



**PROJETO E EXECUÇÃO DO MÓDULO RÉBIO ROCAS
(ATOL DAS ROCAS) SOB ENFOQUE DO DESEMPENHO TÉRMICO**

Cristina Engel de Alvarez - Arq. Pesquisadora da
Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Fulvio Vittorino - Eng. Mec. Pesquisador do Instituto de
Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT

O módulo "Rébio Rocas" foi criado para ser implantado na Reserva Biológica de Atol das Rocas (RN) com o objetivo de abrigar até seis pessoas, com a mínima interferência ambiental e máximo de conforto sem condicionamento artificial. A dificuldade de apoio logístico na instalação e manutenção da unidade, as limitações das embarcações e da mão-de-obra disponível, foram condicionantes básicos para o projeto arquitetônico e estrutural. Este trabalho aborda os principais aspectos construtivos com enfoque específico sobre a questão do desempenho higrótérmico.

The "Rébio Rocas" refuge, was conceived as a shelter for up to 6 persons, to be constructed in the Biological Reserve of Atol das Rocas, RN, Brazil. The design required minimum environmental interference, and an effort to optimize comfort without use air conditioning systems. The difficulties of logistical support, the limitations of the transport vessel, the use of unskilled workers and precarious maintenance conditions were all strong factors in the architectural and structural design. This paper presents the main constructive aspects with emphasis on thermal comfort.

1- INTRODUÇÃO

Os estudos para a instalação de um módulo científico e habitacional em Atol das Rocas surgiram a partir da necessidade de proteger, fiscalizar e realizar pesquisas sistemáticas no único atol do Brasil e do Oceano Atlântico sul. Embora os condicionantes físicos do local obrigassem à soluções coerentes; com a disponibilidade logística e econômica, buscou-se privilegiar as condições de habitabilidade, principalmente no que se refere aos aspectos relativos ao conforto térmico. Para tanto, foram realizadas simulações em computador visando a confirmação e. otimização de alternativas do projeto.

2 - O MÓDULO RÉBIO ROCAS

2.1 - Histórico

Em 1987, um convênio firmado entre a UNISINOS, a CIRM⁽¹⁾ e o IBAMA⁽²⁾ possibilitou o desenvolvimento de estudos para a posterior construção de módulos em madeira para implantação na Antártica, obedecendo critérios de coerência entre clima, condições de apoio logístico, realidade político/econômica nacional e questões de preservação ambiental. Tais condicionantes, obedecidas as devidas diferenças de adequação climática, são semelhantes às verificadas para as necessidades em Atol das Rocas, possibilitando à equipe propor soluções adequadas às condições locais, mantendo no

entanto o mesmo sistema estrutural já conhecido e testado em ambiente Antártico.

O projeto arquitetônico e as pesquisas paralelas necessárias para a viabilização do módulo Rébio Roca- iniciaram em meados de 1991, sendo posteriormente aprimoradas as soluções através dos estudos desenvolvidos Junto ao IPT, a partir de março de 1992. Tais estudos, orientados basicamente para a questão do desempenho higrótérmico, auxiliaram no desenho final da proposta e na confirmação dos materiais construtivos eleitos.

2.2 - Caracterização do Local

A Reserva de Atol das Rocas foi a primeira Reserva Biológica Marinha criada no Brasil, em 1979. As Reservas Biológicas são o grupo mais restritivo das Unidades de Conservação admitindo-se somente atividades científicas e educativas controladas pelo IBAMA. O Atol das Rocas localiza-se nas coordenadas 03°51'30" S e 33°40'29" W e dista 270 km da costa do Rio Grande do Norte e 150 km de Fernando de Noronha (PE). Contendo duas ilhas, Farol e Cemitério, foram assim denominadas em função de um farol lá instalado em 188/, e pelos muitos corpos enterrados, fruto dos acidentes e naufrágios. A superfície emersa das duas ilhas possui aproximadamente 7,2 km² de área.

Por atol entende-se "(...) um gigantesco edifício de corais que se criou sobre um vulcão extinto (...) O Atol é chapado, raso, plano como uma bolacha boiando na água. É como uma ilha que não deu certo, não cresceu." (Ribeiro, 1992, pag.18)[1]

1 CIRM - Comissão Interministerial para os Recursos do Mar.

2 IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

Em Rocas destaca-se a ausência de árvores nativas e fontes de água doce., sendo verificada a presença de 6 pequenos coqueiros como fruto de ação humana. Também é de

responsabilidade do Homem a existência, em grandes quantidades, de ratos, baratas e escorpiões, Provavelmente trazidos pelas embarcações e Proliferados por suas adaptabilidades ao local.

