

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO

DAVI COSTA MOURA NUNES

ARQUITETURA SUSTENTÁVEL:
O uso de fibras vegetais na construção.

São Luís – MA

2011

DAVI COSTA MOURA NUNES

**ARQUITETURA SUSTENTÁVEL:
O uso de fibras vegetais na construção**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Coordenação do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Grete Soares Pfluege.

São Luís – MA
2011

Nunes, Davi Costa Moura.

Arquitetura sustentável: o uso de fibras vegetais na construção civil / Davi Costa Moura Nunes. – São Luís, 2011.

... f

Monografia (Graduação) – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual do Maranhão, 2011.

Orientadora: Profa. Msc. Grete Pfleuger.

1.Fibras naturais. 2.Compositos. 3.Arquitetura sustentavel.
4.Meio ambiente. I.Título

CDU: 69-037.1

DAVI COSTA MOURA NUNES

**ARQUITETURA SUSTENTÁVEL,
O uso de fibras vegetais na construção**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Coordenação do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Aprovada em: ___ / ___ / ___

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Grete Soares Pflueger (Orientadora)

Departamento– UEMA

Prof^a. Sanadja de Souza Medeiros

Departamento – UEMA

Convidado

A Deus e Senhor Jesus Cristo que vive e reina para todo o sempre. Razão da minha existência.

AGRADECIMENTOS

Ao Deus criador por tudo que É e tudo que fez na minha vida.

A minha família que, mesmo distantes, me apoiaram na vinda a São Luis para estudar Arquitetura e Urbanismo.

Aos meus amigos que me deram força em momentos difíceis e torcem pela minha felicidade.

Às professoras Márcia Marques, Grete e Sanadja por terem me ajudado, apoiado e dado a base do conhecimento necessário para minha formação.

OBRIGADO A TODOS!

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso é uma pesquisa teórica sobre novas técnicas no uso de fibras vegetais na construção civil, percorrendo os diferentes tipos de fibra no Brasil com o propósito de encontrar alternativas sustentáveis. No âmbito da pesquisa faremos um estudo preliminar para uma “Oca” sustentável utilizando um sítio localizado na cidade de Alcântara, Maranhão.

Palavras chave: fibras naturais, sustentabilidade, arquitetura sustentável, recursos naturais, construção civil, meio-ambiente, material alternativo, compósito.

ABSTRACT

This se work is a research on new techniques in the use of vegetable fibers inc construction, covering the different types of fiber in Brazil in order to find sustainable alternatives. As part of the research we'll make a preliminary study for a “Indian House” by using a sustainable farm located in the city of Alcantara, Maranhão.

Key words: natural fibers, sustainability, sustainable architecture, natural resources, construction, environment, alternative materials, composites.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	Justificativa	10
1.2	Objetivos	11
1.2.1	Geral.....	11
1.2.2	Específicos	11
1.3	Metodologia.....	12
1.4	Limitações da pesquisa	12
2	SUSTENTABILIDADE	13
2.1	Arquitetura sustentável	14
2.2	Materiais ecológicos	16
2.3	Compósitos.....	16
3	AS FIBRAS VEGETAIS.....	18
3.1	Os tipos de fibras pesquisadas	19
3.1.1	Bagaço da cana de açúcar.....	19
3.1.2	Fibra do açaí	21
3.1.3	Fibra da coco	22
3.1.4	Fibra de juta.....	24
3.1.5	Casca de arroz.....	25
3.1.6	Serragem de paparaúba	27
3.1.7	Sisal.....	29
4	ESTUDO PRELIMINAR PARA A “OCA”PROJETO – OCA PRAIA DO BARCO ..	30
4.1	Terreno existente.....	30
4.2	Fotos do terreno	31
4.3	Programa de necessidade.....	34
4.4	Pratido Arquitetônico	34
4.5	Materiais utilizados.....	35
4.5.1	Paredes	35
4.5.1	Cobertura.....	35
4.5.1	Piso.....	36
5	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS	38
	ANEXOS.....	

1 INTRODUÇÃO

Com aumento populacional e o crescimento acelerado das cidades uma das grandes preocupações da humanidade atualmente é como aproveitar os recursos naturais existentes sem prejudicar as fontes e o próprio meio ambiente para que as gerações futuras também possam usufruir destes. A arquitetura, como área que trabalha diretamente com uso de espaços e materiais advindos da natureza, aliada ao conceito de sustentabilidade pode trazer ótimas soluções para estas questões que preocupam as nações, em especial os países em desenvolvimento. Estes por sua vez dispõem de clima favorável e recursos naturais abundantes para aplicação do conceito de arquitetura sustentável.

A utilização de fibras naturais na arquitetura tem aumentado muito nesses últimos anos, especialmente no Brasil que é um país que possui grandes vantagens nessa área, pois dispõe de vasto território, clima adequado e grande quantidade de matéria prima disponível. Grandes quantidades dessas fibras não possuem um destino pré-estabelecido. Sua aplicação na arquitetura ainda é limitada devido à falta de conhecimento suficiente a respeito do baixo custo de produção das fibras, a disponibilidade, os benefícios, além do preconceito a respeito do seu uso, por ser um material orgânico, levantando dúvidas sobre sua qualidade.

Por essa razão, este trabalho mostra que as fibras naturais, que se quantificadas somam milhões de toneladas que são geradas todos os anos e que são desperdiçadas aqui no Maranhão, podem ser aplicadas de maneira positiva no sentido de melhorar a qualidade dos materiais, usar produtos que não agredem a natureza e o próprio homem, economizar recursos financeiros, aproveitar a abundância de matéria prima disponível e aumentar o conhecimento sobre novas alternativas construtivas para a arquitetura.

