



ARQUITETURA DA SUSTENTABILIDADE – NOVOS PROCEDIMENTOS

Marcia Macul¹; Sergio Prado²; Claudia de Andrade Oliveira³

Universidade de São Paulo – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Rua Tomé Portes 1138, Brooklin, 04623-050 São Paulo, SP, Brasil Tel. (55 11) 5561 1498/9534 8854

(1) marmacul@usp.br; (3) ctiao@usp.br

(2) Tel: (55 11) 3804 0571 / 8324 5844 sergioprado@curadoresdaterra.com.br

Palavras-chave: taipa de pilão, terra crua, reaproveitamento de embalagens pós consumo

RESUMO

O objetivo deste artigo é apresentar o processo de produção de vedos internos e externos usando a terra crua estabilizada (taipa de pilão e tijolos) e embalagens poliméricas pós-consumo. O trabalho está inserido em uma pesquisa que, na sua dimensão mais ampla, visa o desenvolvimento e aprimoramento de componentes e elementos de construção associados a tecnologias construtivas para edifícios urbanos e rurais, nas quais são priorizados o consumo sustentável dos recursos naturais e o reaproveitamento e reciclagem de resíduos plásticos, orgânicos e minerais. A terra crua estabilizada, física e mecanicamente, é transformada em espessas taipas e compõem a base estrutural que solidifica as construções. As embalagens pós-consumo, constituídas predominantemente de garrafas de poli(tereftalato de etileno) e resíduos de diversos polímeros sem tecnologia para reciclagem (“plásticos contaminados”), são base para construção de paredes de fechamento translúcidas que permitem o aproveitamento da iluminação natural proporcionando efeitos estéticos únicos. As embalagens pós-consumo e os resíduos descartados (plástico contaminado) são aglutinados com poliuretano vegetal biodegradável, derivado de plantas oleaginosas como o pinhão manso. Essas construções nascem dos materiais que se têm no próprio lugar, os denominados “materiais livres”, fora de mercado. Combinados às paredes monolíticas de taipa, esses painéis plásticos compõem as novas superfícies plástico/orgânicas que podem ser denominadas *taiplástica*. Todos estes são procedimentos novos, permitindo um evento especialmente criador no tema da arte e arquitetura, fazendo surgir elementos e componentes construtivos inovadores. Como principais desdobramentos desta pesquisa podem ser citados os programas de capacitação de pequenas comunidades e populações quilombolas no litoral norte do Estado de São Paulo – transferência e difusão desses processos – o que tem se convertido em importante vetor de conscientização do conceito de inovação para as pessoas. Assim, permite-se à população o entendimento e análise dos problemas ambientais enfrentados e a classificação de recursos locais que podem ser acessados para a implementação dos princípios do desenvolvimento sustentável, incluindo a formação de recursos humanos e o incentivo do eco-turismo local.

1. INTRODUÇÃO

Consumo sustentável, arquitetura sustentável são derivações do termo desenvolvimento sustentável que ganhou notoriedade com a publicação da obra O Nosso Futuro Comum (WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1988), onde o desenvolvimento sustentável é definido como aquele “que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações terem atendidas as suas próprias necessidades”. O conceito de desenvolvimento sustentável começou a ser traduzido em ações com a publicação da Agenda 21 (1992), que constitui uma das mais ousadas e abrangentes tentativas de promover, em escala mundial, um novo padrão de desenvolvimento, conciliando ações nas esferas ambiental, social e econômica – estimulando métodos de proteção e conservação do meio ambiente, garantindo o crescimento econômico dos países, principalmente aqueles em fase de desenvolvimento ou subdesenvolvidos, promovendo, porém, a justiça social, a erradicação da pobreza e o acesso das populações à educação, cultura, moradia e infra-estrutura urbana e rural de qualidade. O foco inicial estava centrado em evitar a depredação dos recursos naturais extraídos de fontes não renováveis; reduzir a emissão de poluentes atmosféricos e a

