

## 4 Design e experimentação

Experimentamos a composição de elementos de obstrução solar externo - *brise-soleil*, painéis de vedação para parede, um módulo de cobertura – telha calhetão, arcos estruturais, tratamentos de bambu e material para a sobrecobertura. Nesses experimentos não se incluem testes mecânicos nem análises granulométricas de laboratórios especializados. Em paralelo foi testado o desenvolvimento de um aprendiz nessas técnicas.

Fizemos uso, nesses experimentos, do barro que estava à mão, seja no terreno do Colégio São Marcelo como nos barrancos do campus da PUC. A fibra utilizada foi o sisal, adquirido em lojas de materiais de construção. Tal escolha se deu por ser essa fibra facilmente encontrada e ter preço acessível.

O bambu, em sua maioria, veio do estoque do LILD de origem variada, sendo os colmos de bambus *Phyllostachys pubescens* (*mossô*) vinda de plantações em Osasco, SP. Algumas peças de *Phyllostachys aurea*, foram adquiridas em Nova Iguaçu, RJ. Algumas extraídas no campus da PUC, das espécies *Bambusa vulgaris* e *Bambusa tuldoides*. Outras, também de *Bambusa tuldoides*, extraídas da Fazenda Santa Lúcia, no Distrito de Banqueiros, Araruama, RJ. Outras ainda de *Bambusa tuldoides*, de um sítio na Estrada do Jacaré, em Piratininga, Niterói. Não foram levadas em consideração a origem desses bambus e a idade de colheita.

Nas amarrações foram utilizadas cordas diversas, buscando apenas a firmeza dos nós. Estes também variaram, visando à facilidade de execução, pois o sistema construtivo os utiliza em grande quantidade.

A resina aplicada foi de poliuretano vegetal, de duplo componente. Para a laminação do modelo reduzido da sala bolha foi utilizada resina de poliuretano monocomponente.

O método de aproximações sucessivas implica exaustivos experimentos em um processo contínuo na busca do objeto almejado. Tal abordagem metodológica aprimora o desenvolvimento das habilidades artesanais e mecânicas no trato e no conhecimento do comportamento da matéria disponível (CORREIA DE MELO,

2011). O desenvolvimento acontece em miniaturas, modelos mecânicos e protótipos (YAMAKI, 2012), valorizando também a interação entre os pesquisadores do Laboratório com outras áreas de conhecimento.

#### 4.1. Brises

Os elementos de controle solar de fachadas são de grande utilidade para as edificações nos climas quentes, pois obstruem o ingresso da radiação solar diretamente pelos vãos de iluminação e ventilação. O *brise-soleil*<sup>1</sup>, sistema composto por lâminas verticais ou horizontais, está presente em prédios que são referência para a arquitetura brasileira, como a Obra do Berço<sup>2</sup>, a ABI<sup>3</sup> e o MEC<sup>4</sup>, entre outros (figura 21). Suas lâminas podem ser de placas de concreto armado, de chapas metálicas (aço ou alumínio), de chapas de fibrocimento em caixilhos metálicos, de madeira ou de vidro laminado, entre outras soluções.



Figura 21: *Brise* vertical de chapas de fibrocimento em caixilho de ferro na fachada oeste da Obra do Berço; *brise* vertical em placas de concreto nas fachadas norte e oeste da ABI; e *brise* horizontal em chapas de fibrocimento em caixilho de ferro na fachada norte do MEC. Todos na Cidade do Rio de Janeiro.

<sup>1</sup> *Brise-soleil*: elemento de proteção solar externo à fachada, cujo uso foi difundido pelo arquiteto franco-suíço Le Corbusier e adotado pelos arquitetos modernistas, inclusive no Brasil.

<sup>2</sup> Obra do Berço: situada à Rua Fonte da Saudade, 281, Lagoa. Projeto de Oscar Niemeyer. Período da construção 1937/38. Foto: INEPAC: Instituto Estadual de Patrimônio Cultural. Guia de Bens Tombados – Consulta de Bem: OBRA DO BERÇO. Secretaria de Cultura do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: [www.inepac.rj.gov.br/modules](http://www.inepac.rj.gov.br/modules). Acessado em 18/02/13.

<sup>3</sup> Edifício da Associação Brasileira de Imprensa – ABI: situado à Rua Araújo Porto Alegre, 71, Centro. Projeto de Marcelo e Milton Roberto. Período da construção: 1936/38. Foto: FRACALOSSI, Igor. *Clássicos da Arquitetura: Sede da Associação Brasileira de Imprensa (ABI) / Irmãos Roberto*. *ArchDaily*. Disponível em: <http://www.archdaily.com.br/37838>. Acessado em: 18/02/13.

<sup>4</sup> MEC: Palácio Gustavo Capanema, situado à Rua da Imprensa, 16, Centro. Projeto em equipe composta por Lucio Costa, Carlos Leão, Oscar Niemeyer, Affonso Eduardo Reidy, Ernani Vasconcellos e Jorge Machado Moreira, com a consultoria de Le Corbusier. Período da construção 1936/45. Foto do autor.

#### 4.1.1. De varas de bambu

##### Problema proposto

Montar um artefato de proteção externa, um *brise-soleil*, com lâminas compostas por varas finas ou fitas de bambu, que obstrua os raios solares por sua geometria (figura 22), permitindo a passagem do vento pelos interstícios.

##### Condições de funcionamento

- i) Permeabilidade ao vento.
- ii) Fixação ao peitoril de janela exposto ao tempo de modo a avaliar o desgaste frente às intempéries.
- iii) Simplicidade de montagem.

As bandejas do *brise* foram confeccionadas com pontas de varas de bambu, da espécie *Phyllostachys edulis*, com 3,5 m de comprimento e diâmetro em torno de 2 cm.

Na amarração das fitas de bambu e da estrutura utilizamos fitilho (fita de polipropileno reciclado), comprado em rolo no comércio varejista.

Para a proteção do bambu aplicou-se resina de poliuretano vegetal de duplo componente.

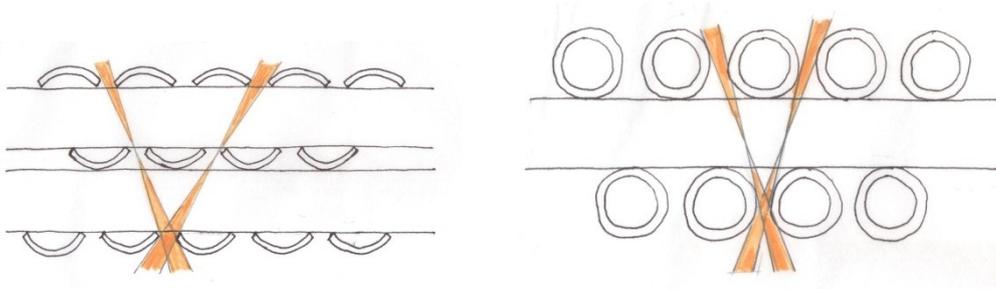


Figura 22: Obstrução solar por fitas, que mesmo em três camadas apresenta frestas na veladura. Assim como a de varas, em duas camadas, apresenta frestas.

##### Primeira lâmina

Cada vara foi aberta com facão em três fitas. Amarramos a extremidade de cada fita a uma vara de bambu, de modo a formar um quadro com aproximadamente 60 cm x 40 cm, composto por 30 fitas. O segundo quadro foi montado, com a mesma quantidade de fitas, e amarrado ao primeiro (figura 23).



Figura 23: Com dois quadros de fitas de bambu superpostos. Ainda é perceptível a visão do fundo, onde estão apoiados os quadros, mostrando que a máscara formada pelas fitas não compõe veladura completa, o que indica a necessidade de uma terceira camada de fitas.

Outro quadro foi montado – este com 29 fitas – e amarrado aos outros, compondo a primeira lâmina, com três camadas de fita e espessura aproximada de 6cm. Isso proporciona o mascaramento dos raios solares e ainda garante a permeabilidade ao vento.

### Segunda lâmina

Para compor a segunda lâmina do *brise*, utilizamos pontas de bambu com diâmetro em torno de um centímetro, sem fitá-las. Assim, bastariam apenas duas camadas para garantir o mascaramento do sol (figura 24).



Figura 24: Vista de topo da lâmina para o *brise*, composta por varas finas de bambu amarradas simultaneamente em duas camadas. Percebe-se o vazamento de luz entre as varas. Observar a complexidade da trama de fitilhos.

### Estrutura do *brise*

Em seguida foi montada uma estrutura amarrada, com quatro pés de bambu com diâmetro médio de 3 cm, para receber as lâminas, estas, por sua vez, amarradas com inclinação aproximada de 30° e espaçadas de 40 cm, garantindo o mascaramento parcial do sol (figura 25).



Figura 25: Pré-montagem do *brise* no LILD, ainda sem a aplicação de resina vegetal na estrutura e a colocação das proteções das cabeças em garrafas PET deformadas a fogo. A lâmina composta de fitas de bambu é a de cima.

### Fixação da estrutura

A estrutura foi transportada do galpão do LILD para ser fixada no peitoril da janela da sala L229, no Prédio Cardeal Leme no campus da Rua Marquês de São Vicente, onde funcionava o Laboratório de Conforto Ambiental do Curso de Arquitetura e Urbanismo. Essa fachada é voltada para o noroeste, com boa exposição à radiação solar no período da tarde.

O *brise* ficou exposto no parapeito até o Laboratório de Conforto Ambiental ser transferido para outro local, ou seja, por um período de 18 meses. Os bambus utilizados nas lâminas não receberam nenhum tipo de tratamento, e isso foi intencional, para observar o seu desgaste em laboratório natural.

### Medição da permeabilidade ao vento

Antes da instalação foi feita a medição de permeabilidade ao vento no Laboratório de Conforto Ambiental, comparando a de fitas em camada tripla com

a de bambu roliços em duas camadas. O insuflador<sup>5</sup> foi colocado a um metro de distância e ajustado para a velocidade de 1,8 m/s. O anemômetro<sup>6</sup>, a dez centímetros da face oposta. Os resultados obtidos foram os seguintes: a bandeja com duas camadas de bambu roliço registrou uma queda de velocidade de 1,8 m/s para 0,6m/s, ou seja, uma redução de 66%. A bandeja com três camadas de fitas de bambu registrou a queda de velocidade de 1,8m/s para 0,4 m/s, ou seja, uma redução de 78%.

### Consumo de materiais

De início escolhemos 40 pontas de bambu para fatiar em três, no total de 120 fitas (destas foram selecionadas as melhores para compor a lâmina). Foram executados 186 nós do tipo fiel, para formar a lâmina com 89 fitas em três camadas. A segunda lâmina consumiu 93 pontas de varas de bambu, em duas camadas, totalizando 190 amarrações. A estrutura necessitou de 16 amarrações.

No total foram executados 392 nós para a montagem de duas lâminas de *brise* com comprimento de 60 cm cada uma, fixadas a uma estrutura de quatro pés. Transpondo estas quantidades proporcionalmente para um metro quadrado de *brise* teremos o consumo de 220 metros de pontas de bambu e 790 amarrações.

### Vantagens do sistema

Nos *brises* com lâminas maciças, no horário em que estão expostos diretamente ao sol, o calor absorvido pelas lâminas é irradiado pela face interna, reduzindo o seu rendimento. Por exemplo, no Edifício da ABI (figura 20), com *brises* em lâminas de concreto, este efeito é perceptível e descrito por Corbella (2003, p.149):

“O maior inconveniente é que, sendo os para-sóis maciços, possuem uma inércia térmica muito grande, e o calor retido é dissipado pelo vento e pela irradiação infravermelha, aquecendo o interior do edifício e dificultando o conforto térmico das pessoas”.

No projeto original os *brises* seriam em lâminas de alumínio e, por questões de economia, foram executados em concreto. O alumínio polido, tecnicamente, apresenta rendimento superior ao concreto para utilização em lâminas de *brise*,

<sup>5</sup> Insuflador: da Ventsilva, com 30cm de diâmetro.

<sup>6</sup> Anemômetro: minipa modelo MDA-II, de palheta.

devido à baixa absorptância<sup>7</sup> superficial, refletindo grande parte da energia solar incidente, e à baixa emitância<sup>8</sup> superficial para radiações térmicas na faixa do infravermelho.

A vantagem do sistema proposto é a grande capacidade de dissipação da radiação solar absorvida, devido à soma das áreas superficiais das fitas, três vezes maior do que uma lâmina lisa, reproduzindo o princípio dos radiadores. Neste processo, em virtude do espaçamento das fitas, o ar aquecido ascende diretamente através da lâmina, com menos transmissão para o interior do prédio.

Na lâmina de varas roliças ocorre o mesmo processo. O fato de ter uma camada a menos é compensado pelo perímetro das varas, cuja soma é equivalente às três camadas da lâmina de fitas de bambu.

### Observação de desgastes

Durante o período de exposição constatamos o rápido surgimento de fungos na parte interna das fitas e o ressecamento da face superior. Muitas fitas apresentaram empeno, sem que, no entanto, surgissem rachaduras.

As varas roliças de bambu não apresentaram fungos nem empenos evidentes. Apenas o ressecamento pela exposição direta ao sol. Não foi identificada a presença de insetos xilófagos<sup>9</sup>.

Devido à ação do vento, a bandeja de fitas afrouxou a amarração, com isso permitindo a movimentação e o deslocamento de algumas fitas. A estrutura permaneceu rígida e em bom estado de conservação.

### Comentários

O *brise* estava rígido ao ser retirado, tendo oferecido boa resistência às intempéries, apenas na lâmina dos bambus fitados foi notado um afrouxamento da amarração. Como esse afrouxamento não ocorreu na outra bandeja, concluímos se tratar de falha no estrangulamento dos nós (que estavam sendo executados pela primeira vez) e não como consequência direta da exposição ao vento e à insolação.

---

<sup>7</sup> Absortância: quociente da taxa de radiação absorvida por uma superfície pela taxa de radiação incidente sobre esta mesma superfície.

<sup>8</sup> Emitância: taxa de emissão de radiação por unidade de área W/m<sup>2</sup>.

<sup>9</sup> Xilófagos: insetos que se alimentam de madeira e de materiais celulósicos.

Como as varas roliças não apresentaram empeno aparente nem rachaduras ou a presença de fungos, concluímos que o bambu íntegro é mais resistente às intempéries do que quando fitado, no caso da exposição direta.

Tanto as garrafas PETs deformadas sobre as cabeças dos pés da estrutura quanto a película de proteção em resina vegetal estavam íntegras, demonstrando boa resistência às intempéries durante o período em que ficaram expostas.

O desempenho da lâmina com bambu roliço foi superior à da lâmina com fitas, pois, além de proporcionar a mesma obstrução aos raios solares, com uma camada a menos do que a lâmina de fitas, apresentou melhor aerodinâmica nas medições, em torno de 20% mais permeável à passagem do ar.