1.1 Justificativa

Estima-se que os resíduos resultantes da construção, manutenção e demolição de edificações representam metade do resíduo sólido urbano. É necessário buscar soluções que possam minimizar os impactos do acúmulo desses resíduos, seja pela reutilização, reciclagem ou o aumento do uso de materiais renováveis, como as fibras naturais.

O baixo custo da utilização desses materiais e a facilidade de aquisição das fibras vegetais são características importantes para a aplicação desses materiais em regiões como o Maranhão que possui um IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) muito baixo, e um déficit habitacional grande. O clima tropical garante a possibilidade de seu emprego em larga escala, de acordo com a sua incidência em diferentes locais do país, já que existe uma variedade de espécies disponíveis.

A utilização desses resíduos gera uma economia das matérias-primas convencionais, cujas maiorias são extraídas da natureza de forma a causar riscos de degradação ambiental. A construção civil deve se atentar aos problemas a ela associados, como o uso de materiais não renováveis, o alto consumo de energia, a geração de resíduos e a emissão de gases poluentes.

Por isso as fibras vegetais constituem uma boa proposta de materiais substitutos por serem considerados de maior sustentabilidade.

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

O objetivo geral deste trabalho de conclusão de curso é fazer uma pesquisa teórica das aplicações de fibras naturais na construção civil e elaborar um estudo preliminar de uma “oca” na cidade de Alcântara, utilizando alguns desses materiais.

1.2.2 Específicos

- Mostrar soluções construtivas diferentes utilizando recursos naturais.
- Explicar as formas como podem ser utilizadas as fibras na construção;
- Comprovar a eficiência das novas técnicas de uso das fibras vegetais;
- Expor as vantagens de se utilizar tais materiais;

- Aplicar os conceitos pesquisados num estudo preliminar com os materiais disponíveis na cidade de Alcântara.

1.3 Metodologia

I Etapa - Pesquisa bibliográfica sobre os temas relacionados com fibras vegetais e sustentabilidade na construção civil.

II Etapa - Levantamento do terreno situado na cidade de Alcântara, com registro fotográfico, levantamento de mapas com situação geográfica.

III Etapa - Definição de um programa de necessidades para o projeto de uma Oca num sítio-escola neste local.

IV Etapa - Estudo de propostas arquitetônicas e layout para a digitalização das plantas, cortes e vistas.

1.4 Limitações de pesquisa

O estudo sobre novas tecnologias de transformação de fibras vegetais em materiais para construção é um tema inovador, por isso houve uma dificuldade de acesso a livros publicados a respeito desse assunto. Foram encontrados apenas teses, dissertações, monografias e artigos a esse respeito.

Essa limitação foi compensada com uma visita ao laboratório do curso de Design Industrial, da Universidade Federal do Maranhão, onde o professor Sanatiel de Jesus Pereira, doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná, Brasil (2001), esclareceu várias dúvidas e expôs alguns materiais feitos com uma das novas tecnologias de produção de materiais alternativos para a construção civil utilizando fibras celulósicas.

2 SUSTENTABILIDADE

O conceito de sustentabilidade começou a ser pensado durante o processo preparatório da Conferência Internacional das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano (United Nations Conference on the Human Environment), realizado em 1972 em Estocolmo. A definição mais conhecida foi criada em cima do conceito de desenvolvimento sustentável, divulgado no relatório “Nosso futuro comum”, em 1987, pela Comissão Brundtland, afirmando que:

“É o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades.” (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991).

Este conceito tem sido muito difundido nos últimos anos em todo mundo como resposta a questões sérias envolvendo o meio ambiente como as mudanças climáticas drásticas que vem ocorrendo em algumas regiões, a emissão de CO₂ na atmosfera que contribui na deterioração da camada de ozônio, a diminuição das reservas de água doce, o fim de algumas espécies da fauna e flora que fazem parte de um ecossistema estruturado a milhões de anos atrás, entre outros assuntos.

Este conceito abrange todas as áreas da vida do homem, econômica, social e cultural, e pode ser aplicado desde pequenas atitudes, como desligar a torneira enquanto escova-se os dentes ou separar o lixo orgânico, a se estende da relação com o vizinho até o planeta como um todo.

Uma das áreas que pode contribuir muito para um desenvolvimento sustentável, seja pela aplicação de materiais apropriados ou uso adequado dos espaços, é a arquitetura. Um projeto que preveja todos os aspectos de preservação ecológica cria um ambiente adequado para o homem sem que para isso prejudique o meio ambiente. É este tipo de “arquitetura sustentável” que será tratado neste trabalho.

2.1 Arquitetura sustentável

Arquitetura sustentável é o resultado de uma forma de projetar sem gerar os danos que uma construção normalmente causaria, trabalhando com conceitos, tecnologia e materiais que não agridem o meio ambiente.

Grande parte dos recursos naturais, extraídos no Brasil, vão para a construção civil, que por sua vez gasta metade da energia gerada para o funcionamento das edificações e geram 50% dos resíduos sólidos urbanos em suas obras, sendo por isso uma das áreas que mais impactam de forma negativa o meio ambiente.

Algumas entidades trabalham para uma melhora na qualidade de vida das pessoas seguindo diretrizes para uma arquitetura sustentável. São estas:

- IDHEA (Instituto para Desenvolvimento da Habitação Ecológica)
- Fupam (Fundação para a Pesquisa Ambiental)
- Ipema (Instituto de Permacultura e Eco vilas da Mata Atlântica)
- Ipec (Instituto de Permacultura do Cerrado)
- Green Institute
- ATA (Alternative Technology Association)

Além destes institutos é possível encontrar conselhos que desenvolvem os conceitos da construção sustentável, orientam e discutem os padrões a serem seguidos. No caso do Brasil, foi criado o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, formado por acadêmicos, pessoas ligadas às áreas social e financeira, construtores e representantes de organizações não-governamentais.

