

4 – Ensaaios com “fibrobarro” para obtenção de novos compósitos

Para dar início aos ensaios e experimentos verificou-se em pesquisas anteriores realizadas no LILD, que seria necessária à procura por materiais que acrescentassem conhecimento a minha pesquisa e que trouxessem contribuição para o desenvolvimento e construção do reservatório d'água. Seja no ambiente acadêmico ou em comunidades carentes a intenção foi resgatar certos conhecimentos esquecidos, através dos tempos, diante da inovação diária promovida pelo desenvolvimento.

A realização destes ensaios e experimentos foi importante para o entendimento sobre o comportamento de cada um dos materiais utilizados individualmente, bem como da combinação entre eles. A utilização do barro em conjunto com as fibras, possibilitou a obtenção de compósitos novos, criando alternativas para aplicações em outros objetos e em vedações e revestimentos.

Nesta fase da pesquisa, foram preparados 16 ensaios diferentes, no qual preparou-se uma massa base, que recebeu quantidades balanceadas de fibras diferentes, alternando-as na mistura com o barro. Ao final dos ensaios foram produzidos 16 compósitos diferentes com a intenção de eleger aquele que apresentasse o melhor desempenho em resistência e impermeabilidade, ainda que a escolha tenha sido feita apenas de modo empírico, ou seja, tátil e visualmente. Apesar da simplicidade dos testes, estes ensaios serviram para verificar a resistência, durabilidade e impermeabilidade de cada um, na intenção de aplicá-los futuramente em vedações arquitetônicas e revestimentos. Após a obtenção dos novos compósitos, iniciou-se a construção do modelo reduzido estruturado com bambu com os materiais utilizados no ensaio 16, que apresentou, entre todos, impermeabilidade maior, quando testado em solução aquosa e maior resistência a flexão manual.

4.1 - Critérios para escolha dos materiais utilizados nos ensaios

Foram considerados alguns critérios para a escolha dos materiais a serem usados nos ensaios e na construção dos modelos reduzidos e em tamanho real:

- ✚ As técnicas utilizadas pelo LILD.
- ✚ Facilidade de obtenção dos materiais no próprio local, facilitando o transporte dos mesmos.
- ✚ O baixo custo do material e a necessidade de pouca de mão e obra empregada.
- ✚ A ausência de impacto ambiental.
- ✚ Possibilidade de uso pelas comunidades menos abastadas.
- ✚ Benefícios que a cisterna poderá trazer para o local.
- ✚ A experiência adquirida ao longo de alguns anos, manejando os gêneros de bambu relacionados à pesquisa, facilitando o manuseio desse material.

4.2 - Preparo da massa para os ensaios

Para dar início aos ensaios foi preparada uma massa utilizando diferentes materiais. O preparo da massa seguiu os seguintes passos: primeiro preparou-se uma espécie de mingau de barro, depois a polpa de papel jornal e por a polpa do papel acartonado. Após a mistura do mingau de barro com as duas polpas, iniciaram-se os ensaios acrescentando as outras fibras. Os ensaios feitos com a mistura de mingau de barro, polpas de papel jornal e acartonado, com fibras agregadas, transformaram-se em novos compósitos que poderão ser aproveitados em revestimentos. Os materiais usados para a realização dos ensaios foram os seguintes:

4.2.1 - Preparo do Barro

Para o preparo do barro foram utilizados aproximadamente 3.6 kg de barro peneirado e 3 litros de água. O barro foi obtido nas dependências do laboratório de arquitetura, junto ao LILD.



Figura 74 - Barro peneirado

Figura 75 - Água

Figura 76 - Barro peneirado e Hidratado

4.2.2 - Preparo da Polpa de Papel Jornal

Para a produção da polpa de papel jornal, foram utilizados aproximadamente, 2 kg de papel jornal e 5 litros de água. O papel foi obtido, através do uso doméstico diário. Os ingredientes foram triturados em liquidificador, junto com a água, para a obtenção da polpa, após esta ter sido coada.



Figura 77 - Papel Jornal

Figura 78 - Água

Figura 79 - Polpa de Papel Jornal

4.2.3 - Preparo da Polpa de Papel Acartonado

Para a produção da polpa de papel acartonado, foram reaproveitadas embalagens industriais de papelão. Foram utilizados aproximadamente, 3 kg de papel acartonado e 8 litros de água, triturados no liquidificador.



Figura 80 - Papel acartonado

Figura 81- Água

Figura 82 - Polpa de Papel acartonado

4.2.4 - Preparo da massa para os ensaios

Para o preparo da massa misturou-se o barro pré-preparado, as polpas de papel jornal e de papel acartonado, alternando as diferentes fibras, controlando o peso de cada material, de modo que a cada modificação fosse obtido o compósito novo.



Figura 83 - Preparo da Massa

As fibras usadas para a formação dos compósitos novos foram: taboa picada, capim seco, sisal picado, bambu triturado, pó de bambu, nas granulações fina e média. O bambu triturado foi obtido, através da trituração em liquidificador, de pequenas lascas de bambu beneficiado em outros trabalhos, e os pós de bambu médio e fino foram obtidos de trabalhos realizados em marcenaria e que seriam jogados no lixo.



Figura 84 - Taboa picada



Figura 85 - Capim seco



Figura 86 - Sisal picado



Figura 87 - Bambu triturado Figura 88 - Pó de Bambu médio Figura 89 - Pó de Bambu fino

Outro ingrediente acrescentado como elemento aglutinador foi a cola branca, com intuito de dar mais liga a massa do experimento, no preparo de cada ensaio para obtenção do novo compósito. A mesma quantidade de cola (10 ml) foi utilizada para cada ensaio, mas apenas o ensaio 12 não recebeu a cola, com intuito de comparar a resistência deste com os demais que receberam a cola branca. Com a mesma finalidade o ensaio 16 recebeu 10 ml a mais do que outros ensaios.



Figura 90 - Cola branca

4.2.5 – Ensaios para obtenção de novos compósitos

Os ensaios para obtenção de novos compósitos foram feitos com o objetivo de comparar o comportamento dos diferentes materiais, quanto ao desempenho quanto à resistência, durabilidade e impermeabilidade, a fim de serem aproveitados em outros experimentos, tal como no revestimento da caixa d'água, construída com estrutura de bambu. Todos os materiais utilizados para a produção dos novos compósitos foram pesados em balança eletrônica e tiveram seus pesos finais arredondados em volume. Após a secagem todos os ensaios foram impermeabilizados com Poliuretano Vegetal (Resina de Mamona).

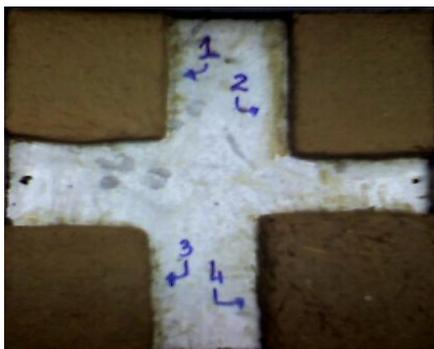


Figura 91 – Ensaios de 1 a 4

Ensaio 1:

- Polpa de papel jornal 65 g
- Mingau de barro 60 ml
- Cola branca 10 ml

Ensaio 2:

A mesma quantidade da massa usada no ensaio 1 foi dividida em duas partes iguais e houve acréscimo de 25 ml de pó de bambu em uma das partes.

- Polpa de papel 65 g
- Mingau de barro 60 ml
- Pó de Bambu fino 25 g
- Cola branca 10 ml

Ensaio 3:

- Polpa de papel jornal 65 g
- Mingau de barro 60 ml
- Pó de bambu fino 25 ml
- Cola branca 10 ml

Ensaio 4:

A mesma quantidade da massa usada no ensaio 3 foi dividida em duas partes iguais e houve acréscimo de 60 ml de pó de bambu médio.

- Polpa de papel jornal 65 g

- Mingau de barro 60 ml
- Pó de bambu médio 20 g
- Cola Branca 10 ml



Figura 92 – Ensaio de 5 a 8

Ensaio 5:

- Polpa de papel jornal 65 g
- Mingau de barro 60 ml
- Capim seco 10 g
- Cola branca 10 ml

Ensaio 6:

A mesma quantidade da massa usada no ensaio 5 foi dividida em duas partes iguais e houve acréscimo de 10 ml de cola branca em uma das partes.

- Polpa de papel jornal 65 g
- Mingau de barro 60 ml
- Capim seco 10 g
- Cola branca 10 ml

Ensaio 7:

- Mingau de barro 60 ml
- Capim seco 10 g
- Cola branca 10 ml

Ensaio 8:

- Mingau de barro 60 ml
- Pó de bambu médio 20 g
- Cola Branca 10 ml

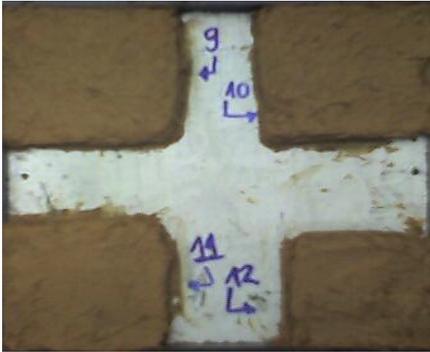


Figura 93 – Ensaio de 9 a 12

Ensaio 9:

- Mingau de barro 60 ml
- Bambu triturado 15 g
- Cola branca 10 ml

Ensaio 10:

- Mingau de barro 60 ml
- Taboa picada 10 g
- Cola branca 10 ml

Ensaio 11:

- Mingau de barro 60 ml
- Sisal picado 10 g
- Cola branca 10 ml

Ensaio 12:

- Mingau de barro 60 ml
- Sisal picado 20 g
- Sem cola

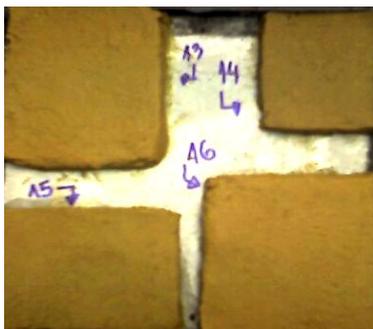


Figura 94 – Ensaios de 13 a 16

Ensaio 13:

- Mingau de barro 60 ml
- Polpa de papel acartonado 65 g
- Cola branca 10 ml

Ensaio 14:

- Mingau de barro 60 ml
- Polpa de papel acartonado 65 g
- Pó de bambu fino 25 g
- Cola branca 10 ml

Ensaio 15:

A mesma quantidade da massa usada no ensaio 14 foi dividida em duas partes iguais e houve acréscimo de 10 ml de cola branca em uma das partes.