0 Atol das Rocas é fartamente povoado por pássaros, estimando-se a existência de 120.000 aves e até 20 espécies distintas [1]. Através de pequenos orifícios situados no bico - que lhes servem de filtro para o sal as aves sobrevivem bebendo água marinha. Além das aves, destacam-se as tartarugas, os peixes e mamíferos marinhos como os principais elementos da rica fauna a ser estudada e preservada.

Os mistérios que cercam o Atol são constantemente lembrados pelas histórias e lendas de naufrágios e acidentes. Destroços, de muitas embarcações são o testemunho vivo dos perigos que representa para a navegação o anel de corais que o circunda.

o sol constante aliado às condições climáticas não favoráveis, a ausência de sombreamento e água doce, a imagem desoladora das ruínas do que foi o farol, ao barulho ininterrupto das aves, aos muitos ratos, baratas e escorpiões e a distância da costa, transformam o Atol num local pouco convidativo para a vida humana porém, extremamente cobiçado pelos pescadores predadores, pela grande quantidade de vida marinha, e Pelos aventureiros, pela beleza inigualável da região.

2.3 - Condicionantes e Necessidades

As condições atípicas do local associadas às dificuldades logísticas e econômicas verificadas para a execução da proposta de implantação de um "módulo científico e habitacional, foram os condicionantes norteadores da proposta arquitetônica. Dentre os principais aspectos considerados, destacam-se:

a) Habitabilidade: o módulo deve proporcionar condições de habitabilidade aos seus usuários Principalmente após 18 h, pois as principais atividades desenvolvidas no interior do módulo são no período noturno ~ sem requerer uso de condicionamento artificial, visto as dificuldades na obtenção de energia;

b) Intervenção física no terreno: pelo desconhecimento do sítio exato de implantação do módulo; para manter a topografia do local inalterada; para otimizar o tempo de montagem e para reduzir o uso da mão-de-obra em atividade estafante, a técnica construtiva adotada deve possibilitar o nivelamento do módulo sem exigir modificações na altimetria do local ;

c) Transporte: o módulo foi produzido no Laboratório de Produtos Florestais do IBAMA em Brasília, devendo ser transportado por terra até Natal (RN) e por embarcação tipo "traineira" até Atol das Rocas. o principal limitante no aspecto transporte, é a embarcação tipo "Zodiac" utilizada Para fazer a ligação entre a traineira e o Atol, visto sua pouca capacidade de carga e dimensões reduzidas.

observa-se que os anteriormente citados corais do entorno e a localização isolada e afastada da costa, favorecem à constante agitação do mar próximo ao Atol e, conseqüentemente, desembarque de material e pessoal em condições consideradas críticas.

d) Flexibilidade: por solicitação do IBAMA, o módulo prevê a Possibilidade de desmonte e remonte em outro local, com perda mínima dos materiais construtivos;

e) Manutenção e durabilidade: pelas dificuldades de transporte de material e pessoal ao local, o módulo pode ser facilmente mantido e sua durabilidade é garantida Pelo tratamento dado aos materiais e pelo uso mínimo necessário de elementos metálicos, devido a deterioração que os mesmos sofrem expostos às condições marítimas;

f) Meio ambiente: o projeto arquitetônico, além de buscar minimizar o impacto causado com a implantação e uso da edificação, busca também utilizar como material construtivo básico a madeira, visto seu caráter de renovável e sua inserção não agredir visualmente a paisagem;

g) Tecnologia nacional e mão-de-obra: as soluções adotadas buscam economia - devido aos reduzidos recursos disponíveis - e coerência com a tecnologia nacional e mão-de-obra disponível.

h) População alvo: equipes com máximo de 06 pessoas entre pesquisadores, fiscais e eventuais convidados e/ou repórteres que permanecem no local por períodos de 15 a 20 dias. A edificação será utilizada durante todo o ano através de rodízio das equipes;

i) Programa: dormitório para 06 pessoas, local para estudos, cozimento, guarda de alimentos e água doce, lazer e descanso.

2.4 - Apresentação do Projeto

Mediante os condicionantes anteriormente citados, as soluções arquitetônicas adotadas recaíram, inevitavelmente, na pré-fabricação, considerando principalmente, as condições de transporte na situação mais crítica (Zodiac), bem como o dimensionamento das peças compatível com a "força-homem", dado a inexistência de equipamento auxiliar em terra.