O aprendiz não teve dificuldades em assimilar as tarefas, aumentando o seu desembaraço com a repetição. Ocorreram erros iniciais com a utilização da resina, como a inversão da proporção dos componentes nos primeiros traços executados e o descuido na observância do tempo para a utilização da resina, perdendo um traço preparado e inutilizando uma trincha. Utilizamos o redutor *Tempo 2001* como solvente para reaproveitar a trincha.

#### 4.1.2. De fibrobarro

Hidalgo-Lopes (1981, p.59) apresenta um esquema para construção de placas de argamassa estruturadas por malha de bambu (figura 26), do qual parti para a realização de um *brise* conjugado com o fibrobarro, com algumas transformações do sistema de suporte. Em vez da malha ortogonal, a malha em losangos, das estruturas pantográficas (ALVARES, 2008) e dos painéis para taipa de sopapo (XAVIER, 2009). Em vez de argamassa preenchendo os interstícios do bambu, foram utilizadas mantas de fibrobarro (LEME, 2008) revestindo a estrutura por ambas as faces.

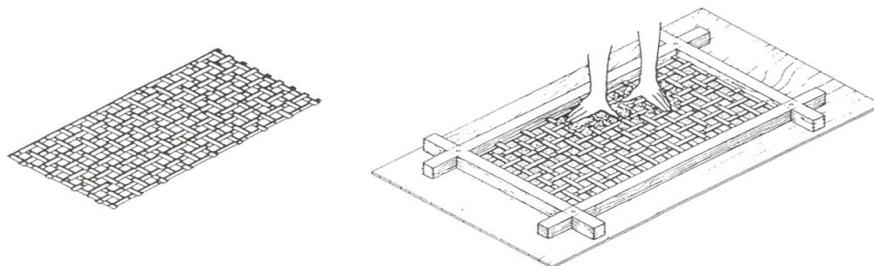


Figura 26: Desenhos extraídos da prancha nº 53, “construcción de plaquetas para mesa de cocina y antepechos – con mallas de bambú”, do arquiteto Oscar Hidalgo Lopes.

### Problematização

Montar um artefato de proteção externa, *brise-soleil*, com lâminas de fibrobarro estruturado com bambu.

### Condições de funcionamento e execução

- i) Integridade de uma manta de fibrobarro.
- ii) Resistência às intempéries.
- iii) Facilidade de aprendizagem.

### Materiais

Para a confecção da estrutura das lâminas foram utilizados *Phyllostachys edulis*, da mesma origem do *brise* de bambu. Já a estrutura deste *brise* foi composta por pedaços de bambu da espécie *Bambusa tuldoide*, extraído da Fazenda Santa Lúcia, no distrito de Banqueiro, em Araruama, RJ. Esse bambu foi colhido em 11/05/07, sendo cortada uma vara com 4m de comprimento. A base apresentava diâmetro de 4,8 cm e a extremidade, diâmetro de 3,4 cm. Seccionado em quatro pedaços de um metro, pesou 958g no trecho mais espesso e 655g no trecho mais fino. Guardados à sombra e pesados novamente em 16/12/08, registraram 572g e 315g, o que indica a redução de 40% e 50%, respectivamente, dos seus pesos originais, devido à perda da umidade.

O sisal para o fibrobarro foi adquirido em loja de material de construção. O barro utilizado veio das escavações no campus São Marcelo. Nas amarrações, usou-se fitilho de polipropileno. Para a proteção do bambu e impermeabilização do fibrobarro, foi utilizada resina poliuretânica vegetal de duplo componente.

### Primeira lâmina

Iniciamos com a confecção das bordas das bandejas de fibrobarro com 60 cm x 40 cm, com varas de 2 cm de diâmetro abertas ao meio. Na trama diagonal essas varas foram abertas em três fitas para permitir o entrelaçamento. A melhor acomodação das fitas ocorreu com o espaçamento em torno de 5 cm, não necessitando de amarração devido à rigidez auferida pelo entrelaçamento. A trama entrelaçada foi amarrada às bordas com fitilho (figura 27).

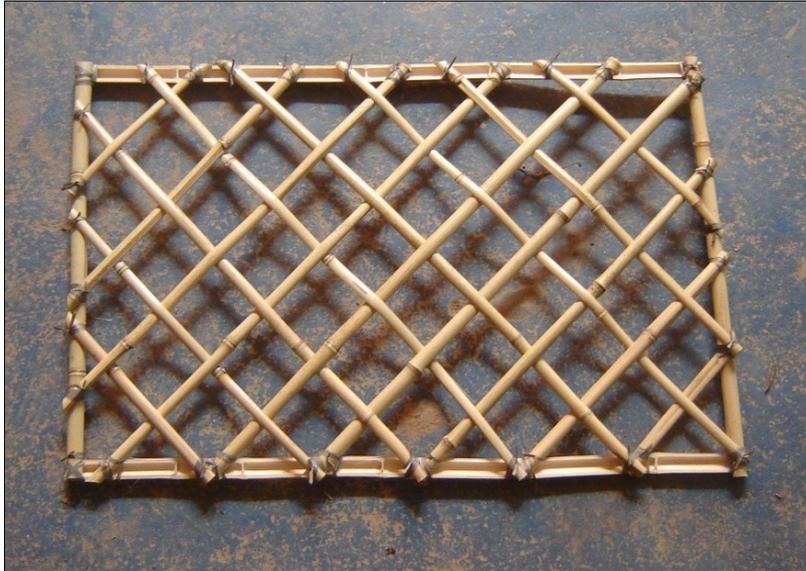


Figura 27: As fitas tinham em torno de 1cm de largura e espessura de 4mm, permitindo os abaulamentos necessários ao entrelaçado. A rigidez obtida com este sistema garantiu o travamento entre as fitas.

Em paralelo, para a confecção do fibrobarro, o barro foi peneirado inicialmente na ciranda (peneira com malha de  $\frac{1}{4}$ "') e na peneira nº 4 (feijão), sendo em seguida misturado com água até adquirir bastante plasticidade e posto para descansar numa tina coberta para manter a umidade. Passados três dias foi revirado e considerado pronto para o uso.

Para compor uma das faces da primeira bandeja lançamos mão de uma manta com 25 cm de largura, guardada no LILD, a fim de testar a sua integridade depois de seis meses enrolada em filme plástico. A manta foi estendida sobre a mesa com a face mais fibrosa voltada para cima e cortados, com facão, dois pedaços com 60 cm de comprimento, que foram umedecidos e emendados. Essa união é feita com o esgarçamento manual das bordas, de modo a expor as fibras. Em seguida as fibras foram emaranhadas e molhadas, recebendo o barro úmido, que é pressionado com os dedos, a fim de preencher os interstícios e recobrir toda a área superposta. Sobre a manta emendada foi colocada a estrutura de bambu treliçada e protegida com uma camada de fibras de sisal (figura 28).



Figura 28: Manta de fibrobarro acondicionada em rolo, protegida por filme plástico. Observar a grande quantidade de fibras de sisal incorporadas ao barro. Na outra imagem, as mantas cortadas já aparecem emendadas, sob a estrutura de bambu. Em primeiro plano, a outra estrutura recoberta com sisal desfiado.

No passo seguinte picamos a fibra de sisal com comprimento variando entre 2 e 3 cm e misturamos ao barro úmido da tina (figura 29). Em seguida, uma manta nova foi preparada diretamente sobre a estrutura de bambu da bandeja, assentada sobre a manta reutilizada, para completar o seu revestimento (figura 29). A manta reutilizada foi umedecida para facilitar a união entre as mantas nos espaços da trama de bambu. As bordas das mantas foram entrelaçadas para recobrir a estrutura da lâmina, deixando à mostra apenas as pontas das varas de bambu atravessadas na lâmina para permitir a amarração à estrutura do *brise*. Peso registrado: 8,25 kgf.



Figura 29: O aprendiz corta, com tesoura escolar, fibras de sisal que serão misturadas ao barro úmido. Na outra imagem vê-se o sisal desfiado sobre as bandejas, tendo ao fundo a bandeja com a manta reutilizada por baixo, já no início de preparo da face superior.

### Segunda lâmina

A segunda lâmina foi montada com mantas novas, confeccionadas diretamente sobre a estrutura da lâmina, repetindo os mesmos procedimentos de

preparação da estrutura e de confecção das mantas executados na primeira lâmina do *brise*. O peso registrado neste caso foi de 8,40 kgf.

### Observações

Observamos no dia seguinte que a fixação entre a manta antiga e a nova não ocorrera por completo, exigindo o esgarçamento das bordas não aderidas e a aplicação de camada de fibrobarro como complemento. O mesmo ocorreu na segunda bandeja, feita com mantas novas. Foi observado também na superfície das bandejas o surgimento de diversas rachaduras devido à retração do barro, em particular nos locais de menor espessura de recobrimento sobre as fitas de bambu (figura 30). Essas rachaduras foram vedadas com aplicação de barro úmido diretamente sobre as fendas.



Figura 30: Lâmina em processo de secagem apresentando rachaduras cujas principais estão na horizontal, sobre as varas de bambu atravessadas, onde ocorre a flexão da manta sobre essas costelas de bambu. As rachaduras, porém, estão presentes em outras direções ao longo de toda a placa. Na outra imagem, as lâminas já estão com as superfícies recuperadas, em processo de secagem.

### Fixação da estrutura

Para a fixação das lâminas à estrutura do *brise* foram amarrados dois pedaços de bambu atravessados, com as pontas excedentes ao comprimento da bandeja. A estrutura de bambu recebeu o mesmo tratamento superficial com resina e encabeçamento com PET. As bandejas de fibrobarro foram impermeabilizadas com aplicação de duas demãos de resina, visando resistir à exposição às intempéries.

O *brise* foi instalado no mesmo peitoril do Laboratório de Conforto Ambiental e fixado através de pontas de vergalhão de ¼” perfurando os nós do bambu, chumbados com argamassa de cimento e areia (figura 31).



Figura 31: Observa-se o encabeçamento com garrafas PET deformadas por calor. O brilho na superfície do fibrobarro é resultado da aplicação de resina. No momento do registro fotográfico, apenas a bandeja superior, com a manta reaproveitada, estava colocada.

### Medições

Da mescla de barro preparada, uma parte foi extraída para observações: além do corpo de prova em tubo de PVC (descrito no item 3.2 – A matriz de barro cru), foi utilizada uma bandeja plástica (com 25 cm x 35 cm), que teve cerca de 1/3 do seu comprimento revestido com uma camada de 1cm de espessura. A bacia foi colocada à sombra para a secagem e acompanhamento da retração (figura 32).



Figura 32: Percebe-se o aparecimento de rachaduras na superfície do barro já no terceiro dia de exposição. Nesse momento o barro ainda se encontrava bastante úmido.

Oito dias após a confecção dos corpos de provas, constatou-se que não estavam secos, mas se pôde perceber, no tubo de PVC, a progressão da retração do cilindro de barro tanto na altura quanto no diâmetro, mesmo que em pequenas proporções. Na bandeja, sem aplicação de desmoldante, as rachaduras provocadas pela retração do barro eram visíveis em várias direções, algumas profundas, seccionando a placa.

Depois de 30 dias a placa de barro na bandeja foi considerada seca para a finalidade a que se destinava. A placa de barro apresentou várias rachaduras, sendo a maior com 6 mm de largura e vazando a placa. Se somarmos os vãos das rachaduras que ocorreram na placa, paralelas à borda solta da bacia, com total de 17 mm, e dividirmos pela dimensão da placa, obteremos uma retração horizontal aproximada de 15%.

### Comentários

Quando esse *brise* foi desmontado (18 meses após sua instalação), sua estrutura estava em bom estado, porém com lâminas desgastadas, principalmente a superior, devido ao gotejamento de aparelhos de ar condicionado situados em pavimentos acima. Identificamos como pontos fracos as junções das varas de bambu salientes com o fibrobarro. Elas se abriram, permitindo a entrada da água para o interior das lâminas. Outro ponto fraco identificado, em menor proporção, foram as bordas, que sofreram desgaste pela água gotejada dos aparelhos de ar refrigerado.

A água no interior da bandeja, onde se encontra o barro cru desprotegido, teve por consequências:

- i) a água absorvida ficou retida, aumentando o peso da bandeja, pois, como as faces externas estão revestidas por uma camada impermeável de resina, fica impedido o seu retorno ao exterior;
- ii) com o barro cru umedecido, ocorreu o descolamento da película externa do fibrobarro (espessura em torno de 2 mm), que ficou impregnada pela resina impermeável. O barro úmido em seu estado plástico perde a capacidade de ancorar as fibras vegetais que estão incorporadas à resina, ocorrendo o descolamento.

Por outro lado, essa capa íntegra composta de fibrobarro impregnado de resina é bastante flexível, como um couro, e apresenta boa resistência ao rasgo, ou seja, ao cisalhamento.

### Inferências

O problema de aderência entre as mantas, identificado nas bordas das bandejas, parece estar mais relacionado à inflexão da manta sobre a borda. Se a

junção, tanto entre mantas novas ou entre antigas, for distante das bordas, não se desfaz.

Com esse experimento comprovamos a possibilidade de armazenamento e reaproveitamento do fibrobarro. Essa comprovação também se deu em outras situações como, por exemplo, na montagem da lagarta<sup>10</sup>. Mesmo quando a manta guardada estava mais ressecada e quebradiça, era possível utilizá-la, bastando umedecê-la para recuperar a sua integridade. Leme (2008, p.180), em seus experimentos, promove a emenda do fibrobarro: “(...) mesmo depois de ter sua forma estabelecida, foi seguidamente modificado, sendo sempre recomposto com bandagens e lâminas de manta de juta com barro e PVA diluído em proporção de 1:2”.

As técnicas foram facilmente assimiladas pelo aprendiz.

## 4.2. Painéis

No memorial descritivo do anteprojeto para a Vila Monlevade, em Sabará, MG, em 1936, Lúcio Costa propõe, como fechamento de um prédio em estrutura de concreto armado sobre pilotis, um sistema construtivo leve com painéis de madeira para taipa de sopapo, “(...) uma das particularidades mais interessantes (...) é, precisamente, esta de tornar possível – graças ao emprego da técnica moderna – o aproveitamento desse primitivo processo de construir, quiçá dos mais antigos (...)” (COSTA, 1936, p. 118) (figura 33).

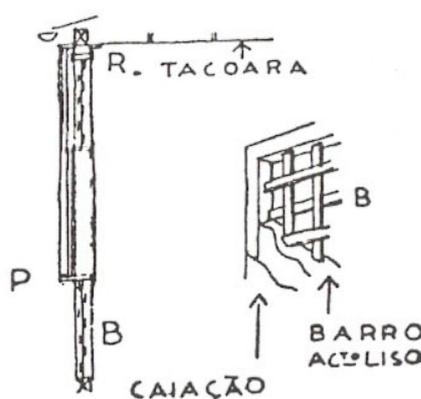


Figura 33: Croquis de Lúcio Costa para fechamento externo com taipa, MG.

