

## Fundação Universidade Federal do Rio Grande

Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental

Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient.

ISSN 1517-1256

Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental

*Volume 14, janeiro a junho de 2005.*

### **CONFORTO TÉRMICO NA ESCOLA PÚBLICA EM CUIABÁ-MT: ESTUDO DE CASO**

**MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE NOGUEIRA**

Depto. de Arquitetura e Urbanismo/FAET/UFMT

E-mail: [mcjan@terra.com.br](mailto:mcjan@terra.com.br)

Grupo de Pesquisa em Tecnologia e Arquitetura Ambiental-GPTAA

**LUCIANE CLEONICE DURANTE**

Depto. de Arquitetura e Urbanismo/FAET/UFMT

E-mail: [lucianedurante@uol.com.br](mailto:lucianedurante@uol.com.br)

Grupo de Pesquisa em Tecnologia e Arquitetura Ambiental-GPTAA

**JOSÉ DE SOUZA NOGUEIRA**

Depto. de Física/ICET/UFMT

E-mail: [nogueira@cpd.ufmt.br](mailto:nogueira@cpd.ufmt.br)

Grupo de Pesquisa em Física e Meio Ambiente

#### **RESUMO:**

Durante muito tempo, as questões relacionadas ao desempenho térmico das edificações tiveram pouca importância. Assim como para as edificações escolares, além de não atender as condições mínimas de conforto requeridas pelos usuários, coloca-se em comprometimento o ensino-aprendizagem, a saúde física e psicológica, provocam um aumento excessivo do consumo de energia elétrica para condicionar ambientes, e a deterioração de materiais devido a problemas de condensação e ventilação insuficiente. Cuiabá apresenta condições climáticas caracterizadas por duas estações bem definidas, sendo uma seca e outra chuvosa, ventilação fraca, sendo predominantemente quente durante o ano todo. A maioria das edificações escolares municipais e estaduais apresenta partidos arquitetônicos e sistemas construtivos sem levar em conta as características da área e do clima, caracterizando um espaço que não satisfaz as necessidades básicas de conforto ambiental. Certamente, estas condições interferem negativamente na motivação e concentração dos seus alunos. Desta forma,

este trabalho tem como objetivo analisar os índices de conforto térmico de uma escola, propondo soluções para atender as necessidades de conforto térmico, visando um ambiente agradável e que favoreça o aprendizado por parte dos alunos.

**Palavras-chave:** Escolas, conforto térmico, conforto ambiental.

## **ABSTRACT**

For a long time, the subjects related to the thermal acting of the constructions had little importance. As well as for the school constructions, besides not assisting the minimum conditions of comfort requested by the users, they are put in compromising the teaching-learning, the physical and psychological health, they cause an excessive increase of the electric power consumption to condition atmospheres, and the deterioration of materials due to condensation problems and insufficient ventilation. Cuiabá presents climatic conditions characterized by two very defined stations, being a drought and other rainy one, weak ventilation, being predominantly hot during the whole year. Most of the municipal and state school constructions present architectural parties and constructive systems without taking into account the characteristics of the area and of the climate, characterizing a space that doesn't satisfy the basic needs of environmental comfort. Certainly, these conditions interfere negatively in the motivation and concentration of their students. This work has as objective analyze the indexes of thermal comfort of a school, proposing solutions to assist the needs of thermal comfort, looking for a pleasant environmental that increase the learning on the part of the students.

**key words:** Schools, thermal comfort, environmental comfort.

## **1. INTRODUÇÃO**

A preocupação com o desempenho térmico nas escolas públicas tem tido pouca importância, sendo pormenorizada e até mesmo desprezada. Ao se projetar e construir os espaços destinados aos mais variados usos pelo homem, não se considerava o conforto a ser proporcionado aos seus usuários, seja ele térmico, lumínico, acústico ou ergonômico.

Além de não atender as condições mínimas de conforto requeridas pelos usuários, estas escolas colocam em comprometimento o ensino-aprendizagem, a saúde física e psicológica provocando um aumento excessivo do consumo de energia elétrica para condicionar os ambientes devido a problemas de condensação e ventilação insuficiente.

O atendimento às exigências de conforto térmico é de extrema importância, principalmente no Brasil, caracterizado por um clima tropical, com temperaturas bastante elevadas na maior parte do país. A cidade de Cuiabá, no Estado do Mato Grosso, tem sua localização geográfica cercada por chapadas, apresentando características de depressão, com ventilação fraca – em torno de 1,0 m/s no período noturno e, chegando a 2,6 m/s no início da estação chuvosa, no período da tarde.

