

3 Natureza, Arquitetura & Design



Figura 1 – Vista de pátio, por Hundertwasser.

“A tecnologia desenvolvida pelo homem é imensamente amadora se comparada à elegância da renovação da invenção não-humana. O Homem não reconhece de forma espontânea, nenhuma tecnologia a não ser a sua, assim fala das demais como algo que indiferentemente chama natureza”. (FÜLLER, 1982:17).

Aprendemos na natureza, ao observarmos as estratégias de sobrevivência das espécies, como se alimentam, se abrigam, se reproduzem. Aprendemos nos reinos animal e vegetal, nos ambientes terrestre e aquático, em climas árido, tropical, temperado e polar.

À medida que minúsculas câmeras eletrônicas são desenvolvidas, observamos de forma mais precisa o comportamento de espécies de invertebrados, por exemplo.¹

¹ ATTENBOROUGH, Pequenos Monstros 1, A Invasão da Terra, Editora Abril, 2006. BBC-2005.

Observamos como se organizam em colônias para garantir a preservação da espécie e como reagem quando se percebem ameaçadas. Observamos também como produzem substâncias em forma de fios e como tecem suas teias para capturarem suas presas e constroem seus ninhos e suas tocas.

Aprendemos e reproduzimos aquilo que vimos e adequamos às nossas necessidades. Aprendemos e reproduzimos fios, cabos e membranas, entrelaçamos e agregamos matéria, artesanal ou industrialmente.² Aprendemos sobre estruturas biotêxteis³, estruturas encontradas na natureza que incorporamos às técnicas de fiar, tecer e construir têxteis, e estruturas desenvolvidas pelo homem, semelhantes, em sua organização, às formas “biológicas”, então incorporadas a outras técnicas.

No campo da Arquitetura & Design, a partir de soluções e adaptações ao meio, desenvolvidas por outras espécies, “copiamos” a natureza ao adequarmos “idéias”, reproduzindo e ajustando-as através de investigações para o desenvolvimento de artefatos, abrigos, materiais e estratégias.⁴

“O que chamamos de “projeto” (*design*), em seu sentido mais amplo, é a moldagem dos fluxos de energia e de materiais feita em vista dos fins humanos. O projeto ecológico é um processo no qual nossos objetivos humanos são cuidadosamente inseridos na grande rede de padrões e fluxos do mundo natural. Os princípios do projeto ecológico refletem os princípios de organização que a natureza desenvolveu para sustentar a teia da vida. A prática do desenho industrial nesse contexto exige uma mudança fundamental da nossa atitude em relação à natureza. Nas palavras de Janine Benyus, escritora de divulgação científica, o projeto ecológico, “dá início a uma era baseada não no que podemos *extrair* da natureza, mas no que podemos *aprender* com ela”.⁵ (CAPRA, 2002:241).

Assim, a partir de “exemplos naturais”, podemos encontrar experiências realizadas em Arquitetura & Design,

² RIPPER E FINKIELSZTEJN, 2005:3-4. Referências aos estudos de DE VASCONCELOS sobre ninhos de pássaros.

³ Idem.

⁴ DE VASCONCELOS, 2000:158-284.

nos “modos de fazer e conceber” que acompanham os princípios e estratégias da natureza.

“Pele - Roupa - Casa - Identidade - Terra”

Hundertwasser (1928-2000), o “médico da arquitetura”, atuou em completa sintonia com os princípios da natureza. Em 1953, sintetiza sua visão de mundo através da pintura de uma espiral⁶, onde “Cinco Peles” representariam a interação por osmose de níveis de consciência sucessivos e concêntricos, relacionando indivíduo com seu meio: a *Epiderme*⁷, a *Roupa*; a *Casa*; a *Identidade* e a *Terra*. Através da “Casa de Hundertwasser”, passa de crítico idealista à ação prática, convertendo-se em construtor, e declara sua vocação de “médico da arquitetura” (Figuras 91 a 94).



Figura 2 – As cinco peles”, por Hundertwasser.



Figura 3 – Centro Trwmal de Blumau, por Hundertwasser.

⁵ CAPRA, 2002: 241. O autor faz referência ao livro *Capitalismo Natural (Natural Capitalism)*, publicado pela Editora Cultrix, São Paulo, 2000, de Janine Benyus.

⁶ A partir deste momento Hundertwasser representa, através de espirais, seus pensamentos e suas teorias.

⁷ RESTANY, 2003. As “Cinco Peles” correspondem respectivamente a: primeira pele: zona membranosa mais próxima do indivíduo; segunda pele: seu “passaporte social” e reflexões sobre sua roupa, status social, e denúncia à padronização da moda; terceira pele: através da qual aborda a espiritualidade da matéria ao término de seu ciclo biológico e o direito “a fachada”; quarta pele: identidade e suas relações com o meio; e quinta pele: o mundo, a ecologia e a humanidade.

“(…)Me nego a construir casas que possam danificar a natureza e as pessoas.

(…)Somos simples hóspedes da natureza e deveríamos conseqüentemente nos comportar.

(…)Um bom edifício deve conseguir unir as coisas: a harmonia com a natureza e a harmonia com a criação humana individual.”

RAND, Harry, Hundertwasser, 2003:38-39. GUARDERIA - Projeto Arquitetônico de Hundertwasser para Francfort-Hedderheim. Viena, 14 de maio e 1987.

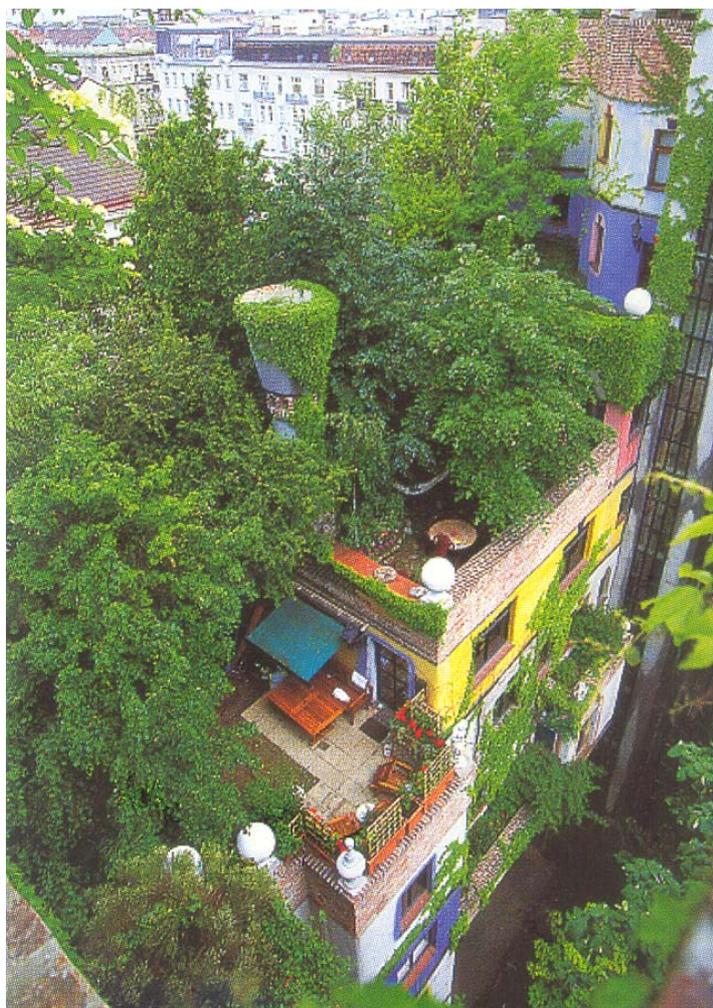


Figura 4 – Casa Hundertwasser, Viena.

“(…) A natureza deve crescer livremente onde caem a chuva e a neve; o que está branco no inverno deve ser verde no verão.

Todos os elementos horizontais que se encontram abaixo do céu pertencem à natureza. Nas estradas e nos telhados devem-se plantar árvores.

(…) A gente entenderá por fim a frase: a linha reta é atéia”.

RAND, Harry, Hundertwasser, 2003:146-147. *Manifesto: “Tu derecho a la ventana. Tu deber hacia el árbol.”* Düsseldorf, 27 de fevereiro, 1972.

“Qual a natureza da estrutura? Qual a estrutura da natureza?”⁸

Kennet Snelson, durante seus estudos na escola de arte Black Mountain College (CN, EUA), em 1948, interessou-se pelas idéias relativas a tensão e compressão de seu professor Richard Buckminster Füller. Começou a realizar experimentos através dos quais explora o espaço tridimensionalmente, com particular interesse em movimento, desenvolvendo um método de construção que agrega elementos modulares em que utiliza cabos como linhas de tensão para equilibrar os elementos no lugar. Richard Buckminster Füller efetuou algumas alterações neste princípio, aplicou-o às construções de domus geodésico que vinha realizando e nomeou-o *tensegrity* (“*tensão e integridade*”).

Os maiores interesses de Kennet Snelson diziam respeito ao modo como a matéria é construída e a como articular espaço. Dedicou-se a investigar as propriedades físicas das estruturas, buscando tornar o espaço palpável através dos limites em que o sólido está contido. “Não estava interessado em escultura, mas sim em estruturas” (Figura 95, 96 e 97).



Figura 5 – “Kellum’s Grip”.

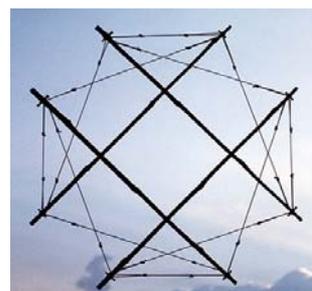


Figura 6 – “Diagonal Double Cross”.



Figura 7 – “Circlespheres”.

⁸ Kenneth Snelson dedicou sua vida artística a responder a estas duas perguntas.

