



**XV SNTPEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

**STC/ 05
17 à 22 de outubro de 1999
Foz do Iguaçu – Paraná - Brasil**

**SESSÃO TÉCNICA ESPECIAL:
CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (STC)**

PROJETO DE UMA RESIDÊNCIA ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE EM FOZ DO IGUAÇU

Álvaro de Mattos Bártholo*
FURNAS

Roberto Lamberts
Solange Goulart
LabEEE - UFSC

Ana Lígia Papst
Aldomar Pedrini

RESUMO

Este trabalho apresenta o detalhamento do projeto para uma "Casa Energéticamente Eficiente" a ser construída em Foz do Iguaçu, para demonstração de tecnologias energéticamente eficientes.

Primeiro fez-se uma análise do clima local, plotando os dados climáticos sobre a carta bioclimática de Givoni.

A edificação foi projetada para garantir conforto ambiental com baixo consumo de energia. O software Visual-DOE 2.6 foi usado para dimensionar o sistema de ar condicionado e estimar o consumo anual de energia.

O gerenciamento da edificação, abertura e fechamento de janelas, acionamento de ventilador de teto e ar condicionado foi feito de forma a minimizar o uso de energia elétrica.

PALAVRAS-CHAVE

Eficiência Energética, Edificações, Simulação, Ar Condicionado, Bioclimatologia.

1.0 - INTRODUÇÃO

FURNAS é a responsável pela transmissão de energia de Itaipu em Foz do Iguaçu para o Sistema Interligado Sul-Sudeste.

A subestação de Foz do Iguaçu recebe um grande número de visitantes todos os anos, por isso FURNAS decidiu construir uma residência de demonstração que fosse energéticamente eficiente, para mostrar aos visitantes.

O LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, da Universidade Federal de Santa Catarina, junto com a equipe de projeto de FURNAS projetaram uma edificação energéticamente eficiente para o clima local.

2.0 – DADOS CLIMÁTICOS

Existem dois tipos de dados climáticos disponíveis: dados medidos no aeroporto e dados medidos na subestação. Como os dados medidos na subestação referem-se a dados de temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido, e foram medidos perto da subestação (grandes transformadores de energia dissipando calor) em um local com grande albedo, decidiu-se trabalhar com os dados climáticos do aeroporto.

Um ano de dados horários foi adquirido junto a INFRAERO.

A figura 1 mostra a variação de temperatura de bulbo seco ao longo do ano. Valores acima de 25^o ocorreram em janeiro, outubro, novembro e dezembro.

Durante o inverno a temperatura pode ser inferior a 0^o C assim como superior a 28^oC.

A Tabela 2 apresenta os valores médios mensais das amplitudes diárias.

Estes valores foram sempre superiores a 10K, sendo que a maior amplitude média mensal foi de 13.6K em fevereiro.

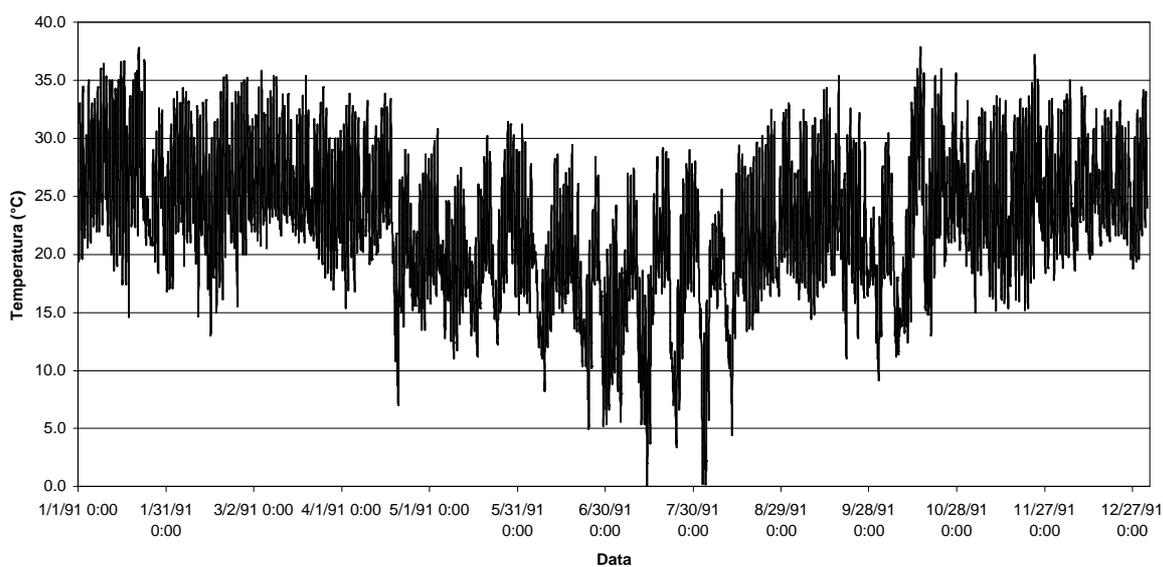
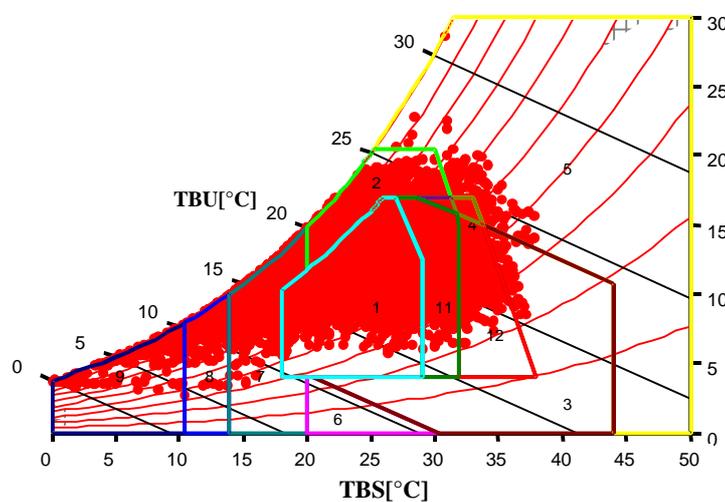