As condições climáticas da cidade são caracterizadas por duas estações bem definidas, sendo uma seca, no período de inverno, entre os meses de abril a agosto; e outra chuvosa, no período de verão, entre os meses de setembro a março. Em média, ocorrem apenas dezessete dias por ano com temperatura média inferior a 20°C e tão somente oito dias por ano com temperatura média inferior a 18°C, e em nenhum mês do ano tem-se médias inferiores a 20°C. Portanto, Cuiabá apresenta um clima predominantemente quente, acentuado pelo processo de urbanização contínuo, responsável pelo fenômeno da “ilha de calor”, caracterizado pela formação de uma determinada região mais quente na cidade, devido ao aumento das áreas impermeabilizadas e diminuição da vegetação.

Nota-se que a maioria das edificações escolares municipais e estaduais apresenta partidos arquitetônicos e sistemas construtivos mais ou menos padronizados, moldados à mesma maneira em

todo o país, sendo o mesmo projeto construído diversas vezes, com diferentes implantações, sem levar em conta as características da área e do clima.

Todos estes fatores aliados conferem à maioria das edificações escolares públicas um espaço que não satisfaz as necessidades básicas de conforto. Certamente, estas condições interferem negativamente na motivação e concentração dos seus usuários. Desta forma, faz-se necessário uma arquitetura escolar que tenha como preocupação o atendimento às necessidades de conforto térmico, principalmente, proporcionando um ambiente agradável e que favoreça um aprendizado adequado, NOGUEIRA & NOGUEIRA (2003).

Os estudos sobre conforto ambiental surgiram na Avaliação Pós-Ocupação a partir dos anos 70, e hoje como resultados encontram-se os movimentos ecologistas, direitos do consumidor, implantação da qualidade total, entre outros. Segundo LAMBERTS *et al.* (1997) “*concepções modernas para organização e produção, geradas pela globalização, trouxeram novas preocupações, que se transformaram em novos temas de estudo relacionados ao conforto ambiental, como eficiência energética, saúde ocupacional e produtividade*”.

O conforto ambiental relacionado à arquitetura e ambiente construído é composto pelas seguintes partes: conforto térmico, visual, acústico e ergonômico. O conforto térmico, sem dúvida, é responsável por uma grande parcela do conforto ambiental seja nas residências, escolas, ou comércio.

Além disso, Cuiabá está entre as cidades consideradas mais quentes, segundo DUARTE (1995), o clima da região é quente, com frequência quase que diária de temperaturas altas e nos meses mais quente podem ocorrer médias por volta dos 40° C. Tendo em vista as condições climáticas em que se encontra a cidade de Cuiabá, o conforto térmico é um dos pontos que mais aflige a população dentre os aspectos de conforto ambiental nos ambientes construídos. Pode-se dizer até mesmo que o calor cada vez mais intenso afeta o conforto e a eficiência nos locais de trabalho e nas redes de ensino público dos ocupantes de um determinado ambiente.

Segundo ASHRAE *apud* LAMBERTS *et al.* (1997) o conforto térmico é definido como “*um estado de espírito que reflete satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa*”. Assim, entende-se que a sensação térmica é relativa de um indivíduo para outro e depende também do metabolismo de cada um.

O desconforto térmico é, geralmente, uma das maiores reclamações dentre os fatores que compõem o conforto ambiental. FROTA & SCHIFFER (1995) descrevem que os primeiros trabalhos desenvolvidos em 1916, pela Comissão Americana de Ventilação, confirmaram que para trabalhos físicos o aumento da temperatura de 20°C para 24°C diminui o rendimento em 15% e a 30°C de temperatura ambiente, com umidade de 80%, o rendimento cai 28%.

Dentre os diversos estudos que vêm sendo desenvolvidos sobre a análise da relação homem-conforto térmico, existe alguns que fazem abordagens voltadas para o ensino-aprendizagem nas escolas da rede pública, onde as reações fisiológicas desses alunos são afetadas vindo a prejudicar a qualidade do ensino quando expostos aos ambientes não adequados ao clima local com elevadas temperaturas.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Materiais

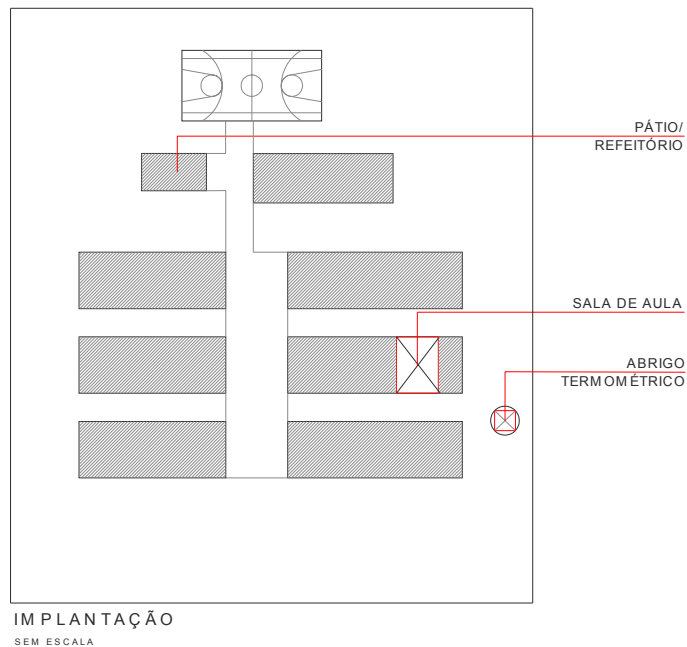
Para a definição do local a ser estudado foi usado como base um mapa de Cuiabá com as isotermas e a localização das escolas, encontrado em PEREDA (2003). Assim, escolheu-se uma isoterma média de 25°C, que seria representativa para Cuiabá, lembrando-se que no mapa de isotermas em Cuiabá, realizado por MAITELLI (1994), a região com temperatura mais alta atinge 27°C. Após isto, escolheu-se nesta região, a Escola Estadual de 1° e 2° graus Francisco Ferreira Mendes.

