

7

Métodos e técnicas: Experimentos com fibroso

7.1 Conhecendo o fibroso

O fibroso é um nome concebido com o propósito de responder a um material compósito que associa terra crua com grande quantidade de fibra vegetal. Estas fibras participam nos compósitos de fibroso em uma dosagem proporcionalmente muito maior do que o comum das técnicas tradicionais que se utilizam de terra crua. Este nome deriva de uma série de investigações e experimentos realizados no LILD que incorporaram conhecimentos tradicionais de construção com técnicas de laminado muito utilizadas no laboratório. Iniciado no trabalho de mestrado em 2001 este compósito passou a ser empregado com constância nos experimentos e em construções, principalmente com a preocupação de garantir qualidade nos fechamentos dos espaços construídos



Figura 164 .
Amostra de placa de fibroso sem revestimento, mostrando a grande quantidade de fibras agregadas ao solo

7.1.2 As fibras vegetais utilizadas

Cabe aqui estabelecer a importância na escolha das fibras a serem utilizadas nos experimentos em fibroso. A princípio partimos do conceito de que devemos primordialmente fazer uso dos materiais que se encontram disponíveis no local. E isso se aplica também às fibras a serem utilizadas nos elementos de fibroso. Porém percebeu-se que algumas fibras vegetais têm comportamento mais eficiente na combinação com a terra crua do que outros. Algumas fibras como a juta, por exemplo, solicitam tratamentos específicos para desempenhar bom papel coesivo.

As fibras vegetais comercialmente encontradas e sem processamentos químicos como o sisal, coco e principalmente o algodão, respondem muito positivamente na associação com a terra crua. Absorvem bem a umidade e conseqüentemente as partículas do solo, tanto na forma de fios tramados como dispersas e envolvidas no material.

O uso de capins nativos colhidos na região de Itamonte-MG, mostrou uma variedade enorme de tipos e modos de aproveitamento das espécies vegetais encontradas para os trabalhos locais. Mostrou principalmente a necessidade de reconhecer a partir das características específicas de cada espécie, a aptidão ao uso construtivo e à técnica aplicada a ela. Por exemplo, capins com fibras ou segmentos tubulares podem comprometer o compósito caso permitam em seus espaços livres o surgimento de amido e organismos vivos que se alimentem destes. O apodrecimento ou deterioração estrutural das fibras compromete o papel estabilizador destas fibras no compósito como é o caso da braqueária e do vassourão. Já os capins membeca e capim do campo, por terem fibras com formatos lamelares se adaptam melhor às misturas compostas e permitem boa liga com o barro.

Fibras extraídas “*in natura*” do sapê, da vassoura e do milho por exemplo, geralmente se caracterizam mais para trabalhos com tramados trançados do que misturados em compósitos. Já a bananeira, onde reconhecemos cinco tipos diferentes de fibras, apresenta uma grande variedade de usos, desde tramados até laminados. Os experimentos de campo

preunciaram a necessidade de reconhecer nas fibras vegetais não só as formas de constituição das fibras, como também ligninas e características impermeabilizantes contidas nestas que podem atuar como “repelentes” às partículas argilosas coesivas do solo. Nos experimentos em laboratório percebemos que as fibras tramadas de juta para se associarem satisfatoriamente ao barro atuam melhor com o auxílio complementar do PVA, assim como as fibras da bananeira em geral, apresentam em suas superfícies, membranas com características impermeabilizantes.



Figuras 165, 166, e 167.

Fibras de bananeira a secar (acima esq.), gaze industrial em fibra de algodão com trama reticulada para uso em laminados (acima dir.) e cascas de fibroso e de sisal em formato de ninhos para aplicação com barro (abaixo dir.).

No ambiente urbano, do qual subtrairemos alternativas pertinentes a este contexto, iremos focar o trabalho no uso principalmente do algodão em forma de tramados, como as gazes industriais, o coco e o sisal que encontramos em abundância e com baixíssimo custo. Fitas extraídas de jornal recortado também foram utilizadas com ótimos resultados, porém esta variável encaminha uma serie de abordagens que pretendemos deixar para um outro trabalho mais aprofundado.

As fibras, como se tratam de materiais naturais, são heterogêneas e apresentam, em relação a algumas propriedades, coeficiente de variação de comprimento da ordem de 50 %. Em Arsene conhecemos, contando com este coeficiente de variação, por exemplo os seguintes dados para as fibras de sisal – Agave sisalana : - densidade de $1370 \text{ kg} / \text{m}^3$; absorção de água em peso de 110%; deformação na ruptura de 4,3 %; resistência à tração de 458 *MPa*; módulo de elasticidade de 15,24 *GPa*.

Variam também segundo condições de clima, solo, idade e localização que se encontram. Do sisal que muito utilizamos nos experimentos sabemos também que quimicamente são compostas por lignina, 11 %; celulose, 73,1 %; hemicelulose, 13,3 %; cinzas, 0,33%; outros componentes 1,33 %.

A temperatura, a umidade ambiente e o meio em que são imersas afetam as fibras vegetais devido à decomposição da hemicelulose e da lignina. A capacidade de reforço das fibras individuais é reduzida devido a presença destes componentes nas camadas intercelulares da planta. A resistência à tração das fibras individuais também podem ser prejudicadas se estas estiverem imersas em ambiente ou umidade muito alcalina, podendo decrescer até em 50 %. As cadeias de celulose formam microfibrilas, que estão interligadas pela hemicelulose, formando assim as fibrilas. Essas fibrilas são organizadas em várias camadas, e constituem as fibras ou células, aglomeradas pela lignina. Um feixe de fibrilas é o que chamamos de fibra ou célula.

7.1.3 Propriedades da terra crua

Os materiais têm por natureza, capacidade de filtração, ou permeabilidade, condições que os distinguem em usos na construção dos espaços habitados por nós. Em Puppo (1972), reconhecemos alguns exemplos de filtração (quantidade de ar que se filtra através de um material) de materiais utilizados na construção. A organização molecular dos materiais varia conforme a densidade ou a forma que se posicionam estas moléculas, permitindo uma aeração mais ou menos eficiente. Naturalmente os índices de filtração diminuem em função das condições de umidade e revestimento.

Falemos agora de um material que tem grande capacidade de respiração, que há muito tempo se utiliza na construção, e que vem sendo ignorado pelo homem moderno: a TERRA CRUA.

Por ser um material de grande plasticidade, conforme as características granulométricas da terra, e a compactação aplicada, permitem-se enormes possibilidades de uso e diversas técnicas de aplicação.

Em todos os casos em que a terra crua é processada, transformada inicialmente em barro, o produto obtido é um elemento com características muito apropriadas no que diz respeito à capacidade de respiração do material. Diferentemente da cerâmica, que passa por processo de queima na confecção de tijolos e telhas, uma peça produzida com a terra crua permite adequações ambientais muito relevantes. A terra pode ser retirada e reconduzida à natureza com mínimos prejuízos de ordem ambiental. Seu processamento não utiliza queima de combustível, necessitando apenas de exposição ao sol. O fator mais relevante é que, por estar em seu estado natural, a terra se comporta de maneira a equilibrar a umidade e a temperatura interna do ambiente construído, adsorvendo a umidade e devolvendo-a ao ambiente.

A água atua de modo a ativar as forças de coesão dos minerais argilosos do solo. A presença da água no solo representa um fator fundamental para o conhecimento deste. Além da água livre, que ocupa os vazios do solo, encontramos outros 3 tipos diferentes de água no solo: água de constituição ou água estrutural, que se liga quimicamente às argilas do solo, e que só evaporam a temperaturas superiores a $400^{\circ}C$; a água absorvida, ligada eletricamente aos minerais da argila e a água de capilaridade, que se conduz através dos

intervalos capilares por tensão superficial da água. Estas se liberam a temperaturas de $105^{\circ}C$ ou mais.

O solo incha quando umedecido, pois a água penetra na argila por entre suas estruturas laminares, circundando as lamelas, tal qual uma capa envolvente. Quando a água evapora, as distâncias interlaminares diminuem, e estas lamelas se rearranjam entre si em um padrão paralelo, devido às suas forças elétricas de atração. A argila adquire assim, em estado plástico, uma força aglomerante, e após seca, uma resistência à tração e compressão.

