

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
Programa De Pós-Graduação Em Física E Meio Ambiente

**CONFORTO TÉRMICO NAS ESCOLAS PÚBLICAS EM  
CUIABÁ – MT: ESTUDO DE CASO**

**GRAZIELLA TOLEDO GRZYBOWSKI**

**PROFA. DRA. MARTA C. DE J. ALBUQUERQUE NOGUEIRA**

Cuiabá/MT, julho 2004

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA E MEIO  
AMBIENTE

**CONFORTO TÉRMICO NAS ESCOLAS PÚBLICAS EM  
CUIABÁ – MT: ESTUDO DE CASO**

**GRAZIELLA TOLEDO GRZYBOWSKI**

*Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-graduação em Física e Meio Ambiente  
da Universidade Federal de Mato Grosso,  
como parte dos requisitos para obtenção  
do título de Mestre em Física e Meio  
Ambiente.*

**PROFA. DRA. MARTA C. DE J. ALBUQUERQUE  
NOGUEIRA**

Cuiabá, MT, julho 2004

## FICHA CATALOGRÁFICA

G999 Grzybowski, Graziella Toledo  
Conforto térmico nas escolas públicas em Cuiabá – MT:  
Estudo de caso / Graziella Toledo Grzybowski. – 2004.  
vii, 97p. : il. ; color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Mato  
Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, 2004.  
“Orientação: Profª Drª Marta C. de J. Albuquerque  
Nogueira”.

CDU – 551.582:37.057(817.2)

### Índice para Catálogo Sistemático

1. Conforto térmico – Escolas públicas – Cuiabá (MT).
2. Climatologia – Ambiente construído – Cuiabá (MT).
3. Método de Fanger – Conforto térmico – Cuiabá (MT).

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA**  
**Programa de Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**Título: CONFORTO TÉRMICO NAS ESCOLAS PÚBLICAS EM CUIABÁ –  
MT: ESTUDO DE CASO**

**Autora: GRAZIELLA TOLEDO GRZYBOWSKI**

Dissertação defendida e aprovada em 16 de julho de 2004, pela comissão julgadora:

---

Profa. Dra. Marta C. de J. Albuquerque Nogueira  
(UFMT)

---

Profa. Dra. Gilda Tomasini Maitelli  
(UFMT)

---

Profa. Dra. Cleusa A. G. Pereira Zamparoni

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho aos meus pais, pelas oportunidades, formação recebida e incentivo, e aos meus irmãos, pelo apoio e amizade.

## **AGRADECIMENTOS**

- À Deus;
- À Prof. Dra. Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira, pela orientação, amizade e apoio nos momentos necessários;
- Ao Engenheiro Civil Carlos Henrique Barreto Sampaio, pela ajuda durante as coletas de dados e posterior análise destes, bem como pelas trocas de informações sobre a pesquisa;
- Aos colegas do curso, pelas trocas de informações e ajuda durante o mestrado;
- Às professoras Dra. Gilda T. Maitelli e Cleusa A. G. P. Zamparoni, pela ajuda e sugestões ao trabalho;
- À família e aos amigos pela paciência e apoio durante a pesquisa;
- Ao CNPq pelo auxílio financeiro;

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	iii
LISTA DE SÍMBOLOS.....	iv
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. JUSTIFICATIVA.....	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1. CLIMA URBANO.....	7
2.2. CONFORTO TÉRMICO.....	10
2.2.1. Desempenho térmico de um Edifício.....	14
2.2.2. Mecanismos de Termo-regulação.....	14
2.2.3. Variáveis de Conforto Térmico.....	16
2.2.3.1. Metabolismo.....	16
2.2.3.2. Vestimenta.....	17
2.2.3.3. Características Construtivas.....	17
2.2.3.3. Temperatura do Ar.....	19
2.2.3.4. Temperatura Radiante Média.....	19
2.2.3.5. Umidade Relativa do Ar.....	20
2.2.3.6. Velocidade do Vento.....	20
2.2.4. Métodos de avaliação do Conforto Térmico.....	21
2.2.4.1. Temperatura Efetiva.....	23
2.2.4.2. Carta Bioclimática.....	24
2.2.4.3. Voto Médio Estimado e Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas Fanger.....	26
2.2.5. Fatores que influenciam no Conforto Térmico.....	27
2.2.6. Ambiente Escolar e Avaliação.....	29
2.3. NORMALIZAÇÃO VIGENTE.....	31
2.3.1. ISO 7730 – Voto Médio Estimado e Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas.....	31
2.3.2. ISO 7726 – Ambientes térmicos; Instrumentos e métodos para a medição dos parâmetros físicos.....	33
2.3.3. ISO 8996 – Ergonomia - Determinação da produção do calor metabólico.....	34
2.3.4. ISO 10551 – Ergonomia de ambientes térmicos - Verificação da influência do ambiente térmico usando escalas subjetivas de julgamento.....	34
2.3.5. ISO 9920 – Ergonomia de ambientes térmicos - Estimativa do isolamento térmico e resistência evaporativa de um traje de roupas.....	35
2.3.6. ASHRAE – Standard 55-92 Ambientes térmicos - Condições para ocupação humana.....	35
2.3.7. NR 15/NR 17.....	36

2.4. ÁREA DE ESTUDO.....	37
2.4.1. O Estado de Mato Grosso.....	37
2.4.2. A cidade de Cuiabá.....	41
2.4.3. Arquitetura Escolar em Cuiabá.....	46
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	49
3.1. MATERIAIS.....	49
3.1.1. Radiômetro.....	50
3.1.2. Psicrômetro Analógico.....	50
3.1.3. Anemômetro de filme quente para baixas velocidades.....	51
3.1.4. Termômetro de Globo.....	52
3.1.5. Abrigo Termométrico.....	52
3.2. MÉTODO.....	53
3.2.1. Escolha do Local.....	53
3.2.2. Etapas do Processo de Avaliação do Conforto Térmico.....	57
3.2.3. Método de Avaliação Utilizado.....	57
4. APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	62
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
6.1. BIBLIOGRAFIA CITADA.....	82
6.2. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	87
ANEXOS.....	89
ANEXO A – Ficha de caracterização preliminar da escola.....	90
ANEXO B – Questionário de Pesquisa de Campo.....	91
ANEXO C –Tabelas de dados coletados e calculados em Outubro/2003.....	92
ANEXO D –Tabelas de dados coletados e calculados em Dezembro/2003.....	94
ANEXO E –Tabelas de dados coletados e calculados em Março/2004.....	96

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – Índice de Temperatura Efetiva.....	23
FIGURA 02 – Carta Bioclimática de Olgay adaptada por Koenigsberger.....	25
FIGURA 03 – Voto Médio Estimado e Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas.....	27
FIGURA 04 – Mapa Político do Brasil.....	37
FIGURA 05 – Massas de ar que circulam pelo Estado; Equatorial Continental e Polar Atlântica.....	38
FIGURA 06 – Penetração da Massa Polar Atlântica em território brasileiro.....	39
FIGURA 07 – Média Anual da Temperatura da Região Centro-Oeste.....	41
FIGURA 08 – Mapa da Cidade de Cuiabá.....	44
FIGURA 09 – Mapa da Região Leste de Cuiabá.....	45
FIGURA 10 – Mapa do Bairro Boa Esperança.....	46
FIGURA 11 – Radiômetro.....	50
FIGURA 12 – Psicômetro Analógico.....	51
FIGURA 13 – Anemômetro de filme quente para baixas velocidades.....	51
FIGURA 14 – Termômetro de globo.....	52
FIGURA 15 – Abrigo termométrico.....	53
FIGURA 16 – Sala de Aula Objeto de Estudo.....	54
FIGURA 17 – Implantação da Escola.....	55
FIGURA 18 – Planta Baixa da Sala Objeto de Estudo.....	56
FIGURA 19 – Planta Baixa do Pátio Coberto.....	56
FIGURA 20 – Variação da Temperatura de Bulbo Seco (Tbs) da Sala de Aula, Pátio Coberto e Área Externa em Outubro/2003.....	66
FIGURA 21 – Variação da Umidade Relativa (Ur) da Sala de Aula, Pátio Coberto e Área Externa em Outubro/2003.....	67
FIGURA 22 – Relação entre a variação do índice de Fanger ou PMV (Voto Médio Previsto) e a variação do índice de sensação Térmica da sala de Aula em Outubro/2003.....	68

FIGURA 23 – Variação do índice de Fanger ou PMV (Voto Médio Previsto) do pátio coberto em Outubro/2003.....	69
FIGURA 24 – Variação da Temperatura de Bulbo Seco (Tbs) da Sala de Aula, Pátio Coberto e Área Externa em Dezembro/2003.....	70
FIGURA 25 – Variação da Umidade Relativa (Ur) da Sala de Aula, Pátio Coberto e Área Externa em Dezembro/2003.....	71
FIGURA 26 – Relação entre a variação do índice de Fanger ou PMV (Voto Médio Previsto) e a variação do índice de sensação Térmica da sala de Aula em Dezembro/2003.....	72
FIGURA 27 – Variação do índice de Fanger ou PMV (Voto Médio Previsto) do pátio coberto em Dezembro/2003.....	73
FIGURA 28 – Variação da Temperatura de Bulbo Seco (Tbs) da Sala de Aula, Pátio Coberto e Área Externa em Março/2004.....	74
FIGURA 29 – Variação da Umidade Relativa (Ur) da Sala de Aula, Pátio Coberto e Área Externa em Março/2004.....	75
FIGURA 30 – Relação entre a variação do índice de Fanger ou PMV (Voto Médio Previsto) e a variação do índice de sensação Térmica da sala de Aula em Dezembro/2003.....	76
FIGURA 31 – Variação do índice de Fanger ou PMV (Voto Médio Previsto) do pátio coberto em Março/2004.....	77

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Métodos para determinação do conforto térmico.....	22
Tabela 02 – Voto Médio Estimado X Sensação Térmica.....	26
Tabela 03 – Valores obtidos nas medições de Outubro/2003 na sala de aula.....	63
Tabela 04 – Valores obtidos nas medições de Outubro/2003 no pátio coberto.....	64
Tabela 05 – Valores obtidos nas medições de Outubro/2003 na área externa.....	64
Tabela 06 – Valores obtidos nas medições de Outubro/2003 na sala de aula.....	92
Tabela 07 – Valores obtidos nas medições de Outubro/2003 no pátio coberto.....	92
Tabela 08 – Valores obtidos nas medições de Outubro/2003 na área externa.....	93
Tabela 09 – Valores obtidos nas medições de Dezembro/2003 na sala de aula.....	94
Tabela 10 – Valores obtidos nas medições de Dezembro/2003 no pátio coberto...	94
Tabela 11 – Valores obtidos nas medições de Dezembro/2003 na área externa.....	95
Tabela 12 – Valores obtidos nas medições de Março/2004 na sala de aula.....	96
Tabela 13 – Valores obtidos nas medições de Março/2004 no pátio coberto.....	96
Tabela 14 – Valores obtidos nas medições de Março/2004 na área externa.....	97

## LISTA DE SÍMBOLOS

ASHRAE	- American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. (Associação Americana dos Engenheiros de Refrigeração, Ar condicionado e Aquecimento)
$A_i$	- Área das superfícies
$e_{ar}$	- Pressão de vapor no ar
$e_s(T_w)$	- Taxa de variação de pressão de saturação de vapor d'água para a temperatura de bulbo úmido
$e_s(T_d)$	- Taxa de variação de pressão de saturação de vapor d'água para a temperatura de bulbo seco
$f_{cl}$	- Razão entre a área de superfície humana com vestimenta e a área da superfície humana sem vestimenta
FUNDESCOLA	- Fundo de Fortalecimento da Escola
$h_c$	- Coeficiente de calor convectivo
IBTUG	- Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
$I_{cl}$	- Resistência térmica da vestimenta
IPDU	- Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento
IPT	- Instituto De Pesquisas Tecnológicas Do Estado De São Paulo
ISO	- International Organization for Standardization (Organização Internacional de Normalização)
$k$	- Coeficiente relacionado com a unidade das temperaturas
$M$	- Taxa metabólica
NR	- Norma Brasileira
OMM	- Organização Mundial de Meteorologia
PAPE	- Projeto de Adequação de Prédios Escolares
PMV	- Predicted Mean Vote (Voto Médio Previsto)

PPD	- Predicted percentage of dissatisfied (Percentual previsto de insatisfeitos)
SEDUC	- Secretaria do Estado de Educação
Td	- Temperatura de bulbo seco
$t_a$	- Temperatura do ar
Ti	- Temperatura das superfícies da sala
$t_r$	- Temperatura radiante média
TRM	- Temperatura radiante média
$t_{cl}$	- Temperatura de superfície da vestimenta
Tbn	- Temperatura de bulbo úmido natural
Tg	- Temperatura de globo
Tbs	- Temperatura de bulbo seco
Ti	- Temperatura das superfícies da sala
Tw	- Temperatura de bulbo úmido
UR%	- Umidade relativa do ar em porcentagem
$V_{ar}$	- Velocidade relativa do vento
V	- Velocidade do vento ao nível do globo
$\rho_a$	- Pressão de vapor d'água
$\gamma$	- Constante psicométrica (para Cuiabá e região $\gamma = 0,66$ )

## RESUMO

GRZYBOWSKI, G. T. *Conforto Térmico nas Escolas Públicas em Cuiabá-MT: Estudo de caso*. Cuiabá, 2004. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente, Universidade Federal de Mato Grosso.

Durante muito tempo, as questões relacionadas ao desempenho térmico das edificações tiveram pouca importância. Devido a isto, muitas das edificações além de não proporcionar um conforto térmico aos seus usuários, comprometem sua 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. Neste contexto, 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, acentuado pelo processo de urbanização contínua, desmatamento e impermeabilização do solo. Através de estudos realizados por outros pesquisadores, foi constatado que grande parte das edificações escolares municipais e estaduais locais apresenta partidos arquitetônicos e sistemas construtivos mais ou menos padronizados, sem levar em conta as características da área e do clima, caracterizando um espaço que, provavelmente, não satisfaz as necessidades básicas de conforto e interferem negativamente na motivação e concentração dos seus usuários. Neste sentido, buscou-se, através de medições “in loco”, analisar os índices de conforto térmico da Escola Francisco Ferreira Mendes. Assim, através das análises dos dados coletados, pôde-se notar que, na maioria dos períodos, analisados os valores para os índices de Fanger se encontraram acima do índice considerado termicamente aceitável de +0,5, determinado pela ISO 7730 (1995).

Palavras-chave: conforto térmico, ambiente construído, método de Fanger.

## ABSTRACT

GRZYBOWSKI, G. T.. *Thermal Comfort in Public Schools in Cuiabá-MT: Case Study*. Cuiabá, 2004. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente, Universidade Federal de Mato Grosso.

For long time, the issues related to the thermal performance of the buildings have had little importance. So, most of the buildings, besides not attending the minimal comfort conditions required by the users, compromise the physical and psychological health, leads to an excessive rise of electrical energy consume to acclimatize rooms, and the deterioration of materials due to condensation problems and insufficient ventilation. Cuiaba presents climate conditions characterized by two distinctive seasons, one dry and another wet, weak ventilation, being mostly hot during the whole year, accented by the continuous urbanization process, deforestation and soil waterproofing. Most of the municipal and state school buildings presents architectural parties and building systems more or less standardized, without considering the area and climate characteristics, characterizing a space the does not satisfy the comfort basic needs and interfere in a negative way the users motivation and focus. So, this work searched, through the measuring “in loco”, analyze the thermal comfort values of the school called **Escola Francisco Ferreira Mendes**. Thus, through the collected data analyze, it was possible to notice that, in most of the periods, the values to the Fanger indices still were found above the acceptable thermic value of +0,5, determinded by the ISO 7730.

Key-words: thermal comfort, built environment, Fanger method.

# 1. INTRODUÇÃO

---

## 1.1. PROBLEMÁTICA

Durante muito tempo, ao se projetar e construir os espaços arquitetônicos considerava-se aspectos como tendências estéticas de cada período ou exigências técnicas e não se preocupava com o conforto ambiental a ser proporcionado ao homem, levando em conta apenas suas características e limitações.

Como consequência desta situação, nas pesquisas realizadas atualmente em diversos países, pode-se encontrar inúmeras edificações, sejam elas de uso residencial, comercial, administrativo, social, entre outros; que apresentam os mais variados problemas em relação ao conforto ambiental. Estas edificações, além de não atender as condições mínimas de conforto requeridas pelos usuários, colocam em comprometimento a saúde física e psicológica, provocam um aumento excessivo do consumo de energia elétrica para climatizar ambientes, e a deterioração de materiais devido a problemas de condensação e ventilação insuficiente.

No Brasil, há algum tempo vêm se realizando pesquisas em relação ao conforto ambiental e térmico nos ambientes edificados, em especial, nas edificações escolares. Como essas pesquisas vêm ocorrendo há pouco tempo, poucas informações se encontram nesta área, bem como métodos e normas desenvolvidas para avaliar o conforto ambiental de acordo com as características climáticas no Brasil.

O atendimento às exigências de conforto térmico é de extrema importância, principalmente no Brasil, caracterizado por um clima tropical, onde na maior parte

do país as temperaturas atingem níveis bastante elevados. 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 (MAITELLI, 1994). Portanto, devido a sua localização geográfica, Cuiabá apresenta um clima predominantemente quente, acentuado pelo processo de urbanização contínuo, levando a um aumento das áreas impermeabilizadas, diminuição da vegetação que, entre outros fatores, é responsável pelo fenômeno da “ilha de calor”, que se caracteriza por apresentar uma área urbana, em geral, central, mais aquecida que o seu entorno. (MAITELLI, 1994).

Em Cuiabá, no caso das edificações escolares municipais e estaduais, além das condições climáticas apresentadas em Cuiabá, nota-se que a sua maioria apresenta partidos arquitetônicos e sistemas construtivos mais ou menos padronizados, que foram 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, como constatado pelos depoimentos de seus usuários, conforme a literatura pesquisada e entrevistas realizadas no local desta pesquisa. Provavelmente, estas condições interferem negativamente na motivação e concentração dos seus usuários. Portanto, faz-se necessário o desenvolvimento de uma arquitetura escolar que tenha como preocupação o atendimento às necessidades de conforto térmico, principalmente, proporcionando um ambiente agradável e que favoreça o aprendizado.

Assim, tendo em vista melhorar o conforto térmico das edificações começaram a se desenvolver pesquisas de avaliação pós-ocupação relacionadas ao conforto ambiental, onde se podem identificar e procurar solucionar suas deficiências. Isto ocorre, principalmente, em edificações escolares, onde é possível verificar a influência da sensação de conforto ou desconforto térmico no aprendizado.

Desta forma, é importante, também, o estudo em edificações escolares, pois as escolas são locais que abrigam um grande número de usuários durante longo período e que requerem um ambiente confortável sob os aspectos visual, acústico, ergonômico, lumínico e, principalmente, térmico.

## 1.2. JUSTIFICATIVA

No passado, pouco se preocupava com os aspectos de conforto ambiental na hora de se projetar as edificações. Muitos dos projetos eram padronizados e em outros casos procurava-se adequar as edificações às condicionantes climáticas.

Atualmente, os homens têm se tornado, cada vez mais, exigentes em relação à qualidade de vida, principalmente em relação ao conforto que os ambientes em que vivem lhes proporciona. No Brasil, poucas informações existem no que diz respeito ao condicionamento natural de ambientes que sejam adequados às nossas condições climáticas, levando a estimativas grosseiras no desenvolvimento do projeto. Além disso, a preocupação com a manutenção das fontes energéticas também impulsiona a pesquisa acerca de novas alternativas no sentido de melhorar o conforto ambiental das edificações.

Neste panorama, vem crescendo os estudos acerca do conforto ambiental, seja térmico, acústico, lumínico, entre outros, visando encontrar parâmetros para projeto, bem como para a avaliação pós-ocupação dos ambientes. Assim, nota-se que o comportamento ambiental das edificações tem sido bastante explorado por pesquisadores no mundo todo devido à possibilidade da melhoria ou inovação nos métodos e normalizações, à economia de energia e à obtenção de conforto.

Com os avanços tecnológicos, tornou-se possível obter, rapidamente, através do uso do computador, a solução de modelos matemáticos bastante complexos e com relativa fidelidade aos fenômenos físicos envolvidos. Desta forma, faz-se a construção de modelos para simulação que podem ser utilizados para a determinação, exata ou aproximada, dos valores que produzem o melhor desempenho do sistema para variáveis controladas e para determinados valores das variáveis não controladas. Entretanto, os modelos teóricos dificilmente reproduzem uma representação perfeita da realidade, tornando inevitável o acompanhamento de métodos e processos de medição, experimentação e análise da realidade. Este acompanhamento permite avaliar o grau de precisão dos modelos e implementa a concepção da natureza dos processos físicos envolvidos, possibilitando, por fim, uma análise teórico-experimental do comportamento ambiental das edificações.

Apesar do maior interesse e do desenvolvimento tecnológico acerca do conforto ambiental, pouco se avançou em pesquisas relacionadas a esse tema,

principalmente no Brasil. Ainda existe, em nosso país, uma escassez de literatura e pesquisa nessa área, bem como a falta de um método normalizado para avaliar o conforto ou desconforto térmico e a sensação térmica das pessoas.

Desta forma, os pesquisadores têm se utilizado de normas e parâmetros estabelecidos em outros países, os quais possuem características ambientais bem distintas da nossa realidade, tornando questionável a sua eficiência e validade.

Por outro lado, no que diz respeito ao planejamento de uma edificação, as suas propriedades ambientais tem grande relevância e fazem parte de uma etapa de programação e anteprojeto. Estas propriedades envolvem decisões sobre planejamento, forma, materiais, aberturas, orientação, entre outros, o que requer conhecimentos de conforto ambiental, seja térmico, lumínico ou acústico, numa edificação.

Somando-se todos estes aspectos, nota-se que se faz necessário o desenvolvimento de mais pesquisas sobre conforto ambiental, a fim de contribuir tanto com dados, análises e parâmetros quanto com a mensuração e obtenção de índices de conforto ambiental capazes de gerar uma avaliação pós-ocupação eficiente.

Deve-se ressaltar também que um dos tipos de edificações que mais tem sofrido com a falta de dados e informações nesta área é a edificação escolar pública. Estas, por sua vez, por terem sido construídas em uma época em que o conforto ambiental não era prioridade, tiveram como princípio o desenvolvimento de projetos em sua maioria padronizados, não tendo sido considerados, por conseqüência, os fatores ambientais que poderiam influenciar no conforto térmico de seus ambientes.

Portanto, este trabalho tem como objetivo geral a realização de uma avaliação pós-ocupação em uma escola pública, através da análise das condições ambientais dos locais utilizados pelos alunos, determinando índices ambientais e pessoais, através de entrevistas, e de análises de parâmetros de conforto térmico. Desta forma, será necessário comparar a sensação térmica obtida através da pesquisa em campo e a obtida analiticamente através do modelo do voto médio estimado (PMV), de acordo com a ISO 7730 (1995).

