



XI ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E ESTRUTURAS DE MADEIRA LONDRINA – JULHO 2008

O PROCESSO DE PRODUÇÃO DA ESTAÇÃO CIENTÍFICA DO ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO

Cristina Engel de Alvarez (engel@npd.ufes.br), **Braz Casagrande** (zarbc@click21.com.br), **Daniel Oliveira Cruz** (olicruz@hotmail.com), **Edna Mara Pires Gumz** (emgumz@gmail.com), **Anderson Buss Woelffel** (anderson.w@click21.com.br), **Júlio Eustáquio de Melo** (julio.melo@ibama.gov.br) Laboratório de Planejamento e Projetos da Universidade Federal do Espírito Santo (LPP/UFES).

RESUMO: Em novembro último, conclui-se a principal etapa de construção da segunda estação científica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (LAT 00°56N/LONG 029°22W), cuja montagem foi realizada por uma equipe de 13 pessoas em 12 dias de atividades. A metodologia considerou o resultado das consecutivas avaliações da primeira estação para o delineamento das diretrizes projetuais, observando-se que as soluções adotadas com sucesso no projeto inicial foram repetidas e, aquelas que não tiveram o comportamento esperado ou que foram submetidas a situações não previstas, foram substituídas ou aprimoradas. Na etapa de projeto, o envolvimento de várias instituições permitiu a necessária visão interdisciplinar, sendo considerado desde a necessidade de estruturas resistentes a abalos sísmicos e possíveis avanços de ondas do mar até as questões relativas à máxima eficiência e mínimo impacto ambiental, ressaltando que os principais limitantes foram a capacidade de suporte do ambiente e a logística disponível. Semelhante ao projeto original anterior, as fundações foram compostas por discos em concreto entremeados por manta asfáltica e amarrados entre si através de barras rosqueadas de aço inoxidável, com ancoragem no solo em cerca de 40 cm. Sobre as fundações foram instalados amortecedores de neoprene e aço inoxidável, visando a absorção dos esforços provenientes de abalos sísmicos. O método construtivo foi o mesmo adotado para a Estação anterior – sistema viga-laje em madeira – cujo intertravamento de peças de madeira e barras rosqueadas de aço inoxidável conferem a desejável rigidez ao conjunto. Adotou-se o tamarindo (*Dialium guianensis*) e o jequitibá (*Cariniana micrantha*) com teor de umidade em 12%, sem tratamento e de primeira qualidade. As paredes foram pintadas com tinta acrílica e as esquadrias e detalhes construtivos tratados somente com selador. A nova estação, com 85m², é mais ampla que a anterior e possui janelas maiores com venezianas de aletas móveis e aberturas superiores objetivando o máximo aproveitamento da ventilação natural. O conforto dos usuários foi também otimizado através da adoção de telhas adicionais de recobrimento da cobertura, ampliando o isolamento térmico e reduzindo a possibilidade de vazamentos.

Palavras-chave: estruturas de madeira, ilhas oceânicas, sustentabilidade, ASPSP.

THE PRODUCTION THE SCIENTIFIC STATION OF THE SAINT PETER AND SAINT PAUL'S ARCHIPELAGO

ABSTRACT: Last November the main stage of the construction of the Scientific Station of the Saint Peter and Saint Paul Archipelago (LAT 00°56N/LONG 029°22W) was concluded. The assembly was done by 13 people in 12 days of activity. The methodology considered the results of consecutive evaluations of the first Station to outline the project directions, noting that the successful solutions in the initial project were repeated and the ones that did not perform as expected or were submitted to unforeseen situations were substituted or perfected. In the project stage, the involvement of several institutions allowed the necessary interdisciplinary vision, and we considered from the need of resistant structures to earthquakes and possible advances of tidal waves to issues related to the maximum efficiency and minimal environmental impact, noting that the main hinderers were the capacity of support of the environment and the available logistics. Similar to the previous original project, the foundations are made up of stub columns of piled concrete discs, divided by asphalt and tied together with stainless steel screws, anchored about 40 cm deep in the soil. On the stub columns neoprene shocks steadied on a stainless steel base were installed in order to absorb the efforts from the earth quakes. The method of construction was the same adopted for the previous Station – the beam slab in wood system – whose interlocking system of wood parts and screwed stainless steel bars grant the desired rigidity to the block. We adopted tamarind (*Dalium guianensis*) and jequitiba (*Cariniana micrantha*) with humidity of 12% without treatment and of top quality. The walls were painted with acrylic main and the window frames and construction details treated only with sealing varnish. The new Station, measuring 85m², is wider than the previous one and has larger windows with venetian blinds with movable shutters and openings above to take maximum advantage of natural ventilation. The comfort of the users was also optimized through the adoption of additional roof tiles, enhancing the thermal isolation and reducing the possibility of leaks.

Key words: timber structures, oceanic islands, sustainability, Saint Peter and Saint Paul Archipelago.

1. INTRODUÇÃO

O ASPSP - Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Figura 1) é uma formação rochosa composta por pequenas ilhas e rochas na posição LAT 00°56N e LONG 029°22W, a uma distância aproximada de 610 km (330 milhas náuticas) de Fernando de Noronha e 1.100 km (510 milhas náuticas) da costa do Rio Grande do Norte. Constitui um afloramento do manto sub-oceânico que se eleva de profundidades abissais, em torno de 4.000 m e é o único conjunto de ilhas oceânicas brasileiras acima da linha do Equador (ALVAREZ, 2001).



Figura 1 – (a) Vista geral do Arquipélago de São Pedro e São Paulo em 1998 (Acervo LPP/UFES) e (b) localização aproximada do Arquipélago São Pedro e São Paulo (Mapa base: Google Earth, acessado em 25/11/2006).

O arquipélago dista do ponto mais próximo da África, Guiné Bissau, 1824 km. Próximo à linha do Equador, ocupa uma área aproximada de 250 m por 426 m, o que equivale a cerca de 7.500 m², das quais a maior ilha, “Belmonte”, não ultrapassa 100 m de comprimento por 50 m de largura, e atinge uma elevação máxima de 18 m acima do nível do mar. Além desta, tem-se as ilhas “São Pedro” e “Barão de Tefé” que delimitam uma pequena enseada na região central do arquipélago, bem como ilhotas menores, todas rochosas e sem praias, com contornos irregulares e íngremes (VASKE, 2007).