- Mingau de barro 60 ml
- Polpa de papel acartonado 65 g
- Cola branca 10 ml

Ensaio 16:

- Mingau de barro 60 ml
- Polpa de papel acartonado 65 g
- Cola Branca 20 ml

4.3 - Modelos estruturais de bambu

Neste capítulo abordou-se o processo de construção de modelos reduzidos experimentais, utilizando lâminas de bambu para estruturá-los. Após a construção de suas estruturas, os modelos foram revestidos com uma combinação de barro e algumas fibras diferentes entre si, alternando o seu uso, conforme o ensaio pretendido.

Os modelos experimentais foram construídos de forma empírica sem preocupação com escalas, porém procurando seguir as formas arredondadas e cilíndricas dos cestos artesanais e das caixas d'água tradicionais, assim como das formas geométricas das geodésicas, utilizadas pelo LILD e das formas esféricas, que garantem maior volume, ocupando menos espaço do que qualquer outra forma.

Os modelos estruturados com bambu foram construídos aproveitando a forma cilíndrica dos cestos de bambu artesanais, ao passo que os modelos construídos apenas com o “Fibrobarro” aproveitaram a forma esférica para obtenção de máximo volume em menos espaço. Para a moldagem destes modelos utilizou-se uma bola de fisioterapia para modelar os futuros recipientes que armazenarão a água.

Sabemos que o volume de um corpo é a quantidade de espaço ocupada por esse corpo, podendo ser representado por unidades de tamanho cúbicas (por exemplo, cm^3 , m^3 , in^3 , etc.).

Cilindro

$\pi \cdot r^2 \cdot h$ (r = raio de uma face circular, h = altura)

Esfera

$\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$ (r = raio da esfera)

A esfera surge da revolução de uma semicircunferência, conforme a figura 96.

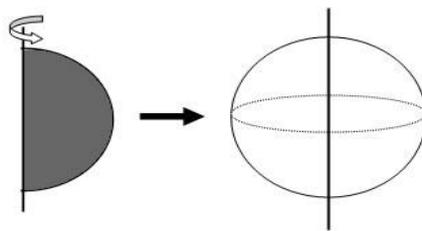


Figura 95 - Esfera

Existem inúmeras aplicações para este corpo de forma circular. Seu volume depende do tamanho do raio, que é à distância do centro da esfera a qualquer ponto da extremidade. A fórmula matemática utilizada para determinar o volume da esfera é a seguinte: $V = 4 \cdot \pi \cdot r^3 / 3$

Para dar início ao processo de construção dos modelos reduzidos, foram pesquisadas técnicas utilizadas no LILD em experimentos anteriores, feitos para a produção de objetos de uso comunitário. Investigou-se também a pesquisa de Finkienlsztejn e Ripper (2006), que cita RIBAS e RIBAS, na qual são documentados alguns processos de confecção de artefatos na região de Paraty, que investiga os objetos, a maneira de confeccioná-los, as matérias-primas e as ferramentas utilizadas e principalmente quem os faz. A pesquisa também revela a reconstituição do “modo de fazer próprio”, em que uma das entrevistadas desmancha um tipipi, aprende a forma de confeccioná-lo e passa este conhecimento para os seus filhos e para a sua comunidade, que tem muito a ver com o modo de fazer utilizado no LILD. O tipiti é usado na região de Paraty para extrair a água da mandioca e tem a forma de um cesto cilíndrico, semelhante ao encontrado em Portugal, que é usado para a extração de azeite. Na Ásia e na Índia é comum encontrar grandes cestos feitos de bambu, para carregar todo o tipo de mercadorias.



Figura 96 – Cestos indianos – autor desconhecido

No texto de Pereira (2003), é possível reconhecer os cesteiros de São Januária, comunidade que vive na região norte de Minas Gerais, situada na margem esquerda do Rio São Francisco; a arte de fazer cestos e balaios. Antigamente era mais fácil encontrar bambu nesta região, que é a matéria-prima utilizada na confecção dos cestos e balaios. Hoje em dia, com o desmatamento e as queimadas, o bambu quase desapareceu, fazendo com que os artesãos sejam obrigados a pagar pelo bambu, que são trazidos por carroceiros, vindos de outros lugares bem mais distantes.

A preferência pela utilização do gênero *Phyllostachys áurea* nos experimentos pode ser explicada pela a facilidade com que é encontrado, na região Sudeste do Brasil e pela facilidade com que pode ser beneficiado, pois é bastante flexível, leve e de fácil manuseio, proporcionando forma estrutural leve e rígida, facilitando a construção dos modelos experimentais. Com este gênero de bambu foi possível beneficiar lâminas para a construção de uma espécie de cesto. Além das lâminas de bambu, foram beneficiados pinos de encaixe, feitos de bambu do gênero *Dendrocalamus giganteus*, por se tratar de um gênero de bambu que apresenta maior resistência para estruturar o modelo.

Em termos comparativos quanto à característica de cada gênero, o *Dendrocalamus* apresenta colmos com envergaduras muito superiores às do gênero *Phyllostachys*, mas ainda assim apresentam boa flexibilidade em relação ao último, oferecendo também mais dificuldades para a sua retirada. Entretanto seus colmos apresentam mais massa e maior resistência, sendo por este motivo muito aproveitado na construção civil e na indústria de laminados.

O conjunto destas técnicas permitiu a construção de modelos reduzidos que representem uma caixa d'água domiciliar, guardadas as devidas proporções, aproveitando a forma arredondada e cilíndrica dos cestos artesanais e das caixas d'água industriais. Aproveitou-se a flexibilidade e resistência do bambu e das fibras para a estrutura, que utilizadas em conjunto com o barro no experimento foram dando as formas finais dos modelos.

Conjugada à estrutura dos modelos feitos com lâminas bambu, aplicou-se a técnica do “fibrobarro” e da impermeabilização com poliuretano vegetal. Após o experimento inicial, verificou-se a necessidade de construção de outros modelos,

viabilizando outros experimentos, através da combinação de várias fibras diferentes, aplicadas a estes modelos. A idéia é validar o modelo que melhor desempenhe e execute a função de uma caixa d'água domiciliar com a mesma eficiência dos modelos tradicionais e que sejam construídos com materiais retirados da natureza, com baixo custo e impacto ambiental. A construção dos modelos reduzidos serviu para avaliar cada possibilidade nova, levando sempre em consideração a preocupação quanto ao peso final, tanto para o modelo reduzido, quanto proporcionalmente para o tamanho real. Desde o princípio houve a preocupação de se construir um modelo leve e resistente, visando facilitar o transporte e a limpeza do mesmo.

A possibilidade de construção por qualquer pessoa, com a ajuda de um guia prático ou uma espécie de passo a passo, amplia as alternativas para a introdução desse tipo de reservatório em lugares pré-determinados, desde que sejam aproveitados os recursos da região. De acordo com o desempenho apresentado nos testes de resistência e volume o modelo poderá ser implantado, no próprio local em que for testado.

A conjugação da técnica do “fibrobarro” com o uso da fibra do bambu e do polímero orgânico vislumbra a possibilidade de ganho substancial de resistência a esforços de tração e compressão, segundo Leme (2003, pag.45), necessária para a cisterna comportar grandes volumes de água.

Existem inúmeras possibilidades de construção de cisternas combinando diferentes técnicas que podem utilizar outros materiais, tais como papel, papelão, madeira e outras fibras. De acordo com Tavares (2009, pag.41), em relatório publicado pela FUNASA (2005), consta que existem diversas técnicas de construção de reservatórios domiciliares de água para consumo humano, tais como a cisterna de tela, a cisterna de placas, a cisterna de alvenaria e mais recentemente a cisterna de vinil.

De início imaginou-se uma trama do tipo cestaria, revestida de fibras e resina para enrijecer a estrutura e ao mesmo tempo impermeabilizando-a.

É fácil verificar diferentes maneiras de confeccionar cestos, de acordo com algumas bibliografias que tratam dessas técnicas. A maioria descreve a seqüência, através de um passo a passo ilustrado com fotos ou através de vídeos. Para ganhar

habilidade é necessário treinar a confecção de alguns modelos para treinar a técnica, pois apesar de parecer fácil, na prática a experiência requer repetição e boa dose de paciência. Este tipo de artesanato é de origem indígena e revelam como estes povos se relacionam com o meio ambiente, conforme revela a pesquisa de Finkielsztejn (2006, p.60), na qual cita Ribeiro:

“estes artefatos indígenas refletem a forma com que esse grupo subsiste e estão estreitamente relacionados com a disponibilidade de matérias-primas e a sazonalidade econômica”.

Além disso, este tipo de tecnologia com aproveitamento de fibras naturais é um conhecimento que está quase em extinção.

4.3.1- Corte e beneficiamento do bambu: Técnica de laminação artesanal

Para dar início ao processo de construção dos modelos foi necessário selecionar os bambus ideais para o desenvolvimento da pesquisa. Foram selecionados bambus jovens e maduros, de acordo com a literatura pesquisada e com a experiência adquirida em alguns anos, no manejo da planta. Os colmos escolhidos para o corte foram colhidos na época de estiagem, de acordo com Pereira, Marco A. R. e Beraldo (2006, p. 82), Apud Liese (1985). Segundo ele, o corte dos colmos para bambus que crescem em touceiras, nunca deve ser feito, durante a estação de crescimento dos colmos, que coincide exatamente com a estação das chuvas, dado o risco de se danificar os brotos. É importante observar que ao cortar o colmo, verificar se o mesmo não é um broto, ou seja, o colmo deverá ter alcançado o seu tamanho final.

Entretanto, de acordo com o vídeo e manual número 342 do Curso de Treinamento em “Cestaria em Fibras – Bambu, Cipó, Taboa e Bananeira”, do Centro de Produções Técnicas da Universidade de Viçosa de Minas Gerais, a recomendação é de que se utilize apenas a parte superior do colmo, por apresentar maior flexibilidade. A estação seca deve ser a escolhida para a colheita dos

colmos, pois apresentam menor teor de umidade e por conseqüência, menor quantidade, também de seiva e amido, o que os torna menos atrativos ao ataque de fungos e insetos. Recomenda-se que este procedimento, também seja feito para corte de bambu do gênero *alastrante*, pois a brotação nesta espécie, também ocorre no período da chegada das chuvas (Região Sudeste).

O corte dos colmos deve sempre ser feito rente ao chão, a partir do primeiro ou segundo nó e sempre rente a ele, de maneira que se evite a formação de um copo e com ele a retenção de água em seu interior, o que facilita o apodrecimento do mesmo.