Para que o objetivo geral do trabalho fosse alcançado foi preciso determinar os objetivos específicos, sendo estes a escolha do local objeto de estudo, sendo

selecionada a escola a ser estudada, a Escola Estadual Francisco Ferreira Mendes, situada na rua 38, Bairro Boa Esperança, região suburbana, cerca de 08 km do centro da cidade de Cuiabá; caracterizar a sua edificação e do local onde está inserida; determinar os aparelhos a serem utilizados nas medições; analisar os dados levantados sobre o conforto ambiental; determinar o índice de conforto térmico; avaliar o nível de satisfação com relação ao ambiente físico e social da escola (cores, acabamento, interno, tamanho da sala, segurança da escola com relação a marginais); e avaliar as sensações térmicas dos usuários através de questionários, comparando os índices com as respostas dos alunos, tornando possível demonstrar se os ambientes avaliados atendem as exigências básicas de conforto térmico.

Assim, pretende-se por meio deste trabalho contribuir com a pesquisa no campo do conforto ambiental, mais especificamente sobre o conforto térmico, e na melhoria das condições de conforto ambiental nos centros de aprendizagem, podendo, oferecer subsídios para o estabelecimento de diretrizes de conforto térmico para projeto.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

---

### **2.1. CLIMA URBANO**

Durante algum tempo vêm sendo realizados vários estudos sobre clima, bem como clima urbano, sendo que sob várias formas se vem buscando caracterizá-lo e melhor compreendê-lo.

Segundo TREWARTHA (1954), uma região climática é qualquer porção da superfície terrestre sob elementos climáticos e características climáticas similares. Tempo é a somatória das condições atmosféricas de um lugar, em um curto período de tempo, através da combinação de temperatura, pressão, umidade, ventos e precipitação, ou seja, representa um estado momentâneo da atmosfera. Por outro lado, o clima é a generalização das condições do tempo dia após dia, enfatizando características e distribuições, ou seja, estudando a variação constante das condições do tempo e das mudanças de estação.

Mais tarde, em 1977, a Organização Mundial de Meteorologia (OMM) passou a estudar o clima baseando-se na importância das interações entre a atmosfera e a superfície terrestre, conceituando-o como um conjunto que constitui a atmosfera, os oceanos, as massas de neve e gelo, massas continentais e a vegetação, tendo vínculos físicos e químicos variados e complexos, sendo chamado de sistema climático e constituindo o modelo climático global.

Desta forma, ROMERO (1988) apud COSTA (2002)\* considera como fatores climáticos globais a radiação, latitude, altitude, massas de água e terra; e os locais, a topografia, vegetação e superfície do solo; e considera como elementos climáticos a temperatura, umidade, movimento do ar e precipitações. Os fatores climáticos locais determinam as condições do microclima, isto é, o clima em um local restrito, como, por exemplo, uma cidade, bairro, uma rua, ou mesmo uma edificação em uma camada de ar junto ao solo.

Além disso, MASCARÓ (1999) conceitua clima urbano como um sistema que abrange o clima de dado espaço e sua urbanização, comparando-se a cidade e seu entorno, podendo-se observar a influência da urbanização no clima.

Para melhor compreensão do clima urbano deve-se destacar as pesquisas sobre balanço de energia, que estuda os fluxos verticais de calor sensível e calor latente, e Ilha de Calor, que estuda diferenças de temperatura entre áreas rural-suburbana-urbana. Segundo OKE (1988) e GRIMMOND (1992) apud MAITELLI (1994)\* o Balanço de energia de uma superfície urbanizada é definido como um volume que contém os elementos da superfície do dossel, o ar entre os elementos do dossel e na direção do chão, com uma profundidade suficiente para assegurar que as trocas verticais de calor sejam insignificantes durante o período de estudo.

Segundo SOUZA (2002) apud PEREDA (2003)\*:

**“A industrialização e a urbanização: provocam problemas de poluição atmosférica, das águas dos rios e mares, sonora (estresse e surdez prematura), da coleta de lixo e a nível de macro clima os problemas maiores são: efeito estufa (pelo aumento de CO<sub>2</sub> – gás carbônico – na**

---

\* COSTA, A. D. L. & ARAÚJO, V. M. D. - **A bioclimatologia como forma de análise da ocupação urbana: estudo de caso para Natal/RN.** In: NUTAU, 12, 2002, São Paulo. **Anais.** São Paulo, 2002.

\* MAITELLI, G. T. - **Uma abordagem Tridimensional do clima urbano em área Tropical Continental: o exemplo de Cuiabá/MT.** 1994. Tese (Doutorado em Climatologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

\* SOUZA, M. M. – **O espaço da natureza terrestre.** Disponível em: <http://www.inx.com.br>. Acesso em 16/ 01/ 2002, apud PEREDA, E. C. **A relação clima-aprendizagem nas Escolas Municipais de Cuiabá - Mato Grosso.** 2003. Dissertação (Mestrado em Educação). Instituto de Educação, Programa Integrado de Pós Graduação em Educação, Universidade Federal de Mato Grosso, 163f, 2003.

### **troposfera por carros e indústrias, aumentando a sua temperatura, as vezes em até 5°C)”**

Sobre o grave problema do efeito estufa o mundo toma suas providências embora os países mais industrializados não se atenham aos fatos. O Protocolo de Kyoto visa reduzir as emissões de gases que interferem na temperatura da atmosfera do planeta, embora não tenha sido assinado pelos Estados Unidos - EUA, essas emissões diminuíram. Porém, esta emissão diminuiu a níveis desinteressantes para o planeta: 1,2% foi a segunda diminuição em anos e as notícias datam de 1991 e mais recente em dezembro de 2002. É uma relação desleal pois EUA é responsável por 55% das emissões mundiais de gases e esta taxa deve ser cortada em 5,2%, até 2012, aos níveis de 1990, (site [www.bbcbrasil.com](http://www.bbcbrasil.com)). Outro agravante é a destruição da camada de ozônio (O<sub>3</sub>) principalmente pelo uso de CFC (Clorofluorcarbono), que impede a filtragem dos raios ultravioletas do sol, que são nocivos à vida.

Segundo LANDSBERG (1981) apud MAITELLI (1994)\* o processo urbano causa transformações nas propriedades radiativas, térmicas, de umidade e aerodinâmicas na superfície, implicando em alterações no Balanço de Radiação e no Balanço de Energia. Para LANDSBERG (1981) e OKE (1988) apud MAITELLI (1994)\* a densidade dos materiais de construção produz um sistema com maior capacidade para estocagem de calor, a impermeabilização da superfície gera condições para as enchentes urbanas, a geometria dos prédios contribui para a estagnação e canalização do ar e para a formação de uma superfície de grande aspereza. Os materiais do tecido urbano alteram as propriedades físicas dos elementos naturais modificando o albedo, a absorção e a transmissão de calor na superfície. O calor e a água produzidos pelas atividades humanas suplementam as fontes naturais de calor e água no sistema urbano. Para poder se medir as alterações trazidas pela urbanização do espaço costuma-se estabelecer comparações entre uma área urbanizada e uma não urbanizada ou comparar áreas urbanas com uso do solo diferenciado, localizadas em áreas centrais e nos arredores das cidades.

---

\*MAITELLI, G. T. - **Uma abordagem Tridimensional do clima urbano em área Tropical Continental: o exemplo de Cuiabá/MT.** 1994. Tese (Doutorado em Climatologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

\* \_\_\_\_\_

Desta forma, nota-se a formação de ilhas de calor em determinadas áreas das cidades, pois as construções absorvem mais insolação e as devolvem com uma irradiação maior de calor junto com poluentes emitidos para a atmosfera. As ilhas de calor ocorrem, principalmente, devido ao maior uso de combustíveis fósseis (derivados de petróleo) e ausência de biomassa (áreas verdes). Este é um fenômeno típico de aglomerações urbanas de grande, médio e pequeno porte, e as variações de temperatura podem variar em até 7°C.

Tendo em vista essas transformações provocadas pela urbanização, é importante o estudo do clima urbano, no sentido da melhoria do conforto ambiental nas cidades, bem como do conforto térmico das edificações relacionadas ao clima da cidade onde estão inseridas, de modo a melhorá-lo e traçar diretrizes para o planejamento urbano e projetos arquitetônicos para as edificações a serem construídas.

## ***2.2. CONFORTO TÉRMICO***

O conforto ambiental relacionado à arquitetura e ambiente construído é composto pelas seguintes partes: conforto térmico, visual, acústico e ergonômico. No presente trabalho, foi analisado especialmente o conforto térmico, que vem sendo tema de várias pesquisas atualmente.

O conforto térmico, sem dúvida, é responsável por uma grande parcela do conforto ambiental. Num determinado ambiente, a temperatura sob a qual um indivíduo é submetido influencia seu estado físico e psíquico, comportamento e reações (CERF, 2003). Pode-se dizer que o calor cada vez mais intenso afeta o conforto e a eficiência dos ocupantes de um determinado ambiente.

Segundo ASHRAE apud LAMBERTS et al. (2000)\*, o conforto térmico é definido como um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve um indivíduo. A sensação térmica é relativa de um indivíduo para outro

---

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

e depende também do metabolismo de cada um. Metabolismo está relacionado ao trabalho que um organismo deve desenvolver para produzir calor, em função da assimilação do alimento e do tipo de atividade física desenvolvida, além do peso, pressão arterial, entre outros fatores próprios de cada indivíduo.

O desconforto térmico é, geralmente, uma das maiores reclamações dentre os fatores que compõem o conforto ambiental. O calor excessivo provoca efeitos sobre o indivíduo, deixando-o cansado, reduzindo sua atenção e aumentando as tendências em incorrer em erros ou acidentes. 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%.

Além da diminuição do rendimento no trabalho, o calor pode vir a provocar até as chamadas doenças do calor, assim denominadas por GIAMPAOLI /s.d./, que ocorrem quando os mecanismos termorreguladores falham ou são insuficientes, levando a uma fadiga fisiológica. Dentre estas doenças encontram-se exaustão do calor, desidratação, câimbras de calor e choque térmico. Segundo GIAMPAOLI /s.d./ a exaustão do calor é decorrente de um insuficiente suprimento de sangue no cérebro, resultante da dilatação dos vasos sanguíneos, em resposta ao calor, com baixa pressão arterial como advento resultante. A desidratação atua, inicialmente, reduzindo o volume de sangue e promovendo a exaustão do calor. Em casos mais graves, produz distúrbios nas funções celulares, ineficiência muscular, redução das secreções, acúmulo de ácidos nos tecidos, febre e, em casos extremos, morte. Câimbras de calor ocorrem quando há sudorese excessiva com muita perda de cloreto de sódio e potássio, seguindo-se de espasmos musculares. Choque térmico ocorre quando a temperatura do corpo é tal que põe em risco algum tecido vital que permanece em contínuo funcionamento.

Dentre os diversos estudos que vem sendo desenvolvidos sobre a análise da relação homem-conforto térmico, existe alguns que fazem abordagens voltadas para as reações fisiológicas de trabalhadores expostos a altas temperaturas. Outros autores relacionam o conforto térmico com o clima e a arquitetura.

A avaliação do conforto térmico é importante para se fazer um diagnóstico do ambiente estudado, propondo melhorias, além de servir como referência para futuros projetos. Desta forma, JABARDO (1984) descreve que um estudo de conforto térmico deve, portanto, ter como objetivo a obtenção de condições ambientais que propiciem sensação de conforto a um número maior de pessoas possível que estejam realizando determinado tipo de atividade.

Tem-se sempre como objetivo dos estudos do conforto térmico nos ambientes, a busca de recursos para melhorá-lo a fim de atender as necessidades de seus usuários. Para o IPT (1987) a avaliação do desempenho térmico de uma edificação consiste, basicamente, em verificar se o ambiente interno atende ou não a um conjunto de requisitos pré-fixados em função das exigências do usuário quanto ao seu conforto térmico.

Assim como a sensação térmica é relativa, depende de cada indivíduo, existem também outros fatores em relação ao tempo e clima que também influenciam. Segundo PAULA /s.d./ a sensação de conforto térmico é toda sensação de frio ou calor que o indivíduo sente em determinadas condições ambientais, decorrentes dos fatores climáticos, dos fatores das possíveis fontes de calor – calor radiante – e dos fatores de ordem pessoal.

AKUTSU et al. (1987) adota como aceitável uma porcentagem de 80% de pessoas satisfeitas com as condições do ambiente térmico (calculado pela equação de Fanger).

Existem alguns fatores climáticos que implicam na resposta humana ao ambiente térmico e contribuem de forma associada para os processos de troca de calor entre o corpo e o ambiente. Estes são: temperatura do ar (temperatura de bulbo seco), que representa as trocas de calor entre o corpo humano e o meio que o envolve; temperatura dos elementos ao redor (temperatura radiante); que representa o efeito combinado de todas as superfícies ao redor do corpo; velocidade do ar, que é a medida média da movimentação do ar e que define as trocas das camadas de ar próximas ao corpo, aumentando o fluxo de calor entre este e o ar, afetando perdas de calor por convecção e evaporação; e umidade relativa, que é a relação entre o nível de umidade do ar e seu valor máximo, em função da temperatura do ar, e influencia

diretamente na taxa de evaporação do suor, pois quanto maior a umidade do ar, mais difícil será a eliminação do calor através do suor (DEPROT, 2002).

Os fatores das fontes de calor resultam da existência de fontes de radiação infra-vermelha, que proporcionam ganhos de calor ao organismo do indivíduo por radiação. No caso de não existirem fontes de calor, o organismo poderá perder calor por radiação, de acordo com as condições do ambiente.

A sensação térmica, ou seja, o efeito das condições térmicas varia de acordo com cada pessoa, dependendo de fatores de ordem pessoal como metabolismo, idade, sexo, conformação física, alimentação, atividade, adaptação ao ambiente e vestimentas. A atividade desenvolvida também influencia, provocando acréscimo de calor e as vestimentas são como um isolante térmico, mantendo uma camada de ar junto ao corpo.

Considerando as condições climáticas e as de ordem pessoal e o julgamento subjetivo de cada pessoa, pode-se obter uma análise aprofundada do conforto térmico de um determinado ambiente, bem como a sensação térmica dos indivíduos que utilizam o espaço.

### **2.2.1. Desempenho Térmico de um Edifício**

A avaliação do desempenho térmico de um ambiente visa a produção de uma arquitetura adequada ao clima e depende de variáveis climáticas, humanas e arquitetônicas.

O arquiteto deve aplicar os conceitos bioclimáticos e de eficiência energética de forma qualitativa desde o início do projeto. Isto será mais fácil em edificações de pequeno porte ou de função residencial, onde o número de variáveis envolvidas é menor e a possibilidade de exploração do condicionamento e iluminação naturais é maior. No setor público e comercial, a complexidade das variáveis cresce muito, uma vez que os sistemas artificiais são quase sempre a principal fonte de iluminação e climatização. Neste caso, mais importante ainda se torna a avaliação do desempenho térmico de um edifício em busca da integração entre os sistemas naturais e artificiais, o que resulta no uso dos equipamentos com melhor eficiência. Nesse sentido, torna-se imprescindível ao arquiteto utilizar simulações e avaliações como ferramenta de

projeto. É importante ressaltar que o arquiteto pode fazer a simulação do desempenho de um edifício ou contratar um profissional para fazê-lo, nos casos onde a sistematização de todas as variáveis for muito complexa.

Respeitando o método próprio de cada arquiteto projetar, através dos estudos em conforto ambiental, será possível, futuramente, sugerir-se uma seqüência de procedimentos nos quais as questões relativas ao desempenho do edifício podem ser levadas em consideração nas decisões do projeto arquitetônico.

### **2.2.2. Mecanismos de Termo-regulação**

O homem é um ser homeotérmico, isto é, mantém sua temperatura corporal constante, dentro de certos limites. O equilíbrio térmico é mantido por um sistema orgânico denominado termo-regulador, que através de ações fisiológicas interfere nas trocas térmicas com o ambiente. O principal objetivo da termo-regulação é não permitir grandes variações na temperatura interna do corpo, de maneira que os sistemas vitais possam funcionar adequadamente.

Através do processo metabólico, o homem produz energia interna, que é consumida na manutenção das funções fisiológicas vitais, na realização de trabalhos mecânicos externos, e o restante é liberado em forma de calor. A produção de calor aumenta conforme o esforço físico executado, assim há uma eliminação do excesso de calor produzido para que a temperatura corpórea se mantenha constante. Quanto maior for o trabalho do sistema termo-regulador para manter a temperatura interna do corpo, maior será o desconforto.

FANGER (1970) apud RUAS (2001)\* afirma que para uma certa taxa de metabolismo, a temperatura da pele e a quantidade de calor perdida por evaporação do suor, são as únicas variáveis fisiológicas que influenciam no equilíbrio térmico do

---

\* RUAS, Á. C. - **Sistematização da avaliação de conforto térmico em ambientes edificados e sua aplicação num software**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

corpo, concluindo que o conforto tem que estar relacionado com a magnitude desses parâmetros.

Três processos principais fazem a termo regulação do corpo humano; a vasoconstrição, a vasodilatação e a sudação. A vasoconstrição ocorre em ambientes com sensação de frio: há uma redução da circulação sanguínea junto à pele reduzindo a sua temperatura e tornando-a um bom isolante térmico e, conseqüentemente, diminuindo as perdas de calor para o meio ambiente. A vasodilatação, por sua vez, ocorre em ambientes com sensação de calor: há um incremento da circulação, diminuindo sua capacidade de isolamento e, portanto, elevando a temperatura da pele o que acarretará maiores perdas de calor para o meio ambiente.

A partir de uma certa temperatura (35°C), as glândulas sudoríparas são ativadas e o corpo inicia o processo de sudação – liberação de suor pelos poros da pele. A descarga de água pelo suor implica em perdas térmicas importantes para o reequilíbrio térmico quando a pessoa está sujeita a um ambiente quente ou em esforço físico exigente.

Segundo LAMBERTS et al. (2000), o calor é dissipado através de mecanismos de trocas térmicas, que podem ser trocas secas por condução, convecção e radiação, ou trocas úmidas por evaporação. O calor perdido através de trocas secas, é denominado calor sensível, o perdido através de trocas úmidas e chamado calor latente.

### **2.2.3. Variáveis de Conforto Térmico**

O conforto térmico é classicamente definido como sendo o estado mental que expressa a satisfação com o ambiente térmico que o circunda, definição elaborada por Fanger sendo inclusive incluída em normas e manuais de conforto como a norma americana ASHRAE 55 (1992). É analisado por variáveis ambientais; a temperatura do ar, a temperatura radiante média, a umidade e a velocidade do ar, e ainda em função da atividade física, o metabolismo, e da resistência térmica oferecida pela vestimenta.

### **2.2.3.1. Metabolismo**

Metabolismo é o processo pelo qual o organismo obtém energia através de elementos combustíveis orgânicos. Apenas 20% de toda energia produzida pelo organismo, é absorvida e transformada em potencialidade de trabalho. Os 80 % restantes são eliminados em forma de calor para que a temperatura interna seja mantida em equilíbrio. (LAMBERTS, 2000).

Segundo XAVIER (1999), o metabolismo, que varia de acordo com a atividade desempenhada é expresso em unidade "met", sendo que 1 met, que corresponde a 58,2 W/m<sup>2</sup>, é igual a energia produzida por unidade de área superficial do corpo para uma pessoa sentada em repouso. A área superficial aproximada de uma pessoa média é de 1,8 m<sup>2</sup>. Os valores dessa variável podem ser extraídos da tabela A.1 da ISO 7730 (1995). Além dessa tabela, a taxa metabólica também pode ser determinada pelas tabelas constantes na ASHRAE (1992), ou através do consumo de oxigênio e da taxa de batimento cardíaco.

### **2.2.3.2. Vestimenta**

Para LAMBERTS *et al.* (2000) a vestimenta é uma barreira para as trocas de calor por convecção, equivale a resistência térmica entre o corpo e o meio. Esta funciona como isolante térmico, mantendo junto ao corpo uma camada de ar aquecida ou menos aquecido. A vestimenta reduz a sensibilidade a diferenças de temperatura e da velocidade do vento. Além disso, determinadas cores das vestimentas podem influenciar no ganho de calor, como, por exemplo, cores claras refletem uma porcentagem maior da radiação incidente e as cores escuras absorvem mais.

Conforme XAVIER (1999), a representação convencional dessa variável é "Icl", expresso em m<sup>2</sup>.K/W ou em "clo", sendo que 1 clo equivale a 0,155 m<sup>2</sup>.K/W. Os valores do isolamento térmico das roupas, ou das peças que compõem o traje utilizado pela pessoa, é função do material de confecção dos mesmos, bem como da

espessura dos tecidos e materiais das roupas. A determinação desses valores foi feita utilizando-se manequins aquecidos, (FANGER, 1970), sendo que os resultados dessas determinações encontram-se devidamente tabelados nas normas e manuais ISO-7730 (1995), ISO-9920 (1995) e ASHRAE (1992).

### ***2.2.3.3. Características Construtivas***

Também interferem diretamente na intensidade dos ganhos térmicos diversos fatores que envolvem itens como as características térmicas dos materiais construtivos, a forma plástica e dimensão do edifício, a orientação solar, a localização no sítio, o entorno, as cores e texturas dos materiais de acabamento.

Os componentes de uma construção são classificados de acordo com o comportamento em relação à transposição dos raios solares. Em função da capacidade de bloqueio aos raios solares diretos ou difusos, as superfícies podem ser classificadas como opacas e translúcidas ou transparentes.

Nas edificações em geral, os elementos opacos correspondem às superfícies horizontais e verticais que delimitam os espaços. As superfícies horizontais correspondem à cobertura, em geral composta por telhas cerâmicas; as superfícies verticais correspondem às paredes de blocos cerâmicos ou de concreto. As transparentes ou translúcidas são os vidros existentes na caixilharia, portas e janelas, instaladas nos diversos ambientes que compõem a moradia. Expostas à incidência dos raios solares, estas edificações atingem altos valores de temperatura em função da “baixa resistência e capacidade térmica das paredes e das coberturas”. (AKUTSU & VITORINO, 2000).

A forma plástica dos edifícios interfere de maneira significativa quando estes apresentam extensas superfícies, em todas as faces da edificação, em situação de constante exposição à radiação durante toda a trajetória solar. No entanto, é a cobertura do edifício a superfície de maior exposição à radiação solar direta, pois nos trópicos, as superfícies mais atingidas são as horizontais. Em função da perpendicularidade do sol, estas superfícies receberão, no verão, o dobro da energia solar que receberá uma superfície vertical.

