



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

**ENTAC 2010**

XIII Encontro Nacional de Tecnologia  
do Ambiente Construído

## **AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO DE SALAS DE AULA DE PRÉDIO ESCOLAR DA REDE PÚBLICA EM CAMPINAS/SP**

**Luciana O. Fernandes (1); Nixon C. Andrade (2); Lucila C. Labaki (3); Nubia  
Bernardi (4); Stelamaris R. Bertoli (5)**

- (1) Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – Universidade Estadual de Campinas, Brasil – e-mail: luarq\_ufv@hotmail.com  
(2) Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – Universidade Estadual de Campinas, Brasil – e-mail: deandraden@bol.com.br  
(3) Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – Universidade Estadual de Campinas, Brasil – e-mail: lucila@fec.unicamp.br  
(4) Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – Universidade Estadual de Campinas, Brasil – e-mail: nubiab@fec.unicamp.br  
(5) Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – Universidade Estadual de Campinas, Brasil – e-mail: rolla@fec.unicamp.br

### **RESUMO**

O presente trabalho faz parte de uma pesquisa que investiga e compara o desempenho térmico de duas salas de aula (salas 03 e 04) localizadas na Escola Estadual Professora Maria Alice Colevati Rodrigues na cidade de Campinas, SP. Entrevistas foram feitas com os alunos e questionários aplicados aos professores e funcionários para verificar o nível de satisfação dos mesmos com relação as suas sensações térmicas. Essas entrevistas e questionários demonstraram desconforto térmico de alunos e professores na sala 03 e aceitação da sala 04. Também foram realizadas medições de temperatura em um período de sete dias nessas salas de aula no mês de outubro. Neste trabalho serão apresentados os resultados das análises do cruzamento desses dados coletados. A utilização do software “Arquitrop”, baseado no Método de Mahoney, permitiu a avaliação da compatibilidade entre os parâmetros construtivos por ele recomendados e os obtidos através do levantamento arquitetônico e iconográfico. A análise da sensação térmica dos ocupantes foi realizada através do *software* “Analysis 1.5”. Os resultados das análises confirmam o desconforto térmico manifestado pelos ocupantes da edificação e comprovam que quando uma edificação não é projetada de acordo com as necessidades dos usuários e as condições naturais do local, há uma insatisfação relacionada à sensação térmica dos mesmos, podendo levar a um baixo rendimento de suas atividades.

Palavras-chave: Avaliação Pós-Ocupação, Conforto Térmico, Arquitetura Bioclimática

## 1. INTRODUÇÃO

A adequação do ambiente construído ao clima local é de extrema importância para o bom desempenho da edificação, pois esta consome menos energia com artifícios mecânicos para proporcionar conforto aos seus usuários. Este requisito também se mostra fundamental para oferecer condições salubres para que o ser humano desenvolva suas atividades com maior satisfação e sensação de bem-estar.

Muito tem sido estudado sobre o conforto térmico no ambiente escolar, porém, pouco tem sido feito no sentido da concepção de projetos que levem em consideração estes requisitos ou da correção dos problemas diagnosticados *in loco* através de estudo de Avaliação Pós-Ocupação. Esses problemas de conforto térmico representam um índice preocupante, afinal, um ambiente onde são exigidas atenção e concentração deve proporcionar níveis mínimos de conforto a fim de que seus usuários apresentem um bom desempenho em suas atividades.

Segundo LABAKI e BUENO-BARTHOLOMEI (2001), condições de desconforto causados por temperaturas extremas, ventilação inadequada, umidade excessiva, entre outros, podem ser bastante prejudiciais num ambiente escolar por causarem efeitos fisiológicos e psicológicos indesejáveis nesse tipo de ambiente como por exemplo: sonolência, aumento de sudorese, apatia e desinteresse.

Após a avaliação pós-ocupação, do conforto térmico da Unidade de Atendimento à Criança da Universidade Federal de São Carlos, CAVALCANTI *et al* (2009) destacam a importância da participação do usuário durante este processo de APO, já que estes trazem à tona problemas observados durante sua experiência do lugar e que o pesquisador muitas vezes é incapaz de notar. Porém não tiram o mérito deste último, que traz um novo olhar ao espaço e pode observar elementos negativos que às vezes não são percebidos pelos usuários, “acostumados” àquela vivência.

