

COLETÂNEA HABITARE

Suely da Silva Guimarães é engenheira civil (1973) pela Universidade Federal da Bahia e mestre (1977) pela COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro. Atualmente é pesquisadora da Universidade do Estado da Bahia no Programa Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares (ITCP). Atua nas áreas de materiais e componentes de construção, estudos da habitação e incubação de cooperativas populares.

E-mail: sguimaraes@uneb.br

Odair Barbosa de Moraes é engenheiro civil pela Universidade Federal de Alagoas - UFAL, em 1997, e mestre em Engenharia Ambiental Urbana pela Universidade Federal da Bahia - UFBA, em 2002. Desde 2004, é doutorando em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo -USP.

E-mail: odair.moraes@poli.usp.br

Jozimar dos Santos Lima é formando em pedagogia pela Universidade do Estado da Bahia e curso de extensão em Filosofia pela mesma Universidade. Coursou História da Educação pela Fundação Clemente Mariane, e Educação de Jovens e Adultos pelo SESI/NET. Ex-professor Estagiário do Serviço Social da indústria no Núcleo de Educação do Trabalhador SESI/NET (2002/2003). Atua no Programa Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares – ITCP da Universidade do Estado da Bahia - UNEB.

E-mail: jozimard@yahoo.com.br

Olmo Lacerda é graduando do Curso de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia. Atua no Programa Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares – ITCP da Universidade do Estado da Bahia - UNEB

E-mail: olmo.lacerda@gmail.com

José Eduardo Ferreira Fontes é técnico em Construção Civil. Atua no Programa Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares – ITCP da Universidade do Estado da Bahia – UNEB.

E-mail: jfontes@uneb.br

Caio Mário Pinheiro Batista é engenheiro civil, atuou com consultor no projeto.

E-mail: caiompb@terra.com.br

3.

Desenvolvimento de componentes de edificações em fibra de sisal–argamassa a serem produzidos de forma autogestionária – PROSISAL

Suely da Silva Guimarães, Odair Barbosa de Moraes, Jozimar dos Santos Lima, Olmo Lacerda, José Eduardo Ferreira Fontes e Caio Mário Pinheiro Batista

Resumo

O projeto *Desenvolvimento de componentes de edificações em fibra de sisal-argamassa a serem produzidos de forma autogestionária/PROSISAL* reúne a pesquisa e a transferência de tecnologia num processo integrado de projetos de pesquisa e extensão fundamentado no conhecimento técnico acumulado em pesquisas realizadas anteriormente com compósitos sisal-cimento no Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (Ceped) e nas ações da Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares da Universidade do Estado da Bahia (ITCP/Uneb).

Propõe-se o desenvolvimento tecnológico de um produto inovador, tanto no material, ao utilizar compósitos de matrizes de argamassas reforçadas com fibras de sisal, quanto na concepção espacial (design), para a fabricação de componentes para edificações, drenagem ou irrigação, a exemplo de telhas e calhas, a serem produzidas de forma autogestionária por uma cooperativa popular, a Cooperativa de Produção dos Jovens da Região do Sisal (Cooperjovens) da região nordeste da Bahia, tendo a participação dos cooperantes em todas as etapas da pesquisa.

Com o PROSISAL retoma-se a linha de pesquisa desenvolvida pelo Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (Ceped) na década de 80 sobre compósitos de fibras vegetais em matrizes cimentícias, agora integrada às ações para geração de trabalho e renda da ITCP/Uneb a partir da demanda da Cooperjovens por novas utilizações para o sisal. Os produtos desenvolvidos serão produzidos autogestionariamente pela cooperativa, sendo mais um fator a contribuir para a sua autonomia, ao possibilitar a oferta de um produto diferenciado e a redução da migração dos jovens do interior do Estado para as periferias das grandes cidades.

Outro fato relevante neste projeto de pesquisa é a interdisciplinaridade experienciada na sua concepção e no seu desenvolvimento. São pesquisadores de diversas áreas – engenharias, química, arquitetura, educação, economia, sociologia – que, iniciando os trabalhos num processo multidisciplinar, ao longo do desenvolvimento do projeto, vão se integrando, construindo uma linguagem e *modus operandi* comuns, passando pela interdisciplinaridade em direção à transdisciplinaridade.

O Projeto compreende a pesquisa do material, o desenvolvimento de produtos vinculado a demandas pesquisadas na região, o desenvolvimento do processo produtivo, o estudo de viabilidade econômica, a elaboração de projetos para captação de recursos e a transferência de tecnologia, visando ao aproveitamento da fibra do sisal, à redução dos custos dos componentes, à geração de trabalho e renda na sua produção e ao desenvolvimento local sustentável.

1 Introdução

Especial atenção tem sido dada às fibras do sisal pelo seu potencial tecnológico e econômico e pela sua importância nas regiões Nordeste e Piemonte de Diamantina, na Bahia, que apresentam indicadores sociais e econômicos incompatíveis com os níveis de desenvolvimento humano minimamente desejá-

veis. Mais de 60% da população da maioria dos municípios da região auferem renda de até 1 salário mínimo, possuindo, além disso, baixo grau de escolaridade, com 67% de analfabetos na zona rural e 36% na urbana.

Na região Nordeste o cultivo do sisal é desenvolvido em pequenas propriedades, e o seu beneficiamento feito artesanalmente, com grandes riscos para a saúde dos envolvidos em tal atividade, que utiliza, ainda, o trabalho infantil. Frequentes são os acidentes no trabalho que, historicamente, têm gerado um grande número de mutilados. Essa região sofreu forte impacto na década 60 com a crise da cultura do sisal, quando surgiram, no mercado internacional, sucedâneos sintéticos para as fibras vegetais.

Deve-se ressaltar que o sisal é uma das poucas culturas que se adaptam ao clima e solo locais, sendo um produto que tem longa tradição de cultivo na Bahia, que é o seu maior produtor nacional. Desde o seu plantio até o beneficiamento das fibras é uma das culturas que mais emprega no Estado, com uma potencialidade de inserção no mercado de, aproximadamente, 900 mil pessoas (EMBRAPA, 1999), em mais de 40 municípios. Salienta-se, assim, a repercussão na agricultura familiar do sisal com novas utilizações para essa fibra.