As superfícies verticais são mais atingidas no período entre 9h e 10h (manhã) e entre 14h e 15h (tarde); contribuindo para a absorção de energia as cores e texturas dos materiais empregados em seu acabamento externo: as cores claras refletem uma porcentagem maior da radiação incidente e as cores escuras absorvem mais. A ação conjunta da radiação solar direta, da difusa e da refletida poderá resultar numa ampliação do ganho térmico, via condução de calor sensível através de paredes e telhados, ou através de aberturas como portas e janelas. De acordo com AKUTSU & VITTORINO (2000) 90% dos ganhos térmicos, no dia típico de verão, tem origem na cobertura (45%) e nas áreas envidraçadas (45%).

Por fim, o emprego da vegetação formando uma cobertura vegetal composta por espécies variadas, nas superfícies não edificadas que contornam os edifícios e fazem parte das áreas destinadas às áreas verdes e ao lazer da comunidade, também contribuem no bloqueio à incidência dos raios solares no solo e nas superfícies verticais, opacas e translúcidas, amenizando temperaturas, equilibrando o micro clima e propiciando a melhoria da qualidade de vida da população local.

#### ***2.2.3.4. Temperatura do Ar***

Conforme XAVIER (1999), a variável de temperatura do ar pode representar a temperatura do ar ao redor do corpo humano. Dessa forma, essa variável é levada em consideração nos estudos de conforto térmico para determinar-se a troca de calor por convecção entre as pessoas e o ambiente ao redor. Esta pode ser medida através de sensores de expansão de líquidos ou sólidos, termômetros elétricos, de resistência variável ou termopares. Esta temperatura não é consequência direta da incidência dos raios solares, o que acontece é que os raios solares aquecem o solo, e por convecção, o ar é aquecido.

LAMBERTS et al. (2000), explicita muito bem que a temperatura do ar é definida por um balanço energético onde intervém;

- a. A radiação solar incidente e o coeficiente de absorção da superfície receptora;

- b. A condutividade e a capacidade térmica do solo que determina a transmissão de calor por condução;
- c. Perdas por evaporação, convecção e radiação.

#### ***2.2.3.4. Temperatura Radiante Média***

Segundo XAVIER (1999), a temperatura radiante média é a temperatura uniforme de um ambiente imaginário, no qual a transferência de calor radiante do corpo humano é igual à transferência de calor radiante no ambiente real não uniforme. A temperatura radiante média pode ser medida utilizando-se um termômetro de globo negro, um radiômetro de duas esferas, um sensor esférico ou elipsoidal à temperatura do ar constante, através das temperaturas superficiais das superfícies ao redor do corpo humano, ou ainda através das temperaturas radiantes planas determinadas nas seis direções ao redor do indivíduo. O termômetro de globo negro é o dispositivo mais usual na determinação dessa variável, sendo que, nesse caso a temperatura média radiante é obtida por observações dos valores simultâneos da temperatura de globo, e da temperatura e velocidade do ar ao redor do globo.

#### ***2.2.3.5. Umidade Relativa do Ar***

Umidade relativa do ar é a relação entre a quantidade de vapor d'água que o ar contém e aquela que poderia conter na mesma temperatura. A umidade do ar contribui para a perda de calor de um corpo por evaporação, como aproximadamente 25% da energia gerada pelo organismo é liberado em forma de calor latente (10% por respiração e 15% por transpiração) é importante que as condições ambientais no entorno do indivíduo estejam favorecendo a tais perdas, quando o calor for desconfortável.

A umidade pode ser expressa pela pressão parcial do vapor de água do ar úmido,  $p_a$ , é a pressão que o vapor de água poderia exercer se ocupasse sozinho todo o volume ocupado pelo ar úmido, à mesma temperatura. Sua determinação usual é

através da utilização de um psicrômetro, equipamento que mede simultaneamente a temperatura de bulbo seco, ou do ar e a temperatura de bulbo úmido aspirado. Com essas duas leituras, o valor da umidade do ar é obtido pela utilização das relações psicrométricas constantes da ISO-7726 (1996), relações essas que se apresentam graficamente através de cartas psicrométricas (XAVIER, 1999), ou são estimadas utilizando as equações apropriadas.

#### **2.2.3.6. Velocidade do Vento**

Para XAVIER (1999), em ambientes térmicos, a velocidade do vento, é considerada a magnitude do vetor velocidade do fluxo de ar no ponto de medição, e deve ser levada em consideração nos estudos de conforto térmico devido à sua participação na transferência de calor por convecção e por evaporação na posição da pessoa. Para a determinação do coeficiente de convecção utilizada na expressão do balanço térmico ou da carga térmica atuando sobre a pessoa, posteriores, a velocidade do vento considerada é a velocidade relativa do vento,  $V_{ar}$ . Essa é a velocidade do vento final atuando sobre a pessoa levando em consideração a velocidade absoluta do vento no ponto e o incremento a essa velocidade causado pelos movimentos das pessoas de acordo com a atividade desempenhada.

A ventilação pode ser natural ou forçada, e a natural pode ocorrer de acordo com dois princípios; por diferença de pressão ou por efeito chaminé.

As principais funções da ventilação são:

- a. Exigências humanas, suprimento de oxigênio e diluição do gás carbônico;
- b. Higiene, diluição de odores e ;
- c. Remoção do excesso de calor de ambientes.

#### **2.2.4. Métodos de Avaliação do Conforto Térmico**

De acordo com OLIVEIRA e RIBAS (1995), a obtenção de conforto térmico se processa quando o organismo, sem recorrer a nenhum mecanismo de termoregulação, perde para o ambiente calor produzido compatível com sua atividade. Várias metodologias foram desenvolvidas para conjugar as variáveis climáticas

(temperaturas, umidade, radiação e ventilação) que influenciam diretamente no balanço térmico do homem com a noção de conforto. Vários índices de conforto (biofísicos, fisiológicos e subjetivos) foram produzidos para fins de aplicação. A maioria dos índices, contudo, têm limitações em sua aplicação prática, as dificuldades de aplicabilidade surgem do fato desses experimentos terem sido realizados em condições climáticas muito variáveis. Como consequência, cada índice é válido e útil para uma margem limitada de condicionantes que não podem ser empregadas universalmente.

Existem diversos métodos destinados a avaliar o conforto térmico do ambiente, através do cálculo do índice de conforto térmico. Alguns dos mais conhecidos no Brasil são o Índice de Temperatura Efetiva, de Yaglou e Houghthen, o Índice de Conforto Equatorial, de Webb, o método de Olgyay, a Carta Bioclimática, de Givoni, que mais se adequam a regiões de clima quente.

O Índice de Temperatura Efetiva relaciona a temperatura, a umidade relativa e a velocidade do vento. O Índice de Conforto Equatorial também leva em consideração os mesmos fatores do anterior, mas, segundo FROTA E SCHIFFER (1995), se adapta a regiões de clima quente e úmido.

O método de Olgyay considera a temperatura e a umidade relativa do ar, esquematizando um diagrama bioclimático. Givoni, baseou-se no método de Olgyay e produziu uma Carta Bioclimática para o Brasil, importante para se desenvolver estratégias bioclimáticas a serem adotadas em projetos.

Atualmente, foram desenvolvidas novas técnicas para avaliação do conforto térmico, que incorporam conceitos mais realistas do que os empregados na Temperatura Efetiva, de Yaglou. Assim, surgiram o método de Fanger (ISO 7730, 1984) e o método ASHRAE (1992). Ambos analisam um maior número de variáveis que os métodos anteriores, estas são temperatura, umidade, velocidade do ar, calor radiante, tipo de atividade e vestimenta.

Nas normas brasileiras, a NR 15 (BRASIL, 1978) recomenda o método do Índice de Bulbo Úmido-Termômetro de Globo (IBUTG) para avaliação da exposição ocupacional ao calor de trabalhadores durante o ciclo de trabalho, em seus postos.

**TABELA 01** - Métodos para determinação do conforto térmico

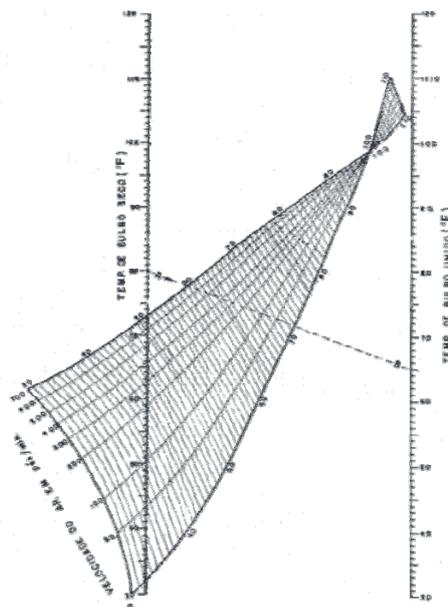
<b>MÉTODOS</b>	<b>VARIÁVEIS</b>
Método de Olgyay e Givoni	Temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar
Temperatura Efetiva e Índice de Conforto Equatorial	Temperatura, umidade e velocidade do ar
Temperatura Efetiva Corrigida	Temperatura, umidade, velocidade do ar e calor radiante
Índice de Sobrecarga Térmica e Índice de Bulbo Úmido-Termômetro de Globo (IBTUG)	Temperatura, umidade, velocidade do ar, calor radiante e atividade
Método Fanger e Método ASHRAE	Temperatura, umidade, velocidade do ar, calor radiante, tipo de atividade e vestimenta

Fonte: GIAMPAOLI, /s.d./

#### **2.2.4.1. Temperatura Efetiva**

Os primeiros estudos com real objetivo de se determinar parâmetros para o conforto térmico se deram entre 1913 e 1923, sendo esta última a data em que Houghten & Yaglou publicaram seus trabalhos que estabelecia “linhas de igual conforto”, e determinava as zonas de conforto, nascendo o Índice de Temperatura Efetiva.

Os experimentos tomaram lugar em duas câmaras climatizadas ligadas entre si por uma porta, uma câmara era mantida a temperatura constante e a umidade em 100%, na outra ia se variando a temperatura do bulbo seco e úmido enquanto as pessoas iam de uma câmara para outra e reportava qual estava mais quente. O objetivo era o de determinar as combinações de temperatura de bulbo seco e úmido que causavam as mesmas sensações térmicas. Daí originaram-se as linhas de igual conforto, que foram plotadas em uma carta psicrométrica e chamadas de temperatura efetiva (Figura 01).



**FIGURA 01** – Índice de Temperatura Efetiva  
**Fonte:** Web site da AreaSeg

Nos anos subsequentes experiências adicionais tomaram lugar, em 1924 os próprios Houghten & Yaglou estudaram os efeitos da velocidade do ar, em 1925 Yaglou & Miller os das vestimentas. Em 1929 novas experiências foram feitas para determinar o efeito do verão no intervalo de conforto (YAGLOU & DRINKER, 1929).

Conforme YAGLOU (1947) e ROWLEY, JORDAN & SNYDER (1947) apud RUAS (2001)\*, a escala de temperatura efetiva foi usada sem restrições para avaliar o conforto térmico até 1947, quando surgiram evidências que essa escala superestimava o efeito da umidade nas baixas temperaturas e subestimava o efeito da umidade nas altas temperaturas.

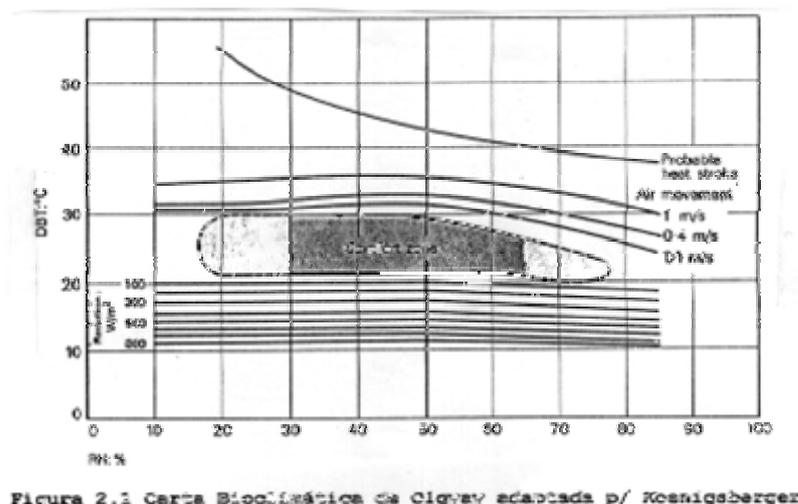
---

\* RUAS, Á. C. - **Sistematização da avaliação de conforto térmico em ambientes edificados e sua aplicação num software**. 2002. 196 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

### 2.2.4.2. Carta Bioclimática

Desenvolvida por Olgay, é determinada através da temperatura de bulbo seco e da umidade relativa do ar. Foi desenvolvida para regiões de clima quente, em trabalho leve, e com vestimenta de 1 clo.

Segundo ANDRADE (1996), em seus estudos OLGAY (1963) buscou, dentro de uma seqüência de variáveis interdependentes (clima / biologia / tecnologia / arquitetura), encontrar o método que compreende, inicialmente, uma análise de dados climáticos, acompanhada de uma avaliação psico-biológica. Resultou na elaboração da primeira carta bioclimática apropriada para ambiente externo, apresentando-se como uma tentativa de associar os dados climáticos com a sensação de conforto. O uso da carta é apropriado a regiões com menos de 300 m de altura em relação ao nível do mar, e latitude de aproximadamente 40 graus, em zonas de clima moderado. O autor utilizou a temperatura efetiva, como parâmetro para definir a zona de conforto, considerando a atividade como sedentária e o índice de vestimenta de 1 clo. A carta resultante apresenta uma extensão da zona de conforto, com a associação de outras variáveis que definem zonas de ventilação, irradiação solar, sombreamento e esfriamento evaporativo (figura 02).



**FIGURA 02** – Carta Bioclimática de Olgay adaptada por Koenigsberger  
Fonte: Apostila - Desempenho Térmico, UFSC (2000)

OLGYAY (1963) desenvolveu uma metodologia que indica que com a plotagem de dados climáticos, temperaturas médias mensais horárias, sobre a carta bioclimática, obtêm-se estratégias mais recomendáveis em cada hora, de determinada região. Posteriormente, é feita a transferência destas estratégias para a Carta de Necessidades, que passa a retratar um panorama anual, das necessidades bioclimáticas horária. Esta carta, por linhas e manchas, limita e define mais claramente, a cada hora, as necessidades dominantes de maior sombreamento, irradiação, ventilação ou proteção dos mesmos.

#### ***2.2.4.3. Voto Médio Previsto e Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas - Fanger***

A pesquisa sobre o conforto térmico teve um grande avanço a partir da publicação do trabalho desenvolvido pelo dinamarquês Ole Fanger, em sua passagem pelo laboratório da ASHRAE - Associação Americana dos Engenheiros de Refrigeração, Ar condicionado e Aquecimento, no período de outubro de 1966 a abril de 1967.

Fanger elaborou uma equação de conforto que permitia calcular todas as combinações das variáveis ambientais (temperatura radiante média, umidade relativa, velocidade relativa e temperatura do ar) que produzem o conforto térmico, para uma determinada combinação das variáveis pessoais (tipo de atividade física e vestimenta).

Fanger definiu um critério para avaliar o grau de desconforto experimentado pelas pessoas em ambientes que tivessem condições diferentes daquelas de conforto térmico, relacionando as variáveis que influenciam no conforto térmico com uma escala de sensação térmica definida por ele. Esse critério ele chamou de Predicted Mean Vote-PMV (Voto Médio Estimado-VME).

Este método é considerado o mais completo dos índices de conforto pois analisa a sensação de conforto em função das 6 variáveis. E também faz uma relação entre o voto médio estimado e a porcentagem de pessoas insatisfeitas (PPD –

*Predicted Percentage of Dissatisfied*). Para a análise do conforto térmico Fanger definiu uma escala de sensação térmica, como é mostrada na Tabela 02.

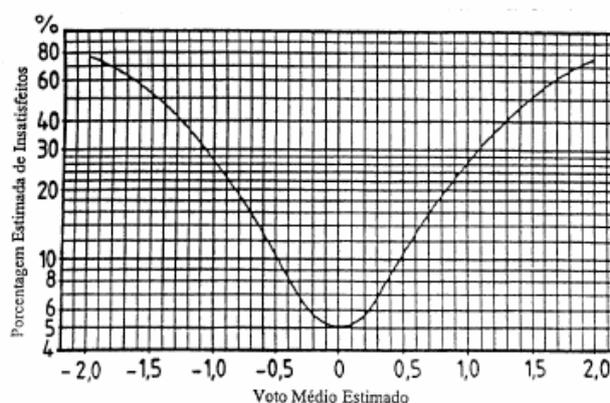
**TABELA 02** – Voto Médio Estimado X Sensação Térmica

VME	SENSAÇÃO
-3	Muito frio
-2	Frio
-1	Levemente frio
0	Conforto térmico
+1	Levemente quente
+2	Quente
+3	Muito quente

**Fonte:** Souza (1990)

Fanger também relacionou o voto médio estimado com a porcentagem estimada de insatisfeitos. Essa relação é representada pela curva da Figura 03.

Devido às diferenças individuais é difícil especificar um ambiente térmico que satisfaça a todos, sempre haverá uma porcentagem de insatisfeitos. Segundo a ISO-7730, um ambiente é considerado termicamente aceitável quando  $PPD < 10\%$ , ou seja,  $-0,5 < PMV < +0,5$ .



**FIGURA 03** – Voto Médio Estimado e Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas

**Fonte:** Apostila - Desempenho Térmico, UFSC (2000).

### **2.2.5. Fatores que Influenciam no Conforto Térmico**

Existem diferentes fatores que influenciam no conforto térmico de um ambiente, dentre eles, pode-se citar a implantação da edificação, a arborização do entorno, bem como, mais especificamente, os materiais utilizados para cobertura, forro, paredes, piso, esquadrias.

A implantação será responsável por determinar as faces da edificação que serão voltadas para a insolação mais branda ou para o vento predominante, podendo criar uma corrente de ar no ambiente. Como consequência da implantação haverá ambientes que terão uma de suas faces voltada para o oeste, onde a insolação é predominante, e ambientes com alguma de suas faces voltada para leste, onde a insolação é menor.

A arborização do entorno também é muito importante ao se analisar o conforto térmico de uma edificação ou ambiente, pois suas influências são inúmeras, além de benéficas. Segundo MANFREDINI (2002) a presença de arborização no espaço urbano traz vários benefícios ao meio ambiente, influenciando fatores como: biodiversidade, temperatura e umidade do ar, ventilação, iluminação e ruído; poluição do ar e embelezamento.

Segundo MENEGAT (1998), as árvores incrementam a biodiversidade, pois a presença de vegetais de várias espécies serve de abrigo para animais e promove o equilíbrio entre as diversas populações da fauna local. Além disto, reduzem a poluição atmosférica, pela retenção de partículas de poeira na superfície das folhas.

Além disso, segundo HIGUERAS (1997), as árvores, por sua função fisiológica, liberam umidade ao ambiente: um metro quadrado de bosque aporta 500 kg de água anuais. A temperatura do ar que circunda a vegetação é amenizada devido à utilização da energia disponível pelas plantas no processo de transpiração. E ainda, segundo MASCARÓ (1999) a sombra de uma árvore de grande porte pode chegar a reduzir a temperatura superficial de uma fachada orientada para Oeste em até 13°C.

As árvores também podem servir como uma barreira, reduzindo a velocidade dos ventos em locais onde seja necessário, garantindo uma ventilação filtrada e sem gerar grandes turbulências. Segundo HIGUERAS (1997) estas barreiras vegetais,

dependendo do tipo de vegetação constituinte, podem, também, atenuar o ruído em função da diferença de trajeto das ondas sonoras.

A recomendação da Organização Mundial de Saúde é um índice de 10 m<sup>2</sup> de área verde/habitante, e a Associação de Recreação dos EUA adota o índice entre 28 e 40 m<sup>2</sup>/habitante, (KNIJNIK, 1994). Desta forma, pode-se garantir um ambiente arborizado, amenizando os fatores de desconforto térmico que tanto afligem a população da região centro-oeste.

### **2.2.6. Ambiente Escolar e Avaliação**

Em muitas secretarias de educação (SEDUC), vêm sendo realizadas avaliações institucionais, refletindo em uma programação já estabelecida pelo governo federal com objetivo de estabelecer melhoria na formação e o fortalecimento dos sistemas educacionais dos estados.

Contudo, essas avaliações apenas tangenciam as questões ligadas a arquitetura escolar, restringindo-se ao plano político-pedagógico, (SEGAWA, 1986)

De maneira geral, a sala de aula e o que nela ocorre sempre foram assunto de muito interesse para administradores, pais e professores. O ambiente físico de aula pode ser um instrumento educacional poderoso, constituindo-se em um fator de influência indireta sobre o comportamento dos professores e alunos. Conhecer o ambiente e suas influências possibilitaria ao professor predizer o comportamento em certas circunstâncias e transformar o ambiente harmonioso aos propósitos e expectativas comportamentais. HEIMSTRA e McFARLING apud DURANTE (2000)\* sugere que se forem considerados os fatores ambientais, é possível explorar proposições para o planejamento da situação didático-pedagógica e que existem formas de se melhorar o ambiente educacional para que sua eficiência aumente, propiciando uma elevação do nível de aprendizagem, pelo aumento do conforto das modalidades físicas e sensoriais do indivíduos que utilizam o espaço da sala de aula.

---

\* DURANTE, L. C. - **Conforto Ambiental de Escolas Estaduais de Cuiabá/Mato Grosso**. 2000. 215 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Instituto de Educação, Programa Integrado de Pós Graduação em Educação, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2000.

A organização da sala de aula tem influência sobre os usuários determinando em parte o modo com os professores e alunos sentem, pensam e se comportem. Dessa forma, um planejamento do ambiente físico é parte integrante de um bom manejo em aula. Para esses autores o ambiente construído exerce influência direta ou simbólica sobre os indivíduos.

Dentre os fatores que influenciam na aprendizagem e, conseqüentemente, no desempenho do aluno estão relacionados vários aspectos de eles podemos citar:

- a) aspectos pedagógicos (método de ensino);
- b) aspectos psicológicos (nível de maturidade, capacidade intelectual, condições psíquicas e movimentação);
- c) características físicas dos alunos, condições de doenças ou deficiências;
- d) aspectos sociais (relações professores e colegas);
- e) poder econômico (renda familiar);
- f) além desses, os fatores ambientais, como disponibilidade de equipamentos e espaço físico, e qualidade desse espaço, podem ser incluídos na lista de aspectos que influenciam o desempenho das atividades em sala de aula.