- CBCS (Conselho Brasileiro da Construção Sustentável)
- USGBC (United States Green Building Council)
- CaGBC (Canadá Green Building Council)
- GBCA (Green Building Council Australia)
- Japan Sustainable Building Consortium

Existem também certificações para as construções sustentáveis, podendo ser obtidas através de entidades que criaram métodos e sistemas de base para estudar e avaliar o impacto do projeto, construção e operação dos edifícios. As mais conhecidas são:

- BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)
- LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

O método de avaliação dessas instituições é baseado no somatório de itens pertencentes às categorias: espaço sustentável, uso racional de água, energia e atmosfera, materiais e recursos e qualidade ambiental interna.

A BREEAM é de origem britânica e pioneira, servindo de base para as outras certificadoras. A LEED foi desenvolvida nos Estados Unidos pela ONG United States Green Building Council (USGBC), sendo a mais utilizada em projetos brasileiros.

Existem diretrizes a serem seguidas para considerar uma construção sustentável, e são estas:

- Pensar em longo prazo o planejamento da obra
- Eficiência energética
- Uso adequado da água e reaproveitamento
- Uso de técnicas passivas das condições e dos recursos naturais
- Uso de materiais e técnicas ambientalmente corretas
- Gestão dos resíduos sólidos. Reciclar, reutilizar e reduzir
- Conforto e qualidade interna dos ambientes
- Permeabilidade do solo
- Integrar transporte de massa e ou alternativos ao contexto do projeto.

Dentro dessas diretrizes este trabalho se dedicou a estudar os materiais alternativos que são fabricados com o intuito de aproveitamento de resíduos sólidos que normalmente degradam o meio ambiente se lançados fora. Estes são os materiais ecológicos, que serão tratados no item a seguir.

2.2 Materiais ecológicos

Os materiais ecológicos, ou “ecomateriais”, podem ser de origem artesanal ou industrial, e são assim classificados porque não poluem, são atóxicos e trazem alguns benefícios ao meio ambiente e ao homem, trazendo uma contribuição para um desenvolvimento sustentável.

A fonte da matéria-prima utilizada na produção dos “ecomateriais” deve ser renovável, ou de reciclagem de resíduos de outros materiais. O processo de produção deve ter baixo consumo de energia e água, não pode ser poluente e nem gerar resíduos, nem mesmo na instalação e manutenção desses materiais.

Entre os materiais ecológicos mais conhecidos podemos citar:

- Solo cimento (proporção de 1 parte de cimento para 12 de solo)
- Concreto reciclado
- Madeiras alternativas (madeiras de reflorestamento certificadas)
- Adobe
- Tintas naturais
- Telhas ecológicas
- Piso intertravado
- Equipamentos sanitários de baixo consumo e automáticos
- Lâmpadas LED's e fluorescentes

2.3 Compósitos

Na busca de novos produtos com qualidade superior aos já conhecidos vários cientistas e pesquisadores de todo mundo trabalham com novas possibilidades de uso dos materiais existentes e aproveitamento de resíduos sólidos extraídos de forma a não prejudicar o meio ambiente. O resultado dessas pesquisas são os compósitos.

“Os materiais compósitos são formados pela combinação de dois ou mais materiais diferentes com o objetivo de obter um produto final com um conjunto de características e propriedades superiores às que os componentes individuais poderiam alcançar”. (FAGURY, 2005, p. 27).

Os compósitos são produzidos como solução na busca de materiais com características melhores que os usuais. Dependendo de sua finalidade podem utilizar:

- Fibras Orgânicas
- Fibra de vidro
- Fibra de carbono
- Fibras Cerâmicas
- Fibras de Alumina
- Fibras de Quartzo
- Fibras Metálicas
- Fibra de Aramida
- Madeira(serradura)
- Etc

Podem ser aplicados em capacetes, coletes a prova de bala, varas, barcos, pranchas de surf, raquetes de tênis, etc. Eles aproveitam as vantagens de cada composto utilizado para um desempenho satisfatório na resposta aos esforços solicitados no uso a que são destinados, podendo até mesmo gerar uma propriedade que não existe em seus componentes originais.

Esses componentes são classificados em dois tipos:

- Material matriz: responsável pela estrutura do compósito, ele preenche os espaços vazios mantendo a posição relativa dos materiais reforços.
- Materiais reforços: responsáveis pelo realce das propriedades mecânicas, eletromagnéticas ou químicas do material originado.

Entre esses materiais reforços estão as fibras vegetais, que são os objetos de estudo deste trabalho e serão comentados no capítulo seguinte.

3 AS FIBRAS VEGETAIS

Desde a Antiguidade fibras vegetais são utilizadas como elementos construtivos. No Egito, os adobes e tijolos eram reforçados com raízes e no Brasil algumas tribos indígenas utilizavam palhas e folhas de coqueiros para construir suas ocas.

O emprego de materiais fibrosos na construção civil, em escala industrial, só aconteceu de forma mais generalizada no começo do século XX, com a introdução do cimento-amianto. A partir da década de 1960, esses materiais passaram a ser de fato estudados na engenharia civil, merecendo menção o estudo pioneiro de Krenchel (1964), com a contribuição para a teoria dos compósitos feitos à base de matrizes frágeis, além de resultados experimentais utilizando fibra de vidro comum. Desenvolvem-se ainda estudos com fibras de vidro à base de zircônio, produtos reforçados com polipropileno, demonstrando a vantagem das fibras com estrias ao longo de seu comprimento e concretos reforçados com fibras metálicas.