A produção e beneficiamento do sisal, ao lado da caprinocultura e do cultivo de feijão, é uma das principais atividades econômicas dessa região. Contudo, do ponto de vista econômico (valor bruto da produção), não é tão expressiva por agregar pouco valor ao produto em função das baixas remunerações pagas pelos intermediários e pela deterioração do seu preço no mercado internacional. No entanto, essa cultura já proporcionou ao Estado colheitas de 190 mil toneladas/ano nos anos 1980 e hoje produz pouco mais de 100 mil toneladas. Atualmente, a rubrica Sisal & Derivados está em 8º lugar na pauta de exportação e representa 3% do faturamento do Estado.

Nesse contexto insere-se a Universidade do Estado da Bahia, através da Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares (ITCP/Uneb), ao dar continuidade à linha de pesquisa de compósitos de fibras vegetais em matrizes cimentícias desenvolvidas na década de 80 no Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (Ceped) pelo

Programa de Tecnologias da Habitação (Thaba), a partir da demanda de um dos grupos incubados, a Cooperativa de Produção dos Jovens da Região do Sisal (Cooperjovens), que definiu como meta para longo prazo a produção industrial de artefatos de cimento reforçados com sisal.

A Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares da Universidade do Estado da Bahia é um programa de pesquisa e extensão vinculado à Pró-Reitoria de Extensão desta Universidade e se constitui num suporte para a estruturação de cooperativas populares, tendo como público-alvo grupos oriundos de setores pobres da população, integrando a extensão com o ensino e a pesquisa. Na metodologia de incubação da ITCP/Uneb tem-se dado ênfase à inovação tecnológica com o desenvolvimento de pesquisas relacionadas com as atividades produtivas dos grupos, possibilitando a oferta ao mercado de produtos diferenciados. Vem se buscando o desenvolvimento de novas tecnologias aplicadas à produção de modo integrado ao local, de forma sustentável (Uneb/Thaba/ITCP, 2002). Ressalta-se que a incubação de cooperativas populares é um processo eminentemente pedagógico que busca a autonomia dos grupos em todas as etapas – fortalecimento dos vínculos grupais; levantamento da realidade local (diagnóstico); estruturação do empreendimento (espaço de produção e legalização); construção do estatuto; formação em cooperativismo e autogestão; capacitações específicas para as atividades produtivas; construção coletiva de projetos e acompanhamento do grupo na produção e comercialização.

44 Em continuidade ao processo de incubação, a Cooperjovens participou, com a ITCP/Uneb, da construção do projeto de pesquisa *“Desenvolvimento de Componentes de Edificações em Fibra de Sisal—Argamassa a serem produzidos de forma Autogestionária – PROSISAL”*, que obteve financiamentos da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), Programa Habitare, e do Banco do Nordeste (Etene/Fundeci), tendo como premissa metodológica a participação dos cooperantes em todas as etapas do projeto. É importante enfatizar nesse processo o acesso de um empreendimento popular à inovação tecnológica.

Ressalta-se que a experiência de incubação de cooperativas populares é desenvolvida em 17 universidades brasileiras, iniciada pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe/UFRJ). As ITCPs estão integradas em rede – a Rede Universitária de Incubadoras Tecnológicas de Cooperativas Populares –, o que vem permitindo o intercâmbio das experiências e contribuindo para revisões permanentes dos procedimentos metodológicos.

A ITCP/Uneb vem sendo apoiada pela Finep através do Programa Nacional de Incubadoras Tecnológicas de Cooperativas Populares (Proninc)¹ – nas suas duas fases: a primeira em 1999-2001; e a segunda em andamento, na atual versão do programa, com a participação da Secretaria Nacional de Economia Solidária (Senaes). Na primeira fase do Proninc, a Incubadora contou, também, com aportes de recursos da Fundação Banco do Brasil (FBB). O Prosisal está, assim, inserido, de forma complementar, em dois programas da Finep – o Habitare e o Proninc.

O Prosisal compreende diversas etapas, passando pelas dimensões tecnológica, social e econômica: mobilização e integração dos agentes locais; desenvolvimento do compósito sisal-cimento, considerando os aspectos de durabilidade; aproveitamento de resíduos; facilidade do processo produtivo; resistência aos esforços mecânicos; desenvolvimento dos componentes de edificações inovadores, aliando leveza, beleza e desempenho estrutural; desenvolvimento do processo produtivo dos componentes, aliando facilidade, menor custo e qualidade; e transferência de tecnologia integrada ao processo de incubação, com a participação dos cooperantes na definição dos produtos, no desenvolvimento da pesquisa e na definição da produção e comercialização dos componentes.

¹ O Proninc, lançado em maio de 1998, na sua primeira versão, resultou de uma articulação do Comitê das Entidades Públicas no Combate à Fome e pela Vida (Coep), que envolveu a Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe/UFRJ), a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), a Fundação Banco do Brasil (FBB), o Banco do Brasil, o Programa Universidade Solidária e o Ministério da Agricultura, tendo como instituições de fomento a FINEP e a FBB.

2 A Cooperjovens

Para a apresentação da pesquisa é necessário, antes, contextualizar o grupo envolvido no projeto. A constituição da Cooperjovens partiu de uma demanda de jovens com história de militância nos movimentos da Igreja e nos sindicatos de trabalhadores rurais de 13 municípios da região produtora de sisal no Nordeste baiano (ver mapa de localização, Figura 1), filhos de pequenos agricultores em busca de alternativas de trabalho e renda para a sua permanência e atuação nos seus locais de origem.



O processo de incubação da Cooperjovens teve a participação da Central Única dos Trabalhadores (CUT) e, posteriormente, da Agência de Desenvolvimento Solidário da CUT/ADS-BA. Como atividade inicial, o grupo optou pela produção artesanal de papel reciclado e artefatos, dada a facilidade do processo, os baixos custos envolvidos, a dimensão ecológica desta atividade e, como atividade de longo prazo, a produção de artefatos de cimento-sisal a partir da informação dos trabalhos de pesquisa do Ceped e da identificação do grupo com a cultura do sisal.