Ornstein e Roméro (1992) chamam a atenção dos arquitetos para que, ao conceberem seus projetos, considerem os dados climáticos locais, orientação solar, tipologia dos materiais utilizados na envoltória, percentual de vidro nas fachadas, forma do edifício, tipologia da cobertura etc. Estas variáveis, quando equacionadas corretamente, proporcionam aos usuários excelentes condições de conforto e os resultados finais são compensadores.

LEAL *et al* (2006) estudaram o desempenho de peitoris ventilados em ambientes escolares e, comprovaram que a adoção deste método de condicionamento passivo melhora a distribuição do fluxo de vento no ambiente, principalmente no plano de trabalho dos estudantes. Esta estratégia reduz a necessidade de uso de meios mecânicos para refrigeração e conseqüentemente seus custos.

Através de uma pesquisa de investigação do conforto ambiental realizada junto às escolas estaduais da região de Campinas, Kowaltowski *et al* (2002) constatam que a opinião dos usuários sobre o conforto é neutra, já que sua percepção do ambiente está condicionada a interesses pessoais, profissionais e sociais.

A padronização dos projetos dos edifícios escolares vem sendo observada com frequência através de pesquisas sobre o ambiente escolar e resulta em problemas de conforto ambiental já que ignoram as características locais específicas.

Em alguns países desenvolvem-se estudos a fim de contribuir com a melhoria do ambiente escolar em diversos aspectos do conforto ambiental. Esses contribuem à aplicação de normas e códigos de obras exigentes, proporcionando condições de conforto adequadas.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é analisar e comparar o desempenho térmico entre duas salas de aula da escola pública E.E. Profa. Maria Alice Colevati Rodrigues na cidade de Campinas/SP identificar seus problemas através de metodologias específicas e propor soluções. Enquanto uma das salas apresenta sua fachada nordeste sombreada, a outra está desprotegida e exposta à radiação solar direta.