contaminação do solo e dos corpos de água superficiais e subterrâneos e mitigar as mudanças climáticas, tentando reduzir a liberação de gases de efeito estufa na atmosfera terrestre. Paralelamente aos cuidados na especificação dos materiais, estimulava-se a adoção de soluções de projeto diretamente relacionadas à conservação de energia no uso e manutenção de edifícios. Mais recentemente, tem crescido a ênfase dada aos aspectos não técnicos, pois se reconhece que as dimensões econômicas e sociais do desenvolvimento sustentável não podem ser desconsideradas nesta análise, uma vez que o ambiente construído produzido pelo ser humano incorpora, na sua essência, características culturais e sociais da comunidade e é predominantemente influenciado pela condição econômica e poder aquisitivo dos usuários. Uma das premissas defendidas hoje nos modernos códigos de arquitetura sustentável é exatamente a de que a energia incorporada nos materiais deve ser usada da forma mais racional possível e que o consumo de energia na produção, uso e manutenção de edifícios deve ser minimizado. O homem, ao longo da sua história, passou de gerador a gerenciador de energia. Nas construções antigas, o uso da mão-de-obra operária era intenso e os materiais de construção tinham baixo grau de processamento e, portanto, baixa energia incorporada. A crescente competência do ser humano de usar a energia de forma intensiva para a produção de materiais, equipamentos e tecnologias mais complexas, não foi compatível com a sua capacidade de gerenciar a produção e o uso final desta energia. Na condição de um mau gerenciador de energia o homem hoje padece dos diversos impactos criados nesse processo.

Face ao exposto, o objetivo deste artigo é apresentar o processo de produção de vedos internos e externos usando a terra crua estabilizada (taipa de pilão e tijolos) e embalagens poliméricas pós-consumo. O trabalho está inserido em uma pesquisa que, na sua dimensão mais ampla, visa o desenvolvimento e aprimoramento de componentes e elementos de construção associados a tecnologias construtivas para edifícios urbanos e rurais, nas quais são priorizados o consumo sustentável dos recursos naturais e o reaproveitamento e reciclagem de resíduos plásticos, orgânicos e minerais. O que se propõe nessa pesquisa é a conservação de energia pelo uso de materiais locais e de práticas construtivas autóctones usando a terra crua e as embalagens plásticas pós-consumo.

As práticas sociais e capacitação de recursos humanos aqui relatadas foram desenvolvidas e testadas junto a comunidades localizadas no Litoral Norte do Estado de São Paulo e em Ilhéus na Bahia, onde várias obras foram edificadas nos últimos três anos e atualmente são usadas pelas comunidades que participaram na sua construção.

2. ANTECEDENTES

Essa proposta de trabalho surgiu das experiências técnicas, científicas e pessoais dos autores deste artigo com o reaproveitamento dos resíduos sólidos (industriais e residenciais) como materiais de construção, com uso das técnicas construtivas com terra crua na produção de habitações e com a análise de desempenho de elementos e componentes de construção civil. A sistematização dos conceitos do Projeto Aguazul (item 5), bem como o programa de capacitação de recursos humanos no uso dessas técnicas constam do programa de pós-doutoramento de Macul (2008).

Com base nas experiências prévias, optou-se por focar o trabalho na revitalização do uso da terra crua como material de construção criando-se uma nova estética para o uso do material. A revalorização da terra enquanto material de construção permite resgatar técnicas construtivas originárias da arquitetura colonial brasileira, que estabelecem fortes vínculos entre o local, o usuário e a tecnologia, visando humanizar e criar uma identidade própria para a construção. Resultados recentes de muitas iniciativas e projetos usando a terra para a produção de blocos e tijolos de solo estabilizado têm sido expostos à comunidade técnica e científica. Este trabalho colabora para o estudo de mais uma alternativa do uso da terra estabilizada por meio da produção de paredes monolíticas estruturais combinadas com paredes produzidas com componentes leves, técnica construtiva que possibilita variações projetuais ainda não abordadas por outros grupos de pesquisa.

A experiência da arquitetura com terra crua alia o projeto teórico à prática – ou seja, o desenho e o canteiro passam a ter estreita vinculação. Não há mais o projeto autoritário, que regula e comanda a obra, mas o projeto passa a ser um roteiro para o “fazer”, para o acontecer da obra. A experiência com o manejo do material, ou seja, o conhecimento do material a ser trabalhado e seus possíveis desenhos é significativo; tem relação com a aproximação do corpo e mente, sensibilidade e razão. Um dado importante ainda é que essa construção, caso demolida, não é entulho nunca; as paredes de taipa voltam a ser chão, a ser solo.