O estudo sobre fibras vegetais com a finalidade de reforçar elementos construtivos começou na Inglaterra em 1970. No Brasil, uma das pesquisas pioneiras coube ao Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Camaçari, na Bahia, com início em 1980.

Analisaram o processo de cultivo, extração, beneficiamento e industrialização de fibras vegetais, tendo em vista a identificação e a quantificação dos resíduos gerados. Através desta pesquisa foram identificados alguns resíduos com disponibilidade imediata para uso na construção, tais como a bucha do sisal, fibras do coco, resíduos de celulose do eucalipto e fibras do pseudocaule da bananeira.

Ao longo dos anos que se passaram outras pesquisas foram realizadas em diferentes regiões do país, buscando mais alternativas de fibras vegetais para serem utilizadas. Estudos realizados por Universidades mostram a possibilidade de se produzirem materiais de construção a partir de subprodutos que, se não aproveitados, são entulhos que poluem o meio ambiente.

3.1 Os tipos de fibras pesquisadas

De acordo com pesquisas realizadas em universidades brasileiras (UFPA, UFMA, UFSCAR, UFMS, UFRS, USP, PUCRS), destacamos as seguintes fibras para uma análise mais detalhada, contemplando fibras existentes no Brasil:

- - Bagaço da cana de açúcar
- - Fibra do açaí
- - Fibra de coco
- - Fibra de juta
- - Casca de arroz
- - Serragem de paparaúba
- - Sisal

3.1.1 Bagaço da cana de açúcar

Do processo de moagem da cana-de-açúcar para a obtenção do caldo que é feita a extração do bagaço da cana. Sua fibra possui elementos estruturais como a lignina, que permite o seu uso em indústrias de derivados como polpa, papel, ração animal, mantas, artesanato e outros. De cada 100 toneladas de cana-de-açúcar são retirados 28 toneladas de bagaço (COLETTI, 2008).

Dentre os materiais que podem ser fabricados com esse tipo de fibra estão as chapas com aglomerados elaborados em forma de painéis compostos com duas ou três camadas, produzidos a partir da união de partículas de bagaço por meio de variações de temperatura e pressão. Nesse processo o bagaço é moído e as partículas finas são separadas para as camadas externas do painel e as partículas grossas para o interior. Depois é feita a secagem e por fim a classificação que tem especial importância principalmente na produção de painéis com três camadas, pois a separação correta das partículas irá refletir na qualidade final da chapa (COLETTI, 2008).

Estudos recentes realizados pelo técnico da União da Indústria de Cana-de-Açúcar (ÚNICA), Antonio de Pádua Rodrigues, e pelo professor da Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), Almir Sales, tentam provar que as cinzas geradas da queima do bagaço de cana podem ser reaproveitadas na produção de concreto. “Atualmente as cinzas são utilizadas como fertilizante nas lavouras, mas não há nada comprovado sobre sua eficiência neste sentido, é apenas uma maneira de descartar o resíduo. Portanto, se a viabilidade comercial for comprovada, será uma solução prática e com muitos benefícios para o meio ambiente, além do fator econômico,” afirma Rodrigues.



Figura 3.1 Amostra de teste para um concreto mais compacto, com baixo custo e ecologicamente correto. FONTE: APDC, 2011.

A proposta desta pesquisa é conseguir materiais que substituam os chamados “agregados naturais” do concreto como a areia e a pedra britada. Devido a grande quantidade produzida a cinza gerada pela queima do bagaço de cana foi escolhida como mais viável.

Já ficou comprovada por esse estudo que o concreto feito com as cinzas aumenta de 15% a 17% a resistência do material.

Outra pesquisa recente, publicado em dezembro de 2010, pela revista Exame, realizada pelo pesquisador Ronaldo Soares Teixeira, da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), mostra que o bagaço da cana também pode ser usado na produção de fibrocimento. Os resíduos naturais da moagem de cana podem substituir componentes usuais do concreto.

3.1.2 Fibras do açaí

O açaí é um fruto comum de regiões de clima úmido, podendo ser encontrado desde o estado da Bahia até Amazonas. Da família das palmáceas, o açaizeiro requer um solo úmido, tendo na região norte um bom local para sua disseminação devido a grande quantidade de rios e igarapés, o que facilita a sua semeadura. O crescimento ocorre em touceiras, o caule é denominado de estipe, sendo liso e delgado.

A fibra do açaí encontra-se no mesocarpo. A extração das fibras de açaí é realizada de uma forma não muito convencional, já que essa fibra não é usada comercialmente.

Coloca-se o caroço, após a retirada da polpa, em um secador rotativo para grãos, onde ocorre a separação das fibras, que normalmente são eliminadas por não terem um aproveitamento industrial.



Figura 3.2 1) Caroço da semente depois da retirada da fibra 2) Fibra da semente 3) Resíduo úmido do fruto.
FONTE: UBIRAJARA, 2007.

A fibra de açaí pode ser empregada como compósito para fins diversos, como telha, concretos, concretos pré-moldados de cimento, pisos intertravados, placas ou painéis de vedação. É uma matéria prima economicamente viável que pode contribuir para o

desenvolvimento da região amazônica, pois é um material abundante nesse local, e que provém de rejeito industrial (LIMA, 2007).