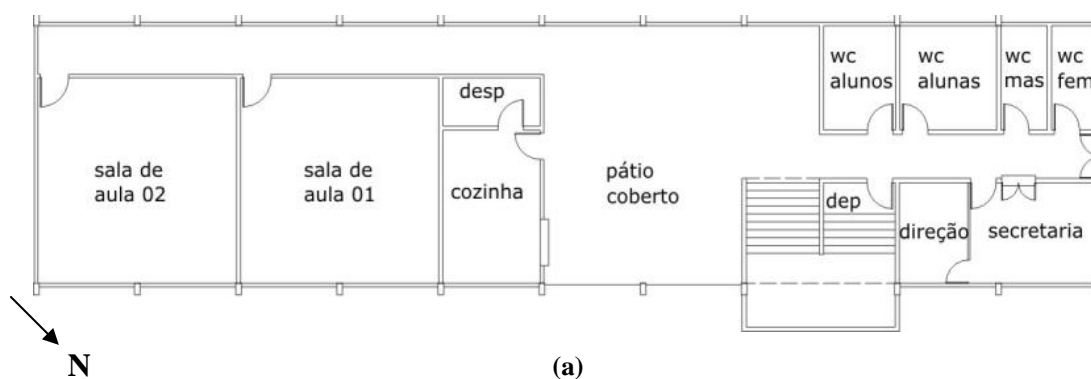
### 3. METODOLOGIA

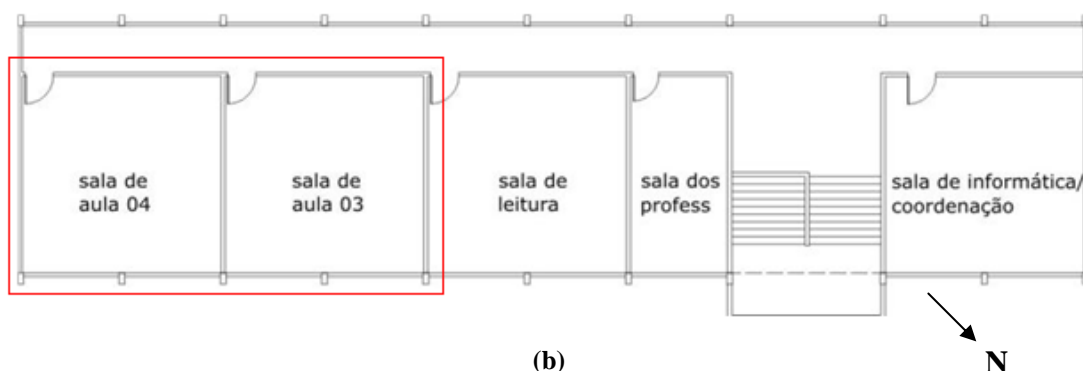
#### 3.1. Levantamento Iconográfico

Segundo KOWALTOWSKI *et al* (2002), os prédios escolares da rede estadual de São Paulo existentes hoje seguem a modulação determinada pela FDE - Fundação para o Desenvolvimento Escolar - com alvenaria em blocos de concreto. A escola analisada está situada na área periférica da cidade numa rua arborizada (figura 01), e constituída por um edifício de dois pavimentos (figura 02). As salas de aula escolhidas para análise estão no segundo pavimento da edificação e possuem uma área de 49m<sup>2</sup> cada (figura 03). Suas principais características físicas são: paredes externas Sudoeste: lisas na cor branca e verde e paredes externas Nordeste com revestimento cerâmico na cor vermelha (figuras 04a e 04b), sendo que a sala 04 tem sua parede externa Nordeste sombreada por uma árvore de grande porte (figura 04c); paredes internas pintadas metade em verde claro e metade em branco; laje maciça na cor branca e esquadrias do tipo basculante voltadas para a face Nordeste (figuras 05 e 06).



Figura 01 - Localização da escola (software Google Earth)





**Figura 02 –Levantamento arquitetônico: pavimento térreo (a) e pavimento superior com destaque às salas analisadas (b).**



**Figura 03 - Planta das salas de aula analisadas (salas 03 e 04)**



**(a)**



**(b)**



**(c)**

**Figura 04 – Fachada frontal (a), frontal e lateral direita (b) e fachada frontal com destaque às salas analisadas e vegetação próxima (c).**

Ao longo da fachada posterior da escola foram instalados cobogós para ventilar e iluminar a área de circulação do pavimento superior e, nas paredes das salas de aula voltadas para esses cobogós há

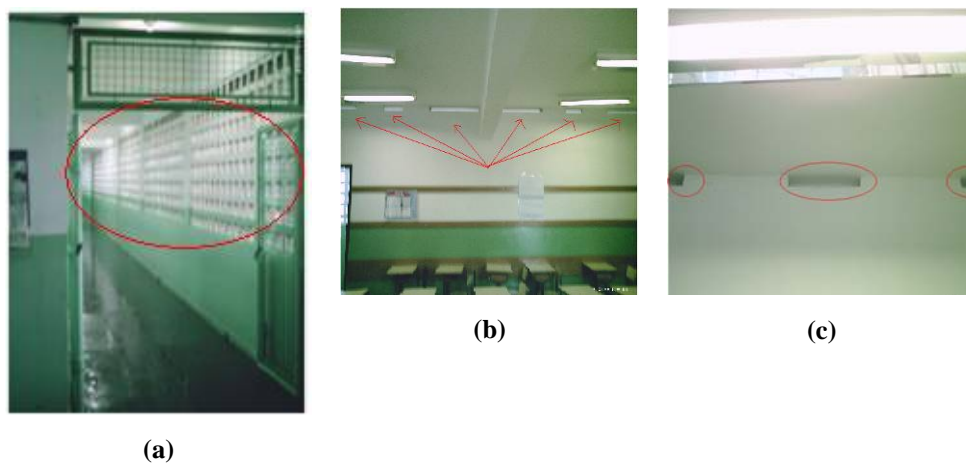
discretas aberturas próximas à laje com o objetivo de promover a ventilação natural dessas salas (figura 07).