Figuras 97 e 98 – Corte do colmo de bambu do gênero *Phyllostachys Áurea* – *alastrante*



Figura 99 – Bambu do gênero *Phyllostachys Áurea* cortado na base

Os gêneros de bambu escolhidos, para o desenvolvimento dos experimentos e ensaios foram: *Dendrocalamus* (gênero) *giganteus* (espécie), que cresce e se desenvolve, através de touceiras (touceirantes) e pertence ao grupo paquimorfo ou simpodial e o *Phyllostachys* (gênero) *áurea* (espécie); que pertence ao grupo leptomorfo, *alastrante* ou monopodial. Apesar de serem diferentes quanto ao modo de propagação, os gêneros escolhidos são muito utilizados artesanalmente.



Figura 100 - *Dendrocalamus giganteus* - touceirante Figura 101 - *Phyllostachys áurea* -
alastrante

Os modelos construídos com estrutura de bambu procuraram guardar alguma semelhança com os modelos atuais, seguindo a forma tradicional usada na construção de cisternas, que utilizam o ferro cimento, ou seja, uma estrutura armada coberta por uma tela e revestida com massa. Podemos ver o exemplo citado no Guia de Construções Rurais à base de cimento da Associação Brasileira de Cimento Portland, (p.49), onde são considerados aspectos como altura, diâmetro e dimensionamento do volume da cisterna, conforme mostra a figura 102. Os modelos construídos nos experimentos são leves e podem ser transportados guardando semelhança com os tradicionais no que diz respeito à estrutura e a tela segurando a massa.

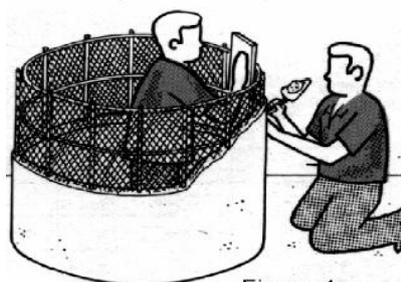
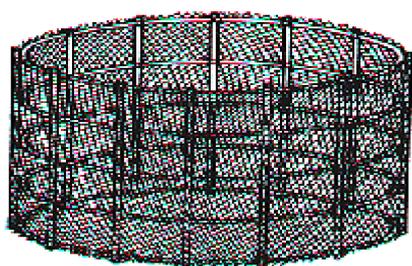


Figura 102 - Modelo de Caixa de Caixa D'água em Ferrocimento - Guia de construções rurais, fascículo 2, da Associação Brasileira de Cimento Portland – ACP

Para a construção da estrutura dos modelos reduzidos foram utilizadas lâminas de bambus dos gêneros *Phyllostachys áurea* e *Dendrocalamus giganteus*, que foram beneficiadas, através da técnica da laminação artesanal. A abertura dos

colmos em lâminas foi feita utilizando-se um facão, mas também é possível beneficiar os bambus em lâminas utilizando-se uma faca radial. Para produzir as lâminas é necessário segurar o facão com firmeza com uma das mãos, posicioná-lo no centro do colmo que se deseja dividir, segurando com uma das mãos o bambu e com a outra, martelar o facão para abrir o colmo. No caso de uso da faca radial, posiciona-se a faca no centro do diâmetro do colmo e com movimentos de cima para baixo, abre-se o colmo em tantas lâminas quantas forem o número de lâminas cortantes que a faca possuir. Utilizando o facão é possível dividir o bambu em lâminas sucessivamente, até o limite. Dependendo da espessura do colmo, emprega-se mais ou menos força para abri-lo. Como podemos observar nas figuras 104 e 105, não existe dificuldade para abrir colmos do gênero *Phyllostachys Áurea*, entretanto, seu rendimento é pouco, produzindo bem menos lâminas, já seu diâmetro não passa de 8 cm numa vara adulta. O rendimento na produção de lâminas de bambu do gênero *Dendrocalamus* é bem maior, pois seus colmos apresentam mais massa, embora as dificuldades encontradas para a abertura dos mesmos sejam maiores, devido à espessura deles, já que os colmos deste gênero são bem maiores e mais pesados.

Após a etapa de corte e abertura dos colmos, estes foram transformados em lâminas suficientemente finas, através da laminação artesanal. Cada lâmina produzida apresentou 2 m de comprimento por 3 mm de espessura, no sentido longitudinal de cada colmo, ou seja, no sentido da fibra, afim de tornar possível a confecção da trama. Caso as lâminas fiquem muito flexíveis, não é recomendado o uso do facão e sim que as lâminas sejam apoiadas numa bancada, possibilitando a abertura das mesmas, com o uso de uma faca ou estilete. Foram feitas tantas lâminas quanto necessárias para a confecção do cesto. Convém lembrar que ao se fazer uso de facas e estiletos no processo de laminação artesanal, os movimentos devem ser sempre feitos de dentro para fora, ou seja, do lado contrário ao do corpo, conforme podemos na figura 106.



Figura

103 – Corte dos colmos Figuras 104 e 105 – Abertura de colmo usando facão



Figura 106 – Posição correta para uso de estiletes no preparo manual de lâminas de bambu *Phyllostachys*

4.4 – Modelo Estrutural de Bambu 1: Construção

Justifica-se a construção de um objeto semelhante a um cesto, feito de bambu, por se tratar de uma fibra de alta resistência, que suporta bem grandes pressões e cargas. Para a construção do modelo 1, utilizou-se a técnica da cestaria, ensinada pela Profa. Wânia Simões, da Universidade Federal de Viçosa - CEDAF/UFV e do Centro de Produções Técnicas de Viçosa, Minas Gerais, conforme podemos ver nas figuras 107 e 108.



Figura 107 – Wânia Simões ensinando a técnica da cestaria

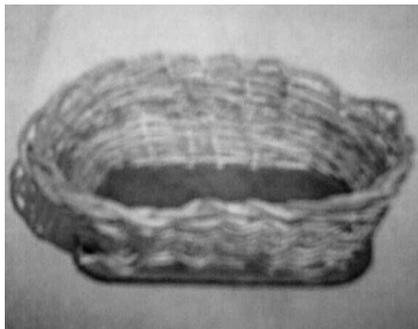


Figura 108 – Cesto confeccionado pela Profa. Wânia utilizando madeira como fundo – (fotos do manual do CPT, pag. 34 e 35).

Quando utilizado como componente de construção, o bambu pode ser utilizado na forma inteira (colmos) ou na forma partida (taliscas ou lâminas). No caso do experimento em questão a forma utilizada foi a da talisca (lâminas de bambu do gênero *Phyllostachys áurea* e pinos confeccionados com bambu do gênero *Dendrocalamus giganteus*.

O processo de construção da estrutura do modelo 1 foi semelhante ao utilizado pelos artesãos na cestaria tradicional. Após a etapa de beneficiamento das lâminas de bambu preparou-se para o fundo do modelo um retalho de madeira cortado em círculo com diâmetro de 35 cm. Após o corte do círculo de madeira na serra de fita, este foi levemente abaulado com grosa, conforme mostra a figura 109.



Figura 109 – Base de madeira para o fundo do modelo

Em seguida o círculo foi dividido e assinalado pelas bordas, em oito partes iguais e furado com furadeira manual nas marcações feitas para o encaixe dos pinos de bambu. Após o encaixe dos pinos, que são responsáveis por estruturar o modelo, foi confeccionada uma trama na forma de um grande cesto redondo. Utilizando as lâminas de bambu previamente beneficiadas, a trama foi iniciada de

baixo para cima e da esquerda para a direita. O comprimento das lâminas deve ser um pouco maior que a medida do diâmetro da base utilizada para o modelo. A trama foi iniciada, intercalando as lâminas entre os pinos, presos a base do modelo.

A estrutura foi construída entremeando lâminas de bambu, da espécie *Phyllostachys áurea*; previamente preparadas. As lâminas deste gênero de bambu possuem boa flexibilidade e resistência e foram tramadas na estrutura, passando por entre os pinos de bambu fixados na base de madeira, ora por fora, ora por dentro, desde a base até o topo, conforme é possível ver na figura 114.



Figura 110 - Lâminas de bambu para trama da base da caixa d'água

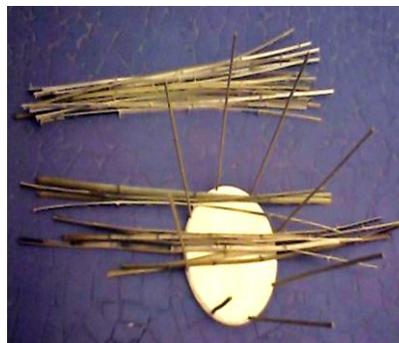
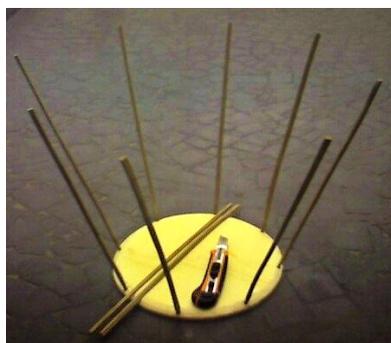


Figura 111 - Fundo e pinos de bambu Figura 112 – Pinos colocados para a trama com lâminas



Figura 113 – Início da trama Figura 114 – Término da trama Figura 115 – Estrutura pronta

Após a sua construção o modelo 1 foi revestido com barro, fibra de sisal e bandagens de pano de algodão do tipo fralda, conforme a técnica do “fibrobarro” utilizada no LILD.

De acordo com Leme (2003, p. 45) o sisal apresenta bons resultados, pois se trata de uma fibra muito resistente aumentando consideravelmente à resistência mecânica do compósito.



Figura 116 – Preparo e acondicionamento do barro Figura 117 – Barro com adição de água

4.4.1 - Revestimento com “Fibrobarro”

Nesta etapa aplicou-se a técnica do “fibrobarro” para revestir o modelo. Foram preparadas bandagens de algodão que foram impregnadas por uma camada de barro, agregando as fibras de sisal até a sua saturação, conforme é possível ver nas figuras 118 a 127. Inicialmente foi esticado um plástico grande sobre uma mesa e por cima do plástico, uma bandagem de algodão (atadura), com aproximadamente 1,5 m de comprimento. Reservou-se uma quantidade de barro suficiente para cobrir toda a área da bandagem e após a aplicação da camada de barro, que não precisa ser grossa, aplicou-se a fibra, previamente desfiada, incorporando-a aos poucos com movimentos suaves, até quando foi possível perceber uma homogeneidade na textura. É importante observar possíveis excessos, tanto de barro, quanto de fibras incorporadas.



Figura 118 - Preparo da fibra de Sisal



Figura 119 – Preparo da bandagem de algodão



Figura 120 – Preparo da bandagem de algodão com barro



Figura 121 – Barro aplicado à bandagem



Figura 122 – Agregação da fibra de sisal ao barro



Figura 123 – Mistura da fibra ao barro



Figura 124 – Revestimento com “Fibrobarro”



Figura 125 – Modelo sendo revestido



Figura 126 - Aplicação de “Fibrobarro” Figura 127 – Modelo revestido de “Fibrobarro”

Após a cura do revestimento de “Fibrobarro” do modelo 1, observou-se a necessidade de uma demão de barro para dar acabamento e cobrir pequenos orifícios que não foram bem vedados na modelagem.