<sup>10</sup> Lagarta: Espaço de exposições montado na etapa PUC da mostra *Estruturas de Bambu – materiais não convencionais e tecnologias sustentáveis*. Foi produzida para a Rede Brasileira do Bambu pelo LILD da PUC-Rio e pelo LASE da UFMG. Realizada de 07 a 15/09/2011 no pilotis do Prédio Kennedy, no campus da PUC-Rio, e de 22/11 a 01/12 no prédio da Reitoria da UFMG.

Em 1963, no projeto da comunidade de Cajueiro Seco, PE, Acacio Gil Borsoi desenvolve um sistema de fabricação industrial de painéis de madeira para taipa de sopapo. “A proposta que fazemos é a de racionalizar e pré-fabricar um processo construtivo dos mais antigos do mundo (...)” e constata: “(...) verificamos que racionalizando a fabricação dos entrelaçados (...) chegaria à duplicação da área vedada, com o emprego da mesma quantidade de material, dando, assim, maior rendimento” (BORSOI, 1963, p. 12) (figura 34).



Figura 34: Painéis pré-fabricados com trama ortogonal para taipa, em Cajueiro Seco, PE.

A Fundação Centro de Desenvolvimento das Aplicações de Madeiras no Brasil (DAM) publica, em 1985, a primeira edição do livro *Taipa em Painéis Modulados*, que “(...) incorpora em sua concepção o contínuo elo entre o legado da tradição e o impulso da modernidade”. Nesse livro descreve-se o processo construtivo: “(...) constitui-se de dois momentos básicos: corte das peças de madeira e elaboração dos painéis, que se dão previamente na marcenaria, e a construção propriamente dita, que se dá no canteiro de obras” (1985, p. 9). O barreamento é feito no local (figura 35).

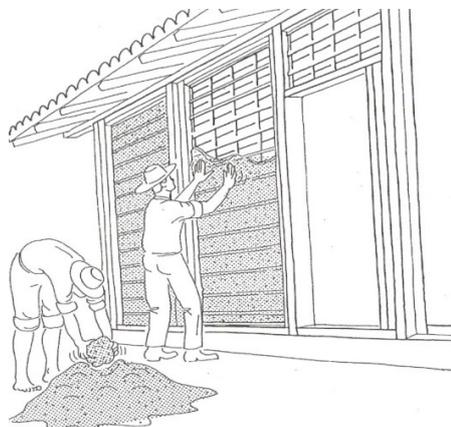


Figura 35: Croquis de painéis pré-fabricados para taipa com trama ortogonal (DAM, desenho 40, p.47).

Esses sistemas construtivos descritos acima, com painéis para aplicação de barro, mantêm a técnica tradicional do engradamento ortogonal.

“(…) é uma técnica vernacular amplamente disseminada pelo território nacional, e consiste em um tipo de vedação formada por paus roliços (...), aos quais perpendicularmente são colocadas ripas, varas ou bambu, tanto de um lado quanto de outro” (XAVIER, 2009, p.26).

“A forma mais comum parte da construção de um requadro de galhos: os verticais são fincados no chão e neles se encaixam ou amarram os horizontais” (WEINER, 2005, p.262).

A técnica utilizada no LILD para o entramamento é a pantográfica, formando malha losangular, com a vantagem de se adaptar a qualquer abertura e ser fácil de transportar. Os primeiros experimentos na PUC com estruturas pantográficas foram desenvolvidos pelos professores Ripper e Ana Branco, com ripas de ipê. Na década de 1990.

Em 2006 são realizados, por Xavier (2009, p.120), os primeiros testes de revestimentos: um painel de madeira para taipa de sopapo com trama losangular, barreado com uma mescla de barro com fibras de coco. Quanto ao seu rendimento, observou-se que:

“O sistema misto pantográfica em bambu com barro enriquecido de fibras, minimiza o consumo das matérias-primas (...) tendo como base de comparação os sistemas convencionais de taipa de sopapo observado nas comunidades estudadas.” (XAVIER, 2009, p. 157).

O que confirma a experiência de Borsoi (1963). Alvares utiliza a pantográfica ogival como estrutura suporte em seus experimentos (2008, p.77).

A vantagem da trama losangular sobre a ortogonal está na facilidade de condução dos esforços exercidos pelo peso do barro sobre a trama em direção à base da parede, além de aumentar a pressão mecânica. Todos esses sistemas, porém, preveem o barreamento dos quadros depois de fixados na obra. Isso exige que esta etapa do painel seja executada no local, já com a cobertura concluída, para a proteção do barro cru.

### 4.2.1. Painel sanduíche de fibrobarro com isopor

#### Problematização

Poderia um painel do tipo sanduíche, revestido de fibrobarro, ser suficientemente leve com a espessura proposta para o manuseio, transporte e instalação, e apresentar resistência térmica para os padrões exigidos na NBR 15.570?

#### Condições de funcionamento

- i) O painel sanduíche de vedação deverá ser leve, com faces em fibrobarro e miolo de material isolante térmico, reciclado.
- ii) A resina poliuretânica deverá ter boa aderência simultaneamente ao fibrobarro e à superfície do isolante térmico.
- iii) O painel deverá resistir às intempéries.
- iv) Deverá ter baixa resistência térmica.
- v) O painel deverá ser de fácil fabricação manual.

#### Materiais

O barro utilizado foi o mesmo do experimento com o *brise*, coletado das escavações no campus do colégio São Marcelo. O sisal para compor o fibrobarro foi adquirido em loja de material de construção. A placa de poliestireno expandido (isopor) foi encontrada no lixo da PUC-Rio. Para a aderência da placa de fibrobarro ao isopor e para a impermeabilização superficial do fibrobarro, aplicamos a resina poliuretânica vegetal de duplo componente.

#### Técnica de fabricação

Peneiramos o barro excedente do experimento do *brise*, que já havia passado pelas peneiras de feijão (de nº 4) e de arroz (de nº 8). A expectativa era que, com o barro mais fino, o tempo de descanso poderia ser reduzido. Em seguida esse barro foi misturado com água até ficar bem plástico (maleável) e colocado para descanso numa tina coberta, para não perder umidade. De fato, passados dois dias, constatamos que a mescla estava uniforme, pronta para o uso.

Em paralelo, o sisal foi desfiado e picado, com tesoura escolar, em pedaços médios de 5 cm, e em seguida misturado ao barro. As mantas foram confeccionadas sobre uma chapa de laminado melamínico brilhante, para não aderir à superfície. Sobre o laminado foi espalhada uma *nuvem* de sisal desfiado, sem picar, de tamanho variado, e sobre ela lançada, aos punhados, a mistura de

barro úmido com sisal. Essa mescla é pressionada repetidamente com a ponta dos dedos das duas mãos para garantir sua mistura com a *nuvem* de sisal. Em seguida é batida e alisada com a palma da mão para dar acabamento superficial.

As mantas secaram à sombra por um mês. Depois de secas apresentaram a espessura média de um centímetro (figura 36). Observamos que a face inferior não apresentou bom acabamento, deixando fibras de sisal à mostra.



Figura 36: Manta de fibrobarro seca, sendo visível a trama de pequenas rachaduras devido à retração do barro, estruturado pelas fibras de sisal. O aprendiz executando o corte da manta à faca, o que demonstra a facilidade de manusear uma manta.

Cortadas as mantas no tamanho das placas de isopor, aplicamos uma demão de resina na face da manta e na face do isopor que iam se unir. A face da manta, devido às rachaduras superficiais, absorveu mais do que o dobro da quantidade aplicada sobre o isopor. Aguardamos cerca de cinco minutos até as superfícies estarem em ponto de toque (procedimento adotado para cola de contato), superpomos as duas faces, com o isopor por cima. Repetimos o procedimento para colar a manta superior de fibrobarro, compondo o painel.

O segundo painel foi montado do mesmo modo. Sobre os dois painéis recém-montados colocou-se objetos pesados para pressionar as interfaces com resina enquanto secavam. Essa resina já tinha demonstrado uma boa aderência ao fibrobarro no *brise* e agora estava sendo testada como cola ao isopor, que é um polímero do petróleo.

Passados dois dias, retiramos os pesos e manuseamos os painéis para testar a aderência das faces, que responderam bem à colagem. Aplicamos a resina sobre as faces externas de fibrobarro de modo a impermeabilizá-las.

## Medições

Quando pesadas, as placas apresentaram os valores de 4,04 kgf e 3,92 kgf, resultando na média de 3,98 kgf. Como tinham 28 cm x 30 cm, teremos o valor de 39,26kg/m<sup>2</sup>. Subtraindo o peso deste isopor, cuja densidade é de 22kg/m<sup>3</sup>, chegamos à conclusão de que o fibrobarro das placas que confeccionamos tinha densidade em torno de 1.575 kg/m<sup>3</sup>, próxima à densidade de 1500kg/m<sup>3</sup> alcançada por Leme (2008, p.157) em seus experimentos (ver cálculos no apêndice 4) (figura 37).



Figura 37: Face do painel impermeabilizada, percebendo-se a trama de rachaduras superficiais do fibrobarro. Painel visto de topo, mostrando o acabamento irregular da borda do fibrobarro cortado à faca, que, mesmo recebendo resina, não ficou uniformemente impermeabilizada.

Propositadamente um dos painéis foi deixado ao tempo, exposto às intempéries, apresentando em três meses a deterioração onde observa-se a película externa impermeabilizada semidesprendida. Esta *pele*, formada de resina de poliuretano, barro e sisal, com espessura de 1 a 2 mm, além de íntegra, apresenta boa flexibilidade. A região próxima à quina sofreu maior desgaste, expondo as fibras de sisal. Esta pele estruturalmente pode ser considerada uma fibroresina, onde o barro entra como carga. (figura 38).



Figura 38: Painel de fibrobarro com miolo de isopor, após exposição às intempéries.

### Transmitância térmica

A transmitância térmica do painel de fibrobarro com miolo de isopor foi medida conforme os procedimentos prescritos na norma ABNT NBR 15.220 (ver apêndice 5) obtendo-se o valor de  $1,04\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ , atendendo com folga às exigências mínimas de conforto térmico da NBR 15.575-4 (ABNT, 2008, p. 20), que na tabela 14 estabelece: para paredes cuja absorvância superficial da radiação solar for menor que 0,6 (paredes claras), a transmitância máxima permitida será de  $3,7\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ; para paredes cuja absorvância superficial for maior do que 0,6 (paredes escuras), como o barro que foi utilizado, a transmitância máxima admitida será igual a  $2,5\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ .

Apenas como comparação, de acordo com a tabela D 3, da Norma NBR 15.220-2 (2005, p.26), o desempenho térmico deste painel com 6 cm de espessura, quanto à transmitância, é superior a uma parede de tijolos furados com oito furos, emboçada pelos dois lados com espessura total de 44cm, cuja transmitância é de  $1,12\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ .

Cabe ressaltar que a maior contribuição para esse desempenho do painel vem do miolo de isopor, que é considerado um bom isolante, com condutibilidade térmica aproximadamente 18 vezes inferior à do fibrobarro. Fica esclarecido que condutibilidade térmica do barro é diretamente proporcional à sua densidade (Capítulo 3; tabela 2), dobrando o seu valor de  $0,6\text{ W}/\text{mK}$  para  $1,2\text{ W}/\text{mK}$  se a densidade crescer de 1400 kgf para 2000 kgf. O mesmo ocorrendo quando cozido.

### Observações diretas

A ancoragem da resina de poliuretano vegetal à superfície do isopor mostrou-se efetiva, permanecendo íntegra mesmo após a exposição às intempéries.

Assim como ocorrido no experimento do *brise* com lâmina de fibrobarro, a falha de impermeabilização nas bordas deixou que entrasse água, levando o barro cru ao estado plástico, o que permitiu o deslocamento da camada externa impregnada pela resina impermeabilizante.

Utilizando-se o isopor com miolo atingiu-se resistência térmica desejada e a leveza necessária ao transporte e manuseio de um painel. A aplicação da resina poliuretânica vegetal na interface garantiu a aderência do fibrobarro ao isopor, e na superfície externa, a impermeabilidade do painel.

O desgaste ocorrido durante a exposição do protótipo às intempéries foi causado por falhas nas bordas do fibrobarro, que podem ser sanadas. Para tanto, bastam um cuidado maior no acabamento de topo e esmero na aplicação da resina.

Em relação ao uso de isopor reciclado como miolo para uma produção seriada de painéis, isso só será viável se o isopor for reciclado em chapas com espessura e dimensões compatíveis com a especificação do painel.

A trama de rachaduras superficiais e o acabamento irregular da face inferior da manta aumentaram o consumo de resina tanto para a colagem quanto para a impermeabilização.

O aprendiz não encontrou dificuldades na confecção do painel.

#### **4.2.2. Painel sanduíche de fibrobarro com *honey-comb***

O miolo de papel celulose em colmeia, autoestruturado, chamado de *honey-comb*, é utilizado na confecção de painéis divisórios modulados para escritório<sup>11</sup>. Leve e biodegradável, é comercializado para a finalidade específica a que se propõe: confeccionar um painel. Os alvéolos do *honey-comb*, quando autoestruturados, formam câmaras estanques de ar que oferecem resistência à transmissão de calor, habilitando-o a tornar-se miolo para o problema colocado de produção de painéis isolantes.

##### Condições de funcionamento

- i) Leveza, faces em fibrobarro e miolo isolante térmico.
- ii) A resina poliuretânica deverá ter boa aderência simultaneamente ao fibrobarro e à superfície de celulose do *honey-comb* autoestruturado.
- iii) O painel deverá resistir às intempéries.
- iv) Deverá ter baixa resistência térmica.
- v) O painel deverá ser de fácil fabricação manual.

##### Materiais

O barro utilizado foi o mesmo do painel anterior, assim como o sisal e a resina utilizada como cola e impermeabilizante superficial.

A colmeia de *honey-comb* foi cedida por Ecoplan<sup>12</sup>, do Paraná.

<sup>11</sup> Painéis modulados para escritório: do tipo “Divilux 35 da Eucatex”, chapa dura de fibras de eucalipto prensadas com acabamento em resina melamínica.

<sup>12</sup> ECOPLAN Comércio de Colmeias de Papel Ltda. – Curitiba, PR.

### Técnica de fabricação

Com uma manta excedente produzida para o painel com miolo de isopor, de espessura em torno de 9 mm, conseguimos compor um painel com miolo de *honey-comb* de 35 cm x 40 cm e 2,5 cm de espessura, reproduzindo o mesmo procedimento de colagem do painel anterior, para testar a aderência da resina à face de celulose do miolo. O tempo de secagem da resina se dá em torno de 20min, e a exposição das faces resinadas para colagem leva cerca de 5 minutos, dependendo da umidade do ar (figura 39). Dois dias depois, retiramos os pesos sobre o painel e constatamos que as mantas de fibrobarro estavam fortemente aderidas à face de celulose. O painel ficou com a espessura aproximada de 4,3 cm.



Figura 39: Aplicação de resina na face do *honey-comb* autoestruturado. Na imagem à direita, o painel já composto. Devido ao elevado consumo de resina não houve interesse em concluir a impermeabilização superficial.