**Figura 05 – Sala de aula 03: paredes a nordeste (a) e a sudoeste (b)**



**Figura 06 – Sala de aula 04: paredes a nordeste (a) e a noroeste (b)**



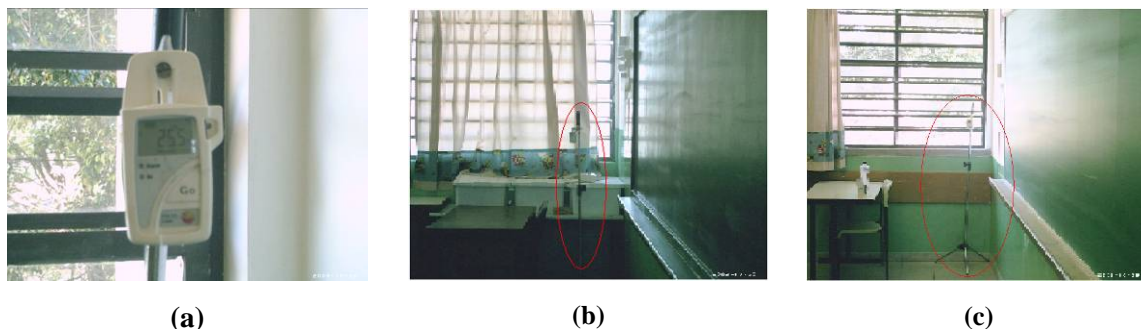
**Figura 07 – Detalhes construtivos da edificação: cobogós ao longo do corredor de acesso às salas de aula (a), visão geral das aberturas próximas ao teto (b) e detalhe das aberturas (c).**

### 3.2. Coleta de Dados

Para a escolha das salas de aula a serem analisadas aplicou-se um questionário, respondido por funcionários e professores da escola sobre questões relacionadas ao desempenho térmico da edificação como sensação e preferências térmicas. As perguntas feitas tinham em vista uma avaliação qualitativa dos ambientes. Com os alunos, foi estabelecida uma conversa informal onde foi perguntado sobre a sensação térmica dos mesmos naquele momento (período da tarde) nas salas de aula. Os alunos manifestaram desconforto em sua unanimidade e necessidade de interferir no ambiente para torná-lo confortável, já que o ventilador ficava desligado por causar barulho e atrapalhar as aulas. Também foram observadas as vestimentas dos entrevistados (alunos, professores e funcionários) e as atividades



que os mesmos realizavam no momento da entrevista. Pela opinião destes, a sala de aula 03 foi a mais criticada termicamente e a sala de aula 04 a mais confortável.



**Figura 08** – Medições internas: detalhe do registrador de temperatura (a) e posicionamento dos tripés nas salas 03 (b) e 04 (c)



**Figura 09** – Medições externas: detalhe da proteção do registrador de temperatura (a) e visão geral do posicionamento do mesmo (b)

Em seguida foram feitas medições da temperatura de bulbo seco das salas de aula (medições internas) e do pátio (medições externas), entre os dias 24 e 30 de outubro de 2009 com registradores de temperatura da marca Testo, programados para medir a temperatura de 10 em 10 minutos. As medições internas foram realizadas no canto da sala, com o instrumento na altura do plano de trabalho dos alunos, 1,50m (figura 08), e para as externas protegeu-se o aparelho com um envoltório de plástico para que insolação e umidade intensa não prejudicassem as medições (figura 09).

### 3.3. Diretrizes projetuais

As diretrizes projetuais foram obtidas pelo Método de Mahoney que se baseia na elaboração de tabelas a fim de estabelecer recomendações de projeto para cada região. Na primeira tabela, são inseridos os dados climáticos locais e a partir dela, obtém-se uma segunda tabela que resulta num diagnóstico e indicadores do clima. Esses indicadores são transformados, numa terceira tabela, em recomendações de projeto: traçado, espaçamento, ventilação, tamanho das aberturas, posição das aberturas, proteção das aberturas, paredes e pisos, coberturas e exterior da edificação.

Foi utilizado o *software Arquitrop 3.0*<sup>1</sup> para fornecer essas diretrizes para a cidade de Campinas. Pode-se, então, utilizá-lo como uma primeira ferramenta de análise, comparando as recomendações projetuais com a construção existente. Foram inseridas as normais climatológicas de Campinas fornecidas pelo próprio programa e as normais fornecidas pelo CEPAGRI (Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura/UNICAMP), que são dados recentes, para comparar ambos os resultados.