A importância do ASPSP se deve principalmente por possuir uma condição única para o desenvolvimento de pesquisas em vários ramos da ciência devido à sua posição geográfica estratégica entre os hemisférios norte e sul e os continentes africano e americano, que dá características peculiares à região. Dadas essas características, o arquipélago funciona como um laboratório natural para a realização de pesquisas científicas nas mais diversas áreas de conhecimento. Sua importância também se verifica no tocante ao aspecto comercial e econômico, já que as ilhotas que compõem o arquipélago pertencem à rota de espécies migratórias de aves e de peixes de alto valor comercial, como por exemplo, o atum (albacora laje - *Thunus albacares*) constituindo uma das mais importantes áreas de pesca do nordeste brasileiro (ALVAREZ, 2001). Além desses aspectos, é importante ressaltar a importância do arquipélago também no seu significado estratégico para o país no cenário político internacional.

A Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), assinada pelo Brasil em 1982 e ratificada em dezembro de 1988, mudou a ordem jurídica internacional relativa aos espaços marítimos, instituindo o direito de os Estados costeiros explorarem e aproveitarem os recursos naturais da coluna d'água, do solo e dos oceanos, presentes na sua ZEE – Zona

Econômica Exclusiva. Contudo, em relação ao Regime de Ilhas, a Convenção afirma que: “os rochedos que por si próprios não prestam à habitação humana ou à vida econômica não devem ter ZEE nem Plataforma Continental” (CNUDM, § 3º, art. 21). A partir de então, o Brasil adotou como objetivo a necessidade de estabelecer condições para a efetiva ocupação do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, unindo os interesses estratégicos, econômicos e científicos. A efetiva permanência humana no arquipélago foi possível a partir da inauguração da Estação Científica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo – ECASPSP, ocorrida em 24 de junho de 1998 (ALVAREZ, 2001), onde permanecem quatro pesquisadores civis que são substituídos a cada quinze dias. Com a ocupação permanente do arquipélago, o Brasil pôde agregar ao seu território 15% em área referente à ZEE, o que correspondente a aproximadamente 450.000 km² (SECIRM, 2006).

Segundo o conceito clássico proposto pelo relatório Brundtland (CMMAD, 1988), sustentabilidade é: "suprir as necessidades da geração presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprir as suas próprias necessidades". A Casa Autônoma (Autonomous House) está calcada nos conceitos de arquitetura sustentável e, em linhas gerais, é uma unidade residencial capaz de gerar ou coletar do ambiente os seus insumos, e gerenciar de maneira eficiente suas funções cotidianas e o impacto diário no macro-ambiente (VIGGIANO, 2006). Nesse caso, a unidade residencial não é ligada aos sistemas urbanos de gás, eletricidade ou esgotos, mas usa o potencial do sol, chuva e vento, para seus serviços bem como para o tratamento dos efluentes. Pela sua distância do Continente e a inospitalidade do ambiente no qual está inserida, a Estação Científica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo é obrigada a ter um nível máximo de independência do continente, na sua tarefa de conferir habitabilidade ao arquipélago. Nesse contexto, dois principais itens podem ser citados como essenciais: energia e água. Assim, os recursos abundantes na região – como a água do mar e a radiação solar – são aproveitados associados à tecnologia de dessalinização por osmose reversa, possível de ser implementada em função do uso de sistema de obtenção energética a partir de placas fotovoltaicas, configurando um quadro de “autonomia” ao arquipélago, garantindo e justificando assim a reivindicação da ZEE (GUMZ et al, 2007).

Após a inauguração da primeira estação científica, já construída através do denominado sistema “viga-laje em madeira” (ALVAREZ e MELO, 1999), algumas intervenções de caráter emergencial foram realizadas devido a eventos inesperados, relacionados a agitações marítimas que atingiram as instalações causando avarias. Primeiramente, em 1998, uma intensa agitação marítima atingiu o arquipélago deslocando a edificação principal em cerca de 50 cm (ALVAREZ, 2001), testando e aprovando a flexibilidade estrutural do sistema construtivo adotado. Obras de recuperação foram realizadas elevando a edificação principal para a livre passagem das ondas, sendo também reforçadas as fundações de concreto. Em 2004, outro evento, também inesperado, atinge o arquipélago, danificando uma parte da estação científica, que novamente foi rapidamente restaurada (ALVAREZ, 2001). Dessa forma, decidiu-se pela construção de uma nova estação, cujas diretrizes fundamentais foram obtidas através da avaliação das soluções adotadas na primeira estação científica, buscando repetir os sucessos e aprimorar as falhas identificadas a partir dos novos conhecimentos adquiridos com os eventos. Um novo evento de maiores proporções, em 2006, destruiu parcialmente a edificação principal fazendo com a decisão pela construção de uma nova estação fosse agilizada, embora tenham sido novamente realizadas obras emergenciais visando a recuperação da habitabilidade das edificações abaladas.

O projeto da nova estação foi desenvolvido buscando coerência com o ambiente, principalmente no que diz respeito às características peculiares do terreno, bem como na

escolha dos materiais utilizados (renováveis e duráveis), conferindo o nível pretendido de sustentabilidade. Desde a elaboração do projeto da primeira estação, as decisões foram alicerçadas em estudos anteriores desenvolvidos em áreas semelhantes, como Antártica e Atol das Rocas. Dessa forma, assim como na primeira experiência, para a segunda estação também formou-se uma equipe interdisciplinar para a realização dos estudos específicos de acordo com as diretrizes estabelecidas. Dos projetos resultantes, destacam-se: sistema construtivo em madeira, coerente para uma arquitetura sismoresistente e com os condicionantes logísticos disponíveis (ALVAREZ, et al, 2000); uso de madeira enquanto material renovável, predominante da estrutura edificada; ergonomia adequada para ambientes confinados; otimização do conforto e racionalização energética através de um projeto bioclimático (ALVAREZ e MELO, 1999); equipamentos e instalações eficientes (economizadores); obtenção de água potável por osmose reversa; obtenção de energia através de sistema fotovoltaico; sistema de comunicações para transmissão de dados e telefonia; dentre outros. Considerando a distância do continente e a inospicidade do ambiente no qual está inserida, aprimorou-se o conceito de Casa Autônoma para o projeto da nova estação (GUMZ et al, 2007).