A experiência mostra que a relação com o suporte, o material, é uma relação superior, ela busca o conforto, a identidade com o ser. O material terra poderá ser a reconciliação homem/natureza, a materialização da arquitetura que se casa com a natureza, uma nova arquitetura que trata das energias envolvidas, da relação indivíduo/comunidade, contexto/identidade, projetar/fazer. É o respeito com o colocar a obra na paisagem, é a procura da delicadeza que o homem trás dentro de si, é o apropriar-se da natureza com dignidade como ela lhe é oferecida.

A busca por uma nova estética para as construções em taipa levou a equipe do projeto e incorporar novos materiais, entre eles as embalagens pós-consumo e os resíduos de polímeros termoplásticos, sem valor para reciclagem e conhecidos como “plásticos contaminados”.

Nesta proposta de materiais naturais e reaproveitamento dos resíduos, há uma situação singular de revitalização do ciclo produção/consumo, que insere o trabalho e a prática social no desenvolvimento sustentável de cada bairro e cada região. Os descartes são recolhidos pelas comunidades, levados a usinas locais ou ao próprio canteiro-de-obras, onde trabalham na sua transformação.

3. PROJETO AGUAZUL

A abordagem sistêmica das idéias arroladas nessa pesquisa permite a exploração de inúmeras interfaces de criação construtiva e de forma. A proposta é explorar ao máximo o potencial de cada material, de modo a utilizá-lo de forma eficaz. Ao final de 2003, começou a ser criado um processo muito peculiar para a construção de uma casa com paredes estruturais em taipa de pilão, na Praia da Almada, Ubatuba, SP. As taipas foram intercaladas com paredes de alvenaria de tijolos de solo estabilizado produzidos na própria obra, e também com paredes de garrafas poli(tereftalato de etileno) PET (figura 1). Com uma planta simples e corajosa, (figura 2) a casa resultou em uma construção de harmoniosas proporções, revelando um processo racional no uso de materiais locais de forma criativa.

Nesse processo a terra crua estabilizada, física e quimicamente, é transformada em espessas taipas e compõem a base estrutural que solidifica as construções. As embalagens pós-consumo, constituídas predominantemente de garrafas PET e resíduos de diversos polímeros sem tecnologia para reciclagem (“plásticos contaminados”), são base para construção de paredes de fechamento translúcidas (internas e externas), que permitem o aproveitamento da iluminação natural proporcionando efeitos estéticos únicos. As embalagens pós-consumo e os resíduos descartados (plástico contaminado) são aglutinados com poliuretano (PU) vegetal biodegradável, derivado de plantas oleaginosas como o pinhão manso. Essas construções nascem dos materiais que se têm no próprio lugar, os denominados “materiais livres”, ainda fora de mercado. Todos estes são procedimentos novos, permitindo um evento especialmente criador no tema da arte e arquitetura, fazendo surgir elementos e componentes construtivos inovadores. Combinados às paredes monolíticas de taipa, esses painéis plásticos compõem as novas superfícies plástico/orgânicas que podem ser denominadas *taiplástica*.

Nessa obra foi treinada uma pequena equipe de seis pessoas locais para a produção das taipas densas e dos tijolos esguios. As sete estruturas em taipas, feitas em apenas sete

dias, tornaram-se um “santuário” de visitação; grossas paredes de taipa com 35 cm de largura, tornando-as potentes como estruturas, mostrando este valor próprio delas.



Figura 1 – Vistas externa e interna da casa do Projeto Aguazul, construída na praia da Almada, Ubatuba, SP