A cooperativa vem produzindo papel e artefatos nos povoados de Retirada e Gregório (municípios de Araci e de Queimadas, respectivamente) com equipamentos (prensas hidráulicas, liquidificadores industriais, entre outros) viabilizados por instituições que apóiam movimentos populares – a Coordenadoria Ecumênica de Serviço (Cese) e o Centro de Estatística Religiosa e Investigações Sociais (Ceris). A Cooperativa conta com o apoio da ADS/BA no aprimoramento e na comercialização desses produtos.

Já de posse de terreno, doado pela Prefeitura Municipal de Retirolândia, para instalação da unidade de produção de artefatos de argamassa reforçada com fibras de sisal, a Cooperjovens, através de articulações locais no âmbito do Conselho Regional de Desenvolvimento Sustentável da Região Sisaleira do Estado da Bahia, conseguiu aprovação de recursos viabilizados através do Pronaf/Ministério do Desenvolvimento Agrário/Secretaria de Desenvolvimento Territorial, que permitirão o início das atividades com a construção do primeiro módulo da unidade e aquisição de equipamentos básicos (argamassadeira, mesa vibratória). Os resultados parciais da pesquisa já possibilitam a produção de telhas não estruturais, lavanderias e cochos, entre outros produtos identificados na pesquisa de demanda realizada durante o projeto.

Está em análise pela FBB, através do programa Trabalho e Cidadania, um projeto da Cooperjovens para viabilização de recursos para a complementação da infra-estrutura da Unidade Produtiva – construção de depósito para estoque de cimento e fibras; construção de tanques de cura e bancadas; equipamentos de proteção (EPIs) e confecção de formas, numa articulação entre a FBB e a Rede de ITCPs

A Cooperjovens vem focando, assim, suas atividades produtivas na utilização de recursos locais, notadamente o sisal, fibra de grande importância histórica e simbólica, com forte influência na cultura da região. A cooperativa tem enfatizado a utilização de resíduos do processo de beneficiamento dessa fibra, especificamente a “bucha”, tanto na produção dos componentes de edificações em sisalamento quanto na produção artesanal dos papéis reciclados e artefatos, conferindo valor econômico a esse resíduo, que passa a ser um importante insumo nos processos produtivos da Cooperativa.

3 Mobilização

É importante destacar como eixo metodológico principal do Prosisal a participação dos membros da Cooperativa no desenvolvimento da pesquisa: na discussão dos objetivos; na definição dos produtos a serem desenvolvidos; nas rotinas dos processos produtivos; e na elaboração dos projetos para captação de recursos.

Desse modo, a mobilização apresenta-se como uma etapa fundamental para o desenvolvimento do projeto, em que se buscou a interação entre os diversos agentes – cooperantes, agricultores e comerciantes – para o levantamento do mercado potencial e a definição dos componentes de edificações a serem desenvolvidos. Para a mobilização dos agentes locais reviu-se a realização de uma pesquisa de demanda nas lojas de materiais de construção da região e de seminários locais sobre a cadeia produtiva do sisal.

Uma oficina de planejamento, com ampla participação dos membros da cooperativa, marcou o início das atividades do projeto.

3.1 Pesquisa de demanda

Com a participação dos cooperantes, como pesquisadores de campo, previamente capacitados, realizou-se uma pesquisa de demanda de componentes de edificações com o objetivo de identificar os componentes com potencial de comercialização na região, tendo como universo as casas de materiais de construção (lojas, depósitos, etc.) dos 13 municípios que integram a Cooperativa.

A análise dos resultados dos questionários aplicados demonstrou grande aceitação para a comercialização de produtos com utilização do sisal: 91% dos responsáveis pelas lojas da região afirmaram que estavam dispostos a vender componentes de edificações em argamassa reforçada com sisal. Apontou, também, o mercado real de telhas e demais produtos na região, com uma quantidade média vendida por mês de 267.000 unidades de telhas cerâmicas e em torno de 2.400 telhas de fibrocimento (levantamento realizado em 2002). A Tabela 1 aponta o mercado potencial dos produtos para fabricação pela Cooperativa.

Os materiais mais presentes nas lojas/depósitos são os seguintes: caixas d'água, cimento, ferragens, lavanderias, louças, materiais elétricos, materiais hidráulicos, telhas de amianto, portas, janelas, telhas cerâmicas, lajotas e tijolos cerâmicos. Já os materiais pré-fabricados/industrializados mais comercializados são: telhas de amianto, caixas d'água e telhas cerâmicas.

Município	Telhas	Mourões para cerca	Lavanderias (tanques)	Cochos	Caixas d'água
Araci	100%	33%	100%	83%	100%
Cansanção	100%	100%	100%	80%	80%
Conceição Coité	75%	38%	50%	38%	50%
Monte Santo	67%	100%	67%	100%	100%
Nordestina	-	-	-	-	-
Queimadas	50%	25%	100%	50%	100%
Quijingue	-	-	-	-	-
Retirolândia	100%	71%	86%	86%	86%
Santa Luz	80%	80%	80%	80%	70%
Serrinha	-	-	-	-	-
São Domingos	100%	25%	100%	100%	100%
Serrinha	-	-	-	-	-
Tucano	67%	67%	83%	67%	100%
Valente	100%	40%	100%	60%	100%
Média/Total	84%	58%	87%	74%	89%

* Levantamento realizado em 2002

Tabela 1 - Materiais sugeridos pelos responsáveis de casas de materiais de construção para fabricação com argamassa reforçada com fibras de Sisal^(*)

3.2 Seminários sobre a cadeia produtiva do sisal

Os seminários *A Cadeia Produtiva do Sisal: Valorização da cultura do sisal*, organizados conjuntamente pela ITCP/Uneb e Cooperjovens, reuniram agricultores familiares, sindicatos de trabalhadores rurais, prefeituras da região, representantes de instituições de ensino, pesquisa e extensão rural, de instituições financeiras e

organizações não-governamentais, além de outros segmentos da sociedade regional, com o objetivo de: a) mobilizar pequenos agricultores e outros jovens e suas famílias para a busca de novas perspectivas na região; b) levantar as tecnologias já disponíveis relativas ao cultivo e beneficiamento da fibra à segurança e saúde no trabalho; e c) levantar a demanda de produtos para produção em sisal-cimento.

