

CARVALHO, Maria Lúcia; FREIRE, Tereza & NERY, Jussana - Arqt^{os}
UFBA/FAUFBA/LACAM - Laboratório de Controle Ambiental

O principal objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho térmico de uma edificação totalmente pré-fabricada que, embora projetada de acordo com os princípios gerais da arquitetura bioclimática, não se comporta adequadamente no verso ou inverno, impondo tensão térmica aos seus ocupantes. Medições ambientais, avaliação com os usuários e outros estudos são realizados, além da comparação das especificações do projeto com as características climáticas do sítio.

The main objective of this paper is to evaluate the thermal performance of a totally pre-fabricated building which, although designed according to overall bioclimatic principles, did not perform adequately either in summer or winter seasons, thus imposing thermal stress on its users. Measurements, subjective assessments and other related studies are carried out besides comparison of design specifications to site climatic features.

INTRODUÇÃO

A necessidade premente de ampliação do espaço físico da FAUFBA para acomodação do Curso de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo e a dificuldade de alcançar tais objetivos em breve espaço de tempo, pelos métodos construtivos tradicionais, levou a administração da Faculdade a optar pela aquisição de uma edificação pré-fabricada do tipo "escola" à Fábrica de Equipamentos Comunitários - FAEC - da Prefeitura Municipal de Salvador.

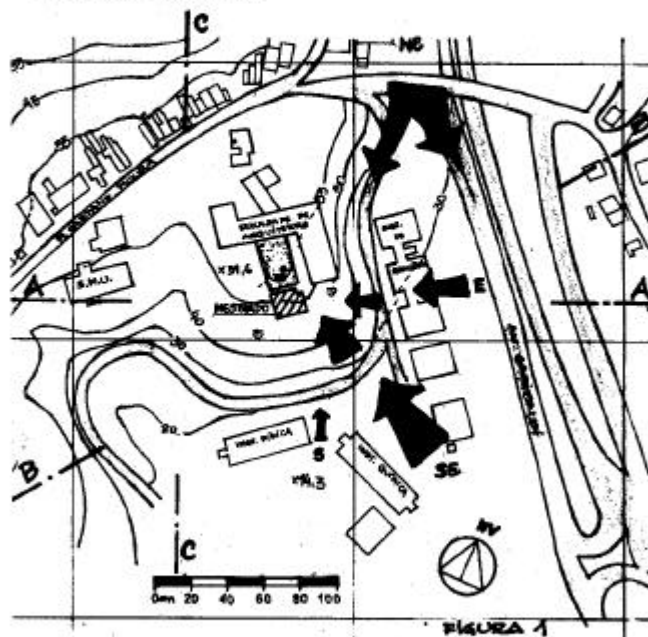
O sistema FAEC foi escolhido por ter sido desenvolvido para atender aos setores educacionais públicos na Bahia, já tendo sido adotado por outras unidades da UFBA.

Concluída a obra e ocupado o edifício (Figura 1), os usuários - funcionários, professores e alunos, desde o início, em abril/maio 88, constataram a inadequação do edifício quanto às condições de conforto térmico, luminoso e acústico.

Este problema levou a Coordenação do Mestrado a contratar a equipe do LACAM - Laboratório de Controle Ambiental, para avaliar o desempenho termo-acústico e luminoso no módulo e posteriormente propor medidas corretivas para obtenção da qualidade ambiental adequada, preferencialmente através de técnicas de controle natural, em virtude da crise financeira por que passa a Universidade, que torna inviável o uso de equipamentos de alto consumo energético.

O interessante do problema está no fato de que, segundo os projetistas (Lima, 1988), foram adotados princípios bioclimáticos gerais de projeto em todo o sistema FAEC,

enquanto que os resultados como pode-se observar neste módulo, não alcançaram a produção de ambientes com a desejada qualidade ambiental. Neste ponto, coloca-se a questão: por que não se conseguiu a condição de conforto almejada mesmo tendo-se adotado tais princípios? Onde estariam os equívocos: na interpretação climática ou interferência de fatores do local do projeto sobre o clima; no material e na técnica construtiva ou no partido adotado?



O interesse do LACAM neste trabalho premeu-se, desta forma, a uma oportunidade de testar os princípios teóricos da metodologia

de avaliação do desempenho de edificações, adotado por este centro de pesquisa, face a um problema real, quanto a sua operacionalização e grau de confiabilidade, além de levantar questões e contribuir para a discussão acerca da adequação de sistemas construtivos pré-fabricados para uso massivo nas edificações com fins educacionais.

METODOLOGIA

A metodologia foi dividida em três etapas. A primeira referente ao diagnóstico das condições termo-acústicas e luminosas atuais. A segunda tratará das proposições de medidas de intervenção de caráter construtivo e/ou uso, e execução da intervenção proposta e a terceira será uma avaliação da correção realizada.

Esta comunicação limita-se a detalhar a metodologia referente aos aspectos do controle térmico inclusas na primeira fase, bem como apresentar os resultados preliminares obtidos pela sua aplicação.

A primeira etapa aborda o problema sob dois ângulos. O primeiro utiliza técnicas de simulação da realidade através do levantamento de dados, estudos gráficos e aplicação de modelos, utilizando como critérios de análise comparativa as diretrizes gerais da arquitetura bioclimática. O segundo utiliza as medições de variáveis ambientais com instrumentação apropriada além de levantar, através do método da entrevista com usuários, a valoração das condições reais de conforto ambiental.

Os métodos de avaliação e as técnicas de simulação adotadas foram baseadas em diversos autores, dentre os quais destacam-se Gomes (1962), Koegnberger (1977), Chichierchio (1983), Turik (1988) e Oliveira (1987), adaptados às condições e possibilidades operacionais do grupo de pesquisa.

O levantamento de informações para esta primeira fase foi subdividido em quatro categorias:

- 1) informações e dados cadastrais da edificação e entorno imediato, especificação dos materiais e suas constantes físicas;
- 2) informações e dados obtidos através de enquetes aplicadas aos usuários da edificação;
- 3) informações e dados levantados a partir de medições das variáveis ambientais (TBS, TBU, TG e Ventilação) na edificação estudada;
- 4) dados climáticos diários e horários coletados diretamente da estação meteorológica mais próxima (Estação de Ondina latitude 13°01'S, longitude 38°31'W e altitude de 51,41m) distando 850m da edificação.

A partir dos primeiros elementos foi possível passar-se à produção de informações intermediárias através da aplicação das técnicas de simulações usuais para estudos de conforto térmico a saber: gráficos de insolação, penetração do sol, máscara de sombra, sombra projetada, gráficos de ventilação, cálculo dos coeficientes de transmissão de calor, da carga térmica e balanço térmico.