Contudo, como antecipamos, todos os materiais possuem alguma porosidade. Materiais com maior porosidade como os solos, possuem uma umidade interna que estabelece um princípio de equilíbrio em relação à umidade e temperatura do meio em que se encontram. Quanto maior o conteúdo de argila, maior o conteúdo de umidade correspondente a este equilíbrio. A bentonita, por conter 70 % de montmorilonita, sob 50 % de umidade ambiente, tem um conteúdo de umidade de equilíbrio (13 %) bem maior que a caulinita (0,7%). Para efeito de balanço da umidade ambiente a velocidade de absorção e desabsorção tem maior relevância do que o valor da umidade de equilíbrio. Do mesmo modo é mais relevante para a difusão de vapor o tamanho dos poros do solo do que o índice de porosidade.

Diferentemente da cerâmica, como a terra crua mantém preservadas suas propriedades originais, as partículas de argila adquirem o papel de reguladoras da umidade ideal necessária ao espaço habitado, mantendo a variação da umidade em torno de 55% na média. G. Minke, faz um comparativo sobre a capacidade reguladora de umidade do solo ao absorver o excedente do ar quando este está saturado, e devolver a umidade ideal ao ambiente, quando este se encontra ressecado. Regula assim conseqüentemente a própria temperatura.

Faz ainda um comparativo demonstrando a salubridade de um cômodo de banho de uma moradia construída com terra crua em relação a um banheiro revestido de azulejos. No cômodo de terra crua após o banho de uma pessoa a umidade saturada do ambiente se dissipa em apenas 20 min., devido a aeração dos materiais que compõem o ambiente, enquanto no banheiro revestido de azulejos, devido a suas características impermeabilizantes, este tempo pula para pelo menos 4hs. O dado é relevante. Sabemos que água gera vida e o longo tempo de umidade saturada de um ambiente fechado é determinante para a proliferação de fungos e bactérias. Vejamos então ambientes como hospitais e

indústria de alimentos que impõe a necessidade do ambiente saudável. As normas atuais estimulam a utilização de materiais e revestimentos impermeabilizantes do chão ao teto. Isto quando não os obrigam.

Para se garantir a salubridade de tais ambientes há que se utilizar equipamentos de ventilação mecânica e um mundo de produtos químicos aplicados seguidamente varias vezes ao dia. Será que isto realmente garante um ambiente saudável? Em tempos passados tais construções mantinham um barramento intermediário dividindo as paredes em duas partes de acabamento. A parte inferior que iria até aproximadamente 1,60m de altura era tratada com material cerâmico ou pintura a óleo, e a parte superior que iria desta faixa até o teto recebia pintura de cal ou látex. Lembremos que as construções mais antigas se utilizavam de pés direitos mais altos, com maior volume para ventilação. Mesmo estas cerâmicas de tempos remotos, normalmente recebiam pouca compactação e queima com poder calorífico mais baixo (chamada baixa queima) permitindo uma respiração maior do material que os atuais.

Conhecemos também esta propriedade da terra crua recolher a umidade do ar e devolver ao ambiente de forma equilibrada, e seria natural perguntar então porque neste cômodo de banho a terra crua não se manteria encharcada propiciando também a proliferação de microorganismos.

O fato é que nestes cômodos a terra não fica diretamente exposta, recebendo tratamentos como óleo de linhaça, albumina, cal ou até mesmo látex, isto por si só já inibe a absorção excessiva de água, porém o fator principal é que, podendo respirar, o material aerado dissipa rapidamente o excesso de umidade.

Mas porque então não se mantém o uso destes materiais já conhecidos e tão benéficos nos dias de hoje? Acreditamos ser uma resposta atrelada a diversos fatores. Interesses econômicos na venda de produtos químicos de limpeza, de materiais cerâmicos e impermeabilizantes com consequência em modelos estéticos padronizados e até por interesses políticos.

De qualquer modo, as construções que se utilizaram de terra crua e destes materiais que respiram ainda estão a disposição das novas gerações para serem experimentadas e comprovarem tal fato.

7.1.4 O que chamamos “fibroso”

A revitalização destas técnicas conhecidas secularmente nos possibilita também repensar novos usos e procedimentos para estes materiais.

Da mesma forma que reconhecemos no barro características de respiração e adequação ambiental, percebemos também que suas possibilidades de combinação com outros materiais são infinitas. O uso principalmente das fibras agregadas ao barro nos oferece possibilidades de compósitos muito interessantes.

Desde o ano de 2001 alguns experimentos vem sendo realizados tendo como referência a técnica das cascas e de laminados com fibras e resinas, assuntos de anos de experiência do LILD. A partir daí, as pesquisas se voltaram para o aproveitamento de uma série de compósitos que se utilizam da terra crua umedecida (barro) e de fibras naturais como principais ingredientes. A este conjunto de compósitos denominamos fibroso.

Tradicionalmente as técnicas passadas de construção que se utilizaram desta mistura, agregaram as fibras com intenção de conectar e estabilizar estruturalmente os elementos construtivos. Em alguns casos com diminuição de peso destes elementos. Nestas técnicas, como taipa de mão e adobe, as fibras são picadas e adicionadas ao barro como um componente otimizador, assim como outros materiais usualmente encontrados no local de construção. Ex: esterco, pedras, sangue, cal, soro de leite (albumina), sumos e óleos. O uso das fibras e terra se emprega de modos diversos, dependendo da natureza dos materiais disponíveis e acessíveis no local. O material apropriado para construir é naturalmente aquele que está disponível, fácil de encontrar e adquirir.

A definição de fibroso se estabelece na dosagem de terra crua em relação ao volume de fibras agregadas. O percentual de fibras nunca é inferior ao de barro, portanto partimos de um percentual de 50% em volume para cada ingrediente, podendo ser ampliada a quantidade de fibras na medida em que as qualidades do solo utilizado permitem a estabilidade da mistura. O compósito deve estar homogeneamente misturado permitindo a aferição deste percentual em 1cm³ de referência para as membranas.

Para uso em compósitos de barro as fibras não devem ser umedecidas anteriormente à mistura, para que absorvam a umidade contida no próprio barro. Como visto, as fibras de sisal absorvem mais de 100 % de água, em peso, devido à água que penetra em seus poros e também devido à captura de água de constituição, pelas hidroxilas da celulose.



Figuras 168. e 169.
Detalhe de placa de fibrosolo com fibra de coco (acima), e peças em formas variadas de fibrosolo modelado (ao lado).

O uso de elementos em forma de cascas, permitido por este material, possibilitou entendimentos de limites estruturais e possibilidades mecânicas ainda não consideradas nas construções de barro, principalmente pela função mecânica das fibras. Foi aferida material seco uma densidade média da ordem de $1500 \text{ kgf} / \text{m}^3$, em casca de fibra de sisal com espessura final média, em torno de 9 mm .

Também pudemos abordar, a partir destes ensaios, processos de confecção e manuseio diferenciados dos usuais na área rural, bem como a aplicação de outros materiais que auxiliem na proteção do compósito utilizado, tais como resinas e aglomerantes.

Como trata Luis Eustáquio Moreira, destacam-se as seguintes propriedades plásticas para esse compósito, consequência da configuração, disposição ou padrão de fibras, do modo de aplicação do barro e sua consistência pastosa:

Transportabilidade: as peças são facilmente transportáveis ao local de aplicação.

Moldabilidade: colocada sobre um molde, assume qualquer geometria.

Maleabilidade: propriedade plástica associada à flexibilidade da unidade, à facilidade com que a unidade pode ser dobrada e encurvada no espaço.

Ajustabilidade interna: admite deslocamentos relativos internos das fibras em relação ao barro, para efetuar correções.

Reversibilidade: pode-se obter o material original, após a secagem, bastando-se para isso, que se umedeça a peça.

Chamamos também de “fibrobarro”, como uma derivação do “fibrosolo”, quando utilizamos uma solo com características mais argilosas neste compósito. Trata-se, portanto, de uma membrana, enquanto em estado úmido, que após a secagem, torna-se uma casca uma placa ou uma folha.



Figura 170. Placa maleável de fibrosolo denominada "pizza".

7.1.5 A Casca original- Cúpula de compósito de fibroso

Este primeiro experimento com fibroso no LILD pretendeu mostrar que o revestimento de composto de barro pode se manter estabilizado pela amarração mesmo após a retirada dos cabos tensores, sem deformação e retorno da malha estrutural ao estado pré tensionado. A cúpula foi montada com estrutura de bambu tramado em forma de malha, 15x15 cm, sobre molde de segmento de esfera de diâmetro 1,30 m e altura 0,40 m. A estrutura foi distribuída sobre molde de gesso tendo seu perímetro amarrado de forma a tensionar a malha até se acomodar homoganeamente sobre a superfície do molde. A espessura do compósito se manteve em média com 1 cm.