O partido arquitetônico adotado buscou soluções que se adaptassem à técnica construtiva testada e aprovada na Antártica, modificando-se no entanto os fechamentos, em função das características climáticas da região.

- Dados gerais do módulo:

Equipe Técnica Responsável: Eng. Civ. Julio Eustáquio de Melo - IBAMA/DF, Arq. Cristina Engel de Alvarez - UNISINOS, Arq. Mario Roberto S. P. Leite - IBAMA/DF.

Manufatura e Testes: LPF-IBAMA/DF.

Implantação: previsto para outubro/1992

Área: 69,3 m² de área total sendo 18,7 m² de alojamento e 50,6 m² de área externa coberta conforme Fig. 2.1.

Estrutura: peças em madeira maciça de maçaranduba (Manilkara hubery) tratada com preservativo contra fungos e insetos.

Fundação: sapatas isoladas concretadas "in loco" com água marinha, sem armação. A porção superior das sapatas, por exigirem ferragens metálicas, são concretados em Brasília com água doce.

Vedações: lateral e inferior composta de tábua corrida de ipê (Tabebuia seratifolia) com 20 mm de espessura; superior, com forro tipo lambri de pinus (Pinus elliotti), com 10 mm de espessura, uma camada de 30 mm de poliestireno expandido, ático e telhado, de fibrocimento pintado externamente de branco com recomendações rígidas quanto à sua manutenção. (Fig. 2.2).

Aberturas: janela de duas folhas venezianada em madeira de muiracatiara (Astronium ulei) sem vidro (Fig. 2.3).

Peso sem as sapatas de concreto e sem mobiliário aproximadamente 4×10^2 kgf.

Devido a característica de inércia térmica ditada pelos condicionantes ser "baixa" ~ resultando, apenas com sua utilização, em dificuldades para obter a redução dos picos diários de temperatura - optou-se pela utilização de alguns recursos para otimização do desempenho térmico da edificação em condições de verão, tais como: distribuir as aberturas de forma a possibilitar um maior índice de renovações através de ventilação cruzada nos ambientes; sombreamento das aberturas e das paredes de maiores dimensões objetivando reduzir os ganhos de calor do ambiente provocados pela incidência de radiação solar direta; ático amplamente ventilado, impedindo a formação de uma camada de ar quente sobre o forro; colocação de uma camada de isolante térmico sobre o forro de cobertura; pintura em branco da superfície externa das telhas de fibrocimento para reduzir a absorção à radiação solar destes elementos e elevação da edificação do solo, favorecendo a ventilação do piso.

TAB. 2.1 - Características térmicas dos materiais adotados no Módulo Rébio Rocas. [2]

| Material | Condutividade Térmica W/(m.K) | Densidade kg/m ² | Calor Específico J/(kg.K) |
|--------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Ipê | 0,23 | 1000 | 1250 |
| Maçaranduba | 0,23 | 1080 | 1256 |
| Pinus | 0,14 | 457 | 1680 |
| Poliestireno | 0,034 | 13 | 1214 |
| Fibrocimento | 0,56 | 1600 | 1000 |