Inicialmente, estava prevista a realização de apenas um seminário. Na oficina de planejamento, entretanto, a Cooperjovens sugeriu a realização de quatro seminários, três locais, com ampla participação dos agricultores, que levantariam demandas para um seminário regional, este com participação de técnicos e representações do poder político local, para discussões das demandas levantadas e encaminhamentos.

Os seminários locais ocorreram em abril de 2002 nos municípios de Araci, Cansanção e Retirolândia, cumprindo com as principais metas, na medida em que conseguiu mobilizar pequenos agricultores e produtores além dos sindicatos, Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola/EBDA, Uneb, ADS-BA, Poder Público, associações e outras organizações, envolvendo 186 pessoas dos 13 municípios da região na discussão da cadeia produtiva do sisal.

Foram seminários de trabalho, marcados pela ampla participação dos agricultores familiares, que ficaram surpresos ao tomar conhecimento das múltiplas possibilidades de utilização do sisal (ver Tabela 2) e de que apenas 3% a 4% da planta (a parte fibrosa das folhas) tem sido aproveitada (EMBRAPA, 1999).

Importante ressaltar que, na visão dos agricultores, um dos maiores gargalos da cadeia produtiva do sisal é a atuação dos *atravessadores* (intermediários nas ações de comercialização). Apontaram como solução para esse problema a estruturação de cooperativas, para a qual solicitaram o apoio da Uneb e da Cooperjovens. No sentido de atender a essa demanda, a ITCP/Uneb tem como meta para 2005-2006 a estruturação de um núcleo da incubadora nos *campi* dessa Universidade na região do sisal, nos municípios de Serrinha e Conceição de Coité, com o apoio da Finep/Proninc.

PRODUTOS		USOS
3% a 5% da planta	FIBRAS	Cordoalha, Tapetes, mantas, bolsas e outros artefatos
		Indústria automobilística, construção civil
95% a 97% da planta	BUCHA*	Celulose, papel Kraft,
		Indústria automobilística, construção civil
	MUCILAGEM	Ração animal
	SUÇO	Aguardente, álcool, ração animal, acetona, cera
Pectina (fabricação de geléias), cortisona vegetal		

*Resíduos do processo de beneficiamento da fibra

Tabela 2 - Usos possíveis do sisal

Os agricultores levantaram demandas diversas nas áreas tecnológica (cultivo, desenvolvimento tecnológico, capacitação, assistência técnica), de segurança e saúde (proteção nas máquinas de desfibramento, treinamento, seguridade especial na Previdência Social), comercialização, crédito, organização dos trabalhadores (em sindicatos e associações) e políticas públicas (política de empregos, política de desenvolvimento na área de agricultura familiar). Com relação à demanda de produtos para fabricação em argamassa de cimento reforçada com sisal, identificaram mourões para cerca, telhas, caixas d'água, filtros (vasilhames), placas para cisternas, tanques de lavar roupa, placas de forro, cochos para ração e água para animais, calha para irrigação, tubos, forros de parede e teto.

O Seminário Regional ocorreu em dezembro de 2002, em Conceição do Coité, com a participação de representantes dos *campi* da Uneb dos municípios de Serrinha e Conceição do Coité, EBDA, Apaeb, ADS-BA, Pólo Sindical da Região do Sisal e de diversas organizações locais, a exemplo do Movimento de Mulheres Trabalhadoras Rurais (MMTR), proporcionando ricas discussões com os agricultores e ampliação das articulações entre os participantes.

4 Estudo da melhoria da durabilidade do compósito

As fibras vegetais são enfraquecidas em meio alcalino (GRAM, 1983) e os concretos e argamassas têm pH na faixa 12-14. Por esse motivo os compósitos sisal-cimento têm sido usados em peças com função estrutural temporária, como o caso de formas perdidas (SCHAFER; BRUNSSSEN, 1990) ou em telhas de pequeno vão e pias, onde, uma vez terminadas as operações iniciais de manuseio, transporte e assentamento, a atuação das fibras torna-se pouco importante (CEPED/THABA, 1984; GUIMARÃES, 1990).

Na busca de soluções para melhorar a durabilidade do material fibra vegetal/cimento, os pesquisadores têm investigado quatro procedimentos diferentes: modificações na matriz para redução da alcalinidade; vedação dos poros da matriz; impermeabilização da superfície do componente já pronto; e proteção das fibras através de impregnação de resinas poliméricas.

Pesquisadores de Universidade de São Paulo (USP) optaram pelo desenvolvimento de uma matriz de argamassa de baixa alcalinidade, composta de cimento de escória granulada de alto forno moída e ativada com materiais alcalinos (CINCO'ITTO *et al.*, 1990; AGOPYAN, 1993; SAVASTANO JR; AGOPYAN, 1997; SAVASTANO JR, 1999; SAVASTANO JR, 2003).

Nas pesquisas desenvolvidas no Ceped e, atualmente, na Uneb, tem-se buscado a proteção das fibras vegetais através da impregnação com resinas, tendo sido testadas, inicialmente, duas resinas sintéticas: solução aquosa de poli-vinil álcool (PVA) e poliacrilonitrila (PAN), diluída em dimetil-formamida (GUIMARÃES, 1990).

Pesquisadores da Universidade de Madri também testaram a impregnação das fibras de sisal com resinas. Usaram colofônio em terebintina; tanino em álcool e xileno; e óleo de cravo em xileno e terebintina (CANOVAS *et al.*, 1990).

Em ambas as pesquisas houve redução na resistência à tração das fibras ou dos compósitos de sisal-cimento, após contato com solução de Ca(OH)_2 .

As fibras vegetais são porosas e apresentam elevados índices de absorção, o que acarreta variações dimensionais ao perderem a água absorvida durante a preparação do compósito. Essa variação provoca redução da aderência da fibra com a matriz, reduzindo também a resistência do compósito à flexão: a ruptura se dá pelo deslizamento da fibra, antes de esta atingir o seu limite de resistência.

Outro fator que interfere na aderência entre fibra e matriz é a liberação pela fibra vegetal, quando em solução aquosa, de substâncias que retardam e prejudicam a pega do cimento, a exemplo dos denominados extrativos: resinas, polifenóis, óleos e graxas, e, em algumas fibras, açúcares, como é o caso do sisal (CEPED/THABA, 1982; SAVASTANO JR; ACOPYAN, 1996; BERALDO *et al.*, 2000).