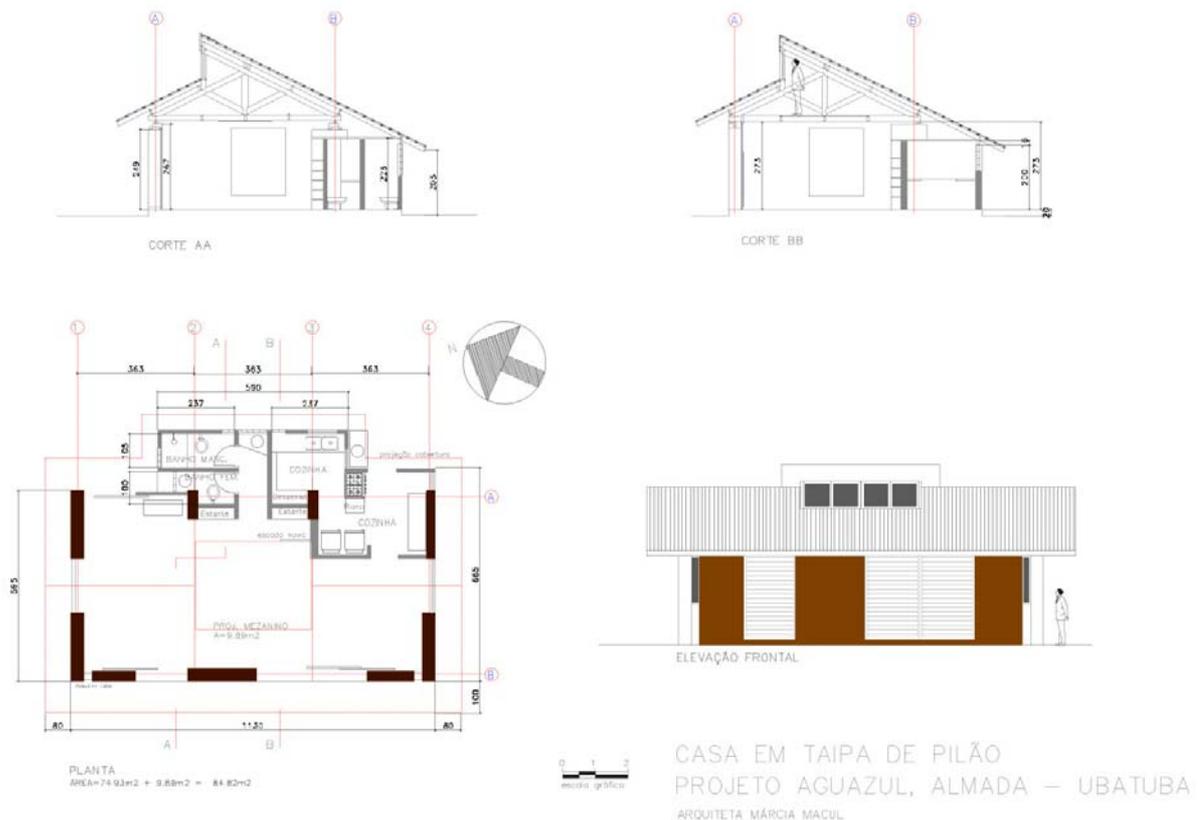


Figura 2 - Cortes, planta baixa e vista da casa do Projeto Aguazul

Paralelamente aos cuidados na especificação dos materiais, estimulava-se a adoção de soluções de projeto diretamente relacionadas à conservação de energia no uso e manutenção de edifícios. As grossas paredes de terra permitem um microclima interior agradável no verão e no inverno, dispensando o uso de energias paralelas (aquecedores, ar condicionado), como também são feitas manualmente, sem uso de eletricidade.

Nos itens a seguir são descritos os pormenores técnicos da produção dos vedos com taipa de pilão, tijolos maciços de solo estabilizado e embalagens pós-consumo.

3.1 Fundação

Feita em brocas (2 m a 3 m de profundidade) com diâmetro aproximado de 30 cm e sapata corrida em concreto armado. A sapata deve ter um desenho especial, com saliências nas duas alas laterais para acomodar as fôrmas de madeira onde a taipa é produzida. Para o dimensionamento do baldrame deve-se considerar a energia para compactação da terra. A geometria da sapata deve garantir que a taipa esteja a uma altura de aproximadamente 30 cm do piso (interna e externamente), como medida preventiva para evitar o contato da parede com água de lavagem e respingos da água de chuva.

3.2 Fôrmas para a taipa

A montagem das fôrmas, onde a taipa é compactada, é um quesito importante – elas devem ser exatas, apuradas, bem niveladas e muito resistentes, para que a forte compactação da terra não resulte na abertura ou desmonte da fôrma. Devem ser usadas placas de madeira compensada plastificada; para evitar esforços na desfôrma que possam provocar fissuras na parede e para garantir uniformidade da superfície da taipa deve ser usado um agente desmoldante em todas as superfícies internas das fôrmas. As fôrmas produzidas com madeira compensada plastificada para as taipas, têm índice de reaproveitamento de 10 vezes. Para evitar cortes e desperdícios na produção das fôrmas, a largura das paredes deve ser modulada de acordo com as dimensões da chapa usada, comumente chapas com dimensões comerciais 1,22 m x 2,44 m. A espessura final da parede de taipa deve ser de aproximadamente 10% da sua altura, porém a espessura não deve ser inferior a 30 cm em razão da necessidade de acomodação do taieiro no interior da fôrma.

