

AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM SALAS DE AULA DE UMA ESCOLA DE ARQUITETURA EM ARARAQUARA-SP

**Telma Cristina Pichioli de Carvalho (1); Fábio R. Fontolan (2); Sérgio M. Miceli (3);
Isabel G. Evangelisti (4)**

(1) Prof^a do Centro Universitário de Araraquara /SP

Rua Roberval Pozzi, 97 – Santa Marta / São Carlos-SP, Cep:13564-230

Tel.: (16) 272-4793 / e-mail: tcpichioli@linkway.com.br

(2) Aluno do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário de Araraquara SP

Av. Matão, 289 – Jardim América/Araraquara – SP, Cep. 14811-227

Tel.(16) 237-3965 / e-mail: frfontolan@yahoo.com.br

(3) Aluno do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário de Araraquara SP

Av. Prof. Jorge Correa ,1568–São Geraldo/Araraquara – SP, Cep. 14801-230

Tel.(16) 235-3190 / e-mail: sergiommiceli@yahoo.com.br

(4) Aluna do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário de Araraquara SP

Av. João Pires de Camargo,305 –Santa Angelina Cep . 14 802-402 - Araraquara-SP

Tel. (16) 236-1498 / e-mail: belevangelisti@ig.com.br

RESUMO

Este trabalho mostra a avaliação do desempenho térmico de algumas salas de aula, uma sala de exposições e uma sala de estudos do Centro Universitário de Araraquara (UNIARA- Araraquara-SP). São apresentados os resultados das leituras de algumas variáveis registradas no período de verão dentro das salas e de um abrigo meteorológico móvel, instalado dentro do mesmo microclima. Para análise do conforto térmico utilizou-se o método computacional de Fanger.

ABSTRACT

In this work the evaluation of the thermal effect in some classrooms, a display room and a study room at the Centro Universitário de Araraquara (UNIARA- Araraquara-SP) is presented. Results of readings from some variables which were registered in the summer inside the rooms and from a portable meteorological station installed inside the same microclimate are shown. The Fanger's computational method was used to analyse thermal comfort.

1. INTRODUÇÃO

O presente artigo é resultado de uma pesquisa de iniciação científica que teve por objetivo caracterizar a situação de conforto térmico apresentada por algumas salas não condicionadas em uma escola de Arquitetura e Urbanismo.

O tema conforto térmico em salas de aula de escolas brasileiras começou a ser investigado por pesquisadores há pouco tempo. Segundo LABAKI & BUENO-BARTHOLOMEI (2001), o conforto térmico e luminoso não tem sido intensamente estudado no Brasil quando se trata de ambientes escolares.

Trabalhos recentes mostram que a configuração física do ambiente escolar e a adaptação do aluno a este meio exercem grande influência no aprendizado, conforme BERNARDI & KOWALTOWSKI (2001). Um dos quesitos que o espaço escolar deve oferecer ao seu usuário é o do conforto ambiental. Para que uma pessoa possa realizar suas atividades dentro de um espaço, este deve apresentar uma situação de conforto (térmico, luminoso e acústico) que satisfaça a um maior número de pessoas.

O comportamento do aluno no ambiente escolar varia conforme o seu nível de satisfação com o ambiente. A sensação de desconforto de alunos, professores e funcionários dentro de ambientes escolares interfere em suas atitudes e principalmente na aprendizagem e no ato de ensinar.

Para LABAKI & BUENO-BARTHOLOMEI (2001), situações de desconforto térmico são muito desfavoráveis e prejudiciais para o ambiente escolar pois causam sonolência, alteração nos batimentos cardíacos e aumento da sudorese, além de apatia e desinteresse pela atividade realizada.

Este trabalho é parte de outros que estão em andamento buscando diagnosticar tais ambientes para poder tratá-los, bem como servir como referência para futuros projetos de ambientes escolares.

2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DA CIDADE

A cidade de Araraquara está localizada no centro do Estado de São Paulo, tendo como coordenadas geográficas 21° 47' 37" de latitude Sul, 48° 10' 52" de longitude Oeste e com uma altitude média de 646 metros em relação ao nível do mar.