Um segundo painel foi montado com dimensões de 40 cm x 70 cm. Desta vez a montagem aconteceu sobre uma chapa de laminado brilhante utilizada como fundo para as mantas anteriores, um gabarito de madeira, de 1,5cm de espessura e com 1cm a mais em cada dimensão do *honey-comb*, procurando obter melhor acabamento das bordas e compensar a sua retração.

Mudamos o procedimento inicial de espalhar uma *nuvem* de sisal sobre o fundo da forma. Em vez disso recobrimos o fundo da forma com uma fina camada de barro sem fibras para, em seguida, espalhar a *nuvem* de sisal, buscando obter uma superfície mais lisa na face inferior do fibrobarro. Repetiu-se o mesmo procedimento de lançar pelotas de barro misturada com fibras de sisal picado sobre a *nuvem*, pressionando-as com as pontas dos dedos até perceber que estavam incorporadas. Como o gabarito tinha altura maior do que as mantas confeccionadas anteriormente, espalhamos outra *nuvem* de sisal e lançamos mais

pelotas de mescla misturada com sisal picado, novamente pressionando com as pontas dos dedos até atingir a altura da forma.

O acabamento superficial foi obtido alisando a manta com as mãos, tendo o auxílio de uma régua de madeira apoiada sobre as bordas do gabarito para conferir a justeza da altura. Posta a secar à sombra, passados três dias o gabarito pode ser retirado e reutilizado na confecção de outra manta com os mesmos procedimentos. A manta que estava pronta permaneceu secando por mais 25 dias até completar um mês de cura. O mesmo tempo foi aguardado para a segunda manta.

À medida que as trincas superficiais foram surgindo durante o período de secagem, eram vedadas com mescla de barro sem fibras, para diminuir o futuro consumo de resina tanto na colagem quanto na impermeabilização superficial. Quando secas, as mantas foram viradas e pôde se observar que o acabamento do fundo ficara melhor com o espalhamento da mescla sem fibras no fundo. Mesmo assim, as rachaduras superficiais foram preenchidas com mescla úmida.

### Transmitância térmica

Calculou-se a transmitância térmica deste painel seguindo os procedimentos da NBR 15.220 (ver apêndice 7), e obtivemos o valor de  $2,67 \text{ W/m}^2\text{K}$ , atendendo às exigências mínimas de conforto da NBR 15.575 para paredes de cores claras, cuja transmitância máxima permitida é de  $3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Ultrapassou um pouco o máximo permitido para paredes de cores escuras (como da cor do barro utilizado), que é  $2,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Esta transmitância térmica, para efeito de comparação, aproxima-se de uma parede de alvenaria de meia vez (tijolos assentados de cutelo), com tijolos furados de 8 furos e 9 cm de espessura, emboçada pelos dois lados, com espessura total de 14 cm, cuja transmitância térmica indicada na tabela D.3 da NBR 15.220 é de  $2,49 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Se quisermos atingir a transmitância de  $2,50 \text{ W/m}^2\text{K}$  com esse tipo de painel, basta aumentar a espessura das placas de fibrobarro para 2,5cm (ver apêndice 7). Com isso, a espessura total subiria para 7,5cm e o seu peso por metro quadrado passaria de 48,50 para 77,65 kg/m<sup>2</sup>, perdendo o sentido de leveza e mobilidade.

O recomendado, neste caso, seria manter a espessura e aplicar na face externa resina com pigmento branco como impermeabilizante. Garantindo, pela

cor clara o aumento da refletância da superfície, em atendimento à Norma NBR 15.575.

#### Observações diretas

Os procedimentos de colagem das faces e de impermeabilização superficial foram iguais aos painéis anteriores, com bom resultado. O painel, depois de montado, ficou com a espessura total de 5,5 cm e pesou 13,60 kgf (ver cálculos no apêndice 6). Ou seja, um painel com 48,50 kg/m<sup>2</sup>, cuja densidade do fibrobarro atingiu 1.554 kg/m<sup>3</sup> (figura 40).

Com esta espessura o fibrobarro adquire características de placa e não de manta maleável, ou seja, quando produzido em espessuras mais delgadas o seu enrolamento se dá com facilidade.



Figura 40: Painel sanduíche de fibrobarro com miolo em colmeia de *honey-comb* e acabamento superficial impermeabilizante em resina vegetal. Este painel ficou exposto no Solar Grandjean de Montigny como peça produzida no LILD para a exposição “Encontros no Solar – Técnicas Convivenciais - Bambu e Terra 2010”.

### 4.3. Calhetão de fibrobarro

#### Antecedentes

O estudo das telhas de fibrobarro vem na sequência dos primeiros estudos realizados em paredes curvas e cascas de fibrobarro. O revestimento na figura 41, de bambu com fibrobarro, está em teste no fechamento lateral do Laboratório, com estrutura pantográfica de bambu, mantas de fibrobarro ou mantas de juta com

barro peneirado e cola de PVA diluída em água na proporção volumétrica de 1:2, executados por estagiários e pesquisadores do LILD.



Figura 41: As mantas foram colocadas pela face externa da estrutura pantográfica e viradas por sobre a estrutura de modo a recobri-la inteiramente. No detalhe, manta composta de trama de juta e barro misturado com resina de PVA diluída.

Leme (2008) e Alvares (2008) já haviam aplicado resina poliuretânica vegetal sobre uma cúpula ogival de fibrobarro: “(...) Com oito dias passados para a cura e estabilização do compósito, aplicamos um revestimento protetor em resina de mamona (...)” (LEME, 2008, p. 191) (figura 42). Alvares relata que a cúpula, figura 42, sofreu avarias depois de pronta, pois mesmo estando abrigada, “(...) toda a água proveniente da chuva acabava empoçando na base da casca” (ALVARES, 2008, p.71). Como o fibrobarro estava exposto na base e a face interna não recebera proteção impermeabilizante, a água empoçada encharcou a cúpula por capilaridade, tornando-a maleável.



Figura 42: Cúpula de fibrobarro projetada a partir do desenvolvimento de uma curva catenária, moldada sobre fôrma perdida de areia, com altura de 1,80m e diâmetro de 2,40m. No detalhe percebe-se a aplicação da resina poliuretânica vegetal pelo brilho da superfície externa e a borda inferior expondo a terra crua e as fibras de sisal, sem resina. Leme, 2008 e Alvares, 2008.

## Problematização

Módulos de cobertura em fibrobarro estruturados com bambu e impermeabilizados superficialmente por aplicação de resina poliuretânica vegetal.

## Condições de funcionamento

- i) O calhetão de fibrobarro deverá ser autoportante; vencer vãos de 3m de comprimento sem apoios intermediários e escoar com caimento a partir de 10%.
- ii) Deverá ser suficientemente leve para o manuseio por duas pessoas, ou seja, com peso máximo de 60kg.
- iii) O calhetão deverá resistir às intempéries.
- iv) Deverá ter baixa resistência térmica.
- v) O painel deverá ser de fácil fabricação manual.

## Modelo reduzido

Para uma estrutura de tal envergadura, a seção em “V” pareceu-nos a mais indicada. O ângulo interno de abertura ficou estabelecido em 120° e a largura total em 0,60m.

Os modelos foram primeiramente produzidos na escala de 1:10 (figura 43). A primeira questão a ser resolvida era a autoportância, de modo a não formar flecha acentuada no meio do vão que viesse a prejudicar o escoamento das águas pluviais, atendendo o caimento estipulado de 10%. Outra questão era o travamento necessário para resistir aos esforços resultantes do seu manuseio, pois, mesmo sendo confeccionado próximo ao local de uso, estaria sujeito a movimentações horizontais e ao erguimento, com a telha inclinada, até os topos das paredes, além dos ajustes sobre os apoios.

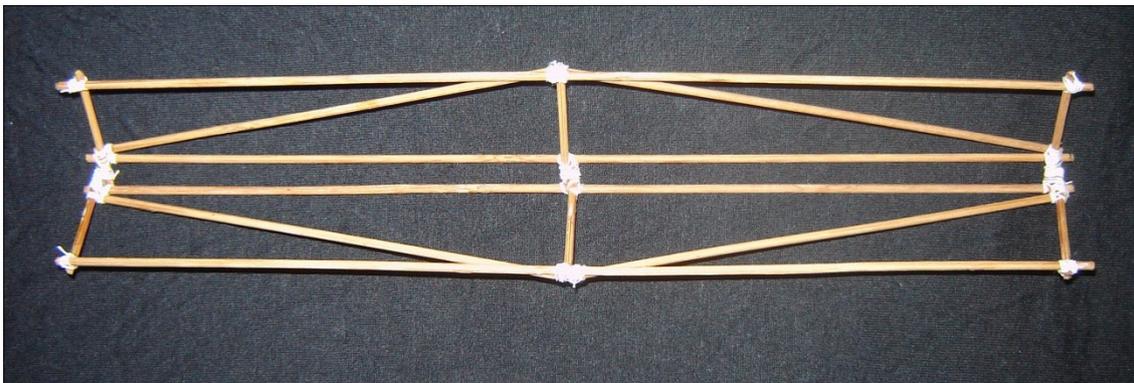


Figura 43: Vista superior do modelo reduzido confeccionado com varetas de bambu. As peças inclinadas nas laterais fazem o travamento da estrutura.

Nesta escala o modelo ofereceu resistência suficiente aos esforços de torção e flexão produzidos manualmente, mesmo cedendo um pouco, fato atribuído à

dificuldade da amarração miniaturizada e à falta da esteira de bambu, que aumentaria a resistência da estrutura suporte.

### Materiais

O bambu utilizado foi da espécie *Phyllostachys aurea*, com aproximadamente 2,5cm de diâmetro, adquirido em Nova Iguaçu, RJ. O bambu foi tratado com fogo, torneando na lenha, expondo-se o colmo recém-cortado à chama de uma pequena fogueira. O colmo foi passado algumas vezes em movimento de vaivém pela chama, até aflorar a seiva por exsudação. Em seguida esfrega-se uma flanela com a mão para puxar o brilho. A cura pela ação do fogo é um método tradicional que não utiliza proteções químicas.

Para o nosso caso, em que o proposto é o recobrimento com barro, este tratamento é inócuo, inclusive porque a maioria dos colmos utilizados foi partida ao meio para formar a esteira.

Empregamos barro de barranco peneirado em peneira nº 4 (“peneira de feijão”). Mesmo tomando-se o cuidado de desfazer os torrões, o aproveitamento pela peneira é cerca de 50% do volume extraído.

Para compor a mescla mistura-se manualmente com água, até atingir plasticidade e uniformidade e põe-se para descansar em tina plástica.

A resina vegetal utilizada é a de poliuretano de mamona bicomponente, cujo rendimento é de aproximadamente 3 m<sup>2</sup> por quilo por demão. A proporção da mistura é volumétrica, sendo uma parte do componente “A” (pré-polímero) e duas partes do componente “B” (catalisador). A corda de amarração foi de poliuretano estruturada, com diâmetro de 2 mm, vendida no comércio em rolos de aproximadamente 200 metros.

### Fabricação do suporte

Para a confecção da estrutura de bambu em escala real acrescentou-se mais um “V”, na intenção de reforçar a estrutura (figura 44).

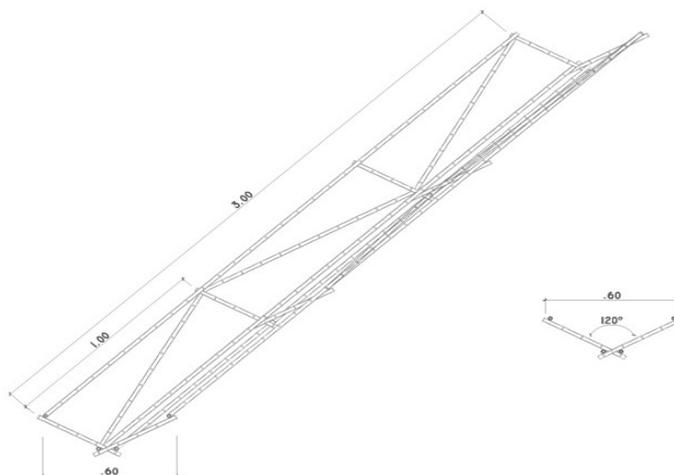


Figura 44: Croquis da estrutura conforme foi montada, em vista frontal e perspectiva.

Após as amarrações a conformidade da estrutura foi testada manualmente. Em seguida foram abertas outras varas de bambu para confeccionar uma esteira com o comprimento da telha, a ser amarrada sobre a estrutura, com a face externa para cima, formando o leito para o assentamento do fibrobarro. Esta decisão, de amarrar a esteira com a casca voltada para cima, teve o objetivo de garantir a face mais lisa para forrar o leito de escoamento, deixando a mais rugosa para baixo, de modo a proporcionar maior ancoragem do fibrobarro na face inferior da telha.

Xavier (2009) registrou, em pesquisa sobre casas de pau a pique em comunidades indígenas de Paraty, RJ, que:

“O desprendimento do barro é maior sobre as ripas de bambu devido à grande impermeabilidade da parte externa dos colmos (formada por silicato de cálcio). Já na parte côncava da meia cana, formada de tecido parenquimatoso, o barro adere de forma mais pronunciada, em razão da geometria favorável” (XAVIER, 2009, p. 32).

Confeccionamos o fibrobarro diretamente sobre o leito de fitas de bambu, para que o barro com as fibras de sisal preenchesse os interstícios entre as fitas de bambu e secasse já moldado ao local para maior aderência, com uma espessura média em torno de 1 cm. Não houve o registro da quantidade de barro e sisal aplicados, mas adotamos a prática descrita por Leme (2008, p.148) de introduzir grande quantidade de fibra vegetal à mescla de barro. Preenchida a superfície superior da esteira de bambu, deixamos a telha em descanso para a secagem.

### Observações diretas

Durante o processo de secagem observou-se que a retração do fibrobarro formou várias rachaduras que comprometeriam a superfície da telha para a função do escoamento da água. Então se aplicou uma gaze industrial de algodão e a pressionou-se com as mãos para aderir à superfície do fibrobarro, que ainda apresentava alguma maleabilidade. Sobre a gaze aplicou-se uma fina camada de barro úmido, para garantir o seu recobrimento e proporcionar uma superfície alisada com as mãos (figura 45). “As gazes são compostas basicamente de finíssimos fios de algodão tramados com espaçamento de 5 a 10 mm, e se notabilizam pela rusticidade e levíssimo peso por m<sup>2</sup>” (LEME, 2008, p.198).



Figura 45: Telha apoiada no piso de brita do LILD. As longarinas avançam para além das extremidades, para facilitar o manuseio, como uma padiola. As sobras laterais da gaze são intencionais, para virar sobre a face inferior, de modo que a emenda da gaze não ocorra nas bordas da telha.

Com a face superior seca foram observadas ainda rachaduras superficiais, porém de menores proporções, concentradas mais nas extremidades da telha do que na parte central, tanto próximo às abas quanto na bica de captação de água. Isso nos deu a impressão de ter alcançado uma superfície suficientemente uniforme para receber a aplicação da resina vegetal (figura 46).