De acordo com a pesquisa realizada pelo engenheiro civil Ubirajara Marques Lima Júnior, na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, os compósitos de cimento reforçados com esta fibra possuem boa resistência à tração em relação a outros tipos de fibras pesquisadas (aproximadamente 13% em média). Também obtiveram um bom desempenho de adesão com a matriz e conseqüente comportamento pós-fissura inerente aos fibrocimentos, reforçando a região adjacente à fratura. Foi identificado também que os compósitos com melhores propriedades mecânicas foram os com fibra in natura e com teor de fibra de 0,3%. Com o aumento do teor de fibras ocorre um aumento da absorção de água e da porosidade aparente e a diminuição da massa específica.

3.1.3 Fibras do coco

A fibra de coco é uma fibra proveniente da casca (mesocarpo) do fruto do coqueiro *Cocos nucifera* L, pertencente à família das palmáceas. Devido melhores condições naturais como temperatura, ventilação e disponibilidade de água a região nordeste possui uma ótima área para cultivo do coqueiro.

As agroindústrias do coco produzem uma grande quantidade de fibras com diferentes comprimentos que são considerados subprodutos, porém não são aproveitados totalmente. Uma boa parte é utilizada na fabricação de cordas, sacarias, tapetes, vestuário, escovas e pincéis. A fibra de coco possui forma cilíndrica e pontuações na superfície, que auxiliam na fixação da fibra nas matrizes reforçadas.

As fibras podem ser extraídas de duas formas: na primeira a casca do fruto é colocada num recipiente com água e fica submersa de um a quatro meses, depois é batida para retirada do excesso de umidade e por fim colocada para secar, facilitando a retirada das fibras claras. Na segunda forma as cascas são colocadas numa máquina de desfibrilamento que gera uma fibra com coloração castanha.



Figura 3.3 Fruto do coco sendo desfibrilado. FONTE: WIDEMAN 2002.

A elasticidade da fibra de coco é muito grande, sendo até maior que de outras fibras vegetais, além de ter grande resistência à umidade, condições climáticas e à água do mar.

As fibras de coco são usadas na produção de uma grande variedade de compósitos, incluindo laminares particulados e fibrosos. Foram desenvolvidas várias pesquisas com compósitos de fibras lignocelulósicas para aplicações na construção civil baseados em fibras de coco, afirmando que “quando usado como reforço em matrizes inorgânicas, as fibras de coco são bastante resistentes à alcalinidade e variações de umidade quando comparadas a outras fibras”. E devido a esse reconhecimento, como uma fibra de alta duração em diferentes tipos de matrizes, podemos encontrá-la associada com polímeros, betume, cimento, gesso, escória de alto-forno, barro, etc. (LIMA, 2007).

Uma experiência realizada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), utilizando técnicas fáceis de fabricação de compósitos, desenvolveu painéis para paredes estruturais com argamassa de cimento de escória de alto-forno reforçados com 2% em volume de fibras de coco.

No ano de 1989 foi construído, com supervisão do IPT, no conjunto habitacional da Vila Nova Cachoeirinha, em São Paulo, um protótipo usando as técnicas e materiais estudados. Após oito anos de sua construção, sendo utilizada como creche, moradia e centro comunitário, realizaram uma avaliação das condições do protótipo e ficou constatado que as paredes tanto externas quanto internas permaneciam em bom estado.

3.1.4 Fibras de juta

Essa fibra é obtida do caule das plantas “*Corchorus capsularis*” e “*Corchorus olitorius*”, que dão origem a três tipos de juta. A primeira origina a juta “branca”, na qual a cor varia entre creme pálido ao cinza ou amarelo, e a segunda origina os tipos “Tossa”, com variação de cor entre o marrom dourado e o marrom avermelhado, e a Daisee, que varia de cinza a preto. As fibras de juta são longas, chegando a medir até 3m, e rígidas por serem lignificadas (FAGURY, 2005).

Pode se extrair as fibras de juta por processos mecânicos, químicos e biológicos, ou por uma combinação entre eles. Os processos podem ser desenvolvidos de maneira artesanal ou tradicional ou através da utilização de tecnologias apropriada nos processos industriais, normalmente o processo será função das características da fibra a ser obtida e de sua localização na planta fibrosa (FAGURY, 2005).

A fibra de juta apresenta uma resistência e módulo de elasticidade relativamente elevado, o que a torna apropriada para o uso como reforço em compósitos com matriz cimentícia. Com matriz de pasta de cimento misturada foi observado o aumento de até 97% na resistência à tração e 60% na resistência à flexão em relação à matriz sem reforço, mas com matriz de argamassa, o aumento não foi significativo. As resistências foram maximizadas para um comprimento de fibra entre 12 e 18 mm, com fração volumétrica de 2%. A fração volumétrica ótima ficou em torno de 2% a 3% para um comprimento de 25 mm. A presença do reforço aumentou consideravelmente a tenacidade e resistência ao impacto, essa última tendo aumentado 400% (SALES, 2006).



Figura 3.4 Processo de desfibramento da juta. FONTE: FAGURY 2005.

3.1.5 Casca de arroz

O arroz é um dos grãos mais produzidos, cerca de 600 milhões de toneladas por ano em todo mundo. E no processo de beneficiamento do arroz é que são separadas as cascas do arroz, que acabam servindo para a combustão nas máquinas que geram calor para a parboilização dos grãos. E dessa queima é que surgem as cinzas da casca do arroz que são objeto de estudos recentes para a obtenção de sílica para concreto (SOUSA, 2007).