Sua investigação sobre as forças físicas em nível macroscópico, que resultou no *tensegrety*, foi posteriormente direcionada às forças físicas em nível atômico. Os modelos desenvolvidos por Kenneth Snelson levaram cientistas a avançar nas pesquisas sobre o comportamento celular. Segundo INGBER⁹, as membranas celulares possuem *tensegrety* e são formadas por cadeias protéicas, densas ou ocas, comportando-se como cabos e hastes, e formando estruturas estáveis, porém flexíveis (Figura 98). Equilibram compressão e tensão, e suportam forças sem se romper. As membranas celulares tornaram-se objeto de interesse da NASA, pois reagem à gravidade, já que peso proporciona tensão e compressão.

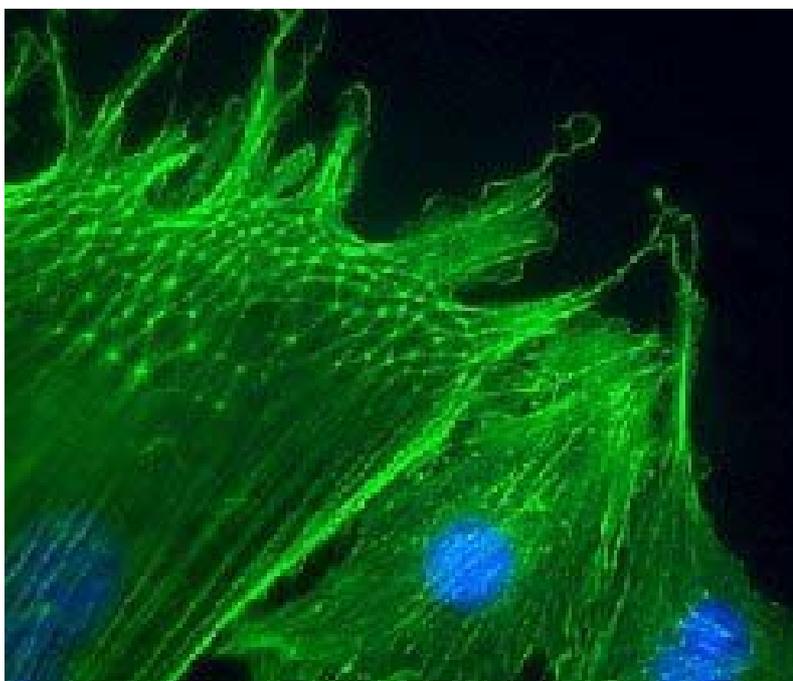


Figura 8 – Membranas estruturais de células endotélicas humanas.

“Synergetics”

O comprometimento de Richard Buckminster Füller com a preservação do planeta levou-o a realizar experimentos que permitissem identificar e distribuir os recursos da Terra de forma justa, e proporcionassem melhora da qualidade de vida a todas as sociedades.

O entendimento sobre a natureza e a tecnologia, no sentido mais profundo, foi possível através de suas



Figura 9 – Domus, Buckminster Füller.

⁹ BIOTENSEGRETY e INGBER, 1998:48.

investigações, permitindo o avanço de sistemas modulares e estruturais eficientes, assim como de construções infláveis. Parte desses princípios está reunida em “Synergetics”, em que aborda geometria, pensamento e Universo (Figuras 99, 100 e 106).



Figura 10 – Domus de cartão, Buckminster Fuller.

Arquitetura Têxtil

Frei Otto dedicou-se a investigações no campo da Arquitetura Têxtil, desenvolvendo tensoestruturas, e é um dos pioneiros na compatibilização ambiental e preservação de recursos naturais. Em seu treinamento de engenheiro de aviação, realizou experimentos e investigações acerca de tendas para abrigos de emergência, promovendo posteriormente avanços pioneiros em coberturas, matemática estrutural e engenharia civil. A partir de 1972, pesquisa estruturas biológicas, tais como malhas estruturais de conchas (Figura 101).

A Arquitetura Têxtil utiliza a membrana como principal material para suas estruturas e coberturas. Essas membranas, constituídas por um tecido ou malha de fibras podem receber tratamentos para otimizar suas performances físicas e mecânicas, e permitem cobrir grandes vãos com rapidez de montagem e custo relativamente baixo em comparação às construções convencionais (Figura 102). As membranas tensionadas são



Figura 11 – Instituto Leichtbau.

leves e relativamente finas, proporcionam ambientes com iluminação transparente ou translúcida e diversidade de formas de superfícies curvas.



Figura 12 – Laboratório de investigação, Venafro, Itália.

A Arquitetura Têxtil cujas origens estão associadas às tendas de grupos sociais nômades, é utilizada em construções de rápida montagem e desmontagem, e de transporte fácil (Figuras 103 e 104). É inserida neste contexto devido principalmente à confecção de membranas para as coberturas dos Sistemas Modulares Têxteis e à leveza requerida. Na Arquitetura Têxtil, as coberturas tensionadas são constituídas por membranas que cumprem as funções estruturais e de vedação. As membranas tensionadas¹⁰ são formadas por mantas, cabos, elementos de suporte, ancoragem e fundação, e são classificadas basicamente como *estruturas tensionadas de membrana*, que agem como estruturas e vedações; *estruturas tensionadas de malha*, que atuam de forma independente dos elementos de cobertura, e *estruturas pneumáticas*, que são sustentadas pela pressão do ar (Figura 105).

As tendas nômades e *yurts*, cujas origens nos remetem a quarenta mil anos e a materiais como ossos, peles, e diversos elementos naturais, estão estreitamente relacionadas ao contexto socioeconômico do grupo e aos recursos e condições climáticas encontradas na região. O caráter geralmente provisório dessas habitações é



Figura 13 – Tenda tuaregue.

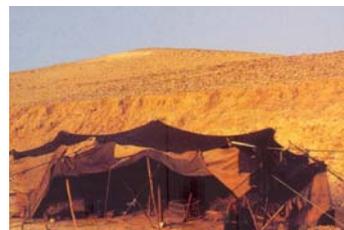


Figura 15 – Tenda beduína.



Figura 14 – Elementos de vedação de fachada, Osaka, Japão.

¹⁰ METÁLICA. São também chamadas estruturas tensionadas, ou tensoestruturas.

evidenciado através dos elementos construtivos de fácil transporte e rapidez na construção, características que se refletem nas primeiras manifestações da Arquitetura Têxtil e objetos a ela relacionados. Hoje já é possível considerarmos uma Arquitetura Têxtil de caráter permanente¹¹.

Podemos perceber interfaces e fluxo de informação entre diversas áreas da ciência, ao investigarmos experiências em Arquitetura & Design, que seguem critérios e princípios da natureza e bem estar do homem, permitindo, assim, melhor compreensão sobre diversos sistemas.

"Em todas as escalas da natureza, encontramos sistemas vivos alojados dentro de outros sistemas vivos - redes dentro de redes. Os limites entre esses sistemas não são limites de separação, mas limites de identidade. Todos os sistemas vivos comunicam-se uns com os outros e partilham seus recursos, transpondo seus limites".
Princípios da Ecologia - Redes. (CAPRA, 2002:239)

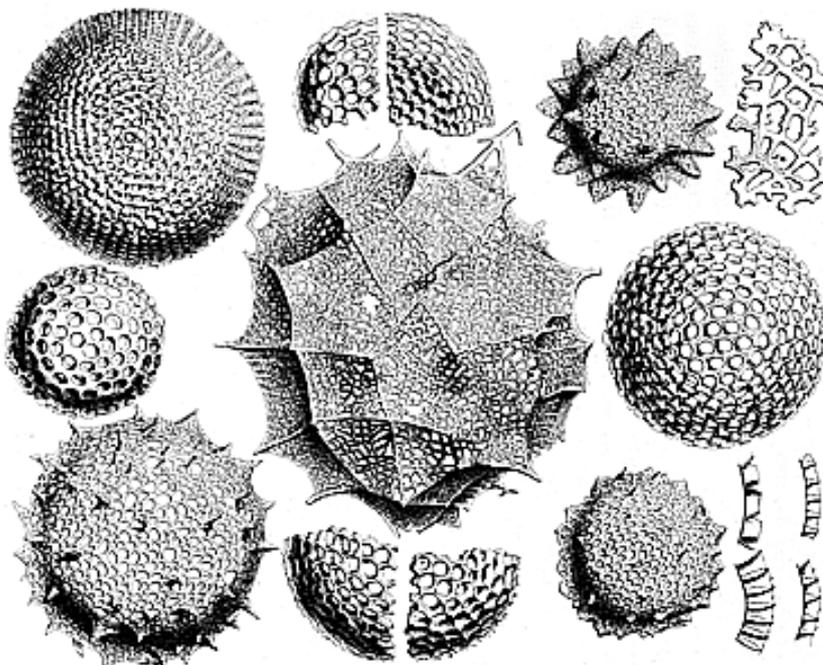


Figura 16 – Exemplos de Design Geodésico na natureza.

¹¹ Arquitetura Têxtil de caráter permanente manifesta-se através da construção de estádios esportivos, aeroportos e coberturas em edificações em grandes centros urbanos.

3.1. Exemplos Naturais

“(...)Humanos têm assim desenvolvido um parque industrial complexo que é somente a magnitude de um jardim de infância se comparado à complexidade do sucesso biológico de nosso planeta Terra. No contexto da complexidade de integridade de design, o Universo é tecnologia. (FÜLLER, 1982:17)

Aprendemos sobre acampamentos temporários¹² quando observamos os morcegos albinos, conhecidos como “morcegos-fazedores-de-cabanas”.¹³ Cortam as nervuras laterais de folha, que se curva para baixo, formando uma “cabana” impermeável à água. Embaixo da “cabana”, a luz translúcida, esverdeada devido à cor da folha, camufla os pequenos morcegos albinos que se abrigam, imperceptíveis a predadores. Aprendemos também sobre *tensegrety* quando observamos larvas que trabalham em mutirão na construção de “cabanas” tecidas com fios de seda, formando membranas fixas aos galhos de árvores. À medida que a população aumenta, adicionam andares à sua construção¹⁴.