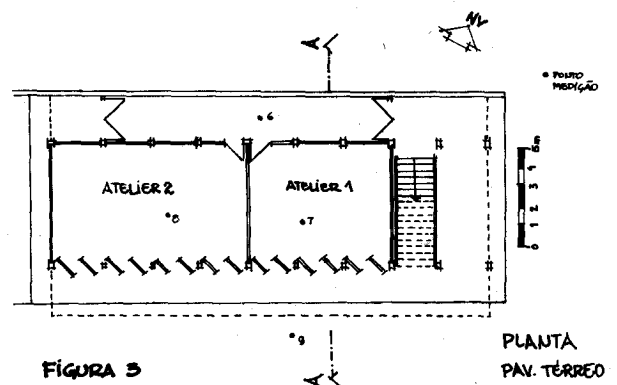
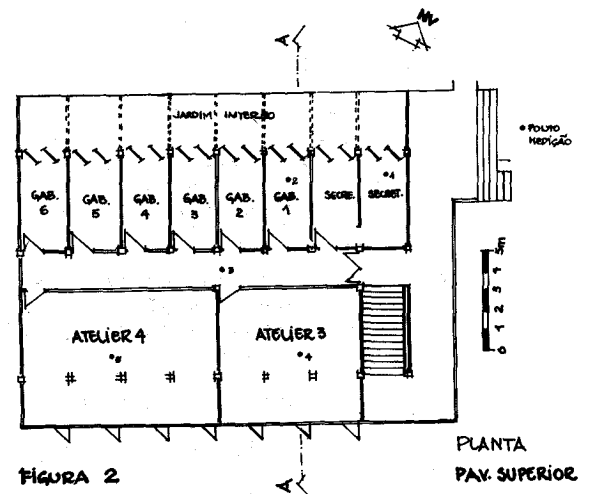
A análise comparativa das informações des-

tas simulações, as quais podemos também denominar "condições projetuais" com as "condições reais" obtidas nos itens 2, 3 e 4, permite levantar hipóteses sobre as causas dos problemas existentes e objetivar as medidas que devem ser efetivadas para a melhoria do desempenho da edificação.

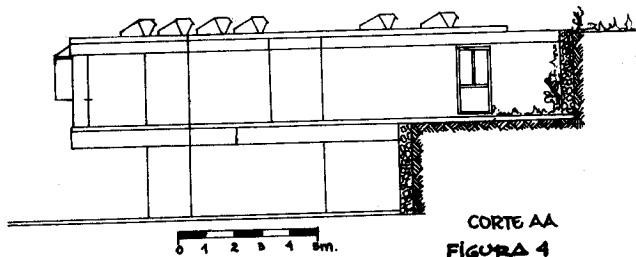
Pelo fato de tratar-se de edificação pré-fabricada, dificuldades de diversas ordens foram encontradas. Os modelos de análise usuais são bastante simplificados e voltados para materiais e técnicas construtivas tradicionais; a inexistência de parâmetros que possam se constituir em critérios de análise para este tipo de edificação - caracterizada pela utilização de componentes de dimensões, formas e disposições complexas e variadas - assim como a falta de dados referentes às propriedades termo-higrométricas dos novos materiais empregados, obrigou a se investir muito tempo na adaptação da metodologia para torná-la capaz de fornecer resultados os mais fiéis possíveis à realidade.

A EDIFICAÇÃO E O SISTEMA CONSTRUTIVO

A técnica construtiva utilizada pela FAEC adota a pré-fabricação de todos os elementos componentes do sistema em argamassa armada. As vedações são independentes do sistema estrutural pilar-viga, permitindo alguma flexibilidade no arranjo espacial, com crescimento longitudinal e a agregação ortogonal de outros blocos. O partido básico do sistema gera edificações lineares de, no máximo, dois pavimentos (térreo e mais um) com circulação central ladeada de salas moduladas (Figuras 2 e 3).

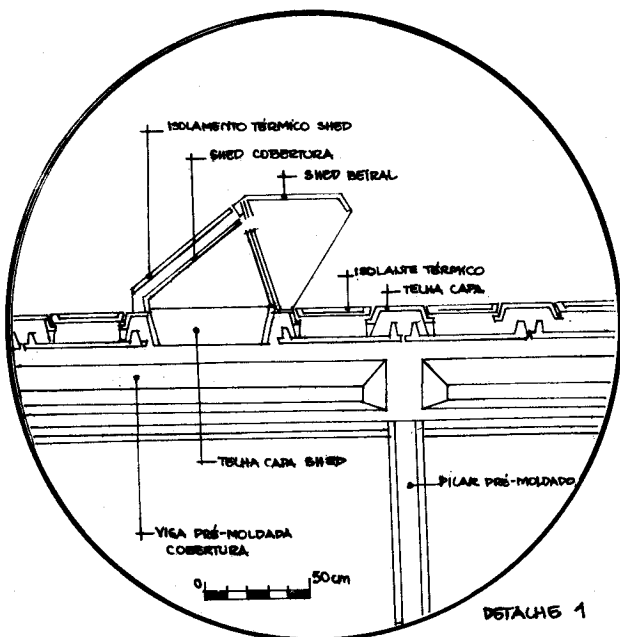


A edificação analisada adotou o partido básico com nove unidades definidas pelos pilares. O pavimento térreo abriga 02 ateliers de 83 m² e 111 m², respectivamente, e circulação interna. O pavimento superior contém dois ateliers de 50 m² e 67 m² de um lado da circulação e, do outro, oito gabinetes com 12 m² cada, voltados para um jardim interno (Figura 4).



CORTE AA
FIGURA 4

Na cobertura, as placas de argamassa armada formam um sistema plano do tipo capa e canal, sobre o qual intercala-se uma placa de argamassa com vermiculita, formando espaços de ar de 10 cm entre estas. Também são usadas aberturas tipo "shed", dispostas longitudinalmente, e vedadas com plástico fosco, permitindo frestas permanentes de 10 cm (Detalhe 1).