4.4.2 – Cálculo da superfície para impermeabilização do Modelo Estrutural de Bambu 1:

Sabemos que para calcular a superfícies cilíndricas temos $\pi \times r^2 \times h$ e para calcular a superfície do Modelo Estrutural 1 temos as seguintes medidas:

Diâmetro: 32 cm raio: 16 cm altura: 40 cm

$$A = \pi \times r^2 \times h$$

$$A = 3.1416 \times (0,16)^2 \times 0,40$$

$$A = 3.1416 \times 0,0256 \times 0,40$$

$$A = 0,032 \quad \longrightarrow \quad 32 \text{ cm}^2$$

4.4.3 - Propriedades do Poliuretano Vegetal

Nesta fase do experimento, o Modelo Estrutural 1 foi impermeabilizado com uma resina à base de Poliuretano vegetal originado do óleo de mamona. A resina, por se tratar de um material sólido (isento de solventes) não libera vapores tóxicos, podendo ser aplicada em ambientes confinados. A resina é um bi componente, formulado pela mistura a frio de um pré-polímero (A) e um polioli

(B), que resultam em polímeros com características diferentes e com excelentes propriedades, que se polimerizam por catalisação, formando uma membrana monolítica altamente impermeável e totalmente insolúvel em água, atendendo a Portaria MS 518, que define sistemas impermeabilizantes em contato com água potável, quanto a sua utilização em sistemas de tratamentos de água e preservação de água potável, atendendo plenamente os padrões de potabilidade, de acordo a ficha técnica, que relaciona suas propriedades. Após a mistura das partes aplicou-se o Poliuretano Vegetal no Modelo 1 usando uma pequena trincha, conforme mostra as figuras 128 e 129.

A resina de Poliuretano Vegetal IMPERVEG[®] atende todas as recomendações prescritas nas Normas NBR 9575/2003, como sistema impermeabilizante – “Impermeabilização – Seleção e Projeto”, NBR 9574 – “Execução de impermeabilização” e NBR 15487 – “Membrana de poliuretano para impermeabilização” sendo considerado como sistema moldado “in loco”, aderente ao substrato, podendo ser aplicado em diversas superfícies como concreto, argamassa, alvenaria, madeira e aço carbono. A resina vem sendo utilizada na construção civil, na impermeabilização de reservatórios, estações de tratamento de água, de esgoto e efluentes, bacias de contenção, canaletas de efluentes e águas residuais industriais, lajes expostas, áreas molhadas em edifícios, fosso de elevador, muro de arrimo, revestimentos de pisos industriais, tanques de aço carbono, madeiras em geral, além de servir como aglomerante para compósitos de fibras vegetais e inservíveis.

4.4.4 – Aplicação e rendimento da resina no Modelo Estrutural 1

Pelo cálculo obtido a superfície do Modelo Estrutural 1, para a aplicação da resina é de 80 cm². Conforme o catálogo técnico da Imperverg recomenda-se que a aplicação da resina seja feita, logo após a mistura, pois o tempo de trabalho gira em torno de 20 minutos, quando entra no ponto de gel, dificultando a sua aplicação, gerando perdas. As demãos devem ser aplicadas, quando a membrana tiver seca ao toque e este tempo varia em torno de 2 horas, dependendo da temperatura do ambiente. O tempo máximo entre demãos não deve ser superior a 6 horas, pois é neste período que ocorre a polimerização final. A superfície deve

estar seca, limpa e isenta de contaminantes.



Figura 128 – Preparo da Resina de Mamona



Figura 129 – Mistura das partes com os compostos
A + B



Figura 130 – Impermeabilização externa do Modelo 1



Figura 131 – Impermeabilização interna



Figura 132 - Impermeabilização do Modelo 1



Figura 133 – Modelo 2 sendo impermeabilizado



Figura 134 – Modelo impermeabilizado pela Resina de Mamona

A resina foi aplicada com trincha nas superfícies interna e externa do modelo. Foi importante observar neste experimento o comportamento da resina no momento da sua aplicação. A superfície do modelo é basicamente de barro e muito porosa, o que faz com que o poliuretano seja absorvido muito facilmente. Além da alta porosidade do barro é muito difícil controlar as deformidades e conseqüentemente os minúsculos orifícios que ficam abertos depois da modelagem e da cura do experimento. Parte dos micro-orifícios que ainda permaneceram abertos, nem sempre são totalmente vedados na primeira aplicação da resina na impermeabilização, sendo necessária a aplicação de demãos.

A partir da construção do Modelo Estrutural 1 foi possível iniciar o processo de entendimento do comportamento deste material, visto que a superfície a ser impermeabilizada deve estar seca, limpa e isenta de contaminantes, além de não ser recomendado o seu uso em superfícies úmidas ou em dias chuvosos. Após a primeira aplicação e da demão, o Modelo Estrutural 1 foi colocado à sombra para a cura da resina. Houve necessidade da aplicação de demão da resina, pois alguns orifícios permaneceram abertos, permitindo o vazamento da água no teste inicial.

Para a aplicação da resina preparei as seguintes quantidades:

- Aplicação na superfície interna: 150 ml do componente A + 300 ml do componente B.
- Aplicação na superfície externa: 150 ml do componente A + 300 ml do componente B.
- Demão na superfície interna: 75 ml do componente A + 150 ml do

componente B.

- Demão na superfície externa: 75 ml do componente A + 150 ml do componente B.

O rendimento da resina na aplicação foi o seguinte: 450 ml do componente A + 900 ml do componente B, totalizando 1.350 ml da mistura.

Para o cálculo do preço do Kg da resina levou-se em consideração o preço de mercado atual da resina, incluindo o frete. Foram adquiridos 5 Kg do poliuretano vegetal, acondicionado em caixa, contendo 2 Kg do componente A e 3 Kg do componente B (poliol).

Considerando que o custo de 5 Kg do Poliuretano Vegetal foi de R\$ 214,35 reais (incluindo o frete), então o Kg da resina custou R\$ 42,87 reais. Levando em consideração que a área do modelo 1 é de 32 cm², temos então o custo de aplicação da resina e seu o rendimento por superfície.

$$1.350 \text{ ml} / 0,32 \text{ cm} = 421,87 \text{ ml}$$

$$421,87 \text{ ml} / \text{R\$ } 42,87 = \text{R\$ } 9,84 \text{ reais}$$

$$\text{R\$ } 9,84 \times 0,32 = \text{R\$ } 3,14$$

Foram gastos, portanto R\$ 3,14 reais para impermeabilizar o modelo 1.

4.4.5 – Cálculo de volume e resultados de testes com água do Modelo Estrutural de Bambu 1

Para o cálculo do volume do modelo 1 temos:

$$\text{PI} = 3,146 \quad r^2 = 12 \text{ (já descontada a espessura da borda)} \quad h = 40 \text{ cm}$$

$$V = 3,1416 \times (0,12)^2 \times (0,40)$$

$$V = 3,1416 \times 0,0144 \times 0,40$$

$$V = 0,0246 \text{ L} \longrightarrow 0,0181 \text{ L} \longrightarrow 18,1 \text{ Litros}$$

O modelo estrutural 1 foi testado com água apresentando boa robustez, embora tenha apresentado alguns vazamentos, pois alguns orifícios não foram

devidamente impermeabilizados pela resina.

Após a sua construção, observou-se antes e depois dos testes com água, que modelo estrutural 1 embora robusto, ficou bastante pesado, mesmo tendo 10 vezes menos capacidade de armazenamento, se comparado a um modelo industrial de 200 L. Após o enchimento do modelo foi possível armazenar 25 litros de água no seu interior. Após o seu total enchimento constatou-se que ainda havia pequenos orifícios que permitiram o vazamento da água, o que implicou numa terceira demão de resina para vedar os orifícios e estancar os vazamentos.



Figuras 135 e 136 – Observação de pontos de vazamento de água no modelo 1

O modelo estrutural 1 apresentou bastante robustez, embora tenha ficado muito pesado, levando em consideração que se o mesmo tivesse tamanho semelhante aos modelos atuais, o transporte do mesmo seria difícil, dado o seu peso exagerado. A partir daí percebeu-se que os próximos modelos deveriam ter seu peso reduzido, procurando aumentar a saturação de fibras na mistura com o barro, no intuito de aumentar a resistência do material e ao mesmo tempo tornando-os mais leves.

Percebeu-se que seria possível construir outros modelos ao longo da pesquisa, usando os mesmos materiais utilizados pelo LILD em pesquisas anteriores, levando sempre em consideração a importância da utilização dos recursos disponíveis nos locais. A combinação dessas fibras entre si aumentou as possibilidades de se encontrar um bom conjunto para o desenvolvimento da caixa d'água.

É importante também destacar a experiência da utilização do poliuretano vegetal como impermeabilizante e as suas propriedades no seu manuseio. A

experiência no manuseio deste material foi aumentando a cada aplicação, possibilitando um melhor entendimento sobre seu comportamento. Foi possível perceber que o material é muito resistente e de muito bom rendimento, apesar de ser considerado ainda caro e de pouco acesso a populações de baixa renda, sendo o seu uso ainda restrito ao meio acadêmico, no desenvolvimento de pesquisas. A resina conferiu maior resistência e durabilidade ao modelo inicial, entretanto ainda há muito que se aprender com este material. Embora houvesse a necessidade de demão da resina, foi possível constatar um considerável aumento de resistência do modelo, bem como um aumento substancial no seu peso final. Observou-se também que a resina é um ótimo agente agregador com impressionante capacidade impermeabilizante. A seguir foram destacadas algumas observações para a diminuição do peso dos próximos modelos a serem construídos:

- Reduzir o tamanho da trama da bandagem de algodão que recebe a massa de barro e posteriormente as fibras.
- Reduzir a espessura das lâminas de bambu que circundam o modelo da cisterna (redução de 3 mm para 1 mm).
- Reduzir, pelo menos, 25% a quantidade de barro.
- Aumentar a quantidade de fibras para que haja um aumento da resistência da casca.
- Melhorar a aplicação do Poliuretano, através do uso de rolos.

4.5 – Modelo Estrutural de Bambu 2: construção, revestimento com barro, fibras e polpa de papel

Nesta etapa iniciou-se o processo de construção do Modelo Estrutural 2, que foi estruturado com de lâminas de bambu flexíveis e através de amarrações, conforme as técnicas utilizadas no LILD, permitindo dessa maneira a união entre as partes da estrutura, conferindo-lhe maior resistência mecânica. A forma circular foi mantida, de acordo com as cisternas industriais, o que facilita o armazenamento do líquido, aproveitando mais volume em menos espaço.

