	1,400	43,71
5	45,60	59,45	27,06	30,37	1,408	42,76
6	46,83	60,55	27,50	29,30	1,417	41,51
			average	30,454	1,406	42,81
			std deviation	*0,647*	*0,013*	*0,75*

PROCEDURE: Place dry tested specimens in an oven @ 105 ±5°C for a minimum period of 24 hours. Allow to cool in a dessicator and record the dry mass of each specimen in grams. Immerse specimens in clean water for a minimum period of 24 hours. Record the immersed mass in grams of each specimen while suspended in clean water. Immediately following the removal of surface water by wiping with an absorbent cloth, record the saturated mass of each specimen in grams.

CALCULATIONS: Water absorption (%w/w) = (saturated mass - dry mass) x 100 / dry mass
Bulk density (g.cm-3) = dry mass / (saturated mass - immersed mass)
Apparent void volume (%v/v) = (saturated mass - dry mass) x 100 / (saturated mass - immersed mass)