Figura 171.
Cúpula da casca original
apoiada sobre bancada



Figura 172.
Cúpula com marcação de
pequenas fissuras

7.2 Tipos de revestimento aplicados ao fibroso

7.2.2 PVA

O polímero orgânico polivinil-acetato (PVA) inodoro, incolor, biodegradável e não tóxico. Tem boa estabilidade química, boa qualidade de isolamento e coagulação quando em película. Seus usos vão desde colantes, tintas, modificador do solo, e cosmético de uso diário.

Nos experimentos realizados com algumas cascas e placas, o PVA mostrou-se um colante extremamente interessante, pois se mostrou de ótima coesão aos materiais em que foi aplicado. A plasticidade deste colante após secagem, confere aos compósitos de fibroso uma baixa rigidez, suficiente para auxiliar a estruturação do material, dar-lhe certa resistência e proteção à umidade de baixa saturação. Por ser solvente em água, a relação com as moléculas de argila, que guarda umidade e com as fibras vegetais utilizadas, é sempre harmônica e de compatibilidade. Notou-se em todos os casos que o PVA é transportado pela umidade do material ou da diluição migrando para dentro do compósito.

Embora o PVA seja de baixa permeabilidade sua capacidade de absorver umidade permite que este troque fluidos gasosos, ainda mais por admitir diluição em água, que possibilita mudanças de saturação, com diferenciais de permeabilidade.

Foram experimentadas concentrações de diferentes ordens ao PVA aplicado sobre estes compósitos:

Puro e em diluições em água com proporção de 1:2, 1:4 e 1:8 . Todas estas dosagens foram aplicadas sobre cascas pré-moldadas e a película superficial proporcionada por estas aplicações se manteve íntegra durante deformações da peça a não ser quando havia ruptura do material.



Figura 173. Aplicação de PVA diluído em água para proteção de placa de fibrosolo.

7.2.3 Barro + PVA

Foram feitos experimentos com PVA adicionado de barro. A relação dos dois materiais como revestimento se mostrou extremamente interessante quando se necessita de restauro de compósito ou mesmo acabamento mais refinado. A compatibilidade percebida com a terra e as fibras nos experimentos anteriores permitiu fazer um uso mais abrangente do PVA. Pasta colante, tinta e massa de acabamento foram possibilidades apresentadas e de ótimo resultado. Foram usadas também diluições em água nas proporções de 1:2, 1:4 e 1:8 todas com excelente resultado.



Figura 174 e 175.
Aplicação de revestimento de barro com PVA diluído em água sobre manta (esquerda) e sobre fibrosolo (acima).

7.2.4 Barro + PVA + trama tecida

Esta combinação foi muito utilizada para aplicar bandagens e remendos nos compósitos. A utilização do PVA com o barro se deu numa diluição em água de 1:2 e 1:4 com terra seca. Foram obtidos excelentes resultados na recuperação de peças danificadas mostrando ser esta combinação uma ótima alternativa para a autonomia no uso e aplicação de técnicas com fibrosolo pelas pessoas comuns.



Figura 176. Triângulo com mantas de restauro em juta.



Figura 177. Detalhe de bandagens de restauro em juta com PVA



Figura 178.
Manta de juta sendo aplicada para
recuperação de casca de fibrosolo e
aplicação de pasta de barro + PVA



Figura 179.
Aplicação de bandagem em
cascas para ser colada com
manta de juta em composição
com pasta de barro + PVA

7.2.5 Resina de Mamona

A utilização da resina de mamona se deve ao fato de ser uma resina vegetal com matéria-prima abundante e de fácil fabricação. É material biodegradável e com propriedades poliméricas tal qual as resinas de polímeros sintetizados. Seu uso ainda é recente porém os primeiros experimentos vêm mostrando alto grau de compatibilidade com os compósitos de fibrosolo e grau de dureza que pode ser ajustado conforme o uso. Sua relação com a terra crua e com as fibras é de muito boa integração, pois se percebe que o material se incorpora e migra com facilidade enquanto fluido.

Percebeu-se neste material grande sensibilidade a umidade ambiente em seu estado líquido, determinando muita atenção nos procedimentos de uso e controle ferramental, pois o menor descuido pode provocar expansões desreguladas do produto. Como revestimento externo produziu ótimos resultados quanto à proteção à umidade, porém seu grau de respiração carece de maiores estudos devido a sensibilidade e controle na cura.



Figura 180.
Casca de fibrosolo
com aplicação de
resina de mamona

7.2.6 Barro + resina de mamona

Esta combinação mostrou resultados muito interessantes para usos diversos em acabamentos de compósitos. O domínio do tempo de cura em relação às umidades do ambiente e do próprio material dificultam o controle de reação da resina como revestimento. Mesmo com estas incertezas a resina de mamona é uma excelente alternativa de estruturação e coesão de cascas e placas.

7.2.7 Lanolina

A lanolina merece ser ressaltada, mesmo sendo um material ainda pouco estudado, pois nos experimentos iniciais revelou-se um excelente hidrofugante tanto de compósitos de fibroso quanto de tramados têxteis (tecidos). A importância dada a esta gordura animal retirada da lã das ovelhas é o fato do bairro do Monteiro ter uma característica muito tradicional nos tratos com a lanicultura e pela crescente retomada na criação de ovinos no local.

A relação da lanolina com o fibroso é interessantíssima pois aquecida acima de 40° C ela se liquefaz, combinando naturalmente com as gotículas de água, e penetra facilmente entre as partículas do solo. Em temperatura abaixo destes 40°, a lanolina se solidifica mantendo característica pastosa e repelente à umidade. Esta integração ocorre também com tramados têxteis e com papeis. Sua compatibilidade com o organismo humano é outro dado interessante, pois a assimilação e transportabilidade é tão natural que se utiliza o produto para cremes cosméticos e pomadas medicamentosas. Sua capacidade de manter a respiração dos materiais é a mesma que as gorduras produzidas pela pele.



Figuras 181 e 182. Amostras de fibroso com aplicação de lanolina e detalhe de gota de água sobre superfície protegida.

7.2.8 Outros revestimentos

Outros revestimentos foram empregados nas investigações, e merecem ser lembrados embora menos utilizados. Dos revestimentos sintéticos foram experimentados a tinta acrílica e o silicone líquido com bons resultados funcionais porém aquém das condições de recomposição biodegradável ao meio. Dos revestimentos orgânicos o esterco e o leite composto com óleo de linhaça se mostraram boa opção para o campo com ótima condição de baixo impacto ambiental.

7.3 Tabela de experimentos realizados

Exp.	Identificação	local	Obs:
01	Cobertura verde tensionada I	Campo	Trama tensionada com cobertura vegetal
02	Cobertura verde tensionada II	Campo	Trama tensionada com cobertura vegetal
03	Casca de fibrosolo em malha tensionada	LILD	Trama tensionada com fibrosolo
04	Casca tensionada em base triangular esférica invertida I	LILD	Trama tensionada com fibrosolo
05	Casca tensionada em base triangular esférica invertida II	LILD	Trama tensionada com fibrosolo
06	Casca tensionada em fibrosolo com abertura	LILD	Trama tensionada com fibrosolo
07	Maquete de cobertura tensionada em fibrosolo	LILD	Trama tensionada com fibrosolo
08	Bola moldada em fibrosolo	LILD	Cascas pré-moldadas
09	Casca modelada para calha e telha	LILD	Cascas pré-moldadas
10	Casca de triângulos esféricos em fibrosolo	LILD	Cascas pré-moldadas
11	Cúpula ogival em fibrosolo	LILD	Cascas pré-moldadas
12	Placa revestida com jornal	LILD	Placas prensadas em fibrosolo
13	Placa revestida com papelão	LILD	Placas prensadas em fibrosolo
14	Placa revestida com papel cartão	LILD	Placas prensadas em fibrosolo
15	Placa revestida com papel craft	LILD	Placas prensadas em fibrosolo
16	Placa revestida com papel artesanal de bananeira	LILD	Placas prensadas em fibrosolo
17	Placa revestida com gase industrial	LILD	Placas prensadas em fibrosolo
18	Placa revestida com juta	LILD	Placas prensadas em fibrosolo
19	Placa revestida com entretela de algodão	LILD	Placas prensadas em fibrosolo
20	Placa revestida com não tecido de polipropileno	LILD	Placas prensadas em fibrosolo
21	Placa pós-modelada para sistemas de módulo de encaixe	LILD	Placas prensadas em fibrosolo
22	Placa emoldurada	LILD	Placas prensadas em fibrosolo
23	Placa sem revestimento com PVA	LILD	Placa sem revestimento
24	Folha tensionada com moldura	LILD	Folha de fibrosolo
25	Folha pré-tensionada de fibrosolo	LILD	Folha de fibrosolo
26	Folha maleável de fibrosolo em gase industrial	LILD	Folha de fibrosolo
27	Caixas comparativas	LILD	Ensaio comparativo
28	Ensaio químicos de porosidade	Lab. Química	Ensaio comparativo

7.4 Experimentos em redes tensionadas no bairro Monteiro

7.4.1 Experimento 1 - cobertura verde tensionada 1

Este experimento se iniciou em junho 2004 e teve o objetivo de conhecer as possibilidades de proteção e respiração pelo uso de uma cobertura verde tensionada. Utilizou-se materiais com porosidade suficientes para permitir o fluxo de ar inibindo a passagem da água. Foi aplicada a manta não tecida “Tyvek” da DuPont sobre uma rede de nylon atirantada em esteios de madeira por cabos de aço. Sobre o Tyvek foi colocada uma manta geotextil de drenagem “Mcdrain” da empresa Mccaferri, a fim de manter desobstruída a passagem de água e o contato direto da terra com a manta.

Após estas camadas foi distribuída uma camada de 15 cm de terra e semeado grama. O experimento ficaria ao tempo e foi analisado segundo suas alterações ao longo de 2 anos. Após este período notou-se que a rede se deformou durante o período de chuvas e no final do 1º. Ano já se encontrava no solo. Nesse período as funções de escoamento atuaram sem problemas, porém a vegetação só se desenvolveu após a cobertura ter se encontrado com o solo.

Por um ano a cobertura ficou em contato com o solo, e quando foi desmontada para análise, mostrou estado perfeito da manta Tyvek e alguma deterioração do tecido de revestimento da manta de drenagem.

Mesmo em contato com o solo a manta por todo experimento não apresentou aspecto de fungos, mofo ou bolor, dando indícios de ausência de umidade na superfície externa. Ao mesmo tempo o solo respirou o suficiente para não guardar umidade necessária para o crescimento vegetal.



Figuras 183 e 184. Armação e montagem de estrutura tensionadas suspense com as mantas de proteção e de drenagem



Figuras 185 e 186. Preparação da cobertura verde para receber camada de terra



Figura 187. Malha tramada tensionada pelo peso próprio da cobertura verde.



Figura 188. Cobertura verde já distribuída com definição das curvaturas provocadas pelo peso próprio.



Figuras 189 e 190. Desmonte da estrutura e retirada das camadas do experimento, mostrando a integridade da manta de respiração Tyvek.

7.4.2 Experimento 2 - cobertura verde tensionada 2

Este experimento foi realizado no Monteiro em 2006, e seguiu os mesmos procedimentos do experimento anterior, porém mantivemos a camada de terra diretamente colocada sobre uma manta de juta para acompanharmos visualmente o processo de drenagem e o possível crescimento de vida vegetal. Ainda está em observação com drenagem regular e não mostra nenhum comprometimento estrutural mesmo com a presença de espécies vegetais.



Figuras 191 e 192. Montagem de estrutura da cobertura com manta de juta



Figuras 148 e 149. Montagem de estrutura da cobertura com manta de juta

7.5 As cascas de fibrosolo

As cascas são definidas como membranas estruturais autoportantes, e estabelecem espessuras mínimas em relação à área de superfície própria ocupada. O arquiteto Heino Engel (1981) coloca as cascas no grupo de sistemas estruturais de “superfície ativa”, com os requisitos de manter a continuidade estrutural em dois eixos, com resistência à tração, compressão e cisalhamento.

Também segundo definição do arquiteto e engenheiro francês Paul Conil (1967) casca é um volume pelicular indeformável, e estas estruturas embora pouco usuais na engenharia, já são conhecidas há 3500 anos, em cúpulas de terra crua construídas no Oriente Médio. Materiais recentes como argamassa armada, concreto, plásticos e laminados em geral foram utilizados na confecção destas superfícies.

As cascas permitem obter uma superfície curvilínea autoportante, e por serem extremamente delgadas necessitam de menor quantidade de material, funcionando como cobertura e estrutura em um mesmo objeto. Com isto conseguimos trabalhar superfícies de área maior com menor volume. Podem ser planejadas como um conjunto modular de peças pré-fabricadas, como placas montadas em forma de escamas ou como uma peça única que envolve todo espaço construído.

A montagem e fabricação demandam um grupo menor de pessoas no processo de fabricação, facilitando o manuseio dos materiais e simplificando os procedimentos técnicos.

Os experimentos vêm indicando novas possibilidades na combinação de ingredientes na casca como fazer uso de mantas tramadas e pré-tensionadas para receber o compósito de fibrosolo e estabilizar o conjunto. Uma casca tensionada. Com conceito semelhante ao das estruturas protendidas, percebemos uma nova possibilidade no uso deste material que ainda é pouco investigado.

Ao longo da pesquisa percebemos também a vantagem de obter cascas utilizando curvaturas invertidas em superfícies de malhas atirantadas. Neste outro processo de trabalho o peso próprio do compósito de fibrosolo garante as curvas e as tensões necessárias para a casca.



Figura 195. Superfície de casca de curvatura invertida tensionada pelo peso próprio do fibrosolo com textura provocada pelo transpasse de trama de juta

Serão apresentados a seguir alguns experimentos feitos no LILD para o desenvolvimento das cascas de fibrosolo :

7.5.1 Cascas em redes tensionadas no LILD

7.5.1.1 Experimento 3 – A primeira casca de fibroso em malha tensionada

Este experimento abordou as propriedades do barro sobre uma malha pré-tensionada. Foram ensaiadas aplicações, de barro puro e também composto com fibras, direto sobre uma trama têxtil tensionada, sobre estrutura de fitas bambu. Aplicou-se o compósito em ambos os lados da trama, de modo a impregnar suas fibras e criar melhor coesão.

O propósito deste experimento é semelhante ao do experimento original, ou seja, entender como atua o fibroso em geral, com um mínimo de espessura envolvendo uma trama previamente tensionada, e que tipo de deformações esta combinação resulta durante e posteriormente ao processo de embarramento. Criou-se um modelo de abóbada em escala reduzida e com auxílio da participação de alunos, aplicou-se em pequenas placas sobre a superfície.

O que pudemos perceber imediatamente é que a trama têxtil estabeleceu uma tensão limite provocada pela contribuição do peso próprio do compósito que se acomodou sobre a superfície. Quando o compósito perdeu seu excedente de umidade e estabilizou-se seco empiricamente (umidade ambiente), notou-se que o novo material é estruturalmente estável, não maleável e com espessura muito delgada. A trama combinada manteve sua forma final sob tensão, auxiliada pela retração provocada após a perda de umidade do compósito.

Construímos assim a primeira casca de fibroso tensionada.



Figura 196. Modelo com malha tensionada parcialmente barreado.



Figura 197. Aluna aplicando compósito sobre modelo.

7.5.1.2 Experimento 4 - Casca tensionada de fibrosolo em triângulo esférico invertido 1

Após constituirmos a primeira casca tensionada de fibrosolo, partimos para uma série de investigações e especulações formais para compreensão deste novo universo. Imaginamos que uma manta pré-tensionada recebendo o peso próprio de um material (fibrosolo) sobre ela, atuaria como uma estrutura protendida. Para conseguir eficiência neste comportamento procuramos então investigar combinações de materiais que atuassem de modo solidário.

Neste experimento portanto, ensaiamos a confecção de uma casca em fibrosolo, atirantando uma manta de fibra de juta, de forma triangular. As bordas desta manta receberam uma bainha reforçada com cabos de varetas de bambu. Sobre esta manta, esticada, foi aplicado o compósito de barro e fibras de bananeira proporcionando o tensionamento da membrana pelo peso próprio do material.



Figura 198. Manta de juta esticada



Figura 199. Manta de juta recebendo compósito de fibrosolo



Figura 200. Superfície do triângulo em estabilização com peso próprio do compósito.



Figura 201. Casca já com forma estabilizada.



Figuras 202 e 203. Apoio e manejo da casca curada, mostrando a necessidade de estruturação da superfície inferior devido ao peso próprio.

O comportamento deste dispositivo experimental mostrou a necessidade de em outros ensaios experimentarmos a técnica de laminado, pois com fissuras e descolamentos superficiais, percebemos claramente tratar-se de uma estrutura dinâmica que solicitaria uma película de estruturação superficial.