PEREDA & NOGUEIRA (2001) diz que esta escolha considerou o fato desta ser uma escola pública, portanto, mais carente, e que atendia a uma maior variação de faixa etária encontrada, desde

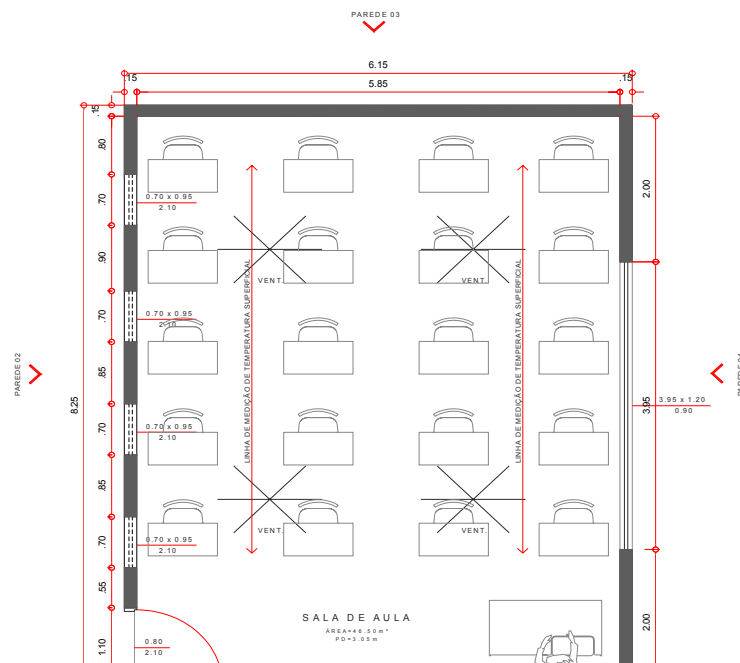
crianças na pré-escola até adolescentes e adultos no 2º grau. Além disso, a escola apresentava características precárias, como o uso de telha de cimento-amianto, superfícies externas cimentadas, absorvendo bastante calor; o uso de tinta a óleo, que aumenta a refletância da luz, pouca arborização e vegetação.

Depois de escolhida a escola, passou-se a escolha da sala de aula, que foi feita através de uma avaliação subjetiva das salas de maior insolação, e faixa etária dos alunos, pois se procurava crianças e adolescentes que pudessem responder a um questionário sobre a sensação de conforto térmico proposto pela ISO 10551. Além disso, foi escolhido um ambiente de uso externo, o pátio coberto, local de refeições dos alunos. E para caracterizar o microclima da escola, escolheu um ponto nos arredores das salas de aula, que serviu como referência da temperatura externa.

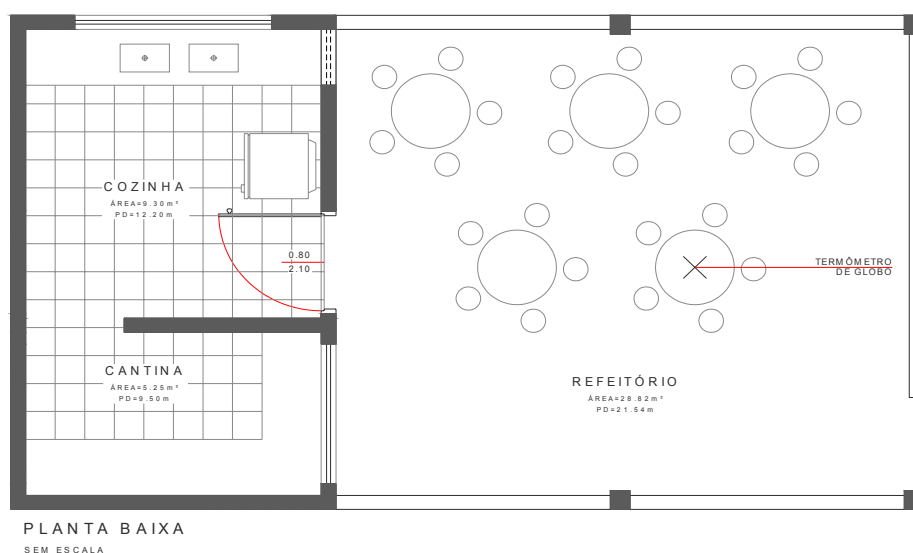
Para se poder avaliar o conforto térmico dos ambientes foi preciso utilizar alguns aparelhos que fornecessem as variáveis necessárias ou que permitissem calcular essas variáveis, sendo eles: radiômetro, psicrômetro analógico, anemômetro de filme quente para baixas velocidades, termômetro de globo, abrigo termométrico.