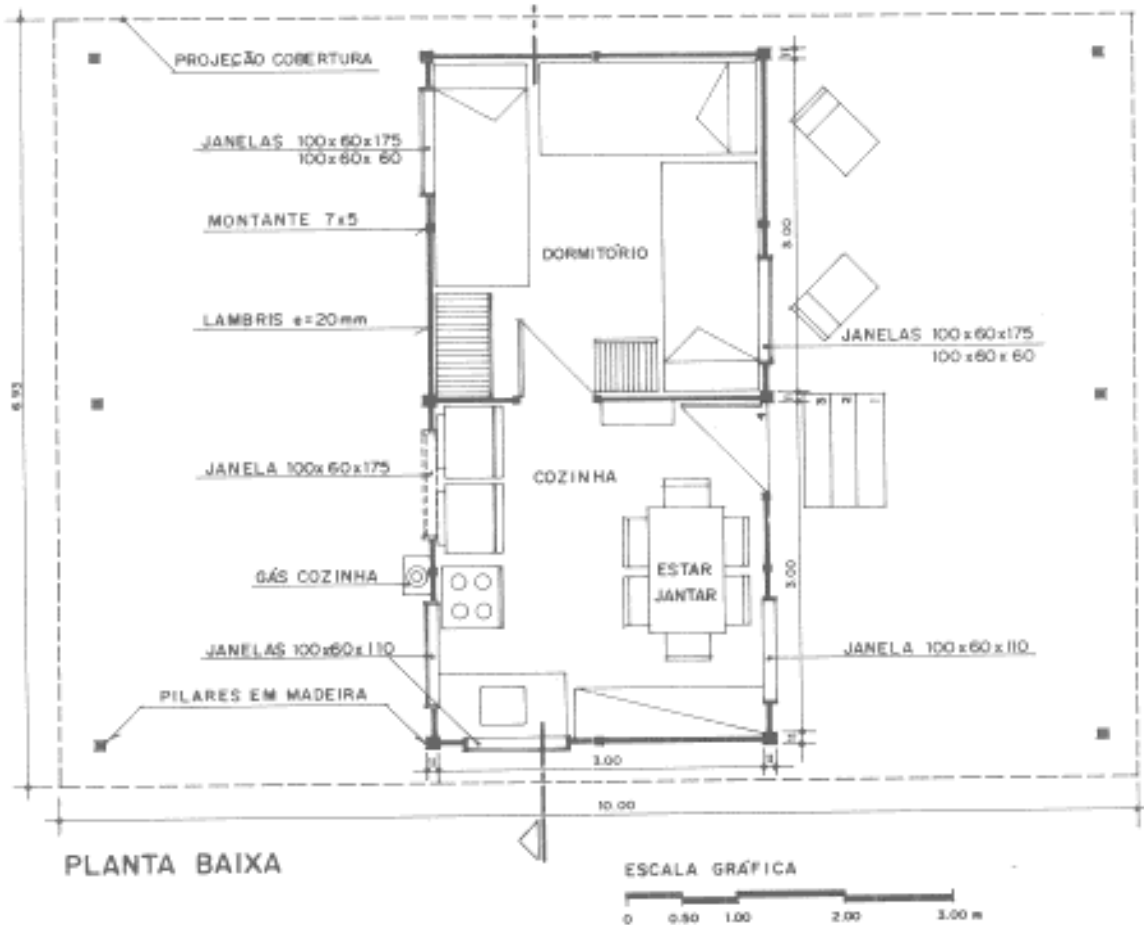


FIG. 2.1 - Módulo Rébio Rocas: planta baixa

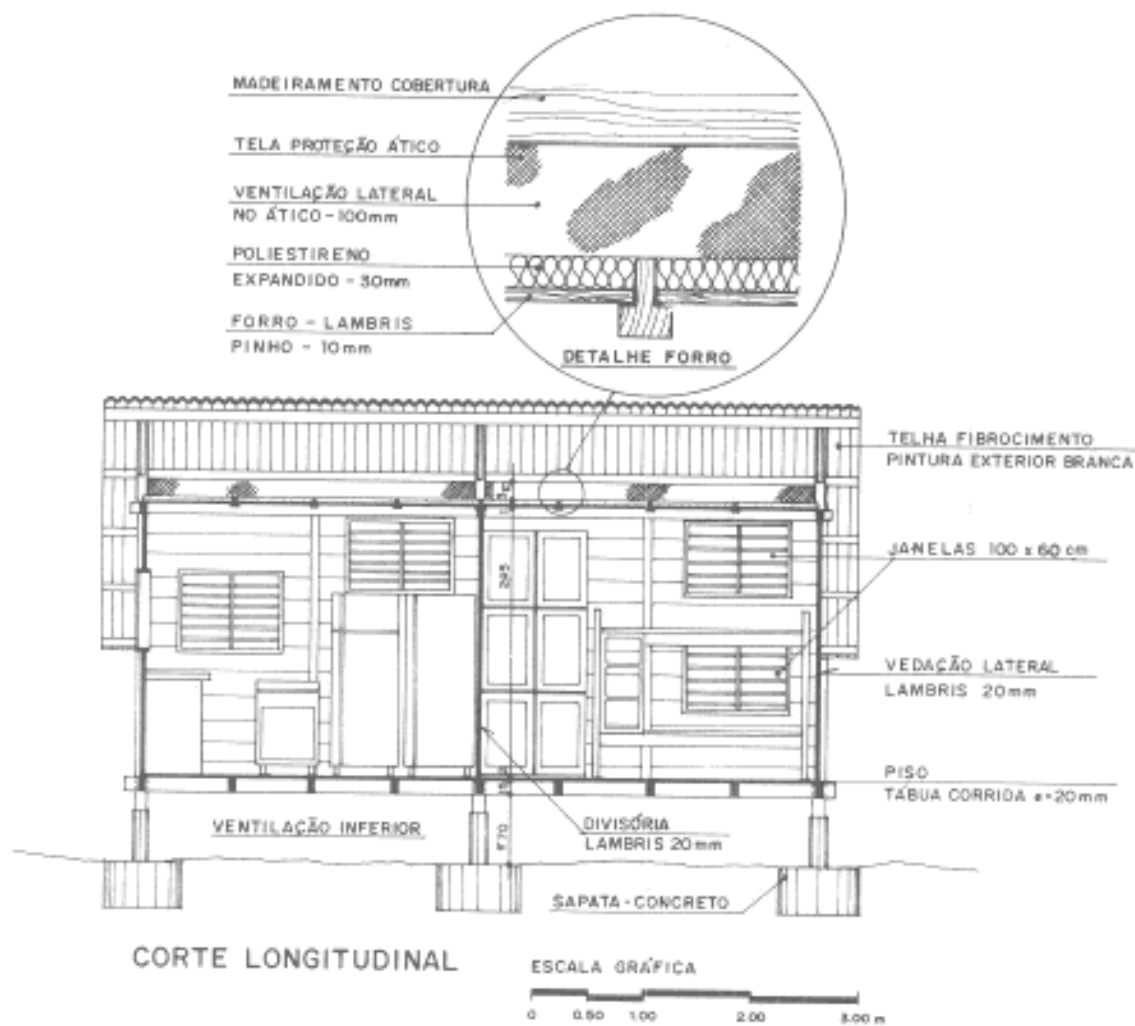