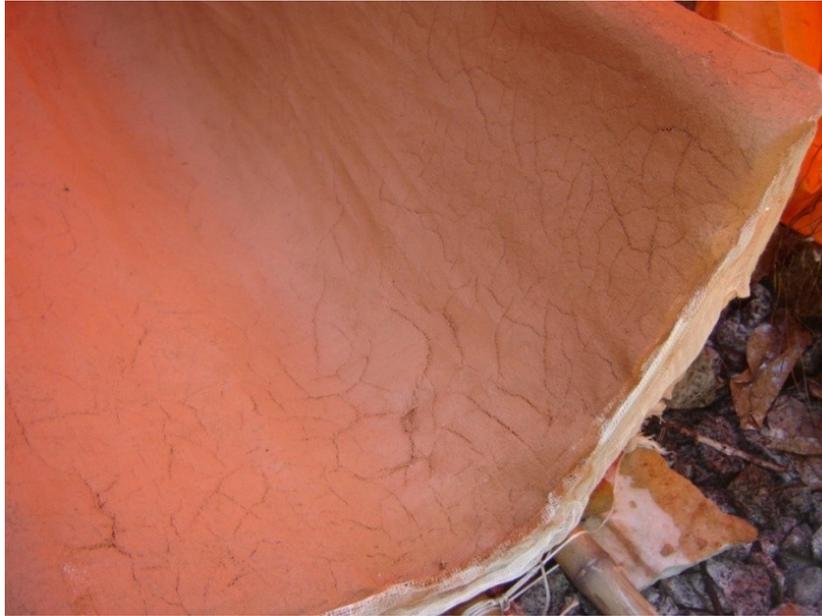


Figura 46: Observam-se as rachaduras, devido provavelmente à retração da camada de barro aplicada sobre a gaze numa das extremidades da telha, formando fendas estreitas.

### Técnicas de fabricação

No passo seguinte emborcou-se a telha e reproduziu-se os procedimentos de confeccionar o fibrobarro diretamente sobre o fundo da esteira, recobrimo inclusive a estrutura e os seus travamentos. Na semana seguinte, com o fibrobarro ainda em processo de secagem, foram esticadas e pressionadas as sobras laterais da gaze da face superior de modo a aderir ao fibrobarro. Complemento-se o trecho que faltava com outra faixa de gaze para garantir o recobrimento completo da parte inferior da telha. Sobre a gaze, como executado na face superior da telha, aplicou-se uma fina camada de barro úmido alisada com as mãos.

Decorridas três semanas, com o fibrobarro considerado seco para o manuseio, aplicou-se com trincha uma demão de resina vegetal sobre toda a superfície da face inferior da telha. Em seguida, com a resina ainda não totalmente endurecida, aplicou-se mais resina nas gretas das rachaduras de retração para garantir a continuidade da película impermeabilizante.

Dois dias após, com a resina seca, a telha foi desvirada para a aplicação da resina na face superior. A superposição desses materiais está representada na perspectiva expandida (figura 47).

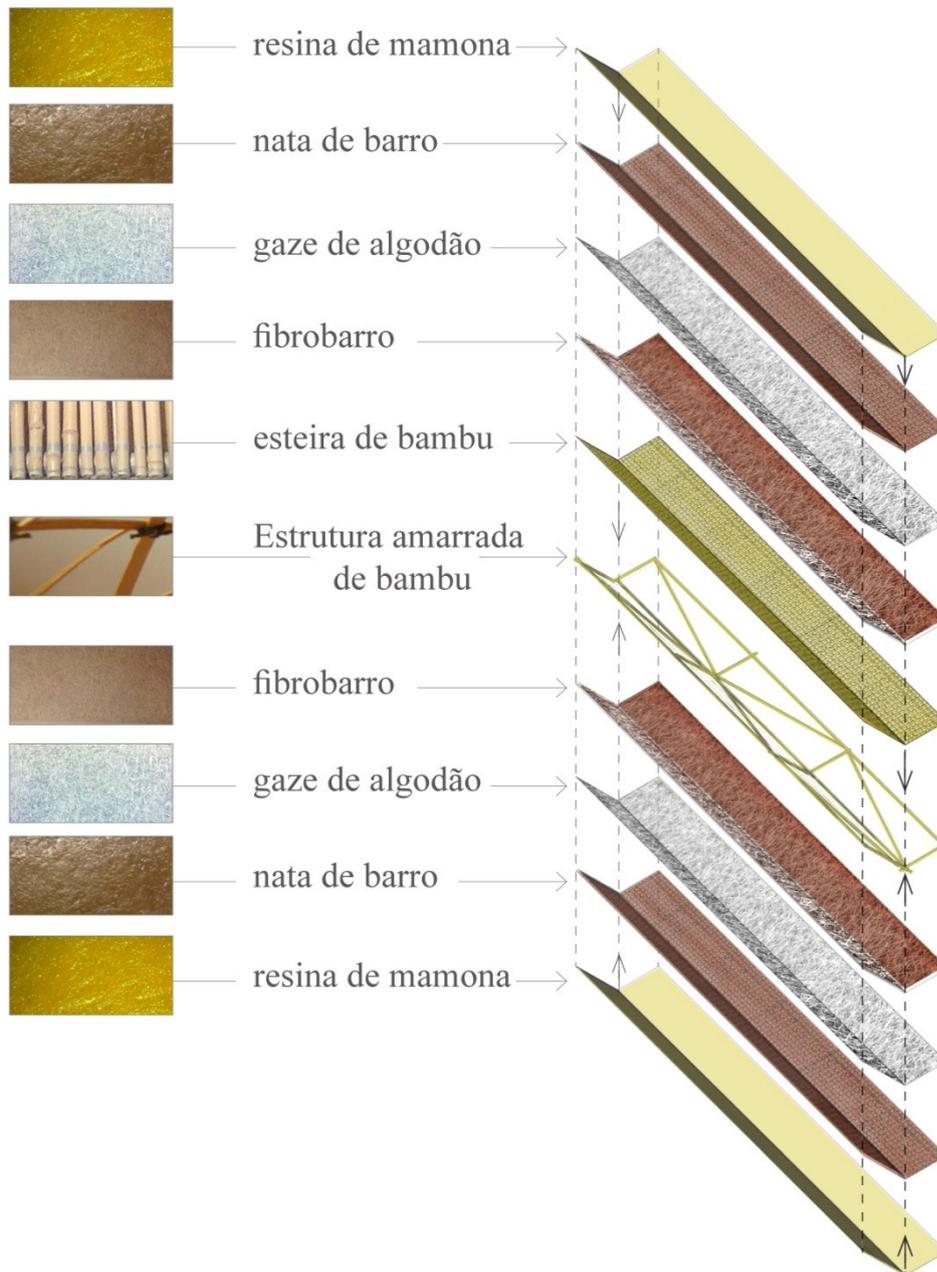


Figura 47: Perspectiva expandida da telha.

### Observações diretas

Com o acréscimo do peso do fibrobarro aplicado na face inferior, percebeu-se que ao desvirar a telha ocorreria uma pequena movimentação numa aba, resultando na rachadura da camada superficial de barro aplicada sobre a gaze ao longo da bica da calha, com perda de material, expondo a gaze em alguns pontos. Observou-se também o descolamento da gaze do fibrobarro nestes mesmos pontos.

É importante registrar que outros experimentos no LILD, com amarrações enrijecidas por aplicação de bandagem de manta de juta embebida com resina poliuretânica vegetal sobre os nós de amarração apresentou maior rigidez do que a amarração da estrutura apenas com o estrangulamento dos nós.

Como o estrago não pareceu ser grande resolveu-se repará-lo recolocando barro úmido nos locais deteriorados e vedando as rachaduras oriundas da retração, que surgiram após a primeira aplicação da camada de barro úmido. Tomando o cuidado de umedecer também as bordas, como fizera Xavier: “(...) foram preenchidas as fissuras do processo de retração (...) tendo sido o painel previamente umedecido com um vaporizador manual, de forma a propiciar uma melhor adesão do preenchimento” (XAVIER, 2009, p.124).

Tendo aguardado o tempo de secagem (três dias), aplicou-se a resina vegetal na face superior da telha, conforme realizado anteriormente na fase inferior.

### Movimentação e pesagem

A telha foi pesada em balança digital, na condição de impermeabilizada e seca. A telha foi colocada sobre dois cavaletes e cingida com uma fivela pelo meio, de modo a ficar equilibrada. As pontas dessa fivela foram atreladas a um dinamômetro e este dependurado na estrutura espacial do LILD para ser erguido. Antes de erguer a telha no dinamômetro tomou-se o cuidado de atravessar, na alça formada pela fivela, um pedaço de madeira com o comprimento um pouco maior do que a largura da telha, como proteção, para que os esforços de movimentação não ocorressem sobre as abas. O peso registrado foi de 64,6 kgf, que corresponde a 35,9 kg/m<sup>2</sup> de superficial, superior ao máximo desejado de 60 kg para a telha.

### Observações diretas

Mesmo com todos os cuidados tomados, ao recolocar a telha sobre o piso foram novamente identificadas rachaduras na película impermeabilizante, com ruptura da camada de barro que fora reaplicada sobre a gaze e o descolamento da gaze.

Decidiu-se então colocar a telha com estes danos em posição de uso, manuseando-a o mínimo necessário para acomodá-la ao tempo e com 10% de caimento. Após esses ajustes foram promovidos os reparos da camada

impermeabilizante, com aplicação de nova demão sobre os trechos danificados. Tal procedimento não é recomendado pelo fabricante da resina que, na ficha técnica do produto, afirma ser de seis horas o tempo máximo entre demãos, período em que ocorre a polimerização final (reação total). E adverte: caso seja aplicada alguma demão após esse período, haverá o comprometimento da aderência de uma camada sobre a outra.

A telha ficou coberta por uns dias com lona plástica para a secagem da resina. Quando descoberta verteu-se água sobre a telha que escoou bem, não formando poças. Entretanto, haviam ainda microtrincas superficiais que se tornaram visíveis após a migração da água para o interior da telha. Neste estado a telha foi exposta às intempéries, à espera de chuvas fortes.

Passados dois meses e tendo ocorrido uma semana com chuvas fortes no período, observou que a telha apresentava rachaduras superficiais ao longo da bica e descolamento da gaze da face da manta de fibrobarro, além de penetração de água de chuva evidenciada pela formação de um bolsão na parte inferior da telha. Ao tentarmos remover a telha para o interior do laboratório constatou-se o encharcamento, sendo necessárias desta vez quatro pessoas para erguê-la e transportá-la.

Novamente pesada, a telha havia se transformado em um reservatório com 36,8 litros de água de chuva. Devido ao aumento do peso, a telha apresentou deformações nas abas, que acentuaram as rachaduras superficiais e o descolamento da gaze do fibrobarro (figura 48).



Figura 48: Telha acomodada sobre pedras no piso do LILD. Ver no detalhe algumas rachaduras que a película de barro e resina sofreu sobre a tela de gaze, permitindo o ingresso de água. A gaze, apesar de descolar do fibrobarro, manteve-se íntegra, sem rasgar ou esgarçar.

Os resultados não foram considerados satisfatórios diante dos objetivos almejados, porém foram importantes para demonstrarem o comportamento desses

materiais até o beneficiamento atingindo à combinação de ações a que foram submetidos.

Por outro lado, a estrutura de bambu amarrado não apresentou rigidez suficiente para atender aos esforços, acusando pequeno movimento de fechamento e abertura das abas durante o manuseio, o que facilitou o descolamento da gaze na região da bica e a ruptura da película de resina com barro, desencadeando o ingresso da água de chuva. Propõe-se, para anular esta movimentação indesejada, o travamento das extremidades das abas através da amarração de pontaletes de bambu a um prolongamento da base da telha (figura 49). Esta solução resolve o problema estrutural, mas cria dificuldade de acoplamento no encontro das telhas. Mesmo assim, o enrijecimento dos nós seria necessário, como explicado anteriormente.



Figura 49: Corte esquemático; à esquerda como foi executada a estrutura da telha e, à direita, uma hipótese com peças complementares fazendo a triangulação das abas, para maior rigidez.

A aderência do fibrobarro ao bambu foi avaliada após um corte transversal da telha promovido a serrote. No local do corte, devido ao atrito entre os dentes do serrote e as fibras de sisal, a manta de fibrobarro descolou. Fora da região do corte permanecia unida ao bambu, sendo necessário puxar com as mãos para descolar. Na região onde se acumulou o bolsão d'água, a manta estava em estado plástico e descolada da face inferior. Entendeu-se que após a penetração da água no interior da telha, a integridade do conjunto só se manteve – sem a ruína da face inferior – devido à colocação da tela de gaze envolvendo a manta de fibrobarro. (figura 50).



Figura 50: Vista de topo do corte com serrote de uma aba da telha, vindo a manta inferior descolada e embeijada. À direita, a manta arrancada, mostrando as costelas moldadas nos costados das meias-canas do bambu, que reforçam a aderência.

Se compararmos a aderência do fibrobarro confeccionado sobre uma esteira de bambu e pressionado com as mãos, como foi o caso, com a aderência do barro à madeira em construções de pau a pique, podemos afirmar que a do fibrobarro é superior, apesar de ainda não atingir a ancoragem desejada no experimento para a função calhetão.

A pouca aderência entre o barro e a superfície do bambu é um problema conhecido na técnica construtiva de pau a pique, além das trincas. Tema abordado pelo Serviço Especial de Saúde Pública já na década de 1950.

“(...) a terra não deve ser jogada *a sopro*, (...) mas sim calcada com as mãos entre as varas do engradamento (...). É claro que essa prática é mais trabalhosa. É, sem dúvida, mais simples, mais cômodo, jogar-se o barro muito plástico, muito *liguento*, de modo que ele se prenda às varas pela simples violência do golpe.

Em vez disso é necessário amassá-lo com as mãos, cuidadosamente. A mistura quase seca e, além disso, contendo palha, não se firmará nas varas se não for calcada com as mãos. E esse é o segredo de uma obra bem feita. A chance dela então trincar-se será, no caso, a menor possível” (MILANEZ, 1958, p.71).

Quanto ao comportamento da tela de gaze industrial, foram identificados aspectos positivos e negativos à finalidade desejada. O positivo, como já citado, foi a integridade do conjunto, não permitindo a ruína da face inferior da telha após o encharcamento. Outro aspecto a ser ressaltado é a sua resistência, pois não se rompeu com a movimentação das abas, apenas se descolou da manta.

O aspecto negativo de sua utilização foi o isolamento criado entre a película de resina e barro – na qual se incorporou – e as fibras de sisal do fibrobarro, não permitindo a ancoragem necessária da película externa ao fibrobarro (figura 51).



Figura 51: Pedacos de película de resina vegetal com barro: a da esquerda, aplicada diretamente sobre o fibrobarro e posteriormente arrancada, formando um *couro cabeludo* com as fibras de sisal do fibrobarro; a da direita, aplicada sobre tela de gaze sobre fibrobarro, após ser arrancada, incorporando apenas a gaze, sem aderir ao sisal.