DETALHE 1

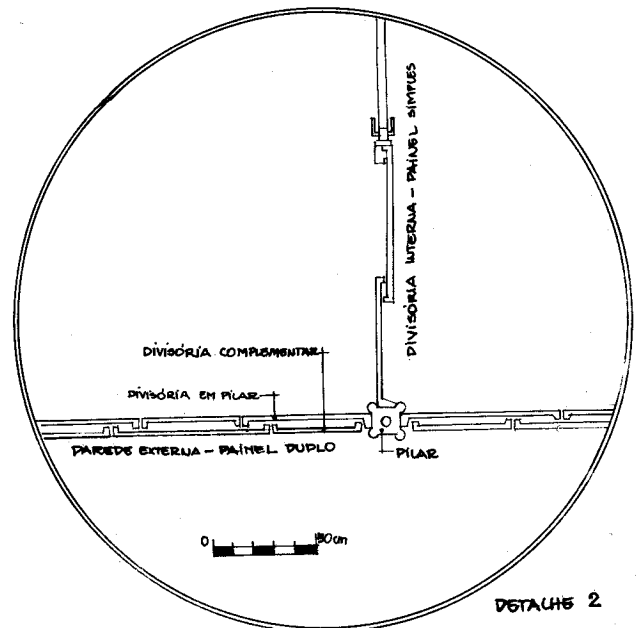
As paredes externas e pisos seguem sistema similar com placas duplas formando espaços de ar ventilados, enquanto as divisórias internas são constituídas de placas simples (Detalhe 2).

A PERCEÇÃO DOS USUÁRIOS

Foram entrevistadas 17 pessoas que representam 20% dos usuários da edificação, entre alunos, professores e funcionários, 80% dos quais utilizam os ambientes predominantemente no turno matutino.

Em relação à condição térmica, 80% dos entrevistados considerou os ambientes "desconfortavelmente frio" no período de inver-

no. No verão 20% os considerou "muito quente" e 60% "quentíssimo". A ventilação foi considerada "às vezes excessiva" por 60% das pessoas contactadas e "confortável" por 20% delas, enquanto 20% considerou que "raramente" ou "não existe" ventilação na época de verão. 100% dos entrevistados considerou que a edificação não oferece adequada proteção contra a penetração de chuva nos ambientes. As queixas referentes às interferências de ruídos provenientes dos ambientes adjacentes foram reportadas por 90% dos entrevistados, como "frequentemente excessivo", assim como a iluminação natural foi considerada da mesma forma por 80% da amostra.



DETALHE 2

As questões abertas da enquete sobre as características negativas dos ambientes, de modo geral, confirmaram as queixas e foram citadas como características positivas, a integração visual com a paisagem e entorno, as dimensões dos ambientes e sua funcionalidade.

AS MEDIÇÕES REALIZADAS "IN LOCO"

Foram realizadas duas séries de medições microclimáticas das variáveis ambientais que interferem no conforto térmico, com aparelhagem manual (psicrômetros, termômetros de globo e anemômetros). Foram levantados dados horários diurnos em 09 pontos, distribuídos nos diversos ambientes internos e em uma estação localizada no seu exterior, por um período de 3 dias consecutivos, para a condição de outono e para a condição de inverno. Além disso foram utilizados 2 termohigrógrafos pelo período de uma semana em 02 ambientes internos e levantados os dados correlatos da estação meteorológica de Ondina no mesmo período, para servir como grupo de controle dos dados.

Foram medidas as variáveis temperatura do ar (TBS), temperatura de bulbo úmido (TBU), temperatura de globo (TG) e a intensidade e direção da ventilação, a partir dos quais foram obtidos a umidade relativa do ar (UR) e a temperatura efetiva corrigida (TEC).

A comparação dos dados levantados com o grupo de controle de dados mostrou a compatibilidade dos parâmetros obtidos, havendo ligeira discrepância da faixa da UR na condição de inverno, onde os resultados, no exterior da edificação, mostraram-se um pouco inferiores àqueles da estação de Ondina.

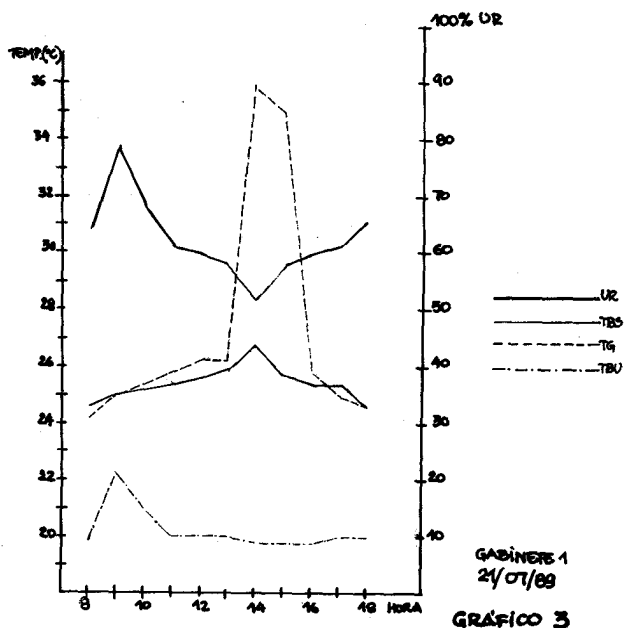
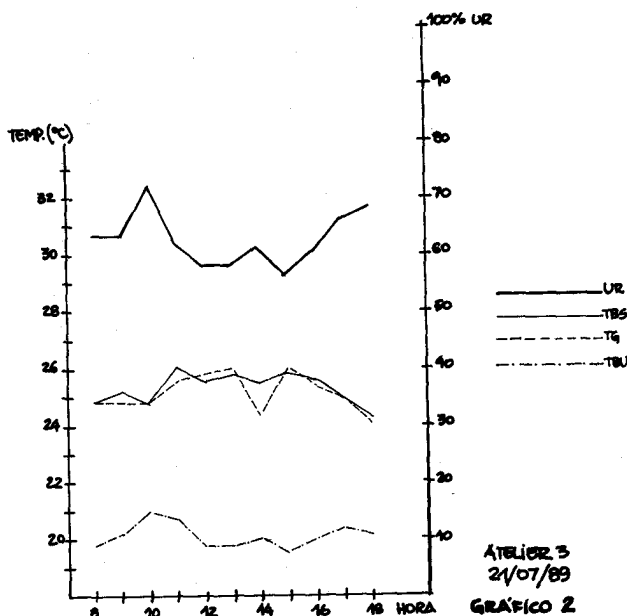
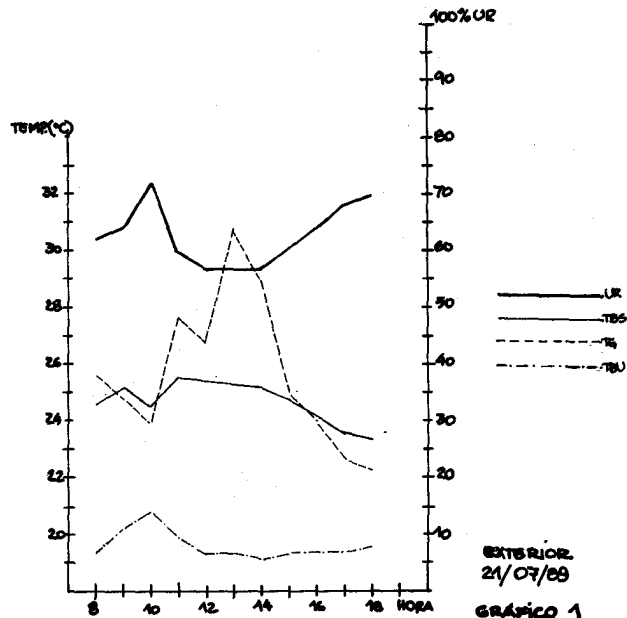
É necessário ressaltar a limitação dos resultados das análises obtidas em função do seu curto período. No entanto, embora não possam ser, com toda a segurança generalizadas, possuem significado enquanto episódios possíveis de ocorrência nesta época do ano.