<sup>1</sup> "Arquitrop - Conforto Ambiental e Economia de Energia" desenvolvido por Maurício Roriz - Universidade Federal de São Carlos

## 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1. Método de Mahoney

A aplicação do Método de Mahoney através do software *Arquitrop* gerou recomendações que foram comparadas com a situação presente do edifício. Os dados dos materiais construtivos foram obtidos a partir da pesquisa realizada por KOWALTOWSKI *et al* (2002). A seguir, as recomendações confrontadas com a situação real do edifício estudado.

A recomendação para o *Traçado* da edificação é que suas fachadas maiores sejam voltadas para Norte e Sul e que a *Posição das Aberturas* estejam na mesma orientação. A situação real se aproxima do recomendado, pois o edifício tem suas maiores fachadas e aberturas voltadas a Nordeste e Sudoeste.

Os requisitos *Espaçamento* e *Ventilação* são atendidos pela edificação que não apresenta grandes construções ao redor e está localizada em região arborizada. A recomendação para *Tamanho das Aberturas* não se aplica, já que é específica para predominância de períodos frios (o período predominante em Campinas é o quente).

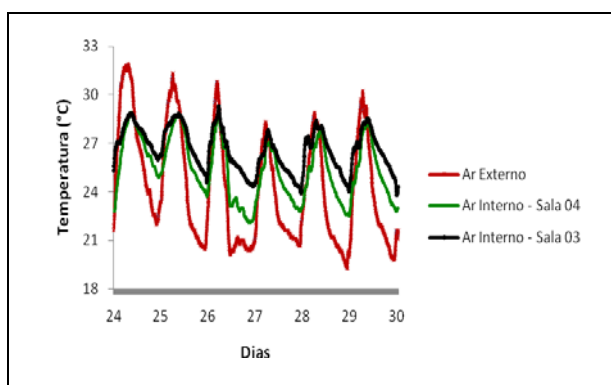
As recomendações que não são atendidas são a *Proteção das Aberturas e Exterior da Edificação*. O método sugere proteção de radiação solar direta no interior e proteção contra chuvas e a edificação possui curtos beirais e brises horizontais móveis somente na cozinha, no térreo, que não funcionam.

Para a *Cobertura* recomenda-se que seja leve ( $U \leq 0,85 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ), o que não é atendido pela edificação que possui telha cerâmica e laje de concreto que juntas, resultam em  $U \approx 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$  de acordo com a NBR 15220/2003.

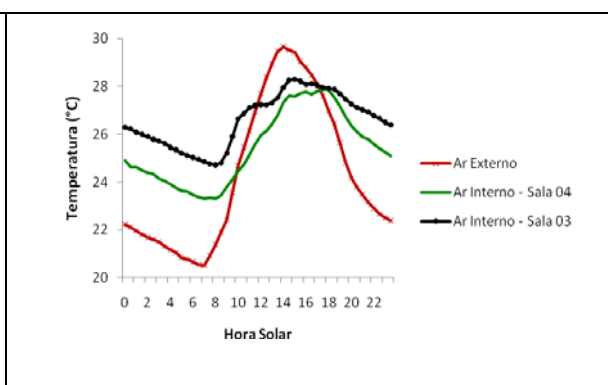
Constatou-se uma incoerência entre as recomendações resultantes da inserção das normais climatológicas do software e as do CEPAGRI no quesito *Paredes e pisos*. A primeira sugere o uso de “Materiais pesados” ( $U \leq 2,0 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ) enquanto que a segunda, “Materiais leves” ( $U \leq 2,8 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ). De qualquer forma, a edificação não atende nenhuma das duas recomendações, já que a Transmitância Térmica das paredes é maior do que a recomendada em ambos ( $U = 4,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ )<sup>2</sup>.

### 4.2. Análise Térmica

As temperaturas internas registradas nas salas de aula bem como as temperaturas externas são mostradas na figura 10. Já as figuras 11 e 12 representam o dia médio dessas mesmas temperaturas.