Quanto à integridade da película de resina sobre uma superfície de maiores proporções, o resultado foi considerado bom, pois somente apresentou fissuras na bica de escoamento, e por suportar inclusive um esforço não previsto inicialmente: a retenção da água de chuva que se infiltrou na telha, comprovando a sua impermeabilidade com o bolsão acumulado no fundo da telha. A película formada pela resina, barro e gaze, além de flexível mostrou-se estanque à água.

A ruptura do compósito na parte superior da telha ao longo da bica de escoamento ocorreu pelo tensionamento e deslocamento da tela de gaze, devido à movimentação indesejada das abas da telha, que gerou deformações maiores que as deformações admissíveis do compósito, rompendo-o.

#### Transmitância térmica

O conforto térmico proporcionado pela telha, seguindo as recomendações da Norma NBR 15.575, que define padrões de conforto para a transmissão térmica através da cobertura, fizemos os cálculos teóricos e obtivemos o resultado de  $4,63\text{W/m}^2\text{K}$  (ver apêndice 8), bem superior ao máximo permitido de  $1,5\text{W/m}^2\text{K}$ , para superfícies externas escuras, como o barro vermelho. Mesmo utilizando resina com pigmentação branca na superfície, não atenderia à Norma, que, para coberturas claras, admite a transmitância máxima de  $2,3\text{W/m}^2\text{K}$ .

#### 4.4. Arcos de feixe de bambu

Nos primeiros esboços para a sala multiuso (Capítulo 5) estava previsto a utilização de arcos de bambus estruturais. Porém, o simples arqueamento de um colmo de bambu, ou de feixe de colmos, fora descartado devido à imprevisibilidade do seu comportamento perante aos esforços de carregamento sobre os internós recurvados. Um modo de constituir um arco com parâmetros de cálculo dos esforços seria uma viga laminada composta por fitas de bambu coladas e arqueadas. Para tanto seria necessário dispor de um desengrosso para uniformizar as faces das fitas para a colagem e sistema de prensagem. No momento tais procedimentos estavam descartados.

Adiante, o projeto da sala multiuso adotou estrutura em malha de bambu fitado e arqueado, compondo feixes. Nestes feixes as fitas são superpostas e amarradas com as extremidades desencontradas, formando arcadas, sendo as maiores com mais de 10m de comprimento.

##### Princípios de funcionamento

Num feixe, as fitas que o compõem contribuem solidariamente para o resultado do seu desempenho aos esforços solicitados e, no caso de enfraquecimento de uma por ataque de insetos ou fungos xilófagos, há uma redundância de elementos que absorvem a sobrecarga, facilitando por outro lado o reuso e manutenção.

O feixe deve compensar por superposição de suas fitas, as deformações encontradas ao arquear apenas uma fita, devido à incidência dos nós do bambu que oferecem maior resistência e das diferentes distâncias entre os nós. A própria memória estrutural das fibras reage à tentativa de encurvá-las, resultando num arco com descrição diferente do desejado. Quanto maior a curvatura, maior o desvio da catenária, como pode ser observado nas figuras 52 e 53.

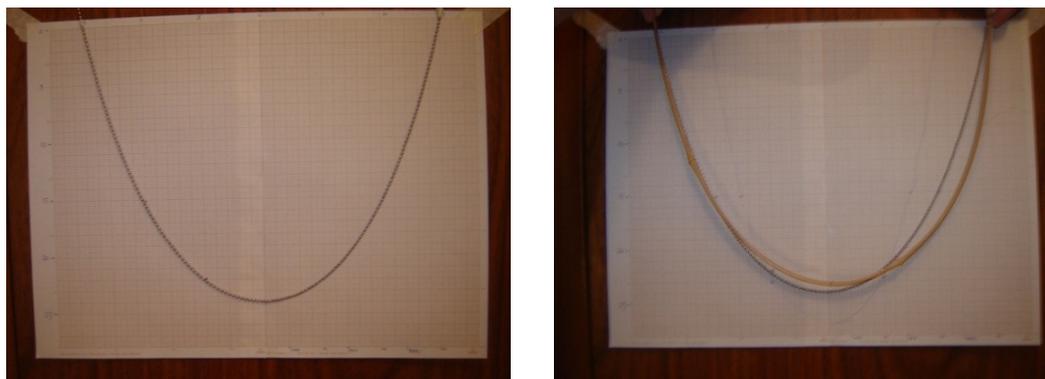


Figura 52: à esquerda uma curva catenária formada pelo erguimento das extremidades de uma corrente fina, de modo a sua flecha ser equivalente a distância entre os pontos de apoio. À direita a tentativa de reproduzir a curvatura da corrente com fita de bambu.

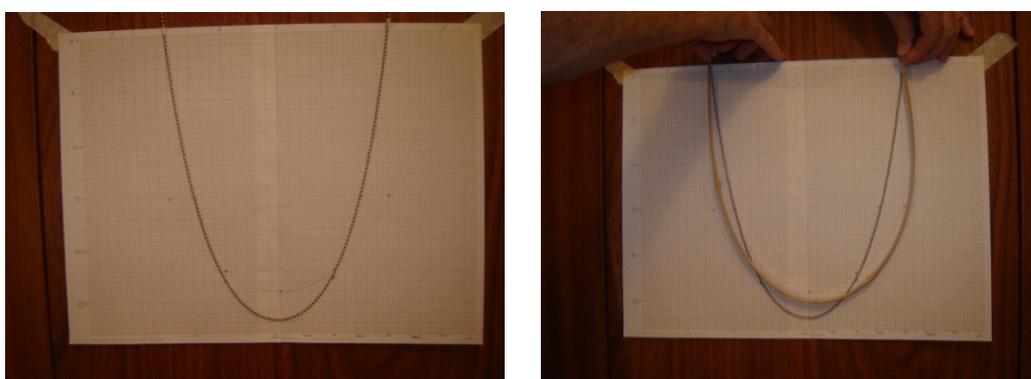


Figura 53: A mesma corrente formando uma curva catenária onde a flecha é o dobro da distância entre os pontos de apoio. À direita a tentativa de acompanhar a curvatura da corrente com a mesma fita de bambu, apresentando deformação mais acentuada.

### Problematização

Criar um elemento rígido e arqueado com fitas de bambu superpostas para servir de componente estrutural.

### Condições de funcionamento

A obtenção e a permanência da forma desejada atingida pela composição por amarração das fitas, sem uso de adesivos. Proporcionar a rigidez necessária a um arco em feixe de fitas de bambu, em forma de catenária.

### Técnicas de fabricação dos arcos

Como já explicitado, a utilização de maquinário para uniformizar as fitas e a colagem para compor um laminado de bambu estavam descartados. Restou o tratamento manual das fitas a facão e a amarração para a formação do feixe arqueado, mantendo-se o princípio da simplicidade e baixo consumo de energia na confecção dos elementos construtivos.

Neste caso as irregularidades das faces das fitas desbastadas a mão proporcionam o atrito necessário entre elas para que, através da amarração, não deslizem sob a ação dos esforços cortantes, garantindo o comportamento íntegro do feixe.

Seriam confeccionados dois arcos com feixe de fitas de bambu para servirem como “costelas” no interior da *lagarta* de fibrobarro montada por pesquisadores do LILD, para a mostra *Estruturas de Bambu – materiais não convencionais e tecnologias sustentáveis*, figura 54.



Figura 54: Arco de quatro fitas à esquerda e de seis fitas à direita, com o espaço em uso.

A catenária que as costelas de feixe de bambu deveriam formar foi investigada através de um modelo reduzido na escala de 1:10 sobre um papel milimetrado. Uma corrente fina dependurada e espaçada com a distância da base pretendida, na escala 1:10 (22,7 cm), teve a altura de sua flecha ajustada para 19,6 cm. Registramos com um lápis de ponta fina a catenária formada pela corrente sobre o papel milimetrado. Escolhemos sobre a curva quatro coordenadas simétricas ao eixo, além do ápice e das extremidades da catenária para servirem de gabarito. Estas coordenadas foram esquadrejadas e marcadas, na escala real, sobre um piso de terra batida(19) onde cravamos firmemente ao solo, nestes pontos, lascas de bambu compondo o gabarito para o feixe.

O bambu utilizado foi da espécie *bambusa tudoides*, com aproximadamente 3,5 cm de diâmetro, colhidos dois colmos no campus da PUC, limpos e abertos em quatro fitas no mesmo dia, com faca radial.

A amarração executada com corda de poliuretano com diâmetro de 2 mm, e quando a corda que dispúnhamos terminou, com barbante, utilizando o nó de arremate, descrito em Belmiro (1987, p.21).

Para o primeiro arco utilizou-se apenas um colmo de bambu cortado com 4,80 m, ou seja, do comprimento da corda catenária, tomado em escala. O colmo foi aberto com faca radial em quatro fitas. Depois de limpas, as fitas apresentaram largura de aproximadamente 3 cm e espessura média de 1cm.

Foram então encurvadas e acomodadas uma a uma na parte interna do gabarito para conter o esforço de retorno à posição original, de modo que a primeira fita se moldava ao gabarito e as outras três só encostassem entre si.

Iniciamos a amarração pelas extremidades e seguimos amarrando alternadamente com espaços de cerca de 60 cm em direção ao centro. Foram executados cinco nós de cada lado, simétricos. Depois de executada a amarração, o arco foi retirado do gabarito para averiguar a manutenção da sua forma. Medida, a base apresentou o comprimento de 2,50 m, ou seja, 10% maior que a base do gabarito de 2,27m, o que foi considerado um bom resultado, por se tratar apenas de amarração, que obviamente sofrem acomodações.

Colocado de volta ao gabarito, teve os extremos amarrados para manter a forma durante o transporte até o local onde estava sendo montada a *lagarta*, no jardim ao lado da ala Kennedy, no campus da PUC-Rio.

No segundo arco foi testado o uso de seis fitas que resultou num arranjo mais desordenado, mesmo procurando acomodação ao gabarito semelhante à do primeiro arco de quatro fitas. A amarração desta vez iniciou-se pelo centro do arco, em seguida, os extremos foram amarrados para garantir o espaçamento da base, sendo o arco retirado do gabarito para a complementação da amarração ocorrer mais confortável, sobre a bancada de trabalho e não no chão, diretamente no gabarito.

Concluída a amarração, com onze nós no total, o arco foi levado de volta ao gabarito para testar a sua justeza, sem apresentar deformações que comprometessem a forma de referência, da catenária. O tempo de fabricação de cada arco foi em torno de quatro horas.

A *lagarta* foi estruturada por barras chatas de aço de 1 1/2" x 3/16", arqueadas, reproduzindo o desenvolvimento de uma curva catenária, espaçadas a cada dois metros e unidas entre si por trama de cordas de sisal recobertas com mantas de fibrobarro. (fig. 55). As “costelas” foram instaladas no interior da *lagarta* para garantir a seção, inicialmente prevista, do espaço de exposições.



Figura 55: O prof. Ripper ao centro com os pesquisadores Marcelo da Fonseca e Silva e Vicente Jesus, e visitantes da comunidade do Anil. Tendo ao fundo o espaço de exposição denominado *lagarta*, em fibrobarro, abrigado por lona impermeável.

### Observações

Podemos considerar os resultados satisfatórios, tanto no método de transposição do gabarito do modelo para a escala real quanto na metodologia de execução dos arcos por amarração de fitas de bambu preparadas manualmente. Os objetivos de obtenção da forma desejada e a rigidez do feixe foram atingidos.

A arcada em feixes de fitas de bambu pode ser utilizada estruturalmente, bastando o cuidado a ser tomado com o tratamento superficial das fitas para não ficar diretamente expostas ao ataque dos insetos ou fungos xilófagos. Quanto a isto, outra vantagem do fitamento do colmo do bambu é que o inseto desenvolve sua larva no interior das paredes do colmo, não sendo percebida a destruição provocada. Com a abertura do colmo em fitas é possível observar a integridade das paredes dos colmos.

### 4.5. Tratamento superficial do bambu

Uma preocupação para quem pretende trabalhar com bambu é a sua preservação. Cuidados a serem tomados desde a coleta são há muito conhecidos. Xavier (2009, p.53) relata: “Os Guaranis compartilham da informação de que as matérias-primas vegetais devem ser coletadas na lua minguante, e acrescentaram que nunca devem ser coletadas durante a lua nova”. Graça (1988, p.46) cita um ditado colombiano: “Bambu para vender corta-se em qualquer época, mas bambu para uso próprio corta-se na lua minguante”, e observa: “O melhor período para a

colheita é o seco, quando a planta está com o seu desenvolvimento reduzido ou paralisado”. Pereira (2008, p.82) acrescenta: “A estação seca deve ser a preferida para o corte. (...) Na época seca, os colmos possuem também menor seiva circulando, tornando-os menos atrativos ao ataque de fungos e insetos.”

Existem vários predadores que atacam os bambuzais, incluindo, conforme Dunkelberg (1985, p. 95), animais como ratos, camundongos e até macacos em busca dos brotos e de seus rizomas<sup>13</sup>, além de fungos e insetos à cata do amido contido em suas células ou da celulose, que provocam grandes estragos nos colmos desenvolvidos. Os maiores intrusos são os besouros, que perfuram a parede do bambu. Existem também outros insetos que comem o bambu já cortado, como o besouro caruncho-do-bambu. “É considerada pelos especialistas como praga que ataca somente a planta cortada, inutilizando completamente seus caules” (GRAÇA, 1988, p.43).

Quanto às precauções, Hidalgo-López orienta:

“Para hacerio más duradero y menos propenso al ataque de insectos y hongos, el bambú, después de cortado, deve someterse ya sea a un tratamiento de curado, que tiene como fin reducir o descomponer el contenido de almidón, o a un tratamiento con preservativos químicos contra los insectos y hongos” (HIDALGO-LÓPES, 1981, p.8).

Existem tanto os métodos de tratamento tradicionais quanto os com produtos químicos. Segundo Pereira (2008, p. 96), são considerados métodos tradicionais: a maturação no local da colheita; a cura por imersão; a cura por fogo ou por fumaça. Já os métodos químicos podem utilizar produtos oleosos, oleossolúveis ou hidrossolúveis. E a aplicação pode ser por imersão, por gravidade, por pressão, ou injeção.

No *Manual de construcción com bambú*, de Hidalgo-López (1981, p.12), é apresentada uma tabela com os vários produtos químicos utilizados no tratamento do bambu para as diversas finalidades de uso. Já as linhas de pesquisas em andamento no LILD buscam a proteção do bambu por aplicação de produtos naturais no seu envelopamento, descartando o uso de produtos químicos tóxicos.

---

<sup>13</sup> Rizoma: é a extensão do caule, que une sucessivos brotos e cresce horizontalmente no substrato.