FIG. 2.2 Corte Longitudinal.

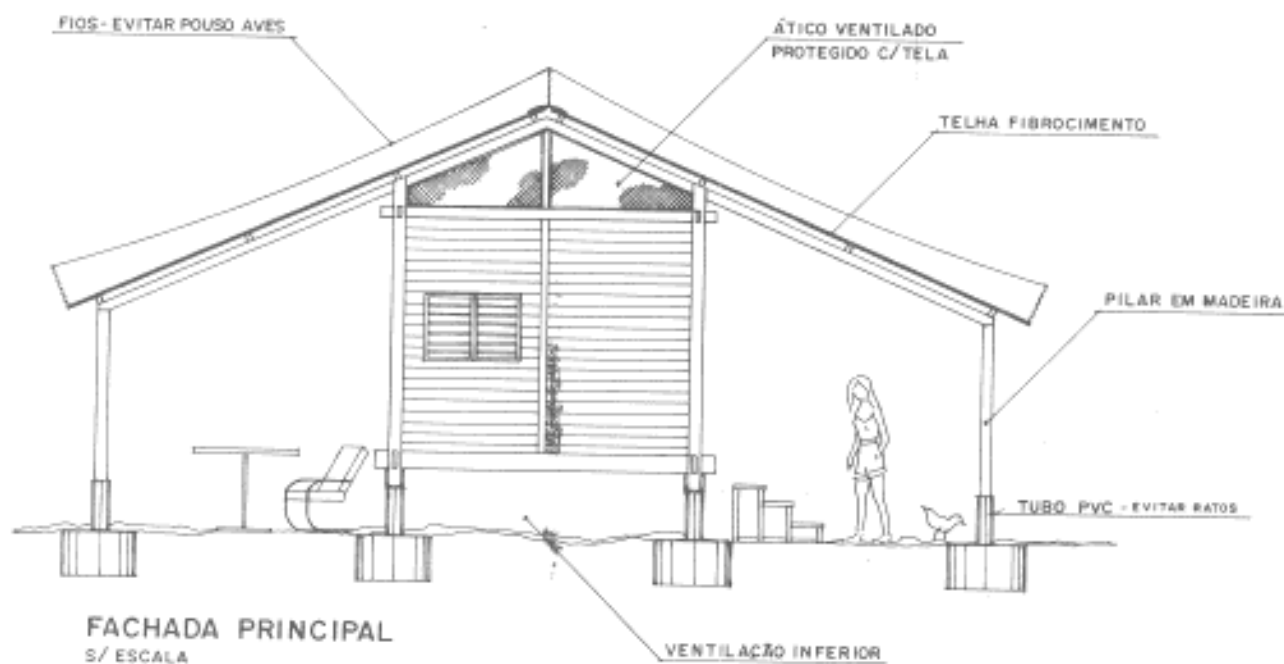


FIG. 2.3 - Croqui de fachada.