7.5.1.3 Experimento 5 - Casca tensionada de fibrosolo em triângulo esférico invertido 2

Este experimento repete os procedimentos anteriores na confecção do fibrosolo, porém estabelece uma moldura em bambu onde se mantém esticada e costurada a manta de juta. A moldura além de inibir grandes deformações, permitiu um controle maior da forma e foi proposto com fins de investigar possíveis módulos de encaixe para estruturas maiores e curvilíneas. Neste experimento percebemos a necessidade de estabelecer dimensões compatíveis com o acesso e manuseio das técnicas aplicadas. Este ensaio também demonstrou necessária aplicação de uma membrana estrutural na superfície, atuando como um laminado.



Figuras 204 e 205. Preparo de manta tensionada e costurada em moldura de bambu com início de aplicação de fibrosolo



Figuras 206 e 207. Casca com curvatura provocada por peso próprio do material

7.5.1.4 Experimento 6 – Casca tensionada em fibrosolo com abertura

Este dispositivo experimental que se utiliza do modelo reduzido de uma estrutura geodésica, foi objeto de ensaio para uso de cascas tensionadas em superfícies irregulares. Experimentou-se aqui entender a apropriação da técnica de aplicação do fibrosolo com aberturas estrategicamente posicionadas, a fim de permitir acesso à área de cobertura da pessoa responsável pela aplicação do revestimento.



Figuras 208, 209 e 210. Estrutura geodésica em escala reduzida com suporte e modelagem em fibrosolo.

Com a perspectiva de definir a aplicação do fibrosolo como trabalho manual, planejou-se garantir distancias suficientes ao alcance das mãos do executor. Esta abertura posteriormente estaria preparada para receber elementos de ventilação ou janela.

7.5.1.5 Experimento 7 - **Maquete de cobertura tensionada com fibroso**

Este ensaio em escala reduzida tem o propósito de investigar a ação da cobertura têxtil tensionada recebendo os esforços do peso próprio do fibroso como auxiliares aos movimentos de empuxo provocados por ventos. Consegue-se diminuir a reflexão excessiva de luz e proteger tecidos naturais da ação nociva de raios solares. Há questões desfavoráveis no que diz respeito à aplicação do revestimento em áreas extensas, à manutenção da cobertura e no aumento dimensional de esforços nas hastes de suporte.



Figuras 211, 212, 213.
Maquete de estrutura tensionadas com cobertura têxtil em algodão revestida de fibroso

7.5.2 Cascas em módulos tensionados

7.5.2.1 Experimento 8 – bola moldada

O experimento da bola usou o princípio da moldagem e desmoldagem de uma casca utilizando uma bola plástica inflável. Enquanto esteve cheia, pressionada pelo ar contido na esfera, a forma se manteve apta a receber o revestimento de barro cru composto, com outra parte de fibras de coco, na proporção de 1:1 em volume. Deixou-se uma abertura, onde se encontrava a válvula, para retirada posterior da bola já esvaziada. Esta peça, mesmo sem receber qualquer colante, mostrou resistência tal que se pode sentar sobre ela como se fosse um banco.



Figuras 214, 215, 216 e 217. Montagem de esfera de fibroso, modelos reduzidos e utensílios.

7.5.3 Cascas pré-moldadas

7.5.3.1 Experimento 9 – Casca modelada para confecção de Calha/telha

Este experimento mostrou as possibilidades de manuseio dos materiais que compõem o fibroso, desde sua modelagem até sua recomposição. A moldabilidade apresentada pelos recursos técnicos desenvolvidos em outros experimentos se mostrou aqui de grande versatilidade. Este experimento mesmo após ter sua forma estabelecida, foi seguidamente modificado sendo sempre recomposto com bandagens e laminas de manta de juta com barro e PVA diluído em proporção de 1:2. A importância deste ensaio está muito mais no aprendizado com o manejo e comportamento do material. Foi realizada uma emenda de duas peças distintas.



Figura 218. Peça piloto de sistema calha/telha



Figura 218. Bandagem de recomposição da peça calha/telha



Figura 219. Curvaturas de cascas a serem emendadas



Figura 220. Calha laminada com fibroso e revestimento de jornal com PVA pronta para emenda.



Figura 221,. Face inferior do experimento com peça de dupla curvatura e emenda na calha laminada.

7.5.3.2 Experimento 10 - **Cascas de Triângulos Esféricos em fibroso**

Os experimentos de confecção dos triângulos esféricos, usando como referencia os trabalhos antecedentes, pretendeu observar as possibilidades de moldagem, desmoldagem e transporte de superfícies de proteção em fibroso, como cascas de mínimas espessuras possíveis. Nestes experimentos foram estudados quatro módulos de $\frac{1}{4}$ de hemisfério cada, com raio de 0.80m, que uma vez conjugados formam uma cúpula hemisférico. Posteriormente com as partes encaixadas, a cúpula semi-esférica resultante da montagem foi colocada ao tempo para observação e análise de comportamento dos materiais.

O experimento teve por princípio estabelecer cascas triangulares de fibrosolo a partir da pré-fabricação da manta deste material feita sobre uma superfície plana. Sobre este plano foram aplicados os compósitos, e imediatamente transpostos, para um molde de gesso pré-fabricado, para ganhar a forma esférica. Para isso foram confeccionados quatro moldes em gesso e bambu com superfície esférica e convexa, como mostra a figura 177. Neste molde cada compósito descansa até a secagem para posteriormente serem montados na forma de cúpula hemisférica.



Figura 222. Atuação integrada de pesquisa e ensino no LILD sobre molde de gesso



Figura 223. Equipe preparando forma para modelagem em superfície plana

A confecção dos triângulos teve a participação de professores, pesquisadores, alunos e voluntários. A equipe se revezou nas etapas de processamento dos compósitos, modelagem das tramas, barreado, transporte e moldagem.

Sobre cada molde triangular foi aplicada uma técnica diferenciada de confecção de casca, com variações nos modos técnicos e no manuseio do material. Formaram-se assim quatro módulos triangulares de dupla curvatura confeccionados com manta de juta e compósito de fibrosolo com fibras de sisal na proporção 1:1:

Para fazer o 1º triângulo primeiramente colocou-se uma rede sobre uma base plana isolada, em seguida uma folha de papel. Aplicou-se sobre este papel uma camada de compósito já na forma de modelagem na superfície plana. Para

ficar envolvidos em camada intermediária foram colocados retalhos de malha têxtil de juta com trama pequena. Por fim complementou-se como última camada um compósito de fibras e barro. Esta manta foi apoiada sobre a rede com objetivo de ao transportar o conjunto minimizar possíveis danos estruturais. Assim se procedeu.

O compósito foi preparado com terra de emboço peneirada agregada de fibras de sisal com 5 cm de comprimento. Foi usada uma proporção de 1:1 neste primeiro triângulo. A aplicação se procedeu com a divisão deste triângulo em 4 partes iguais.

O 2º triângulo recebeu uma manta continua de juta de trama pequena, inserida em meio a um compósito de especificações semelhantes ao primeiro triângulo, aplicada sobre manta de “não tecido”. Conforme o procedimento do primeiro triângulo, também foi apoiada sobre uma rede de transporte. O molde deste segundo triângulo foi confeccionado com três círculos vazados na superfície convexa, para observar nestes vazios, a deformação por gravidade do peso próprio da casca de fibrosolo. A intenção é melhor observar a deformação já percebida no experimento anterior.

O 3º triângulo não recebeu um tecido de juta intermediária, porém os procedimentos anteriores no que diz respeito à modelagem e uso do compósito de fibras e barro se mantiveram. Mereceu uma atenção diferenciada o transporte do material da base plana até o molde. A rede de transporte que hora foi carregada pelas sobras até o molde, neste caso mereceu o preparo de esperas, que transpassaram a manta de forma a fixar ganchos de içamento, para deslocar o conjunto de modo equilibrado. Desta maneira a manta de fibrosolo foi acomodada diretamente sobre o gesso.

No último triângulo experimentou-se modelar o compósito diretamente sobre o molde separado apenas por uma lona plástica de pvc. Dividiu-se este triângulo em duas metades, sendo uma metade com compósito de barro e fibras de coco na proporção de 1:3, em litros, e a outra metade com a mesma proporção alterando-se para fibras de sisal.



Figura 224, Modelagem de mantas de juta para confecção de cascas triangulares de dupla curvatura.



Figura 225.
Atuação integrada de pesquisa e ensino no LILD sobre molde de gesso



Figura 226.
Processo de produção dos triângulos



Figura 227. Triângulo esférico com círculos convexos



Figura 227. Detalhe do triângulo esférico com círculos convexos



Figura 228. Cúpula de fibrosolo sobre base



Figura 229. Montagem de cúpula com moldes

O período de observação deste experimento quando colocado ao tempo mostrou dados interessantíssimos.