**FIGURA 01 – Implantação da Escola**  
Fonte: SAMPAIO (2004)



**FIGURA 02** – Planta Baixa da sala objeto de estudo  
**Fonte:** SAMPAIO (2004)



**FIGURA 03** – Planta Baixa da sala objeto de estudo  
**Fonte:** SAMPAIO (2004)

## 2.2. Métodos

### 2.2.1. Método de avaliação

O método de avaliação utilizado foi o de Fanger, proposto pelo IPT e adotado pela ISSO 7730, em 1987, sendo bastante utilizado atualmente e possui a vantagem de analisar um número maior de variáveis. Este método visa determinar o grau de conforto ou desconforto térmico de um ambiente, seguindo uma escala de sensação térmica:

- 3: muito frio
- 2: frio
- 1: leve sensação de frio
- 0: confortável (neutralidade térmica)
- + 1: leve sensação de calor

- + 2: quente
- + 3: muito quente

Os parâmetros de conforto considerados são:

- a) temperatura do ar;
- b) umidade relativa do ar;
- c) velocidade relativa do ar (velocidade do ar em relação ao indivíduo);
- d) temperatura radiante média do ambiente;
- e) vestimenta trajada pelo indivíduo;
- f) metabolismo do indivíduo (função da atividade).

Assim, foram calculados os índices de Fanger para a sala de aula e pátio coberto, adotando as seguintes variáveis: vestimenta utilizada pelos alunos era calça jeans e camiseta, levando a se adotar um índice de 0.5 clo para a resistência térmica da vestimenta; atividade era sentada, adotando-se com uma taxa metabólica de 70 w/m<sup>2</sup>; temperatura de bulbo seco (T<sub>bs</sub>) em °C, velocidade do ar em m/s, temperatura radiante média em °C, e temperatura de bulbo úmido em °C. O índice PMV (Voto Médio Previsto) ou índice de Fanger é obtido pela seguinte equação:

$$PMV = (0,303e^{-0,036M} + 0,028) \left\{ (M - W) - 3,05 \times 10^{-3} \times [5733 - 6,99(M - W) - \rho_a] - 0,42 \times [(M - W) - 58,15] - 1,7 \times 10^{-5} M (5867 - \rho_a) - 0,0014M (34 - t_a) - 3,96 \times 10^{-8} f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} h_{cl} (t_{cl} - t_a) \right\}$$

onde:

PMV = voto médio previsto;

M = taxa metabólica, em W/m<sup>2</sup>;

I<sub>cl</sub> = resistência térmica da vestimenta, em m<sup>2</sup>.°C/W;

f<sub>cl</sub> = é a razão entre a área de superfície humana com vestimenta e a área da superfície humana sem vestimenta;

t<sub>a</sub> = temperatura do ar, em °C;

$\bar{t}_r$  = temperatura radiante média, em °C;

v<sub>ar</sub> = velocidade relativa do ar, em m/s;

ρ<sub>a</sub> = pressão de vapor d'água, em Pa;

h<sub>c</sub> = coeficiente de calor convectivo, em W/m<sup>2</sup>.°C;

t<sub>cl</sub> = temperatura de superfície da vestimenta, em W/m<sup>2</sup>.°C.

Porém, para estes cálculos utilizou-se o programa Analysis CST, desenvolvido a partir do Analysis 1.5, ambos os sistemas computacionais para *Windows*, desenvolvidos pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina. As temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido foram obtidas através dos psicrômetros na sala de aula, termômetro de globo no pátio coberto, e a velocidade do ar através do anemômetro.

Para o cálculo da temperatura média radiante (TRM) no pátio coberto utilizou-se o termômetro de globo, para se medir as temperaturas de bulbo seco e úmido e a temperatura de globo, aplicando-as na seguinte equação:

$$TRM = T_g + k \left[ V (T_g - T_{bs}) \right]^{1/2} \quad (1)$$

onde:

T<sub>g</sub> = temperatura de globo, em °C;

T<sub>bs</sub> = temperatura de bulbo seco, em °C;

V = velocidade do ar ao nível do globo, em m/s;

k = coeficiente relacionado com a unidade das temperaturas, para escala em °C, k será 2,22.