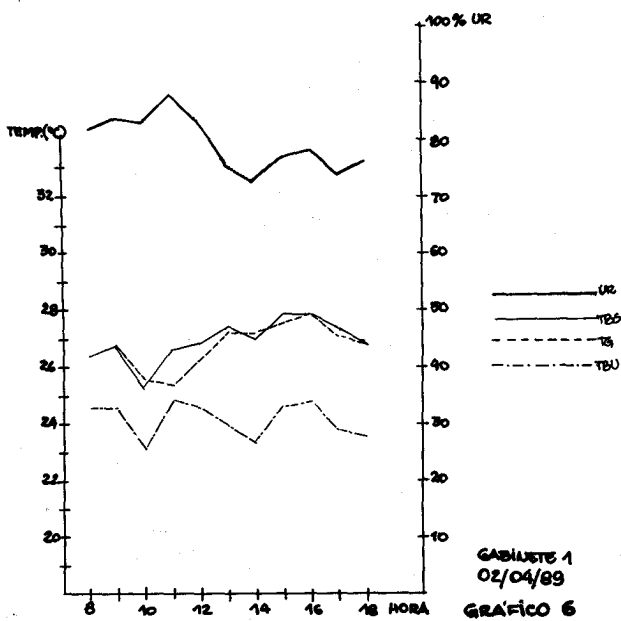
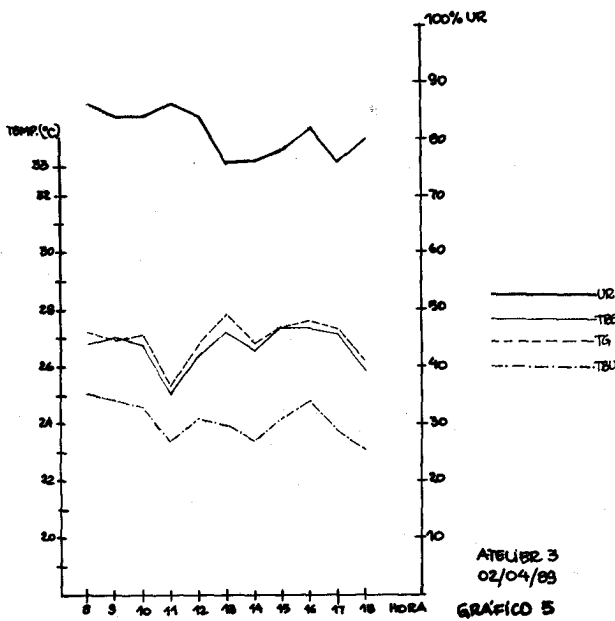
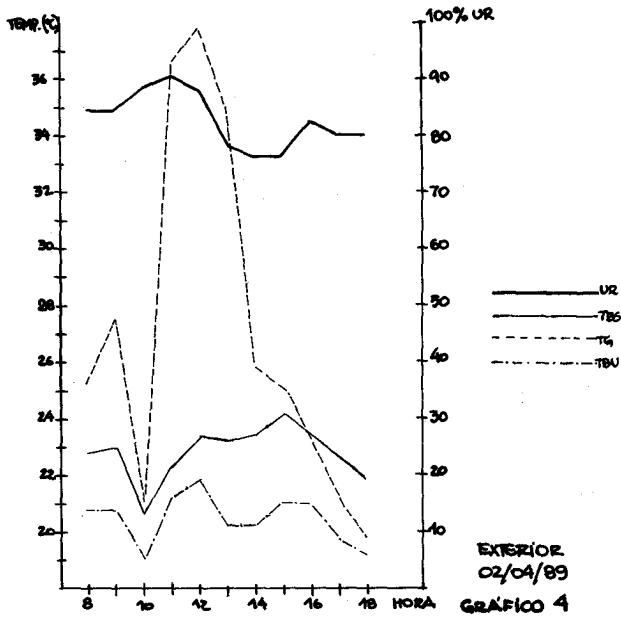
Os episódios foram observados em 31/03, 01 e 02/04/89 e 19, 20 e 21/07/89, períodos que representam as condições típicas de outono e inverno, respectivamente, segundo indicações do Atlas Climatológico do Estado da Bahia (1978).

As medições de inverno refletem a condição representativa de período de desconforto térmico de frio (Gráficos 1, 2 e 3). A condição de outono ficou invalidada, entretanto, como representativa das condições mais rigorosas de desconforto térmico nos Equinócios, por terem sido efetuadas após um período de instabilidade do tempo, ocasionando condições mais amenas do que as inicialmente previstas (Gráficos 4, 5 e 6). Para a condição de verão, está prevista nova série de medições em fevereiro, quando ocorre a passagem do sol pelo zênite, correspondendo ao período mais desconfortável de verão.

No período de inverno, o interior da edificação apresentou, em diversos momentos, valores de TG inferiores à TBS, ressaltando-se que no pavimento inferior esta diferença foi permanente ao longo do dia. Do ponto de vista do conforto térmico, esses momentos provocam uma sensação de desconforto para frio - indicado pela enquete, devido à retirada do calor corporal irradiado para as superfícies internas do ambiente. Este fato ficou comprovado pelos valores da TEC que apresentou resultados, em geral, inferiores à 23°C, sendo que 22°C é considerado limite inferior de inverno.