3.3 Misturas de solo

Testes expeditos, também denominados testes de campo ou testes sensoriais conforme orientações de Neves (2000), Minke (2001) e Macul (2007), são feitos no próprio canteiro-de-obras e determinam a necessidade de correção do solo encontrado no local da obra. Pode haver necessidade do controle do teor de umidade do solo, do uso de agentes químicos estabilizantes em diversas proporções, bem como a necessidade do acréscimo de areia quando a terra tem alto teor de argila. As frações consideradas ideais de argila e areia no solo estão por volta de 30% e 70%, respectivamente. Os estabilizantes comumente usados são cal hidratada (CHI) e uma resina feita a base de óleos vegetais de marca comercial DS-328[®]. Essa resina é destinada à estabilização de solos utilizados predominantemente na pavimentação de estradas, logradouros públicos, pátios de estacionamento, entre outras aplicações. A dosagem da cal hidratada varia entre 1% e 3% em massa de solo seco; a resina DS-328[®] é usada na proporção de 1:2000 em massa de solo seco.

3.4 Produção das paredes de taipa

As camadas da mistura são depositadas nas fôrmas em espessuras de 15 cm. Após a compactação manual a camada resultará em uma massa coesa e firme com espessura aproximada de 5 cm a 7 cm. As fôrmas são desmontadas logo após terminada a compactação. A cura das taipas é feita ao ar, sendo necessária a proteção contra interpéries (sol e chuva) por um período de 15 dias. A textura da terra compactada é o retrato da distribuição das suas partículas, está determinada pela predominância de uma fração específica dessas partículas; ela pode ser mais argilosa, mais arenosa (figura 3). Uma imagem bem próxima de uma parede em taipa pode revelar texturas bastante expressivas (figura 4).

3.5 Produção das paredes de garrafas

As garrafas PET, coletadas em cooperativas locais de catadores de lixo, são limpas e preenchidas com água e cloro. O assentamento é feito com auxílio de um molde de madeira, usando massa de resina poliuretânica de origem vegetal (a base de óleo de pinhão manso) e agregado composto por pequenas partículas de polímeros sem tecnologia de

reciclagem (“plásticos contaminados”) (figura 4). São usadas 100 garrafas, em média, para a produção de 1 m² de parede.

3.6 Produção dos tijolos

Os tijolos com dimensões de 10 cm x 20 cm x 5 cm são moldados em máquinas manuais e curados à sombra, usando a mesma mistura usada na produção das taipas. A produção é feita no próprio canteiro-de-obras e o assentamento é feito com argamassa de cal e areia.



Figura 3 – Detalhe das fôrmas e das paredes de taipa durante a cura



Figura 4 – Produção da parede de garrafas PET; cor e textura dos materiais taipa de pilão e garrafas PET

4. DEMAIS PROJETOS

Outros projetos foram desenvolvidos e construídos em demais localidades e são apresentadas a seguir.

4.1 Centro Comunitário em Ilhéus

Em novembro de 2005, a equipe foi convidada a fazer o projeto de um novo Centro Comunitário, do Movimento Liberdade e Terra em Ilhéus, Bahia. O trabalho consistia em capacitar e treinar mão-de-obra durante a construção do centro comunitário de modo a viabilizar a futura construção de moradia para 25 famílias, que recentemente haviam recebido a posse de uma antiga fazenda após oito anos ali assentados. A tecnologia foi transferida com sucesso e permitiu a construção das habitações com o valor de cinco mil reais destinado a cada família pelo Instituto Nacional da Reforma Agrária – INCRA. A idéia

da sustentabilidade, reconhecidamente, seria a única possibilidade de viabilizar estas construções. Toda a comunidade participou ativamente do trabalho (figura 5).