Na sala de aula, a temperatura média radiante (TRM) foi obtida com base nas temperaturas de bulbo seco das superfícies através do radiômetro aplicando na equação a seguir.

$$TRM = \frac{\sum_{i=1}^n (T_i \cdot A_i)}{\sum_{i=1}^n (A_i)} \quad (5)$$

onde:

T<sub>i</sub> = temperatura das superfícies da sala, em °C;

A<sub>i</sub> = área das superfícies, em m<sup>2</sup>

Além dessas variáveis, foi realizada uma entrevista com os alunos que ocupavam a sala objeto de estudo, através de um questionário baseado na norma internacional ISO 10551. Esta entrevista foi feita no momento de cada medição, e leva a um julgamento dos usuários, levando a um diagnóstico subjetivo, que poderá ser comparado aos dados obtidos pelas medições “in loco”.

Após definidos os critérios de avaliação, foram determinadas as condições térmicas apresentadas pelos ambientes através da medição “in loco”. As medições foram realizadas no período de três dias. Os horários escolhidos foram 8h00min, 11h00min., 14h00min., 17h00min. e 20h00min., havendo um intervalo de três horas entre as medições.

Depois de determinadas as variáveis a serem estudadas, o segundo critério de avaliação foi a definição das condições climáticas sob as quais seria realizado o estudo. Segundo o IPT (1987) deve-se escolher dias típicos de exposição ao clima, chamados de “dias típicos de projeto”, que representem as condições significativas de frio e calor ao longo de um ano (exceto algum período significativo em que a edificação não seja ocupada). No caso de Cuiabá, já existem estudos, como a análise feita por MAITELLI (1994), mostrando que os meses mais quentes são setembro e outubro e o mais frio, julho. Nota-se que a cidade não apresenta frio rigoroso, mas sim um período seco e outro chuvoso, e o mês mais quente, segundo DUARTE (1995), é o mês de outubro. Tendo em vista essas considerações e o fato de haverem férias escolares, elegeram-se os meses de outubro, dezembro e março para a coleta dos dados.

Com base nos dados coletados e o cálculo do índice de Fanger foi possível se fazer uma avaliação do conforto térmico na escola baseando-se na escala de sensação térmica proposta por Fanger, que varia entre muito frio (-3) e muito quente (+3). Segundo a ISO 7730, um ambiente é considerado termicamente aceitável quando o índice encontrado está entre -0,5 e +0,5. Na sala de aula estes índices foram comparados às respostas dadas pelos usuários ao questionário proposto pela ISO 10551, que representa a sensação térmica dos usuários, para se avaliar se o método adotado está adequado à realidade apresentada.

#### 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Foram escolhidos os meses de outubro, período de transição entre a estação seca e a estação chuvosa e dezembro, mês da estação chuvosa onde apresentavam a presença dos alunos nesse período.

As medições foram feitas durante três dias em cada mês, em intervalos de 3 em 3 horas, sendo que os horários de medição eram às 8h00min., 11h00min., 14h00min., 17h00min. e 20h00min.. Foi

avaliado o conforto térmico de uma sala de aula, posicionada numa área de insolação intensa durante todo o dia e um pátio coberto, que funcionava como refeitório, e, além disso, tomou-se as medidas de temperatura, umidade e velocidade do vento na área externa circundante à escola.

Com base nos dados coletados foram feitas tabelas que mostram a variação de temperatura e umidade de cada dia.

A seguir apresentam-se as tabelas com as medições na sala de aula, pátio/ refeitório e área externa escolhida no mês de outubro e dezembro.

**TABELA 01** – Valores obtidos nas medições da sala de aula

Medições		Mês: Outubro						Medições		Mês: Dezembro					
Dias	Horas	Tbs	Tbu	Var	Ur(%)	PMV	PPD(%)	Dias	Horas	Tbs	Tbu	Var	Ur(%)	PMV	PPD(%)
29	08:00	31,0	25,5	0,69	64,56	1,75	64,27	11	08:00	30,0	27,0	0,66	66,31	1,42	46,41
	11:00	33,0	25,0	0,48	52,48	2,60	95,30		11:00	30,5	27,0	0,45	67,33	1,75	64,20
	14:00	33,0	25,0	0,55	52,48	2,41	91,27		14:00	30,0	26,0	0,85	76,51	1,80	66,77
	17:00	32,0	25,0	0,55	56,91	2,23	86,14		17:00	34,0	26,0	0,87	61,93	2,90	98,80
	20:00	30,0	25,5	0,46	69,91	1,52	52,21		20:00	32,0	25,5	0,61	65,03	2,18	84,11
30	08:00	31,0	26,0	0,54	67,48	1,72	62,94	12	08:00	31,5	25,5	0,51	62,04	2,00	76,68
	11:00	32,5	26,0	0,55	59,96	2,21	85,13		11:00	33,0	25,5	0,56	55,04	2,60	95,25
	14:00	33,5	27,0	0,51	60,63	2,76	97,39		14:00	34,0	25,0	1,09	48,39	<i>Fora</i>	<i>da faixa</i>
	17:00	32,0	26,0	0,10	62,37	1,84	69,14		17:00	35,0	25,0	0,60	44,60	<i>Fora</i>	<i>da faixa</i>
	20:00	31,0	24,5	0,50	58,89	1,81	67,56		20:00	32,5	25,5	0,55	57,28	2,44	92,06
31	08:00	30,0	26,0	0,43	73,00	1,55	53,62	15	08:00	29,5	24,5	0,71	66,57	1,23	36,62
	11:00	32,0	26,0	0,18	62,72	2,19	84,59		11:00	34,0	26,0	0,61	53,27	<i>Fora</i>	<i>da faixa</i>
	14:00	29,0	25,0	0,54	72,49	0,96	24,58		14:00	36,5	25,2	0,82	40,29	<i>Fora</i>	<i>da faixa</i>
	17:00	27,0	24,5	0,65	81,61	0,50	10,28		17:00	36,7	25,5	0,63	40,89	<i>Fora</i>	<i>da faixa</i>
	20:00	27,5	24,0	0,77	74,99	0,44	8,97		20:00	32,0	26,5	0,96	65,18	2,17	83,99