As formigas compõem a mais numerosa espécie encontrada e se agrupam em colônias, nunca vivendo de forma isolada.¹⁵ Da mesma forma, podemos encontrar espécies de minúsculas aranhas que também trabalham em “cooperativa”. Em “mutirão”, constroem imensas teias sobre as copas das árvores, a quinze ou mesmo vinte metros do chão e agem em conjunto na captura da presa, centenas de vezes mais pesada que elas. Excretam cola de suas fiandeiras, imobilizando e injetando veneno nas juntas da vítima. Aqui, o trabalho em equipe é crucial.

Percebemos o uso econômico de material e de energia ao observarmos as vespas sociais em atividade na construção do enxu. A cada alvéolo, seis vespas se agrupam para a sua confecção, já que um número maior

¹² ATTENBOROUGH, os Desafios da Vida, Construção do Lar, 1996.

¹³ Idem.

¹⁴ Idem.

produziria alvéolos excessivamente grandes para seu tamanho, e um número menor resultaria em alvéolos menores que seu tamanho. O resultado desse trabalho em sociedade é a construção de alvéolos hexagonais com regularidade e preenchimento dos espaços do enxu¹⁶.

O aproveitamento de matérias-primas descartadas por outras espécies, o “reuso” de carcaças de outros animais mortos e da própria seda ou adesivo como alimento, após utilização na captura de presas, é um dos Princípios da Ecologia.

“Todos os organismos vivos, para permanecerem vivos, têm de alimentar-se de fluxos contínuos de matéria e energia tiradas do ambiente em que vivem; e todos os organismos vivos produzem resíduos continuamente. Entretanto, um ecossistema, considerado em seu todo, não gera resíduo nenhum, pois os resíduos de uma espécie são alimentos de outra. Assim, a matéria circula continuamente dentro da teia da vida”.

Princípios da Ecologia – Ciclos. (CAPRA, 2002:239)

¹⁵ VASCONCELOS, 2000:193.

¹⁶ VASCONCELOS, 2000:188.

3.1.1. Invertebrados produtores de seda

“Apesar de nossa engenhosidade, ainda não conseguimos inventar nada tão resistente, tão leve ou elástico quanto a seda”. (ATTENBOROUGH, Os Tecelões da Natureza, 2006).

Segundo ATTENBOROUGH, na história evolucionária, os animais da relva desenvolvem a “seda” há mais de trezentos milhões de anos, e inicialmente a utilizavam sob a forma de adesivo. Mais resistente que um fio de ferro com o mesmo diâmetro, é elástica e pode ser esticada até mais de duas vezes o seu comprimento.

Devido ao interesse comercial por seu fio, o bicho da seda é a mais conhecida espécie animal produtora de “seda”, mas não é a única. Outros invertebrados são também produtores de “seda” para sua sobrevivência.

A larva da mariposa *Bombix Mori*, conhecida como bicho da seda, produz um filamento com o qual constrói seu casulo para proteger-se durante a metamorfose, quando então se transforma em borboleta¹⁷. Essa substância, um fio finíssimo produzido a partir de proteínas,¹⁸ é expelida através de movimentos circulares com a cabeça e com a parte dianteira do corpo. Em diversos casos, o material utilizado na construção do casulo serve como primeiro alimento para os rebentos invertebrados.

As larvas das vespas *Polistes* (Figura 107), por exemplo, produzem uma membrana que é tecida somente para o fechamento das células de seus ninhos, onde se enclausuram até se transformarem em insetos alados. As vespas *Cortesía* introduzem seus ovos em uma lagarta, que morre durante a eclosão dos ovos da vespa. As larvas dessas vespas produzem uma seda, que se solidifica formando a crisálida embaixo da casca vazia da lagarta.¹⁹



Figura 17 – Vespa polistes.

¹⁷ VASCONCELOS, 2000:195-198. Inserir fotos.

¹⁸ VASCONCELOS, 2000:200. Esta proteína é composta por glicina, alanina e serina, é muito resistente e se cristaliza parcialmente enquanto é retirada da glândula. O casulo consome até quatro quilômetros de fio.

¹⁹ ATTENBOROUGH, Os Tecelões da Natureza, 2006.

Também as aranhas possuem glândulas que produzem fios, compostos por cadeias de aminoácidos e com propriedades específicas para determinadas funções. Os fios podem ser mais grossos e resistentes, permitindo que a aranha caminhe sobre as teias, e orientando-a através da vibração produzida pelo toque da presa na teia. Os fios podem ser mais finos e pegajosos para capturar presas, ou próprios para acondicionar e proteger os ovos.

Para alguns invertebrados, a estratégia continua sendo a utilização da “cola”, que precedeu a “seda”. O onicóforo não produz seda, mas, através de dois bicos localizados abaixo de seus tentáculos, esguicham dois jatos de cola sobre sua caça, que se embaraça à medida que se debate, e a imobiliza com suas presas. Posteriormente, o onicóforo engole a cola e devora o alimento.²⁰

As larvas produzidas pelas formigas tecelãs²¹ são utilizadas somente para costura e colagem de folhas que formarão seus ninhos, e não para captura de alimento ou desenvolvimento de novos indivíduos. Enquanto algumas formigas formam “pontes” (Figura 108), subindo umas sobre as outras e puxando as bordas de folhas, outras pressionam as larvas como “bisnagas”, que expõem o fio de “seda” para colar as extremidades das folhas (Figura 109).

As lesmas *Limax maximus* produzem uma corda de muco pela qual deslizam e iniciam o estágio de acasalamento penduradas em um galho e suspensas no ar (Figura 110).²² Já a *Ceraeochrysa cubana*²³ pendura seus ovos, um a um, em caules de plantas. Produz gotículas de seda pegajosa em glândulas localizadas em seu abdome, sob a forma líquida, que se solidifica à medida que a substância é expelida.²⁴ Suspenso no ar, cada ovo possui seu próprio fio finíssimo, e não é percebido por predadores,



Figura 18 – Formigas tecelãs.



Figura 19 – Formigas tecelãs.



Figura 20 – Lesmas *Limax maximus*.

²⁰ ATTENBOROUGH, A Invasão da Terra, 2006.

²¹ VASCONCELOS, 2000:195-196).

²² ATTENBOROUGH, Os Tecelões da Natureza, 2006.

²³ ATTENBOROUGH, Construção do lar, 2005.

²⁴ ATTENBOROUGH, Os Tecelões da Natureza, 2006. A seda líquida cristaliza-se enquanto é expelida.

mesmo que estejam a alguns milímetros de distância. São produzidos cerca de trinta ovos diariamente, que eclodem após três dias.

Em 1665²⁵, o sábio inglês Hook indagou sobre a possibilidade de reproduzir um fio artificialmente, tal como o bicho da seda. Nos séculos que se seguiram, patentes e experimentos utilizando celulose abriram caminho para os primeiros resultados práticos em 1889: os primeiros tecidos compostos por nitrosseda artificial também utilizada como filamento incandescente em lâmpadas, e o processo de produção de viscose em 1892, transformando a celulose em um líquido viscoso para fiação.

Assim, a indústria têxtil reproduz, em suas unidades de produção, o processo de “fiação” encontrado na natureza. Os filamentos contínuos são confeccionados em equipamentos que muito se assemelham às glândulas encontradas em aranhas, através das quais produzem filamentos muito finos reunidos em feixes (Figuras 111 e 112). Tratamentos de texturização²⁶ de filamentos podem tornar os fios produzidos pelo homem mais volumosos, extensíveis e elásticos.

A observação e percepção das estratégias fornecidas pela natureza tornam-se cada vez mais viáveis pelo desenvolvimento de equipamentos e novos instrumentos de medição. Assim, através de investigações constantes, a indústria aperfeiçoa os processos e as composições de matérias-primas empregadas.



Figura 21 – Glândula produtora de seda em aranha.



Figura 22 – fiandeira em equipamento industrial têxtil.

²⁵ ERHART, 1975-1976:8-9, vol. III.

²⁶ ERHART, 1975-1976:33-34, vol. III.

3.1.2. Os vários “modos de tecer”

São inúmeras as “estratégias” utilizadas por invertebrados na confecção de teias, e estão relacionadas à captura de alimento, à reprodução da espécie e à proteção de ninhos a intempéries e contra espécies invasoras. O louva-deus, as baratas e as aranhas, por exemplo, protegem as ootecas com fios de seda.²⁷ Outros tecem seus abrigos agregando gravetos aos fios de seda pegajosos e ainda úmidos.

A caverna de Wautoma,²⁸ Nova Zelândia, abriga uma das mais intrigantes estratégias utilizadas por invertebrados produtores de seda. Cada larva da *Arachnocampa luminosa* (Figuras 113, 114 e 115), para capturar suas presas, emite uma luz azulada em uma de suas extremidades, produzida por substâncias químicas fosforescentes em um compartimento localizado ao lado de seus intestinos.



Figura 23 – *Arachnocampa luminosa*.

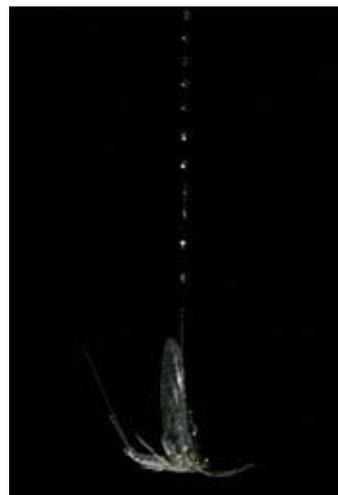


Figura 24 – *Arachnocampa luminosa*.