MACADA apud DURANTE (2000)\*, em seu trabalho “projeto Arquitetônico para a Escola Construtiva”, coloca a arquitetura à disposição do pedagógico, na qual as definições visam atender plenamente as funções dos ambientes. Para esse autor, o projeto pedagógico determina a organização do espaço físico da escola. As carteiras não são dispostas em filas, pois os trabalhos são em pequenos grupos, valorizando a interação social para aprendizagem através de fortalecimento dos laços que os pequenos grupos propiciam. As atividades em grupo também determinam a forma da sala hexagonal, com 1,5m<sup>2</sup> de área por aluno. As circulações externas da forma tradicional dos corredores, onde se “circula”, para vias de circulação dinâmicas, onde se “encontram” pessoas. Essa circulação é, na verdade, um grande pátio coberto, utilizados nas áreas de recreio, que interliga quatro blocos de sala de aula e tem 1/3 da área total da escola. Cada bloco tem quatro salas de aula, dispostas de forma a cada sala ter duas janelas e duas fachadas diferentes, proporcionando mais

---

\* DURANTE, L. C. - **Conforto Ambiental de Escolas Estaduais de Cuiabá/Mato Grosso**. 2000. 215 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Instituto de Educação, Programa Integrado de Pós Graduação em Educação, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2000.

alternativas de orientação, iluminação e ventilação cruzada. Uma janela alta em uma parede da sala permite uma ventilação para um lanternim, que faz a ventilação do atíço. Esta proposta pedagógica e arquitetônica vem trazendo resultados consideráveis em Porto Alegre, conseguindo-se uma elevação das taxas de alfabetização de 50 para 90%.

MAYOL GONZALEZ (1975) estuda as condições sanitárias de cinco escolas secundárias em Cuba, abordando as condições arquitetônicas dos edifícios e o meio: microclima, ventilação, iluminação, densidade populacional, níveis de ruído, abastecimento de água, resíduos e seus tratamentos, manipulação dos alimentos, disposição do mobiliário e dimensões dos espaços. Relaciona estes fatores, por sexo, à imunidade contra tétano e febre tifóide.

Assim, deve-se ressaltar a importância da realização de pesquisas sobre conforto ambiental em escolas, podendo-se contribuir com a melhoria do ambiente de sala de aula a fim de se obter melhor rendimento e aproveitamento no aprendizado.

## **2.3. NORMALIZAÇÃO VIGENTE**

O Brasil, quanto à normalização, não dispõe de especificação de método para avaliar a sensação térmica das pessoas. As principais normas referentes aos estudos de conforto térmico foram elaboradas pela ISO (International Organization for Standardization) e pela ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.) sendo que as duas possuem em comum o fato de serem baseadas em estudos realizados em câmaras climatizadas, principalmente os de FANGER (1970).

### **2.3.1. ISO 7730 – Voto Médio Estimado e Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas**

A norma internacional ISO-7730 (1984), tomou como base os modelos de Fanger, e aplica-se a indivíduos sadios, tendo como objetivo apresentar um método

para prognosticar a sensação térmica e a proporção de pessoas insatisfeitas quando expostas a ambientes térmicos moderados, aqueles nos quais a combinação das variáveis ambiental e pessoal de conforto resulta num PMV dentro do intervalo de -2 a +2. Ela é indicada para o projeto de ambientes novos, como também na avaliação dos já existentes.

O conforto térmico é definido pela ISO-7730 (1995) como o estado de espírito que exprime satisfação com o ambiente térmico e considera que a insatisfação pode ocorrer em razão do aquecimento ou resfriamento do corpo como um todo ou de partes determinadas, o que recebe a designação de desconforto localizado.

O desconforto localizado pode ser causado por altas velocidades do ar, por grandes diferenças entre as temperaturas nas alturas da cabeça e do tornozelo, por grande assimetria de temperatura radiante ou pelo contato com superfícies frias ou quentes.

Os limites de conforto especificados nessa norma foram baseados na premissa que um ambiente só é confortável se pelo menos 80% dos ocupantes estão satisfeitos. TANABE & KIMURA (1994) apud RUAS (2001)\* apresentaram uma revisão dos efeitos da temperatura do ar, da umidade e da velocidade do ar no conforto térmico em climas quentes e úmidos. O trabalho concluiu que o PMV superestima a sensação térmica quando a velocidade do ar é superior a 0,5m/s e que o PMV não expressa adequadamente a sensação de conforto em condições de umidade alta porque a porcentagem de insatisfeitos é significativamente maior quando a umidade é 80% do que a 40% e 60%.

Em 1994, a ISO-7730 (1995) sofreu uma atualização. Ela cita que devido às diferenças individuais, é impossível estabelecer condições de conforto térmico que satisfaçam a todos num grande grupo. A nova versão especifica que um ambiente é aceitável no que se refere ao conforto térmico se a porcentagem de pessoas insatisfeitas devido ao desconforto no corpo for menor que dez por cento

---

\* RUAS, Á. C. - **Avaliação de Conforto Térmico – Contribuição à aplicação prática das normas internacionais**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas - FUNDACENTRO, Campinas, 2001.

(PPD<10%), e os insatisfeitos devido a desconforto localizado causado pelo ar em velocidade e/ou temperatura inadequadas, forem menos que 15 %.

Há uma equação que permite calcular a porcentagem de insatisfeitos devido ao desconforto localizado em função das variáveis: velocidade relativa, temperatura e intensidade de turbulência do ar. Essa equação é aplicável a pessoas em atividade leve, principalmente sedentária, com sensação térmica, no corpo como um todo, próxima da neutralidade. Ela incluiu ainda a limitação da umidade relativa ao intervalo entre 30 e 70% e modificou as recomendações para a velocidade média do ar em atividades sedentárias que passaram a ser dadas por um gráfico que relaciona, para 15% de insatisfeitos, a velocidade relativa, temperatura e turbulência do ar. Esta equação permite calcular o índice PMV (Voto Médio Previsto) ou índice de Fanger:

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

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 vento, 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.

### 2.3.2. ISO 7726/96 -Ambientes térmicos; Instrumentos e métodos para a medição dos parâmetros físicos

Essa Norma internacional encontra-se atualmente em discussão, por tratar-se de atualização de norma pré-existente, ISO-7726 (1996), sendo que seu objetivo principal é a definição dos parâmetros e orientação com relação às medições dos parâmetros físicos de ambientes térmicos, tanto ambientes moderados, para análise

de conforto térmico, como ambientes extremos, para análise de stress térmico. Especifica as características mínimas dos equipamentos e métodos de medição das variáveis físicas. Objetiva apenas a padronização do processo de registro de informações sobre as variáveis, que levem à obtenção do índice global de conforto térmico. Deve ser utilizada como referência quando se deseja fornecer especificações a fabricantes e usuários de equipamentos de medição de variáveis físicas de um ambiente. Essa versão atualizada é mais abrangente no que diz respeito à classificação de ambientes, homogêneos ou heterogêneo, para efeito de medições, e apresenta também relações psicrométricas do ar úmido de maneira mais completa.

### **2.3.3. ISO 8996/90 – Ergonomia - Determinação da produção do calor metabólico**

Esta Norma Internacional apresenta metodologia para a determinação da produção do calor metabólico, a três níveis de precisão distintos: nível I, classificação de acordo com o tipo de atividade e ocupação, sendo o risco de erro muito grande; nível II, utilizando tabelas de estimativas da taxa metabólica por atividades específicas ou utilizando-se a taxa cardíaca sob condições pré-definidas, ainda com altos riscos de erros sendo a precisão da ordem de 15%; nível III, utilizando-se medições diretas através do consumo de oxigênio, onde os riscos de erros são bem menores e a precisão é da ordem de 5%.

### **2.3.4. ISO 10551/95 – Ergonomia de ambientes térmicos - Verificação da influência do ambiente térmico usando escalas subjetivas de julgamento**

Esta Norma Internacional fornece subsídios para a construção e uso de escalas de julgamento, tais como escala de percepção ou de conforto térmico, de preferências térmicas, de aceitabilidade térmica e de tolerância térmica, para a utilização na obtenção de dados confiáveis e comparativos sobre os aspectos subjetivos do conforto e estresse térmico.

### **2.3.5. ISO 9920/95 – Ergonomia de ambientes térmicos - Estimativa do isolamento térmico e resistência evaporativa de um traje de roupas**

Esta Norma Internacional especifica métodos para a estimativa das características térmicas (resistência à perda de calor sensível e a perda de calor latente), em condições de estado permanente para trajes de roupas, baseados em valores conhecidos do isolamento das vestimentas, peças e tecidos. Também é discutida nessa norma a influência do movimento do corpo e a penetração do ar sobre o isolamento térmico e a resistência evaporativa.

### **2.3.6. ASHRAE – Standard 55-92 Ambientes térmicos - Condições para ocupação humana**

Essa é uma Norma Norte-americana utilizada em estudos de conforto térmico. O padrão atual ASHRAE 55 (1992), é abrangente, pois inclui informações sobre isolamento das vestimentas, medições dos períodos e localizações, desconforto com correntes de ar, juntamente com uma bibliografia atualizada. Este padrão é acordado com a ISO 7726, (1996) e 7730, (1994) baseado nos estudos de Fanger em câmaras climatizadas. Considera a temperatura efetiva ( $TE^*$ ) como índice para definir limites, mas passa a retratar zonas de conforto distintas para o verão e para o inverno. Essa norma americana também é uma atualização de outra pré-existente, ASHRAE Standard 55 - 1981, sendo que as principais alterações na versão atualizada dizem respeito a uma maior seção de definições, maiores informações a respeito do isolamento térmico das vestimentas, melhor enfoque sobre períodos e locais apropriados de medições, desconforto devido à correntes de ar, apresentando uma bibliografia bem mais atualizada sobre o assunto. Esta Norma Norte-americana encontra-se em conformidade com os dizeres da ISO 7730, bem como da ISO 7726.

### 2.3.7. NR 15 /NR 17

Esta norma faz parte das normas regulamentadoras da Segurança e Medicina do Trabalho, que visa estabelecer padrões mínimos para atender as exigências de conforto e segurança. A NR-15 avalia a exposição ao calor através do “Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo” (IBTUG), utilizando termômetros de bulbo úmido natural, termômetro de globo e termômetro de mercúrio comum, no local de permanência do trabalhador, à altura da região do corpo mais atingida.

Para tal utilizam-se as seguintes equações:

- a) Para ambientes internos ou externos sem carga solar:

$$IBTUG = 0,7tbn + 0,3tg$$

- b) Para ambientes externos com carga solar:

$$IBTUG = 0,7tbn + 0,1tbs + 0,2tg$$

onde:

tbn = temperatura de bulbo úmido natural

tg = temperatura de globo

tbs = temperatura de bulbo seco

Desta forma, pode-se, através do índice IBTUG, estabelecer limites de tolerância para exposição ao calor de acordo com a taxa de metabolismo e o tipo de atividade de cada indivíduo.

Já a NR-17 trata de atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes em locais como sala de controle, laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros, recomendando o índice IBTUG entre 20°C e 23°C.

Assim, as normas criadas ao longo do tempo contribuíram para o estudo do e aprimoramento da avaliação do conforto térmico em ambientes edificadas, bem como na criação de parâmetros a serem seguidos durante o planejamento das edificações, a fim de proporcionar um conforto térmico adequado aos seus usuários.

## 2.4. ÁREA DE ESTUDO

### 2.4.1. O Estado de Mato Grosso

O Estado de Mato Grosso situa-se na região Centro-Oeste do Brasil, como se pode observar pela Figura 04, e possui uma extensão territorial de 906.806,9 km<sup>2</sup>. A população de Mato Grosso é constituída por 2.498.150 habitantes. Estes se encontram desigualmente distribuídos por um extenso território, sendo que algumas áreas são densamente povoadas, como a capital, Cuiabá, e o município de Várzea Grande, áreas pouco habitadas, como a região norte do Estado.



**FIGURA 04 - Mapa Político do Brasil**  
Fonte: <http://www.brasilcultural.hpg.ig.com.br>

O IBGE (1998) atribui ao Brasil quatro unidades macroclimáticas, ou seja, quente, sub-quente, mesotérmico brando e mesotérmico mediano.

Os sistemas de correntes perturbadas de Oeste se caracterizam pela invasão de ventos de Oeste e Noroeste, no final da primavera e verão. Os sistemas de correntes perturbadas de Sul são representados pela invasão do Anticiclone Polar.

A massa de ar Equatorial Continental circula pela região pelo fato de que durante as estações das chuvas, no Brasil Central, é muito freqüente o deslocamento destas perturbações vindas do noroeste em direção à Depressão Continental do Chaco (SERRA e RATS BONNA, 1942, apud FABRIS, 2001) como mostra a Figura 05.

No inverno com a entrada de massas de ar polar pode ocorrer geada no sul do Mato Grosso do Sul e quando a massa de ar frio é forte chega-se a registrar geada até em Goiás, porém não é todo ano que acontece isso. Em Brasília e região, em razão de sua altitude (mais de 950 metros), as temperaturas são moderadas levando-se em consideração sua latitude baixa, mas não chega a ocorrer geada, sendo que durante os meses de maio e agosto a umidade relativa do ar fica extremamente baixa fazendo assim com que durante à tarde a temperatura fique elevada, mas após o pôr do sol ela cai rapidamente e durante a madrugada.

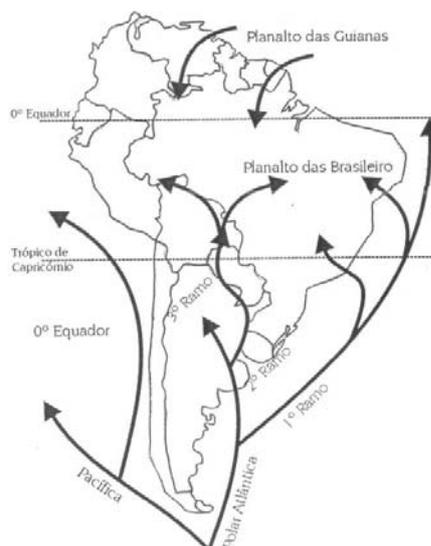


**FIGURA 05** - Massas de ar que circulam pelo Estado; Equatorial Continental e Polar Atlântica

**Fonte:** RATS e SERRA (1942) apud FABRIS (2001)

Apesar da ausência de estudos específicos sobre os deslocamentos das massas de ar no Estado de Mato Grosso, os pesquisadores apontam dois tipos de massas de ar que circulam pelo Estado; a Equatorial Continental e a Polar Atlântica conforme a Figura 06.

Estudos demonstram que a partir do mês de maio ocorre um aumento de nebulosidade, de Sudoeste para Nordeste, que atinge Mato Grosso em junho e permanece até agosto, (TARIFA e HAMILTON, 1978, apud FABRIS, 2001\*).



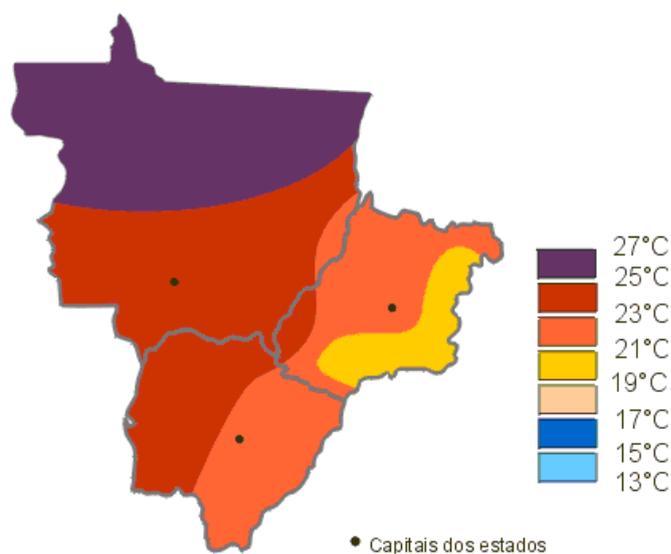
**FIGURA 06** - Penetração da Massa Polar Atlântica em território brasileiro  
**Fonte:** RATS e SERRA (1942), apud FABRIS (2001).

O clima da região Centro-Oeste varia pouco. Exceto a Planície do Pantanal todo o território esta no planalto central brasileiro e uma pequena porção ao sul no planalto meridional. Em razão disso a região apresenta o clima influenciado pela altitude. Mesmo não apresentando um clima variado, a região tem uma grande amplitude térmica segundo a Figura 07. Em média ao longo dos anos as mínimas são de 5°C e as máximas chegam a 41°C. Tipicamente o clima da região é tropical, segundo a Figura 07, e na classificação mais específica encontra-se 3 tipos de clima: Cwa (temperaturas moderadas com verões quentes e chuvosos), Aw (temperaturas elevadas, chuva no verão e seca no inverno) e Am (temperaturas elevadas com alto índice pluviométrico). O Cwa observa-se nas áreas mais altas de Goiás e no sul do Mato Grosso do Sul. Já o Am encontra-se na parte norte do Mato Grosso e o Aw em todos os estados em sua maioria. (<http://www.climabrasileiro.hpg.ig.com.br/centro.htm>).

\* FABRIS, L. – **Passeando por Mato Grosso**. Cuiabá: Coletânea Geográfica, 2001.

Segundo FABRIS (2001) apud SOUZA (2004)\*, a temperatura do Estado do Mato Grosso é resultante dos seguintes fatores geográficos:

- a) **Continentalidade** – a distância da costa brasileira impede a influência moderadora do oceano, ocasionando a ocorrência de altas temperaturas, bem como das fortes amplitudes térmicas anuais.
- b) **Relevo** – a elevação da altitude, associada ao aumento da latitude, é responsável pelo decréscimo da temperatura nos trechos mais elevados das chapadas. A temperatura anual do Estado varia de 27°C ao norte, 20°C, nos morros isolados e mais elevados ao Sul.
- c) **Circulação Atmosférica** – as massas de ar que dominam a região nas diferentes épocas do ano definem a circulação típica de inverno. No verão, com o avanço da Massa Equatorial Continental e o recuo da Massa Polar Atlântica, registra-se uma alta temperatura. No inverno o Estado de Mato Grosso sofre a atuação da Frente Polar Atlântica, que penetra no Planalto Central atingindo o sul da Amazônia, produzindo diferenciados graus de resfriamentos. Atinge Mato Grosso em junho, aproximadamente, e permanece até agosto.



\* SOUZA, P. H. G. L. – (1999) **estação seca para a estação chuvosa**, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2004.

## **FIGURA 07 - Média Anual da Temperatura da Região Centro-Oeste**

Fonte: <http://www.climabrasileiro.hpg.ig.com.br/centro.htm>

Sendo assim, nota-se que vários estudos sobre o clima no Estado do Mato Grosso vêm sendo realizados, principalmente sobre clima urbano e sobre a influência que a urbanização exerce sobre o clima. Estes estudos têm contribuído para uma melhor análise do clima urbano, auxiliando no desenvolvimento de planos diretores nas cidades, a fim de obter um conforto ambiental satisfatório.

### **2.4.2. A cidade de Cuiabá**

O município de Cuiabá, atualmente, possui área de 3.970,87 km<sup>2</sup>, segundo pesquisas do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1997), correspondendo 251,94 km<sup>2</sup> à macro-zona urbana (Lei nº 3.412/94) e 2.972,74 km<sup>2</sup> à área rural, segundo o IPDU - Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (1994). De acordo com MAITELLI (1997) o município está situado entre as coordenadas de 15° Latitude sul e 56° Longitude Oeste, porção sul do Estado de Mato Grosso, região central do Brasil.

Segundo MAITELLI (1997), a depressão cuiabana, parte integrante da depressão do Rio Paraguai, compreende uma área rebaixada, localizada à margem esquerda do Rio Cuiabá, limitando-se ao sul com Pantanal Mato-grossense, a oeste, noroeste e norte com a Província Serrana e a leste com a Chapada dos Guimarães. Localiza-se na confluência de três importantes ecossistemas brasileiros: o Pantanal, o Cerrado e a Floresta Amazônica. Segundo MAITELLI (1997):

**“A cidade está situada à margem esquerda do rio Cuiabá, afluente do rio Paraguai, tem uma topografia suave, que varia entre 160 e 200 metros fazendo parte da depressão Cuiabana, e nos seus terrenos, na direção sul,**

**iniciam-se os primeiros declives do Pantanal Mato-grossense. A área urbana é drenada pelo rio Cuiabá e seus afluentes, dos quais se destacam o rio Coxipó e inúmeros córregos, tais como Prainha, Ribeirão da Ponte, Manoel Pinto, Moinho, Barbados, Gambá e São Gonçalo”.**

A origem da cidade de Cuiabá está ligada ao ciclo do ouro e nasceu da expansão das bandeiras na busca de riquezas e na conquista de novas fronteiras. O núcleo urbano de Cuiabá iniciou sua colonização efetiva em 1722 e foi elevada a cidade em 1818. Em 1825, se tornou capital da província, contando com cerca de sete mil habitantes. Em meados do século XIX, a parte principal e portuária da cidade já estavam unidas e a população já atingia quase 10 mil habitantes.

A partir de 1940, a ligação rodoviária com São Paulo e Goiás e a aviação comercial trouxeram maior desenvolvimento da capital. Porém, na década de 70 teve início uma explosão demográfica com o incentivo do governo federal na criação de um programa de povoamento do interior do país. Segundo SILVA (2004), de 1970 a 1975 a população passou de 83 mil para 127 mil pessoas. Este crescimento acelerado nas décadas de 1970 e 1980 provocou alterações na paisagem, na ocupação urbana e no uso do solo, mantendo, porém, suas características iniciais de ocupação. Desta forma, a cidade apresenta uma malha viária do século XVIII de traçado irregular, com ruas estreitas em oposição às avenidas largas, criadas a partir da década de 70.