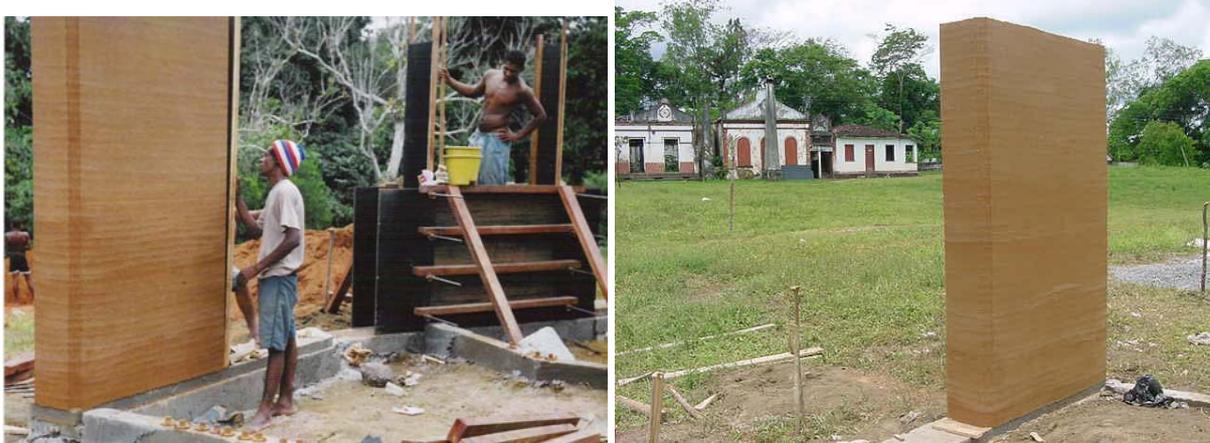


Figura 5 – Construção do Centro Comunitário em Ilhéus

4.2 Centro Comunitário Camburi

No princípio de 2006 a comunidade do Camburi no Estado de São Paulo, na divisa com o Rio de Janeiro, foi treinada para a construção de um Centro Comunitário com a tecnologia anteriormente apresentada. O Centro Comunitário (figura 6) projetado para abrigar sala de teatro, biblioteca, e um futuro telecentro foi construído em parceria com o arquiteto belga, Sven Mouton, com recursos da Organização Não Governamental internacional “Arquitetos sem Fronteiras”. A cobertura desse edifício foi construída com bambus tratados.



Figura 6 – Centro Comunitário Camburi

4.3 Coluna civilizatória

Ao final de 2006, os arquitetos Marcia Macul e Sergio Prado receberam o Prêmio da Secretaria de Cultura no concurso PAC 13 com o projeto Mídia Arte Urbana – Obra sem sobra - Coluna Civilizatória (figura 7). Construída em junho de 2007 em praça aberta na cidade de São Paulo, no campus Armando de Salles Oliveira da Universidade de São Paulo – USP, a Coluna Civilizatória com 1 m de diâmetro e 7 m de altura foi construída com taipa e resíduos plásticos picados. A construção, per si, formalizou um processo pedagógico para o ensino e divulgação das práticas voltadas ao consumo racional e sustentável de materiais e recursos naturais na produção da arquitetura. Diversos alunos, professores e funcionários não docentes desta Universidade visitaram a obra diariamente e puderam constatar o potencial do uso da terra crua na produção de paredes autoportantes com taipa de pilão e do bom reaproveitamento técnico-artístico de materiais descartados como lixo. No âmbito desse projeto foram capacitados três operários no ensino destas tecnologias limpas.



Figura 7 – Coluna Civilizatória construída no campus Armando de Salles Oliveira da Universidade de São Paulo

4.4 Templo

Em fevereiro de 2007 teve início, junto ao projeto Aguazul na praia da Almada, Ubatuba - SP, a construção de paredes monolíticas de taipa de pilão e paredes translúcidas de garrafas PET, dando origem à edificação ao espaço luminoso, o Templo (figura 8).

Nesse projeto, a busca por tecnologias apropriadas possibilitou o uso de uma cobertura orgânica de guaricanga, um tipo de palmeira local, mais resistente às intempéries quando comparada ao sapé, uma cobertura típica e de uso muito difundido na região. Como material natural e nativo, a guaricanga cresce normalmente no alto das montanhas em todo o litoral, e é praticamente um recurso inesgotável. Ainda, em nível experimental, foram utilizados cinco superfícies de tecido intercalado entre as guaricangas, recobertas com uma demão do poliuretano vegetal transparente. Essa técnica resulta na produção de superfícies impermeáveis e translúcidas.