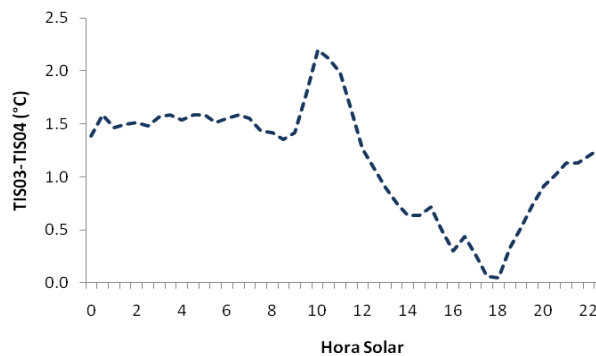
**Figura 10** – Temperaturas externa e do ar interno das salas de aula analisadas



**Figura 11** – Dia Médio: temperaturas do ar interno das salas de aula analisadas

Percebe-se que, em todos os dias, as temperaturas da sala 03 são maiores, pelo fato da sala 04 ter sua fachada protegida por uma árvore, não recebendo incidência solar direta durante um período do dia.

<sup>2</sup> Cálculos realizados com base na NBR 15220/2003.



**Figura 12** – Dia Médio: diferença entre as temperaturas do ar interno das salas de aula analisadas

No período noturno, a diferença de temperatura se mantém praticamente constante, porém, a partir do momento em que há incidência de radiação solar, essa diferença aumenta, passando de 2,0°C. No período da tarde, as temperaturas tendem a se igualar, já que a árvore não funciona mais como barreira à fachada da sala 04 e esta recebe insolação direta. No fim da tarde as temperaturas tendem a manter uma diferença praticamente constante que se estende pela noite.

#### 4.3. Análise de Sensação Térmica

Os resultados fornecidos pelo software *Analysis 1.5*<sup>3</sup> confirmaram o desconforto térmico declarado de professores e alunos principalmente na sala 03. Pelo Método de Fanger temos os seguintes resultados:

	Sala 03		Sala 04	
	Professores	Alunos	Professores	Alunos
<b>PMV</b>	1.9	1.7	1.9	1.6
<b>PPD</b>	75.2%	62.9%	73.2%	59.2%

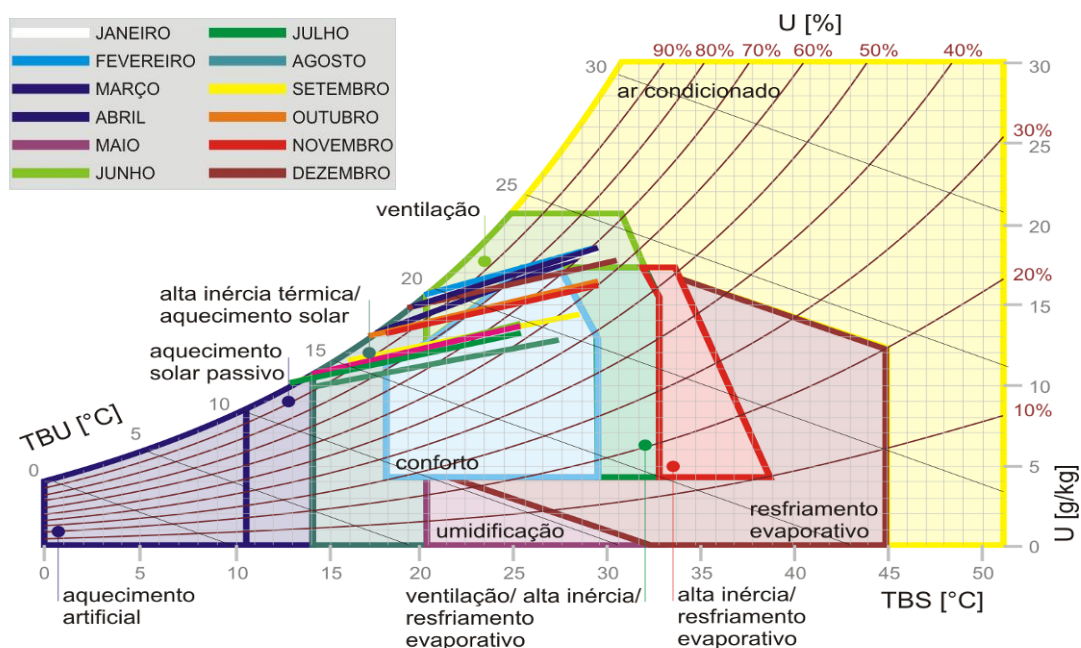
Em ambas as salas, o PMV (Voto Médio Estimado) tende a +2 (quente), já na sala 03 a PPD (Porcentagem de Insatisfeitos) foi ligeiramente maior tanto para professores quanto para alunos.