Pode-se notar que no mês de outubro as temperaturas na sala de aula estiveram mais altas nos dois primeiros dias de medição, sendo que no terceiro as temperaturas se apresentaram mais baixas devido à ocorrência de chuva durante à tarde e à noite.



Os índices de Fanger ou PMV na sala de aula para cada momento da coleta variaram entre +1,52 e +2,76 durante os dois primeiros dias de medição no mês de outubro, sendo que no terceiro dia os índices variaram entre +0,44 e +2,19, pois houve a ocorrência de chuva, o que provocou diminuição da temperatura, amenizando o clima.

No mês de dezembro, o terceiro dia de medição apresentava-se nublado, com ocorrência de chuva à tarde, sendo que neste dia a sala de aula apresentou temperatura mais elevada das medições realizadas em dezembro, como se pode observar na tabela 1. O índice de Fanger ou PMV variou entre +1,42 e +2,90, sendo que em determinados horários, como o de 14h00min. durante todos os dias e o de 17h00min. no último dia os índices estiveram fora da faixa.

Apenas nomes de dezembro que a velocidade do ar ultrapassou o valor recomendado pela norma.

Dessa forma o ambiente escolar tanto no mês de outubro como no mês de dezembro não estão atendendo as recomendações de conforto térmico proporcionando um ambiente não recomendado para o ensino-aprendizagem da escola pesquisada.

A nomenclatura utilizada na tabelas possui a seguinte representação:

- Tbs** – Temperatura de Bulbo Seco obtido na medição, em °C;
- Tbu** – Temperatura de Bulbo Úmido obtido na medição, em °C;
- Var** – Velocidade do Ar médio no intervalo de 1 minuto, em m/s;
- Ur** – Umidade Relativa do Ar, em porcentagem;
- PMV** – Voto Médio Previsto, determinado conforme ISO 7730 (1994);
- PPD** - Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas, determinada conforme ISO 7730 (1994).

**Condições de aplicabilidade da equação do PMV:**

- a. O valor do PMV calculado deve situar-se entre -2 e +2;
- b. A temperatura do ar deve situar-se entre 10 e 30°C;
- c. A velocidade do ar deve situar-se entre 0 e 1 m/s;

**TABELA 02** – Valores obtidos nas medições do pátio/refeitório

Medições		Mês: Outubro						Medições		Mês: Dezembro					
Dias	Horas	Tbs	Tbu	Var	Ur(%)	PMV	PPD(%)	Dias	Horas	Tbs	Tbu	Var	Ur(%)	PMV	PPD(%)
29	08:00	30,5	24,8	0,25	63,08	1,99	76,25	11	08:00	29,8	25,4	0,72	70,41	1,51	51,69
	11:00	33,7	24,9	0,36	49,09	Fora da faixa			11:00	30,7	25,6	0,62	66,71	1,85	69,42
	14:00	31,6	23,8	0,36	52,35	2,17	83,63		14:00	34,2	24,9	0,80	47,13	Fora da faixa	
	17:00	30,0	23,2	0,91	83,50	1,65	59,08		17:00	32,3	24,8	0,21	54,49	2,33	89,05
	20:00	24,0	23,6	0,15	96,74	0,05	5,06		20:00	28,8	24,7	0,18	71,75	1,45	48,07
30	08:00	27,2	23,8	0,61	75,51	0,81	18,79	12	08:00	29,4	23,5	0,42	61,14	1,53	52,38
	11:00	30,5	24,2	0,55	59,64	2,01	77,18		11:00	33,0	24,2	0,29	48,49	2,76	97,42
	14:00	29,3	24,0	1,03	64,63	1,11	30,77		14:00	34,8	24,0	0,65	40,84	Fora da faixa	
	17:00	31,4	24,8	0,31	58,63	2,36	89,92		17:00	33,0	25,4	0,26	54,52	2,58	94,89
	20:00	28,8	23,9	0,10	66,74	1,36	43,28		20:00	30,8	25,3	0,22	64,43	1,85	69,71