A área total do município é de 1.312 km² com 77,34 km² ocupados pela área urbana. A cidade fica situada a 269 km da capital, São Paulo.

A classificação climática da cidade segundo Köppen é Cwa, com inverno seco e a temperatura do mês mais quente maior que 22°C, segundo dados da PREFEITURA MUNICIPAL DE ARARAQUARA-ESTADO DE SÃO PAULO (2002).

Com base nos dados climatológicos de 02/01/96 a 06/06/2002 de uma estação situada na Fazenda Santa Amélia em Gavião Peixoto - SP (Estrada Municipal do Correntão – Km 5,6), próxima à cidade de Araraquara, foi feita uma análise do clima. Constatou-se nesta série climatológica de seis anos, que os meses mais quentes do ano são janeiro, fevereiro e março

com uma temperatura média de 26.5 °C e umidade relativa do ar de 58.5%. Os meses mais frios, junho e julho com uma temperatura média de 19,5 °C e umidade relativa média de 48.5%.

3. METODOLOGIA

Foram realizadas leituras de algumas variáveis de conforto térmico no período de verão em salas de aula da Unidade II do Centro Universitário de Araraquara (UNIARA). Nesta Unidade, funciona no período diurno o curso de Arquitetura e Urbanismo e no período noturno o curso de Contabilidade.

Como o edifício apresenta dois pavimentos (térreo e superior) foram escolhidas para instrumentação quatro salas no pavimento térreo e quatro no pavimento superior.

As medições realizadas dentro das salas não condicionadas aconteceram nos horários de 8h, 9h e 10h caracterizando o período da manhã; 14h, 15h e 16h caracterizando o período da tarde e 19h, 20h e 21h caracterizando o período da noite. Simultaneamente eram registradas as mesmas variáveis num abrigo meteorológico móvel, instalado no pátio da escola dentro do mesmo microclima.

As leituras aconteceram no período de verão nos dias 13/03, 14/03, 19/03 e 20/03 de 2002, onde três alunos de iniciação científica e o técnico do laboratório de conforto ambiental se revezaram para realizar a tarefa e checar os aparelhos.

Os aparelhos foram instalados no centro das salas num suporte a 1,20m de altura, conforme AKUTSU et al (1987). Os equipamentos utilizados foram: termohigrógrafo; anemômetro; termômetro de máxima e de mínima e termômetro de globo.

As salas do pavimento térreo foram instrumentadas nos dias 13/03 e 14/03, no dia 13/03 a sala 08 (aberturas Leste/Sul) e sala 10 (aberturas Norte); no dia 14/03 a sala de exposições (aberturas Oeste/Sul) e sala de estudos (aberturas Sul). As salas do pavimento superior foram instrumentadas nos dias 19/03 e 20/03, no dia 19/03 a sala 03 (aberturas Norte) e sala 02 (aberturas Sul) e no dia 20/03 a sala 05 (aberturas Leste/Sul) e sala 01 (aberturas Oeste/Sul).

As leituras aconteceram em salas ora ocupadas por alunos ora vazias, sem condicionamento artificial, com as portas e janelas abertas, e com as lâmpadas artificiais acesas apenas nos horários em que as salas estavam sendo utilizadas.

O método utilizado para verificação do desempenho térmico das salas foi o programa computacional do Método de Fanger e através do qual obtiveram-se o “Voto Médio Estimado” e a “Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas”.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Análise da Temperatura e Umidade Relativa

Dia 13/03/2002 – Pav. Térreo

Sala 10 (aberturas Norte)

No decorrer do dia a temperatura no interior da sala se mostrou superior a temperatura do abrigo externo, sendo maior, em média, 1,5°C no período da manhã, 2,5°C no período da tarde e 4°C no período noturno. Esta foi a sala que apresentou o resultado mais crítico, devido a má ventilação causada pelo fato do caixilho ser basculante e com pequenas aberturas.

Durante todo o dia a umidade relativa no interior da sala foi superior à externa ficando maior, em média, de manhã 6%, à tarde 16,5% e à noite 12,5%.