3 - DESEMPENHO TÉRMICO

Para a avaliação do desempenho térmico, foi adotada a metodologia Proposta Por M. Mutou [31 e utilizada correntemente no IPT na análise de sistemas construtivos. Tal metodologia envolve, basicamente, as seguintes etapas:

a) Caracterização das exigências humanas de conforto térmico: Com base nos Procedimentos e exigências apresentados na Norma ISO 7730/84 [4], foram adotadas as seguintes condições para avaliação do desempenho térmico da edificação: umidade relativa de 70%, valor médio encontrado nas simulações; ocupantes com atividades leves, correspondentes a metabolismo de 70W/m²; índice de resistência térmica da vestimenta de 0,35 Clo, equivalente a roupas leves típicas de verão; temperatura radiante média do ambiente igual à temperatura do ar, situação comum em ambientes sem fontes de calor significativas; velocidade do ar, no interior do ambiente, entre 0,5 e 0,8 m/s. Com basenestes, serão obtidas condições Satisfatórias de conforto térmico com temperatura do ar interior menor ou igual a 29°C.

b) Caracterização das condições típicas de exposição ao clima: foi definido um "dia típico de projeto" [5] para a condição de verão, tendo em vista as características climáticas adotadas para a análise apresentadas no item 3.1.

c) Caracterização da edificação e da sua ocupação: A caracterização física da edificação encontra-se definida no item 2.3 complementada com a Tabela 2.1, onde são apresentadas as características térmicas dos materiais adotados. Considera-se o ambiente desocupado em função da diversidade na ocupação, que varia de acordo com as características de atividades de cada equipe de usuários.

d) Caracterização do comportamento térmico da edificação: foram executadas simulações em computador, utilizando-se o programa NBSLD [6];

e) Avaliação do desempenho térmico da edificação: a partir dos resultados obtidos, na etapa anterior, foi feita a avaliação final.

3.1 - Caracterização Climática de Atol das Rocas

Pela dificuldade na obtenção de dados climáticos específicos de Atol das Rocas, foram adotados os valores referentes à Fernando de Noronha, visto suas semelhanças em relação às condições de exposição ao clima e à Proximidade geográfica.

Conforme Pode-se observar na Fig. 3.1, o clima é predominantemente quente, não apresentando problemas de conforto térmico relacionados ao frio.

Para os efeitos desta análise, o período de verão e o dia típico de projeto (Tab. 3.1) foram obtidos a partir da metodologia apresentada em [8] e [2].

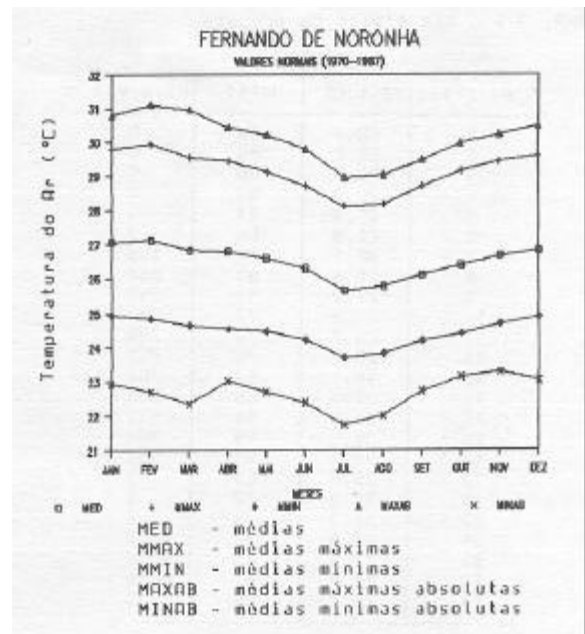


FIG. 3.1 - Valores médios mensais de variáveis climáticas registrados em Fernando de Noronha pelo DNEMET - período: 1970 a 1987 [7].