2. METODOLOGIA

Após a inauguração da primeira estação científica, em 1998, iniciou-se os procedimentos de avaliação pós-ocupação gerando dados que determinaram as diretrizes projetuais aplicadas na nova estação científica. Os dados foram obtidos através de três fontes básicas: usuários (questionários e entrevistas com pesquisadores), avaliação técnica (fichamentos sistemáticos realizados por arquitetos a cada expedição de manutenção), e grupo gestor (atas e documentos oriundos do Subcomitê Logístico/Manutenção do PROARQUIPÉLAGO – Programa Arquipélago de São Pedro e São Paulo). Além disso, foram estudadas as possibilidades de aprimoramento tecnológico especialmente para os equipamentos complementares, tais como obtenção de energia, dessalinização de água e comunicações. Os procedimentos para a elaboração dos estudos foram alicerçados em ampla troca de informações entre a equipe básica e os responsáveis pelos sistemas complementares, cujos trabalhos conjuntos anteriores auxiliaram nas necessárias decisões projetuais. A equipe foi composta por professores, profissionais e estudantes, sendo as pesquisas básicas realizadas a partir do surgimento de problemas específicos. A constante e desejável retro-alimentação foi estabelecida, principalmente, a partir da análise dos fenômenos ocorridos desde 1998 com a primeira estação, sendo então definidas as diretrizes indicativas de aproveitamento das soluções testadas e aprovadas e a busca de aprimoramento nos aspectos considerados deficientes (GUMZ et al, 2007).

O projeto básico passou por sucessivas avaliações, tanto pelos representantes dos futuros usuários (coordenadores de projetos de pesquisas) como nas instâncias assessoras e decisórias do PROARQUIPÉLAGO (CNPq -Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; Subcomitê Logístico/Manutenção; Subcomitê Científico/Ambiental e Comitê Executivo). Os recursos necessários para o desenvolvimento das pesquisas e construção da nova edificação foram oriundos do CNPq com administração pela Fundação PÁTRIA (Parque de Alta Tecnologia da Região de Iperó e Adjacências).

Semelhante a outras situações – como nas edificações antárticas e nas ilhas oceânicas – a metodologia básica adotada para o projeto e construção da nova estação foi alicerçada nos princípios da segurança, do conforto e do mínimo impacto ambiental (ALVAREZ, 2003).

3. PROJETO E EXECUÇÃO DA NOVA ESTAÇÃO CIENTÍFICA NO ASPSP

A busca pelo conceito de sustentabilidade foi um dos princípios norteadores na concepção do projeto, assim como a necessidade absoluta de segurança e de baixo custo de manutenção. Logo, na etapa de projeto da ECASPSP, há uma natural ênfase às restrições do meio, à capacidade de suporte do ambiente e à reduzida área identificada no macro-zoneamento como de uso intensivo (CASAGRANDE et al., 2003). A proposta foi explorar de forma mais abrangente possível os condicionantes locais para que na concepção do projeto fossem feitas as devidas considerações.

A Figura 2 apresenta um croqui perspectivo da distribuição dos ambientes e do layout básico proposto destacando-se que a planta, com 85 m², foi elaborada a partir da necessidade de ventilação de cada ambiente, conforme o tempo de permanência, o tipo de uso e os equipamentos instalados. O programa foi composto pelos seguintes ambientes: camarote para 4 (quatro) pessoas; cozinha, estar/jantar integrados; banheiro; laboratório de apoio; depósito e paiol de baterias; varanda e deck externo. Observa-se também que, além da edificação, todo o mobiliário foi desenhado individualmente considerando os condicionantes climáticos – principalmente o calor associado à alta umidade do ambiente marinho –, e a eventual ocorrência de terremotos.