A condição de outono, do ponto de vista do conforto térmico, caracterizou-se por valores da TEC em torno de 25°C, indicando condições confortáveis de tempo, à sombra no exterior. Considerando que o módulo foi ensaiado de modo compatível com seu uso, a circulação benéfica da ventilação, juntamente com as condições favoráveis do tempo, tornaram os ambientes à barlavento, identicamente confortáveis. Nos ambientes à barlavento do primeiro pavimento a variação da TEC foi maior ($\pm 3^{\circ}\text{C}$), como consequência da penetração da radiação difusa pela esquadria, enquanto que nos ambientes à sotavento essa variação foi menor ($\pm 1,5^{\circ}\text{C}$), em consequência da insensível movimentação do ar. A inexistência de circulação de ar parece ser desagradável em climas quente-úmidos e assim parece não haver sentido a inclusão da curva de 0 m/s na zona de conforto da TEC, conforme constatado através das entrevistas com os usuários nesta oportunidade.





As medições realizadas comprovam que os componentes constitutivos da edificação possuem pequena inércia térmica, caracterizada por um curto tempo de retardo e reduzida capacidade de amortecimento das condições climáticas externas, especialmente no pavimento superior (Gráficos 5 e 6).

VENTILAÇÃO

A edificação está situada no topo de uma elevação (cota 50), de vertente SE, livre de obstruções e voltada para um vale (cota 14,3) (Figuras 1 e 5).

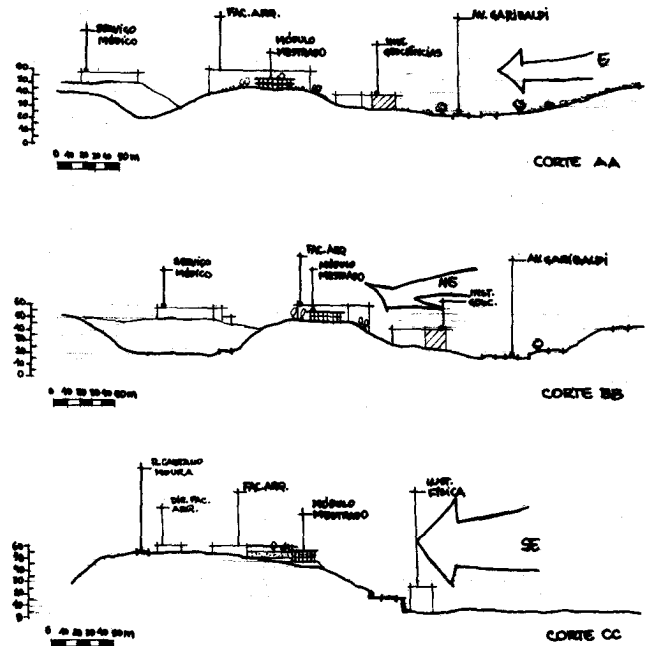


FIGURA 5

Com implantação escalonada, a edificação possui uma fachada, que descortina o vale e o mar, voltada para a orientação 33°SE. A fachada oposta, de orientação 33°NW, abre-se para um jardim interno, delimitado pela alvenaria de contenção do terreno da Faculdade (Figuras 4 e 5 - Corte CC).

Em virtude da topografia do sítio e das condições climáticas da cidade, a edificação recebe os ventos dominantes alísios de direção SE, sem obstrução, direcionado pela modelagem do solo, favorecendo velocidades mais elevadas. Sopram pela manhã de abril a setembro (outono-inverno) e pela tarde de janeiro a setembro (primavera-verão) e à noite, de abril a setembro (outono-inverno) (Valente, 1977).

O vento S, característico da condição do período chuvoso (outono-inverno), também atinge altas velocidades, embora com menor frequência. As aberturas permanentes não oferecem controle sobre os ventos SE e S, que castigam a edificação nos períodos chuvosos, fazendo com que a chuva penetre no ambiente impedindo o pleno desenvolvimento das atividades. As folhas da janela se abrem contra-riamente à direção SE dificultando a entra-

da desse fluxo de vento quando o mesmo é requerido, nas tardes de janeiro a setembro, referente ao equinócio vernal e ao verão.

A edificação fica protegida com relação aos ventos NE e E, que embora sejam desviados e canalizados pelo edifício adjacente não tem possibilidade de penetrar no módulo, por não ter aberturas capazes de captá-los. Esses ventos não atingem os gabinetes devido à colocação de uma grade de proteção do jardim interno, cujo desenho barra a sua captação.

O vento SE, embora constante, não atinge os gabinetes - fato comprovado nos levantamentos feitos, não havendo aberturas que permitam uma apropriada ventilação cruzada ao nível do corpo dos ocupantes. A pouca energia eólica (velocidade média nos equinócios de 1,3 m/s) é reduzida pelo longo percurso que o vento precisa atravessar, e por uma tela existente na parte superior das divisórias internas dos gabinetes.

INSOLAÇÃO E PENETRAÇÃO DE SOL NOS AMBIENTES

A fachada 33°SE da edificação recebe pouca radiação direta - 4:23h no verão, 2:30h nos equinócios e 1:10h no inverno devido à presença de um toldo metálico na fachada que reduz em cerca de 2:30h o período médio diário de insolação (Figura 6). Os gráficos de penetração do sol (Figuras 7 e 8) mostram a área insolada no interior dos ateliers superiores.

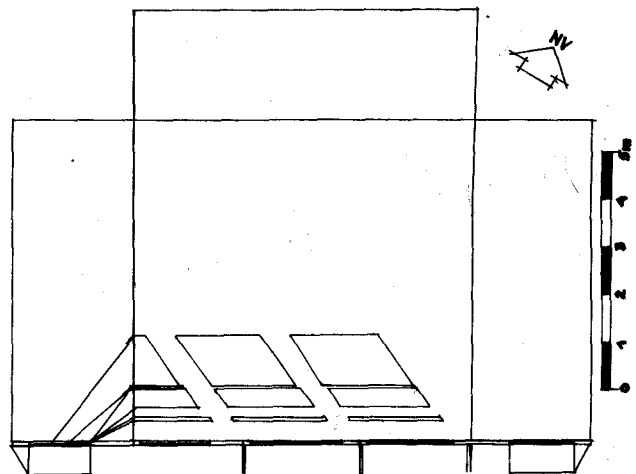
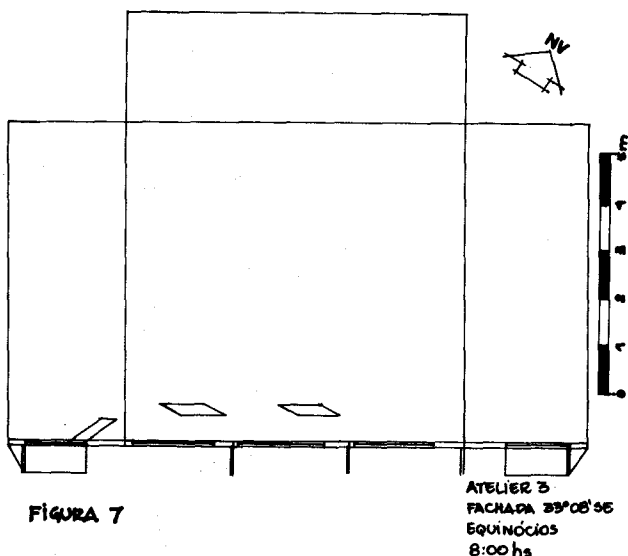
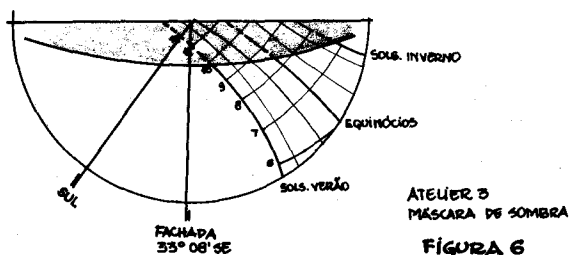