A impregnação das fibras de sisal com resinas poliméricas visa não só à proteção das fibras contra o ataque químico dos álcalis, presentes na água dos poros da matriz, mas também, ao isolar a fibra do contato com o meio líquido, a evitar a sua variação volumétrica e a liberação pela fibra de agentes nocivos à pega do cimento, melhorando a qualidade do compósito, tanto pela melhoria da durabilidade da fibra quanto pela melhoria do desempenho da zona de transição e da aderência entre fibra e matriz.

Já foram testadas dez resinas para impregnação das fibras de sisal, ainda sem um resultado satisfatório. Tempo de secagem, trabalhabilidade, solventes adequados (não tóxicos) e aderência entre fibra e resina são alguns dos problemas que vêm sendo enfrentados antes mesmo da avaliação de resistência aos álcalis.

Novas concentrações e adições estão sendo testadas, assim como outros tipos de resinas. Vale ressaltar a preocupação com o custo e com a facilidade de produção na seleção das resinas para proteção das fibras de sisal. São diversas as variáveis do processo – concentração da resina, tempo e temperatura de impregnação, modo de impregnação e tratamento térmi-

co – e avalia-se o desempenho das resinas através de ensaios à tração (norma ASTM D 3379-75), em que são determinadas as resistências à tração, módulo de elasticidade e alongamento na ruptura de fibras impregnadas e *in natura*, após imersão em solução aquosa saturada de CaO por 0, 3, 7, 28, 84 e 140 dias.

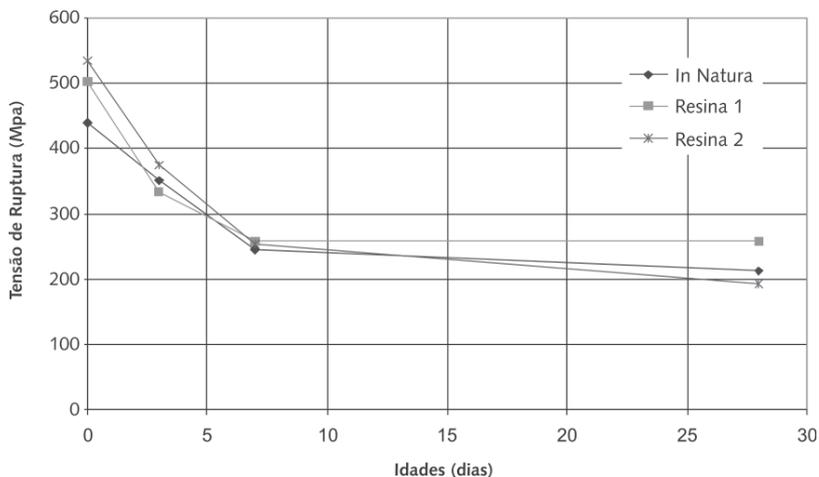


Figura 2 – Tensão de ruptura à tração aos 0, 3, 7 e 28 dias de imersão

Na etapa anterior da pesquisa (GUIMARÃES, 1990), demonstrou-se que o ataque dos álcalis às fibras ocorre logo no início do contato, antes dos 28 dias, quando tendia a uma estabilização. Programou-se, então, a realização de ensaios aos 3 e 7 dias de imersão na solução de CaO, o que confirmou que o enfraquecimento das fibras de sisal ocorre mais fortemente no início e que a tendência à estabilização se verifica aos 7 dias de contato com a solução aquosa de CaO (Figura 2). Esse dado facilita a pesquisa na medida em que, com 7 dias, já se tem uma avaliação prévia da resina.

5 Desenvolvimento dos componentes

Na concepção dos componentes buscou-se explorar a característica do compósito sisal-cimento de possibilitar a moldagem de placas de pequena espessu-

ra que podem ser dobradas/onduladas, ainda no estado fresco, para criar peças leves e belas, priorizando o uso da forma para resistir aos esforços.

Vale ressaltar o processo de criação (*design*) dos componentes: projetam-se novos formatos de peças leves e belas com bom desempenho estrutural, utilizando-se da forma para resistir aos esforços, num processo iterativo de experimentação, otimização e recriação.

Iniciou-se o desenvolvimento da telha pelo maior potencial de mercado levantado na pesquisa de demanda (ver item 3.1). Interessante notar as especificidades regionais explicitadas nas demandas, a exemplo dos cochos para alimentação animal e mourões para cerca, estes últimos acarretados pela escassez de madeira na região semi-árida.

5.1 Estudo da forma – design

A intenção do projeto é inovar não apenas no material mas também na concepção espacial (*design*). O maior desafio no processo de criação das formas é aliar o efeito estético com a resistência mecânica ao se trabalhar com superfícies dobradas ou encurvadas.

Enquanto são pesquisadas as resinas para proteção das fibras, a concepção dos componentes vem sendo feita pensando-se na possibilidade de viabilização deles, independentemente dos resultados obtidos com as impregnações, buscando dimensões e formas que permitam a resistência aos esforços previstos. Assim, embora tenha se iniciado com a concepção de uma telha estrutural (1,5 m de comprimento), vem-se trabalhando uma telha capa-canal com 60 cm de comprimento (ver Figura 5).

O estudo dos componentes iniciou-se com uma pesquisa sobre obras de arquitetos como Antoni Gaudí, João Figueiras Lima, Oscar Niemeyer e Santiago Calatrava, que têm como característica criar efeito estético aliado a soluções estruturais compatíveis com os materiais utilizados.

A partir de então fizeram-se os croquis, modificados à medida que se identificavam as necessidades. Por exemplo, no caso das telhas, obteve-se o conceito e em seguida foram observadas as necessidades de encaixe e empilhamento, assim como o efeito criado na composição do telhado (analisado em maquetes virtuais). Mais tarde foram desenvolvidos modelos em gesso para estudo. Esses modelos tiveram duas utilizações: a visualização e a análise das formas projetadas; e a composição de um material didático na interação com os membros da Cooperativa e da comunidade local para a definição dos componentes, antes de se iniciar a etapa das moldagens experimentais para avaliação de desempenho.

Esse modo de desenvolvimento – croquis, avaliação estrutural, modificações de acordo com as necessidades do componente – se seguiu no processo de criação dos demais componentes, com pequenas variações de um componente para outro.

5.2 Análise estrutural

Entre os elementos propostos para a fabricação, as telhas estruturais revelaram-se como de maior complexidade e exigência estrutural, merecendo, portanto, uma análise mais aprofundada com relação ao papel da fibra no compósito. As telhas estruturais são submetidas aos mais diversos esforços: flexão, tração, compressão, torção, em função das suas condições de vinculação. Diversos são os modelos existentes para análise estrutural, principalmente aqueles baseados em métodos numéricos. Contudo, a análise geral parte da forma física da telha e de cargas definidas, tendo como resultado a análise dos esforços atuantes. Partindo-se da forma definida (*design*), obtêm-se as dimensões/medidas que garantirão o melhor desempenho estrutural. É importante ressaltar que a opção por determinado modelo de análise implica simplificações que poderão não influenciar os resultados, cuja importância só poderá ser confirmada por meio da análise comparativa de desempenho dos elementos.

Foram desenvolvidos programas computacionais nas linguagens Fortran e Pascal com o objetivo de auxiliar a avaliação das propriedades mecânicas dos modelos concebidos – programa *Momentos* em linguagem Fortran para cálculo das propriedades de áreas de seção ondulada de pequena espessura. Inicialmente, trabalharam-se as telhas onduladas, cujos dados foram obtidos através de catálogos de fabricantes, e foi usada a função *seno* para a definição dos perfis das telhas; programa para desenho e cálculo de perfis ondulados em linguagem Pascal que permite gerar, em arquivo DXF, perfis ondulados e calcular as propriedades geométricas destes perfis; programa para desenho e cálculo de perfis compostos, também em linguagem Pascal, que gera, em arquivo DXF, perfis formados por segmentos de retas e arcos de círculos e calcula as propriedades geométricas destes perfis.

Esse estudo acarretou no desenvolvimento do programa *LNEUTRA* (linguagem Fortran), uma aplicação do Teorema da Divergência, de Gauss, que resultou numa solução bastante simples para o cálculo de propriedades de áreas, visando à obtenção dos momentos de inércia e do produto de inércia de áreas planas (ROCHA, 2004).

5.3 Processo de moldagem

Tomando-se como base a experiência anterior na produção de componentes (CEPED/THABA, 1984; GUIMARÃES, 1990) e visando a facilitar o processo produtivo, escolheu-se uma moldagem do tipo sanduíche, com telas de sisal entre duas camadas de argamassa. Tem-se priorizado a utilização dos resíduos das fibras, rejeitos do processo de desfibramento (bucha), o que amplia, em muito, as possibilidades de uso desse material.

Inicialmente, houve a necessidade de desenvolver um processo de produção do fio de sisal para a confecção das telas: não se conseguiu, nas indústrias locais, o fornecimento de fios feitos com a bucha do sisal nem com a densidade linear desejada. Foi desenvolvido, assim, na ITCP/Uneb, um protótipo de máqui-

na de fiar (Figura 3), idealizada para permitir o bobinamento do fio à medida que este é torcido.



Figura 3 – Protótipo de máquina de fiar projetada na ITCP/Uneb

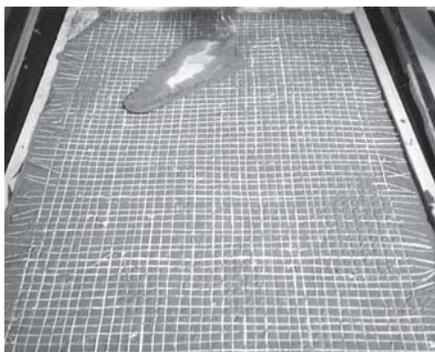


Figura 4 – Moldagem da telha capa-canal

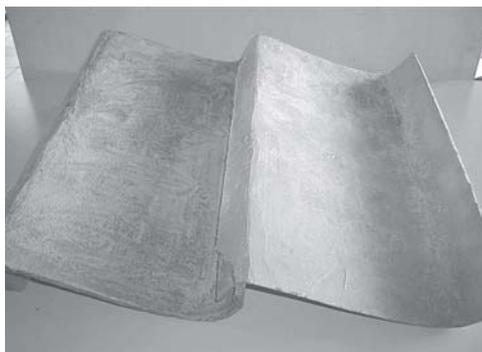


Figura 5 – Telhas capa-canal

6 Processo produtivo

6.1 Unidade produtiva

A unidade de produção de artefatos de sisal-cimento será implementada num terreno de 1.998 m² doado à Cooperjovens pela Prefeitura Municipal de

Retirolândia. Com os recursos aprovados pelo Pronaf (ver item 2) serão viabilizadas a construção do primeiro módulo do galpão de 100 m², com estrutura em pórticos pré-moldados, e a aquisição de equipamentos essenciais à produção (argamassadeira, uma mesa vibratória). A estrutura modular em pórticos pré-moldados de concreto possibilitará a ampliação da unidade à medida da captação de novos recursos e do aumento e diversificação da produção.

A produção se iniciará com as telhas capa-canal pelo maior potencial de mercado identificado na pesquisa de demanda (ver item 3.1).