O Modelo 2 foi construído na escala de 1:5, no qual foram usadas lâminas

de bambu do gênero *Phyllostachys áurea*. Os colmos utilizados tinham 4m de comprimento e variaram de 4 a 6 cm de diâmetro. Após a abertura dos colmos foram confeccionadas lâminas que foram usadas na estrutura, com espessura que variaram de 1,0 a 3,0 mm e medindo 1 m de comprimento.

Este modelo foi construído com o objetivo de reduzir o peso encontrado no Modelo 1, através da utilização do barro saturado ao máximo por fibras.



Figura 137 – Colmos de bambu *Phyllostachys Áurea* Figura 138 – Lâminas de bambu

Após a abertura dos colmos em lâminas, retirou-se parte do diafragma de cada entrenó, que fica no lado interno do colmo, utilizando-se facão, pois estas saliências podem produzir ferimentos. Foi necessário também, retirar o fio de cada lâmina produzida, após a sua abertura, pois este fio é altamente cortante. O simples ato de passar a faca em cima do fio, nos dois sentidos, reduz o risco de corte por parte de quem está manejando as lâminas. Todas as lâminas foram abastadas (reduzidas) com o uso do estilete. Embora seja um trabalho totalmente artesanal e braçal, bem mais demorado, do que se estivéssemos reduzindo as lâminas com uso de máquinas, ainda assim, é possível obter lâminas muito bem produzidas, através deste método. A etapa seguinte consistiu na medição do tamanho das lâminas a serem usadas para a construção da estrutura.

Estas lâminas foram marcadas pelo lado interno da seguinte forma: das extremidades para o centro, em segmentos de 30 cm, sendo o segmento central um pouco maior, com 40 cm, tal como mostra a figura 140.



Figura 139 – Medição dos pontos onde as lâminas serão curvadas



Figura 140 – Medição dos pontos nas lâminas

Após a marcação dos pontos as lâminas foram curvadas, exatamente nos locais demarcados, conforme podemos ver na figura 139. Estas lâminas curvadas foram responsáveis pela estruturação do modelo, pois receberam os círculos feitos com lâminas de bambu com diâmetros diferentes, que foram amarrados, guardando a mesma distância entre eles, da base até borda. Em seguida foram produzidas as lâminas que formaram os círculos, que foram amarrados na estrutura.

Para facilitar a curvatura das lâminas foi feito um gabarito de madeira e pregos. Através de pequenos movimentos foi possível flexionar as lâminas, curvando-as lentamente nos pontos determinados no gabarito, conforme mostra as figuras 141 e 142. Também foi possível curvar as lâminas usando uma bucha embebida em água, molhando as lâminas de bambu nos pontos marcados, dobrando a lâmina lentamente, até se chegar à curva desejada. Para isto foi necessária a fixação de pregos em uma madeira, de modo que fosse possível fixar a lâmina entre os pregos e fazer a curva no local marcado. Também foi possível usar calor para ajudar na curvatura das lâminas. Algumas lâminas foram curvadas com auxílio de um soprador térmico, no qual a temperatura chega a 500° . Outras lâminas foram curvadas com o calor produzido pela chama da boca de um fogão, guardando certa distância para não fossem queimadas.

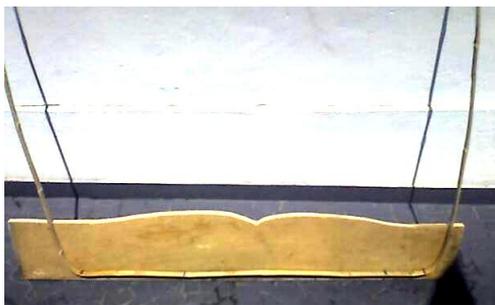


Figura 141 – Gabarito curvando lâmina de bambu Figura 142 – Gabarito para curvar lâminas de bambu

Após curvar as lâminas, usando o gabarito, as mesmas foram cruzadas entre si, de tal modo que se transformassem em esteios, nos quais foi possível amarrar os anéis, também feitos de lâminas de bambu, amarrados com barbante de algodão de 3 mm, conforme mostra a figura 144. Após a amarração dos esteios pela base, foram amarrados os círculos produzidos com lâminas de bambu. Cada modelo recebeu quatro círculos amarrados com cordão de algodão, procurando guardar a mesma distância entre eles.

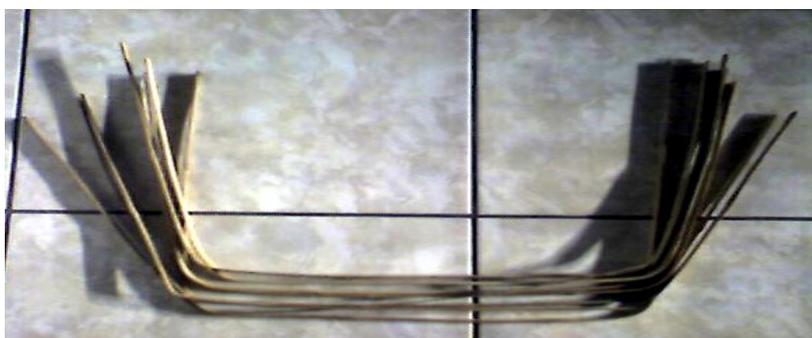


Figura 143 – Lâminas de bambu curvadas

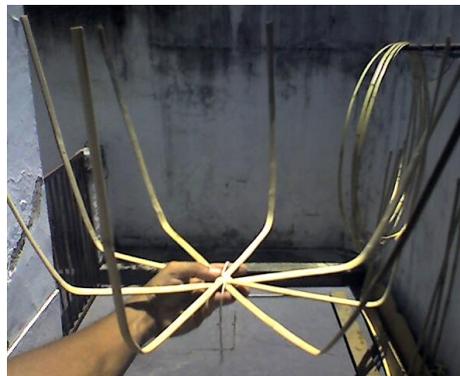


Figura 144 – Quatro lâminas de bambu cruzadas entre si Figura 145 – Início da montagem do Modelo 2

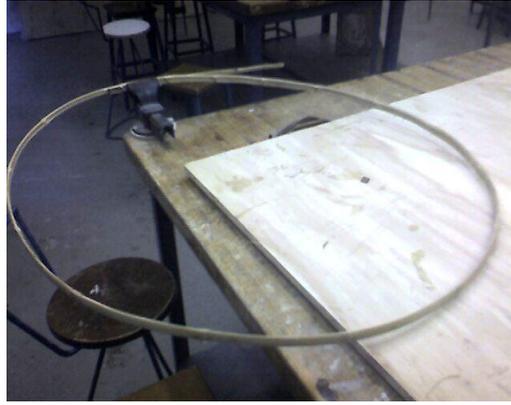


Figura 146 – Produção de círculos com lâminas de bambu



Figuras 147 e 148 – Círculos feitos de lâminas de bambu

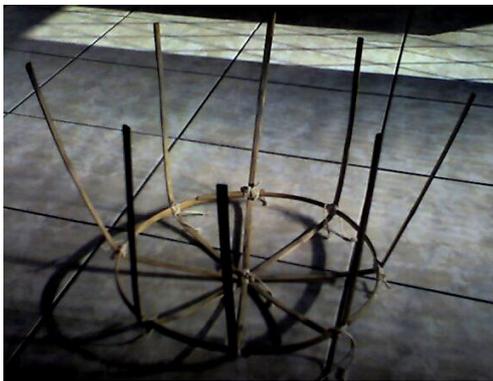


Figura 149 – Início da montagem do Modelo 2



Figura 150 – Modelos reduzidos de bambu



Figura 151 – Estrutura do modelo 2



Figura 152 – Minha mãe segurando o modelo 2

Após o término dos ensaios, o ensaio 16 foi escolhido para revestir o modelo, pois apresentou maior resistência e impermeabilidade entre todos, após a aplicação da resina. Para este ensaio a massa foi preparada com mingau de barro, polpa de papel acartonado e cola branca, sendo bem misturada e acomodada aos poucos, na estrutura de bambu, entre os vãos, de baixo para cima, conforme ilustram as figuras 153, 154 e 155. Após o processo de revestimento da estrutura, esta foi colocada para secar a sombra.

Materiais usados no Ensaio 16 para o revestimento do modelo 2 :

- Mingau de barro 60 ml
- Polpa de papel acartonado 65g
- Cola Branca 20 ml



Figuras 153, 154 e 155 – Revestimento do modelo com “fibrobarro”



Figuras 156, 157 e 158– Estrutura de bambu sendo revestida com a mistura do ensaio 16



Figura 159 e 160 - Modelo revestido com a mistura do ensaio 16

É importante observar que a cola aumentou as propriedades aglutinantes do barro, ao sovar a massa, porém à medida que o experimento foi secando foi possível perceber o aparecimento de pequenas fissuras causadas muito provavelmente pela pouca resistência da fibra do papel, dado o curto comprimento de sua fibra e por um provável excesso de água na mistura.

4.5.1 - Cálculo da superfície na impermeabilização do Modelo Estrutural de Bambu 2

Diâmetro: 46 cm r: 23 cm h: 32 cm

$$A = \text{Pi} \times r^2 \times h$$

$$A = 3.1416 \times (0,23)^2 \times 0,32$$

$$A = 3.1416 \times 0,0529 \times 0,32 = 0,53 \text{ cm}^2 \quad \longrightarrow 53 \text{ cm}^2$$

4.5.2 - Aplicação e rendimento da resina no Modelo Estrutural 2

Para a impermeabilização do modelo estrutural 2 preparei as seguintes medidas dos componentes A + B para a mistura.

- Aplicação na superfície interna: 150 ml do componente A + 300 ml do componente B.
- Aplicação na superfície externa: 150 ml do A + 300 ml do B
- Demão na superfície interna: 150 ml do A + 300 ml do B
- Demão na superfície interna: 150 ml do A + 300 ml do B

Foram gastos na impermeabilização do modelo 600 ml do componente A + 1.200 ml do componente B, totalizando 1.800 kg da mistura.