TAB. 3.1 - Dia típico de projeto

| Horário | TBS(°C) | UR(%) | RS(W/m2) |
|---------|---------|-------|----------|
| 1 | 26,4 | 84 | 0 |
| 2 | 26,2 | 85 | 0 |
| 3 | 26,0 | 86 | 0 |
| 4 | 25,9 | 86 | 0 |
| 5 | 25,8 | 87 | 0 |
| 6 | 25,9 | 86 | 3 |
| 7 | 26,1 | 85 | 155 |
| 8 | 26,6 | 83 | 364 |
| 9 | 27,2 | 80 | 552 |
| 10 | 27,9 | 77 | 698 |
| 11 | 28,7 | 73 | 790 |
| 12 | 29,5 | 70 | 822 |
| 13 | 30,1 | 67 | 750 |
| 14 | 30,5 | 66 | 698 |
| 15 | 30,6 | 65 | 552 |
| 16 | 30,1 | 66 | 364 |
| 17 | 30,1 | 67 | 155 |
| 18 | 29,6 | 69 | 3 |
| 19 | 29,0 | 72 | 0 |
| 20 | 28,3 | 75 | 0 |
| 21 | 27,8 | 17 | 0 |
| 22 | 27,3 | 79 | 0 |
| 23 | 27,0 | 81 | 0 |
| 24 | 26,7 | 82 | 0 |

Meses de verão: janeiro, fevereiro, março, abril, novembro e dezembro

TBS - temperatura de Bulbo Seco
 UR - Umidade Relativa
 RS - Radiação Solar global incidente em um plano horizontal

3.2 - Simulações

Foram realizadas simulações para testar os efeitos referentes à condição de implantação do módulo no terreno e o efeito da ventilação no ambiente e/ou no ático, visto serem estes os parâmetros possíveis de serem alterados visando a otimização do desempenho térmico do módulo.

3.2.1 - Condição de Implantação no Terreno

Adotando-se uma taxa de ventilação baixa (5 Renovações por hora), considerou-se sucessivas rotações do ambiente para Avaliação deste efeito, verificou-se que tal Procedimento trouxe pouca alteração à resposta térmica da edificação, conforme demonstrado na Fig. 3.2

Ressalta-se que, dado a inexistência de obstáculos para a passagem do vento - que segundo relatórios internos do IBAMA é constante - com o Posicionamento e dimensões das aberturas de janelas e do ático, a taxa de 5 ren/h é facilmente atingido.

3.2.2 - Efeito da Ventilação no Ático

Em função dos resultados obtidos no item anterior, manteve-se a taxa de renovação do Ambiente e fixou-se a orientação da edificação do ático ficassem alinhadas perpendicularmente à direção do vento dominante, produzindo uma taxa de ventilação de 300 ren/h. Os resultados de tal procedimento podem ser verificados na Fig. 3.3.



FIG. 3.2 - Rotações no sentido horário a 0°, 90°, 180° e 270°.

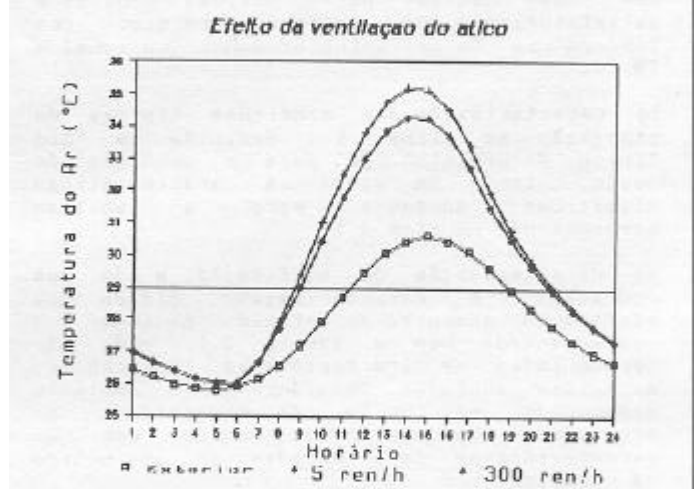


FIG. 3.3 - Ático ventilado a 300 ren/h e ambiente a 5 ren/h.