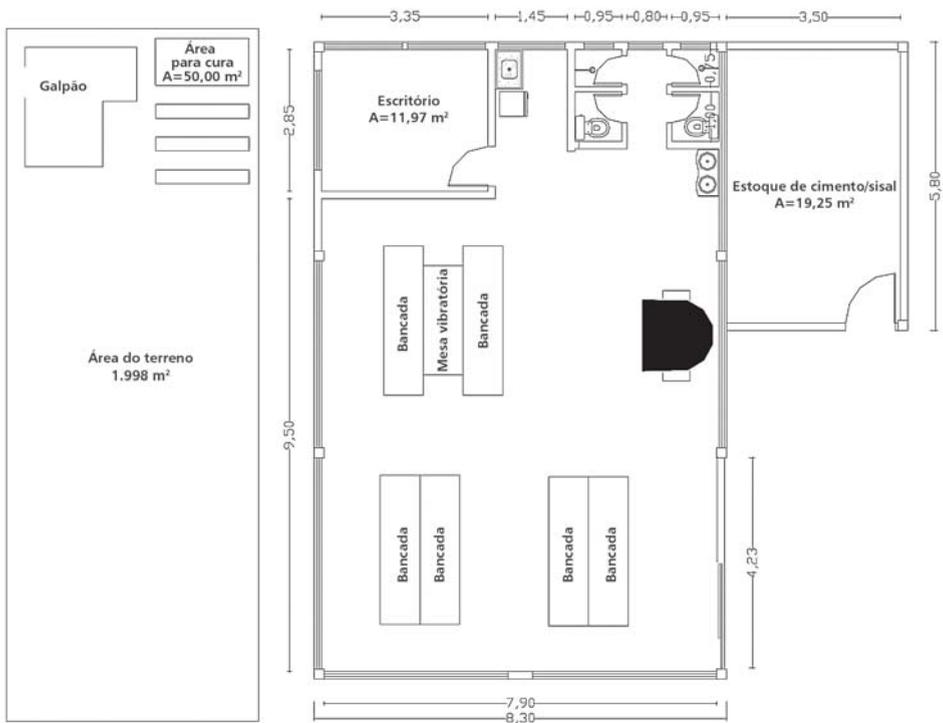


Figura 6 – Plantas da unidade de produção: de situação e do galpão

6.2 Estudo de viabilidade econômica

Para o estudo de viabilidade econômica adotou-se uma produção diária de 1.700 telhas (ou 40.800 telhas/mês), o que corresponde a aproximadamente 15% da

quantidade média vendida, só das telhas cerâmicas, pelos estabelecimentos pesquisados (ver item. 3.1). A receptividade demonstrada durante o estudo pelos comerciantes da região em vender produtos que utilizem o sisal gera uma segurança no investimento. Os produtos vendidos nas casas de materiais de construção não são produzidos na região, o que fortalece a ação da Cooperjovens. As plantas na Figura 6 ilustram a proposta da unidade de produção inicial, baseada nesses resultados.

7 Processo de transferência de tecnologia

Desde a fundamentação desta proposta de trabalho (pesquisa do Prosisal), a relação com o público beneficiário dos resultados da pesquisa foi de parceria. Parceria exprime relação de troca entre o meio físico-social e os sujeitos de saberes. Já a relação entre sujeito e objeto do conhecimento passa a ser inadequada, pois expressa um processo hierárquico, fator de distanciamento entre a cultura da academia e a cultura dos sujeitos pesquisados e/ou beneficiados pelos resultados da pesquisa. Essa perspectiva pode ser definida como:

[...] teorias interacionistas de base dialética, segundo as quais o conhecimento é formado pelas trocas que o indivíduo realiza com o meio. Essas trocas resultam na organização do real e no desenvolvimento da própria capacidade de conhecer, e na sua ausência as estruturas do conhecimento não se formam. (OLIVEIRA; COSTA; MOREIRA, 2001, p. 32).

Contudo, dessa interação emergem diferenças individuais e grupais, daí parte o processo de construção do conhecimento, pois aquilo que para muitos é entendido como fator de déficit na aprendizagem, para a equipe do Prosisal, é o ponto de partida de todo esse processo. Reconhecendo-se as diferenças, constrói-se um processo interativo e dinâmico – com base no procedimento pedagógico do *aprender fazendo*. Em outras palavras, deve-se buscar sempre valorizar o contexto social de

cada indivíduo no processo de construção coletiva (FREINET, 1969, 1974 apud ELIAS 1997, p. 21-31; FREIRE, 1993, 1996).

[...] A relação entre sujeito e objeto do conhecimento não se dá de forma unilateral, todavia essa relação pode ser entendida como um processo recíproco, um processo de troca. Para que isso se torne uma verdade, entendendo essa verdade como sendo algo subjetivo – depende do olhar do sujeito –, é preciso que o pesquisador olhe para o outro não como um objeto, porém como um sujeito de saberes que precisam ser valorizados [...]. (LIMA, 2004, p. 30-31).

Outro ponto que deve ser explicitado de forma clara é a ligação entre teoria e prática. O processo vem se dando através de oficinas de trabalho com base na tríade prática, teoria e prática. Cada um desses elementos possui o mesmo grau de importância. A premissa norteadora dessa prática é a da *leitura do mundo precedendo a dos livros*, de acordo com Freire (1993), ou seja, o sujeito constrói sua própria aprendizagem a partir da troca com um companheiro de mesmo nível na aprendizagem ou numa etapa mais à frente, priorizando o princípio vygotskyano de *Zona de Desenvolvimento Proximal*, a qual pode ser definida como:

[...] a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes. (VYGOTSKY, 1994, p. 172).

Daí a proposta da equipe de trabalhar todo o processo de transferência tecnológica a partir de oficinas, à medida que os resultados da pesquisa forem surgindo. Ao todo ocorreram três oficinas, entretanto a última se deu durante uma semana, compreendendo seis minioficinas. Em todas elas há momentos de reflexão da teoria e da prática para alcance das metas previstas, ou seja, os cooperantes fabricando telhas de forma autogestionária e cada um deles dominando o processo num todo.

8 Comentários finais

A pesquisa está em andamento e os desafios são grandes: seja na identificação de resinas que atendam ao objetivo proposto de promover a melhoria da durabilidade do compósito sisal-cimento, possibilitando a produção de telhas de longo vão e outras peças com função estrutural, seja no processo formativo da Cooperjovens que possibilite a produção autogestionária dos componentes de edificações com qualidade, gerando renda para os membros da Cooperativa e realizando o sonho deles de demonstrar as potencialidades locais, produzindo e contribuindo para o desenvolvimento da região.

Os trabalhos realizados indicam a viabilidade de produção de telhas capanal (60 cm) e de outros produtos sem função estrutural, a exemplo dos cochos para alimentação animal. Vale ressaltar a inserção local da Cooperativa na viabilização de recursos para a construção da unidade produtiva e na articulação de parcerias diversas para formação, capacitação, comercialização e financiamento de máquinas e equipamentos.

Importante ressaltar, também, a existência dos dois *campi* da Uneb na região e a estruturação de um núcleo da ITCP em um deles, o que possibilitará o apoio à organização demandada pelos agricultores durante o projeto.