O primeiro dado percebido é que as cascas confeccionadas com sanduíche de barro entremeados pela manta de juta, ficaram com a superfície desprotegida. A tensão superficial necessária neste tipo de peça estrutural, depende de uma membrana contínua que ocupe toda a área da casca e conduza qualquer esforço ou resultante para as extremidades, onde se encontram as bainhas. No caso das cascas triangulares a superfície de barro necessitaria ou de um posicionamento diferenciado da trama de juta, deslocando-a para as áreas superficiais, ou de um reforço auxiliar ao equilíbrio estabilizador do conjunto, como uma membrana ou película de resistência superficial, de modo que o peso próprio da peça seja descarregado adequadamente.

Aplicamos, portanto, sobre a face externa das cascas, uma mistura de barro com PVA, diluído em 50% de água a fim de uma aplicação melhor distribuída. Em alguns casos aplicamos também bandagens embebidas na mesma mistura, com o propósito ou de reforçar o local ou de constituir emendas. Este procedimento recuperou as peças e garantiu também um acabamento mais refinado.

O segundo dado foi resultante deste primeiro procedimento de proteção. A cúpula colocada ao tempo, recebendo umidade e insolação foi se modificando. Por manter ainda suas características de permeabilidade com a aplicação da mistura de barro e PVA, o material absorveu esta umidade ambiente e ganhou uma plasticidade ainda não conhecida. A maleabilidade e flexibilidade do compósito mostraram a ótima integração do PVA, que acompanhou ou permitiu o movimento das peças triangulares, modificando a forma da cúpula de modo solidário. O PVA intumescido ganha plasticidade, e por estar impregnado ao compósito, carrega consigo todo conjunto sem permitir a desintegração das partes.



Figura 230. Cúpula semi-esférica deformada pela absorção de umidade. A superfície se acomoda formando curvaturas sem se romper. Apresenta também a ação de cupins que se limitou a agir na moldura de aglomerado mdf, sem interferir no fibroso.



Figura 231. Detalhe de dobra da casca de fibrosolo onde se nota a película protetora de Barro com PVA mantendo ainda parte da proteção do material.



Figura 232. A imagem mostra a emenda dos triângulos em sua junção perfeitamente unida.

Figura 233. Mesmo com a deformação provocada pela deterioração do anel inferior, a cúpula mantém a unidade do conjunto flexível e solidária, ganhando plasticidade e a integridade do revestimento externo



7.5.3.3 Experimento 11 – Cúpula ogival de fibroso

Neste experimento abordamos a construção de um objeto de proporções maiores, delimitado pelo alcance do braço humano. Aqui pudemos estabelecer uma série de procedimentos necessários para confeccionar peças de dimensões que restrinjam gestos curtos. A expectativa é começar a simular ações em construções maiores que determinem uso e ocupação do espaço de construção de modo a mostrar eficiência na confecção de peças de fibroso.

Nem sempre encontraremos ambientes de trabalho como o laboratório, onde normalmente confeccionamos amostras e peças pequenas e todos os utensílios, ferramentas e disposição espacial se mostram favoráveis a gestos programados. A cúpula ogival que propusemos tem base de 2,40 m de diâmetro e 1,80 m de altura.

Os procedimentos de montagem desta ogiva se iniciaram com a confecção de um modelo em escala reduzida, onde simulamos o máximo de manejos que possam corresponder à execução do modelo maior. Preparou-se inicialmente um molde em areia concebido a partir de um gabarito em

compensado com a finalidade de transferir a curvatura pretendida para este volume de areia. Com a forma ogival estabelecida na areia, isolou-se esta com um filme plástico e aplicou-se o compósito de fibroso. No topo da pequena casca conseguida deixamos uma abertura com o propósito de fazer por esta a retirada da areia moldante.



Figuras 234, 235, 236, 237, 238, 239 e 240. Dispositivos experimentais simuladores da forma ogival projetada para a cúpula. Condução a partir de gabarito com curva catenária.

Com o modelo maior se fez basicamente da mesma maneira. Construímos um grande volume de terra e areia a partir de um gabarito de papelão e modelamos o molde na medida pretendida. Isolamos novamente com filme plástico este molde ogival para facilitar o desmolde e cobrir as trincas de retração apresentadas pelo barro umedecido que se agregou à areia. Já nesta etapa os procedimentos de confecção se mostraram diferenciados, pois para se garantir a curvatura e fazer o isolamento havia que se projetar o corpo para um ponto em que o equilíbrio só se fez com o auxílio de uma pequena plataforma de apoio.

A cobertura com compósito de fibroso se deu da seguinte maneira: foram confeccionadas pequenas placas de fibroso, em forma de pizzas, a partir de pequenos ninhos de fibras de sisal de mais ou menos 40 cm de diâmetro,

emplastados de barro em estado mais líquido, próximo do limite de plasticidade. Neste tipo de preparo de compósitos não há como trabalhar no estado plástico do barro, pois a impregnação com as fibras se faz mais trabalhosa e requer outros equipamentos. Conforme recomendado por Minke [4], as fibras foram mantidas secas para agregar o barro, para que pudessem absorver parte da umidade contida nele próprio, diminuindo a formação de microtrincas por retração da argila e evitando o excesso de umidade.

O barro utilizado foi derivado de um solo um pouco siltoso, de coloração avermelhada, peneirado em malha 2,5mm. Descansou umedecido após pisoteio feito pela equipe do LILD por 4 dias.

Aplicaram-se estas pequenas pizzas sobre o monte de areia isolado e foram-se unindo umas as outras com acréscimo de uma capa de cobertura composta por longas fibras de sisal sobrepostas. Esta capa se uniu impregnada às “pizzas” aproveitando a umidade do barro utilizado. A espessura da casca se manteve com uma média de 9 mm.

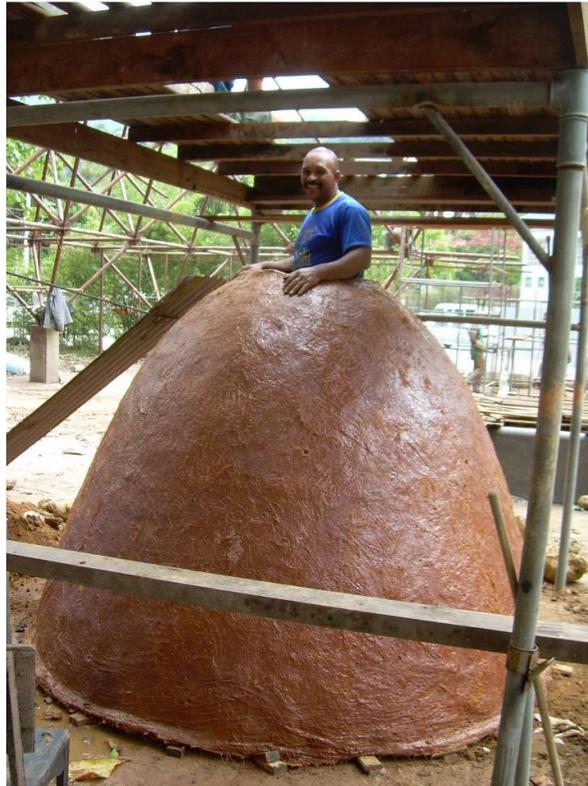


Figuras 241 e 242.
Aplicação das
“pizzas” de fibroso
sobre filme de
isolamento e
colocação da capa
de fibras longas de
sisal.

As pizzas foram sendo aplicadas lado a lado, de cima para baixo. Elas se superpõem em uma faixa de cerca de 6 *cm*, mantendo a continuidade dos elementos. Nos anéis extremos, tanto na base quanto no topo, reforçamos a linha de acabamento com uma bainha feita com feixes de sisal e barro aumentando a espessura em 6 *cm* com altura decrescente de 8 *cm*.

A ogiva após estes procedimentos foi coberta para secar controladamente.

Com oito dias passados para cura e estabilização do compósito, aplicamos um revestimento protetor em resina de mamona, deixando novamente um anel superior com abertura para retirada do material que constituía o molde.



Figuras 243 e 244.

Cúpula na sua forma ogival em processo de cura (acima) e já protegida com resina de mamona em processo de desmonte (ao lado). Nota-se na bainha inferior ainda parte da umidade do material absorvida tanto do molde quanto da água de constituição das pizzas.

Figuras 245 e 246.
 Procedimento de corte para abertura inferior da ogiva (abaixo), e tampa demonstrativa da espessura e camadas do processo de laminação aplicado ao objeto (ao lado).