O rendimento da resina foi o seguinte:

$$1.800 \text{ kg} / 0,53 \text{ cm}^2 \text{ área total} = 339,62 \text{ ml}$$

339,62 ml / R\$ 42,87 = R\$ 7,92 reais

R\$ 7,92 x 0,53 = R\$ 4,19 reais

Foram gastos R\$ 4,19 reais na impermeabilização do modelo 2



Figuras 161 e 162 – Impermeabilização com Poliuretano vegetal



Figuras 163 e 164 – Impermeabilização com Poliuretano vegetal - demão

4.5.3 - Cálculo do volume e resultados de testes com água do Modelo Estrutural de bambu 2:

$$V = \text{Pi} \times r^2 \times h$$

$$A = 3.1416 \times (0.22)^2 \times 0,27$$

$$A = 3.1416 \times 0,0484 \times 0,27 = 0,041 \text{ cm}^3 \longrightarrow 41 \text{ Litros}$$



Figura 165 - Modelo cheio de água

4.6 – Moldagem de “Fibrobarro” sobre superfícies esféricas

Nesta etapa o uso de modelos estruturados com lâminas de bambu foi deixado de lado, pois foi necessário saber exatamente a resistência do “fibrobarro” sem estruturá-lo com bambu. O modelo esférico foi adotado, pois oferece a possibilidade de se obter mais volume em menos espaço. O “fibrobarro” continuou a ser usado no processo de construção dos modelos, porém agora como numa espécie de moldagem, feita sobre a superfície de bolas utilizadas para fins terapêuticos. Esta técnica de moldagem não é novidade e é utilizada no LILD em suas pesquisas acadêmicas usando “fibrobarro”, sendo aproveitada na construção dos modelos, permitindo chegar à forma esférica dos objetos, que servirão de reservatório para armazenar água. Foram feitos quatro experimentos no formato esférico, que serão apresentados neste tópico, sempre usando a superfície das bolas para a moldagem e que serão chamados de modelos esféricos.

É bem verdade que se estivéssemos no meio rural, seria muito mais difícil se encontrar uma bola de terapia, tal como foi utilizada nos experimentos laboratoriais, já que, este tipo de objeto é praticamente impossível de ser encontrado nestas regiões. No entanto, a falta deste objeto pode ser suprida por outro semelhante, aproveitando materiais recicláveis como o papel para a produção de uma esfera com dimensões semelhantes, que possa servir de superfície de moldagem.

Assim como nos experimentos anteriores, o “fibrobarro” foi obtido da mistura do barro saturado de fibras. Moldado em superfície esférica, foi possível obter uma espécie de casca sem que houvesse uma preocupação prévia com a sua espessura, que não ultrapassou os 3,0 cm. Esta espessura foi surgindo dos movimentos das mãos e dedos no ato de “sovar a massa” e no momento da moldagem sobre a superfície esférica da bola. Recomenda-se a moldagem de cascas de “fibrobarro” com pelo menos 1 cm de espessura, pois quanto mais fina, maior a possibilidade de orifícios abertos, o que pode comprometer a rigidez do modelo.

Graças às propriedades mecânicas do sisal, dada a sua grande resistência, foi possível reduzir sobremaneira o peso de cada modelo sem perda de resistência

do material e do objeto num todo.



Figuras 166 e 167 – Bola de Fisioterapia para a moldagem com “Fibrobarro”

4.6.1 – Processo de moldagem

O processo de moldagem se iniciou com o preparo do “fibrobarro”, que é a mistura do mingau de barro peneirado, previamente hidratado, misturado à fibra do sisal, até a sua saturação. Após misturar e sovar bem do barro com o sisal, a massa foi assentada com as mãos sobre a superfície da bola de fisioterapia, tamanho 56.

Com o prévio preparo da praça de trabalho com todos os equipamentos e materiais necessários disponíveis no LILD, foram iniciados os experimentos e ensaios. Após a arrumação da praça, foram cheias as bolas para o processo de moldagem, utilizando uma bomba de ar. Depois de cheias, as bolas foram previamente acomodadas em uma base segura para evitar que não se movessem na moldagem. A superfície de cada bola serviu para a moldagem dos modelos de “fibrobarro”, assim como para a moldagem das tampas, feitas como o mesmo material, para fechar os recipientes que armazenarão a água.

Os equipamentos usados na moldagem foram: mesas, bolas de fisioterapia, pulverizador de água, plásticos, peneiras e recipientes de plástico, tais como baldes e bacias, usados para armazenar o barro e as fibras, bem como os compósitos provenientes dessas misturas. Os materiais utilizados para moldagem na esfera foram: mingau de barro, sisal, pano de algodão do tipo gaze industrial e cola branca.



Figura 168 - Mingau de barro Figura 169 - Fibra de Sisal



Figura 170 – Pano de algodão Figura 171- Cola branca

O início da moldagem se deu apoiando as bolas sobre uma base fixa (pneus), com o cuidado para que o pino da mesma não fosse recoberto com a massa, de modo que possibilitasse o esvaziamento e retirada das bolas do interior dos modelos, após a secagem do experimento. É importante observar a posição do pino, pois desse modo é possível controlar a moldagem, caso seja necessário esvaziar a bola.

Caso a moldagem se inicie de cima para baixo, o pino da bola deve ficar virado para baixo, para que a bola seja esvaziada e possa sair de dentro da estrutura, assim que ela estiver seca e rígida. Caso a bola esteja apoiada com o pino virado para cima, a moldagem deve ser feita guardando distância do pino, permitindo que seja feita uma borda suficientemente grande para a acomodação de tampa protetora e para a entrada da água, quando o revestimento de “fibrobarro” estiver pronto, conforme mostra a figura 172.



Figura 172 – Moldagem na superfície da bola com o pino voltado para cima

Para o processo de moldagem foram utilizadas três bolas de fisioterapia em quatro experimentos semelhantes, realizados em dias diferentes. Nestes experimentos a moldagem foi feita sobre a superfície da bola, até que atingisse a base onde foram assentadas e com o pino virado para baixo. A mesma técnica do “fibrobarro” foi utilizada na moldagem, sempre saturando o barro com o máximo de fibras na mistura, procurando incorporar os elementos numa massa coesa, que foi sovada e moldada sobre a superfície da bola, em segmentos de aproximadamente um metro², até a cobertura total da esfera. É importante lembrar que a massa deve ser bem misturada para que o barro e as fibras de sisal formem uma espécie de casca que irá secar a sombra. Convém lembrar que durante a moldagem não se deve alisar muito a massa, pois isto aumenta a possibilidade do aparecimento de trincas, fissuras e rachaduras, capazes de comprometer a estrutura, sendo necessário um recapeamento da superfície moldada.



Figuras 173 e 174 – Takao sovando a massa até ficar coesa



Figuras 175, 176 e 177 - Preparo do “Fibrobarro”



Figuras 178 e 179 - Início da modelagem sobre a superfície



Figuras 180 e 181 – Júlia e Mariana ajudando a modelar na superfície da esfera



Figuras 182 e 183 – Moldagem sobre a superfície das esferas, até a base



Figuras 184, 185 e 186 – Fim da moldagem na superfície da esfera

Foram construídos quatro modelos, sendo que os dois últimos (modelos 3 e 4) foram reforçados, após o processo de moldagem com “fibrobarro” com manta de algodão, do tipo gaze industrial, a fim de garantir maior resistência aos modelos. Após a aplicação da manta de algodão sobre o “fibrobarro”, aplicou-se outra camada de barro por sobre a manta de algodão, com acréscimo de 100 ml de cola branca, visando dar maior resistência ao compósito. O modelo esférico 1 apresentou uma casca fina, que aparentemente apresentava boa resistência, no entanto a infiltração da água causada pela impermeabilização mal feita proporcionou o aparecimento de bolhas d’água e conseqüentemente a desintegração do modelo.

É importante observar que os modelos esféricos foram moldados com barro retirado do LILD, previamente peneirado e hidratado. Entretanto, o modelo esférico 2 foi moldado com barro retirado do campus da PUC, apresentando característica mais arenosa, o que dificultou o processo de moldagem, deixando as superfícies dos modelos bastante irregulares, prejudicando o acabamento e por sua vez a impermeabilização com a resina, além de contribuir para o aumento substancial de peso em relação aos outros modelos. Os modelos esféricos 3 e 4 foram moldados com barro mais bem peneirado, livre da areia e impurezas, o que contribuiu muito para um bom acabamento, deixando as superfícies interna e externa dos modelos bem mais regulares, facilitando desse modo a aplicação da resina de mamona na impermeabilização. Quanto mais irregular a superfície a se aplicar a resina, maior será o seu gasto, não garantindo a total vedação de possíveis orifícios ainda abertos na superfície.

Por conta da irregularidade apresentada nas superfícies interna e externa do modelo esférico 2, não foi possível fazer uma aplicação adequada capaz de vedar todos os orifícios, o que permitiu o vazamento e a infiltração da água por entre as membranas, ou cascas, desestruturando o modelo por completo. Para evitar que novamente ocorresse o erro na moldagem e impermeabilização, os modelos esféricos 3 e 4 ganharam o reforço de uma manta de algodão do tipo gaze industrial a fim de garantir a resistência dos mesmos. Apenas a superfície interna dos modelos foi impermeabilizada com a resina de mamona, para que na hora do teste com o enchimento dos modelos de água, não houvesse infiltração de água, já que a superfície externa foi mantida no barro cru, justamente para apontar com

mais exatidão possíveis vazamentos e caso eles ocorressem, não viessem a comprometer a estrutura dos mesmos, conforme ocorreu nos modelos 1 e 2.

Foi importante observar esta etapa do processo, quando percebeu-se que a partir dali, seria melhor impermeabilizar apenas a superfície interna de cada modelo e esperar secar, para em seguida fazer o teste de volume de água e verificar possíveis vazamentos sem prejuízo e perda dos modelos e do material utilizado neles. Para minimizar ou mesmo evitar o risco dos experimentos sofrerem fissuras ou rachaduras, recomenda-se o uso do barro sem excesso de água e após a moldagem, aguardar a cura total dos experimentos, para que não haja comprometimento de suas estruturas.



Figura 187 – Manta de algodão do tipo da fralda reforçando o “fibrobarro”

Após a cura total de cada experimento, as bolas foram esvaziadas com a retirada de seus respectivos pinos e retiradas do interior da estrutura moldada. Somente após a retirada da bola do interior do modelo seco, é possível avaliar se a estrutura está rígida e se há a necessidade de rebocos, à base de barro para o acabamento final das superfícies interna e externa.



Figuras 188 e 189 - Retirando o pino para esvaziamento das bolas



Figura 190 – Estrutura de “Fibrobarro” seca e sem a esfera dentro

Caso o barro usado na moldagem esteja com excesso de água, é comum o aparecimento trincas e rachaduras nos modelos, o que não é bom para a estrutura, embora este tipo de problema possa ser resolvido, através de rebocos no acabamento. Após a cura dos modelos, foram feitos reparos e acabamentos nas superfícies, externa e interna de cada modelo, usando o barro para vedar os orifícios que ficaram abertos, após a retirada da bola do interior de cada um deles, evitando desse modo a ocorrência de vazamentos de água nos testes de volume.