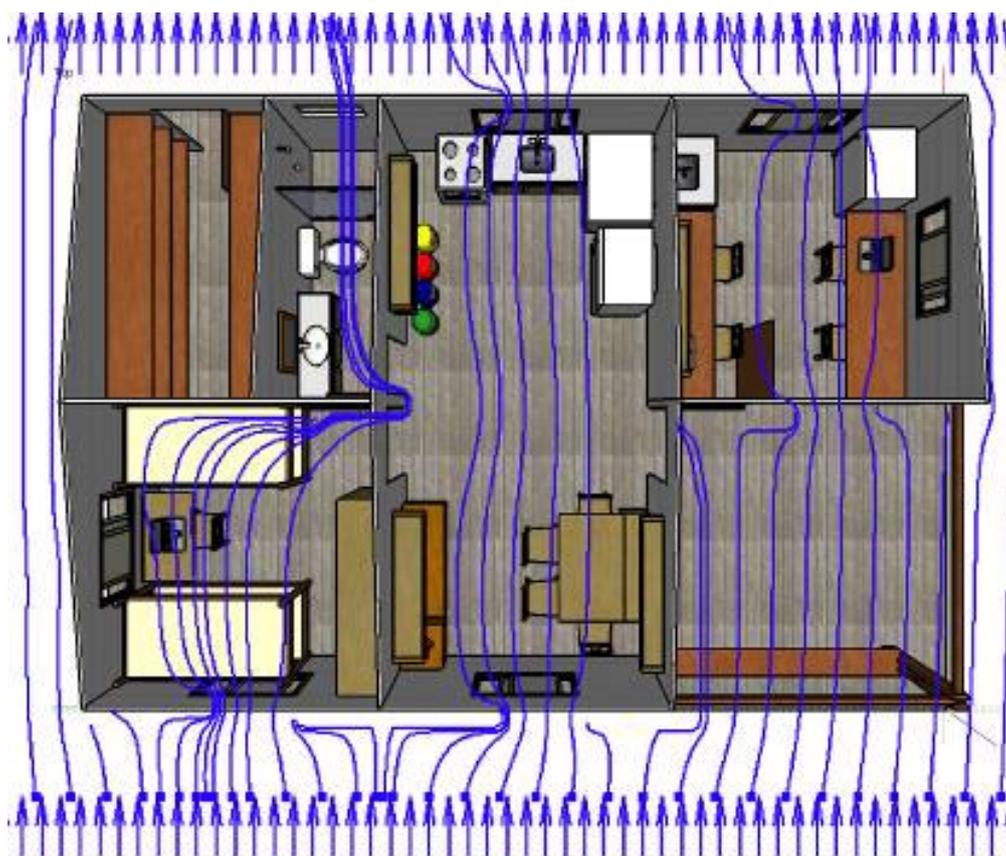


Figura 2 – Simulação computarizada (FLUXOVENTO) simplificada do comportamento do vento no interior da edificação. Fonte: LPP/UFES, 2006.

O quadro 1, elaborado a partir de ALVAREZ (2001), apresenta a síntese dos fatores logísticos, ambientais, físicos e psicológicos já considerados desde o projeto para a primeira estação e aplicados também para o novo projeto.

Quadro 1 – Fatores de interferência nas decisões projetuais (adaptado de ALVAREZ, 2001).

	Condicionantes	Decisões de projeto
LOGÍSTICOS	Limitação dos meios de transporte	Dimensionamento das peças para a situação mais restritiva de transporte
	Limitação dos recursos financeiros	Adoção de técnica construtiva compatível com os recursos disponíveis, bem como com materiais e equipamentos disponíveis no mercado nacional
	Mão de obra reduzida para confecção e montagem	Adoção de sistema construtivo de fácil execução
	Mão de obra reduzida para manutenção/abastecimento	Manutenção anual para obras de reparo e quadrimestral para pintura e pequenos reparos
AMBIENTAIS	Inserção na paisagem	Relação harmônica com o ambiente natural, porém com presença marcada da edificação no arquipélago
	Energia e água potável	Energia através de células fotovoltaicas e obtenção de água por dessalinização (osmose reversa)
	Materiais construtivos básicos	Materiais renováveis e/ ou de baixa energia incorporada e/ou com potencial para reciclagem (se possível)
	Impacto ambiental	Elaboração de relatório de impacto ambiental com conteúdo debatido pelos pesquisadores e consultores envolvidos (apreciação final CIRM e IBAMA)
FÍSICOS	Clima desfavorável: altas temperaturas, ventos de baixa velocidade	Amplios beirais de sombreamento das fachadas e ventilação cruzada nos ambientes de permanência prolongada
	Tipo de solo: rochas escuras, resistentes e pontiagudas, (absorvedor de calor), ausência de terra e praias para desembarque	Construções brancas ou claras; fundações com sapatas isoladas; águas servidas lançadas ao mar devido à impossibilidade de implantação do sistema fossa – filtro; passarelas de acesso e deck ao redor da edificação principal
	Ausência de água doce	Dessalinização da água do mar
	Ausência de áreas de sombreamento	Varanda/ área externa de lazer
	Possibilidade de ocorrência de terremotos	Estrutura em monobloco da edificação principal, amortecedores na união com a estrutura inferior das fundações em concreto. Peças pequenas, para facilitar transporte e unidas entre si, para trabalhar como estrutura monobloco. Alicerce conceitual a partir de referências documentais japonesa e americana, sendo adotado especificamente as recomendações da norma colombiana NSR98.
	Possibilidade de ocorrência de alagamentos em todas as ilhas	Edificação principal sobre pilotis, locação livre de alagamentos
	Violência dos mares	Dimensionamento das peças para facilitar embarque e desembarque
PSICOLÓGICOS	Abundância de guano de aves nas áreas secas	Estabelecimento de rotina de manutenção da Estação
	Usuários: faixa etária 20 a 60 anos, estudantes de graduação ou pós-graduação civis, eventualmente militares e autoridades.	Estudos de desempenho higrotérmico e de ergonomia para os ambientes e equipamentos; flexibilidade dos ambientes internos; valorização da paisagem e facilidade de limpeza e manutenção.
	Sensação de confinamento e insegurança.	Permanência de uma embarcação nas proximidades do arquipélago; período de permanência média estipulado em 15 dias.

3.1. Escolha do local de implantação

Considerando que os fatores de interferência do ambiente são fundamentais para a adequação ambiental e garantia de segurança aos usuários, foi dada especial atenção na elaboração de metodologia específica de escolha do local mais adequado para a implantação da segunda estação, estabelecida a partir do aprimoramento dos procedimentos realizados para a escolha do local da Primeira Estação. Foram elaboradas simulações computadorizadas (SketchUp 4.0 e AutoCAD, versão 2004) para seis situações diferentes (Figura 3) e, através de um fichamento com 8 grupos de análise e 25 itens específicos, realizada a escolha do local definitivo de implantação (LPP/UFES, 2006). Uma sistemática de atribuição diferenciada de pesos para os itens analisados – de acordo com a importância do aspecto avaliado – permitiu a análise e a escolha do local mais indicado para a edificação principal.