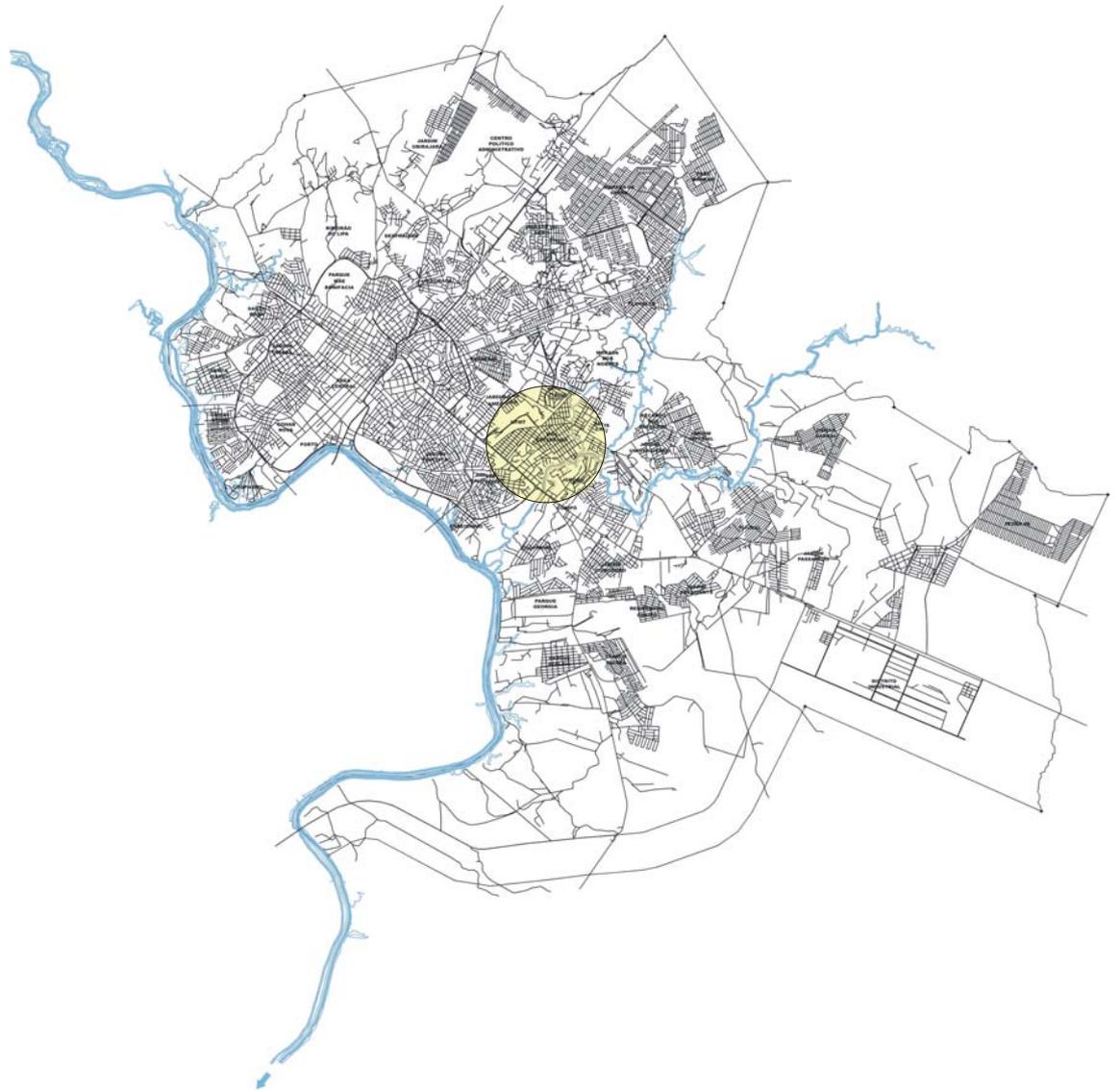
Cuiabá é conhecida como uma das capitais mais quentes do Brasil. Segundo MAITELLI (1997), a capital mato-grossense possui características climáticas típicas de regime tropical continental, tipo Aw na classificação de Koppen. Com base em dados climatológicos do período de 1970-1992, referentes a valores médios mensais horários, MAITELLI (1997) mostra que a distribuição anual das chuvas evidencia a existência de duas estações bem definidas: uma estação seca (outono-inverno) e uma estação chuvosa (primavera-verão), e as variações das temperaturas médias anuais são pequenas durante os meses do ano, sendo que as maiores quedas térmicas registradas ocorreram nos meses de inverno e são resultantes das invasões de ar polar na região. A mesma autora diz também que a velocidade média do vento é fraca, notadamente nos meses de inverno e no horário noturno.

Os primeiros estudos sobre clima urbano no Estado de Mato Grosso tiveram início em 1991 com o trabalho “Ilha de Calor em Cuiabá-MT: Uma Abordagem de Clima Urbano” de MAITELLI et al. (1991), contribuindo com a elaboração do Plano Diretor Municipal e da Carta Geotécnica do Município de Cuiabá.

A cidade de Cuiabá está numa região de clima quente semi-úmido, com 4 a 5 meses secos. Possui temperaturas elevadas na primavera-verão, oscilando entre 30°C e 36°C nos meses de setembro e outubro.

Ao analisar as médias anuais dos dados referentes ao período de 1920 a 1992, MAITELLI (1997) mostra que a média térmica da cidade é de 26,6°C, sendo a média das máximas de 32,7°C e a média das mínimas de 20,8°C; a umidade relativa tem taxas médias de 72%, a velocidade média do vento é de 1,6 m/s e os totais médios de chuvas são de 1362,4 mm. No mesmo período a temperatura mais alta registrada foi de 42,1°C no ano de 1949 e a menor temperatura observada foi de 1,2°C em 1933; o menor total de chuvas ocorreu em 1989, com 1790,50 mm.

O bairro Boa Esperança onde se situa a escola, objeto de estudo, está numa região suburbana da cidade de Cuiabá, a aproximadamente 8 km do centro da cidade, como se pode observar nas Figuras 08, onde está destacado o bairro, 09 e 10, que mostram o bairro mais detalhadamente. Esta região, segundo estudos realizados por MAITELLI em 1994, localizava-se numa isoterma de 25°C.

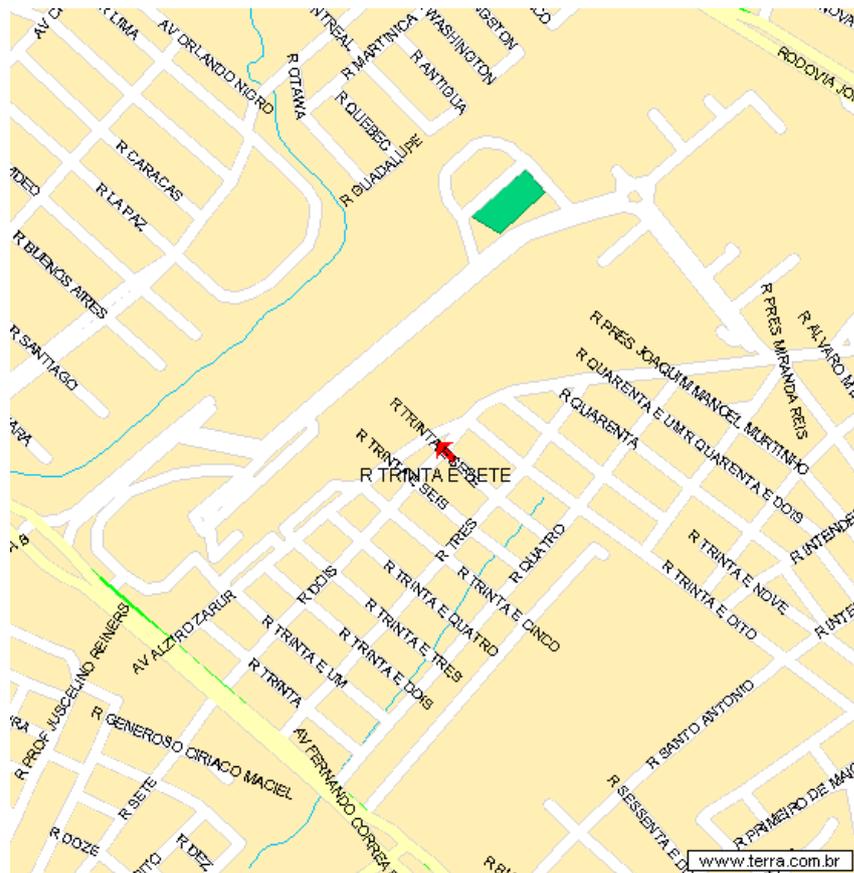


**FIGURA 08 - Mapa da Cidade de Cuiabá**  
**Fonte: IPDU**

Portanto, este trabalho buscou através de coleta de dados na escola Francisco Ferreira Mendes, localizada na rua 37 no Bairro Boa Esperança, analisar o conforto térmico de alguns locais da edificação.



**FIGURA 09 - Mapa da Região Leste de Cuiabá**  
Fonte: [www.terra.com.br](http://www.terra.com.br)



**FIGURA 10:** Mapa do Bairro Boa Esperança  
Fonte: [www.terra.com.br](http://www.terra.com.br)

### 2.4.3. Arquitetura Escolar em Cuiabá

No Brasil, durante muito tempo as escolas públicas, tanto municipais quanto estaduais, tinham seus projetos mais ou menos padronizados, apresentando partidos arquitetônicos e sistemas construtivos moldados à mesma maneira em todo o país. Desta forma, o mesmo projeto foi construído diversas vezes, com diferentes implantações, sem levar em conta as características da área e do clima.

Devido a essa padronização e sendo o Brasil um país de clima quente e úmido, praticamente todas as edificações escolares públicas não satisfazem as necessidades básicas de conforto e interferem negativamente na motivação e concentração dos alunos e professores.

Segundo FUNDESCOLA - Fundo de Fortalecimento da Escola (2003), uma das principais funções de uma construção é a de atenuar as condições negativas e

aproveitar os aspectos positivos oferecidos pela localização e pelo clima. Trata-se, portanto, de neutralizar as condições climáticas desfavoráveis e potencializar as favoráveis, tendo em vista o corpo humano pela interação de cinco elementos: a temperatura do ar, a radiação solar, o vento, a umidade e as precipitações. Portanto, qualquer projeto arquitetônico de uma edificação deve se adequar ao clima da região na qual está inserido, sem agredir o meio ambiente e proporcionando conforto e qualidade de vida aos seus usuários.

Tendo em vista a situação em que se apresentam os prédios escolares, o Ministério da Educação, através do programa FUNDESCOLA - Fundo de Fortalecimento da Escola (2003) tomou a iniciativa de desenvolver o PAPE (Projeto de Adequação de Prédios Escolares) a fim de transmitir orientações às equipes técnicas envolvidas no projeto, que segundo o PAPE tem com objetivo:

***“restabelecer na unidade escolar, condições de segurança, salubridade, estabilidade e funcionalidade, sem alteração da área construída e da disposição de seus espaços internos.”***

Para melhorar o conforto ambiental das escolas o PAPE faz as seguintes recomendações:

- a) altura mínima de 2,60m, para o pé-direito;
- b) isolamento térmico da cobertura;
- c) execução de abertura para entrada e saída de ar, em alturas adequadas, que proporcione renovação e movimentos do ar nos ambientes da escola;
- d) arborização corretamente posicionada para proteção das fachadas;
- e) utilização de quebra-sol, para proteção de aberturas, se a situação o recomendar;
- f) renovação da camada de ar entre o telhado e o forro.

Além disso, para a cobertura recomenda-se evitar o uso de telhas de fibrocimento, devido às seguintes razões, segundo o PAPE:

**“o material é cancerígeno: pois a poeira que é inalada ao ser serrada a chapa, afeta os pulmões; as chapas de**

**fibrocimento não impedem a transmissão e irradiação do calor para o interior dos ambientes; e haverá necessidade de uso de forro isolante térmico, o que onera a solução e pode comprometer os objetivos”.**

Desta forma, no Manual para adequação de prédios escolares elaborado pelo FUNDESCOLA (2003) recomenda-se o uso de telhas cerâmicas, que poderão ser do tipo francesa, canal, colonial, telha plan, entre outras. Para os forros, poderá se usar gesso, fibras vegetais, resinas sintéticas, como o PVC principalmente, e madeira.

Para o piso, sugere-se o uso de cerâmica ou piso rígido, com juntas de dilatação a cada 1,20m, moldado in loco, à base de cimento com mármore triturado.

Estas recomendações para intervir no espaço físico da escola, têm como principal objetivo melhorar o processo ensino-aprendizagem e garantir melhores condições de salubridade.

Da mesma forma, em Cuiabá, cidade de clima quente, as edificações escolares municipais e estaduais também seguiram uma padronização de projeto arquitetônico, não satisfazendo as necessidades de conforto térmico. Um exemplo é a Escola Estadual Francisco Ferreira Mendes, no Bairro Boa Esperança, região suburbana, caracterizada pela presença de arborização, e distante aproximadamente 8 km do centro da cidade. Assim, também é necessário nas escolas públicas em Cuiabá a aplicação das recomendações feitas pelo FUNDESCOLA (2003) no sentido de proporcionar melhor conforto ambiental aos alunos e professores, gerando um ambiente mais favorável ao ensino e à aprendizagem.

## **4. APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO 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 e março, final da estação chuvosa. 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 funciona como refeitório, e, além disso, tomaram-se as medidas de temperatura, umidade e velocidade do vento na área externa circundante à escola.

A Norma Internacional ISO 7730 (1994), sugere a utilização da equação do PMV, respeitando as condições de sua aplicabilidade representadas abaixo, como um índice de conforto térmico a ser utilizado generalizadamente. Essa utilização generalizada pressupõe que os resultados obtidos pela aplicação da equação do PMV devam ser compatíveis com as sensações relatadas pelas pessoas quando expostas a ambiente real.

Condições de aplicabilidade da equação do PMV:

- a) O valor do PMV calculado deve situar-se entre -2 e +2;
- b) A taxa metabólica deve situar-se entre 46 e 232 W/m<sup>2</sup>;

- c) A temperatura do ar deve situar-se entre 10 e 30°C;
- d) A temperatura radiante média deve situar-se entre 10 e 40°C;
- e) A velocidade do ar deve situar-se entre 0 e 1 m/s;
- f) A pressão parcial do vapor deve situar-se entre 0 e 2700 Pa.

Com base nos dados coletados e calculados foram feitas tabelas com os dados de temperatura, umidade relativa, índices de Fanger, sensação térmica, entre outros, entre as 08h00min. e as 20h00min. de cada dia de coleta de dados. Estas tabelas serviram de base para a plotagem de gráficos que demonstram as variações dos valores. A seguir apresentam-se como exemplo as tabelas 03, 04 e 05, feitas para a sala de aula, o pátio coberto e a área externa durante o mês de outubro, sendo que as demais tabelas para os outros meses de pesquisa se encontram em anexo.

**TABELA 03** – Valores obtidos nas medições de Outubro/2003 na sala de aula

<b>Dia</b>	<b>Hora</b>	<b>Iclo</b>	<b>W</b>	<b>Tbs</b>	<b>Tbu</b>	<b>Var</b>	<b>TRM</b>	<b>Ur(%)</b>	<b>PMV</b>	<b>PPD(%)</b>	<b>S</b>	<b>P</b>
29/out	08:00	0,5	70	31	25,5	0,69	30,51	64,56	1,75	64,27	2,03	2,53
	11:00	0,5	70	33	25	0,48	33,55	52,48	2,6	95,3	2,63	2,63
	14:00	0,5	70	33	25	0,55	32,05	52,48	2,41	91,27	1,25	1,86
	17:00	0,5	70	32	25	0,55	32,53	56,91	2,23	86,14	-	-
	20:00	0,5	70	30	25,5	0,46	30,12	69,91	1,52	52,21	-	-
30/out												
	08:00	0,5	70	31	26	0,54	29,76	67,48	1,72	62,94	1,72	2,29
	11:00	0,5	70	32,5	26	0,55	30,85	59,96	2,21	85,13	2,59	2,31
	14:00	0,5	70	33,5	27	0,51	33,01	60,63	2,76	97,39	2,12	2,3
	17:00	0,5	70	32	26	0,1	28,5	62,37	1,84	69,14	-	-
	20:00	0,5	70	31	24,5	0,5	31,19	<b>58,89</b>	1,81	67,56	1,67	1,33
31/out												
	08:00	0,5	70	30	26	0,43	29,99	73	1,55	53,62	1,88	2,38
	11:00	0,5	70	32	26	0,18	31,19	62,72	2,19	84,59	2,48	2,26
	14:00	0,5	70	29	25	0,54	27,8	72,49	0,96	24,58	-0,33	0,71
	17:00	0,5	70	27	24,5	0,65	28,74	81,61	0,5	10,28	0,42	0,63
	20:00	0,5	70	27,5	24	0,77	27,87	74,99	0,44	8,97	0,83	2,5

**TABELA 04** – Valores obtidos nas medições de Outubro/2003 no pátio coberto

<b>Dia</b>	<b>Hora</b>	<b>Iclo</b>	<b>W</b>	<b>Tbs</b>	<b>Tbu</b>	<b>Tg</b>	<b>Var</b>	<b>TRM</b>	<b>Ur(%)</b>	<b>PMV</b>	<b>PPD(%)</b>
29/out	08:00	0,5	70	30,5	24,8	31,5	0,25	32,46	63,08	1,99	76,25
	11:00	0,5	70	33,7	24,9	35,4	0,36	37,34	49,09	<i>Fora da faixa</i>	
	14:00	0,5	70	31,6	23,8	32,2	0,36	32,91	52,35	2,17	83,63
	17:00	0,5	70	30	23,2	31,2	0,91	33,69	83,5	1,65	59,08
	20:00	0,5	70	24	23,6	25,2	0,15	26,1	96,74	0,05	5,06
30/out	08:00	0,5	70	27,2	23,8	28,7	0,61	31,21	75,51	0,81	18,79
	11:00	0,5	70	30,5	24,2	31,9	0,55	34,03	59,64	2,01	77,18
	14:00	0,5	70	29,3	24	29,6	1,03	30,29	64,63	1,11	30,77
	17:00	0,5	70	31,4	24,8	32,7	0,31	34,1	58,63	2,36	89,92
	20:00	0,5	70	28,8	23,9	29,1	0,1	29,27	66,74	1,36	43,28
	31/out	08:00	0,5	70	27	23,8	27,7	0,15	28,21	76,77	0,86
11:00		0,5	70	30,8	24,2	32	0,15	32,84	58,18	2,14	82,57
14:00		0,5	70	22,9	22,7	23,5	0,97	24,9	98,32	-1,31	40,98
17:00		0,5	70	23,6	22,8	24,4	0,61	25,8	93,47	-0,74	16,39
20:00		0,5	70	23,9	23,1	24,4	0,24	24,9	93,51	-0,3	6,87

**TABELA 05** – Valores obtidos nas medições de Outubro/2003 na área externa

<b>Dia</b>	<b>Hora</b>	<b>Tbs</b>	<b>Tbu</b>	<b>Var</b>	<b>Ur(%)</b>
29/out	08:00	30	26	0,61	73
	11:00	34,5	26,5	0,15	53,65
	14:00	33,5	26,5	0,64	58
	17:00	29	27	0,93	85,71
	20:00	26	25	0,2	92,28
30/out	08:00	29	25,5	0,72	75,7
	11:00	37,5	26	0,41	40,36
	14:00	32	27	0,54	68,04
	17:00	31	25,5	0,23	64,56
	20:00	29	25	0,17	72,49
	31/out	08:00	27,5	24,8	0,2
11:00		31,5	26	0,68	64,87
14:00		23	22,5	0,67	95,84
17:00		26	24	1,15	84,84
20:00		25	22,8	0,37	83,04

A nomenclatura utilizada na tabelas possui a seguinte representação:

***Iclo*** – Isolamento térmico médio estimado para as medições, em clo;

***W*** – Taxa metabólica estimada para as medições, em W/m<sup>2</sup>;

***Tbs*** – Temperatura de Bulbo Seco obtido na medição, em °C;

***Tbu*** – Temperatura de Bulbo Úmido obtido na medição, em °C;

***Tg*** – Temperatura de Globo obtido na medição, em °C;

***Var*** – Velocidade do Ar médio no intervalo de 1 minuto, em m/s;

***TRM*** – Temperatura Radiante Média, calculada, em °C;

***Ur*** – Umidade Relativa do Ar, em porcentagem;

***PMV*** – Voto Médio Previsto, determinado conforme ISO 7730 (1995);

***PPD*** - Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas, determinada conforme ISO 7730 (1995);

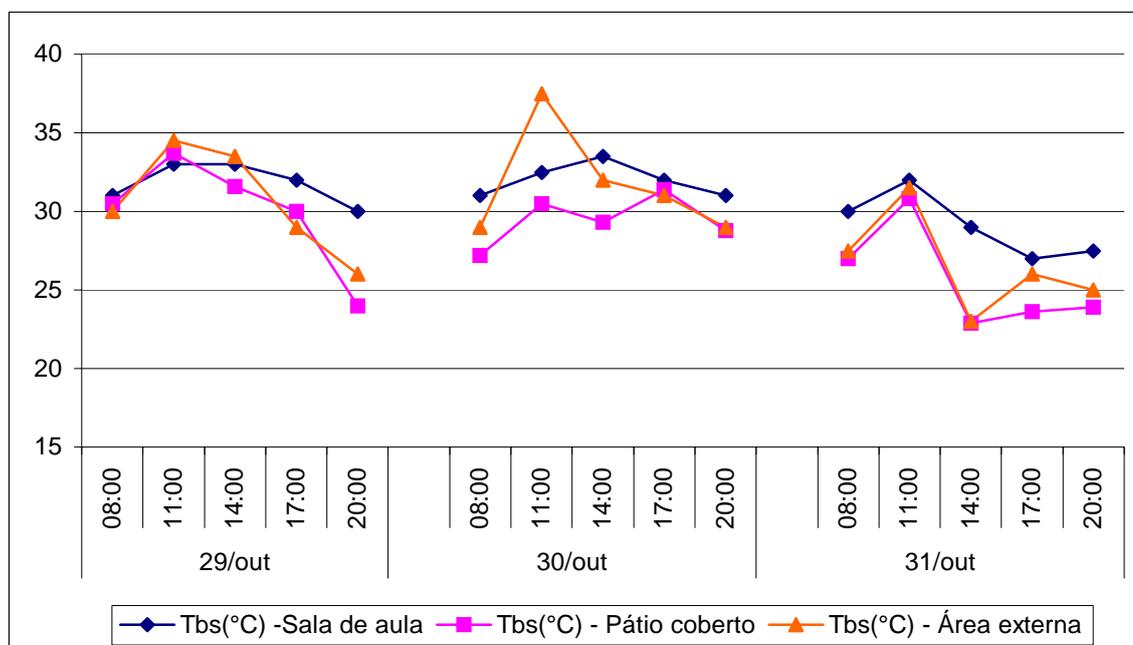
***S*** – Sensação Térmica, obtida através da aplicação de questionário conforme ISO 10551 (1997);

***P*** – Preferência Térmica, obtida também através da aplicação de questionário conforme ISO 10551 (1997).

Para melhor compreensão e análise dos dados obtidos foram feitos gráficos mostrando a variação de temperatura, umidade, PMV ou índice de Fanger para a sala de aula, o pátio coberto e a área externa nos meses de outubro/2003, dezembro/2003 e março/2004, apresentados através das figuras que se seguem.