31	08:00	27,0	23,8	0,15	76,77	0,86	20,45	15	08:00	30,1	24,9	0,27	65,75	1,71	62,09
	11:00	30,8	24,2	0,15	58,18	2,14	82,57		11:00	32,5	25,0	0,90	54,65	2,58	94,89
	14:00	22,9	22,7	0,97	98,32	-1,31	40,98		14:00	35,3	24,9	0,56	43,08	Fora da faixa	
	17:00	23,6	22,8	0,61	93,47	-0,74	16,39		17:00	34,6	24,4	0,60	43,33	Fora da faixa	
	20:00	23,9	23,1	0,24	93,51	-0,30	6,87		20:00	30,5	24,3	0,75	60,21	1,47	49,31

No pátio coberto as variáveis climáticas se apresentaram mais sensíveis às mudanças climáticas. No mês de outubro, pode-se observar uma queda brusca da temperatura no segundo e terceiro dias devido à ocorrência de chuva à noite e à tarde, respectivamente. Nota-se grande variação do índice de Fanger ou PMV, entre 2,36 e -0,30, sendo que este índice baixo deve-se a ocorrência de chuvas e diminuição da temperatura.

No mês de dezembro, o terceiro dia de medição apresentava-se nublado, com ocorrência de chuva à tarde. O índice de Fanger ou PMV variou entre +1,47 e +2,76, sendo que em determinados horários, como o de 14h00min. durante todos os dias e o de 17h00min. no último dia os índices estiveram fora da faixa, como se pode observado na tabela 2.

Com esses valores o pátio/ refeitório não está atendendo as recomendações de conforto térmico estabelecidas pela norma, proporcionando um ambiente não recomendado para os alunos da escola pesquisada que além de realizar suas refeições escolares também é um local onde os alunos desenvolvem atividades extra classe, essas atividades estão relacionadas como, por exemplo, aos ensaios de peças teatrais, ensaios e apresentação de shows, ensaios de desfiles em datas comemorativas entre outras.

A tabela 3 a seguir irá mostra os dados coletados, respectivamente em outubro e dezembro, no ambiente externo ao lado da sala de aula, à sombra.

**TABELA 03** - Valores obtidos nas medições do ambiente externo da escola

Medições		Mês: Outubro					Medições		Mês: Dezembro				
Dias	Horas	Tbs	Tbu		Var	Ur(%)	Dias	Horas	Tbs	Tbu	Var	Ur(%)	
29	08:00	30,0	26,0		0,61	73,00	11	08:00	27,5	26,0	1,04	88,86	
	11:00	34,5	26,5		0,15	53,65		11:00	30,2	27,5	0,26	81,39	
	14:00	33,5	26,5		0,64	58,00		14:00	29,0	26,5	0,70	82,31	
	17:00	29,0	27,0		0,93	85,71		17:00	32,5	26,0	0,44	59,96	
	20:00	26,0	25,0		0,20	92,28		20:00	30,0	26,0	0,12	73,00	
30	08:00	29,0	25,5		0,72	75,70	12	08:00	30,0	25,0	0,51	66,88	
	11:00	37,5	26,0		0,41	40,36		11:00	32,0	26,0	0,45	62,37	
	14:00	32,0	27,0		0,54	68,04		14:00	35,0	27,0	0,65	54,02	
	17:00	31,0	25,5		0,23	64,56		17:00	33,5	27,5	0,30	63,32	
	20:00	29,0	25,0		0,17	72,49		20:00	30,0	26,0	0,40	73,00	
	08:00	27,5	24,8		0,20	80,41		08:00	28,5	25,0	0,24	75,47	

31	11:00	31,5	26,0		0,68	64,87	15	11:00	32,0	26,0	1,03	62,37
	14:00	23,0	22,5		0,67	95,84		14:00	35,5	27,0	0,27	51,98
	17:00	26,0	24,0		1,15	84,84		17:00	34,0	27,0	0,34	58,34
	20:00	25,0	22,8		0,37	83,04		20:00	30,7	26,0	1,40	69,09

As temperaturas obtidas no mês de outubro e dezembro para o ambiente externo foi muito elevado nos horários da 11h00min. e 14h00min. Nesse período os alunos não apresentavam rendimento nas atividades das aulas de educação física, também nessa área externa são realizadas as recreação durante o intervalo das aulas, sendo um ambiente crítico para desenvolver qualquer tipo de atividade física e vir a apresentar posteriormente um crítico rendimento nas aulas teóricas dentro das salas de aula após a exposição nos intervalos de recreação.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das análises dos dados coletados foi possível se observar que os ambientes estudados apresentam condições de desconforto e não atendendo as necessidades de conforto dos seus usuários, pois os índices de Fanger se apresentaram acima do índice considerado termicamente aceitável, que é de +0,5, pela ISO 7730.