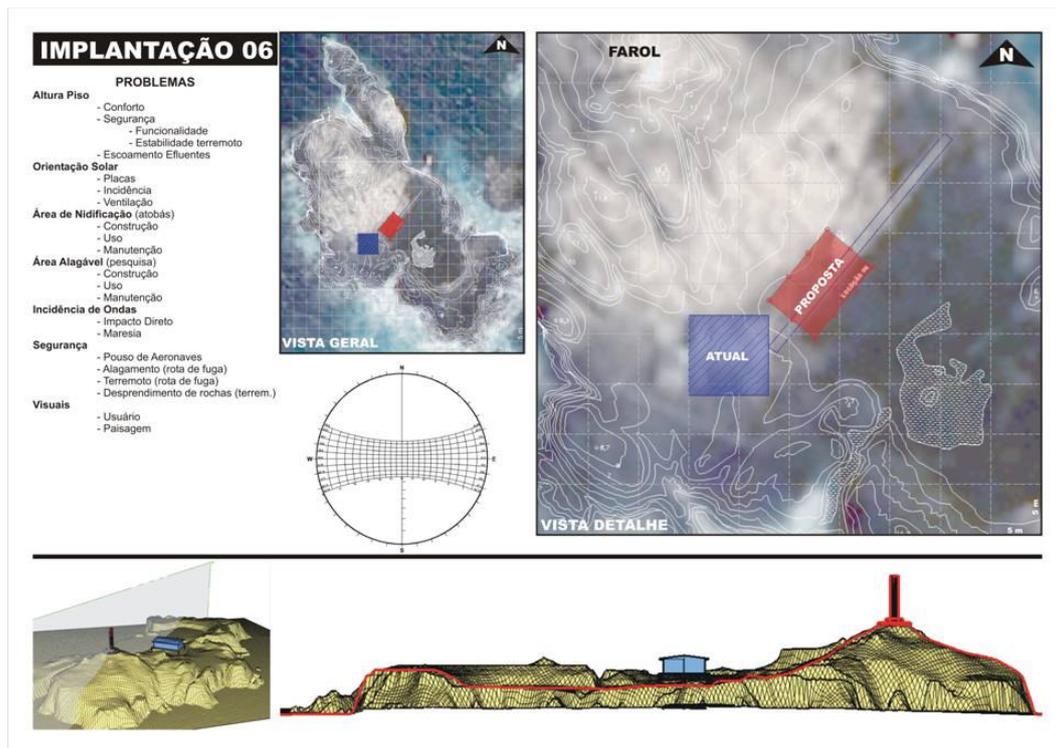


Figura 3 – Dado de saída dos itens de análise e da simulação computadorizada para o local de implantação escolhido. Fonte: LPP/UFES, 2006.

3.2. As fundações

Todos os projetos – arquitetônico, estrutural e complementares - foram desenvolvidos conforme as condições de transporte (terrestre e marítimo), restrições para desembarque e, ainda, o transporte na ilha, que não dispõe de superfície plana para a instalação de um canteiro de obras convencional.

A Estação Científica do Arquipélago São Pedro e São Paulo está apoiada em estruturas formadas por um sistema composto por discos de concreto, empilhados, entremeadas por manta asfáltica e unidas por barras rosqueadas de aço inoxidável, tornando o conjunto um bloco único porém com um pequeno gradiente de flexibilidade. A altura de empilhamento (em torno de 1,80m no ponto mais alto) foi definida em função da observação dos eventos de ondas ocorridos ao longo dos anos, sendo então os elementos de fundação semelhantes à

pilaretes, no que diz respeito ao desempenho estrutural. Sobre o empilhamento, foram instalados amortecedores à base de neoprene, ensaiados para verificação da deformação – em torno de 10% recomendado para estruturas sísmoresistentes com cargas elevadas -, fixos em placa de aço inoxidável, onde foi feita a amarração da viga de apoio do piso da estação (Figura 4).



Figura 4 – (a) Maquete eletrônica da segunda ECASPP, e (b), detalhe dos amortecedores em neoprene e vigota de apoio do piso.

3.3. O sistema construtivo viga-laje em madeira

O sistema construtivo adotado na Estação Científica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, denominado “sistema viga-laje”, é uma das soluções utilizadas e repetidas a partir da avaliação da edificação anterior, cujo sucesso de funcionamento induziu à sua adoção para a nova estação (Figura 5).

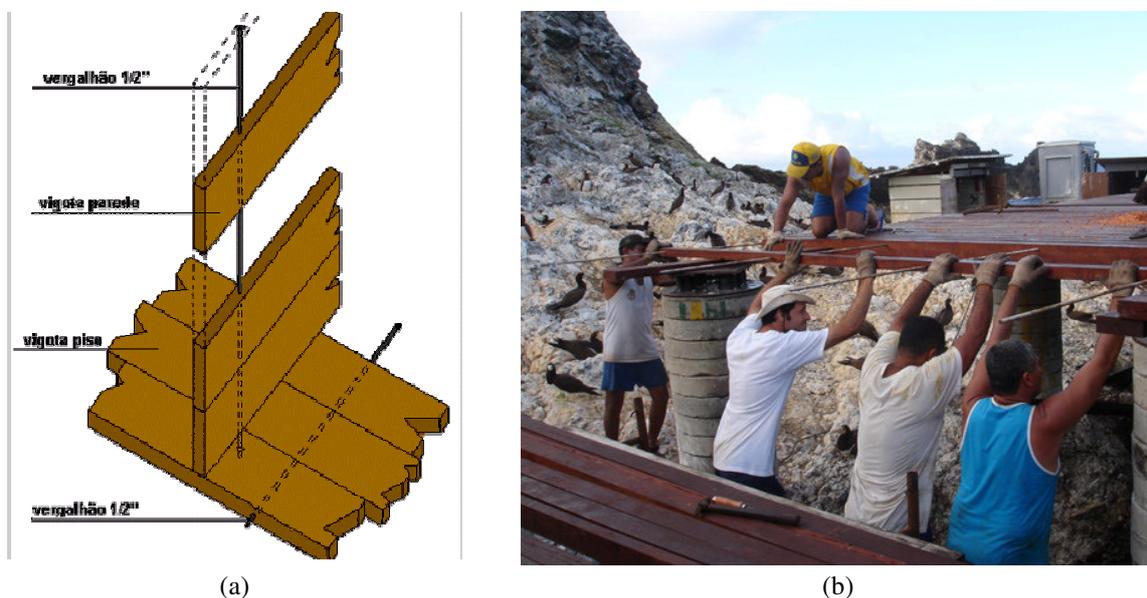


Figura 5 – (a) Croqui do sistema viga-laje em madeira (ALVAREZ et al, 2000) e (b), montagem com a colocação das peças de madeira unidas através de barras rosqueadas.