O objetivo destas pesquisas é produzir um concreto com alto desempenho para ser utilizado em lajes, vigas e pilares, utilizando resíduos da casca de arroz que substituam os agregados miúdos e aglomerantes. Para a obtenção de um material puro é necessária a retirada do excesso de carvão da cinza, o que torna o processo um pouco oneroso (SOUZA, 2007).

Um dos pesquisadores brasileiros sobre esse tema foi o professor Jefferson Libório, do Laboratório de Engenharia Civil do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos, financiado pela FAPESP, que coordenou o projeto de produção de Concretos de Alto Desempenho com Sílica de Arroz. Juntamente com outro grupo de pesquisadores de São Carlos, coordenado pelo professor Milton de Souza, do Instituto de Física e Ciência dos Materiais, eles conseguiram criar um novo método para a extração da sílica que viabilizou o uso desse aditivo em vários setores da construção civil que utilizam o concreto (LIBÓRIO, 2002).

O Concreto de Alto Desempenho (CAD) possui uma grande resistência mecânica à compressão e uma textura menos porosa, o que diminui a deterioração do concreto e da armadura, por ter uma granulometria baixa ele acaba ocupando os pequenos espaços e se distribuindo por igual no concreto. Essas vantagens permitiram a realização de um trabalho de desenvolvimento de blocos que não necessitam de reboco e pintura e podem ser montados como um brinquedo de encaixe. A sílica contida na casca de arroz, quando devidamente extraída, pode ter características até superiores às desejadas para esse fim. Com o domínio dessa tecnologia o grupo de pesquisadores já iniciou um trabalho de desenvolvimento de produtos propriamente constituídos, como blocos que não precisam de reboco e pintura e que podem ser montados como um brinquedo de encaixe (LIBÓRIO, 2002).

Já existe um projeto utilizando esse material, realizado pelo GHAB, (Grupo de Estudos da Habitação), na Universidade Federal de Santa Catarina. Este projeto focou na reutilização de resíduos como as cinzas da queima da casca de arroz e o entulho cerâmico de

obras da própria cidade.

O projeto arquitetônico proposto utiliza uma área de aproximadamente 42 m², com sala-cozinha, lavanderia e varanda no térreo; dormitório e banheiro completo no segundo piso. O projeto também prevê a construção de um ambiente no pavimento térreo que poderá atender a diversas funções como dormitório, sala ou mesmo um espaço produtivo, além de um terceiro dormitório no pavimento superior, sobre o primeiro ambiente ampliado (FINEP/HABITARE, 2008).



Figura 3.5.1 Obra em fase de construção com blocos feitos com casca de arroz. FONTE: HABITARE 2008.



Figura 3.5.2 Projeto do protótipo concluído. FONTE: HABITARE 2008

3.1.6 Serragem de paparaúba

Uma serralheria pode produzir enormes quantidades de resíduos sólidos de madeira em etapas de produção de artefatos. No estado do Maranhão, em especial na região da baixada, estão concentrados grandes indústrias de madeira que chegam a produzir milhares de toneladas de serragem todos os anos. Madeiras de espécies como o ipê, a tatajuba, a maracatiara, o cedro e a paparaúba são as mais usadas por essas indústrias. As serragens geradas dessas madeiras já foram usadas em pesquisas no desenvolvimento de compósitos com cimento, destinados a construção civil.

Segundo o pesquisador Sanatiel de Jesus Pereira, mestre na área e professor do curso de Design Industrial da UFMA, a serragem da paparaúba foi a que obteve melhor resultado na composição de materiais construtivos alternativos.

Foram feitas cálculos de densidade e análises de granulometria para se chegar a composição ideal de materiais como pisos, forros e blocos modulados destinados a construção de paredes. A relação ideal encontrada para a combinação cimento/madeira foi 65% para 35% respectivamente.

As medidas adotadas para os compósitos destinados ao piso foram de 200x200x20 mm. Os painéis para forro possuem as dimensões de 300x300x20mm.

As dimensões dos blocos seguiram as Normas Brasileiras NBR – 5712 e NBR 7173 que padronizam as medidas de projeto (comprimento x altura x largura):

Bloco maior – 40x20x10cm

Bloco médio – 20x20x10cm

Bloco menor – 10x20x10cm



Imagem 3.1.1: Laboratório UFMA. FONTE: DAVI 2011.



Imagem 3.1.2: Laboratório UFMA. FONTE: DAVI 2011

3.1.7 Sisal

O Brasil é o maior produtor mundial do sisal, que é cultivado em regiões semi-áridas como os estados da Paraíba e da Bahia. As fibras são retiradas das folhas que, após o beneficiamento, a maioria é destinada à indústria de fabricação de cordas, cordéis e tapetes. A planta, que tem origem no México, possui folhas grandes, pontiagudas e dispostas em roseta, semelhante ao abacaxi.

As folhas possuem um tom cinza-esverdeado com largura que varia entre 8 e 10 cm e comprimento de 1,5 a 2,5 m. No cerne das folhas que encontramos as fibras que são compostas por microfibras que são resistentes à tração, durável e medem 1,50 m.

Este tipo de fibra também está sendo estudada na substituição do amianto na fabricação de telhas de fibrocimento, que ainda são a solução mais comum e econômica de cobertura para habitações populares. Importante salientar que o uso dessas fibras vegetais nessa substituição é sanitariamente correta visto que o amianto, nome comercial do silicato natural hidratado de cálcio e magnésio, é um mineral nocivo, podendo causar asbestose - pneumoconiose provocada pela inalação de partículas de asbesto. Essa inalação pode acontecer tanto no processo de fabricação das telhas como na instalação das mesmas por operários ou ainda na contaminação da água de consumo humano quando reservada em caixas d'água de cimento-amianto, que são popularmente comercializadas por muitos anos (SAVASTANO, 2003).