Sala 08 (aberturas Leste/Sul)

No período da manhã a temperatura da sala foi aproximadamente a mesma com relação a de fora, no período da tarde a temperatura da sala foi em média 4°C mais baixa e à noite 1°C mais alta.

Durante todo o dia a umidade relativa no interior das salas foi superior à externa ficando mais alta, em média, de manhã 1,5%, à tarde 5,5% e à noite 6,5%.

Dia 14/03/2002 – Pav. Térreo

Sala de estudos (aberturas Sul)

No período da manhã a temperatura da sala foi em média 3,5°C superior a de fora, no período da tarde a temperatura da sala foi em média 1,5°C mais baixa e à noite 3,5°C mais alta.

Durante todo o dia a umidade relativa no interior das salas foi inferior à externa ficando maior, em média, de manhã 6,5%, à tarde 5,5% e à noite 7,5%.

Sala de exposições (aberturas Oeste/Sul):

Com relação a temperatura interna comparada com a externa, durante o período da manhã a temperatura da sala foi em média 3°C mais alta, no período da tarde a temperatura da sala foi em média 3°C mais alta e à noite 2,5°C mais alta.

Durante todo o dia a umidade relativa no interior das salas foi inferior à externa ficando em média de manhã 5,5%, à tarde 2,5% e à noite 3,5%.

Dia 19/03/2002 – Pav. Superior

Sala 03 (aberturas Norte):

No período da manhã e da tarde a temperatura interna foi em média 3°C mais baixa com relação à externa. No período noturno a temperatura interna apresentou-se em média 1,5°C mais elevada.

No período da manhã o interior da sala apresentou uma umidade relativa média de 3% mais baixa do que a do exterior. Já no período da tarde e da noite a umidade interna foi mais elevada ficando em média 9% e 5% respectivamente.

Sala 02 (aberturas Sul):

No decorrer da manhã e da tarde a temperatura média da sala foi mais baixa, 1°C e 2,5°C respectivamente. Já no período noturno a temperatura interna ficou 1,5°C mais elevada.

Durante o período da manhã o interior da sala apresentou uma umidade relativa média de 1% mais baixa do que a do exterior. No período da tarde e da noite a umidade interna foi mais elevada ficando em média 3,4% e 6,5% respectivamente.

Dia 20/03/2002 – Pav. Superior

Sala 05 (aberturas Leste/Sul):

A temperatura interna da sala ficou em média 1°C superior a de fora, durante toda a manhã, tarde e noite.

A umidade relativa no período da manhã e da noite ficou mais baixa dentro da sala em média 12,5% e 8% respectivamente, o período da tarde a situação foi inversa ficando em média 0,5% mais elevada no interior da sala.

Sala 01 (aberturas Oeste/Sul)

Durante a manhã a temperatura interna da sala permaneceu 0,5°C mais elevada em média do que a externa, durante a tarde a temperatura interna ficou 2°C mais elevada e a noite, 0,5°C mais baixa .

A umidade relativa no período da manhã e da noite ficou mais baixa dentro da sala em média 7,5% e 3% respectivamente. No período da tarde a situação foi inversa ficando em média 4,5% mais elevada no interior da sala.

Apenas como exemplo dos dados coletados e análises realizadas, são apresentados na tabela 1 os resultados das medições realizadas na sala 05 do pavimento térreo.

Tabela 1: Resultados das leituras da sala 05 do dia 20/03/02

LEITURAS DO DIA 20/03/02 - SALA 05									
ABERTURAS PARA LESTE/SUL							ABRIGO		
HORA	TEMP.(°C)	U.R (%)	TERM. GLOBO (°C)	VENTO (m/s)	VME	PPI (%)	TEMP. (°C)	U.R.(%)	VENTO (m/s)
08:00	28,0	63,5	27,5	0.0	0.89	21.9	27,0	93,0	0.2
09:00	28,0	63,5	27,5	0.0	0.89	21.9	27,0	75,0	0.6
10:00	28,0	63,0	28,7	0.0	1.08	29.7	27,0	60,0	0.2
14:00	29,0	63,0	29,5	0.0	1.39	45.2	28	65,0	0.0
15:00	29,0	63,0	28,9	0.0	1.29	39.9	28,0	62,0	0.4
16:00	29,5	63,0	29,9	0.0	1.55	53.5	28,5	61,0	0.0
19:00	29,5	63,5	28,9	0.0	1.40	45.6	28,5	70,0	0.0
20:00	29,5	64,0	29,0	0.0	1.42	46.4	28,5	72,0	0.0
21:00	29,5	64,0	28,9	0.0	1.40	45.6	28,5	74,0	0.0
TEMP. MAX.						30,0			
TEMP. MIN.						27,0			