O sistema pressupõe a conformação dos planos de piso, paredes e cobertura pela associação de peças de madeira transpassadas por barras rosqueadas de aço, de maneira a constituir um sistema monobloco. Tal conformação objetiva, principalmente, minimizar os riscos de acidente com os usuários no caso de ocorrência de fenômenos físicos como abalos sísmicos

ou ondas de grandes proporções. Entretanto, embora o conjunto edificado final constitua um monobloco, o sistema apresenta um grau relativo de flexibilidade e adaptabilidade aos esforços dinâmicos - no caso de um abalo sísmico -, promovendo assim a absorção dos impactos sem a destruição da estrutura.

Dentre as poucas alterações adotadas em relação ao projeto inicial, nos planos (anteparas) conformados por mais de um segmento de vigotas, foram intercaladas algumas peças de maneira a “amarrar” esses segmentos através da “costura horizontal” com as vigas de madeira (Figura 6).



Figura 6 – Peças de associação dos painéis, contribuindo para a conformação de uma estrutura monobloco.

Na utilização desse sistema, salienta-se também a praticidade de execução, já que, sendo um trabalho de montagem, não pressupõe mão-de-obra especializada, ainda que demande a orientação de um profissional com pleno conhecimento do projeto. A construção da segunda estação foi planejada em três etapas – fundações, edificação principal e sistemas complementares -, sendo que a etapa da edificação principal foi realizada por uma equipe de 13 pessoas em 12 dias de atividades.

Em termos de produção de resíduos, fator de grande importância principalmente por o arquipélago estar na Área de Proteção Ambiental de Fernando de Noronha (ALVAREZ, 2003), o sistema tem a vantagem de causar um impacto mínimo, na medida em que as peças são previamente executadas e apenas montadas no local.

A especificidade do sistema, idealizada e desenvolvida para superar os obstáculos relativos ao caráter inóspito do arquipélago, demanda o controle rígido da qualidade dos componentes, visto a dificuldade na promoção de ajustes e manutenção. A definição da madeira empregada, seguindo especificação técnica do Laboratório de Produtos Florestais/IBAMA, buscou atender aos condicionantes ambientais conforme especificado nas diretrizes projetuais de exposição à agressividade do ambiente natural em que se insere a edificação. Nesse contexto, foram definidas as seguintes espécies: jequitibá (*Cariniana micrantha*), empregada nas paredes, pela baixa contração e menor trabalhabilidade, e tamarindo (*Dialium guianense*), para o piso e cobertura, atendendo as condições de maiores solicitações ao desgaste. A secagem das madeiras foi realizada em estufa, com teor de umidade em 12%, sendo o

dimensionamento das peças realizado a partir dos critérios estabelecidos pela NBR 7190/77, considerando ainda as recomendações específicas para a denominada “arquitetura sísmoresistente”

Uma exigência adicional foi a aquisição de peças isentas de defeitos e nós que, associado aos demais componentes do sistema – barras rosqueadas de aço galvanizado, amortecedores em neoprene, entre outros – gerou uma edificação de alto custo, se comparado às edificações em madeira, comumente comercializadas no mercado. Também deve ser ressaltado que, embora o sistema seja, em geral, de fácil confecção, outro aspecto a ser considerado para o caso específico da estação científica do arquipélago foi a necessidade de precisão no processo de execução das peças, um aspecto difícil de ser alcançado sem utilização de mão-de-obra especializada e equipamentos adequados. Esse controle dimensional rígido não foi atingido, ainda que as variações tenham acontecido em escala milimétrica, podendo vir a se tornar um provável fator de limitação à perfeita estanqueidade das paredes na eventual incidência de chuvas horizontais ou ondas, por exemplo.

A produção das peças ficou a cargo da Base Naval de Natal (BNN) e, assim como na experiência da estação anterior, a estrutura foi previamente montada em suas dependências (Figura 7). Essa pré-montagem possibilita, dentre outros aspectos: 1. executar ajustes e reparos, que poderiam vir a se tornar inviáveis *in loco*; 2. minimizar impactos ambientais, advindos da geração de resíduos e de ruídos no ecossistema local; 3. diminuir o tempo de trabalho no arquipélago, refletindo em otimização de investimentos do Programa Arquipélago; 4. Reduzir o risco de acidentes e à saúde dos operários, principalmente no manuseio de equipamentos elétricos; e 5. treinar a equipe que executou a montagem no local definitivo.

Com o mesmo cuidado que foi dedicado à edificação, também o mobiliário da estação científica (Figura 7) foi projetado atentando-se para critérios e condicionantes, gerais e específicos, dentre eles o máximo aproveitamento do espaço interno dos compartimentos, a ergonomia, a elevada umidade do ambiente natural, a diversidade cultural e social dos usuários, a durabilidade e a facilidade de manutenção. O desenho das peças foi realizado pela equipe do LPP/UFES, sendo a madeira escolhida o freijó (*Cordia goeldiana Huber*) - pela disponibilidade no mercado e pela adequação técnica às necessidades específicas -, e a execução ficou a cargo da Base Naval de Natal (BNN).



(a)



(b)

Figura 7 – Em (a), montagem preliminar da estação científica e em (b), confecção do mobiliário em processo de montagem na Base Naval de Natal (BNN).

As janelas foram projetadas também em madeira com venezianas de aletas móveis, semelhante às adotadas anteriormente com excelentes resultados para o Refúgio Rebio Rocas, instalado no Atol das Rocas (ALVAREZ, 1993), possibilitando o controle da ventilação interna pelos usuários. Na parte superior da edificação, aberturas estrategicamente posicionadas na parte superior das anteparas permitem a ventilação constante e cruzada da casa, favorecendo a retirada do ar quente acumulado (Figura 8).



Figura 8 – Em (a). detalhe da janela em duas folhas com persianas móveis e esquadria de ventilação na porção superior da antepara; em (b) vista geral da estação científica.

As esquadrias de ventilação são formadas por telas de aço inoxidável, em função dos efeitos corrosivos provocados pela elevada salinidade do ambiente local. No processo de instalação optou-se por encaixá-las de forma a facilitar o procedimento de retirada para limpeza e manutenção, que pode ser realizado pela parte interna da estação por questão de segurança. Dois parafusos em aço inoxidável associam as molduras (componente externo) ao conjunto marco/tela/moldura (componente interno), conforme Figuras 9.