O pesquisador Savastano Jr. estudou a zona de transição entre fibras e cimento, relacionando as características mais importantes com as propriedades mecânicas do compósito. Foram desenvolvidas pesquisas de moldagem de fibrocimentos de sisal por drenagem de pasta. Savastano Jr. coordenou a produção de 700 telhas de fibrocimento com reforço de polpa de sisal, com apoio da Prefeitura Municipal de Descalvado, São Paulo, pela Escola de Engenharia de São Carlos da USP, para a cobertura de um protótipo residencial com cerca de 50m².

Como forma de indicar como podem ser usados esses materiais este trabalho propôs um estudo preliminar de uma “oca” na cidade de Alcântara, que será apresentado no próximo capítulo.

4 ESTUDO PRELIMINAR PARA A “OCA” PRAIA DO BARCO

Como proposta de aplicação dos conceitos de sustentabilidade foi elaborado o projeto de uma oca para eventos e oficinas na cidade de Alcântara, num sítio localizado dentro de uma zona de proteção ambiental, situado entre manguezais e ruínas históricas. A idéia principal surgia da criação de um ambiente onde serão desenvolvidas atividades de lazer educativo e produtivo, implantados dentro dos princípios da permacultura, que trazem uma ideologia totalmente voltada ao desenvolvimento sustentável.

O cenário não poderia ser mais ideal: história e natureza lado a lado, ajudando a formar um laboratório vivo de aprendizagens e de mudanças, estimulando o tema da sustentabilidade nos currículos escolares e incentivando a comunidade a adotar práticas sustentáveis em seu cotidiano.

A “Oca Praia do Barco” é um projeto já existente que visa integração da comunidade em atividades como produção de papel artesanal e cultivo de plantas fitoterápicas num viveiro. Aproveitando o espaço disponível a proprietária do sítio e coordenadora do projeto, Marilda Mascarenhas, resolveu ampliar o leque de atividades relacionadas com uso consciente dos recursos naturais. A idéia dela é que sejam oferecidas oficinas de artesanato, artes visuais e comunicação, além de palestras sobre permacultura e turismo educativo com roteiros pedagógicos para oferecer às escolas e faculdades.

4.2 Terreno existente

O terreno do sítio ocupa uma área total de 35.719,71 m², e está situado no extremo leste da cidade de Alcântara (Anexo 1). A vegetação predominante é a capoeira, apresentando também uma quantidade significativa de carnaubeiras, além de alguns exemplares de espécies como bananeiras, bambuzais e açazeiros (Anexo 2). Uma pequena porção da parte sul do terreno é composta de mangue (Dados do Núcleo Geoambiental da UEMA, 2010).

4.3 Fotos do terreno



Foto 4.1 FONTE: DAVI 2011.



Foto 4.2 FONTE: DAVI 2011.



Foto 4.3 FONTE: DAVI 2011.



Foto 4.4 FONTE: DAVI 2011.



Foto 4.5 FONTE: DAVI 2011.



Foto 4.6 FONTE: DAVI 2011.

4.4 Programa de necessidades

O programa de necessidades foi elaborado através de entrevistas com a proprietária do sitio, Marilda Mascarenhas, onde foram extraídas informações importantes, formadas a partir de suas experiências com atividades sustentáveis. O resultado foi a seguinte relação:

- Uma sala para oficina de artesanato com mesa para doze pessoas
- Uma sala para oficina de fotografia e comunicação para doze pessoas.
- Auditório para 50 pessoas
- Uma lanchonete
- Banheiros adaptados para pessoas com necessidades especiais
- Uma sala para o acervo das oficinas
- Uma área de vivência

4.5 Partido arquitetônico.

Partindo do conhecimento das estruturas mais comuns de ocas existentes que são as que possuem formas circulares foi elaborado um desenho seguindo esse formato. Foi criado um núcleo que servirá de área de vivência para os usuários do local. Pensando no conforto térmico foram criados dois eixos de acesso ao núcleo de forma a criar uma circulação de ar cruzada, além de uma elevação da parte central da cobertura para saída do ar quente e entrada de iluminação natural. A cobertura foi fracionada em duas: uma parte que forma uma espécie de anel que cobre todas as áreas de uso principal da edificação, e a outra parte, mais elevada que a anterior, cobrindo o centro.

4.6 Materiais utilizados

As matérias-primas que serão utilizadas na proposta de construção da “Oca” são provenientes da própria cidade de Alcântara, de fontes renováveis. Os materiais construtivos são produzidos com técnicas simples de fabricação para serem executadas no próprio local, minimizando o custo da obra e aplicando assim o conceito da sustentabilidade nesse estudo preliminar.

4.6.1 Paredes

Para composição das paredes serão utilizados blocos fabricados em módulo com a tecnologia de aplicação das fibras da semente do açaí com cimento. Serão blocos vazados com as dimensões apresentadas na pesquisa que são: 40x20x10cm, 20x20x10cm e 10x20x10cm. Na produção desses blocos serão utilizadas fôrmas montáveis feitas com chapas de madeira compensada. O revestimento de argamassa das paredes receberá um acabamento em cal.

4.6.2 Cobertura

Para a parte estrutural da cobertura foi utilizada a madeira de carnaúba, matéria prima doada pela Base de Lançamento de Alcântara ao projeto do Sítio-escola Praia do Barco. Serão produzidos caibros, terças e ripas. Para revestimento foram utilizados pentes de piaçava que são ripas revestidas com técnicas de amarrações da fibra em toda sua extensão, e que serão fixadas aos caibros com pregos com afastamentos de 20 cm uma da outra.