Estes variaram entre +1,0 e +2,0, no início do dia, indicando leve sensação de calor e calor respectivamente; e nos horários de 11:00 hs e 14:00 hs apresentaram valores entre +2,0 e +3,0, indicando sensação de calor e de muito calor, respectivamente.

No horário das 11h00min. percebeu-se a falta de interesse no aprendizado por parte dos alunos refletindo o clima quente no ambiente juntamente com a ansiedade de realizar a refeição em suas casas. Para o horário das 14h00min. onde foi registrado o maior desconforto térmico é um período crítico também, pois, já teve início o período vespertino e os alunos não se manifestam interesse nas aulas, sempre pedindo ao professor para sair e tomar água ou ir para o intervalo antes do período normal, também foi registrado nesse horário aulas de educação física, onde os alunos não tiveram interesse em realizar as atividades físicas, dessa forma fica impossível querer exigir algum rendimento dos alunos por parte dos professores.

Observou-se que até mesmo no período noturno, apresentou índices elevados de temperatura, pois o calor ainda se encontra armazenado dentro da sala de aula, pois este não consegue se dissipar durante à noite.

Dessa forma, se faz necessárias intervenções na edificação escolar referentes à adequação do conforto ambiental a fim de melhorar a qualidade do ensino aprendizado. Recomenda-se um estudo para o desenvolvimento de propostas de intervenções, devendo ser feitas de acordo com as características dos ambientes e das variáveis climáticas do local.

Considera-se importante que pesquisas nesta área sejam incentivadas, principalmente em regiões de clima quente como Cuiabá/MT, e que possam desenvolver técnicas para adequar as escolas existentes às necessidades de conforto térmico requeridas pelos alunos, professores e funcionários e para que as escolas futuras possam proporcionar um conforto térmico satisfatório aos seus alunos e consequentemente a melhoria do ensino-aprendizagem.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DUARTE, D. H. S. **O clima como parâmetro de projeto para a região de Cuiabá.** Dissertação de Mestrado em Arquitetura – EESC/USP, 1995.

DURANTE, L. C. **Conforto Ambiental de Escolas Estaduais de Cuiabá/Mato Grosso.** 2000. Dissertação de Mestrado em Educação no Instituto de Educação, Programa Integrado de Pós Graduação em Educação, Universidade Federal de Mato Grosso, 2000.

FROTA, A.B. & SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico.** São Paulo: Nobel, 1995.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A. **Desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares.** Cidade Universitária “Armando de Salles de Oliveira” – São Paulo-SP. 1987.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for the thermal comfort.**: ISO 7730. Switzerland, 1995.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Ergonomics of the Thermal environment - Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales.** ISO 10551. Switzerland, 1995.

LAMBERTS, R., GHISI, E., PAPST, A. L.. **Desempenho Térmico de Edificações.** Apostila. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000.

MAITELLI, G.T. **Crescimento e tendências climáticas em Cuiabá-MT: período de 1920-1992.** Artigo. Revista Mato-grossense de Geografia. Cuiabá, ano 02, nº 01 e 02, DEZ, 1996/1997.

MANFREDINI, C. *et al.* Arborização, Energia e Poluição Atmosférica e Visual em Nova Hartz – RS: Diretrizes e Recomendações para Planejamento Urbano. **ANAIS.** In: NUTAU-CD, 2002.

NOGUEIRA, M. C. J. A. & PEREDA, E. C. **Proposta de melhoria do conforto térmico gerado por variações de temperatura nas escolas municipais de Cuiabá-MT.** Seminário Educação 2001-3º Jornada CAERENAD, ISSN:1518-4846, 2001, p. 97, v. 1..

NOGUEIRA, M.C.J.A. & NOGUEIRA, J. S. **Educação, meio ambiente e conforto térmico: caminhos que se cruzam.** Revista Eletrônica em Educação Ambiental. Rio Grande, RS, ISSN: 1517-1256. p. 104-108, v. 10, 2003.

PEREDA, E. C. **A relação clima-aprendizagem nas Escolas Municipais de Cuiabá - Mato Grosso.** Dissertação de Mestrado do Instituto de Educação, Programa Integrado de Pós Graduação em Educação, Universidade Federal de Mato Grosso, 2003.

SAMPAIO, C. H. B. **Análise Pós-Ocupação de Ambiente Escolar: Conforto Térmico.** 2004. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2004.

XAVIER, A. A. P. **Condições de Conforto Térmico para Estudantes de 2º Grau na Região de Florianópolis**. Dissertação de Mestrado da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.

\_\_\_\_\_ **Predição de Conforto Térmico em Ambientes Internos com Atividades Sedentárias – Teoria Física Aliada a Estudos de Campo**. Tese de Doutorado da Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000.