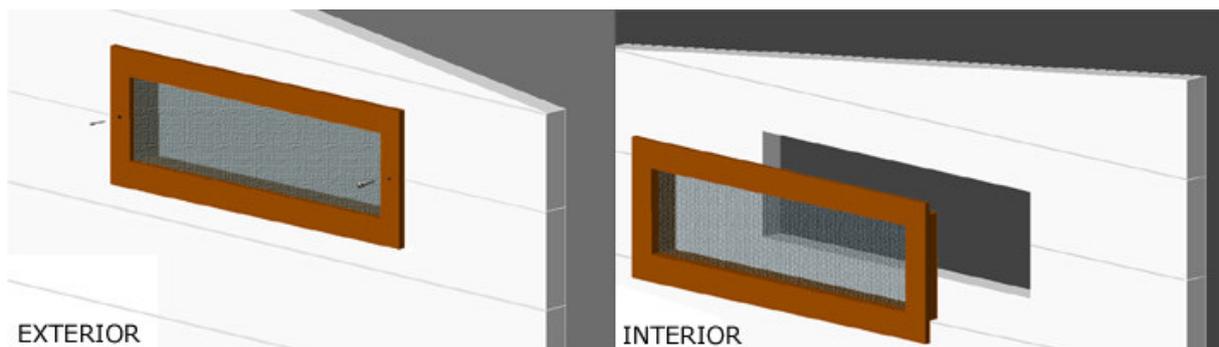


Figura 9 – Sistema de fixação das esquadrias de ventilação. Retirando-se os parafusos libera-se a moldura (exterior), assim como o conjunto marco/tela/moldura (interior), permitindo que ambos os componentes possam ser deslocados para a manutenção.

3.4. Água e energia

A solução adotada para a obtenção de água doce foi o aproveitamento da água do mar através de dessalinização por osmose reversa. Esse processo, embora demande alto consumo energético, pode ser suprido pelo sistema fotovoltaico de produção energética (ALVAREZ,

2001). O sistema permite a obtenção de água com adequado nível de potabilidade, porém, em função da grande quantidade de aves nas ilhas – e com isso, a possibilidade de transmissão de doenças, como o tifo, por exemplo – optou-se por manter o consumo direto através de água mineral trazida do continente. Destaca-se também que dentre as várias melhorias propostas ainda na primeira estação, tem-se a tentativa de aproveitamento da água de chuva para o uso em limpeza e manutenções. A experiência foi fracassada principalmente em função do excesso de guano acumulado na cobertura, oriundo da grande população de aves nas ilhas, estando em processo de estudo uma nova opção de aproveitamento da água de chuva associado a um sistema de filtragem. No entanto, o caráter sustentável do empreendimento também pode ser observado através do vaso sanitário, que é abastecido com água marinha, assim como ocorre nos demais pontos de água – chuveiro e pias da cozinha e banheiro -, que tem a possibilidade de abastecimento com água doce ou salgada. Os materiais utilizados para a limpeza da estação são controlados, visto as águas residuárias serem lançadas diretamente no mar. Os materiais químicos ou oriundos do manuseio de motores são embalados separadamente e retornam ao continente como lixo.

O abastecimento de energia foi proposto através da tecnologia fotovoltaica (FV), que produz eletricidade diretamente dos elétrons liberados pela interação da luz do sol com semicondutores, no painel fotovoltaico. A complementação da planta elétrica é feita por um sistema que permite a rápida substituição da energia fotovoltaica por um gerador a diesel que é acionado automática ou manualmente em situações de emergência.

Para o funcionamento do sistema, é necessário o uso de um banco de baterias que, além de ocupar um precioso espaço no interior da edificação, ainda é um elemento ambientalmente pernicioso. No entanto, considerando as tecnologias disponíveis e as potencialidades do lugar, a escolha do sistema fotovoltaico prevaleceu como sendo a de maior eficiência e menor impacto, embora não seja a de menor custo.

O Quadro 2 apresenta as principais medidas adotadas visando o conforto ambiental dos usuários, bem como a eficiência energética da estação científica.

Quadro 2 – Resumo das principais medidas adotadas na primeira estação, repetidas e aprimoradas para a segunda estação (adaptado de ALVAREZ et al., 1997).

CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ECASPP	
Medida	Efeito previsto
Madeira como principal material	Conforto térmico, agradável sensação tátil
Tipologia - imagem “casa”	Efeito psicológico de relação a abrigo, aconchego
Aberturas nas vedações laterais	Ventilação cruzada; redução da temperatura interna
Ventilação permanente	Ventilação higiênica e de conforto pelas aberturas superiores
Suspensão do piso	Possibilidade de passagem de ondas; ventilação (umidade)
Deck externo, passarelas e varanda	Integração do interior com exterior
Equipamentos geradores de ruído locados afastados da edificação principal	Conforto acústico
Desenho individual do mobiliário	Otimização dos espaços, eficiência ergonômica; segurança na ocorrência de terremotos; facilidade de limpeza
Pintura das anteparas: externa (branca) e interna (areia) com tinta acrílica	Facilidade de limpeza e manutenção; redução da temperatura interna pela reflexão da radiação; clareamento dos ambientes internos (sensação de amplitude) sem causar ofuscamento
Recobrimento com telhas termo-acústicas	Impedimento de ganho de calor pela cobertura; facilidade de limpeza e manutenção.

4. ANÁLISES DOS RESULTADOS

A possibilidade de construção de uma segunda estação no Arquipélago de São Pedro e São Paulo foi, sem dúvida, uma importante oportunidade de aplicação efetiva e de retroalimentação do processo de avaliação continuada da primeira estação, num raro exemplo de aplicação de dados resultantes da metodologia de avaliação pós-ocupação. Assim, a nova edificação foi projetada buscando repetir as técnicas utilizadas com sucesso no projeto anterior, destacando-se: o sistema construtivo em viga-laje de madeira; o *layout* e mobiliários básicos (sismoresistentes); a obtenção de energia através de placas fotovoltaicas associada à dessalinização da água do mar por sistema de osmose reversa (CARVALHO e MONTENEGRO, 2000); as sapatas com amortecedores para os eventos sísmicos; dentre outros (Figura 10). Foi incorporado ao projeto original um espaço de laboratório; sistema de comunicações para telefonia e Internet; baterias e depósito junto ao corpo principal da Estação; maior elevação da edificação em relação ao nível do solo; aberturas maiores e com controle de ventilação; recobrimento da edificação com telhas termo-acústicas; e acesso facilitado para os procedimentos de manutenção e limpeza das placas fotovoltaicas (em processo de instalação). O uso de novas espécies de madeira também permitirá o acompanhamento da eficiência do sistema instalado, visto estar previsto a continuidade no monitoramento da edificação.