Referências bibliográficas

62

AGOPYAN, V. O emprego de materiais fibrosos na construção civil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE MATERIAIS REFORÇADOS COM FIBRAS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL. São Paulo - SP, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. **Anais...** Jul. 1993, p. 11-25.

BERALDO, A. L. *et al.* Efeitos da espécie vegetal, do tipo de cimento e do tratamento utilizado sobre a resistência à compressão de compósitos. In: ENTAC 2000. MODERNIDADE E SUSTENTABILIDADE - ENCONTRO

NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., Salvador - BA, 2000. **Anais...** 2000. p. 1018-1025.

CANOVAS, M. E. *et al.* Possible ways of preventing deterioration of vegetable fibres in cement mortars. In: VEGETABLE PLANTS AND THEIR FIBRES AS BUILDING MATERIALS - INTERNATIONAL RILEM SYMPOSIUM, 2. **Proceedings...** London, 1990. p. 120-129.

CEPED/THABA. **Utilização de fibras vegetais no fibro-cimento e no concreto-fibra.** Rio de Janeiro: BNH/DEPEA, 1982. 72 p.

CEPED/THABA. **Utilização de fibras vegetais na construção civil.** Convênio FINEP/BNH/CEPED. Camaçari, BA, 1984. 61 p.

CINCOTTO, M. A. *et al.* Optimization of rice husk ash production. In: VEGETABLE PLANTS AND THEIR FIBRES AS BUILDING MATERIALS - INTERNATIONAL RILEM SYMPOSIUM, 2. **Proceedings...** London, 1990. p. 334-342.

ELIAS, Marisa Del Cioppo (Org.). **Pedagogia Freinet: teoria e prática.** Campinas, SP: Papirus, 1997. (Coleção Práxis).

EMBRAPA. **O agronegócio do sisal no Brasil.** Organizado por Odilon Remy Ferreira da Silva e Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão. Brasília: EMBRAPA-SPI; Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1999.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa.** São Paulo: Paz e Terra, 1996. (Coleção Leitura).

FREIRE, Paulo. **A importância do ato de ler: em três artigos que se completam.** 28. ed. São Paulo: Cortez, 1993.

GRAM, H. E. **Durability of natural fibres in concrete.** Stockholm, Swedish Cement and Concrete Research Institute, 1983.

GUIMARÃES, Suely da S. **Compósito fibra vegetal-cimento: análise da durabilidade / Relatório Final.** Documento elaborado para Finep, set. 1992. 38 p.

GUIMARÃES, Suely da S. Fibra vegetal-cimento: resultado de algumas experiências realizadas no Ceped/Thaba. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA EM HABITAÇÃO: DA PESQUISA À PRÁTICA, 1., abr. 1987. **Anais...** São Paulo, SP, 1987. v. I, p. 103-109.

GUIMARÃES, Suely da S. Vegetable fibre-cement composites. In: VEGETABLE PLANTS AND THEIR FIBRES AS BUILDING MATERIALS - INTERNATIONAL RILEM SYMPOSIUM, 2. **Proceedings...** Salvador - BA, set. 1990. p. 98-107.

LIMA, Jozimar dos Santos. **Dificuldade de aprendizagem e o uso das novas tecnologias.** Projeto de monografia de graduação defendido no Departamento de Educação I. Salvador: Uneb, 2004.

OLIVEIRA, Celina Couto de; COSTA, José Wilson da; MOREIRA, Mércia. **Ambientes informatizados de aprendizagem:** produção e avaliação de software educativo. In: concepção interacionista. Campinas: Papirus, 2001. p. 32. (Série Prática Pedagógica).

ROCHA, J. A. de L. **Obtenção da equação da linha neutra de uma seção de viga sob flexão assimétrica usando o teorema da divergência.** Salvador, UFBA/Escola Politécnica, Departamento de Construção e Estruturas, 2004.

SAVASTANO JR, Holmer; AGOPYAN, Vahan. Microestrutura X desempenho dos compósitos reforçados com fibras vegetais. In: WORKSHOP RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL, São Paulo - SP, ANTAC - Associação Nacional de Tecnologia de Ambiente Construído, 1996. **Anais...** 1996. p. 153-158.

SAVASTANO JR, Holmer; AGOPYAN, Vahan. Análise microestrutural aplicada ao estudo de compósitos fibrosos. In: WORKSHOP DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 1997. **Anais...** 1997. p. 167-171.

SAVASTANO JR, Holmer *et al.* Plant fibre reinforced cement components

for roofing. **Construction and Building Materials**, London, v. 13, p. 433 - 438, 1999.

SAVASTANO JR. Sistemas de cobertura para construções de baixo custo: uso de fibras vegetais e outros resíduos agroindustriais. In: ROCHA, J. C.; JOHN, V. M. (Ed.). **Utilização de resíduos na construção habitacional**. Porto Alegre, ANTAC, 2003. (Coletânea Habitare, vol. 4).

SCHAFER, H. G.; BRUNSSSEN, G. W. Sisal-fibre reinforced lost formwork for floor slabs. In: VEGETABLE PLANTS AND THEIR FIBRES AS BUILDING MATERIALS - INTERNATIONAL RILEM SYMPOSIUM, 2. **Proceedings...** London, 1990. p. 173-181.

UNEB/THABA/ITCP. **Estruturação e desenvolvimento de uma incubadora tecnológica de cooperativas populares na UNEB**: relatório final. Convênio FINEP/FAPES/UNEB. Salvador - BA, 2002.

VYGOTSKY, Lev Semyonovich. **A formação social da mente**: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 5. ed. Tradução de Michael Cole, José Cipolla Neto Luís S. M. Barreto e Solange C. Afeche. São Paulo: Martins Fontes, 1994.

Agradecimentos

Agradecemos à Financiadora de Estudos e Projetos/Programa Habitare e à Fundação Banco do Brasil – Etene/Fundeci, pelo apoio financeiro e pela viabilização da participação da Cooperjovens no Prosisal; aos alunos de graduação de diversas áreas (sociologia, química, engenharia, desenho industrial, arquitetura) que participaram do projeto; aos pesquisadores e técnicos dos laboratórios da Coordenação de Materiais do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (Ceped); e aos professores e técnicos do Colegiado de Química da Universidade do Estado da Bahia, Campus 1 – Salvador.