4.3 Aplicação do Método Computacional de Fanger

Utilizando o método computacional de Fanger obtêm-se o Voto Médio Estimado (VME), que representa a sensação térmica média das pessoas em um dado ambiente, e também a Porcentagem das Pessoas Insatisfeitas (PPI) com este ambiente. Para isto, devem ser estipulados alguns parâmetros de conforto térmico.

Os valores dos parâmetros de conforto fixados na avaliação das salas para o metabolismo, eficiência mecânica e resistência térmica das vestimentas (Clo)* foram:

* índice de resistência térmica total em função dos valores apresentados individualmente pelas vestimentas.

- taxa metabólica dos ocupantes de 70 W/m^2 equivalente à execução de serviços leves, com eficiência mecânica que corresponde a 0 (zero);
- resistência térmica total das roupas igual a 0.35 Clo, roupas leves de verão.

Conforme JABARDO (1984, p. 17), "A ASHRAE (1981), através de sua Norma SS-74, recomenda que a porcentagem de pessoas insatisfeitas seja limitada a 20%", correspondendo a valores de Voto Médio Estimado entre -0,82 e + 0,82 .

4.3.1 Análise da Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas

Dia 13/03/2002 – Pav. Térreo

Sala 10 (aberturas Norte)

Em nenhum horário as pessoas estavam satisfeitas com o ambiente, sendo em média de 79,5% de insatisfeitos. No período da tarde a insatisfação foi maior chegando a 99% dos ocupantes. Esta foi a sala que onde a porcentagem de pessoas insatisfeitas foi maior, explicada pela péssima ventilação na sala, pelo acúmulo de calor e pela condições de exposição.

Sala 08 (aberturas Leste/Sul)

No horário das 9h, apenas 8,5% das pessoas estavam insatisfeitas com o ambiente, isto se deu pelo fato dos ventiladores estarem ligados tendo assim uma velocidade do ar mais elevada. Nos outros horários, o ambiente se apresentou desconfortável para em média 33,5% dos ocupantes. Apesar disto a porcentagem de insatisfeitos foi menor, pelo fato da sala possuir ventilação cruzada e estar melhor orientada com relação ao Norte.

Dia 14/03/2002 – Pav. Térreo

Sala de estudos (aberturas Sul)

Durante todos os períodos a PPI foi superior a 20% sendo em média 48,5% de insatisfeitos, tendo um pico nos horários das 15h e 16h em que a PPI foi em média de 77%. Apesar das aberturas estarem voltadas a Sul e receber pouco sol, esta é uma sala com ventilação natural deficitária, com poucas aberturas e sem ventilação cruzada.

Sala de exposições (aberturas Oeste/Sul)

Durante todos os horários dos três períodos a PPI foi superior a 20%, ficando em média em 37%. A insatisfação com o ambiente não foi tão grande se comparada a outras salas isto pode ser explicado pela ventilação cruzada que a sala possui e pelas de árvores existentes no passeio público próximo à ela.

Dia 19/03/2002 – Pav. Superior

Sala 03 (aberturas Norte)

A PPI no período da manhã foi em média de 12,8%, ficando assim abaixo dos 20%. Nos outros horários a PPI foi em média de 74%. Conclui-se que a orientação da sala ao Norte contribuiu para o resultado favorável da manhã.

Sala 02 (aberturas Sul)

Apenas nos horário das 8h da manhã foi que a sala apresentou uma PPI abaixo de 20%, sendo de 19.6%. Nos outros horários a PPI foi em média de 73%.

Dia 20/03/2002 – Pav. Superior

Sala 05 (aberturas Leste/Sul)

Durante todos os horários a PPI ficou em média acima de 20%, sendo de 39%.