Figura 10 – À direita na imagem, a primeira estação e à esquerda, a segunda estação, ainda sem as placas fotovoltaicas previstas para serem instaladas na cobertura até meados de 2008.

Considera-se que a principal modificação proposta refere-se ao posicionamento da estação, cuja metodologia de análise permitiu a seleção dos fatores de maior relevância e o exercício da interdisciplinaridade também para essa etapa, anteriormente realizada somente pela equipe básica.

Ressalta-se que o Arquipélago de São Pedro e São Paulo configura-se como um dos locais mais inóspitos do Brasil e o método desenvolvido, tanto para o projeto atual como para o anterior, foram elaborados baseados nas condições de apoio logístico para a construção, uso e manutenção, fornecendo fundamentais informações para situações semelhantes. Observa-se ainda que a primeira estação, confeccionada no Laboratório de Produtos Florestais em Brasília, foi acompanhada de um rígido controle de qualidade, sendo a segunda, confeccionada na Base Naval de Natal, realizada por mão-de-obra, em sua maioria, com formação básica de carpintaria, comprovando a potencialidade de utilização da técnica também para situações convencionais.

5. AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi desenvolvida com o apoio do CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Os autores agradecem ao PROARQUIPÉLAGO, em especial à SECIRM (Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar), BNN (Base Naval de Natal), FUNDAÇÃO PÁTRIA e CEPTEL (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica)

6. REFERÊNCIAS

ALVAREZ, C. E. de (2003). **Metodologia para construção em áreas de difícil acesso e de interesse ambiental**: aplicabilidade na Antártica e nas ilhas oceânicas. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003. (Orientador: Ualfrido Del Carlo).

ALVAREZ, C. E. de, VITTORINO, F. (1993). Projeto e execução do módulo Rebio Rocas (Atol das Rocas) sob enfoque do desempenho térmico. ESTUDOS TECNOLÓGICOS, v.XVI, p.49 - 64, 1993.

ALVAREZ, C. E. de. (2001). **A Estação Científica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo**. Curso de Pós-Graduação em “Estruturas Ambientais Urbanas”. Trabalho programado V. São Paulo, 2001.

ALVAREZ, C. E. de, MELO, J. E. de (1999). **A Estação Científica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo**. In: V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e II Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 1999, Anais. Fortaleza, CE. V ENCAC - Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e II ELACAC - Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 1999.

ALVAREZ, C. E. de; MELO, J. E. de, MELLO, R. L. (2000). **Viga-laje: a técnica construtiva adotada para a Estação Científica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo**. In: Encontro Brasileiro em Madeira e em Estruturas de Madeira, 2000, São Carlos. Anais do VII Encontro Brasileiro em Madeira e em Estruturas de Madeira. São Carlos: EESC/USP, 2000.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. **NSR-98: Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente**. Santa Fe de Bogotá, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190: Projeto de Estruturas de Madeira**. Rio de Janeiro, 1997.

AUTOCAD 2004 – User’s guide. ACIS ® Copyright © 1989-2001 Spatial Corp. Portions Copyright © 2002-2004 Autodesk, Inc.

CARVALHO, P. C. M.; MONTENEGRO, F. F. D. (2000). **Experiências adquiridas na implementação da primeira instalação de osmose reversa acionada por painéis fotovoltaicos do Brasil**. In Anais n 3. Encontro de Energia no Meio Rural, 2000, Campinas, SP, Brasil. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php? ipt=sci_ arttext&pid=MSC000000022000 000 10 00 25& lng=pt&nrm=iso>. Acessado em 05 março 2007.

CASAGRANDE, B.; CRUZ, D. O.; ALVAREZ, C. E. de (2003). **Estação Científica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo: em busca da sustentabilidade**. In: 3º Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2003, São Carlos, SP. Produção e Gestão do Ambiente Construído Sustentável, Anais. São Carlos, SP: ANTAC, 2003.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD) (1988). **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 1988.

GUMZ, E. M. P.; ALVAREZ, C. E. de; CASAGRANDE, B. (2007). **A Nova Estação Científica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo: a interferência do ambiente desde a implantação ao projeto executivo**. IV ENCONTRO NACIONAL E II ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2007, Anais do Evento, Campo Grande – MS.

LLP/UFES. (2006) Avaliação da Implantação da Nova ECASPSP. Relatório Técnico - Laboratório de Planejamento e Projetos da Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória: LPP/UFES, 2006.

SECIRM. (2006) Nossa Última Fronteira. Centro de Comunicação Social da Marinha. Disponível em < https://www.mar.mil.br/menu_v/amazonia_azul/nossa_ultima_frenteira.htm>. Acessado em 11/11/06.

SKETCHUP 4.0. for Windows. User’s Guide, by Google Inc.; co-published with On Demand Manuals a division of Trafford Holdings Ltd. 418 pages. Ordering @ Last Software Manuals.

VASKE, T.; LESSA, R. P.; NÓBREGA, M. F DE.; AMARAL, F. M. D. DO; SILVEIRA, S. R. M. (2007). **Arquipélago de São Pedro e São Paulo: Histórico e Recursos Naturais**. Ed. Livro Rápido, Olinda-PE, 2007. ISBN: 85-7716-144-7.

VIGGIANO, M. H. (2006). **Matrizes sistêmicas de avaliação em Projetos ecológicos de Arquitetura**. Disponível em: < <http://www.casaautonoma.com.br>>. Acessado em 24 jan.2006.