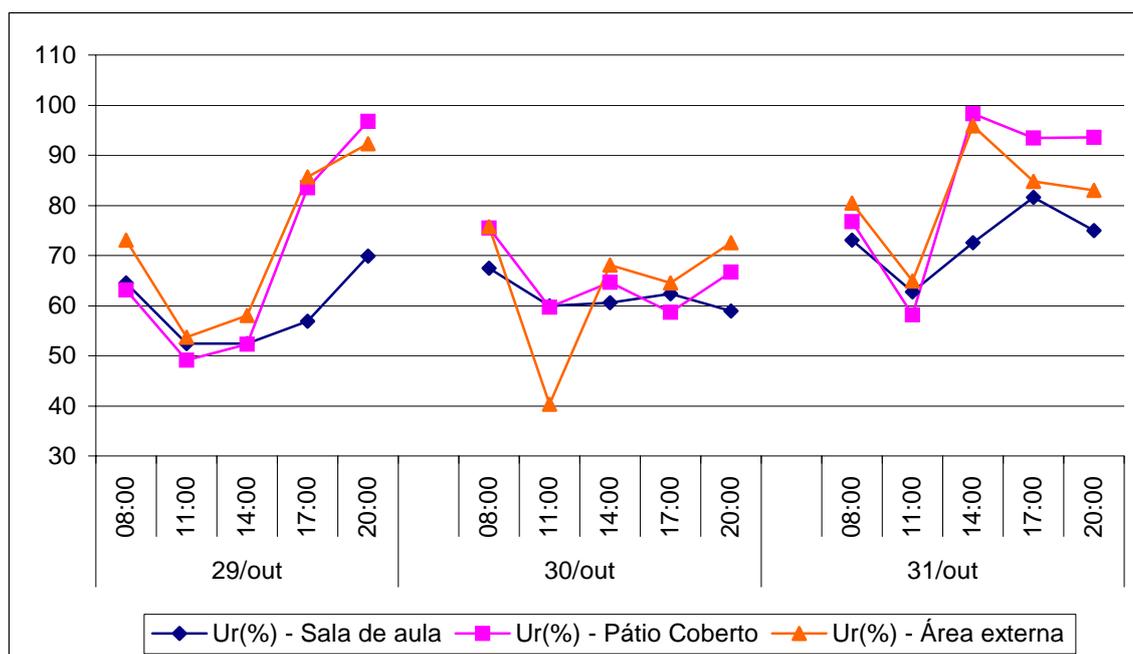
De modo geral, as temperaturas internas da sala de aula se apresentaram superiores às temperaturas do pátio coberto e da área externa, principalmente entre as 17h00min. e as 20h00min. Nos dias 29/10 e 30/10, no período da manhã a temperatura externa se apresentou mais elevada em relação às temperaturas da sala de aula e do pátio coberto. Apenas no dia 31/10 este comportamento foi diferente, podendo-se observar que a temperatura da sala de aula se apresentou superior à da área externa, pois o céu estava nublado, havendo a ocorrência de chuva no período da tarde. Esta relação entre as temperaturas dos ambientes analisados demonstra que a sala de aula ao receber a radiação solar direta na cobertura e nas paredes expostas à radiação, absorve e armazena o calor no seu interior durante o final do dia e à noite.

As temperaturas dos diferentes ambientes podem, ocasionalmente, sofrer uma diminuição devido à ocorrência de chuvas, diminuindo a temperatura e conseqüentemente aumentando a umidade relativa.



**FIGURA 20** - Variação da Temperatura de Bulbo Seco (Tbs) da Sala de Aula, Pátio Coberto e Área Externa em Outubro/2003

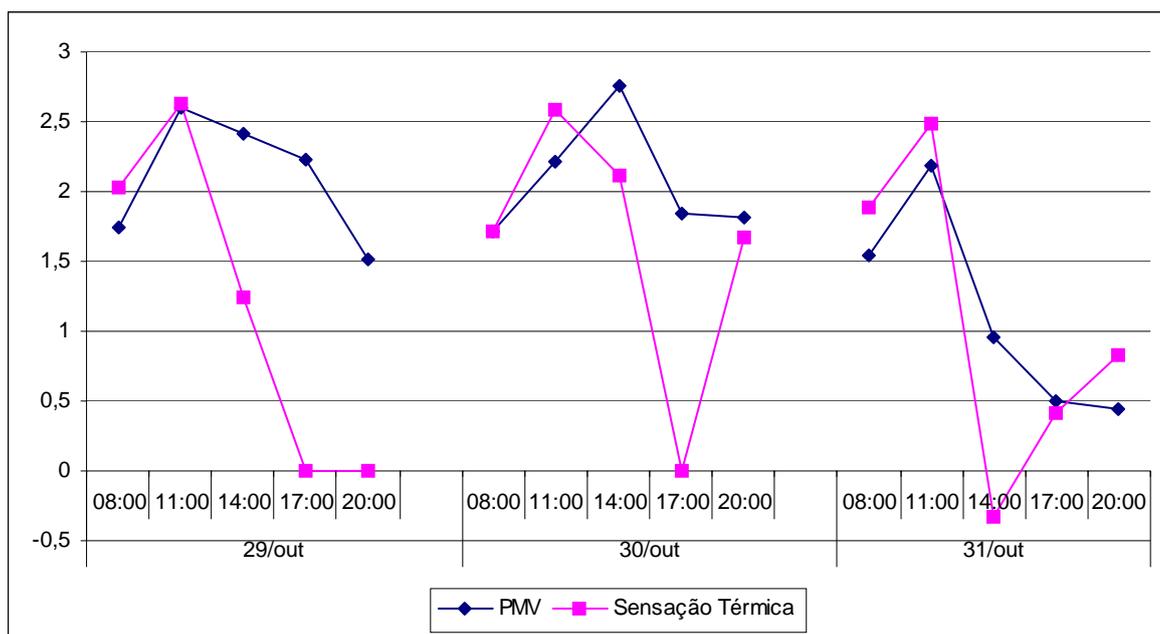
Os dados de umidade relativa da sala de aula se apresentaram inferiores aos dados da área externa e do pátio coberto. No pátio coberto os dados de umidade se apresentaram equivalentes aos dados da área externa. O aumento brusco dos valores de umidade relativa observados nos dias 29/10 e 31/10 à tarde se devem a ocorrência de chuva neste período, que provocou uma queda na temperatura do ar. Observou-se que a diminuição da temperatura teve como conseqüência o aumento da umidade relativa nos dias 29/10 e 31/10, como se pode observar na Figura 21.



**FIGURA 21** - Variação da Umidade Relativa (Ur) da Sala de Aula, Pátio Coberto e Área Externa em Outubro/2003

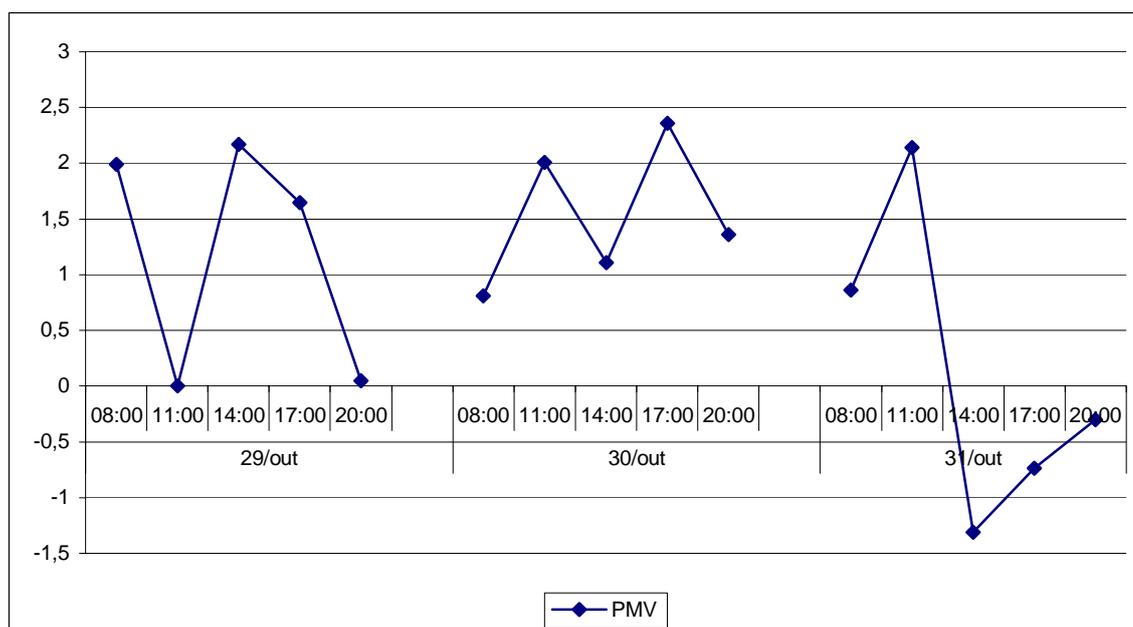
Conforme a Figura 22, os índices de Fanger na sala de aula para cada momento da coleta variaram entre +1,5 e +2,7 durante os dois primeiros dias de medição no mês de outubro, sendo que no terceiro dia os índices variaram entre +0,4 e +2,2, pois houve a ocorrência de chuva, o que provocou diminuição da temperatura, amenizando o clima.

Comparando-se o índice de Fanger com a sensação térmica relatada pelos alunos através do questionário, pôde-se verificar que nem sempre há uma correspondência entre os valores, pois a sensação térmica está relacionada também a adaptação das pessoas ao clima local, o que leva determinados usuários a se sentirem confortáveis mais do que outros durante a exposição a temperaturas mais elevadas.



**FIGURA 22** – Relação entre a variação do índice de Fanger ou PMV (Voto Médio Previsto) e a variação do índice de sensação Térmica da sala de Aula em Outubro/2003

No pátio coberto não foi aplicado o questionário, pois os alunos transitavam temporariamente por este ambiente, portanto os alunos nem sempre estavam presentes durante as medições, o que impossibilitou a aplicação do questionário. Através dos dados apresentados na Figura 23, pode-se notar uma grande variação dos índices de PMV, variando entre um valor máximo de +2,37 e um valor mínimo de -1,31, sendo que este índice baixo apresentado no dia 31/10 se deve a ocorrência de chuvas e conseqüente diminuição da temperatura. Os índices abaixo de 0,0 (zero) apresentados no dia 29/10 também refletem a ocorrência de chuva no período e por conseqüência temperaturas mais baixas, proporcionando um conforto térmico adequado. Os índices iguais a 0,0 (zero) indicam os valores que estiveram fora da faixa de conforto térmico, isto é, acima do valor máximo da escala que é de +3,0, demonstrando um ambiente pouco confortável ou mesmo desconfortável.

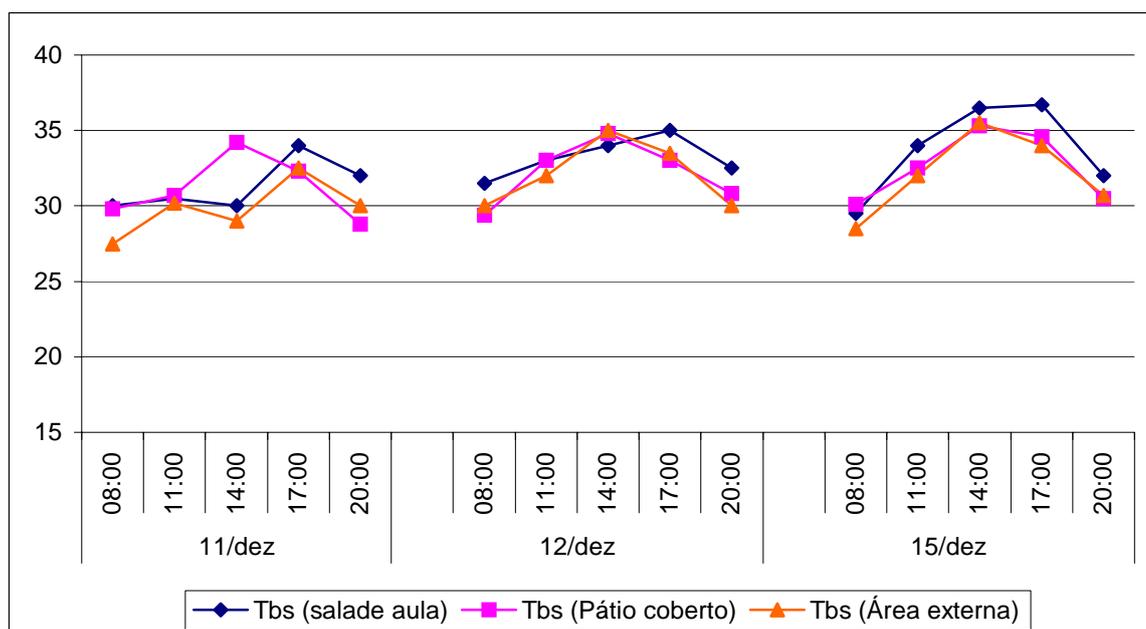


**FIGURA 23** – Variação do índice de Fanger ou PMV (Voto Médio Previsto) do pátio coberto em Outubro/2003

Da mesma forma como observada no mês de outubro, no mês de dezembro os valores de temperatura da sala de aula se apresentaram, em geral, superiores aos valores encontrados para a área externa e para o pátio coberto. Esta relação entre as temperaturas dos ambientes analisados demonstra que a sala de aula ao receber a radiação solar direta na cobertura e nas paredes expostas à radiação, absorve e armazena o calor no seu interior durante o final do dia e à noite.

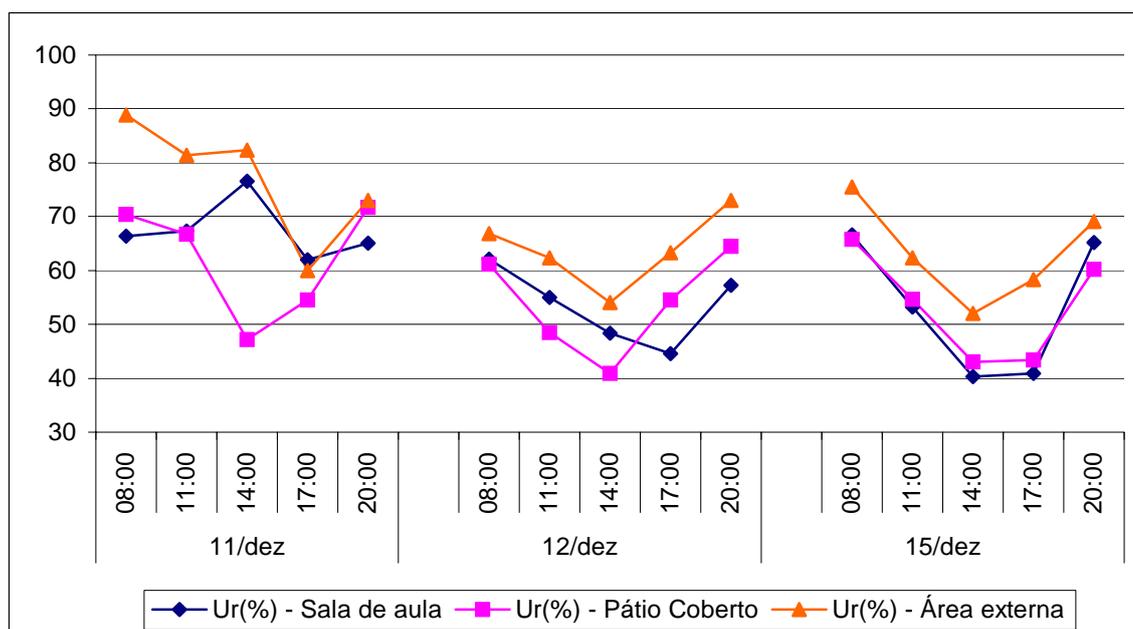
O dia 15/12 apresentou-se nublado, com ocorrência de chuva à tarde. Como se pode observar pela Figura 24, neste dia a sala de aula apresentou os valores de temperatura mais altos no mês de dezembro, 36,5°C às 14h00min. e 36,7°C às 17h00min., apresentando logo em seguida uma queda devido à ocorrência de chuvas.

Pode-se notar, também, que as temperaturas se apresentam mais elevadas entre as 14h00min. e as 17hmin., pois este é o período em que os ambientes receberam maior insolação. Por outro lado, nota-se uma queda da temperatura no período noturno e matutino, sendo que às 20h00min. as temperaturas ainda são superiores às temperaturas das 08h00min., pois o calor ainda se encontra armazenado na sala de aula e no pátio coberto, sendo que na área externa o calor está sendo liberado pelas superfícies pavimentadas existentes no entorno.



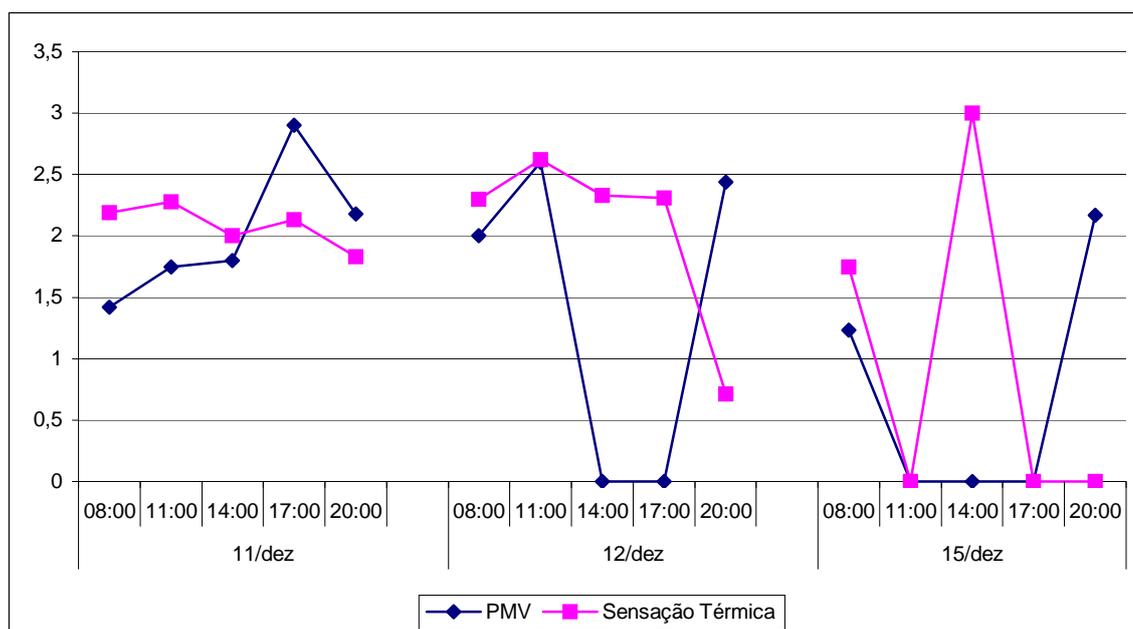
**FIGURA 24** - Variação da Temperatura de Bulbo Seco (Tbs) da Sala de Aula, Pátio Coberto e Área Externa em Dezembro/2003

Como pode-se observar na Figura 25, os dados coletados no mês de dezembro mostram que a os valores para umidade relativa na área externa se apresentam, na grande maioria das vezes, superiores aos valores encontrados para a sala de aula e o pátio coberto. Este comportamento se deve, provavelmente, ao fato de que o ponto escolhido na área externa está em contato maior com a vegetação e as árvores existentes no entorno da escola. As árvores, devido aos seus processos fisiológicos, notadamente de evapotranspiração, absorvem calor e liberam umidade ao ambiente; proporcionando um ambiente mais agradável termicamente. Além disso, o sombreamento das paredes do entorno minimizam a emissão de radiação no local, levando a temperaturas mais amenas na área externa.



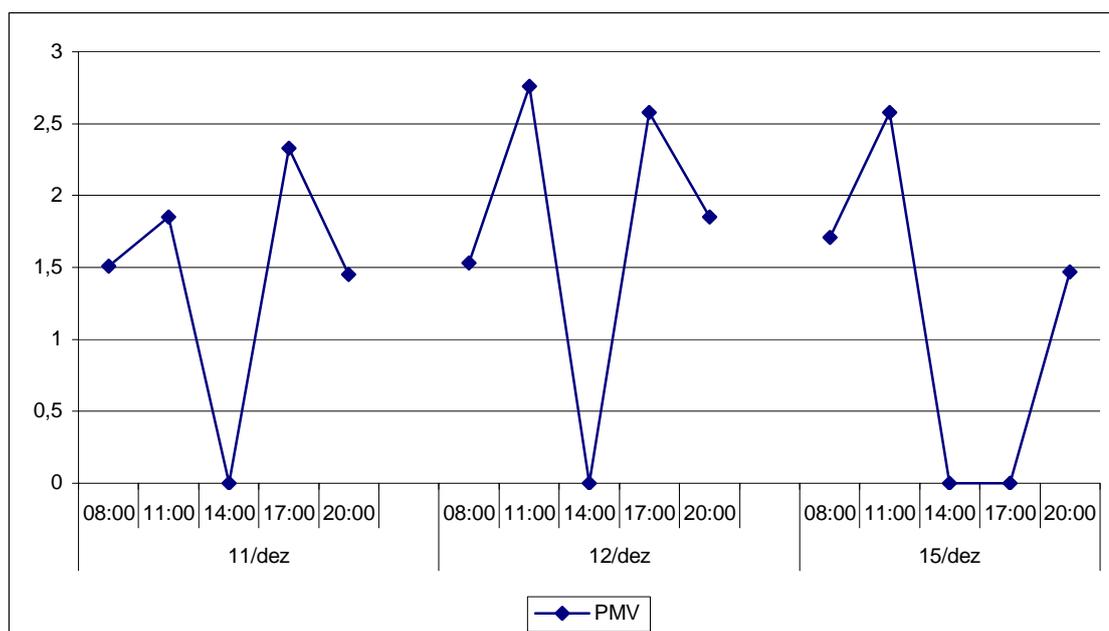
**FIGURA 25** - Variação da Umidade Relativa (Ur) da Sala de Aula, Pátio Coberto e Área Externa em Dezembro/2003

Como pode-se observar na Figura 26, os índices de Fanger ou PMV variaram entre o valor mínimo de +1,23 e máximo de +2,9, sendo que em determinados horários, como o de 14h00min. durante os dias 12/12 e 15/12 e o de 17h00min. no último dia os índices estiveram fora da faixa, observado nos valores iguais à 0,0 (zero), o que significa que estiveram acima do índice máximo de +3,0, demonstrando um ambiente pouco confortável ou até mesmo desconfortável. Um exemplo deste comportamento se apresenta no dia 15/12 na medição das 14h00min. quando o índice PMV se encontra fora da faixa de conforto e a sensação térmica dos alunos no mesmo horário correspondente atinge o valor de +3,0, que é o máximo dentro da escala proposta por Fanger, demonstrando uma correspondência entre o método de Fanger e sensação relatada pelos usuários.