Figura 25 – *Arachnocampa luminosa*.

O tubo de muco transparente pendurado, no qual está inserida a larva, é fixo ao teto da caverna através da seda produzida por glândulas localizadas na boca da larva, na outra extremidade. As larvas fixam os fios de seda à rocha

²⁷ VASCONCELOS, 2000:198-201.

²⁸ ATTENBOROUGH, Os Tecelões da Natureza, 2006.

e, rodeadas por uma rede de fios, direcionam-se ao teto, de onde deixam pender nova seda. À medida que produz o filamento, que pode alcançar até um metro de comprimento, regurgita gotículas de “cola”.

O conjunto de centenas²⁹ de fios luminosos pendurados no teto da caverna forma cortinas de filamentos transparentes, pontilhados por luzes cintilantes, atraindo suas presas, que se debatem em meio aos fios perpendiculares e à cola dos fios pendentes. A larva, ao capturar sua presa, “apaga a luz” e acompanha os fios até a presa, devorando-a e comendo o fio de seda.

A *Antipluria urichi*, o “fiandeiro”, constrói mantos de seda³⁰ em forma de “tendas”, impermeáveis à água e a odores, revestindo as árvores de florestas em Trinidad e Tobago. Essas membranas finíssimas formam galerias e as protegem de predadores que caminham sobre essa membrana. A impermeabilidade à água das mantas construídas pela *Antipluria urichi* a obriga a produzir pequenos orifícios para que possam beber a água acumulada sobre a superfície do material, que é rapidamente reconstituído. A seda não é produzida em suas bocas ou abdome, mas sim em glândulas localizadas em suas pernas dianteiras, que possuem cerca de cento e cinquenta minúsculos ejetores de seda e formam um finíssimo tecido sedoso.

Esses mantos possuem características importantes para a investigação de membranas na Arquitetura Têxtil: são extremamente leves, resistentes, impermeáveis à água e ao odor, mas não ao ar, suportam peso, permitindo que indivíduos dessa espécie caminhem na galeria formada pelas membranas, assim como da espécie predadora caminhem sobre a membrana, e cobrem grandes extensões.

Segundo ATTENBOROUGH³¹, as armadilhas são provavelmente as primeiras formas nas quais as aranhas

²⁹ A concentração de larvas pode chegar a centenas por m².

³⁰ ATTENBOROUGH, Os Tecelões da Natureza, 2006.

³¹ ATTENBOROUGH, Os Tecelões da Natureza, 2006.

empregaram a seda. As aranhas-de-alçapão tecem filamentos do lado externo (Figura 116), ligados a um colarinho de seda em torno de um buraco. Cada uma das patas da aranha, em contato com essa construção, obtém informações quando uma presa se move do lado externo, vibrando ou movendo os filamentos. Com extrema rapidez, captura a presa, abrindo o alçapão e levando-a para dentro do buraco.



Figura 27 – Armadilha de aranha-de-alçapão.

As teias orbiculares são mais recentes e mais sofisticadas na utilização da seda (Figura 117). Há aranhas que podem tecer uma teia orbicular diferente em até uma hora, a cada noite. Essa estrutura complexa pode compreender até sessenta metros de seda³² e até três mil interseções. Para construí-la, a aranha produz um filamento de seda que, levado pela brisa, atinge uma superfície sobre a qual se adere, formando uma ponte. A aranha atravessa o filamento, trazendo uma seda mais resistente, amarrando-a na extremidade, e substituindo o filamento da ponte. Produz um eixo que pende do centro dessa ponte, de onde partirão os fios radiais e resistentes, que suportarão os demais fios, que serão tecidos em espirais. A primeira espiral, espaçada e temporária, servirá de andaime para as construções subseqüentes, mais resistentes, mais densas e menos espaçadas.

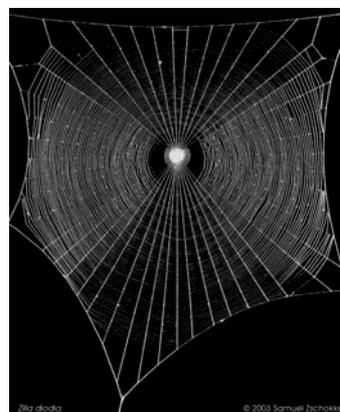


Figura 26 – *Nephila*: teia orbital.

À medida que tece, reveste uniformemente os fios com um adesivo, mas, ao terminar a seção, arranha com a pata, formando linhas de gotículas. Ao término, come o fio que serviu de andaime.³³ O adesivo, além de colar a presa, evita que a teia se deforme ou se parta, já que as gotículas preservam o excedente de filamento, formado com a raspagem da pata da aranha e que, no instante do impacto, se estica e logo retorna ao interior das gotículas. Ao detectar de onde partiram os movimentos sobre a teia, caminha até seu alimento, aprisiona-o e o envolve com uma manta de seda.

³² Idem. Podem conter até seis variedades de seda diferentes.

³³ ATTENBOROUGH, Construção do Lar, Editora Abril, 1991.

As teias construídas pelas aranhas *Nephila* são muito resistentes, com capacidade de capturar pequenos pássaros, e podem alcançar vários metros. No entanto, a grande dimensão de suas teias não permite que controlem a ocorrência de “pequenos furtos”, realizados por outras espécies em pontos mais distantes da teia.³⁴

Outras formas de teias produzidas por aranhas podem ser encontradas. A teia triangular é uma modificação da teia orbicular, como se esta fosse cortada. A teia da aranha *Hyptiotes paradoxus* é triangular (Figura 118) e, para que seja eficiente, deve estar bem tensionada. A *Hyptiotes* aguarda sua presa que, ao atingir sua teia, é embaraçada e embrulhada rapidamente por um fio previamente enrolado e guardado em seu dorso. A aranha *Deinopis subrufa* constrói uma trama de fios em forma de retângulo, que segura nas pernas para agilmente capturar e embrulhar a presa (Figura 119). Essa “rede” é construída a partir de multifilamentos de seda, que desfia, deixando-a felpuda, sem a necessidade de adesivo.³⁵ O ninho da *Lycosa* sp é construído para abrigar seus ovos e é carregado em seu dorso (Figura 120).

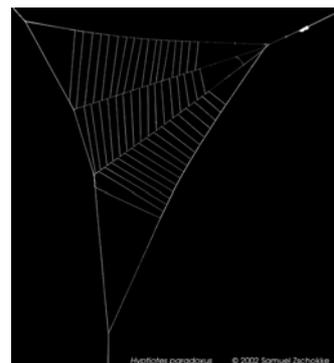


Figura 28 – *Hyptiotes paradoxus*: teia triangular.



Figura 30 – Teia retangular da aranha *Deinopis subrufa*.



Figura 29 – *Lycosa* sp.

A *Latrodectus hasselti*, a viúva-negra, constrói em três dimensões, entre duas superfícies planas. Desce através de um fio até o chão onde o fixa e, junto a este, gruda um

³⁴ Idem.

³⁵ ATTENBOROUGH, Construção do Lar, 1991.

segundo fio de reforço fazendo o caminho de volta e esticando-o. A viúva-negra realiza este processo dezenas de vezes, resultando em inúmeros fios pegajosos esticados verticalmente entre as duas superfícies, que, ao toque de cada caça, suspendem uma a uma, cabendo à aranha apenas puxar o fio com o alimento.³⁶

A aranha boleadeira (Figura 121) produz primeiramente um filamento reforçado onde permanecerá aguardando sua presa para, posteriormente, produzir um fio resistente, com uma gota pegajosa na extremidade, que utilizará como uma boleadeira. Produz também um feromônio diferente para cada espécie que pretende atrair, capturando e embrulhando seu alimento para posteriormente usufruir.³⁷

A *Pardosa nigriceps* não tece teia, mas utiliza a seda como um fio de segurança que contém também informações para o acasalamento.

A larva da mariposa *Neureclipsis bimaculata*, “caddis”, produz uma armadilha em forma de funil, cujas bordas são fixas a galhos submersos³⁸. Essa estratégia é utilizada por pescadores que constroem “puçás”, redes em forma de funil, para capturar alimento. O homem provavelmente desenvolveu diversas estratégias de caça e pesca observando os “modos” pelos quais insetos produzem e tecem suas teias. Assim, o homem utiliza armadilhas, redes, construídas a partir de fibras trançadas e fios entrelaçados, e sistemas de captura bastante semelhantes aos encontrados na natureza (Figura 122).

Segundo LEROI-GOURHAN, a forma pela qual são confeccionados alguns artefatos de fibras naturais e técnicas de cestaria permite a contenção de líquidos. As estruturas construídas são utilizadas na produção de capas de chuva, botes, baldes e abrigos, não havendo, assim, necessidade de impermeabilização (Figuras 123 e 124).

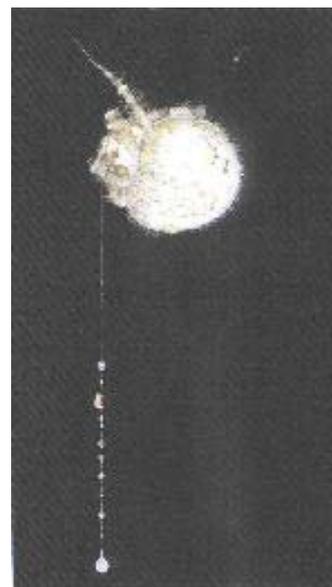


Figura 31 – Aranha boleadeira.



Figura 32 – Confeção de covô.

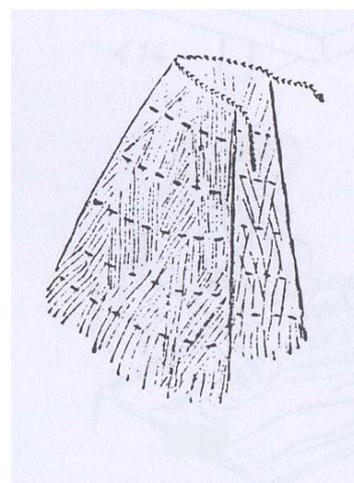


Figura 33 – Capa de chuva de fibras.