Sala 01 (aberturas Oeste/Sul)

no período da manhã a PPI foi em média de 15,5%, mas no restante dos períodos a médias de PPI foi de 33,5%.A insatisfação com o ambiente foi menor se comparada a outras salas. Isto pode ser explicada pela ventilação cruzada que a sala possui e pelas copas das árvores existentes próximas a ela.

5. CONCLUSÃO

Através dos resultados das leituras apresentados pelas salas, e de algumas observações pôde-se concluir que na maioria dos períodos, as salas instrumentadas apresentam uma situação de conforto térmico desfavorável.

Isto se deve a alguns fatores tais como: as temperaturas da cidade que são elevadas durante quase todo o ano, a orientação das salas com relação ao sol, o tamanho, a quantidade e o tipo de caixilhos, a falta de ventilação cruzada, a inércia térmica dos materiais de fechamento e a ausência de protetores solares.

Como a cidade possui em média temperaturas anuais elevadas, é quase que certo que será necessário em algumas horas do dia a utilização racional de ventilação mecânica ou de resfriamento de alguns ambientes.

O edifício do Centro Universitário de Araraquara foi construído com tijolos maciços e com paredes espessas, possuindo uma alta inércia térmica. Este tipo de fechamento é indicado para cidades com grandes amplitudes diárias e anuais de temperatura. A alta inércia térmica do material de fechamento pode ser uma das causas do aquecimento das salas no período da tarde e da noite.

A orientação de algumas janelas para faces muito ensolaradas também é motivo de aquecimento. Neste caso o uso de alguns protetores solares horizontais seriam de grande eficiência.

Com relação aos caixilhos, estes se mostram deficitários pois na maioria das salas o tipo do caixilho é máximo ar, que não promove uma boa ventilação dos ambientes. No caso da sala 10, os caixilhos são basculantes e também não proporcionam uma boa ventilação, apenas boa iluminação. As salas 01, 08, 05 e a de exposições, que possuem janelas em duas faces diferentes, apresentaram ventilação cruzada e tiveram uma porcentagem de pessoas insatisfeitas em alguns horários menor do que em outras salas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, V. M. D. (2001) Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares no litoral nordestino brasileiro (o caso de Natal/RN). Natal: EDUFRN.
- AKUTSU, M.; SATO, N.M.N.; PEDROSO, N. G. (1987) Desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares. São Paulo: IPT.
- BERNARDI, N.; KOWALTOWSKI, D.C.C.K. (2001) Avaliação da interferência comportamental do usuário para a melhoria do conforto ambiental em espaços escolares: estudo de caso em Campinas-SP. In: VI ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, São Pedro. *Anais*. ANTAC.
- CARVALHO, T.C.P. (1995) Análise do comportamento térmico de uma habitação de madeira em pinus roliço, sob determinadas condições de exposição, para a cidade de São Carlos-SP. São Carlos, 144 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- FARIA, J.R.G. DE; KANEKO, P. M. (2001) Análise térmica das salas de aula do campus da UNESP-Bauru. In: VI ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, São Pedro. *Anais*. ANTAC.
- FROTA, A. ; SCHIFFER, S.R. (1999) Manual de conforto térmico: Nobel, São Paulo. 243p.
- GIVONI, B. (1981) Man, climate and architecture. London: Applied Science.
- JABARDO, J. M. S. (1984) Conforto térmico. São Paulo, IPT/ETERNIT. (Comunicação Técnica, n.348).
- KRÜGER, E.; ADRIAZOLA, M. K. O.; MICHALOSKI, A. O. (2001) Desempenho térmico de salas de aula o CEFET-PR. In: VI ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, São Pedro. *Anais*. ANTAC.
- LABAKI, L. C.; BUENO-BARTHOLOMEI, C.L. (2001) Avaliação do conforto térmico e luminoso de prédios escolares da rede pública, Campinas-SP. In: VI ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, São Pedro. *Anais*. ANTAC.
- LAMBERTS, R. (1997) Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: PW, 188p.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE ARARAQUARA-ESTADO DE SÃO PAULO
(2002) Araraquara em dados – 2002. Edigma Editora. *Revista*.