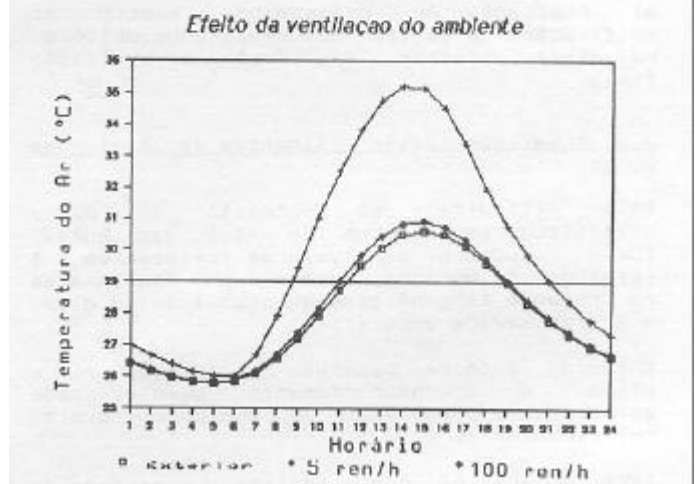


FIG. 3.4 - Ambiente ventilado a 100 ren/h e ático a 5 ren/h.

Verificam-se reduções de aproximadamente 1°C nos valores máximos diários da temperatura do ar interior em relação aos observados na Fig. 3.2.

3.2.3 - Efeito da Ventilação no Ambiente

Simulando-se uma rotação na edificação, favorecendo a ventilação das aberturas do ambiente (100 ren/h) em relação às do ático (5 ren/h), verificam-se diminuições significativas na temperatura do ar interior em comparação com as observadas nos itens anteriores, conforme Fig. 3.4.

3.3- Avaliação dos Resultados

As exigências da norma ISO 7730/84 não foram atendidas durante todo o dia em nenhuma condição, sendo satisfeitas apenas no período compreendido entre 1h e 8h e entre as 21h e 24h.

Tendo em vista que as atividades científicas desenvolvidas no Atol são, na maioria dos casos, executadas no exterior do módulo durante todo o período diurno, a edificação é normalmente utilizada apenas antes das 8h e após as 18 h. Desta forma, constata-se que em 75% do período de ocupação da edificação as condições internas de conforto térmico são satisfatórias.

4.- COMENTÁRIOS FINAIS

As simulações confirmaram as expectativas iniciais com relação à característica de inércia térmica da edificação e permitiram, no decorrer do processo de detalhamento arquitetônico, verificar que as soluções adotadas empiricamente, visando reduzir os ganhos de calor dos ambientes, correspondiam às expectativas. Constatou-se também, a necessidade de se ventilar adequadamente o ambiente a fim de amenizar a sensação de desconforto térmico dos eventuais ocupantes da edificação no período diurno, apesar de todos os cuidados de projeto adotados.

Espera-se que seja possível dar continuidade aos estudos desenvolvidos, visto tratar-se de um módulo experimental que poderá ser reproduzido com as devidas adaptações climáticas à outros locais de interesse científico e com preocupação ambiental.

BIBLIOGRAFIA

1. RIBEIRO, Ronaldo. Os mistérios do Atol Solitário, Os Caminhos da Terra, São Paulo, 1(3): 14 - 22, julho 1992.
2. AKUTSU, Maria et alii. Efeito de Isolantes Térmicos no Conforto Térmico e nas Cargas Térmicas de Condicionamento em Habitações nas Cidades de Salvador, Manaus e Rio de Janeiro. São Paulo, v.I, IPT, 1989. Relatório IPT 27.711/89
3. AKUTSU, Maria. Recursos para Previsão do Desempenho Térmico de uma Edificação. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NAS EDIFICAÇÕES, USP - SP, 1989. Anais- SP, Escola Politécnica da USP, 1989. 109 - 125
4. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Moderate Thermal Environments - Determination of the Pm and PPD Indices and specification of the Conditions for Thermal Comfort, 1984. (ISO 7730/84)
5. AKUTSU, Maria; SATO, Neide M. N. & PEDROSO, Nelson G. Desempenho Térmico de Edificações Habitacionais e Escolares: Manual de Procedimentos para Avaliação. São Paulo, IPT - Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, 1987. (Publ. IPT 1732)
6. KUSUDA, T. NBSLD. The Computer Program For Heating and Cooling Loads in Buildings. Washington, D.C., U.S. Dep. of Commerce, Elliot L. Richardson, 1976. (Building Science Series 69)
7. PEDROSO, Nelson G. et alii. Apresentação de Metodologia de Constituição e Consulta aos Arquivos de Dados Climáticos Existentes no IPT-DCC (ACSC). São Paulo, IPT, 1991. Relatório Interno 29.559.
8. AKUTSU, M.; VITORINO, F. Tratamento de dados climáticos Para a Avaliação do Desempenho Térmico de Edificações: Manual de Procedimentos Para Avaliação. São Paulo, IPT, 1988. (Relatório Interno).