Os orifícios que surgem após a retirada da bola do interior do modelo, além de serem causados pelas ranhuras e trincas do excesso de água, também surgem em função da ausência de fibras nos locais moldados e pela presença do ar entre os materiais e a superfície da bola, impedindo sua total vedação.



Figura 191 - Rachaduras provocadas pelo excesso de água

Para eliminar as trincas e rachaduras que surgiram em determinados pontos dos modelos, foi necessário dar um acabamento à base de barro. O modelo

esférico 4 foi o que apresentou melhor acabamento ao secar totalmente. A experiência adquirida na moldagem dos três modelos anteriores foi muito importante para entender como as dificuldades encontradas nas aplicado material e seu melhor aproveitamento no momento da moldagem. Neste experimento procurou-se o melhor tratamento para o barro, peneirando-o e hidratando-o da melhor forma possível, a fim de deixá-lo mais consistente, sem excesso de água. O barro foi saturado ao máximo com fibras de sisal, a fim de reduzir ao máximo o peso dos modelos, conferindo-lhes mais rigidez e resistência.

As superfícies externas e internas dos modelos foram completamente limpas e secas para a etapa de acabamentos. Ao iniciar o acabamento foi necessário borrifar um pouco de água a superfície a ser rebocada, para que houvesse uma boa aderência da demão de barro na superfície do modelo, antes da sua aplicação. É importante borrifar a água sem, no entanto, encharcar o local onde será aplicada a demão de barro. Desse modo, ao mesmo tempo em que a água foi borrifada para melhorar a aderência da demão de barro, aos poucos, os orifícios foram sendo vedados, tanto nas superfícies externa e interna, possibilitando um acabamento mais bem feito nos modelos, com intuito de torná-los com superfícies mais uniformes, menos ásperas e sem buracos e deformidades. Convém lembrar também que essas deformidades, por menor que sejam, são muito difíceis de serem totalmente vedadas na impermeabilização com a resina. Após serem feitos os devidos reparos e acabamentos, a estrutura foi colocada novamente para secar totalmente.

Após o processo de cura foi necessário calcular as superfícies interna e externa de cada modelo, para saber a quantidade gasta de poliuretano vegetal na impermeabilização, bem como o total gasto em reais (R\$), ao final de cada experimento. Através destes cálculos foi possível obter parâmetros de comparação com outros materiais impermeabilizantes, usando as mesmas medidas de superfície.

4.6.2 – Cálculo das superfícies para impermeabilização com Poliuretano Vegetal

Para a etapa de impermeabilização foram calculadas as superfícies interna

e externa dos modelos para saber qual seria o gasto de resina por m^2 em cada um deles.

Modelo esférico 1:

$$\text{Área da esfera} = 4 \pi r^2 \quad r_{\text{externo}} = 0,315 \text{ cm} \quad r_{\text{interno}} = 0,26 \text{ cm}$$

$$A_{\text{esf. ext}} = 4 \times 3,1416 \times 0,0961 = 1,207 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{esf. int}} = 4 \times 3,1416 \times 0,0676 = 0,85 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total} = 2,06 \text{ m}^2$$

Modelo esférico 2:

$$\text{Área da esfera} = 4 \pi r^2 \quad r_{\text{externo}} = 0,35 \text{ m} \quad r_{\text{interno}} = 0,3 \text{ m}$$

$$A_{\text{esf. ext}} = 4 \times 3,1416 \times 0,1225 = 1,54 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{esf. int}} = 4 \times 3,1416 \times 0,09 = 1,13 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total} = 2,67 \text{ m}^2$$

Modelo esférico 3:

$$\text{Área da esfera} = 4 \pi r^2 \quad r_{\text{externo}} = 0,315 \text{ cm} \quad r_{\text{interno}} = 0,285 \text{ cm}$$

$$A_{\text{esf. ext}} = 4 \times 3,1416 \times 0,0992 = 1,247 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{esf. int}} = 4 \times 3,1416 \times 0,0812 = 1,02 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total} = 2,267 \quad \longrightarrow 2,27 \text{ m}^2$$

Modelo esférico 4:

$$\text{Área da esfera} = 4 \pi r^2 \quad r_{\text{externo}} = 0,30 \text{ cm} \quad r_{\text{interno}} = 0,28 \text{ cm}$$

$$A_{\text{esf. ext}} = 4 \times 3,1416 \times 0,09 = 1,13 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{esf. int}} = 4 \times 3,1416 \times 0,078 = 0,985 \text{ m}^2$$

Área total = 2,11 m²

4.6.3 - Aplicação do poliuretano vegetal e seu rendimento nos modelos esféricos

Conforme recomenda o catálogo técnico da Imperverg, a aplicação da resina deve ser feita, imediatamente após a mistura, pois o tempo de trabalho gira em torno de 20 minutos, quando entra no ponto de gel, dificultando a sua aplicação, gerando perdas. As demãos devem ser aplicadas, quando a membrana tiver seca ao toque e este tempo varia em torno de 2 horas, dependendo da temperatura do ambiente. O tempo máximo entre demãos não deve ser superior a seis horas, pois é neste período que ocorre a polimerização final. A mistura dos componentes deve ser feita sempre em pequenas quantidades, como por exemplo: 0,5 litros do componente A + 1 litro do componente B.



Figuras 192 e 193 – Poliuretano Vegetal Componentes A e B

Figura 194 – Mistura A + B

Conforme o catálogo técnico da Imperverg, referente a resina UG 132 A, o rendimento da mesma varia entre 0,7 a 01 kg/m², de três a quatro demãos. Através dos dados obtidos abaixo foi possível chegar aos seguintes rendimentos nos diferentes modelos.

Rendimento da resina no modelo esférico 1

- Demão na superfície interna: 75 ml do A + 150 ml do B.
- 2^a demão na superfície interna: 75 ml do A + 150 ml do B.
- 3^a demão da superfície interna: 18,75 ml do A + 37,5 ml do B.
- Aplicação na superfície externa: 150 ml do A + 300 ml do B.

Obs: Foram adicionadas 75g de carga (óxido de ferro) aos 450 ml de resina para a aplicação da resina.

- 2ª demão da superfície externa: 18,75 ml do A + 37,5 ml do B.

* Obs: Esta aplicação foi feita, quando o modelo já se encontrava seco, fato que dificultou a aderência da resina na superfície.

Foram gastos na impermeabilização do modelo 1:

337,5 ml do componente A + 675 ml do componente B, totalizando 1.012,5 ml do poliuretano vegetal. Dessa maneira é possível calcular o rendimento da resina no modelo esférico 1: ml/área total:

$$1.012,5 / 2,06 = 491,5 \text{ ml} / \text{m}^2$$

$$491,5 / 42,87 = \text{R\$ } 11,46 \text{ reais} / \text{m}^2$$

$$\text{R\$ } 11,46 \times 2,06 = \text{R\$ } 22,62 \text{ reais foi o custo da impermeabilização}$$



Figura 195 – Modelo 1 impermeabilizado com poliuretano vegetal

Rendimento da resina no modelo esférico 2:

A impermeabilização da superfície externa ocorreu no dia 06/03/2012

- Aplicação na superfície interna: 150 ml do A + 300 ml B
- Demão na superfície interna: 75 ml do A + 150 ml do B
- 2ª demão superfície interna: 37,5 ml do A + 75 ml do B

Houve acréscimo de 100 g de carga de óxido de ferro na mistura

- Aplicação na superfície externa: 75 ml do A + 150 ml do B
- Demão na superfície externa: 75 ml do A + 150 ml do B
- 2ª demão: 37,5 ml do A + 75 ml do B

Foram gastos na impermeabilização do modelo 2: 450 ml do componente A + 900 ml do componente B, totalizando 1.350 ml de poliuretano vegetal.

Deste modo é possível calcular o rendimento da resina no modelo esférico 2:
Kg/área total:

$$1.350 \text{ Kg} / 2,07 = 652,17 \text{ ml foi o rendimento da resina por m}^2$$

$$652,17 \text{ ml} / \text{R\$ } 42,87 = \text{R\$ } 15,21 \text{ reais}$$

$$\text{R\$ } 15,21 \times 2,07 = \text{R\$ } 31,49 \text{ reais foi o custo da impermeabilização do modelo 2}$$

Rendimento da resina no Modelo esférico 3:

Para este modelo a impermeabilização foi feita apenas na superfície interna e foi feita no dia 09/03/12.

- Aplicação na superfície interna: 150 ml do A + 300 ml do B
- Demão: 150 ml do A + 300 ml do B (aplicada no dia 14/03/2012 com acréscimo 100 g carga de óxido de ferro em pó)
- 2ª demão interna: 56,25 ml do A + 112,5 ml do B (com 100 g de óxido de ferro)
- 3ª demão interna: 25 ml do A + 50 ml do B (com 100 de óxido de ferro)

Foram gastos na impermeabilização do modelo 3: 381,25 ml do componente A + 762,50 ml do componente B, totalizando 1.143,75 ml do poliuretano.

$$1.143,75 \text{ ml} / 2,27 \text{ área total} = 503,85 \text{ ml} / \text{m}^2 \text{ é o rendimento da resina}$$

$$503,85 \text{ ml} / \text{R\$ } 42,87 = \text{R\$ } 11,75 \text{ reais} / \text{m}^2$$

$$\text{R\$ } 11,75 \times 2,27 = \text{R\$ } 26,67 \text{ reais foi o custo da impermeabilização do modelo 3}$$

Rendimento da resina no Modelo esférico 4:

- Aplicação na superfície interna: 75 ml do A + 150 ml do B

A aplicação da resina na superfície externa ocorreu no dia 19/03/2012.

- Demão interna: 56,25 ml A + 112,5 ml B
- 2ª Demão interna: 25 ml A + 50 ml B

A aplicação da resina na superfície interna foi feita no dia 26/03/2012, após aplicação de lixa para melhor aderência.

Foram gastos na impermeabilização do modelo 4: 156,25 ml do A + 312,5 ml do B, totalizando 468,75 ml da mistura.

$468,75 / 2,12 \text{ área total} = 221,11 \text{ ml} / \text{m}^2$ é o rendimento da resina

$221,11 / \text{R\$ } 42,87 = \text{R\$ } 5,16$ reais foi o custo da impermeabilização do modelo 4

$\text{R\$ } 5,16 \times 2,12 = \text{R\$ } 10,95$ reais foi o custo da impermeabilização do modelo

4.6.4 – Volume total de cada modelo e testes com água

Volume do Modelo Esférico 1

Volume da esfera: (quantidade de água no recipiente)

$$V_{\text{esfera}} = \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$V_{\text{esf. int}} = \frac{4}{3} \times 3,1416 \times 0,017576 = 0,074 \text{ m}^3$$

Volume da calota:

$$V_{\text{calota}} = \frac{1}{3} \times \pi \times h^2 (3r - h)$$

$$V_c = \frac{1}{3} \times 3,1416 \times (0,06)^2 \times (3 \times 0,78 - 0,60) = 0,027 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Total} = 0,0713 \text{ m}^3 \longrightarrow 71,3 \text{ Litros}$$

Após a impermeabilização do modelo e da polimerização da resina, que acontece em pouco mais de duas horas, verificou-se em balança industrial, que o peso final do modelo esférico 1 foi de 22,60 Kg. Após a pesagem foram feitos testes do modelo enchendo-o de água para saber qual o seu volume máximo para

armazenamento de água.