Figura 1 - Temperatura de Bulbo Seco para um ano em Foz do Iguaçu - medição feita no aeroporto.

Tabela 2 - Média Mensal de Amplitude Diária

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média mensal de Amplitude diária	12.5	13.6	11.2	11.5	10.4	10.3	11.7	11.5	12.2	11.9	13.3	10.3



UFSC - ECV - LabEEE - NPC

Figura 2 - Carta Bioclimática de Givoni com os dados climáticos de Foz do Iguaçu.

A análise dos dados de velocidade do vento mostrou que durante 32% do ano não havia vento. Durante 50% do tempo a velocidade do vento ficava entre 2 e 5 m/s. Os ventos norte e nordeste são os mais frequentes.

3.0 - ANÁLISE BIOCLIMÁTICA

A figura 2 mostra os dados climáticos plotados sobre a carta bioclimática de Givoni.

A porcentagem do tempo em conforto durante o ano foi de 33%, e o desconforto foi de 67%. O desconforto por calor é mais frequente (38%) do que o desconforto por frio (29%). As estratégias bioclimáticas mais importantes foram a massa térmica e a ventilação.

O uso da massa térmica mostrou-se importante durante todo o ano (21% no verão e 20.7% no inverno). A ventilação mostrou-se importante durante o verão (20.7%).

4.0 - A EDIFICAÇÃO

A edificação tem 10.92 m x 6.77 m. O beiral norte foi projetado para evitar a radiação solar direta através das janelas no verão, e permitir o ganho térmico solar no inverno. Nas orientações leste e oeste, a edificação tem varandas para garantir o sombreamento destas fachadas.

A análise bioclimática indicou a massa térmica como uma importante estratégia bioclimática a ser usada durante todo o ano.

As paredes foram projetadas com massa térmica e isolamento dentro de uma parede dupla de alvenaria (Figura 3).

A cobertura foi projetada para ter telhas de barro clara, com uma folha de alumínio que funciona como barreira radiante, uma câmara de ar, 5 cm de isolamento e 10 cm de laje de concreto (Figura 3).

As janelas serão de PVC com vidro duplo. As janelas de PVC garantem ventilação noturna sem afetar a segurança.

Foi proposto também o uso de iluminação zênital voltada para a orientação sul, para evitar a radiação solar direta (Figura 4).

O aquecimento de água será feito através de coletores solares. Os equipamentos usados dentro da edificação deverão ter o selo de eficiência energética do PROCEL.

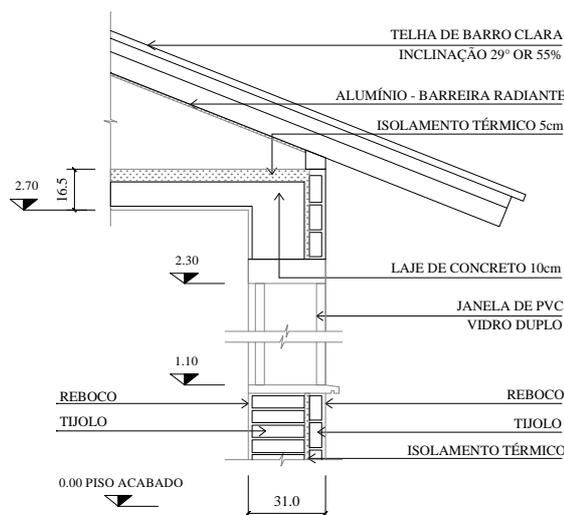


Figura 3 - Detalhe construtivo parede e cobertura.