## Contextualização

No verão de 2009 percebemos a presença de um inseto com cerca de dois centímetros de comprimento, posteriormente identificado como *tigre*<sup>14</sup>. Notamos que alguns colmos da espécie *Phyllostachys pubescens* (conhecida popularmente como *mossô*) estavam perfurados com orifícios arredondados entre 3 e 5mm de diâmetro, tanto próximo aos nós quanto ao longo dos entrenós (figura 56). Já conhecíamos no LILD o *caruncho-do-bambu*<sup>15</sup> ou *broca*, com aproximadamente 4mm de comprimento, que deixa pequenos orifícios de 1mm de diâmetro ou menos e que reduz a pó a parte interna do bambu (figura 57).



Figura 56: Colmo de *mossô* com a superfície recartilhada<sup>16</sup> por lâmina de serra, perfurado por *tigre*, antes de ser concluída a laminação do processo de proteção.



Figura 57: Pó resultante da ação do caruncho, cujo ciclo de desenvolvimento das larvas ocorre no interior das paredes do bambu. No detalhe, furos no nó, nos entrenós e paralelos às paredes do colmo, tanto no sentido das fibras, quanto no transversal.

## Antecedentes

Desde 2006 que procedimentos de proteção do bambu estavam em teste no LILD, em colmos de *mossô* (com diâmetro em torno de 5 cm) utilizados na montagem de domos geodésicos, visando ao envelopamento do bambu para evitar o ataque de insetos xilófagos. Foram experimentados: a aplicação direta de barro

<sup>14</sup> Tigre: *Chlorophorus Annularis Fabricius*, besouro exótico, xilófago, oriundo da Ásia.

<sup>15</sup> Caruncho-do-bambu: inseto que corrói a madeira ou grãos de cereais.

<sup>16</sup> Recartilhar: processo para tornar uma superfície áspera, utilizando ferramentas de desbaste.

cru com fibras vegetais, o envolvimento com bandagem de gaze ou sacaria de juta com barro e o que apresentou melhor resultado – a gaze industrial com barro peneirado misturado com solução de resina de PVA diluída em água. O aspecto visual de todas essas tentativas parecia satisfatório, porém, quando postas em uso, não resistiam aos esforços de amarração, esfarinhando a camada de barro devido ao atrito entre as peças amarradas. Salvo a que continha resina de PVA. Restam ainda alguns desses colmos (figura 58).



Figura 58: Bambus com tipos variados de tratamento. PVA, gaze e barro; PVA e barro. Foto tomada em 13/01/13.

Nessa época, 2008-9, experimentava-se um tratamento tradicional nos Estados do Rio, Minas e São Paulo, que dos métodos químicos parece o mais simples: com uma solução de água, querosene e sal, na proporção de 1:1 e acréscimo de três colheres de sal por litro de mistura. O septo de todos os nós era perfurado com vergalhão; a base do bambu, tampada com uma garrafa de PET deformada a fogo; o colmo enchido com a mistura e colocado de pé à sombra. Assim permanecia durante uma semana, sendo por fim esvaziado. O resultado é que o colmo ficava escurecido e exalando um odor desagradável, porém, com o passar do tempo (cerca de um mês) o odor se dissipava e a superfície do bambu adquiria a cor original. Sobre a superfície percebiam-se resíduos do sal que fora incorporado à mistura e que, por exsudação durante a secagem, atingia a superfície externa, comprovando a impregnação do bambu.

Ainda resta no LILD um exemplar que recebeu esse tratamento e encontra-se em perfeito estado de conservação (figura 59). Apesar do bom resultado obtido, era um método que, além de trabalhoso, incluía um subproduto da destilação do petróleo nocivo ao meio ambiente; o querosene.



Figura 59: Foto, tomada em 08/01/13, de um bambu tratado com solução de água, querosene e sal, preservando ainda a ponteira de vedação inferior em PET.

#### 4.5.1. Preservação com resina e barro

##### Problematização

Buscar uma solução atóxica de proteção às peças estruturais de *mossô*, com seis metros de comprimento e diâmetro em torno de 10 cm, que sejam utilizadas em estruturas de coberturas para sustentação da lona têxtil. Buscar também o fortalecimento desses colmos para resistirem aos esforços mecânicos.

##### Condições de funcionamento

- i) Promover a proteção do bambu de modo aos insetos não terem acesso a sua superfície.
- ii) Utilizar materiais de baixo custo energético de produção.
- iii) Testar a capacidade de ancoragem da resina poliuretânica vegetal à superfície do bambu.
- iv) Fortalecer o colmo aos esforços de flexão utilizando bandagens.

Dessa forma, de modo a aumentar essa resistência tangencial, nos utilizamos de um compósito estrutural, já desenvolvido no LILD, constituído de fibras naturais vegetais, com os feixes fibrosos entrecolados com resinas de origem vegetal – orientados conforme a situação estrutural requerida –, aderindo-o à superfície do bambu. Como esse processo selava o colmo, como que numa cápsula, nomeamos o mesmo “*encapsulamento*” (RIPPER, CAMPOS e CORREIA DE MELO, 2012, p.8).

Vários pesquisadores participaram desses experimentos, propondo variantes nos procedimentos metodológicos e na composição dessa camada de proteção.

## Encapsulamento ( design e técnicas de fabricação)

- i) Lixar o bambu para melhor ancoragem da resina ao colmo.
- ii) Fixar o colmo na máquina de girar.
- iii) Confeccionar as bandagens de reforço espaçadas ao longo do colmo.
- iv) Revestir o colmo com gaze industrial para melhor ancoragem da resina.
- v) Girar o colmo e aplicar a resina por trechos, de modo a não secar.
- vi) Polvilhar barro peneirado sobre a resina úmida.
- vii) Bater com as mãos (protegidas por luva de látex) para fixar o barro na resina.
- viii) Depois de seco, retirar o colmo para a confecção do encabeçamento.

O trabalho iniciou-se com a escolha dos colmos para compor a estrutura da cobertura do Laboratório. Selecionamos os colmos mais grossos de *mossô*, com comprimento de 6 m e diâmetro médio de 11 cm, disponíveis no LILD, no total de 36 unidades.

Para o lixamento dos colmos adotou-se alguns procedimentos distintos:

- i) Com lixa de madeira nº 60 e posteriormente de nº 50.– nesse caso, há o inconveniente de a lixa ficar preenchida pelo pó de bambu e perder a capacidade de lixar, necessitando ser batida constantemente para desprender o pó.
- ii) Com escova de aço, raspando-se diagonalmente nos dois sentidos, o que apresenta bons resultados, embora seja um procedimento bem mais demorado.
- iii) Recartilhando o colmo com uma lâmina de serra, diagonalmente em ambas as direções – um processo inicialmente lento, mas que com alguma prática melhorou de rendimento, sendo mesmo assim mais demorado do que o procedimento com lixa de madeira (figura 60).

O tempo de lixamento com lixa de madeira nº 60 foi de meia hora em média, variando de bambu para bambu – alguns são mais difíceis de lixar, conforme relato no diário de atividades (apêndice 17).



Figura 60: O aprendiz lixando um colmo de *mossô*, até a perda total do brilho superficial.

A colocação das bandagens de reforço foi sugestão do Prof. Luís Eustáquio Moreira, coordenador do LASE<sup>17</sup>, que indicou fossem aplicadas três bandagens dividindo o vão de 6 m do colmo e na extremidade, nos casos em que o colmo não terminasse no nó. As bandagens, feitas de tecido de algodão ou juta, com 6 cm de largura, foram embebidas numa papa de resina poliuretânica vegetal com barro peneirado em peneira fina, de nº 50, vulgarmente chamada de *peneira de fubá*, no traço volumétrico de 1:1. Duas voltas dessas bandagens foram dadas em torno do colmo. Como o período de utilização da mistura é de 20 minutos antes de começar a endurecer, eram preparadas pequenas porções, misturando-se 150 ml do componente “A” (catalisador) com 300 ml do componente “B” (resina), conforme recomendação do fabricante. O tempo aproximado para a execução de cada bandagem foi de 10 minutos (figura 61).



Figura 61: Colmo preso à máquina de girar, já com as bandagens confeccionadas. À direita, detalhe da bandagem aplicada sobre o colmo lixado.

Os primeiros colmos laminados receberam o encamisamento com gaze industrial tubular, chamada de meia, com alguma elasticidade, facilitando na acomodação à parede do colmo, que é cônica (RIVERA, 2012). Foi utilizada também bandagem de gaze, com largura de 20 cm, enrolada obliquamente em torno do colmo e esticada com a mão, procurando-se manter um recobrimento de 2cm. Por fim, alguns colmos foram laminados sem receber a camada de gaze.

Sobre a gaze era aplicada a resina, com trincha de 2”, recobrendo dois metros de colmo, para não permitir que a resina secasse antes da aplicação do

<sup>17</sup> LASE: Laboratório de Sistemas Estruturais do Departamento de Engenharia de Estruturas, UFMG:

barro. A trincha era limpa a cada aplicação, conforme relato de Wanderson, o aprendiz, resistindo de seis a oito utilizações (anexo 18).

Antes de o barro ser polvilhado sobre a resina úmida, era peneirado em peneira fina, de nº 50. Alguns colmos receberam barro peneirado em peneira de malha nº 100. Quanto mais fino for o barro, maior será o contato de suas partículas com a superfície resinada, facilitando a aderência. Durante o polvilhamento, uma lona plástica era estendida no chão, sob o bambu, para recolher o barro que não aderisse ao colmo resinado, para posterior reaproveitamento. Após o polvilhamento, o barro aderido era batido com as mãos (protegidas por luva de látex) para garantir a sua fixação à resina. O tempo de pintura, de polvilhamento (já considerando o barro peneirado) e de aperto do barro ficou em torno de 0:30h, por trecho de 2 m.

Outro experimento realizado foi o encapsulamento de um colmo com a mescla de cola PVA diluída na proporção de 1:1 em água misturada com barro, aplicada diretamente sobre a gaze, sem o uso de resina. Tentou-se ainda bambu sem ser lixado, apenas lavado, recebendo a laminação diretamente sobre a sua superfície. Outros bambus foram encabeçados com meia de poliéster e sisal embebidos com resina.

Concluído o encabeçamento do colmo, eram necessárias, no mínimo, seis horas para o manuseio e guarda. Em dias muito úmidos, esse período podia chegar até 12 horas de espera.

### Observações

Os vários tipos de encapsulamento adotados resistiram bem ao manuseio, transporte e montagem da estrutura de cobertura, assim como ao atrito da lona no fechamento da cobertura, mostrando que esse processo de laminação garantia a ancoragem da proteção sobre o colmo para o esforço a que foi submetido. Porém, meses depois, percebemos que certas peças de prova apresentavam furos de *tigre* e, mais grave, algumas peças estruturais também estavam perfuradas (figura 62). Portanto, o encapsulamento com barro não foi suficiente para conter esse pequeno besouro voraz.

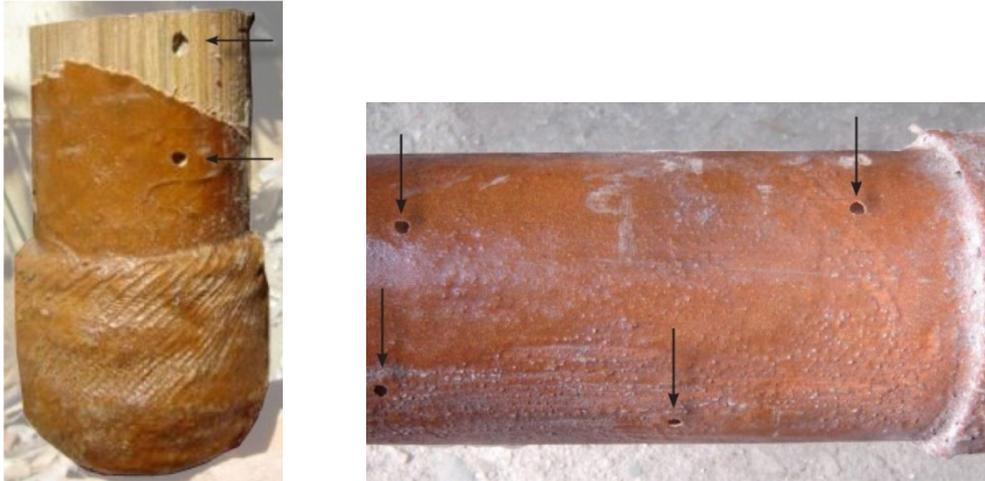


Figura 62: Colmos encapsulados e perfurados por *tigre*. À esquerda, em detalhe, o encabeçamento, no qual não ocorreram perfurações, e a camada de proteção intencionalmente rasgada para se observar o furo na parede do colmo cortado. À direita, colmo com várias perfurações na proteção de barro e resina vegetal.

Cabe uma explicação sobre o comportamento desse inseto xifópago de que viemos tomar conhecimento nesse período, não só pela observação direta dos colmos infestados, mas também pela consultoria prestada pela bióloga Jakeline<sup>18</sup>. Os furos encontrados na superfície dos bambus não eram para o inseto entrar, e sim para sair, depois de ter completado o ciclo de eclosão do ovo, do desenvolvimento da larva até a formação do inseto no interior do bambu. A larva se alimenta e desenvolve na polpa, entre a face externa e a interna do colmo, abrindo sulcos tanto ao longo das fibras quanto transversalmente, circundando a parede do colmo (figura 63). Esse processo biológico pode levar mais de um ano, ou seja, quando fizemos o tratamento, provavelmente as larvas já estivessem no interior do bambu.



Figura 63: Bambu perfurado e cortado, mostrando sulcos deixados por larvas de *tigre* e um furo de saída do besouro.

<sup>18</sup> Jakeline Prata de Assis Pires: professora do Departamento de Biologia da PUC-Rio.

Portanto, a questão que se apresentou era mais complexa do que a princípio tínhamos imaginado. Isso porque, se o caruncho-do-bambu ataca o colmo depois de cortado e seco – e, nesse caso, o encapsulamento proposto resolveria o problema –, já o *tigre* pode depositar os ovos ainda no bambuzal, sendo o bambu colhido então com ovos ou mesmo larvas no seu interior. Para esse tipo de praga o encapsulamento não resolve, como ficou comprovado no seguinte experimento.

#### 4.5.2. Encapsulamento com resina e areia

Em paralelo aos experimentos de encapsulamento com barro, foram testados encapsulamentos com areia, seguindo os mesmos passos do procedimento com barro, apenas substituindo-o por areia, que oferece maior resistência à abrasão, peneirada na peneira nº 100, resultando em boa ancoragem do compósito à superfície. Outras variantes também foram utilizadas, como a do polvilhamento de areia diretamente sobre o colmo lixado e resinado. Observou-se que, nos colmos tratados com areia, principalmente os que receberam camadas mais espessas, os *tigres* encontraram mais dificuldade para sair, e alguns pereceram entalados no colmo (figura 64).