³⁶ Idem.

³⁷ Idem.

³⁸ DE VASCONCELOS, 2000:198.

“(…) A utilização normal destas matérias é o fabrico de recipientes cilíndricos ou cúbicos de juntas quase suficientemente estanques para permitirem o transporte de líquidos. (...) A casca de bétula da Sibéria tanto serve para fazer baldes e caixas como sandálias de tiras tecidas (...) As fibras que recobrem o tronco das palmeiras, cosidas em placas, servem em todo o Extremo Oriente para fabricar capas de chuva (...).³⁹
(LEROI-GOURHAN, 1984: 172-173. Evolução e técnicas; O Homem e a matéria I).

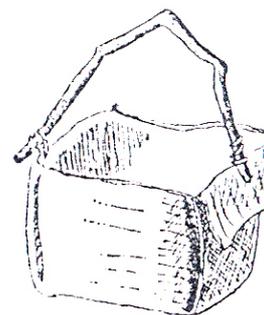


Figura 34 – Balde de fibras.

Kenneth Snelson, na intenção de encontrar respostas às suas indagações sobre “como as coisas se conectam”, realizou experimentos relacionados à tecelagem e a considera “mãe do *tensegrity*”. Segundo SNELSON, existem basicamente duas estruturas de tecelagem, sendo as demais variações (Figura 125 a 129):

“Quando dois objetos se cruzam, dois eixos são criados acompanhando as diagonais: um possui movimento helicoidal para a direita em sentido horário, e outro possui movimento helicoidal para a esquerda, em sentido anti-horário. Isto, juntamente ao magnetismo com suas polaridades norte e sul, elétrons e prótons, tem-se as origens da binaridade. Esta dualidade que ocorre a cada cruzamento ensina a primeira lição sobre estruturas da natureza. O fenômeno “helicoidal” tem papel vital em determinar como as coisas se conectam” KENNETH SNELSON, acesso em 30mai2006.

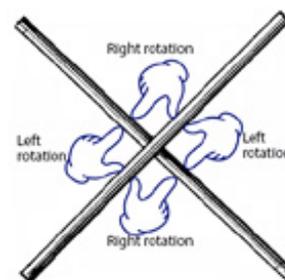


Figura 35 – Cruzamento de filamentos: eixos em movimento de hélice.

Assim, aprendemos como a natureza tece e reproduzimos redes, tecidos e membranas, construímos estruturas e nos organizamos em Sistemas de redes.

“As trocas de energia e de recursos materiais num ecossistema são sustentadas por uma cooperação generalizada. A vida não tomou conta do planeta pela violência, mas pela cooperação, pela formação de parcerias e pela organização em redes”.
Princípios da ecologia – alianças (Parcerias). (CAPRA, 2002:239)

Construímos membranas, o principal material utilizado na "Arquitetura Têxtil", com o objetivo de aplicá-las como coberturas e estruturas. As malhas ou tecidos utilizados

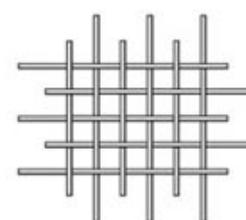


Figura 36 – Tela.

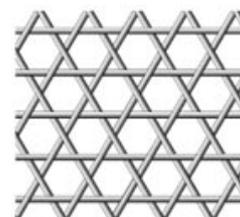


Figura 37 – Diversos autores referem-se a estruturas semelhantes.

³⁹ LEROI-GOURHAN, 1984:172-173. Referências à utilização de cascas de plantas.

estruturalmente são geralmente compostas por malhas ortogonais de fios, variando tanto na espessura do tecido, quanto no título⁴⁰ do fio e na quantidade destes por cm².

As membranas tensionadas recebem uma estrutura de sustentação organizada sob forma de reticulados espaciais, garantindo eficiência estrutural; as hastes de sustentação são leves e muito resistentes, geralmente com seção transversal tubular.

As mantas tramadas obtiveram atenção especial por parte das indústrias que a produzem. Durante o processamento, as mantas tramadas, que geralmente recebem tração diferenciada em cada sentido⁴¹ de fibras (urdidura e trama), podem ser pré-tracionadas nos dois sentidos⁴² antes de receber a camada de revestimento.

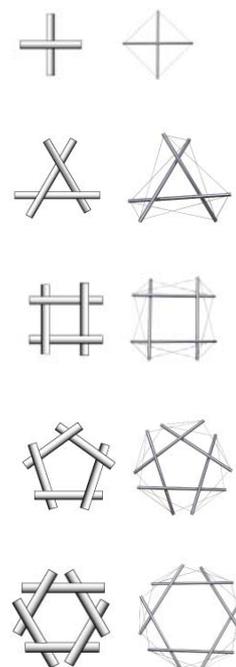


Figura 38 – Relação entre conexões tensesegrety e cestaria.



Figura 39 – Bola de rattan em cestaria.

⁴⁰ SCHMIDT, Glossário:94. vol. II. Grandeza que expressa densidade linear de têxteis lineares, como fibras, filamentos e fios. Relaciona massa a um determinado comprimento (título direto) ou comprimento a uma determinada massa (título indireto).

⁴¹ Anisotropia.

⁴² Isotropia

3.1.3. A utilização de fibras, papel e adobe

Podemos perceber que os materiais para a construção de ninhos e tocas são encontrados nas proximidades de suas construções, e que estes abrigos estão geralmente localizados de forma protegida, em função do período de hibernação.

Encontramos fibras vegetais, ramos finos de plantas, folhas secas, grãos de areia e argila na composição do material utilizado para a construção de seus ninhos. Encontramos polpa de papel produzida por invertebrados, como vespas, formigas e cupins, na composição de seus abrigos. Secreções produzidas por formigas são utilizadas como aglutinantes. As formigas *Lasius fuliginosus* produzem papel, embora tenham sido as vespas as primeiras espécies observadas sob este aspecto. Enquanto as vespas mastigam e trituram a madeira, que é misturada à saliva gerando um material moldável (Figura 132), há formigas que “criam um rebanho” de afídeos e coccídeos, que fornecem o “material de construção” pegajoso, concentrado em açúcar.



Figura 40 – Ninho de formiga carpinteira.

Há formigas que selecionam uma árvore ou madeira com alguma cavidade, e cortam a matéria seguindo o caminho das fibras, de modo a preservar ao máximo a parte mais resistente. A madeira esculpida pelas “formigas carpinteiras” (*Camponotus spp.*) assemelha-se às construções vernáculas encontradas em diversas partes do mundo (Figuras 130 e 131).

As vespas sociais (*Vespidae*) também constroem abrigos leves, precisos, e com isolamento térmico muito eficiente devido aos alvéolos hexagonais de paredes extremamente finas. Suas colônias são construídas somente para abrigar os ovos e a criação de novos indivíduos, já que não habitam estes locais. Constroem “lajes” que servem de suporte circundando seus abrigos pendurados em um ramo horizontal de árvore.

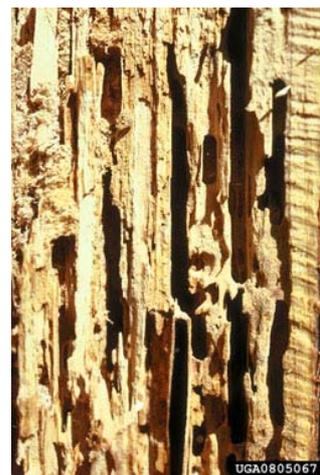


Figura 41 – Local do ninho de formiga carpinteira.



Figura 42 – *Lasius fuliginosus*: notar a posição do ovo na célula.

A vespa *Trypoxylon fabricator*, conhecida como “vespa-tubo-de-órgão”, constrói ninhos de barro com paredes finas como papel, que não se retraem nem racham quando secam, provavelmente devido ao aglutinante contido em sua saliva, proporcionando às suas construções resistência e impermeabilidade à água. Em função da madeira ingerida, a cor de suas colônias pode variar.

As construções das casas de barro em forma de pote das vespas solitárias do gênero *Eumenes* (vespas-poteiras) são supostamente os modelos que ensinaram aos índios americanos a confecção de suas jarras cerâmicas (Figura 133). Essas vespas, após selecionarem o local⁴³ para construção, preparam uma bola de argila e saliva, transformam-na em fitas, que são dispostas em círculo e modelam o gargalo. Finalizam com o fechamento do gargalo com uma bola de argila, após abastecer o ninho com lagartas, já que este foi confeccionado somente para acondicionar sua prole.⁴⁴



Figura 43 – Ninho de vespa poteira.

Assim como nas construções de vespas, os cupinzeiros alcançaram excelentes “soluções arquitetônicas” para as questões de circulação de ar, ventilação e umidade, através da elaboração e disposição de galerias internas. Os cupinzeiros são mais fortes que os formigueiros, e a composição da matéria utilizada em suas construções tem sido objeto de pesquisa para impermeabilizantes.

Podemos encontrar soluções extraordinárias nas construções de ninhos de pássaros, não apenas devido aos materiais utilizados, como também através das estratégias de confecção dessas construções aparentemente frágeis. Utilizam gravetos, fibras, flores, penas, barbantes, peles e pêlos de animais e teias de aranha que, em alguns casos, podem servir como adesivo devido ao visgo, além de elementos encontrados nos lixos urbanos e na própria saliva, como aglutinante⁴⁵.