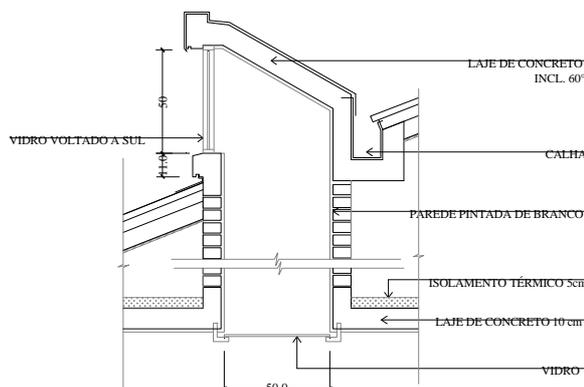


Figura 4 - Detalhe construtivo da Iluminação zênital.

O gerenciamento da edificação durante o verão deverá seguir as seguintes recomendações:

- Ventilação Noturna;
- Se a temperatura externa estiver abaixo de 25°C durante o dia, então permitir o uso de ventilação natural;
- Se a temperatura externa for superior a 25°C, as aberturas externas devem ser fechadas. Os ventiladores de teto devem ser acionados para garantir o conforto térmico interno;
- E somente quando a temperatura interna exceder 29°C, acionar o ar condicionado.

Esta edificação será construída neste ano de 1999.

O monitoramento deverá incluir medições dos dados climáticos externos, temperatura interna, umidade relativa interna, fluxos de calor pela parede e pela cobertura, e consumo de energia por uso final

(iluminação, eletrodomésticos, ventilador de teto e ar condicionado).

5.0 – PROJETO DE AR CONDICIONADO E SIMULAÇÃO

O modelo de edificação simulado foi proposto com uma ocupação de 11 pessoas e a densidade de energia elétrica consumida por equipamentos assumida foi de 1.5 W/m^2 . A infiltração de ar proposta foi de 1 troca de ar por hora e a renovação com o ar externo de 1.3 trocas de ar por hora. A ocupação começa às 8:00h, e termina às 18:00 h, de segunda a sexta. A transmitância "U" da parede é $0.96 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ enquanto a da cobertura é de $0.41 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Foi simulado a temperatura interna sem o uso de condicionamento de ar. Na figura 5 a frequência das temperaturas horárias internas e externas sobre condições de desconforto (acima de 29°C e abaixo de 18°C) foram impressas durante o período de ocupação, durante um ano. Ocorreram 1018 horas de desconforto, 139 horas abaixo de 18°C e 849 horas acima de 29°C .

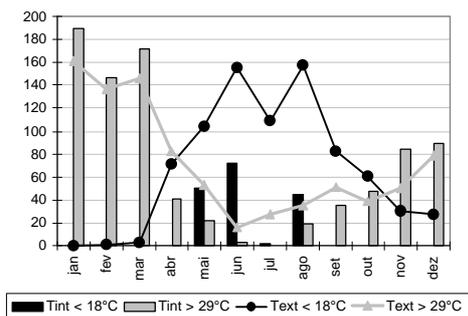


Figura 5 – Horas de desconforto através do ano.

O dimensionamento do ar condicionado foi feito através de simulação e identificação das cargas térmicas máxima de resfriamento e aquecimento entre os meses de janeiro e dezembro, usando um arquivo climático TRY. A carga de aquecimento foi de 10.0 kWh, enquanto a carga de resfriamento foi de 10.3 kWh (35 300 Btu/h). O sistema é similar a uma unidade "self-contained" ("packaged) com compressor Scroll. Apesar deste sistema não atender as condições internas em 3.9% das horas do ano, esta escolha é a melhor opção considerando o consumo total de energia.

A primeira alternativa estudada consiste na adição do controle entálpico para controlar a entrada do ar externo. O ar de retorno é substituído pelo ar externo quando a entalpia do ar externo é inferior a 58.2 kJ/kg .

A redução do total anual de energia usada foi de 4.1%.

A segunda alternativa proposta foi o acionamento da ventilação artificial noturna entre 3:00 e 6:00 horas da madrugada. Como esta alternativa tem um aumento no consumo de energia pelo uso dos ventiladores, a redução do consumo total de energia anual foi de apenas 2.3%.

A terceira alternativa estudada foi o aumento da taxa de transferência de calor por convecção das pessoas dentro da edificação. Isto foi feito com o uso de ventilação forçada (ventiladores de teto) em uma específica faixa de temperatura, entre 25°C e 29°C . Depois disso, o ar condicionado seria acionado. Deste modelo foi derivado um estudo de caso sem controle entálpico, e outros dois com controle entálpico em 54 kJ/kg e em 68 kJ/kg .

Os resultados destas implementações podem ser vistos na figura 6, e a redução de energia é visível em todos os casos. A alteração do set-point de 24°C para 29°C reduz o consumo de energia do caso base em 37%. Esta correção combinada com o controle entálpico em 54 kJ/kg , reduz ainda mais o consumo anual de energia, chegando a reduzir em 39% comparando com o caso base. A melhor performance foi alcançada com o set-point a 29°C combinado com o controle entálpico em 68 kJ/kg , reduzindo em 41% o caso base.

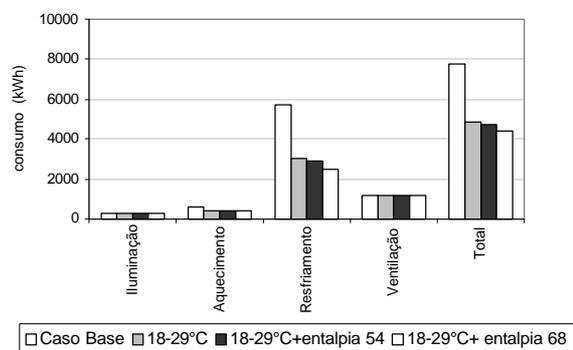


Figura 6 - Uso final por alternativas com set point de resfriamento a 29°C , controle entálpico e ventilação forçada.

6.0 - CONCLUSÕES

A disponibilidade de um bom arquivo de dados climáticos horário permitiu uma análise bioclimática detalhada pra garantir um projeto adequado ao clima local de Foz do Iguaçu.

O uso de massa térmica aliado ao uso de ventiladores de teto até a temperatura de 29°C , mostrou-se ser uma

importante decisão, pois reduz a necessidade do uso do ar condicionado a poucas horas por ano. Durante o dia, a ventilação interna será controlada dependendo da temperatura externa.

Durante o inverno o ganho de calor pelas janelas ajudará a reduzir o uso do aquecimento artificial.

Esta edificação será construída durante o ano de 1999, e o monitoramento da temperatura interna e externa, fluxos de calor pela paredes e pela cobertura, além da energia por uso final, irão permitir o estudo da eficácia das opções de projeto adotadas.

7.0 – BIBLIOGRAFIA

- (1) ABDELRAHMAN, M.A., AHMAD, A. Cost Effective Use of Thermal Insulation in Hot Climates, Building and Environment, Vol. 26 no 2, pp. 189-194, 1991.
- (2) ASHRAE. Thermal Environmental Conditions for Human Ocupancy, STANDARD 55-1992. Atlanta, USA.
- (3) ATHIENTIS, A., BERGER X., SANTAMOURIS, M. Thermal Analysis for Summer Comfort in Building, Series: Energy Conservation Buildings. Grécia: Editors: M. Santamouris – D. Asimakopoulos, 1995.
- (4) DE WALL, H.B. New Recommendations for Building in Tropical Climates, Building and Environment, Vol. 28 no3, pp. 271-285, 1993.
- (5) DEXTER, M. E., (1980). Including Mass and Insulation in Buildings Walls, ASHRAE Journal, Março-1980, pp 35-38.
- (6) GIVONI, Baruch. Passive and Low Energy Cooling of Buildings. Nova Iorque, Van Nostrand Reinhold, 1994.
- (7) GOULART, S.V.G., BARBOSA, M.J., PIETROBON, C.E., BOGO, A., PITTA, T. Bioclimatologia Aplicada ao Projeto e Edificações Visando o Conforto Térmico. Relatório Interno: 02/94, NPC, UFSC, Florianópolis, 1994.
- (8) KOENIGSBERGER, O. H., INGERSOLL, T. G., MAYHEW, A., SZOKOLAY, S.V. Manual of Tropical Housing and Building. Part one: Climatic Design. 4ª edição. Longman Group Limited, New York, 1980.
- (9) KOLOKOTRONI, M., e YOUNG, A. N., Guidelines for Bioclimatic Housing Desing in Greece. Building and Environment, Vol. 25, no 4, pp. 297-307, 1990.
- (10) RUDOY, W ., and DOUGALL, R.S. Effects of the Thermal Mass on Heating and Cooling Load in Residences, ASHRAE Transactions, Vol.85, pp. 903-917, 1979.
- (11) SANTAMOURIS, M., ASIMAKOPOLOUS, D. (editors), Passive Cooling of Building Published by James & James (Science Publishers) Ltd, UK, 1996. Cap. 8: Heat Attenuation.
- (12) SZOKOLAY, S.V. Cooling Problems and Responses in Predominantly Overhead Humid Regions. In: Passive Cooling. Ed. Bowen et all, 1981p. 651-659.
- (13) YANNAS, S., MALDONADO, E., eds. PASCOOL Handbook – Designing for Summer Comfort. Archietctural Association Graduate School. Londres, 1995. Cap.4: Thermal Inertia.