A desmoldagem também se mostrou mais complexa, não pelo princípio que é bem simples, mas pelo manejo e cuidado no serviço. A retirada de material requer certo esforço, que foi simplificado com a abertura de uma passagem circular próxima à base. A ogiva assim se consolidou.

O transporte foi o passo seguinte. Houve um contratempo que foi a necessidade de mudança do espaço físico do LILD, que também determinou a saída prematura do experimento do lugar inicial. Para transportarmos fizemos uso da leveza do conjunto e içamos a ogiva para uma carroceria a fim de levarmos ao novo local. Neste processo, como a base mais espessa ainda não se fazia completamente seca, houve uma deformação da parede na parte inferior que solicitou consertos.

Novamente aplicamos os conhecimentos de remendo e reforço com bandagens utilizados no experimento dos triângulos de dupla curvatura, aproveitando ainda para inserir feixes de fibrosolo circundantes na parte externa como reforço .

A deformação decorrente deste enfraquecimento da base reafirmou as características de flexibilidade e maneabilidade do material



Figura 247.
Momento de içamento da ogiva para transporte em caminhão.

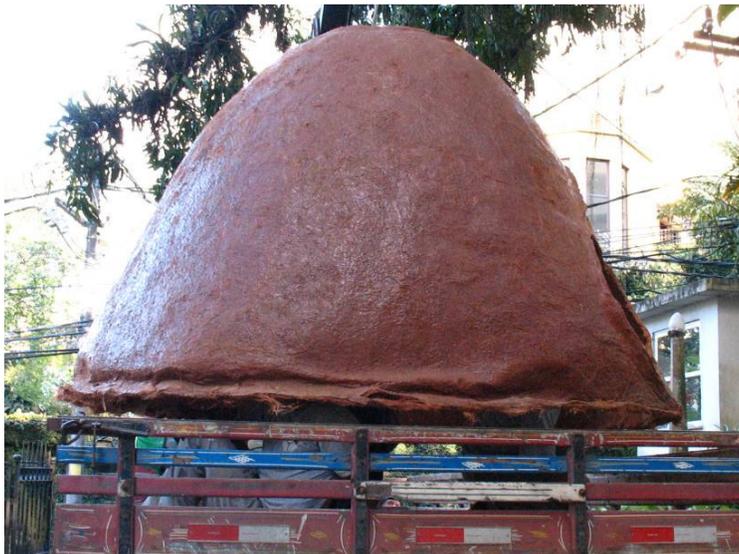


Figura 248.
Posicionamento da ogiva sobre caçamba mostrando a bainha inferior deformada pelo desmolde antecipado. O peso próprio da cúpula atuou sobre área ainda não estabilizada pela cura do material.



Figura 249.
Processo de deslocamento da ogiva mostrando novamente a deformação da bainha que refletiu também na área intermediária.



Figura 250.
Ogiva restaurada,
recebendo além dos
reparos usuais,
nervuras aplicadas
com feixes de sisal,
barro e pva.

7.6 Experimentos placas prensadas em fibroso

A distinção que faremos aqui entre as placas e as cascas se apoiará em características de relação estrutural. As cascas por definição tem papel estrutural autoportante, e as placas não tem este compromisso podendo ser apenas elementos auxiliares e complementares do sistema estrutural estabelecido. Na forma as placas se apresentam como elementos planares, dobráveis ou não.

A confecção das placas de fibroso, dos experimentos adiante tratados, seguiu basicamente os mesmos procedimentos processuais, porém houve variações nos tipos de superfícies de acabamento.

Com uma moldura de madeira como fôrma de 50x50 cm, com espessura de 1 cm apoiada sobre uma bancada, aplicou-se sobre a uma primeira superfície de acabamento, inserida dentro desta moldura, PVA diluído em água na proporção de $\frac{1}{4}$, para em seguida aplicar uma camada de 1 cm de fibroso. Este composto foi dimensionado de forma a manter em 1:1, em volume, a proporção de barro para fibras picadas de sisal. Após terem sido misturados com quantidade de água suficiente para mantê-las em estado plástico, o fibroso resultante é distribuído uniformemente na forma, e comprimido com um rolo do tamanho da moldura.

Aplica-se novamente o PVA diluído para sobre este inserir a outra superfície de acabamento. Constitui-se num laminado caracterizado por um sanduíche de fibrosolo entremeado por películas de acabamento, e uma ótima alternativa às placas de gesso acartonado.



Figura 251. Amostras de placas com diversos revestimentos, revelando sua finíssima espessura



Figura 252. Placas de fibrosolo com acabamentos distintos: papel craft, papel cartão, entretela, papelão corrugado e não tecido.



Figura 253. Prof. Ripper segurando placa revestida em juta.

7.6.1 Revestidas com papel

7.6.1.1 Experimentos 12, 13, 14 e 15 – placas revestidas de jornal, papelão, papel cartão e papel craft



Figura 254, Placas com acabamentos de papelão, papel craft e papel cartão com espessura de 1 cm.



Figuras 255 e 256. Placas com acabamentos de papelão (esquerda) , e jornal (direita)

7.6.1.2 Experimento 16 – placa revestida com papel artesanal de bananeira



Figuras 257 e 258. Processo de fabricação do papel artesanal de bananeira realizado no LILD



Figura 259. Placa de fibrosolo revestida com papel de bananeira rompido. As camadas seqüenciais do laminado se mostram presentes.

7.6.2 Revestidas com tramas em tecido

7.6.2.1 Experimento 17 - placa revestida com gaze industrial

Os experimentos com placas que obtiveram resultados mais expressivos foram os que se utilizaram das gazes de algodão industrial. As gazes são compostas basicamente de finíssimos fios de algodão tramados com espaçamentos que variam de 5 a 10 mm, e se notabilizam pela rusticidade e levíssimo peso por m². Sua trama permite uma associação ao barro com extrema facilidade, permitindo além da estruturação do material uma combinação integrada, e que em dados experimentos praticamente passam despercebidas.



Figura 260. Placa de fibroso com gaze industrial



Figura 261. Detalhe de placa com gaze industrial



Figura 262. Detalhe de placa com gaze industrial onde a integração dos materiais se torna de tal ordem que as fibras ficam despercebidas.



Figura 263. Amostra de placa com gaze industrial mostrando camada da trama com barro

7.6.2.2 Experimentos 18, 19 e 20 – placas revestidas com juta, entretela de algodão e não tecido em polipropileno (TNT)

As placas revestidas com tramas tecidas permitiram avançar no conceito de superfícies de permeabilidade seletiva, principalmente pelo resultado das tramas de algodão com aberturas mais espaçadas. A trama de juta supostamente receberia com muita facilidade o composto de barro e fibras, mas mostrou-se pouco aderente. Mesmo com filamentos dispersos em sua trama, e que naturalmente poderiam se associar a outras fibras, demonstrou após material seco constantes descolamentos e separação da capa de fibroso. A mesma dificuldade encontramos na junção do TNT com o fibroso. A repelência do material assim como a juta só é vencida por uma aplicação mais concentrada de colantes. Já as tramas de algodão mostraram grande compatibilidade com a mistura de fibras e barro, permitindo tanto um controle no acabamento das superfícies, quanto aderência. A permeabilidade e estruturação das peças, resultante desta combinação é muito proveitosa.



Figura 264, placa revestida com manta de juta onde a característica de descolamento fica evidenciada



Figura 265. placa revestida com não tecido TNT



Figura 266, placa revestida com manta de entretela de algodão

7.6.2.3 Experimento 21 – Placa pós-Modelada para sistema de módulos de encaixe

Este ensaio experimental busca investigar as possibilidades de preparar placas de fibrosolo que possam ser manipuladas e modeladas pelo princípio de dobras posteriormente às sua confecções. É uma possibilidade que embora não tenha se aprofundado mostra alternativas muito interessantes para sistemas construtivos pré-fabricados e montagens de baixo custo. Pode ser desenvolvida como sistema complementar como painéis, ou mesmo como estrutura autoportante, se incorporado numa combinação com outros modelos construtivos. Neste caso a manta de juta não desempenhou bom papel de aderência, e acredito que melhores resultados podem ser obtidos com revestimentos em papel acartonado. Os encaixes permitem espaços vazios que vão sendo preenchidos na medida em que o conjunto vai se erguendo.