A figura 13 representa o Diagrama Bioclimático de Campinas bem como a Zona de Conforto para o clima da cidade fornecido pelo software *Analysis Bio 2.1.5*<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> O *Analysis 1.5* é um software para avaliação bioclimática a partir de dados climáticos plotados em cartas bioclimáticas e avaliação das condições de conforto térmico segundo a ISO 7730. Desenvolvido pelo LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações/ UFSC

<sup>4</sup> O software *Analysis Bio 2.1.5*, auxilia no processo de adequação de edificações ao clima local. Utiliza tanto arquivos climáticos anuais e horários como arquivos resumidos na forma de normais climatológicas. Também desenvolvido pelo LabEEE/UFSC.





**Figura 13** – Diagrama Bioclimático com a Zona de Conforto da cidade de Campinas

De acordo com a carta bioclimática recomenda-se a ventilação durante os meses mais quentes.

## 5. CONCLUSÕES

A partir da aplicação do questionário verifica-se que há problemas de ventilação nas salas. Durante o período de medição, o confronto entre as entrevistas e os dados medidos revelou uma tendência semelhante, uma insatisfação dos usuários devido ao calor. Essa tendência no período de calor é justificada pela ventilação insuficiente e as altas temperaturas.

São utilizadas cortinas para amenizar o desconforto causado pela insolação direta nas aberturas das salas, uma medida ineficiente. Assim, algumas estratégias devem ser pensadas no exercício projetual para esse tipo de ambiente. Uma delas seria a utilização de brises móveis, que podem ser direcionadores de vento no período de verão e barreira protetora contra os ventos frios no inverno. Entretanto, para a implantação dos mesmos é necessário um estudo da direção do fluxo de ar, para que sejam eficazes.

## 6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.** Rio de Janeiro, 2003.

CAVALCANTI, F. A. M. S.; OLIVEIRA, E. P. de; FUNARI, T. B. S.; ORNSTEIN, S. W.; FABRÍCIO, M. M.; TRAMONTANO, M. C. **Avaliação pós-ocupação em edificações de educação infantil: o caso da unidade de atendimento à criança da UFSCar.** In: X ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Natal: Setembro/2009.

HWANG, R. L.; LIN, T. P.; CHEN, C. P.; KUO, N. J. **Investigating the adaptive model of thermal comfort for naturally ventilated school buildings in Taiwan.** International Journal Biometeorology, v. 53, p.189-200. Janeiro/2009.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; PINA, S. A. M. G.; LABAKI, L. C.; RUSCHEL, R. C.; BERTOLLI, S. R.; BORGES, Francisco Filho. **O conforto no ambiente escolar: elementos para intervenções de melhoria.** In: IX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Foz do Iguaçu: Maio/2002.

LABAKI, L. C.; BUENO-BARTHOLOMEI, C. L. **Avaliação do conforto térmico e luminoso de prédios escolares da rede pública, Campinas-SP.** In: VI ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. São Pedro/SP: Novembro/2001.

LABEEE: Laboratório de eficiência energética em Edificações. **Arquivos Climáticos.** Disponível em: <[www.labee.ufsc.br](http://www.labee.ufsc.br)>. Acesso em: nov. 2009.

LEAL, Thalianne de Andrade; BITTENCOURT, L.; CÂNDIDO, Christina **A influência da forma do peitoril ventilado na ventilação natural de escolas no clima quente e úmido.** In: XI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Florianópolis: Agosto/2006.

ORNSTEIN, S.; ROMÉRO, M. **Avaliação Pós-Ocupação do Ambiente Construído.** São Paulo, Studio Nobel, 1992.

## 7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Escola Municipal Maria Alice Colevati Rodrigues e aos técnicos do laboratório LaCAF da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas.