



## **III ENCONTRO NACIONAL I ENCONTRO LATINO-AMERICANO**

**Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995**

### **AValiação de desempenho térmico dos setores de aulas do campus da UFRN.**

**Prof. Eduardo Henrique Silveira de Araújo**  
UFRN / Centro de Ciências Exatas / Departamento de Estatística

**Profa. Themis Lima Fernandes Martins**  
**Profa. Virgínia Maria Dantas de Araújo**  
UFRN / Centro de Tecnologia / Departamento de Arquitetura

**Campus Universitário - CEP - 59072 - 900 - Natal / RN**  
**Tel.: (084) 2311266 - r. 256 e 306; Fax: (084) 2319048**

#### **RESUMO**

Trata-se de um trabalho de avaliação de desempenho térmico dos Setores de Aulas Teóricas do Campus da UFRN através de medições "in loco" e de estudo comparativo destes setores de aulas pela análise de variáveis contínuas e discretas que representam dados climáticos, dados da estrutura física da edificação e critérios de conforto térmico dos usuários. Constata-se a inadequação térmica destas salas de aulas e recomenda-se além de algumas reformas, um estudo mais aprofundado de conforto ambiental.

#### **ABSTRACT**

This work comprises the assessment of the thermal conditions of the various lecture rooms at UFRN campus. Through on site measurements as well as a comparative study of these lecture rooms using the method of continuous and discrete variable analysis wich represent climatic data, data on the physical structure of these buildings and criteria for thermal comfort of the users were assessed. The results showed that the lecture rooms under study are thermally inadequate. Suggestions were made on the necessary modifications to be carried out and the need for a more detailed study on the environmental comfort of these sites was pointed out.

#### **PALAVRAS - CHAVE**

Desempenho térmico; avaliação; conforto térmico; estudo de caso

#### **INTRODUÇÃO**

A adequação da edificação ao clima do local significa que: as edificações, uma vez expostas às condicionantes climáticas, devem se comportar de forma a responder às exigências dos usuários para que estes possam desenvolver suas atividades sem que haja desconforto térmico, ou seja, as atividades devem ser desenvolvidas sem que as pessoas sintam calor ou frio e sem que o ambiente esteja com excesso ou carência de umidade.

Para que se conseguir este intento, algumas premissas devem ser atendidas: deve-se conhecer o clima da região e o microclima (local), o relevo, as massas de vegetação ou de água existentes próximas, os limites das zonas de conforto humano (temperaturas, umidade, ventilação, etc.), as características físicas dos materiais de construção e componentes, as atividades a serem desenvolvidas nos ambientes, a utilização ou não de equipamentos que produzam calor e/ou umidade, etc. Além de se conhecer bem estas premissas, deve-se principalmente saber como utilizá-las no projeto e na construção.

Normalmente, quando o projeto e, conseqüentemente, a construção não atendem estes condicionantes climáticos, as edificações podem tornar-se extremamente quentes, ou mesmo, frias e exigir um consumo adicional de energia para climatizar artificialmente os ambientes internos.

Hoje, com a utilização intensa dos recursos computacionais, pode-se prever ainda na etapa de projeto, os resultados internos em termos de conforto térmico. Existem vários métodos para se proceder o que se chama de *avaliação de desempenho térmico de edificações*, já transformados em *softwares* de computador, que de maneira bastante precisa podem traçar as curvas das diversas variáveis que prevêm o comportamento térmico das edificações e as relacionam com as sensações térmicas dos usuários.

No entanto, estes não são os únicos recursos disponíveis para se avaliar uma edificação. Existe também a possibilidade de se realizar medições das várias variáveis nas edificações já construídas. Este método tem algumas desvantagens como por exemplo: a carência dos recursos materiais e humanos (equipamentos e pessoal técnico especializado), mas tem também a vantagem de ser uma forma de se poder pesquisar e organizar dados para uma futura confrontação e possibilidade de se adequar os *softwares* para as regiões nas quais estas edificações estão inseridas. Além disso, pode ser um recurso didático importante para a aprendizagem de futuros e até de atuais arquitetos, profissionais ligados a construção de edificações.

Segundo o IPT (Akutsu, 1987 e 88), no processo de avaliação de desempenho térmico de uma edificação, depara-se com um grande número de informações que devem ser previamente processadas. Algumas destas informações correspondem às definições das condições que caracterizam o conforto térmico dos ocupantes, outras correspondem a seleção dos dados climáticos envolvidos e no caso de uma edificação existente, deve-se também considerar as características da construção em si e as atividades a que ela se destina.

## O CASO DOS SETORES DE AULAS DE UFRN

Há dois anos e meio, foi iniciada esta pesquisa, que tem como objetivo a avaliação do desempenho térmico dos Setores de Aulas do Campus Central da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Como processo didático, a finalidade inicial era a demonstração prática dos princípios de transmissão de calor e da utilização dos recursos da Estatística na pesquisa de dados (na disciplina de Conforto Ambiental 02 e de Estatística Aplicada a Arquitetura e Urbanismo do Curso de Arquitetura e Urbanismo). Como pesquisa, o objetivo final é formular propostas de reformas para promover a adequação da construção ao clima da região de Natal - RN e ao conforto térmico dos usuários

O Campus Central da UFRN situa-se entre o Parque das Dunas e a cidade de Natal. Os Setores de Aulas estudados foram projetados e construídos sem se levar em conta o clima da região, que se caracteriza por ser quente e úmido. Os Setores I, II, III e IV são compostos de 7 (sete) blocos de salas de aulas (A, B, C, D, E, F e G), defasados e ligados entre si por uma circulação central. A distância entre os blocos é de 16,70 m, medida que corresponde a 3,3 vezes a altura de cada um. Com exceção do Setor de Aulas I, que tem as faces maiores de seus blocos de salas de aulas orientadas para N/S, os outros tem as faces maiores de seus blocos orientadas no sentido L/O. Os blocos são divididos em salas de aulas cuja menor dimensão é de 6,05x8,0 m, com variações de até 3 vezes este valor, de acordo com as exigências de atividades a serem ali desenvolvidas.

As características gerais dos blocos dos Setores de Aulas: as paredes externas das fachadas maiores são em tijolo cerâmico prensado, com seis furos e espessura de 0,15 cm; as faces menores são em pedra granítica aparente de 0,40 cm de espessura; os pilares externos são em concreto armado, revestidos por pedra granítica, tomando forma trapezoidal; as vigas da laje de forro e calhas das passarelas (laterais aos blocos) são em concreto armado e as lajes de forro são pré-moldadas; as paredes internas, externas e tetos são chapiscadas e rebocadas em massa única, desempenadas e alisadas a esponja; as janelas são em alumínio anodizado, em veneziana e vidro liso de 4 mm, do tipo maxim-ar; as portas são duraplac, com marco de alumínio anodizado, com bandeira fixa; o piso das salas de aula são do tipo industrial de alta resistência (oxicrat) de 1x1m rejuntadas com PVC na cor branca; nas circulações centrais, o piso é de lajota pré-moldada em concreto simples montadas com juntas de seixos; as calhas são impermeabilizadas; as paredes externas são pintadas de amarelo forte e as paredes voltadas para a circulação são pintadas de azul claro; internamente, as paredes são pintadas de azul claro e os cobogós tipo venezianas de branco. A cobertura dos Setores de Aulas I, III e IV, é um sistema formado por chapas onduladas de fibrocimento de 8 mm, madeiramento em massaranduba, formando ático não ventilado, causado pela inclinação das telhas em relação ao forro, já no Setor de Aulas II foram utilizados elementos tipo lanternim, permitindo esta ventilação. O Setor de Aulas I tem as paredes externas voltadas para a circulação dos blocos toda em cobogós de veneziana. No Setor de Aulas IV foram realizadas modificações nas esquadrias das janelas, fazendo com que se abram a 90°. Este sistema construtivo,

apesar de utilizar elementos vazados, contribui bastante para armazenar calor e transmitir uma parte deste calor para os ambientes internos. O grau de insatisfação dos usuários com o calor excessivo nas salas de aula já é bastante conhecido na universidade.

## METODOLOGIA

Já que esta pesquisa tinha objetivos a curto e longo prazo, era fundamental estabelecer uma metodologia que pudesse ser desenvolvida ao longo dos períodos de coleta de dados que padronizasse procedimentos para as diversas equipes de medições. Esta metodologia, como não podia deixar de ser, foi então sendo desenvolvida e aperfeiçoada durante estes dois últimos anos. Alguns dados básicos foram fixados e outros foram acrescentados, na medida em que a pesquisa avançava e esta metodologia era avaliada.

**Equipamentos utilizados.** Foram utilizados os seguintes aparelhos: um psicrômetro de aspiração Sistema Asmann, com termômetros IOPE e divisões de  $0,5^{\circ}\text{C}$  (para temperatura e umidade relativa do ar externos), um termohigrógrafo, marca Metroterm com registrador gráfico em disco (para temperatura e umidade relativa do ar internos) e um termômetro digital de superfície, marca IOPtherm 40, com precisão de  $0,5^{\circ}\text{C}$  com sensor termopar de Ferro-Constantan (para as temperaturas superficiais interna e externa). Posteriormente, foi utilizado um anemômetro de hélices com cronômetro acoplado e tempo de medição de um minuto, unidade em m/min (para velocidade dos ventos, interna e externamente). Vários *softwares* foram utilizados para análise, interpretação e críticas dos dados coletados.

**Procedimentos metodológicos.** Como um dos determinantes da pesquisa eram os recursos materiais e o processo de aprendizagem, inicialmente eram coletados os seguintes dados: temperaturas do ar interna e externa, temperaturas superficiais interna e externa (na telha e na laje), umidades relativas do ar interna e externa. Os dados relativos a ventos, começaram a ser coletados no último ano. Para tanto foram estabelecidos dois pontos de medições externos, nas laterais dos blocos, e três pontos internos, em diagonal com relação à porta, vide figura 01. Os pontos medidos, com exceção das temperaturas superficiais, foram tomados sempre na altura do tórax do corpo humano. Os dados horários foram coletados a partir da 7:00 h até às 19:00. Foram escolhidos sempre os pontos centrais de cada bloco, interna e externamente, vide figura acima mencionada.

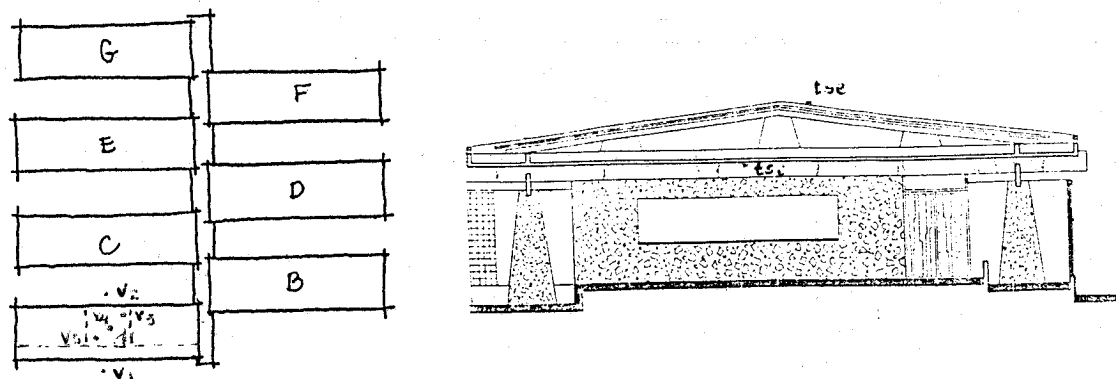


Figura 01. Localização dos pontos de medição em planta e em corte.

A seqüência das medições era a seguinte: tomava-se os dados externos, na ordem, temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido e velocidade do vento no ponto 01 (a um metro da projeção do beiral), temperatura superficial externa (a um palmo da cumieira), velocidade do vento no ponto 02 (a um metro da projeção do beira, na face oposta ao ponto 01), e as internas: temperatura superficial interna (a um palmo da viga central, sempre ao lado direito), e velocidade dos ventos nos pontos 03, 04 e 05 (dois nos extremos e um central, na diagonal com relação a porta). No ponto central, ficava o termohigrógrafo registrando a temperatura e a umidade relativa do ar internos. Normalmente, as medições eram iniciadas normalmente faltando sete minutos para a hora e terminavam sete minutos depois.

Foram também levantados os dados referentes às dimensões das salas, dimensões e tipos das aberturas, números de alunos em sala de aula e a caracterização do entorno. Juntamente com os dados externos foram também observadas as condições climáticas e ambientais: céu aberto, nublado, chuvoso, etc.

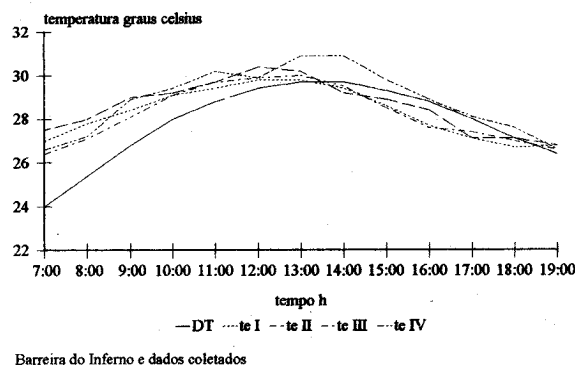
Posteriormente, estes dados foram trabalhados estatisticamente. Foram calculados valores máximo e mínimo, média, mediana, desvio padrão. A análise foi desenvolvida através de técnicas estatísticas tais como: análise gráfica (comportamento), análise multivariada e séries temporais. Foram então desenvolvidos as análises comparativas utilizando-se os valores médios das variáveis. No estudo comparativo das médias foram levantadas hipóteses e utilizados testes estatísticos de comparação de médias com níveis de significância pré-estabelecidos.

**Incertezas experimentais.** Os principais aspectos devido a problemas de medições durante o experimento foram: os dados referentes a cada bloco foram coletados por equipes diferentes e apesar do treinamento e do acompanhamento dispensado a todos os alunos, não se pode assegurar que todos tenham seguido os mesmos procedimentos, no entanto, este acompanhamento, permitiu corrigir algumas distorções.

## ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

Inicialmente, foi estudado o comportamento de cada bloco, em seguida usou-se o comportamento médio de cada variável, de cada Setor, para os estudos comparativos. O primeiro estudo compara a média dos dados coletados com o Dia Típico para a região de Natal - RN (Martins, 1993); o outro compara as médias dos dados coletados de cada Setor com os limites de conforto também estabelecidos para a região. Constatou-se neste caso a inadequação da edificação ao clima de Natal e às exigências de conforto térmico dos usuários.

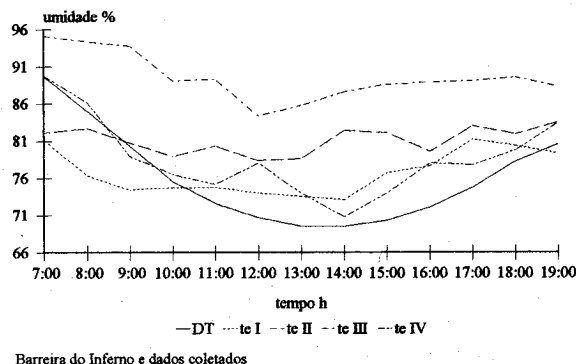
**COMPARATIVO DE COMPORTAMENTO DAS MÉDIAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS DOS SETORES DE AULAS COM DIA TÍPICO DE TEMPERATURA DO MUNICÍPIO DE NATAL**



**Figura 02.** Gráfico comparativo do comportamento das médias de temperatura do ar externas dos Setores de Aulas com o Dia Típico para a região de Natal - RN.

Pode-se observar com este gráfico do comportamento das médias de temperaturas e com os testes estatísticos de comparação das médias, que a hipótese de semelhança foi rejeitada. O comportamento médio das temperaturas externas de cada Setor é distinto do Dia Típico e distinto dos outros setores. Justifica-se tendo em vista que a orientação e também os entornos são diferentes.

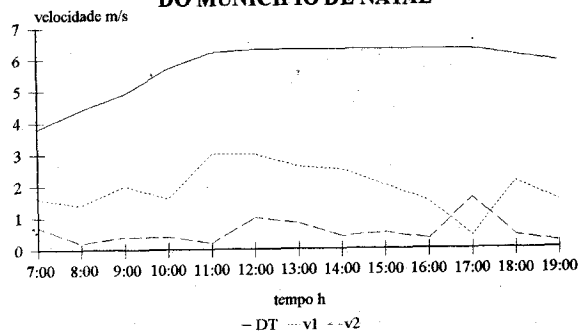
**COMPARATIVO DO COMPORTAMENTO DAS MÉDIAS DE UMIDADES EXTERNAS DOS SETORES DE AULAS COM O DIA TÍPICO DE UMIDADE DO MUNICÍPIO DE NATAL**



**Figura 03.** Gráfico comparativo do comportamento das médias de umidades relativas do ar externas dos Setores de Aulas com o Dia Típico para a região de Natal - RN.

Neste caso, a hipótese de semelhança também foi rejeitada. Pode-se observar que algumas medições foram realizadas em dias com umidade relativa do ar bastante elevadas, outras foram medidas sob a chuva mesmo.

**COMPARATIVO DO COMPORTAMENTO DAS MÉDIAS DA VELOCIDADE DOS VENTOS EXTERNAS DO SETOR DE AULAS II COM O DIA TÍPICO DE VELOCIDADE DO VENTO DO MUNICÍPIO DE NATAL**



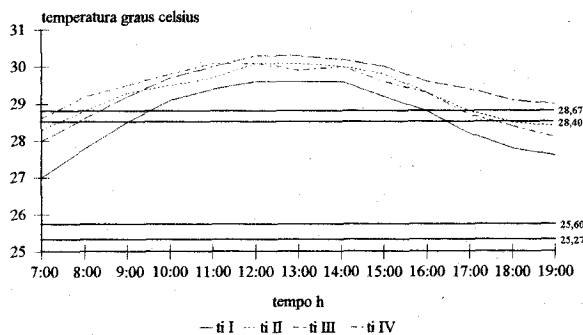
Barreira do Inferno e dados coletados

**Figura 04.** Gráfico comparativo do comportamento médio das velocidades do ar externas aos blocos dos Setor de Aulas II em relação com o Dia Típico para a região de Natal - RN.

Idem para o comportamento médio das velocidades do ar externos. Cada local de medição nos bloco tem comportamento distinto do Dia Típico e também do outro ponto de medição. Neste caso pode-se compreender estes comportamentos distintos tendo em vista que além dos entornos e orientações serem diferentes, as massas de ar, próximas ao solo, encontram maior rugosidade nos espaços construídos.

Ao se analisar os três gráficos em conjunto, verifica-se a caracterização do clima da região quente úmido: temperaturas não muito elevadas, com pequena amplitude diária, umidade relativa do ar elevada e uma ventilação constante, mesmo que com velocidade do ar não muito alta.

**COMPARATIVO DO COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA INTERNA DO AR DOS SETORES DE AULAS COM OS LIMITES DE CONFORTO**



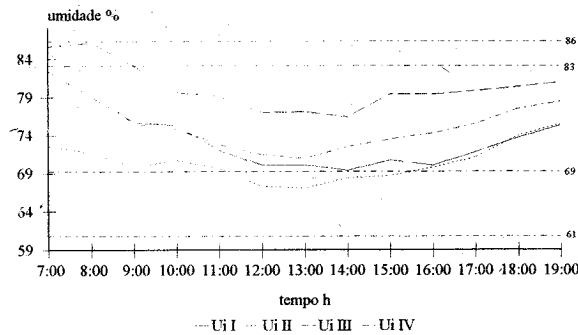
(Araújo, 1991) e dados coletados

**Figura 05.** Gráfico comparativo das médias de temperaturas do ar internas com os níveis de conforto térmico estabelecidos para a região de Natal.

Este gráfico torna evidente que a maior parte do dia e também uma parte da noite, as temperaturas do ar nas salas de aulas são bastante elevadas e estão acima dos limites de conforto térmico para os usuários em atividades sedentária. Nota-se que os professores, ao ministrarem as aulas, sentem mais os efeitos das temperaturas elevadas do ambiente.

Pode-se notar, com a figura 06, que a maior parte do tempo, os níveis de umidade relativa do ar estão dentro dos limites de conforto do usuário, no entanto, quando estes valores são somados às temperaturas elevadas, a sensação de desconforto térmico é muito desagradável e não estimula o desenvolvimento da atividade de ensino, onde a atenção do estudante é bastante exigida. As baixas velocidades do ar internas, conforme figura 07, somam-se a elevadas temperaturas internas e umidades relativas do ar.

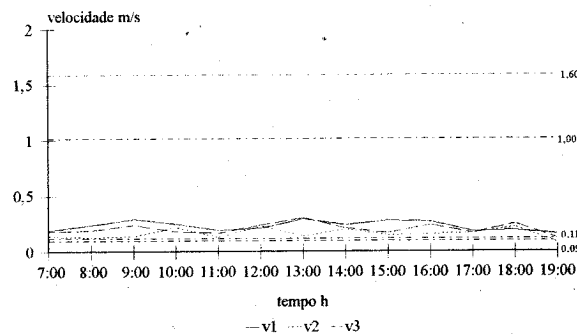
**COMPARATIVO DO COMPORTAMENTO DA UMIDADE  
RELATIVA DO AR INTERNA DOS SETORES DE AULAS COM  
OS LIMITES DE CONFORTO**



(Araújo, 1991) e dados coletados

**Figura 06.** Gráfico comparativo das médias de umidade relativa do ar internas dos Setores de Aulas com os limites de conforto para a região de Natal - RN.

**COMPARATIVO DO COMPORTAMENTO DA VELOCIDADE  
DO AR INTERNA DO SETOR DE AULAS II COM OS LIMITES  
DE CONFORTO**



(Araújo, 1991) e dados coletados

**Figura 07.** Gráfico comparativo das médias de velocidade do ar internas do Setor de Aulas II com os níveis de conforto para a região de Natal.

**Recomendações.** As reformas devem considerar que é necessário reduzir a carga térmica advinda da cobertura, promover maior proteção (sombreamento) para as aberturas (janelas principalmente), a modificar as esquadrias para que as janelas possam ser abertas a 90 graus, em alguns casos, estas esquadrias deveriam ser transformadas em janelas pivotantes com eixo vertical, um tratamento paisagístico do entorno, para modificar o microclima e um estudo mais aprofundado de conforto ambiental para se evitar os problemas causados no Setor de Aulas I, onde a utilização de paredes com venezianas em toda a sua extensão provocou problemas sérios de acústica.

**REFERÊNCIAS**

1. AKUTSU, Maria, SATO, Neide Nakato, PEDROSO, Nelson Garcia, *Desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares: manual de procedimentos para avaliação*. São Paulo: IPT, Div. de Edificações, 1987.
2. AKUTSU, Maria, LOPES, David, *Simulação do desempenho térmico de edificações*. In: *Tecnologia de Edificações/ Projeto de divulgação tecnológica Lix da Cunha*. São Paulo: Pini: IPT, Div. de Edificações, 1988.
3. MARTINS, Themis L. F., ARAÚJO, Virgínia M. D., ARAÚJO, Eduardo H. S., QUEIRÓZ, José W., *Tratamento dos dados climáticos para avaliação do desempenho térmico de edificações em Natal - RN*. In: *Anais do Segundo Encontro Nacional de conforto no Ambiente Construído*, Florianópolis: UFSC: ANTAC, 1993.
4. ARAÚJO, Virgínia M. D., ARAÚJO, Eduardo H. S., *Definição dos parâmetros de conforto térmico de edificações em Natal - RN*. In: *I Encontro sobre Normalização ligada ao Uso Racional de Energia e ao Conforto Ambiental em Edificações*, Florianópolis: UFSC, 1991.