Os ninhos construídos por pássaros podem surpreender pela sofisticação de seus nós elaborados, trançados, e compósitos de fibras com solo cru. Utilizam, como ferramentas, o bico para furar e tecer, as asas para alisar o barro, a língua para rolar bolas de argila na boca, e

⁴³ O local pode ser uma folha, uma casca de árvore, ou o teto de uma casa.

⁴⁴ DE VASCONCELOS, 2000:191-192. Anestesia as lagartas que servirão de alimento quando os ovos eclodirem. Os mesmos procedimentos são realizados pelas “vespas-cavadoras” (família *Spheciidae*, ordem *Hymenoptera*. “asas de membrana”).

⁴⁵ DE VASCONCELOS, 2000:84.

as pernas para firmar o material e se firmarem no galho. A conjugação de diversos materiais para a formação de compósitos é bastante encontrada.

“Na natureza, podemos perceber que todos os materiais biológicos são compósitos, sem exceção. Exemplos encontrados de compósitos naturais incluem madeira, em que a matriz de lignina é reforçada com fibras celulósicas, e ossos, em que a matriz composta por minerais é reforçada com fibras colágenas. Desde a Antigüidade, encontramos exemplos de compósitos feitos pelo homem, como adobes reforçados com palha para evitar a quebra da argila, e o uso de colmos de bambu no reforço de adobe e lama em paredes no Peru e China”. (HIDALGO-LÓPES, 2003:163).

O beija-flor ermitão, por exemplo, utiliza fios de seda para aderir, à folha ou teto, a construção de seu ninho. O pássaro alfaiate (*Orthotomus sutorius*)⁴⁶ utiliza seu bico como agulha para furar folhas verdes e costurá-las com fibras vegetais, torcendo as fibras de algodão quando curtas, ou utilizando pedaços de fios de teias. A costura das folhas é finalizada com um nó firme e não aparente, que protege seu ninho.

O pássaro tecelão macho constrói seu ninho a partir de um primeiro nó, o mais importante, que deve ser firme. Posteriormente, constrói um aro, não muito grande para que não entrem predadores, nem pequeno demais, a ponto de impedir sua entrada no ninho. Utiliza fibras ainda verdes retiradas das proximidades e lamina-as no próprio local de obtenção. São necessárias mais de mil tiras para a construção de seu ninho. Esse pássaro, caso não consiga atrair uma fêmea a partir de sua construção, irá desmanchá-la e construir outra em seu lugar.

⁴⁶ É conhecido popularmente como serra-serra, tício, pineu e veludinho.

3.1.4. A Natureza que produz cabos

A natureza ensina-nos a confeccionar cabos e cordas, e aprendemos com elas ao observar como é “torcida” uma corda natural de liana. As trepadeiras herbáceas e lenhosas, estas últimas também conhecidas como lianas e cipós, não possuem troncos e necessitam de estrutura que lhes dê suporte, crescendo verticalmente ou, horizontalmente, quando caem no chão. Seu crescimento em busca de luz e apoio direciona-as em movimento helicoidal e de alongamento, enroscando-se e encurvando-se em função do suporte encontrado. O enrolamento de cipós e trepadeiras em torno de um suporte garante a fixação da planta, através do atrito (Figura 135). Segundo DE VASCONCELOS⁴⁷, “a natureza é capaz de encontrar o ângulo correto de ascensão para evitar o escorregamento”.

As lianas regeneram-se através de sementes ou brotos de raízes e caules caídos de outros indivíduos. Segundo CALQUIST⁴⁸, possuem tecidos moles abundantes (parênquima) no xilema, proporcionando grande flexibilidade, e vasos de grandes diâmetros, aumentando sua capacidade hidráulica de forma a abastecer grandes áreas de folhas (massa foliar).

O cipó é uma planta também muito resistente a microorganismos, não havendo necessidade de tratamentos, apenas necessitando de limpeza adequada e secagem ao ar livre. A coleta do cipó⁴⁹ é legalmente permitida, exceto em áreas preservadas, e deve ser realizada ainda verde cortando-se as partes mais finas, sem atingir a soca. São consideradas como “pragas” no setor da indústria madeireira e entre os silvicultores devido ao seu rápido crescimento (Figura 136).



Figura 44 – Ponte suspensa de cipó.



Figura 45 – Crescimento helicoidal.



Figura 46 – Crescimento em torno de suporte garante sustentação.

⁴⁷ DE VASCONCELOS⁴⁷, 2000:281-283.

⁴⁸ ECOLOGIA.INFO. Ecologia das Trepadeiras. Apud PUTZ.

⁴⁹ PORTAL DO ARTESÃO. Guia Prático do Artesão.

Foi possível a confecção de cabos finos e resistentes, torcidos e posteriormente trançados em inúmeras seqüências, e de cordas de cipós, com tecnologia relativamente simples, a partir da grande resistência dessas fibras vegetais. Para a confecção de artefatos, deve ser trabalhado ainda verde caso contrário, perde a flexibilidade, devendo ser deixado de molho em água para seu amolecimento (Figuras 134, 137 e 138).

Na Arquitetura Têxtil, os cabos são utilizados no tracionamento e acabamento das mantas, e variam em função do processo de fabricação e disposição dos fios, arames ou cordas que os compõem, geralmente enrolados em espiral em torno de um fio ou conjunto de fios centrais. São elementos flexíveis, que suportam trações e esforços de grandes toneladas, e as camadas que os constituem são dispostas cada uma em um sentido. Os cabos podem ser dispostos de forma ajustável ou fixos nas extremidades.

Algumas trepadeiras proporcionam néctar e pólen para insetos, aves e morcegos, servindo também como vias de locomoção entre as copas de árvores para animais arbóreos (Figura 139).

O aumento das concentrações de dióxido de carbono na atmosfera devido à ação humana está mudando a composição dos ecossistemas: os cipós se beneficiam mais do que outras espécies, sufocando árvores e reduzindo a capacidade das florestas de absorver gases que provocam o efeito estufa.

"O ecossistema é conectado. Você muda uma parte e outras partes provavelmente mudarão também. É um exemplo de como não podemos prever como o mundo responderá às mudanças que estamos causando".
FOLHA ONLINE, PHILLIPS. Crescimento anormal de cipós pode afetar o ecossistema.

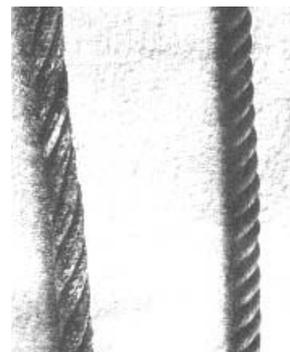


Figura 47 – Corda natural de liana (esq.) e corda artificial confeccionada pelo homem (dir.)

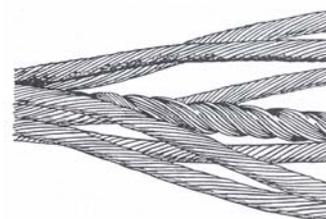


Figura 48 – Cabo de arame descochado.



Figura 49 – Cipós como vias de acesso para a fauna.

3.2. Sistemas Modulares Têxteis: um “modo de fazer” Arquitetura & Design

Pesquisa no LILD

O LILD tem-se caracterizado pelo trabalho de pesquisa experimental de estruturas de bambu associadas ao barro cru. Estudos mais recentes no laboratório têm incorporado também outros materiais que começam a ressurgir, como fibras naturais e impermeabilizantes e resinas à base de óleos vegetais, conjugando diversas tecnologias empregadas geralmente em materiais têxteis.

Conceitos inovadores de sistemas construtivos, princípios de economia da engenharia estrutural, interações e mesclas de materiais acompanham e determinam as investigações e construções experimentais do LILD. Assim, são também investigadas a redução dos impactos das ações humanas, questões relativas às trocas energéticas, e estratégias encontradas na natureza.

Os Sistemas Modulares Têxteis foram desenvolvidos visando a atender à necessidade de obter vedações e coberturas para habitações, de acordo com os projetos de estruturas arquitetônicas em desenvolvimento no laboratório, utilizando técnicas acessíveis e matérias-primas disponíveis.

Um “modo de fazer” Arquitetura & Design

A urgência por estratégias e processos mais adequados ao ciclo de vida do sistema-produto impulsionou esta dissertação na direção da sustentabilidade, das tecnologias artesanais têxteis, e de conhecimentos regionais passados de geração a geração.

Investigações sobre alternativas de design sustentáveis e sobre tecnologias artesanais têxteis, tais como nhanduti, bordados, rendas, tecelagem e cestaria, utilizadas em artefatos de comunidades tradicionais, e o intercâmbio com a equipe do LILD, forneceram os instrumentos e as condições favoráveis para o

desenvolvimento do Sistema Modular Têxtil. A partir das interações pesquisadas, protótipos experimentais foram realizados em laboratório, permitindo conjugar fibras naturais à forma do objeto, associá-las e adequá-las à construção de membranas tensionadas. Este sistema foi desenvolvido com base nas propriedades das fibras naturais, nas tecnologias e objetos de Arquitetura & Design que empregam essas fibras e, principalmente, nas inter-relações das fibras com o meio físico e social.

Os Sistemas Modulares Têxteis apresentam-se como um “modo de fazer design” sustentável, possibilitando a utilização de tecnologias regionais, matérias-primas renováveis locais, e economia de energia e vias de transportes, na construção de membranas estruturais arquitetônicas.

Sistemas Modulares Têxteis

Os Sistemas Modulares Têxteis são estratégias de construção de membranas estruturais flexíveis que utilizam técnicas artesanais têxteis, técnicas de modelagem e princípios da Arquitetura Têxtil como meio de realização.

Tal como na modelagem de vestuário, a membrana “veste” a habitação: a cobertura é dimensionada, e “moldes” são realizados acompanhando as deformações do tecido. O posicionamento do urdimento e trama nos planos da modelagem da cobertura influi nas deformações causadas pelo tensionamento da membrana. A disposição das fibras, e o desenho da trama influem decisivamente na performance mecânica da membrana⁵⁰.