**FIGURA 26** – Relação entre a variação do índice de Fanger ou PMV (Voto Médio Previsto) e a variação do índice de sensação Térmica da sala de Aula em Dezembro/2003

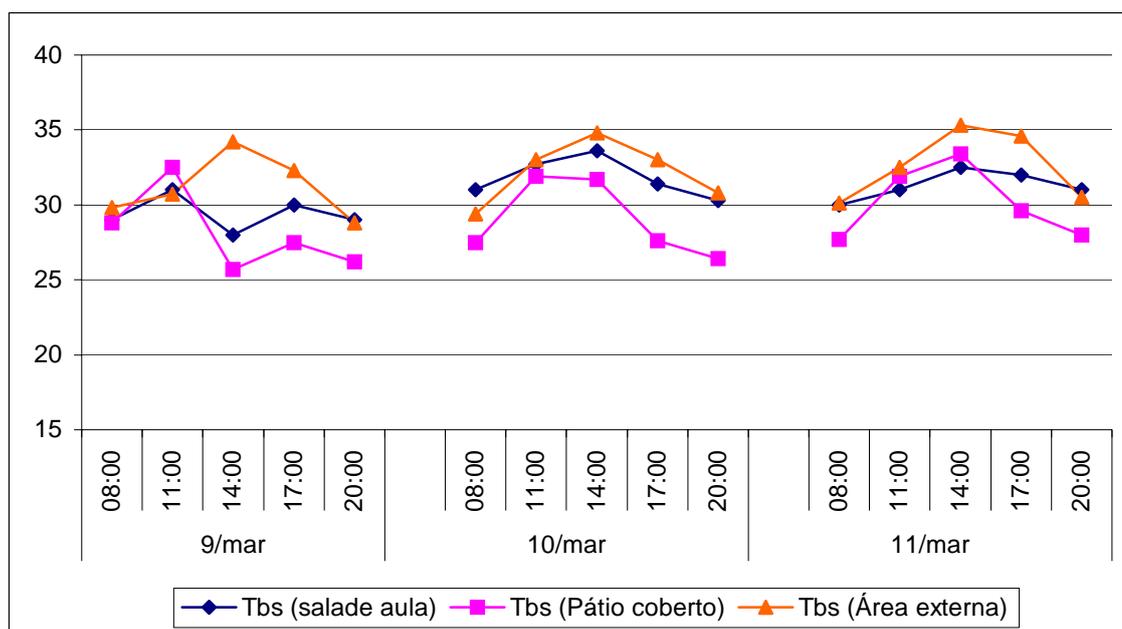
No pátio coberto pode-se observar que os índices de Fanger ou PMV variaram entre o valor mínimo de +1,45 e o máximo de +2,58, sendo que durante todos os dias da medição no mês de dezembro às 14h00min. e no dia 15/12 às 17h00min. os valores do índice de Fanger ou PMV se apresentam na Figura 27 iguais à zero, ou seja, mostrando que os valores nestes horários estavam fora da faixa de conforto térmico, que varia entre  $-3,0$  e  $+3,0$ . Além disso, os valores para as 11h00min. e as 17h00min. durante todos os dias deste mês também se encontraram bastante elevados, apresentando uma pequena queda nos horários das 08h00min. e das 20h00min. Estes valores mostram que o período compreendido entre as 11h00min. e as 17h00min. é o de maior desconforto térmico, ou seja, maior calor.



**FIGURA 27** - Variação do índice de Fanger ou PMV (Voto Médio Previsto) do pátio coberto em Dezembro/2003

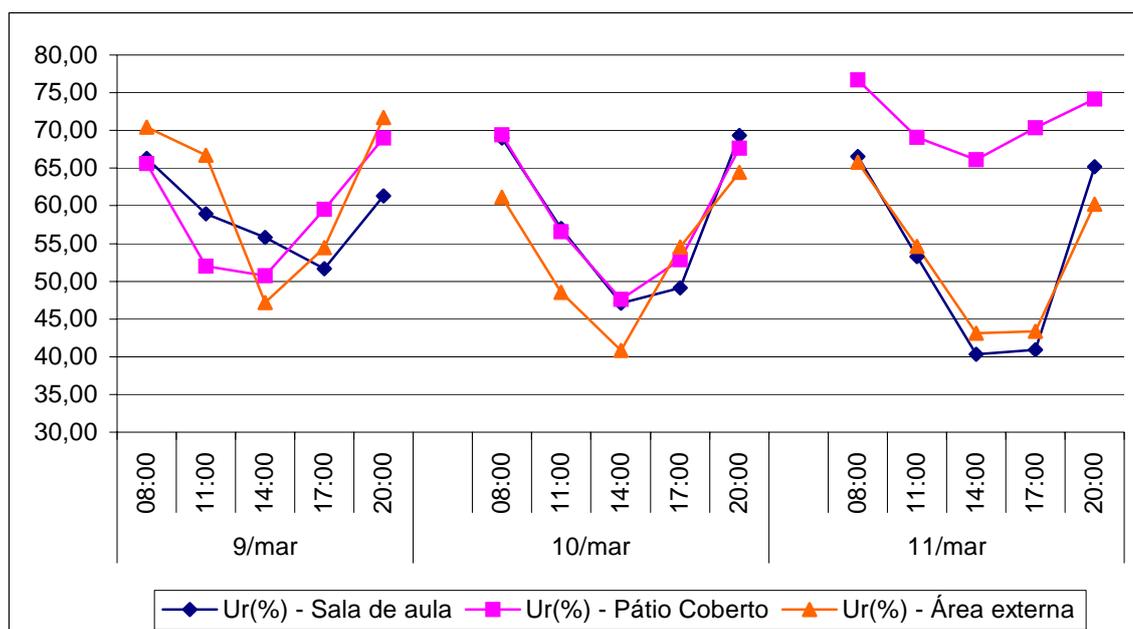
No mês de março, os dias se apresentaram nublados, principalmente, pela tarde, portanto, não apresentando variações bruscas de temperatura em nenhum dos locais de medições. Os valores para as temperaturas da área externa se apresentaram, em geral, superiores aos da sala de aula e do pátio coberto. Este comportamento se deve ao fato de haver menor incidência solar direta durante os dias da medição, pois os dias se apresentaram nublados, e, conseqüentemente, a sala de aula e o pátio coberto absorveram menos calor no interior de seus ambientes.

Pode-se notar, também, que, em geral, houve uma elevação da temperatura durante o decorrer do dia e uma pequena queda após as 17h00min., demonstrando uma incidência solar mais intensa entre as 11h00min. e as 17h00min.



**FIGURA 28** - Variação da Temperatura de Bulbo Seco (Tbs) da Sala de Aula, Pátio Coberto e Área Externa em Março/2004

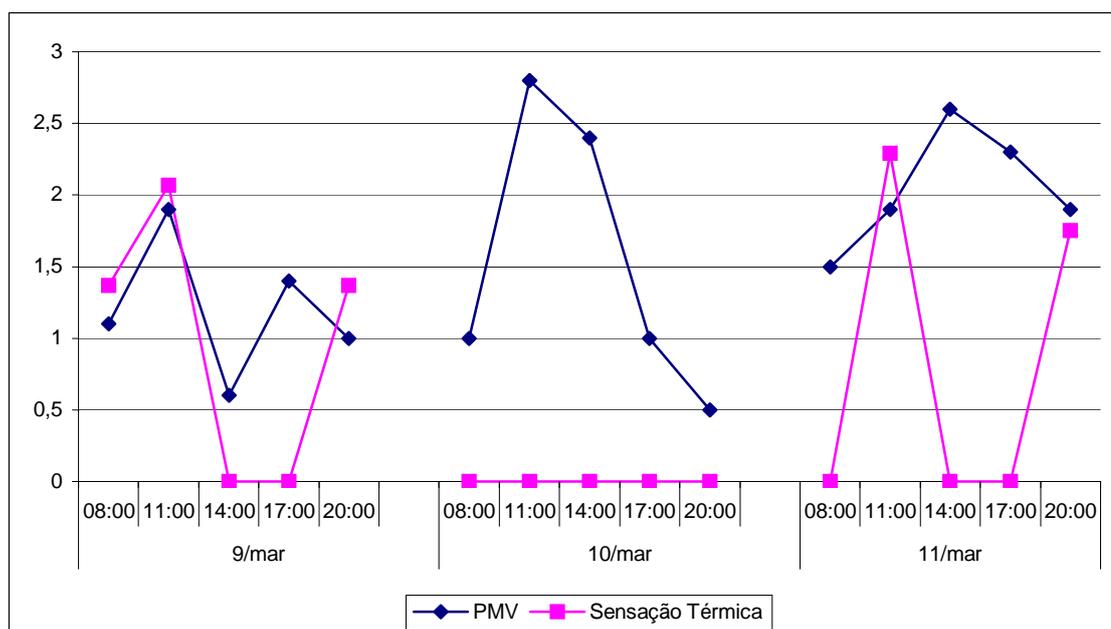
Como se pode observar na Figura 29, os dados de umidade relativa se apresentaram mais baixos durante o período entre as 14h00min. e as 17h00min., devido às temperaturas mais altas encontradas neste período. Portanto, pode-se notar que, em geral, os valores de umidade relativa se apresentam mais elevados no início do dia, tendo uma queda durante o decorrer do dia, atingindo seu ponto mínimo por volta das 14h00min., período de temperaturas mais altas, e se elevando novamente no final da tarde e à noite.



**FIGURA 29** – Variação da Umidade Relativa (Ur) da Sala de Aula, Pátio Coberto e Área Externa em Março/2004

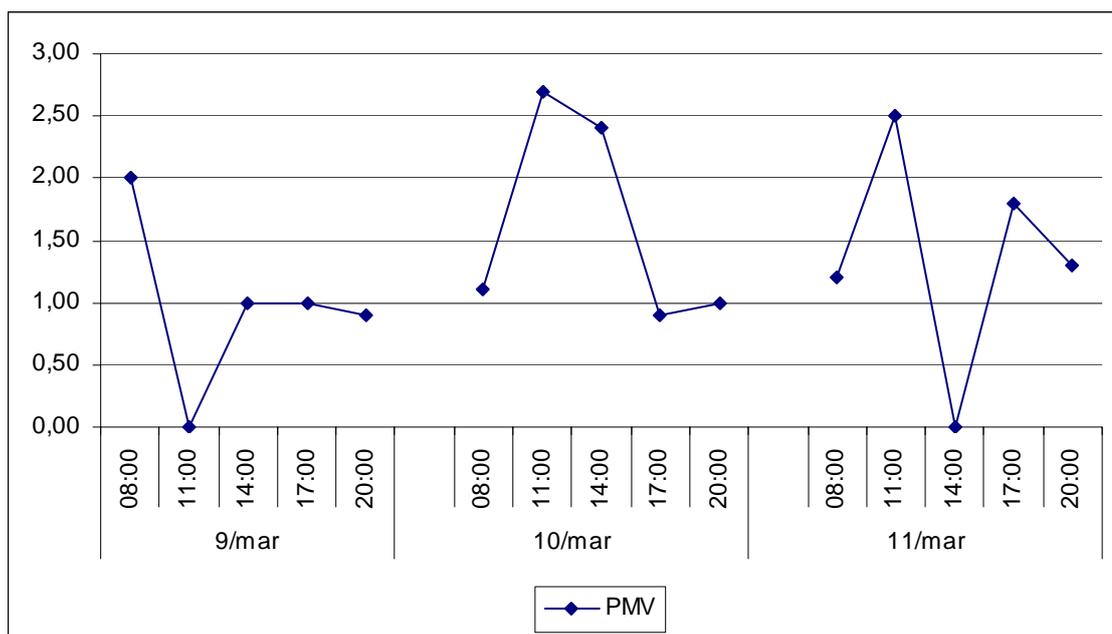
Como se pode observar pela Figura 30, o índice de Fanger ou PMV variou entre +0,5 e +2,8, podendo-se notar que, em geral, entre às 11h00min. e as 14hmin. encontraram-se os índices de PMV mais elevados, indicando maior desconforto térmico neste período.

Os valores encontrados para sensação térmica dos alunos iguais a zero indicam a não ocorrência da aplicação do questionário nestes momentos. Pode-se perceber que relacionando-se os índices de PMV e os índices encontrados através do relato dos usuários, estes últimos se apresentam, em geral, mais elevados que os índices obtidos através do método de Fanger.



**FIGURA 30** - Relação entre a variação do índice de Fanger ou PMV (Voto Médio Previsto) e a variação do índice de sensação Térmica da sala de Aula em Dezembro/2003

No pátio coberto, o PMV ou índice de Fanger variou entre o mínimo de 0,9 e o máximo de 2,7, e no dia 09/03, às 11h00min. e no dia 11/03 às 14h00min. esteve fora da faixa, ou seja, acima do valor máximo de +3,0, apresentado na Figura 31 igual a zero. Portanto, pode-se observar que, em geral, durante o mês de março, os valores se encontraram mais elevados entre as 11h00min. e as 14h00min., demonstrando a maior radiação solar durante este período. Desta forma, percebe-se que existe um maior desconforto térmico entre o período do final da manhã e início da tarde.



**FIGURA 31** – Variação do índice de Fanger ou PMV (Voto Médio Previsto) do pátio coberto em Março/2004

Através dos dados obtidos durante cada mês de coleta de dados, pode-se notar que a maioria das medições que estiveram fora da faixa de aplicabilidade estavam, com a temperatura acima do máximo recomendado pelo método de Fanger, e com  $PMV > 2,0$ , demonstrando o rigor climático de Cuiabá.

Com base nos dados coletados pode-se observar que em poucas ocasiões se obteve índice de conforto térmico aceitável, que segundo o método de Fanger deve estar entre  $-0,5$  e  $+0,5$ , diante de uma maioria de índices extremamente desfavoráveis, estes índices favoráveis se devem à ocorrência de chuvas durante alguns dos períodos de medições, o que levou as condições ambientais da sala de aula e do pátio para níveis aceitáveis, porém isto não retrata a realidade diária da sala de aula.

Através das análises dos dados coletados foi possível se observar que os ambientes estudados apresentam condições de conforto insuficientes e não atendem as necessidades de conforto requeridas pelos seus usuários, pois as temperaturas atingiram níveis elevados e os índices de Fanger se apresentam elevados. Estes últimos variaram entre  $+1,0$  e  $+2,0$ , no início do dia, indicando leve sensação de calor e calor respectivamente; e nos horários de 11h00min. e 14h00min. apresentaram

valores entre +2,0 e +3,0, indicando sensação de calor e de muito calor, respectivamente. Observou-se que até mesmo no período noturno, se apresentam índices elevados, pois o calor ainda se encontra armazenado dentro da sala de aula, e não consegue se dissipar durante a noite.

Desta forma, pode observar através dos dados coletados e sua aplicação no método de Fanger que os ambientes estudados, ou seja, a sala de aula e o pátio coberto, apresentam desconforto térmico, isto é, sensação de calor; exigindo, portanto medidas no sentido de se melhorar o conforto térmico nos ambientes.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

A metodologia utilizada neste trabalho foi baseada nas normas ISO 7730 (1995) para definição das variáveis a serem medidas e do método para análise do conforto térmico nos ambientes, adotando-se, portanto, o método de Fanger; e ISO 10551 (1995) para avaliação da sensação térmica subjetiva das pessoas.

Na relação dos índices PMV e PPD encontrados com as sensações térmicas relatadas pelos usuários houve diferenças em alguns momentos entre seus resultados. Essas diferenças estão relacionadas com as características dos usuários e se devem a possibilidade de adaptação das pessoas ao clima local, que no caso de Cuiabá, apresenta-se com temperaturas elevadas. Portanto, as pessoas podem se sentir confortáveis durante a exposição a temperaturas altas e, por outro lado, apresentarem sensação de frio durante pequenas quedas de temperatura, quando as temperaturas se encontram pouco acima de 20°C.

Notou-se, também, a importância de se trabalhar com indivíduos alfabetizados, numa faixa etária acima de quinze anos, para a obtenção de dados confiáveis nas avaliações dos usuários, podendo, assim, se relacionar o método de Fanger com o rigor climático de Cuiabá.

As diferenças entre os resultados das pesquisas de campo e a norma ISO 7730 (1995), baseada em dados laboratoriais, deve ser esperada, visto que em campo é difícil estimar com exatidão as variáveis pessoais (vestimenta e atividade física).

Através das análises dos dados coletados foi possível se observar que os ambientes estudados apresentam condições de conforto insuficientes e não atendem as necessidades de conforto dos seus usuários, pois os índices de Fanger se apresentaram acima do índice considerado termicamente aceitável pela ISO 7730 (1995), que está entre  $-0,5$  e  $+0,5$ . 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. Observou-se que até mesmo no período noturno, se apresentam índices elevados, pois o calor ainda se encontra armazenado dentro da sala de aula não conseguindo se dissipar durante à noite.

Dessa forma, com base nas pesquisas feitas durante este trabalho pode-se fazer algumas recomendações, entre elas:

- Intervenções na edificação a fim de melhorar o conforto dos ambientes estudados. Para isto deverá ser feito um estudo aprofundado para o desenvolvimento de propostas de intervenções, que deverão ser feitas de acordo com as características dos ambientes e das variáveis climáticas.
- Para trabalhos futuros relacionados a esse tema sugere-se estudos mais aprofundados sobre as variáveis subjetivas que influenciam no conforto térmico para regiões de clima diferentes, pois as pessoas se adaptam diferentemente ao clima do local em que vivem. Isto poderá levar ao desenvolvimento de normas ou padrões mais eficazes para avaliação da sensação térmica dos usuários.
- Desenvolvimento de mais estudos sobre os vários tipos de materiais construtivos relacionados a suas performances térmicas, a fim de se obter maiores informações e subsídios no sentido de melhorar o conforto térmico dos ambientes.
- Novas pesquisas sobre conforto térmico, pois se considera importante que pesquisas nesta área sejam incentivadas, principalmente em regiões

de clima quente como Cuiabá, para que possam contribuir para uma melhor análise dos dados e para que se possam desenvolver técnicas para se adequar as edificações existentes às necessidades de conforto térmico requeridas pelos usuários e para que edificações futuras possam prover um conforto térmico satisfatório aos usuários.

Por meio dos estudos feitos, dos dados coletados e suas análises durante este trabalho espera-se ter contribuído para os estudos sobre conforto térmico e incentivar pesquisas no sentido de buscar alternativas para a melhoria do mesmo nas edificações.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

### 6.1. BIBLIOGRAFIA CITADA

AKUTSU, M.; SATO, N. M. N.; PEDROSO, N.G. – **Desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares – manual de procedimentos para avaliação.** São Paulo, SP: IPT, 1987.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS, INC.-ASHRAE Standard. 55 - **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.** Atlanta, 1992.

ANDRADE, S. F. - **Estudo de Estratégias Bioclimáticas no Clima de Florianópolis.** 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 12538 – Grandezas e unidades de termodinâmica.** Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_ - **NR 15 – Atividades e Operações Insalubres.** Disponível em: <http://www.tem.gov.br/Temas/SegSau/Legislacao/Normas>. Acesso em: 17 nov. 2003.

ARAÚJO, B. C. D.; FERREIRA, A. L. A.; ARAÚJO, V. M. D.; SILVA, H. A. A.- **Análise bioclimática do centro histórico X Perspectiva de mudança de uso do solo no bairro da Ribeira em Natal/RN.** In: NUTAU, 12, 2002, São Paulo. **Anais.** São Paulo, 2002.

ATLAS - **Segurança e medicina do trabalho** - Série manuais de legislação. Lei nº 6.514, de 22 de Dezembro de 1977. São Paulo: Atlas, 2002. 382 p.

AYOADE, J. O. - **Introdução à Climatologia para os Trópicos.** 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 1996.

CIVIL ENGINEERING RESEARCH FOUNDATION – CERF – **National construction goals.** Disponível em: <http://www.bfrl.nist.gov/nfo/cbte/cbtcpub/ir5759.htm>. Acesso em: 04 nov. 2003.

COSTA, A. D. L. & ARAÚJO, V. M. D. - **A bioclimatologia como forma de análise da ocupação urbana: estudo de caso para Natal/RN.** In: NUTAU, 12, 2002, São Paulo. **Anais.** São Paulo, 2002.

DEPROT. **Ambiente (Interface Humano Ambiental) Temperatura.** Porto Alegre: jul 2002. 7 p. Ergonomia.

DURANTE, L. C. - **Conforto Ambiental de Escolas Estaduais de Cuiabá/Mato Grosso.** 2000. 215 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Instituto de Educação, Programa Integrado de Pós Graduação em Educação, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2000.

FABRIS, L. – **Passeando por Mato Grosso.** Cuiabá: Coletânea Geográfica, 2001.

FANGER, O. – **Thermal Comfort – Analysis and Application in Environmental Engineering**. Copenhagen, 1970. 244 p.

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

FUNDESCOLA. **Manual para adequação de prédios escolares**: Brasília, 2003. 50 p.

GIAMPAOLI, E. – **Temperaturas extremas**. São Paulo: Hygro-therm, /s.d./.

HIGUERAS, E. - **Urbanismo bioclimático**. 1997. Tesis (Doctoral) - Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Madrid, 1997.

HOUGHTEN, F.C., YAGLOU, C.P. – **Determining lines the equal comfort and Determination of the comfort zone**. In: **ASHVE Transactions**, v. 29, 1923.

IBGE. Banco de Dados. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default>. Acesso em: 03 fev. 2004.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT - **Desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares**. São Paulo, 1987.

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

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

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO – 7726 -  
**Thermal Environments: Instruments and methods for measuring physical  
quantities.** Genebra, 1996.

JABARDO, J.M.S. – **Conforto Térmico. Instituto de Pesquisa Tecnológicas do  
Estado de São Paulo.** São Paulo.1984. 22 p.

KNIJNIK, R. – **Energia e meio ambiente em Porto Alegre: Bases para o  
desenvolvimento.** Porto Alegre: DMAE, 1994. 255p.

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

MAITELLI, G. T. - **Uma abordagem Tridimensional do clima urbano em área  
Tropical Continental: o exemplo de Cuiabá/MT.** 1994. Tese (Doutorado em  
Climatologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

\_\_\_\_\_ - Crescimento e tendências climáticas em Cuiabá-MT: período de 1920-  
1992. **Revista Mato-grossense de Geografia**, Cuiabá, nº 01 e 02, ano 02, dez  
1996/1997.

MAITELLI, G.T. and WRIGHT, I.R. –**The climate of a riverside city in the  
Amazon Basin: urban-rural differences in temperature and humidity.** In:

Amazonian, Deforestation and Climate, edited by Gash, J.H.C., Nobre, C. A., Roberts, J. M. and Victoria R.L., John Wiley & Sons. 193-206, 611 p. 1996

MAITELLI, G.T., ZAMPARONI, C.A.G.P., LOMBARDO, M.A. – **Ilha de Calor em Cuiabá-MT: uma abordagem de clima urbano**. In: Encontro Nacional de Estudos do Meio Ambiente, 3, v. 01 Anais. Comunicações, 561-572.

MANFREDINI, C.; GRIGOLETTI, G.C.; POUEY, M.T.; MAIA, M.A.L.; FREITAS, R.; SATTLER, M. A. - **Arborização, Energia e Poluição Atmosférica e Visual em Nova Hartz – RS: Diretrizes e Recomendações para Planejamento Urbano**. In: NUTAU, 12, 2002, São Paulo. Anais. São Paulo, 2002. p. 1082-1093

MASCARÓ, J.; MASCARÓ, L. **Paisagismo ambiental**. Porto Alegre:UFRGS, 1999.

MAYOL GONZALEZ, P. A. – **Aspectos del ambiente de cinco secundarias basicas en el campo de la provincia de La Habana**. Monografía (Especializacon de Primer Grado en Higiente)-Departamento Provincial de Medicina Escolar, La Habana. 1975.