FIGURA 8

ATELIER 3
FACHADA 33° 08' SE
VERÃO
8:00/9:00/10:00 hs

Os ateliers do pavimento térreo são mais protegidos ainda pela projeção de 60cm do pavimento superior, resultando em cerca de 1:30h de insolação média diária efetivamente recebida.

A fachada oposta - 33°NW, bastante protegida pelo beiral e muro de contenção, recebe radiação direta por apenas cerca de 1:00h no verão, 2:30h nos equinócios e 3:15h no inverno (Figura 9). Entretanto, este lapso de tempo coincide com horários do início da tarde, quando as temperaturas externas encontram-se mais elevadas, agravando-se as condições térmicas. (Ver gráficos de penetração do sol nos gabinetes, Figuras 10, 11 e 12).

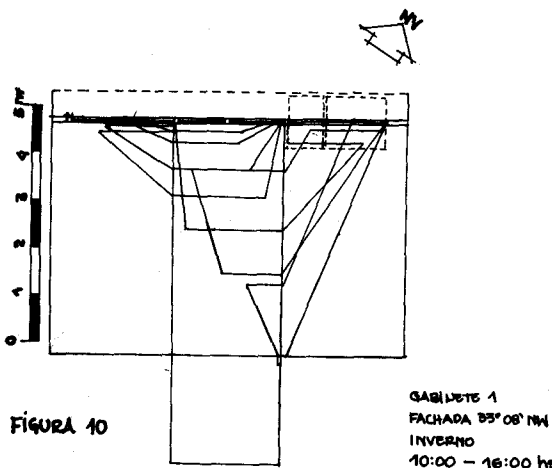
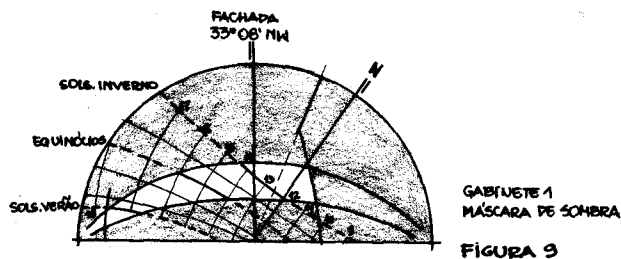
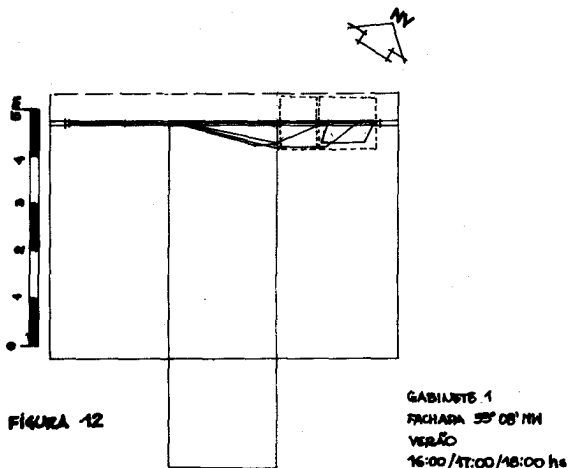
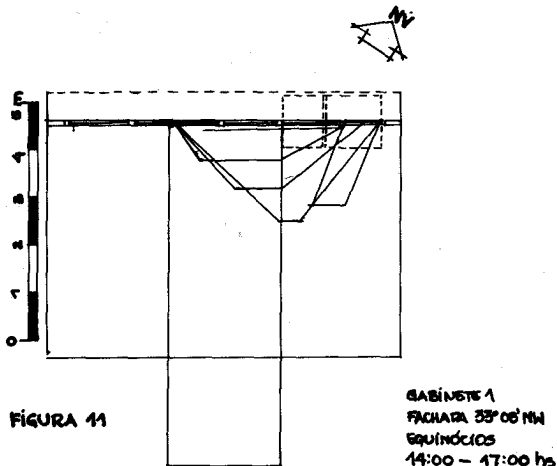


FIGURA 10

GABINETE 1
FACHADA 33° 08' NW
INVERNO
10:00 - 16:00 hs



A insolação atinge a edificação através dos elementos zenitais, por um período de 0:45h no Verão, 1:45h nos equinócios e 2:30h no inverno - também no período mais quente da tarde por serem igualmente orientados para 33°NW.

Não obstante o grau de proteção projetada, a contribuição da insolação no aquecimento dos ambientes é significativo, devido aos materiais de vedação utilizados nas aberturas transparentes e translúcidas, que não só permitem a passagem da radiação direta em momentos críticos mas, sobretudo, permitem a absorção da grande quantidade de radiação difusa disponível em nosso clima.

BALANÇO TÉRMICO DA EDIFICAÇÃO

O método de cálculo utilizado é baseado no método analítico simplificado e tem por pressupostos os seguintes pontos:

- admite-se, inicialmente, que as trocas térmicas ocorrem em regime permanente e ao final, leva-se em consideração a inércia térmica do ambiente, para aproximar da realidade do regime de trocas térmicas variáveis;
- admite-se que a diferença entre a temperatura exterior e a interior é muito pequena

(diferença máxima encontrada 1,8°C) e devido as grandes aberturas que caracterizam a edificação. Considera-se o diferencial térmico ocasionado pela insolação, caracterizado pela temperatura fictícia (t_r), que é igual a: $t_r = (a - I_g) / h_e$ (°C), onde,

a = absorção da radiação solar das superfícies dos materiais da envolvente;
 I_g = radiação solar global (Kcal/m²h);
 h_e = condutância térmica superficial externa da envolvente (Kcal/m²h°C). (Costa, 1978).