Figuras 267, 268, e 269. Sistema modular para construção baseado no princípio de placas de fibrosolo dobradas

7.6.2.4 Experimento 22 - Placa Emoldurada

Esta placa laminada de fibrosolo, com tramas de gaze industrial nas duas faces e revestida com nata de barro com PVA diluído em água na proporção de $\frac{1}{4}$, foi aplicada sobre uma moldura de madeira modular. Esta combinação foi uma oportunidade de aproveitar um sistema construtivo modular desenvolvido no LILD por trabalho final de graduação da aluna Marcela Abla, que se constituía em quadros de madeira reaproveitada para uso em projetos de moradias. Foi realizada uma placa exclusivamente para se adequar ao sistema, e sua junção se mostrou extremamente simples e adequada.



Figuras 270, 271 e 272. As ilustrações mostram um sistema modular construtivo de encaixes baseado em painéis formados por quadros com sobras de madeira. A placa de fibrosolo mostrou-se perfeitamente ajustável e adequada ao sistema.

7.6.3 Sem Revestimento

7.6.3.1 Experimento 23- Placa sem revestimento com PVA

Esta placa é um ensaio que faz uso de composto de fibroso sem estruturação superficial, com a finalidade de compreender o comportamento da placa somente com o compósito de fibras e barro e um revestimento superficial com uma película de proteção constituído de PVA líquido sem diluição. A placa de 50x50 cm se mantém perfeitamente íntegra quando estabilizada num elemento estrutural que a suporte. Quando solicitada isoladamente a atuar dinamicamente recebendo esforços diretos a placa se desagrega.



Figura 273. Amostra de placa sem revestimento, apenas confeccionada com o compósito de fibras e terra.

7.7 Experimentos com “Folhas” de fibroso

Esta variação pode ser considerada uma placa maleável que em alguns casos se aproxima das cascas. Ela se diferencia por seu comportamento moldável e pela espessura extremamente delgada. As folhas de fibroso se configuram como mantas têxteis com tramas abertas suficiente para serem permeadas por uma superfície muito fina de barro. Podem ser formadas como sanduíches de mantas paralelas ou com uma única manta envolvida por duas camadas superficiais de barro com ou sem colante (PVA). Desta maneira temos a trama de tecido enrijecida e entremeada por duas coberturas isolantes e de proteção, com espessuras máximas entre 2 e 4 mm.

7.7.1 Experimento 24 - folha tensionada com moldura

Neste experimento analisamos o comportamento do compósito de fibrosolo definido pela junção da trama pré tensionada por uma moldura de madeira, recebendo sua configuração como placa ao ter o tecido revestido definitivamente com o barro em espessura de 3 mm. Aparece aqui uma tentativa de produzir módulos pré-fabricados que se ajustem à um sistema construtivo pré-definido. No detalhe um setor da peça protegido com $\frac{1}{4}$ de PVA. O resultado deste experimento é interessantíssimo e muito valioso pois manteve as qualidades do material em evidencia, permitindo a fácil manipulação do sistema construtivo. Abre caminho para uma serie de novos ensaios com princípios mecânicos assemelhados ao radiador.



Figura 274. Tela tensionada preparada para receber o compósito.



Figura 275. Folha de fibrosolo com detalhe de aplicação de PVA diluído em água (1:4).

7.7.2 Experimento 26 - folha de fibrosolo pré-tensionada

Esta abordagem experimental com folhas de fibrosolo propôs criar um quadro de madeira e neste esticar uma trama de juta. Esta primeira trama recebeu inicialmente aplicação de PVA diluído em água na proporção $\frac{1}{4}$ e sobre ela uma camada de 3 mm de composto de fibrosolo na proporção 1:1. Sobre esta camada de fibrosolo então se aplica a segunda trama de juta embebida na mesma solução de PVA diluído. O laminado pretendido se finaliza com prensagem por rolo de 60 kg guiado pela moldura, e desmontagem da mesma.



Figuras 276, 277, 278 e 279. Processo de confecção de folha pré-tensionada de fibrosolo.

Neste experimento foram feitas algumas manipulações na peça como modo de investigar seu comportamento sob esforço pontual além da deformação desta placa delgada. A primeira manipulação foi erguer a folha e colocar sob esta uma meia esfera, a fim de deixá-la apoiada e em observação por 4 horas. Durante todo este tempo a folha manteve-se íntegra e acomodada. Com leve deformação.

Após este período submetemos a folha à uma aspersão homogênea de água, com borrifador, na região de apoio, onde se encontrava a meia esfera de gesso, para induzir uma deformação mais proeminente. Foi deixada por mais 4 horas até que o composto amolecesse pela absorção da umidade e consequentemente se acomodasse novamente sobre o molde esférico.

A superfície superior que atuou com esforços de tração apresentou trincas e fissuras na camada de fibrosolo, abaixo da manta de juta. Não houve uma moldagem evidente da folha sobre a forma esférica, ficando num meio termo entre curvaturas e dobras. Há a hipótese de ter ocorrido uma absorção parcial da água aspergida, deixando parte das partículas argilosas propensas a trincas.

Antes que a área de umidade se tornasse seca novamente, aplicamos sobre a área deformada uma demão de PVA concentrado. Deitou-se mais uma vez a casca sobre uma bancada. O retorno a forma original plana, se mostrou muito boa, ainda com alguns indícios de trincas, mas completamente absorvidos pela manta colada.



Figuras 280. Folha de fibrosolo sendo apoiada sobre $\frac{1}{2}$ esfera



Figuras 281, 282 e 283. Ensaio de indução à deformação da folha de fibroso. Fica nítida a curvatura porém sobressaem-se algumas dobras

Um segundo ensaio de manipulação foi aplicado. Simulamos uma ação de deslocamento e transporte da folha de fibroso após deixá-la apoiada em curvatura em posição autoportante. Os procedimentos de manuseio visavam conhecer aspectos de deformação e degradação da peça durante seu manuseio. O que percebemos é que mesmo necessitando de certos cuidados não houve dano aparente e o conjunto se manteve íntegro.

Percebeu-se também a facilidade de recomposição básica destas placas não estruturais. Com poucos recursos pode-se reaproveitar e restaurar uma peça danificada.



Figuras 284 e 285. Folha de fibrosolo apoiada em posição autoportante . A imagem mostra também a folha de fibrosolo com as duas mantas superficiais de juta xxx



Figuras 286, 287, 288 e 289. Movimento de transporte da folha de fibrosolo, mostrando mancha da deformação originada pelo ensaio anterior.

7.7.3 Experimento 25 – folha maleável de fibrosolo em gaze industrial

Neste ensaio confeccionou-se uma folha de fibrosolo a partir de um laminado constituído da junção de duas membranas estruturais em gaze industrial, entremeado por uma camada de 2 mm de barro argiloso. Sobre as duas faces da folha de fibrosolo, após prensagem, foi aplicada uma demão de PVA diluído em água na proporção de 1:4. A intenção deste experimento era observar a capacidade de deformação e moldagem em superfícies de dupla curvatura. Notou-se que a deformação tende a buscar lentamente a acomodação à forma do molde, porem há que se controlar o nível de umidade para que tanto o PVA quanto o fibrosolo ganhem estado de plasticidade suficiente para tal.



Figura 290. Prensagem de folha de fibrosolo



Figura 291. Folha de fibrosolo em deformação

A maleabilidade possibilitada por este material, como um pano cuja deformação pode ser induzida e planejada, permite ajustar as folhas como um revestimento capacitado a cobrir superfícies irregulares.

Para espaços habitáveis, o uso deste tipo de revestimento manteve garantidas as expectativas quanto a permeabilidade seletiva que permita a respiração material, com o uso da terra crua. A associação da terra com a trama de algodão (gaze industrial), promoveu além de uma estruturação do elemento construtivo a flexibilidade e maleabilidade demonstradas pelas imagens. As possibilidades de uso tanto da técnica quanto do material se apresentam como uma alternativa muito interessante no uso de revestimentos moldáveis sobre formas curvas, painéis para divisórias e forrações. As folhas podem ser ainda combinadas de modo a constituir um conjunto de laminas paralelas funcionando como um radiador regulador do conforto interno dos ambientes.



Figuras.292 e 293. Demonstração de moldabilidade da folha maleável de fibrosolo



Figura. 294 e 295.
 Detalhe de superfície da
 folha de fibrosolo. A gaze
 industrial de algodão
 atua como uma
 membrana estruturadora
 do compósito. Demonstra
 conformações flexíveis e
 moldáveis



Figura 296.
 A capacidade de
 acomodação a
 superfícies irregulares
 garante um uso muito
 rico na cobertura de
 superfícies não
 convencionais



Figura 297. Detalhe das camadas laminadoras da folha de fibrosolo