4.6.3 Piso

Para o revestimento do piso serão produzidas placas de 20x20x1,5 cm utilizando a mesma tecnologia de fabricação dos compósitos cimentícios reforçados com fibra de aço.

5 CONCLUSÃO

Com base no estudo realizado neste trabalho é notável a importância do uso das fibras vegetais como matéria-prima na construção civil, como solução sustentável, especialmente no Brasil que possui um vasto território que é a fonte de diversos tipos de plantas e árvores que podem ter seus resíduos sólidos aproveitados na fabricação de materiais de ótima qualidade que não agredem o meio ambiente.

Alcântara é uma cidade bem provida de recursos naturais e pode se tornar uma referência no estado no conceito de desenvolvimento sustentável por meio do projeto Oca Praia do Barco. O estudo preliminar elaborado na pesquisa serve para indicar os meios de aplicação dos materiais estudados, além de mostrar como pode ser agradável, estético e funcional uma arquitetura sustentável.

REFERÊNCIAS

APDC. **Bagaço de cana pode ganhar valor substituindo areia na construção civil.** 15/02/11. Disponível em: <<http://www.appcal.com.br/bagaco-de-cana-pode-ganhar-valor-substituindo-areia-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 12 maio 2011.

COLETTI, MARIANA NOGUEIRA BARBOSA FRANCO, **Aplicação de fibras naturais na arquitetura: levantamento e análise preliminar de sustentabilidade para o Estado do Mato Grosso do Sul.** Pesquisa de iniciação científica. 2008. Disponível em: <<http://www.propp.ufms.br/gestor/titan.php?target=openFile&fileId=523>>. Acesso em: 07 maio 2011.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, **Nosso futuro comum.** 2ª Ed. Rio de Janeiro: FGV, 1991

FAGURY, R. V. G., **Avaliação de fibras naturais para a fabricação de compósitos: açaí, coco e juta.** Dissertação de mestrado apresentada à UFPA. Dezembro 2005. Disponível em: <http://www.ppgem.ufpa.br/Documentos/Dissertacoes/Regina%20Vania/dissertacao_regina%20vania.pdf>. Acesso em: 06 maio 2011.

FRAN. **Como funcionam as construções sustentáveis.** Blog Arquitetura e Engenharia Ecologicamente. Outubro 2010. Disponível em: <<http://ecoarquitetura.wordpress.com/2010/10/04/como-funcionam-as-construcoes-sustentaveis/>>. Acesso em: 12 maio 2011.

IMAI, E. M. **Fibras Naturais e suas aplicações na Arquitetura.** Trabalho Final de Graduação, USP, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0221/Trabalhos_Finais_2009/Fibras_Naturais.pdf>. Acesso em: 05 maio 2011.

LEGEN, JOHAN VAN. **Manual do arquiteto descalço.** Rio de Janeiro: TIBÁ, 2004. 724p.

LIBÓRIO, J. B. L. **Concreto de alto desempenho com sílica ativa da casca de arroz.** Projeto temático da FAPESP. 2002. Disponível em: <<http://watson.fapesp.br/Tematico/Eng/engciv1.htm>>. Acesso em: 12 maio 2011.

LIMA, UBIRAJARA MARQUES JR. **Fibras da semente do açaizeiro (Euterpe oleracea mart.): avaliação quanto ao uso como reforço de compósitos fibrocimentícios.** Dissertação para a obtenção do título de mestre em engenharia e tecnologia dos materiais. Porto Alegre, março de 2007. Disponível em: <http://tede.pucrs.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=772>. Acesso em: 23 maio 2011.

MOTA, DÉBORA. **Pesquisa transforma cinzas do bagaço de cana e de arroz em concreto.** FAPERJ. 16/10/08. Disponível em: <http://www.faperj.br/boletim_interna.phtml?obj_id=4983>. Acesso em: 12 maio 2011.

ROCHA, JANAÍDE CAVACANTE. **Desenvolvimento de protótipo para habitação popular.** Pesquisa do projeto FINEP/HABITARE. 2008. Disponível em: <http://www.habitare.org.br/prototipos_projeto2.aspx#>. Acesso em 20 maio 2011.

SALES, A. T. C. **Retração, fluência e fratura em compósitos cimentícios reforçados com polpa de bambu.** Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://ged1.capes.gov.br/CapesProcessos/926854-ARQ/926854_6.PDF>. Acesso em: 12 jun 2011.

SAVASTANO JR., Holmer. **Sistemas de cobertura para construções de baixo custo: uso de fibras vegetais e de outros resíduos agroindustriais.** Coletânea Habitare - vol. 4 – Utilização de Resíduos na Construção Habitacional. FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos. 272p. Porto Alegre-RS, 2003. Disponível em: <<http://habitare.infohab.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/128.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2011.

SAVASTANO JR, HOLMER. **Uso de resíduos de fibra vegetal em construção.** Artigo publicado no site da Revista Eletrônica de Jornalismo Científico, em 10/02/2008. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/comciencia/?section=8&edicao=32&id=382>>. Acesso em: 06 maio 2011.

SOUZA, J. ; BEZERRA, I. M. T.; NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C.; CARVALHO, J. B. Q.; OLIVEIRA, M. N. S.; SOUZA, A. G. J. **Avaliação de argamassas com cinza e casca de arroz.** Artigo apresentado no 51º Congresso Brasileiro de Cerâmica. Junho 2007. Disponível em: < <http://www.abceram.org.br/51cbc/artigos/51cbc-14-04.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2011.

ANEXOS