Assim, a forma do artefato determina a modelagem e indica a própria forma do tear, ou seja, do bastidor que atua como infra-estrutura para o “molde”: uma estrutura de apoio à construção da membrana. Os elementos têxteis sustentados pelo bastidor são trançados e dispostos no tear, que pode ser modular integrado à estrutura do objeto, ou

⁵⁰ RIPPER e FINKIELSZTEJN, 2005:3.

acoplado posteriormente. Sem cortes de tecidos, o material têxtil é pré-modelado e pode ser pré-modulado.

Objetivos dos experimentos

Os experimentos foram realizados com o objetivo principal de elaborar seqüências de procedimentos que permitissem a construção de moldes e módulos para o desenvolvimento de membranas estruturais arquitetônicas. A questão “**como** construir coberturas e revestimentos para habitações a partir de fibras naturais” permeou todo o processo de concepção e elaboração dos protótipos experimentais, tendo em vista conjugar matérias-primas, técnicas (“modos de fazer”) e equipamentos:

1. Levantar e verificar meios de disposição das fibras naturais nas membranas.
2. Articular técnicas artesanais têxteis e seqüências de procedimentos para a construção dessas membranas.
3. Fixar as membranas e fios aos “módulos-moldes” (elaboração de teares/ infra-estrutura).

3.2.1. Estudo de caso Princípios e protótipos experimentais

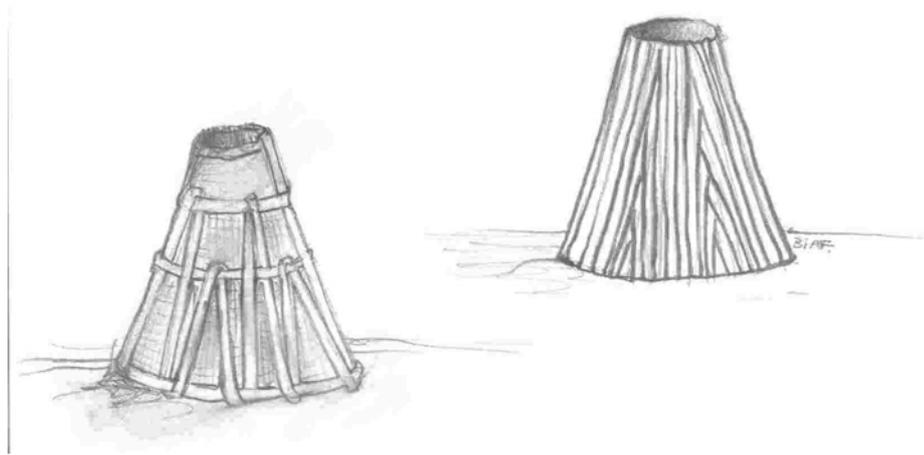


Ilustração 1 – Estudo de entrelaçamento para modelo experimental.

Princípios do sistema

Princípios que conceberam as bases dos Sistemas Modulares Têxteis foram elaborados a partir da realização de protótipos experimentais em laboratório.

Cada molde possui sua própria infra-estrutura de apoio à manta, que atua como um tear⁵¹. A forma do artefato determina a forma do tear, que pode ser tridimensional (Figura 140), ou a forma planificada do objeto tridimensional. Assim, o tear é construído sob medida em função da forma ou da estrutura do objeto, podendo atuar como elemento modular.

Neste sistema, as membranas ou mantas que compõem as coberturas das construções são obtidas a partir de fibras tecidas ou entrelaçadas diretamente em moldes. Sequências de estruturas flexíveis são construídas, fixas e dispostas sobre a infra-estrutura rígida de sustentação (Figuras 141 e 142), formando um “compósito de estruturas flexíveis”: as membranas trançadas e/ ou tecidas podem ser maleáveis ou rígidas (Figura 143), com

⁵¹ Estes teares têm função semelhante às de caixilhos, bastidores que apóiam os fios para o tecimento.



Figura 50 – Estudos de superfície mínima.

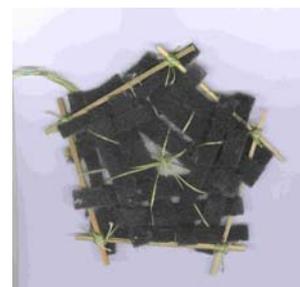


Figura 51 – Modelo experimental: materiais em infra-estrutura pentagonal.



Figura 52 – Modelo experimental: tecimentos em infra-estrutura pentagonal.

utilização aparente, recobertas por solo cru ou outros materiais.

A matéria-prima das membranas ou mantas é selecionada conforme a disponibilidade regional de fibras naturais. É obtida a partir de plantas através de uma série de operações, como laminação e desfibramento, torcidas em processos de fiação, reunidas em mantas com procedimentos semelhantes à confecção de papel, ou dispostas em feixes de fibras ou fios. As mantas, ou feixes de fibras e fios podem ser resinados, formando materiais compósitos (Figura 144).

Materiais e procedimento experimental

Foram realizadas investigações associando matérias-primas, disposição de fibras trançadas e organizadas, modulação de teares, e aspectos formais, dimensionais e estruturais através de técnicas artesanais têxteis.

As investigações conduziram à elaboração de “compósitos flexíveis” através da modelagem de mantas e membranas, acompanhando a forma do objeto e suas linhas de resistência (Figuras 161 a 166).

Com o objetivo de investigar o funcionamento do Sistema, foram realizados protótipos experimentais para a construção de um cone simulando a cobertura de uma habitação. Utilizaram-se bastidores circulares, empregando-se o princípio de modelagem planificada da forma tridimensional do objeto (Figuras 145, 146 e 147). Modelos experimentais preliminares foram realizados como etapas do processo seqüencial de investigação e concepção do Sistema Modular Têxtil, verificando-se o comportamento dos materiais, processos e tecnologias empregadas:

1. A juta foi utilizada como matéria-prima para a confecção de um cone planificado, devido à disposição organizada de suas fibras.
2. Telas de juta foram fixas aos bastidores, simulando uma estrutura flexível de suporte para as fibras na formação da manta (Figuras 148 a 156).



Figura 53 – Modelo experimental: tecimento de rede pantográfica em bastidor retangular.



Figura 54 – Modelo experimental: disposição dos feixes de fibras de juta.



Figura 55 – Investigação de tecimento radial em bastidor circular para construção de cone planificado.



Figura 56 – Investigação de tecimento radial em bastidor circular para construção de cone planificado.



Figura 57 - - Investigação de tecimento radial em bastidor circular para construção de cone planificado.

3. A técnica de bordado permitiu a primeira fixação e disposição de fibras radialmente, acompanhando as linhas de resistência da forma cônica da cobertura (Figuras 158 a 160), tornando a membrana extremamente resistente. Fixação de três círculos concêntricos através de bordado, servindo de pontos de fixação para os feixes radiais de fibras. Fixação através de bordado da primeira seqüência de linhas radiais de preenchimento, seguida posteriormente por nova seqüência de linhas radiais, ocupando os espaços vazios resultantes da fixação das linhas de resistência da forma. Arremate com sobreposição de fibras nas extremidades e pontos que serão submetidos aos maiores esforços.



Figura 58 – Utilização de técnica de bordado.

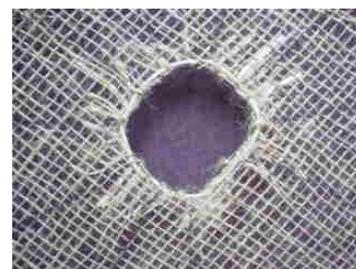


Figura 59 – Arremate.

Investigação e articulação de tecnologias

1. Utilização de tecnologias artesanais têxteis, tais como nhanduti, bordado e tapeçaria (Figuras 167 e 168).
2. Interação da rede com nós de pescador com a forma radial da renda nhanduti, permitindo a realização de uma série de estudos sobre a disposição de flutuadores para as construções em meio fluido. (Trabalho realizado pela equipe do LILD com o emprego de técnicas utilizadas para a construção de “filtro de sonhos” – Figura 168).⁵²



Figura 60 – Detalhe do arremate.

Investigação de disposição das fibras e mantas

1. Verificação de potencialidade de técnicas e simulação de materiais diversos para confecção de mantas.
2. Experimentos relacionados à tridimensionalidade e camadas de tramas sobrepostas em deslocamento: uma superfície esférica triangular feita com redes de algodão sobrepostas, fixadas em seu perímetro como na renda de bilro, utilizada para investigar “modos de estruturar” as cascas de barro cru.



Figura 61 – Técnica de bordado.



Figura 62 – Manta bordada.

⁵² Filtro de sonhos, mandala de cura de origem nativa norte-americana: o filtro dos sonhos faz parte da medicina xamânica.

- Fibras conjugadas entre si e com outras matérias como bambu, barro cru e resina de mamona.

Investigação de teares

- Construção de redes pantográficas para investigação de elasticidade da trama (Figura 163).
- Dimensão dos teares: relação homem-objeto (Figura 177).
- Fibras contínuas de juta bordadas sobre uma tela também em juta, fixada sobre um bastidor, modela a estrutura da cobertura esférica de uma habitação.



Figura 63 – Manta bordada.



Figura 64 – Modelo de concepção e detalhe.



Figura 68 - Bordado acompanha linhas de resistência da forma.



Figura 65 – Modelo de concepção e detalhe.



Figura 67 – Modelo de concepção e detalhe.



Figura 66 – Verificação das deformações de uma rede de trama ortogonal em superfície esférica.



Figura 69 – Disposição de pontos de fixação.



Figura 70 – Sobreposição de redes de trama ortogonal.