Testes com água do Modelo Esférico 1:



Figuras 196, 197 e 198 - Mariano ajudando a encher o modelo de água

Para encher o modelo esférico 1 usou-se como medida um galão de plástico com capacidade para 5 litros, sendo necessário enchê-lo 15 vezes para que atingisse o volume máximo do modelo que foi de 75 litros. O peso do galão vazio é de 0,15 g, que foi descontado do peso final do mesmo cheio de água, (5,50 kg), sendo portanto, 5,35 kg o peso da água, multiplicado por 15, que é número de vezes que o galão foi cheio água.

Após enchimento do modelo com água, verificou-se durante três horas consecutivas se havia vazamentos. Percebeu-se que mesmo após a impermeabilização e das demãos de resina, ainda havia um micro vazamento, localizado no fundo do modelo, que apesar de muito pequeno, foi responsável pela infiltração da água entre as cascas interna e externa, formadas após a impermeabilização. Houve a tentativa de contenção do vazamento com a aplicação de demão de resina com carga de óxido de ferro, mas a tentativa não foi bem sucedida, pois ocorreu novo vazamento que rompeu as membranas interna e externa do modelo, conforme é possível ver na figura 199 e 200.



Figuras 199 e 200 – Rompimento das membranas interna e externa do modelo esférico 1

Volume do Modelo Esférico 2

O modelo esférico 2, antes de ser impermeabilizado, teve seu peso final aferido em 33,25 kg.

Volume da esfera: (quantidade de água no recipiente)

$$V_{\text{esfera}} = \frac{4}{3} \pi \times r^3$$

$$V_{\text{esf. int}} = \frac{4}{3} \times 3,1416 \times 0,027 = 0,11 \text{ m}^3$$

Volume da calota:

$$V_{\text{calota}} = \frac{1}{3} \times \pi \times h^2 (3r - h)$$

$$V_c = \frac{1}{3} \times 3,1416 \times (0,06)^2 \times (0,9 - 0,06) = 0,0055 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Total} = 0,1045 \text{ m}^3 \longrightarrow 104,5 \text{ Litros}$$

Testes com água no Modelo Esférico 2

O modelo esférico 2 foi cheio com água até a metade, quando apresentou um pequeno vazamento. Por segurança o modelo foi esvaziado e colocado para secar, de modo que o vazamento não causasse uma infiltração que danificasse a estrutura como um todo. Após a cura, o modelo recebeu demão de resina com 100 g de carga de óxido de ferro para vedar os orifícios que ficaram abertos. Novamente foi colocado para secar até o dia seguinte. No entanto, dada a acentuada irregularidade das superfícies interna externa, também não foi possível

uma boa aplicação da resina o que impediu a vedação total de todos os orifícios. O modelo esférico 2 foi cheio com 70 litros de água, no entanto, apresentou microfissuras que permitiram o vazamento da água. A tentativa de contenção do vazamento, após a demão não foi bem sucedida, pois ocorreu novo vazamento, desta vez numa intensidade maior, aumentando a infiltração entre as membranas interna e externa. A infiltração provocou o aparecimento de novos bolsões de água na parede e no fundo do modelo, deformando e tirando a rigidez do modelo, desestruturando-o por completo, conforme podemos ver na figura 203.



Figura 201 - Início de vazamento no modelo 2 Figura 202 - Infiltração e vazamento no modelo 2



Figura 203 – Desestruturação do modelo 2

Volume do Modelo Esférico 3

O modelo esférico 3 teve seu peso aferido em 38,4 kg antes da impermeabilização com resina.

Volume da esfera: (quantidade de água no recipiente)

$$V_{\text{esfera}} = \frac{4}{3} \pi \times r^3 \quad r_{\text{ext}} = 0,315 \quad r_{\text{int}} = 0,27$$

$$V_{\text{esf. int}} = 1,333 \times 3,1416 \times (0,27)^3 = 0,0824 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{esf. int}} = 82,4 \text{ L}$$

Volume da calota:

$$V_{\text{calota}} = \frac{1}{3} \times \pi \times h^2 (3r - h)$$

$$V_c = 0,333 \times 3,1416 \times (0,12)^2 \times (3r - 0,12)$$

$$V_c = 0,333 \times 3,1416 \times 0,0144 \times 0,69$$

$$V_c = 0,0103 \text{ m}^3 \longrightarrow 10,3 \text{ L}$$

$$V_t \text{ modelo} = 0,0824 - 0,0103 = 0,0721$$

$$V_t \text{ modelo} = 72,1 \text{ L}$$

Testes com água no Modelo Esférico 3

A impermeabilização no modelo esférico 3 foi feita apenas na superfície interna para evitar o risco de uma possível infiltração entre as membranas formadas pela resina, caso a superfície externa fosse impermeabilizada, arriscando o modelo a uma desestruturação, conforme ocorreu no modelo esférico 2. Após a impermeabilização interna do modelo esférico 3, foram iniciados os testes para verificação de volume. A impermeabilização neste modelo foi feita apenas na superfície interna para que não houvesse infiltração entre as membranas de resina, conforme aconteceu nos modelos 1 e 2. Verificou-se após o enchimento com água, que ocorreram dois pequenos vazamentos, conforme é possível ver nas figuras 204 e 205. O volume total de água armazenado no modelo esférico 3 foi de 70 litros.



Figuras 204 e 205 – Micro vazamento no modelo 3

Volume do Modelo Esférico 4

Volume da esfera: (quantidade de água no recipiente)

$$V_{\text{esfera}} = \frac{4}{3} \pi \times r^3 \quad r_{\text{ext}} = 0,30 \quad r_{\text{int}} = 0,27$$

$$V_{\text{esf. ext}} = 1,333 \times 3,1416 \times (0,27)^3$$

$$V_{\text{esf. ext}} = 1,333 \times 3,1416 \times 0,01968 = 0,0824 \text{ m}^3 = 82,4 \text{ L}$$

Volume da calota:

$$V_{\text{calota}} = \frac{1}{3} \times \pi \times h^2 (3r - h)$$

$$V_c = 0,333 \times 3,1416 \times (0,12)^2 \times (3r - 0,12)$$

$$V_c = 0,333 \times 3,1416 \times 0,0144 \times 0,84 - 0,12$$

$$V_c = 0,0108 \text{ m}^3 \longrightarrow 10,8 \text{ L}$$

$$V_t \text{ modelo 4} = 82,4 - 10,8 = 71,6 \text{ L}$$

Testes com água no Modelo Esférico 4

Assim como no modelo anterior o teste para armazenamento de água no modelo esférico 4 foi feito após a impermeabilização da superfície interna. O modelo recebeu apenas uma mão impermeabilizante e também apresentou minúsculos vazamentos perceptíveis na superfície externa. A não impermeabilização da superfície externa permitiu o controle da infiltração e o rápido esvaziamento do modelo para o não comprometimento de sua estrutura, assim como no modelo esférico 3, conforme é possível ver nas figuras 206 e 207.



Figuras 206 e 207 – Micro vazamento no modelo 4

4.6.5 – Resultados obtidos nos modelos estruturais e esféricos

Dados técnicos	Modelo estrutural de bambu 1	Modelo estrutural de bambu 2
Área do modelo	0,32 cm ²	0,53 cm ²
Volume do modelo	18,1 Litros	41 Litros
Gasto com resina	421,87 ml	396,62 ml
Custo da Impermeabilização	R\$ 3,14	R\$ 4,19

Tabela 5 – Dados técnicos dos modelos estruturais de bambu 1 e 2

Dados técnicos	Modelo Esférico 1	Modelo Esférico 2	Modelo Esférico 3	Modelo Esférico 4
Área do modelo	2,06 m ²	2,67 m ²	2,27 m ²	2,12 m ²
Volume do modelo	71,3 L	104,5 L	71,6 L	72,1 L
Gasto com resina	1.012 ml ou 491 ml/m ²	1.462,5 ml ou 547,75 ml/m ²	1.078 ml ou 475 ml/m ²	468,75 ml ou 221,10 ml/m ²
Custo da Impermeabilização	R\$ 22,62 reais ou R\$ R\$ 11,46/m ²	R\$ 31,49 reais ou R\$ 15,21/m ²	R\$ 24,93 reais ou R\$ 10,98/m ²	R\$ 10,95 reais ou R\$ 5,16/m ²

Tabela 6 – Dados dos volumes e rendimentos obtidos nos modelos esféricos 1, 2, 3 e 4

Dados Técnicos	Modelo Esférico 1	Modelo Esférico 2	Modelo Esférico 3	Modelo Esférico 4
Resistência	ruim	ruim	razoável	razoável
Peso	médio	pesado	leve	leve
Impermeabilidade da superfície	ruim	ruim	satisfatório	satisfatório
Comportamento do revestimento	ruim	ruim	satisfatório	satisfatório

Tabela 7 – Dados quanto à resistência, peso, impermeabilidade da superfície e comportamento do revestimento em cada um dos 4 modelos esféricos

4.7 – Desdobramentos da pesquisa

A pesquisa apresentou no seu final alguns desdobramentos que podem se tornar alternativas de uso, dando outras funções para o objeto construído. A intenção deste experimento foi de criar um objeto que servisse como recipiente para armazenar água. O experimento consistiu em moldar sobre a superfície de uma meia esfera, os seguintes materiais: gaze industrial, mingau de barro e resina de mamona para impermeabilizar.

O experimento foi testado sofrendo impactos que testaram sua resistência, após a secagem, da seguinte maneira: foi atirado ao chão, pisoteado, batido contra quinas de mesas, não apresentando nenhuma rachadura ou fissura. O objeto não deve ser considerado como “fibrobarro”, já que sua espessura não ultrapassou 1 cm, o que o leva a ser considerado como laminado. Embora o objeto tenha apresentado leveza e pouca espessura, apresentou excelente resistência, podendo servir de alternativa para outros usos como vedações e revestimentos. O objeto apresentou tão boa resistência a impactos que seria boa alternativa para a construção civil utilizando-o como capacete, conforme mostra as figuras 208, 209 e 210. Além de boa resistência o objeto apresentou excelente impermeabilidade.



Figuras 208, 209 e 210 – Objeto construído com gaze industrial, mingau de barro e resina de mamona