Figura 8 – Templo construído na praia da Almada, Ubatuba, SP

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A concepção do espaço, em se tratando de uma construção em taipa, tijolos de terra estabilizada e embalagens plástica, deve considerar a lógica construtiva. Por meio de exercícios projetuais, que analisam a organização e a seqüência de trabalhos na obra, é

possível uma criatividade bastante peculiar. É possível afirmar que cada material tem uma linguagem própria, resultando em uma composição inusitada.

Como principais desdobramentos desta pesquisa podem ser citados os programas de capacitação de pequenas comunidades e populações quilombolas no litoral norte do Estado de São Paulo – transferência e difusão dessas tecnologias – o que tem se convertido em importante vetor de conscientização do conceito de inovação para as pessoas. Deve-se destacar o conceito de inovação para toda a comunidade, que permite à população o trabalho em pequenas usinas nas próprias localidades/bairros, e com a própria população que recolhe os dejetos e os reaproveita, gerando emprego, renda e melhor qualidade de vida. Assim, permite-se à população o entendimento e análise dos problemas ambientais enfrentados e a classificação de recursos locais que podem ser acessados para a implementação dos princípios do desenvolvimento sustentável, incluindo a formação de recursos humanos e o incentivo do eco-turismo local.

Esse trabalho também deu origem ao projeto de lei 1269/07 – Lixo Zero, Arquitetura Sustentável, Energia Renovável, proposta da deputada Célia Leão em outubro de 2007 e protocolada na Assembléia Legislativa de São Paulo. Nesse projeto de lei são enumeradas sete Secretarias indicando, a cada uma, tarefas específicas capazes de propiciar o bom êxito do programa todo. O projeto de lei pode ser acessado no endereço www.curadoresdaterra.com.br.

Os resultados do uso do processo construtivo ora apresentado, cuja factibilidade tem sido comprovada experimentalmente, têm encorajado estudos de validação mais profundos. Trata-se de conhecer melhor as propriedades dos materiais envolvidos, de avaliar o desempenho dos elementos construtivos de forma integrada e de elaborar a base teórica para o detalhamento do projeto e pormenores construtivos para a futura normatização do processo.

BIBLIOGRAFIA

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. Agenda 21 global. 1992. 138p. Disponível em <http://www.mma.gov.br>. Acesso em 10/08/99.

MACUL, Márcia Simão. Construções vivas sustentáveis. Apostila. Fundação para a Pesquisa Ambiental. 26p. 2007.

MACUL, Márcia. CECS – Centro de estudos de construções sustentáveis – PROJETO AGUAZUL. Relatório técnico-científico Final - Bolsa Fapesp Pós-doutorado 2005/2008, Processo 04/02800-5, 60p, 2008.

NEVES, C. M. M. A terra como material de construção, ensaios de campo e de laboratório. In: Jornada Iberoamericanas de Diseño y Construcción de Vivienda Popular Considerando Condiciones Sísmicas, 1. Anais. Guatemala, Rede Habitterra. 2000.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT – WCED. Our common future. Oxford, UK: Oxford University Press. 1987.

AUTORES

Marcia Macul, arquiteta, doutora pela FAUUSP com pesquisa pós-doc Fapesp sobre o projeto em questão. Especialista em construções com terra crua, tem trabalhado com várias comunidades do Litoral Norte de São Paulo (juntamente com o arquiteto Sérgio Prado).

Sergio Prado, arquiteto pela Universidade de Veneza, ambientalista e artista plástico. Especialista em reaproveitamento de todos os tipos de resíduos. Endereço: Rua Tomé Portes 1138, Brooklin, 04623-050 São Paulo, SP, Brasil, Tel: (55 11) 3804 0571 / 8324 5844.

Claudia de Andrade Oliveira, engenheira civil, professora doutora do Departamento de Tecnologia da Arquitetura da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAUUSP, tem experiência de 15 anos em análise de desempenho do ambiente construído, no estudo e aplicação do reaproveitamento de resíduos industriais e na pesquisa e desenvolvimento de materiais e componentes de construção civil.