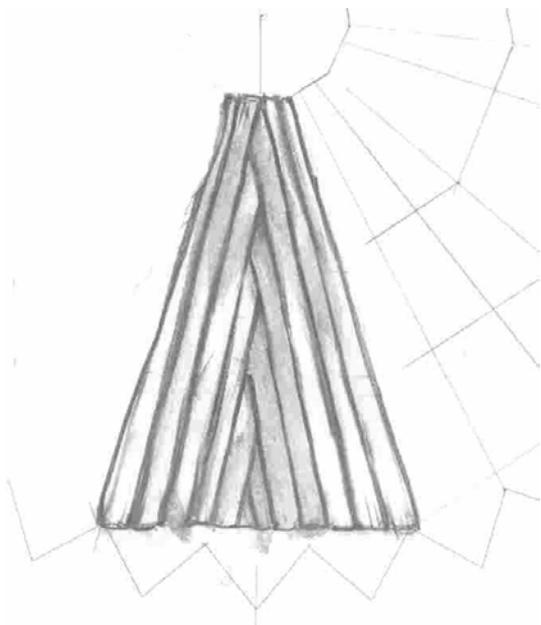


Ilustração 2 – Disposição dos feixes de fibras e forma contínua.



Figura 72 – Tecimento sobre tear triangular.



Figura 73 – Tecimento sobre tear triangular.

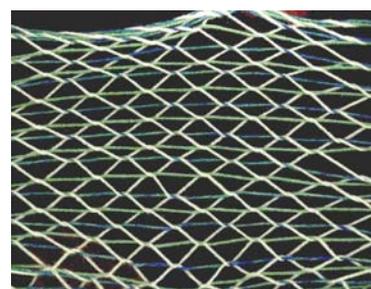


Figura 71 – Elasticidade de malha pantográfica.

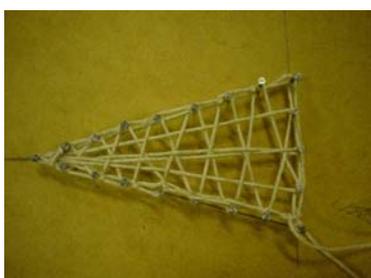


Figura 74 – Disposição do urdimento em função das linhas de resistência da forma.



Figura 75 – Manta com disposição aleatória dos fios: detalhe.



Figura 76 – Módulos triangulares acoplados: utilização de tear triangular.

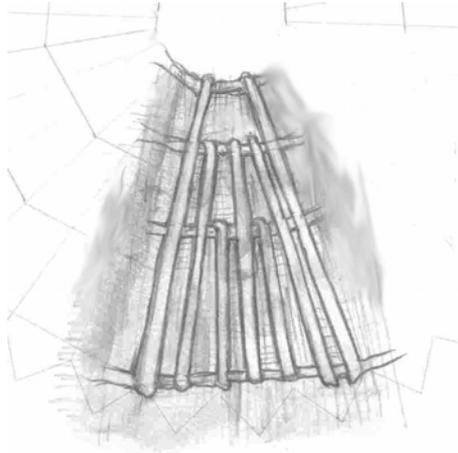


Ilustração 4 – Feixes de fibras acompanham as linhas de resistência da forma.

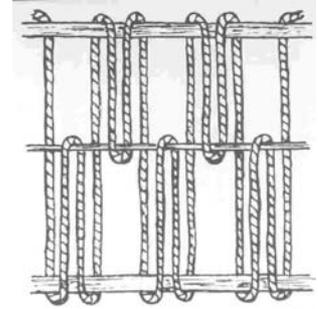


Figura 78 – Urdimentos de rede indígena.



Figura 77 – Filtro de sonhos.



Ilustração 3 – entrelaçamento em infra-estrutura espiralada.

3.2.2. Conclusão dos experimentos

Características do Sistema

O Sistema Modular Têxtil mostra-se como uma alternativa vantajosa em determinadas situações de produção, já que pode substituir a utilização de tecidos industrializados em bobinas e de fibras torcidas e fiadas.

O tecido é construído seguindo o perímetro do molde, em vez de cortado a partir de bobinas padronizadas com dimensões predeterminadas. Evitam-se as aparas, com utilização da matéria-prima de forma integral, minimizando-se costuras das partes e viabilizando-se a confecção de tecidos tridimensionais, como se faz em suéteres e em lingerie industrializadas atualmente. Assim, não há desperdícios de matéria-prima, já que o material têxtil é pré-modelado, pré-modulado e arrematado em sua forma exata, sem a necessidade de cortes.

Pode-se evitar a etapa da fiação com a utilização de fibras ou feixes de fibras dispostas de forma organizada. Os feixes de fibras, quando dispostos de acordo com as linhas estruturais determinadas pelo cálculo estrutural, aumentam a resistência do objeto em função da construção do tecido. A utilização de fibras naturais não fiadas, não torcidas e pouco processadas, além de simplificar o processo, facilita a penetração do barro cru nos feixes de fibras. Em situações em que seja necessária a utilização de fios, a direção e características dos fios (titulação, composição) podem ser predeterminadas conforme especificações do projeto.

A tecnologia empregada é simples, acessível e exige poucos recursos, sem desperdícios com relação à energia empregada e sem necessidade de mão-de-obra especializada.



Figura 79 – Rede para cobertura de domus geodésico de bambu *tensegrety*.



Figura 80 – Rede para cobertura de domus geodésico de bambu *tensegrety*.



Figura 81 – Rede construída a partir de “filtro de sonhos” sobre trama de bambu *tensegrety*.

Conclusão dos Experimentos

Os Sistemas Modulares Têxteis desenvolvidos no LILD para a confecção de vedações de coberturas para habitações apropriam-se de tecnologias artesanais têxteis, adaptando-as ao processo experimental. Aplicam-se também a outros objetos, devido principalmente à possibilidade de modelagem e modulagem, ao princípio de utilização de tecnologias acessíveis e ao uso de materiais disponíveis.

No LILD, os experimentos foram realizados em bastidores utilizados para bordar, podendo-se usar o bambu como infra-estrutura (Figuras 169 a 171). Fibras, como sisal, juta, cipó, de bananeira e de coco podem ser utilizadas na confecção da manta. Aqui foram utilizadas técnicas de bordado, podendo ser empregadas outras tecnologias têxteis, associadas ou não, tais como cestaria, tecelagem, nhanduti, croché, conforme as demandas do objeto e a tradição artesanal encontrada na região.

As técnicas de “sopapo”⁵³ aplicadas às mantas dos módulos formam vedações constituídas de fibras e barro, adequadas a coberturas e revestimentos. A umidade da fibra deve ser considerada, já que, quando ressecada, torna-se quebradiça e pouco maleável.

O trabalho pode ser executado por vários indivíduos simultaneamente, cada um com um tear, ou por um único indivíduo, no mesmo bastidor, bastando para isso retirar o tecido confeccionado e repetir o processo quantas vezes necessárias.

A partir das interações levantadas durante a pesquisa, o emprego dos Sistemas Modulares Têxteis em Arquitetura & Design demanda a verificação caso a caso de sua aplicação e contexto, ou seja, em função de sua utilização no ambiente ou em objetos.



Figura 82 - Rede construída a partir de “filtro de sonhos” sobre trama de bambu *tensegrety*.



Figura 83 - Rede construída a partir de “filtro de sonhos” sobre trama de bambu *tensegrety*.



Figura 84 - Rede construída a partir de “filtro de sonhos” sobre trama de bambu *tensegrety*.



Figura 85 - Rede construída a partir de “filtro de sonhos” sobre trama de bambu *tensegrety*.

⁵³ Técnica de aplicação do barro cru muito utilizada no passado rural brasileiro.

Os Sistemas Modulares Têxteis são perfeitamente adequados às construções de *domus tensegrety* desenvolvidos no LILD, podendo ser utilizados a partir de módulos móveis acoplados à construção, ou construídos diretamente sobre a infra-estrutura de bambu dos domus, acompanhando assim as variações formais estruturais desse tipo de construção (Figuras 172 a 178).

Os protótipos experimentais realizados permitiram a elaboração de princípios que fundamentam os Sistemas Modulares Têxteis.

Desdobramentos futuros

As membranas compostas por fibras naturais, construídas a partir dos Sistemas Modulares Têxteis, devem ser investigadas conforme as características e exigências específicas do objeto ou projeto a ser projetado.

Para fins de implantação do sistema em projetos futuros de Arquitetura & Design, as interferências causadas pelas ações do tempo, esforços mecânicos e adaptações das fibras e tecnologias artesanais têxteis de cada região devem ser investigadas caso a caso.

O manejo e beneficiamento das fibras utilizadas, e o processamento das fibras e dos objetos devem ser cuidadosamente verificadas para que não haja interferências na saúde dos indivíduos ou no funcionamento do objeto. A degradação causada pelo uso de agrotóxicos, ou o uso excessivo de uma fibra, sem respeitar os limites de recomposição natural do meio, invalida a proposta inicial desse sistema.

Assim, cabe também verificar se uma mesma amostra utilizada em situações diferentes proporciona resultados diferentes ou não.

Ensaio específicos em função da aplicação do objeto são importantes: permeabilidade seletiva (ar, água, raios UV), impermeabilização (aplicação de impermeabilizantes à base de mamona, por exemplo), testes de resistência



Figura 86 – “Filtro de sonhos” aplicados à Arquitetura & Design.

mecânica, a fungos, à erosão, ventos, deformações e durabilidade, alteração de odores e coloração.

A realização de um diagnóstico socioeconômico da região se faz necessária, respeitando as tradições tecnológicas do grupo social, considerando-se também a obtenção racional da fibra. Evita-se, assim, a degradação ambiental e social, preservam-se vias de acesso, garantindo a disponibilidade das fibras.



Figura 87 – Relação dimensional “homem-tear” para aplicação dos Sistemas Modulares Têxteis em objetos arquitetônicos.



Figura 88 – Rede para cobertura de domus geodésico de bambu *tensegrety* construída no LILD.