MENEGAT, R. – **Atlas ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: UFRGS, 1998.

OLIVEIRA, T. A. & RIBAS, O. T. - **Sistemas de Controle das Condições Ambientais de Conforto**. Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria de Assistência à Saúde, 1995.

OLGYAY, V. – **Arquitectura y clima – manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. Barcelona. 1963.

Organização Meteorológica Mundial (OMM). – **Mudanças Climáticas**. 1977.

PAULA, J. E. – **Sobrecarga térmica**. Maceió: CENAP, /s.d./.

PEREDA, E. C. - **A relação clima-aprendizagem nas Escolas Municipais de Cuiabá - Mato Grosso**. 2003. 163 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Instituto de Educação, Programa Integrado de Pós Graduação em Educação, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2003.

RUTTKAY PEREIRA, F. O. - Conforto Ambiental Das Edificações: Novos Caminhos. **Projeto, Revista Brasileira De Arquitetura, Planejamento, Desenho Industrial, Construção**, São Paulo, n. 109, p. 103-106, Maio 1988.

RUAS, Á. C. - **Avaliação de Conforto Térmico – Contribuição à aplicação prática das normas internacionais**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas - FUNDACENTRO, Campinas, 2001.

\_\_\_\_\_. - **Sistematização da avaliação de conforto térmico em ambientes edificados e sua aplicação num software**. 2002. 196 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

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

SEGAWA, H. – Arquitetura escolares. **Revista Brasileira de Arquitetura, Planejamento, Desenho Industrial e Construção-Projeto**. São Paulo, v. 87, p.64-65, mai 1986.

SILVA, R. J. - **Um pouco da História de Cuiabá**. Disponível em: <http://www.inf.unirondon.br/~rosinei/cuiaba.htm>. Acesso em: 03 fev. 2004.

SOUZA, P. H. G. L. – **Características climáticas da cidade de Sinop-MT, na transição da estação seca para a estação chuvosa.** 2004. 44 f. Monografia (Trabalho de Graduação), Engenharia Civil, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2004.

TREWARTHA, G.T. – **An introduction to Climate.** New York, Ed. McGraw-Hill, 1954.

XAVIER, A. A. P. - **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis.** 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.

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

YAGLOU, C. P.; DRINKER, P. **The summer comfort zone.** In: ASHVE Transactions, 35, 1929.

## **6.2. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

ARARAKI, E. M. **Avaliação de durabilidade em sistema construtivo pré-fabricado com madeira de rejeito comercial. Estudo de caso: Conjunto habitacional Pedra'90.** 2000. 243 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura – Área de Tecnologia do Ambiente Construído) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2000.

BARROS, H. C. **Proposta para melhoria do conforto térmico e lumínico nas salas de aula do CEFET-MT.** 2003. Monografia (Trabalho Final de Graduação) - Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2003.

DUARTE, D. H. S. - **O clima como parâmetro de projeto para a região de Cuiabá.** 1995. Dissertação (Mestrado em Arquitetura – Área de Tecnologia do Ambiente Construído) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1995.

FEIGENWINTER, C. - **The Vertical Structure of Turbulence above na Urban Canopy.** Tese (Ph.D). Basel, 1999.

MAIA, M. A. L.; MANFREDINI, C.; BEVILACQUA, D.; SATTLER, M.A. - **Avaliação de protótipo habitacional no projeto CETHS sobre aspectos de ventilação e insolação.** In: NUTAU, 12, 2002, São Paulo. Anais. São Paulo, 2002.

MASCARÓ, L. R. - **Luz, Clima e Arquitetura.** 3 ed. São Paulo: Nobel, 1983.

MENEGAT, R. - **Atlas Ambiental de Porto Alegre.** Porto Alegre:UFRGS, 1998.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal.** São Paulo: Ceres, 1981.

ROSA, G.R. & MAITELLI, G.T. **Clima urbano e uso do solo na Amazônia Mato-grossense: o exemplo de Sinop.** 1999. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Departamento de Geografia, Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade federal de Mato Grosso, Cuiabá, 1999.

ZAMPARONI, C. A. G. P. - **Ilha de Calor em Barra do Bugres e Tangará da Serra-MT: Uma contribuição ao estudo do Clima Urbano em cidades de pequeno porte em área tropical.** 1995. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 1995.

\_\_\_\_\_ **Desmatamento, Urbanização do Campo e Variabilidade Climática na Amazônia Mato-Grossense.** 2000. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

***ANEXOS***

---

## ANEXO A – Ficha de caracterização preliminar da escola

Escola \_\_\_\_\_

Localização:

\_\_\_\_\_

Telefone: \_\_\_\_\_

Diretor(a) \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ contato:

\_\_\_\_\_

### **Análise**

Cobertura

\_\_\_\_\_

Forro

\_\_\_\_\_

Parede

\_\_\_\_\_

Revestimento

\_\_\_\_\_

Piso

\_\_\_\_\_

Aberturas

\_\_\_\_\_

Ventilação

Artificial

\_\_\_\_\_

Arborização

\_\_\_\_\_

### **Observações gerais:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## **ANEXO B – Questionário de Pesquisa de Campo**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
CONFORTO TÉRMICO NA SALA DE AULA  
Pesquisa de Campo

1. Neste momento, como você se sente?

- com muito calor
- com calor
- com leve sensação de calor
- confortável, nem calor nem frio
- com leve sensação de frio
- com frio
- com muito frio

2. Você acha o clima desta sala:

- confortável
- pouco confortável
- desconfortável
- muito desconfortável
- extremamente desconfortável

3. Você preferiria que a sala estivesse:

- muito mais fresca
- mais fresca
- um pouco mais fresca
- do mesmo jeito, estou me sentindo bem
- um pouco mais quente
- mais quente
- muito mais quente

4. Considerando apenas a sua preferência pessoal, você acha que o clima desta sala geralmente é aceitável:

- sim
- não

5. Na sua opinião, esta sala é:

- bastante suportável
- pouco suportável
- difícil de suportar
- muito difícil de suportar
- insuportável

## ANEXO C – Tabelas de dados coletados e calculados em Outubro/2003

**TABELA 06** – Valores obtidos nas medições de Outubro/2003 na sala de aula

Dia	Hora	Iclo	W	Tbs	Tbu	Var	TRM	Ur(%)	PMV	PPD(%)	S	P
29/out	08:00	0,5	70	31	25,5	0,69	30,51	64,56	1,75	64,27	2,03	2,53
	11:00	0,5	70	33	25	0,48	33,55	52,48	2,6	95,3	2,63	2,63
	14:00	0,5	70	33	25	0,55	32,05	52,48	2,41	91,27	1,25	1,86
	17:00	0,5	70	32	25	0,55	32,53	56,91	2,23	86,14	-	-
	20:00	0,5	70	30	25,5	0,46	30,12	69,91	1,52	52,21	-	-
30/out	08:00	0,5	70	31	26	0,54	29,76	67,48	1,72	62,94	1,72	2,29
	11:00	0,5	70	32,5	26	0,55	30,85	59,96	2,21	85,13	2,59	2,31
	14:00	0,5	70	33,5	27	0,51	33,01	60,63	2,76	97,39	2,12	2,3
	17:00	0,5	70	32	26	0,1	28,5	62,37	1,84	69,14	-	-
	20:00	0,5	70	31	24,5	0,5	31,19	58,89	1,81	67,56	1,67	1,33
31/out	08:00	0,5	70	30	26	0,43	29,99	73	1,55	53,62	1,88	2,38
	11:00	0,5	70	32	26	0,18	31,19	62,72	2,19	84,59	2,48	2,26
	14:00	0,5	70	29	25	0,54	27,8	72,49	0,96	24,58	-0,33	0,71
	17:00	0,5	70	27	24,5	0,65	28,74	81,61	0,5	10,28	0,42	0,63
	20:00	0,5	70	27,5	24	0,77	27,87	74,99	0,44	8,97	0,83	2,5

**TABELA 07** – Valores obtidos nas medições de Outubro/2003 no pátio coberto

Dia	Hora	Iclo	W	Tbs	Tbu	Tg	Var	TRM	Ur(%)	PMV	PPD(%)
29/out	08:00	0,5	70	30,5	24,8	31,5	0,25	32,46	63,08	1,99	76,25
	11:00	0,5	70	33,7	24,9	35,4	0,36	37,34	49,09	<i>Fora da faixa</i>	
	14:00	0,5	70	31,6	23,8	32,2	0,36	32,91	52,35	2,17	83,63
	17:00	0,5	70	30	23,2	31,2	0,91	33,69	83,5	1,65	59,08
	20:00	0,5	70	24	23,6	25,2	0,15	26,1	96,74	0,05	5,06
30/out	08:00	0,5	70	27,2	23,8	28,7	0,61	31,21	75,51	0,81	18,79
	11:00	0,5	70	30,5	24,2	31,9	0,55	34,03	59,64	2,01	77,18
	14:00	0,5	70	29,3	24	29,6	1,03	30,29	64,63	1,11	30,77
	17:00	0,5	70	31,4	24,8	32,7	0,31	34,1	58,63	2,36	89,92
	20:00	0,5	70	28,8	23,9	29,1	0,1	29,27	66,74	1,36	43,28
31/out	08:00	0,5	70	27	23,8	27,7	0,15	28,21	76,77	0,86	20,45
	11:00	0,5	70	30,8	24,2	32	0,15	32,84	58,18	2,14	82,57
	14:00	0,5	70	22,9	22,7	23,5	0,97	24,9	98,32	-1,31	40,98
	17:00	0,5	70	23,6	22,8	24,4	0,61	25,8	93,47	-0,74	16,39
	20:00	0,5	70	23,9	23,1	24,4	0,24	24,9	93,51	-0,3	6,87

**TABELA 08** – Valores obtidos nas medições de Outubro/2003 na área externa

<b>Dia</b>	<b>Hora</b>	<b>Tbs</b>	<b>Tbu</b>	<b>Var</b>	<b>Ur(%)</b>
29/out	08:00	30	26	0,61	73
	11:00	34,5	26,5	0,15	53,65
	14:00	33,5	26,5	0,64	58
	17:00	29	27	0,93	85,71
	20:00	26	25	0,2	92,28
30/out	08:00	29	25,5	0,72	75,7
	11:00	37,5	26	0,41	40,36
	14:00	32	27	0,54	68,04
	17:00	31	25,5	0,23	64,56
	20:00	29	25	0,17	72,49
	08:00	27,5	24,8	0,2	80,41
31/out	11:00	31,5	26	0,68	64,87
	14:00	23	22,5	0,67	95,84
	17:00	26	24	1,15	84,84
	20:00	25	22,8	0,37	83,04

A nomenclatura utilizada na tabelas possui a seguinte representação:

**Iclo** – Isolamento térmico médio estimado para as medições, em clo;

**W** – Taxa metabólica estimada para as medições, em W/m<sup>2</sup>;

**Tbs** – Temperatura de Bulbo Seco obtido na medição, em °C;

**Tbu** – Temperatura de Bulbo Úmido obtido na medição, em °C;

**Tg** – Temperatura de Globo obtido na medição, em °C;

**Var** – Velocidade do Ar médio no intervalo de 1 minuto, em m/s;

**TRM** – Temperatura Radiante Média, calculada, em °C;

**Ur** – Umidade Relativa do Ar, em porcentagem;

**PMV** – Voto Médio Previsto, determinado conforme ISO 7730 (1995);

**PPD** - Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas, determinada conforme ISO 7730 (1995);

**S** – Sensação Térmica, obtida através da aplicação de questionário conforme ISO 10551 (1997);

**P** – Preferência Térmica, obtida também através da aplicação de questionário conforme ISO 10551 (1997).

## ANEXO D – Tabelas de dados coletados e calculados em Dezembro/2003

**TABELA 09** – Valores obtidos nas medições de Dezembro/2003 na sala de aula

Dia	Hora	Iclo	W	Tbs	Tbu	Var	TRM	Ur(%)	PMV	PPD(%)	S	P
11/dez	08:00	0,5	70	30	27	0,66	28,95	66,31	1,42	46,41	2,19	2,17
	11:00	0,5	70	30,5	27	0,45	30,25	67,33	1,75	64,2	2,28	2,06
	14:00	0,5	70	30	26	0,85	33,4	76,51	1,8	66,77	2	2,25
	17:00	0,5	70	34	26	0,87	34,06	61,93	2,9	98,8	2,13	2,09
	20:00	0,5	70	32	25,5	0,61	31,98	65,03	2,18	84,11	1,83	2,5
12/dez	08:00	0,5	70	31,5	25,5	0,51	31,32	62,04	2	76,68	2,3	2,5
	11:00	0,5	70	33	25,5	0,56	33,33	55,04	2,6	95,25	2,62	2,67
	14:00	0,5	70	34	25	1,09	35,66	48,39	<i>Fora da faixa</i>		2,33	2,24
	17:00	0,5	70	35	25	0,6	34,12	44,6	<i>Fora da faixa</i>		2,31	2,36
	20:00	0,5	70	32,5	25,5	0,55	33	57,28	2,44	92,06	0,71	1,86
15/dez	08:00	0,5	70	29,5	24,5	0,71	29,87	66,57	1,23	36,62	1,75	2,5
	11:00	0,5	70	34	26	0,61	32,62	53,27	<i>Fora da faixa</i>		-	-
	14:00	0,5	70	36,5	25,2	0,82	35,98	40,29	<i>Fora da faixa</i>		3	2,9
	17:00	0,5	70	36,7	25,5	0,63	36,08	40,89	<i>Fora da faixa</i>		-	-
	20:00	0,5	70	32	26,5	0,96	31,77	65,18	2,17	83,99	-	-

**TABELA 10** – Valores obtidos nas medições de Dezembro/2003 no pátio coberto

Dia	Hora	Iclo	W	Tbs	Tbu	Tg	Var	TRM	Ur(%)	PMV	PPD(%)
11/dez	08:00	0,5	70	29,8	25,4	30,3	0,72	31,22	70,41	1,51	51,69
	11:00	0,5	70	30,7	25,6	31,1	0,62	31,77	66,71	1,85	69,42
	14:00	0,5	70	34,2	24,9	35,1	0,8	36,77	47,13	<i>Fora da faixa</i>	
	17:00	0,5	70	32,3	24,8	32,3	0,21	32,3	54,49	2,33	89,05
	20:00	0,5	70	28,8	24,7	29,6	0,18	30,24	71,75	1,45	48,07
12/dez	08:00	0,5	70	29,4	23,5	30,5	0,42	31,95	61,14	1,53	52,38
	11:00	0,5	70	33	24,2	34	0,29	35,02	48,49	2,76	97,42
	14:00	0,5	70	34,8	24	36,6	0,65	39,49	40,84	<i>Fora da faixa</i>	
	17:00	0,5	70	33	25,4	33	0,26	33	54,52	2,58	94,89
	20:00	0,5	70	30,8	25,3	30,7	0,22	30,61	64,43	1,85	69,71
15/dez	08:00	0,5	70	30,1	24,9	30,5	0,27	30,91	65,75	1,71	62,09
	11:00	0,5	70	32,5	25	33,3	0,9	34,92	54,65	2,58	94,89
	14:00	0,5	70	35,3	24,9	36,5	0,56	38,27	43,08	<i>Fora da faixa</i>	
	17:00	0,5	70	34,6	24,4	34,7	0,6	34,86	43,33	<i>Fora da faixa</i>	
	20:00	0,5	70	30,5	24,3	30,3	0,75	29,92	60,21	1,47	49,31

**TABELA 11** – Valores obtidos nas medições de Dezembro/2003 na área externa

<b>Dia</b>	<b>Hora</b>	<b>Tbs</b>	<b>Tbu</b>	<b>Var</b>	<b>Ur(%)</b>
11/dez	08:00	27,5	26	1,04	88,86
	11:00	30,2	27,5	0,26	81,39
	14:00	29	26,5	0,7	82,31
	17:00	32,5	26	0,44	59,96
	20:00	30	26	0,12	73
12/dez	08:00	30	25	0,51	66,88
	11:00	32	26	0,45	62,37
	14:00	35	27	0,65	54,02
	17:00	33,5	27,5	0,3	63,32
	20:00	30	26	0,4	73
15/dez	08:00	28,5	25	0,24	75,47
	11:00	32	26	1,03	62,37
	14:00	35,5	27	0,27	51,98
	17:00	34	27	0,34	58,34
	20:00	30,7	26	1,4	69,09

A nomenclatura utilizada na tabelas possui a seguinte representação:

**Iclo** – Isolamento térmico médio estimado para as medições, em clo;

**W** – Taxa metabólica estimada para as medições, em W/m<sup>2</sup>;

**Tbs** – Temperatura de Bulbo Seco obtido na medição, em °C;

**Tbu** – Temperatura de Bulbo Úmido obtido na medição, em °C;

**Tg** – Temperatura de Globo obtido na medição, em °C;

**Var** – Velocidade do Ar médio no intervalo de 1 minuto, em m/s;

**TRM** – Temperatura Radiante Média, calculada, em °C;

**Ur** – Umidade Relativa do Ar, em porcentagem;

**PMV** – Voto Médio Previsto, determinado conforme ISO 7730 (1995);

**PPD** - Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas, determinada conforme ISO 7730 (1995);

**S** – Sensação Térmica, obtida através da aplicação de questionário conforme ISO 10551 (1997);

**P** – Preferência Térmica, obtida também através da aplicação de questionário conforme ISO 10551 (1997).

## ANEXO E – Tabelas de dados coletados e calculados em Março/2004

**TABELA 12** – Valores obtidos nas medições de Março/2004 na sala de aula

Dia	Hora	Iclo	W	Tbs	Tbu	Var	TRM	Ur(%)	PMV	PPD(%)	S	P
9/mar	08:00	0,5	70	29	26	0,54	28,88	66,32	1,1	33,4	1,37	2,26
	11:00	0,5	70	31	26,5	0,44	30,9	58,97	1,9	73,5	2,07	2,48
	14:00	0,5	70	28	25	0,99	28,92	55,83	0,6	14,5	-	-
	17:00	0,5	70	30	26	0,69	29,96	51,64	1,4	49,4	-	-
	20:00	0,5	70	29	25	0,73	28,63	61,33	1	26,3	1,37	1,62
10/mar	08:00	0,5	70	27,5	24,7	0,43	30,83	78,01	1	29,4	-	-
	11:00	0,5	70	31,9	25,8	0,12	35,8	60,98	2,8	98,5	-	-
	14:00	0,5	70	31,7	25,2	0,5	34,4	55,40	2,4	91,7	-	-
	17:00	0,5	70	27,6	25,3	0,37	29,82	65,17	1	29,1	-	-
	20:00	0,5	70	26,4	25,1	0,47	28,9	74,62	0,5	12,2	-	-
11/mar	08:00	0,5	70	30	26,5	0,57	29,98	76,69	1,5	53,7	-	-
	11:00	0,5	70	31	27	0,61	31,12	69,05	1,9	73,8	2,29	2,61
	14:00	0,5	70	32,5	26,5	0,52	33,78	66,09	2,6	95,4	-	-
	17:00	0,5	70	32	26,5	0,4	32,7	70,36	2,3	90,7	-	-
	20:00	0,5	70	31	26,5	0,48	31,04	74,20	1,9	73,5	1,75	2

**TABELA 13** – Valores obtidos nas medições de Março/2004 no pátio coberto

Dia	Hora	Iclo	W	Tbs	Tbu	Var	TRM	Ur(%)	PMV	PPD(%)
9/mar	08:00	0,5	70	28,8	25,7	0,73	32,32	65,65	2,00	79,6
	11:00	0,5	70	32,5	26,4	0,55	35,76	52,03	<i>fora da faixa</i>	
	14:00	0,5	70	25,7	23,2	0,22	29,10	50,69	1,00	28,0
	17:00	0,5	70	27,5	23,7	0,30	30,03	59,51	1,00	28,8
	20:00	0,5	70	26,2	23,8	0,15	28,70	69,04	0,9	22,4
10/mar	08:00	0,5	70	27,5	24,7	0,35	30,83	69,46	1,1	33,0
	11:00	0,5	70	31,9	25,8	0,46	35,80	56,54	2,7	96,7
	14:00	0,5	70	31,7	25,2	0,35	34,40	47,58	2,4	93,2
	17:00	0,5	70	27,6	25,3	0,51	29,82	52,81	0,9	23,7
	20:00	0,5	70	26,4	25,1	0,15	28,90	67,62	1,0	27,7
11/mar	08:00	0,5	70	27,70	25,40	0,27	30,38	76,69	1,2	38,8
	11:00	0,5	70	31,90	25,60	0,63	35,20	69,05	2,5	94,6
	14:00	0,5	70	33,40	25,50	0,58	37,56	66,09	<i>fora da faixa</i>	
	17:00	0,5	70	29,60	23,90	0,16	31,96	70,36	1,8	69,5
	20:00	0,5	70	28,00	24,30	0,17	30,22	74,20	1,3	43,6

**TABELA 14** – Valores obtidos nas medições de Março/2004 na área externa

<b>Dia</b>	<b>Hora</b>	<b>Tbs</b>	<b>Tbu</b>	<b>Var</b>	<b>Ur(%)</b>
9/mar	08:00	29,80	25,40	0,46	70,41
	11:00	30,70	25,60	0,30	66,71
	14:00	34,20	24,90	0,50	47,13
	17:00	32,30	32,30	0,25	54,49
	20:00	28,80	24,70	0,6	71,75
10/mar					
	08:00	29,4	23,5	0,30	61,14
	11:00	33,0	24,2	0,66	48,49
	14:00	34,8	24,0	0,43	40,84
	17:00	33,0	25,4	0,32	54,52
	20:00	30,8	25,3	0,40	64,43
11/mar					
	08:00	30,1	24,9	0,36	65,75
	11:00	32,5	25,0	0,75	54,65
	14:00	35,3	24,9	0,89	43,08
	17:00	34,6	24,4	0,39	43,33
	20:00	30,5	24,3	0,23	60,21

A nomenclatura utilizada na tabelas possui a seguinte representação:

**Iclo** – Isolamento térmico médio estimado para as medições, em clo;

**W** – Taxa metabólica estimada para as medições, em W/m<sup>2</sup>;

**Tbs** – Temperatura de Bulbo Seco obtido na medição, em °C;

**Tbu** – Temperatura de Bulbo Úmido obtido na medição, em °C;

**Tg** – Temperatura de Globo obtido na medição, em °C;

**Var** – Velocidade do Ar médio no intervalo de 1 minuto, em m/s;

**TRM** – Temperatura Radiante Média, calculada, em °C;

**Ur** – Umidade Relativa do Ar, em porcentagem;

**PMV** – Voto Médio Previsto, determinado conforme ISO 7730 (1995);

**PPD** - Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas, determinada conforme ISO 7730 (1995);

**S** – Sensação Térmica, obtida através da aplicação de questionário conforme ISO 10551 (1997);

**P** – Preferência Térmica, obtida também através da aplicação de questionário conforme ISO 10551 (1997).