- os valores da radiação solar utilizados nos cálculos foram adotados em função do momento crítico do ambiente. Este momento é escolhido tomando-se por base a orientação dos paramentos expostos e a intensidade do fluxo da radiação solar recebida em função da sua área e dos fatores de sombra;

- admite-se, para fins de simplificação e com base nos dados medidos, que os ambientes internos contíguos encontram-se com temperaturas do ar semelhantes o suficiente para que não haja troca de calor entre eles;

- os dados das propriedades físicas dos materiais foram selecionados de tabelas publicadas na literatura e em função da sua maior proximidade com as características dos materiais da edificação. (Estão sendo preparadas amostras para aferição dos seus coeficientes físicos).

- foram selecionados dois ambientes (Atelier 3 e Gabinete 1), ambos no pavimento superior, que representam as condições típicas de desconforto térmico referidas pelos usuários.

Feito o balanço térmico, para o momento crítico Equinócios 11 horas, no Atelier 3 (33°SE), constatou-se que os ganhos através da fachada, com fator de sombra 100%, foram da ordem de 1454 Kcal/h (28%) e da cobertura de 1766 Kcal/h (35%). Considerou-se a presença de 15 ocupantes contribuindo com 1875 Kcal/h (37%), totalizando 5095 Kcal/h. Dos elementos da edificação os amplos panos de vidro (correspondentes a 36% da fachada) e o acrílico do elemento zenital (20% da área do teto) são os principais responsáveis pelos ganhos térmicos. O vidro transmite uma parcela bastante significativa de calor - cerca de 940 Kcal/h, correspondente a 65% do fluxo térmico que penetra pela fachada e o acrílico 855 kcal/h (48% do total da cobertura).

O Gabinete 1, voltado para 33°NW, apresenta seu momento crítico às 12 horas de equinócios. Os ganhos através da fachada foram da ordem de 340 kcal/h (33%), da cobertura 430 kcal/h (42%) e 250 kcal/h (25%), proveniente da ocupação (2 pessoas), totalizando 1020 kcal/h. Similarmente ao Atelier 3, os panos de vidro e o acrílico são os elementos da estrutura responsáveis pela maior contribuição dos ganhos térmicos.

As perdas de calor em ambos os ambientes através dos materiais são muito pequenas, sendo que no cálculo realizado, a perda devido à ventilação respondeu pela maior parcela, embora os cálculos subestimem este valor ao considerar a hipótese de ventilação com força de ventos nula, o que efetivamente não ocorre, a não ser nos episódios de calmaria. Isto foi claramente observado durante as medições de outono, quando às 14 hs, a ventila

ção Sul de cerca de 3,3 m/s contribuiu para manter a TBS e a TG com valores menores do que esperado.

Nos gabinetes, os cálculos se aproximam mais do real, uma vez que a ventilação dominante não os alcança, conforme mencionado anteriormente.

Calculada a inércia térmica, encontrou-se valores de tempo de retardo inferiores à 1 hora e amortecimento em torno de 0,5, comprova do pelas análises das medições realizadas. Segundo Chichierchio (1983), isto corresponde à "construção com materiais muito leves, chapas metálicas e outros materiais com espessuras menores que 2 cm, apoiados no solo e contendo partes transparentes". A temperatura interna máxima calculada a partir desses dados foi de 37,0°C para o Ateliê 3 e de 35,4°C para o Gabinete 1, para um valor de temperatura externa média de 26,9°C, considerando as folhas móveis do ambiente fechadas. Com os elementos móveis abertos, a temperatura interna reduziu-se para 36,4°C no primeiro e para 34,9°C no segundo ambiente.

Como a inércia térmica da edificação é baixa, a explicação para a diferença entre os cálculos e os valores reais medidos de temperatura interna advém da consideração de vento nulo nos cálculos das perdas de calor.

PRINCÍPIOS BIOCLIMÁTICOS DE ARQUITETURA

Os princípios da arquitetura bioclimática para climas quente-úmidos (Oliveira, 1987), como o de Salvador, estabelecem diretrizes gerais de edificação que visam o ajuste dos elementos climáticos na obtenção do conforto térmico, através o aproveitamento dos ventos dominantes e a redução de ganhos de calor das radiações diretas e difusas, e da redução da umidade do ar.

Já na seleção do sítio e implantação das edificações devem ser levadas em consideração fatores como o afastamento entre edificações, a orientação dos paramentos externos, a relação forma/volume e a exposição aos ventos, além do resguardo contra as chuvas.

Em relação ao desempenho dos elementos construtivos os princípios bioclimáticos especificam coberturas isolantes e refletoras, de pequena inércia térmica, com uso de colchão de ar, preferencialmente ventilados, entre a cobertura e o forro; paredes também de baixa inércia, permeáveis à circulação do ar, com aberturas amplas e permanentes permitindo ventilação cruzada; utilização de elementos de controle como beirais, quebra-sóis, cobogós, etc.; adoção de cores claras e materiais refletores na envolvente, além de pés-direitos altos, e outros.

A EDIFICAÇÃO E OS PRINCÍPIOS ADOTADOS

Os elementos construtivos empregados na edificação em estudo (objetivando atender aos princípios bioclimáticos de projeto) foram:

1. partido longitudinal, orientado para os ventos dominantes e possibilitando a ventilação cruzada;
2. aberturas amplas e permanentes;
3. utilização de elementos vazados;

4. elementos de vedação com pequena inércia térmica;
5. cores claras nas fachadas de maior carga térmica com paredes duplas e espaços de ar ventilados;
6. bandeiras permanentemente vazadas protegidas da radiação por um toldo;
7. cobertura com espaços de ar com alguma ventilação, parcialmente capeada com material isolante;
8. utilização de abertura zenital para exaustão de ar e iluminação.