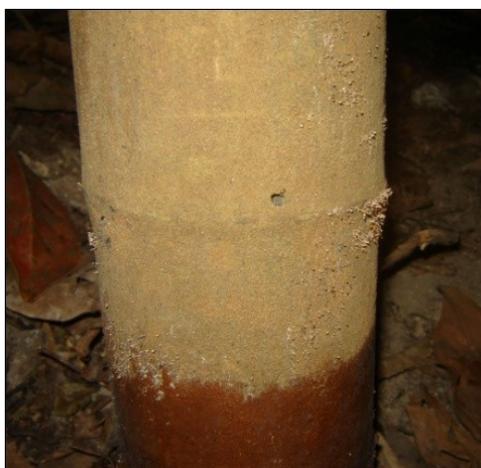


Figura 64: Colmo tratado com areia e perfurado por *tigre*. Nesta prova, a parte inferior, de coloração mais escurecida, recebeu outra aplicação de resina sobre a areia. Observar o afloramento de fungos, tanto sobre a resina quanto sobre a areia, devido à umidade, por estar diretamente sobre a terra.

Em 2011 fizemos um teste com um colmo verde da espécie *Bambusa vulgaris*, variação *vittata*, colhido no campus da PUC, utilizando areia não tão fina, peneirada na peneira nº 30. Sem lixar, aplicamos diretamente uma demão de resina poliuretânica vegetal com trincha e enrolamos com bandagem de gaze –

com recobrimento de um centímetro, apertando para aderir à resina. Misturamos a areia diretamente na resina, na proporção de 5:1 (figuras 65 e 66), e com as mãos protegidas por luva de látex passamos a areia embebida em resina diretamente sobre o colmo, enquanto a resina que fora aplicada sobre a gaze estava úmida. Tal procedimento me lembrou o costume de passar cerol na linha de soltar pipa, na infância.



Figura 65: Colmo pintado de resina e envolvido com gaze aguardando a aplicação da camada de areia com resina, em preparo na imagem à direita.



Figura 66: Aplicação diretamente com as mãos da camada de areia e resina, na proporção de 1:5, vendo-se na imagem à direita o colmo recoberto.

### Observações

O colmo tratado com areia aplicada diretamente com as mãos ficou exposto ao tempo e à ação dos insetos predadores (figura 67). A sua superfície ficou intacta e, pelo topo exposto, foi atacado por caruncho, que não conseguiu vencer a capa de areia e resina.



Figura 67: Foto tomada em 14/02/13, ou seja, com mais de um ano de exposição; observar a ação do caruncho na borda não protegida.

O tratamento com areia conferiu robustez ao colmo. O fato de o colmo ser lixado modifica pouco a capacidade de ancoragem da resina, principalmente se a gaze for utilizada como interface entre o colmo e a mistura de resina e areia.

As alternativas entre polvilhar areia ou aplicá-la diretamente com as mãos não alteram o resultado final. As partículas de areia impregnadas com resina ficarão aderidas ao colmo; as outras, não.

Essa técnica resulta numa superfície áspera e firme, que impede o ataque superficial de insetos, desde que o tratamento esteja concluído.

A crítica a esse tipo de acabamento vem dos montadores, que reclamam de arranhões no contato com os colmos durante a montagem de estruturas.

#### **4.6. Sobrecobertura**

Como os cálculos de transmissão térmica através dos elementos de vedação delgados - painéis e telha calhetão - apontaram a necessidade de proteção externa para alcançar às exigências da Norma 15.575, resolveu-se testar materiais que compusessem uma sobrecobertura leve, impermeável e com a face interna de baixa emissividade à radiação de ondas longas.

##### **Problematização**

Desenvolver um material laminado passível de ser utilizado como sobrecobertura do sistema construtivo leve, tanto em placas planas como moldado na curvatura desejada.

##### **Condições de funcionamento**

- i) Ser leve.
- ii) Ser impermeável.
- iii) Ter baixa absorvância superficial à radiação solar.
- iv) Ter baixa emitância na face interna à radiação infravermelha.

##### **Materiais**

A matriz deste compósito é a resina de poliuretano vegetal monocomponente. Para estruturar o laminado foi utilizada a gaze industrial. Como cargas

foram incorporadas areia peneirada (peneira nº 50), e gesso (peneira nº100). Na convecção do molde para a maquete, que representa a forração, foi adicionado também o barro peneirado (peneira nº 100) como carga, para adquirir a coloração desejada. Na face interna da placa foi utilizado papel-alumínio, de uso doméstico.

### Técnica

A técnica adotada é semelhante à laminação da fibra de vidro com poliuretano. Aplica-se um isolante sobre a forma e alternam-se demãos de poliuretano e mantas de fibra de vidro. No caso da confecção das superfícies curvas para a maquete, foi estendido um filme plástico como isolante sobre a meia-forma a ser moldada e aplicada, com trincha, uma demão de resina vegetal para a aderência da gaze (figura 68).



Figura 68: Meia-forma forrada com filme de PVC. À direita, primeira camada de gaze assentada sobre demão de resina.

Após, misturou-se o traço volumétrico de areia, barro e gesso na proporção de 1:1:3 e adicionou-se o mesmo volume de resina para adquirir consistência pastosa (figura 69). Espalhou-se, com a trincha, uma fina camada desta mescla recobrendo toda a gaze. Sobre a mescla úmida de resina com carga foi esticada e pressionada uma segunda gaze. Novo traço da mistura foi aplicado com trincha, obtendo-se o acabamento superficial (figura 70).



Figura 69: Retirada de resina monocomponente da lata, com pipeta, e preparação da mescla de resina com areia, barro e gesso, com o traço de 1:3:3.



Figura 70: Aplicação da primeira camada da mescla. À direita, colocação da segunda camada de gaze sobre a resina úmida.

No dia seguinte, a forma foi desmoldada e suas rebarbas aparadas, obtendo-se a placa curva desejada. Confeccionou-se com a mesma forma outro molde e, depois de desmoldado, foi colado com a mescla de resina reforçada com gaze ao primeiro, para compor a parte interna da maquete (ver capítulo 5.8). Esta parte interna da maquete foi recortada no topo e posteriormente remendada. Para a confecção do molde que representa a sobrecobertura na maquete, não foi utilizado o barro na composição da carga, apenas a areia e o gesso, no traço 1:4, para adquirir coloração mais clara (figura 71).

Na confecção destes moldes recurvados não nos preocupamos com o tratamento da face interna visando à baixa emissividade em radiações de ondas longas. Os moldes ficaram com a espessura aproximada de um milímetro.



Figura 71: Primeiro molde deformado. À direita os dois moldes concluídos, percebendo o remendo no topo do molde que representa a forração interna da maquete.

Para a confecção das placas planas, foi estendido um filme plástico molhado sobre uma bancada como isolante e sobre ele uma folha de papel-alumínio. Esta folha de alumínio é que comporá a face interna da sobrecobertura. Sobre o alumínio foi derramada uma pequena quantidade de resina de poliuretano e espalhada com espátula, formando uma fina película para aderir à gaze industrial. Após, misturou-se o traço volumétrico de areia, barro e gesso na proporção de 1:3:3 e adicionou-se o mesmo volume de resina. O espalhamento desta mescla foi com a espátula, numa fina camada recobrimdo toda a gaze.

Sobre a mescla úmida foi esticada uma segunda gaze e pressionada com a espátula, para que aderisse. Novo traço desta mistura foi aplicado com espátula e uma terceira gaze colocada e pressionada. Como acabamento superficial foi adicionado um pouco mais da mescla, apenas para recobrir os trechos da gaze que estavam expostos (figura 72). As placas ficaram com espessura aproximada de 2,5 mm.



Figura 72: Placas planas. A da esquerda com a face resinada visível e a da direita com a face de alumínio.

Outra placa plana de maior proporção, com 80cm x 40cm, foi confeccionada com os mesmos procedimentos relatados nas placas planas anteriores, com traço volumétrico de areia, barro e gesso na proporção de 1:3:3, demonstrando a viabilidade de se fazer placas maiores.



Figura 73: Placa plana com 0,80 cm x 0,40 cm, secando sobre a bancada.

#### Observações diretas

O laminado resultante é leve, tendo a placa plana, que recebeu três camadas de gaze, o peso aproximado de 2,3 Kgf/m<sup>2</sup>. Mostrou-se impermeável resistindo à submersão em água sem se degradar ou apresentar acréscimo de massa ao ser pesado após ser retirado d'água e escorrido. Apresenta alguma maleabilidade, aceitando ser curvado.

O uso do filme plástico como isolante mostrou-se apropriado, pois, além de cumprir sua função, ainda adere ao alumínio criando uma película protetora, como pode ser visto na figura 72. Mesmo que não se utilize o barro como carga, a cor resultante da mescla de resina areia e gesso é amarelada, devido à própria coloração da resina vegetal monocomponente que utilizamos. Para se obter uma superfície esbranquiçada, ou seja, com baixa absorção à radiação solar, deve-se utilizar resina pigmentada de branco.

#### 4.7. Formação de mão de obra

Na outra vertente dos objetivos está a formação de mão de obra. De nada adianta uma nova tecnologia se não houver quem possa aplicá-la. Como estamos falando de técnicas em desenvolvimento, cujos primeiros resultados efetivos ainda

estão sendo extraídos, não existe cultura de uso nem mão de obra formada em grande escala.

As montagens de estruturas de bambu e mantas de fibrobarro realizadas por pesquisadores do LILD até então, teve a colaboração de estagiários ou mão de obra voluntária, em regime de mutirão. Nesses casos a motivação vem do interesse direto pelo objeto que está sendo montado, tanto pelo usufruto futuro ou pela relação social com o grupo que está participando da montagem. Onde a doação do tempo disponibilizado nessas ações é recompensada pela satisfação com o resultado do esforço coletivo na confecção do objeto desejado.

Já com o operário o estímulo vem da remuneração direta do seu trabalho, não havendo vínculo com o objeto em construção ou com as comunidades que se beneficiarão com o produto do seu esforço.

Para testar a capacidade de aprendizado alocamos no LILD um servente oriundo da construção civil<sup>19</sup>. Ou seja, jovem que ingressou no mercado de trabalho sem qualificações específicas, mas com aptidão para executar tarefas variadas que exijam esforço físico, no âmbito de um canteiro de obras.

Este aprendiz permaneceu de abril a setembro de 2009 auxiliando o técnico do laboratório, orientado pelo prof. Ripper e sob minha supervisão. Nesse período participou da confecção dos objetos para os meus primeiros experimentos (figura 74) e também para os experimentos de outros pesquisadores, principalmente os voltados para a proteção do bambu. Atuou na mudança do Laboratório de volta ao campus da Rua Marquês de São Vicente e colaborou da montagem da estrutura de cobertura para receber a primeira lona, bem como na arrumação do estoque de materiais e do acervo de experimentos. Registros dessas atividades estão no Relatório de atividades (apêndice 18).

Assistiu como ouvinte às aulas de Tópicos Especiais em Design XV – Bambu<sup>20</sup>, ministradas pelo prof. Luis Vicente Barros, com carga horária de 64h, demonstrando interesse e habilidade manual. Esteve matriculado no curso de complementação oferecido pelo Núcleo de Educação de Adultos (NEAd), da PUC-Rio, para a conclusão do ciclo básico, mas perdeu a oportunidade de concluí-lo, por total falta de interesse.

---

<sup>19</sup> O servente Wanderson dos Santos Fernandes foi cedido pela empresa Abóbada Projetos e Obras Ltda.

<sup>20</sup> Matéria eletiva do Curso de Design da PUC-Rio, código: ART 1857.



Figura 74: No experimento do painel, o aprendiz efetuando a mistura dos componentes da resina poliuretânica vegetal, aplicando a resina sobre peça de *honey-comb* estruturado de celulose e cortando manta de fibrobarro.

### Capacitação

O aprendizado prático para esse sistema construtivo em desenvolvimento envolve escolher, colher, preparar e operar com os principais materiais utilizados: as mantas de fibrobarro o bambu e cordas.

O mecanismo de transmissão de conhecimento das técnicas que nos parece mais indicado seria em cursos de extensão financiados por prefeituras afinadas com o desenvolvimento local. Neles os novatos aprenderão os procedimentos necessários à execução de cada item desse sistema construtivo (ver apêndice 19 – Modelo de Catálogo de Composição de Serviços). A repetição dessas ações sequenciadas resultará na fixação da técnica pelos novatos até atingir a desenvoltura do gesto rotineiro específico de cada procedimento.

### Observações

O aprendiz demonstrou facilidade em compreender as tarefas e destreza em executar as técnicas de amarração, de aplicação de resina, de fitamento e encapsulamento do bambu e em preparar fibrobarro. Com a repetição das ações, ele foi aumentando seu desempenho, ou seja, a velocidade de execução. Como se trata de técnicas simples, com pouco ou nenhum ferramental, senão as ferramentas corporais, o aprendizado ocorria pela observação da ação e com a tentativa de reprodução dos movimentos, sob a orientação de quem os executava.

Para testar a efetivação desse aprendizado e a possibilidade de transferência de conhecimento, aceitei algumas encomendas de artefatos de bambu. Esses serviços foram executados pelo aprendiz já treinado e com auxílio de um ajudante, que, por sua vez, aprendeu a reproduzir os procedimentos de corte, limpeza, aplicação de resina e amarração, pela observação direta, sob a orientação do aprendiz e com a minha coordenação (figura 75). Em pouco tempo o ajudante adquiriu a mesma desenvoltura do aprendiz.



Figura 75: Proteção solar de bambus<sup>21</sup> pintados com resina poliuretânica vegetal, amarrados em esteiras, encaixados e colados com a própria resina à estrutura metálica, sob vidros laminados. Na figura do centro, uma paliçada de proteção visual e permeável ao vento, com o mesmo tratamento do bambu e fixada por amarração.

Xavier, em sua pesquisa com índios guaranis em Paraty, observa como se dá essa transferência de conhecimento: “Com relação ao processo produtivo, (...) por se tratar de um trabalho artesanal (...), demanda mão de obra, a qual vai se formando na prática, com os mais velhos ensinando aos mais novos, mantendo a tradição” (2009, p.153).

### Equipamentos de Proteção Individual (EPI)

Os equipamentos de proteção individual a serem utilizados na preparação dos materiais e na montagem desse sistema construtivo são equivalentes aos utilizados na construção civil de pequeno porte e estão estabelecidos na N.R. 6<sup>22</sup>, relacionados por tipo de atividade. Esta Norma Regulamentadora considera Equipamento de Proteção Individual (EPI), “todo dispositivo ou produto de uso individual, utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho”.

Estes equipamentos de proteção individual, estão descritos no anexo 3 e no apêndice 19, que contém um quadro relacionando as principais atividades na confecção dos materiais e na montagem, com seus respectivos EPIs.

<sup>21</sup> Proteção solar de bambu: na imagem da esquerda, em residência à Rua Cardoso Junior, Laranjeiras; na da direita, em residência à Rua Mary Pessoa, Gávea.

<sup>22</sup> Norma Regulamentadora 6 (NR 6), do Ministério do Trabalho e Emprego: Equipamento de Proteção Individual (EPI).