Comparando-se os princípios de projeto bioclimático com as diretrizes adotadas na edificação, observa-se que:

1. as aberturas, consideradas amplas do ponto de vista visual, são vedadas por panos de vidro que impedem a circulação do ar e, por outro lado, captam a radiação direta e difusa, aprisionando as radiações de grande comprimento de onda, conforme comprovado pelos cálculos;
2. as aberturas altas permanentes e corridas ao longo da fachada, correspondem a 14% da sua área. Não funcionam como exaustoras da carga térmica, ao contrário, são de entrada de ar, por convecção forçada pelos ventos dominantes. O toldo que protege tais aberturas da radiação solar possui altos coeficientes de absorção ($a=0,73$) e de emissividade ($E=0,95$) à baixa temperatura, por ser pintado de verde escuro. Consequentemente, o fluxo térmico é carregado para o interior da edificação contribuindo para o aumento dos ganhos térmicos. Turik (1988) considera a proteção solar de vãos abertos com chapas metálicas de cor escura como uma solução inadequada à ventilação. Segundo os cálculos de carga térmica realizados, a contribuição do toldo metálico representa 30% do fluxo total que penetra pela fachada, superado apenas pela contribuição do vidro, da ordem de 65%.
3. as aberturas zenitais, também permanentes, mostram-se insuficientes para a retirada da carga térmica. Tal fenômeno ficou comprovado pelos cálculos do balanço térmico, resultando em apenas 2% na retirada do total dos ganhos de calor do ambiente;
4. a aplicação do princípio de ventilação cruzada para ser eficiente em edificações de climas quente-úmidos, pressupõe fluxo de ar passando ao nível do corpo humano (Givoni, 1976). O projeto, no sentido de resguardar a privacidade dos gabinetes e salas de aula, propõe a ventilação cruzada através de aberturas altas nas divisórias internas e externas. Tal decisão não atende nem aos requisitos da ventilação cruzada nem ao de privacidade, desde quando tais aberturas proporcionam a difração dos ruídos de um ambiente para outro;
5. a estrutura em argamassa armada caracteriza-se por um alto coeficiente de absorção à radiação solar ($a=0,70$) e por alto poder de emissividade do material, sendo, em muitos elementos utilizada aparente;
6. a cobertura, embora contenha espaço de ar, não utiliza seu poder de isolamento por não ser devidamente confinado - existe comunicação com o exterior por onde a chuva penetra. Do mesmo modo, não pode ser con-

siderado convenientemente ventilado devido à disposição dos elementos planos, à existência de calhas funcionando como saídas de ar e à pequena abertura de entrada, que não permitem que a convecção ocorra ao longo de toda a cobertura;

7. a edificação tem partido longitudinal em fila dupla e os compartimentos localizados à barlavento funcionam como barreiras, impedindo que a ventilação atinja aqueles à sotavento, comprometendo o conforto térmico dos usuários.

CONCLUSÕES

As análises e levantamentos realizados substantiam as queixas dos ocupantes quanto ao desempenho térmico da edificação.

As indicações alternativas para correção térmica porém, não serão detalhadas nesta comunicação, pois deverão ser compatibilizadas com as recomendações para a correção acústica, gerando as propostas de intervenção para a obtenção da adequada qualidade ambiental.

As observações feitas no item anterior servirão como indicações norteadoras de tais propostas, observando-se a menor interferência estrutural possível na edificação, por ser menos onerosa e mais simples para sua execução.

Ao final desta etapa de trabalho foi observado que os problemas do conforto térmico não são decorrentes do uso dos princípios gerais bioclimáticos de projeto e sim da aplicação das diretrizes gerais sem a devida compreensão da sua fundamentação, que pode produzir ambientes tão indesejados quanto aqueles projetados sem a preocupação com a condição de conforto ambiental.

A diversidade das conjugações climáticas geram condições ambientais locais específicas de cada sítio e o projeto de arquitetura deve ter como pressuposto fundamental a observância e o conhecimento dessas condições ambientais locais, processo que invariavelmente demanda tempo.

Raramente dispõe-se de todo o tempo necessário para realizar "in loco" as apropriadas observações e medidas, especialmente em sistemas de construções pré-fabricadas, cuja base é a rapidez de execução. Mas não se pode desconsiderar as condicionantes climáticas e as características específicas do local do projeto, ou seja, os elementos físico-ambientais, que oferecem desvios aos padrões climáticos regionais, sem incorrer no risco de produzir resultados indesejados.

No sentido de dar um encaminhamento que conjuga estas preocupações, deve-se buscar 1) a construção de instrumental que agilize a percepção das condições ambientais do sítio, 2) a pesquisa de materiais compatíveis com as condicionantes climáticas, 3) a versatilidade dos detalhes construtivos e 4) a adoção de sistemas mistos de pré-fabricação e componentes executados "in loco", de modo a possibilitar a adaptação às especificidades das condições ambientais de cada sítio.

Essas colocações tentam responder às indagações feitas no início dessa comunicação acerca da adequação dos sistemas construtivos de

pré-fabricação para uso massivo em edificações termicamente confortáveis e tentam, com isso, contribuir para o desenvolvimento de tão útil tecnologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. BAHIA. SEPLANTEC. Centro de Planejamento da Bahia - CEPLAB. "Atlas Climatológico do Estado da Bahia". Salvador, 1978.
2. CHICHIERCHIO, L.C. "Controle do Ambiente em Arquitetura" Mod. 08 Curso de especialização por tutoria à distância, UnB/CAPES, 1983.
3. COSTA, E.C. da. "Conforto térmico nas edificações. Bol. ETERNIT (100). dezembro, 1978.
4. GIVONI, B. "Man, climate and architecture". London, Applied Science Pub. Ltd, 1976.
5. GOMES, R.J. "Condicionamentos climáticos da envolvente dos edifícios para habitação" Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1962.
6. KOENIGSBERGER, O. et alli "Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales". Madrid, Paraninfo, 1977.
7. LIMA, J.F. "Conforto ambiental em arquitetura". Rio de Janeiro, Globo, 1988 (vídeo gravado pelo então diretor da FAEC para Globo Ciência).
8. OLIVEIRA, P.M. & ROMERO, M.B. "Quadro Síntese de Elementos de Controles Climáticos". in Controle do Ambiente em Arquitetura. Mod. Curso de especialização por tutoria à distância, UnB/CAPES, 1983.
9. TURIK, N. "Estabelecimento de Exigências de Desempenho Higrotérmico da Envolvente de Habitações Populares Terreas: Estudo Aplicado à Casa - COHAB, Tipo RS 16-I.3-42". Porto Alegre, CIENTEC, 1988.
10. OLIVEIRA, M. "Conforto térmico em Salvador", Salvador, Universidade Federal da Bahia, Centro Editorial e Didático, 1977.

EQUIPE TÉCNICA:

- Pesquisadores:

- . Maria Lúcia A. M. de Carvalho - Arq.
- . Tereza Maria M. Freire - Arq.
- . Jussara F.G. Nery - Arq.

- Consultoria:

- . Telma Andrade - Fis.
- . Devis David - Fis.

- Auxiliares de Pesquisa:

- . Joselita Macedo Filha - Est.
- . Simone Gonçalves - Est.
- . André L. Silva - Des.
- . Alunos da Graduação - FAUFBA

- Apoio:

- . Reginaldo Praxedes - Datilografia final