UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA E MEIO AMBIENTE

ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO E LUMÍNICO DE HABITAÇÕES POPULARES EM CUIABÁ-MT

MARIZA DE MELLO ARRUDA SAMPAIO

PROF.ª DR.ª MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE NOGUEIRA

Cuiabá-MT, Março/2006.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA E MEIO AMBIENTE

ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO E LUMÍNICO DE HABITAÇÕES POPULARES EM CUIABÁ-MT

MARIZA DE MELLO ARRUDA SAMPAIO

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.

PROF.ª DR.ª MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE NOGUEIRA

Cuiabá-MT, Março/2006.

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: **ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO E LUMÍNICO DE HABITAÇÕES POPULARES EM CUIABÁ-MT**

Autora: **MARIZA DE MELLO ARRUDA SAMPAIO**

Dissertação defendida e aprovada em _____ de _____ de 2006, pela comissão julgadora:

_____
Prof.ª Dr.ª Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia - UFMT

_____
Prof.ª Dr.ª Léa Cristina Lucas de Souza – Examinadora Externa
Faculdade de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo – UNESP/ Bauru

_____
Prof. Dr. Sérgio Roberto de Paulo – Examinador Interno
Instituto de Ciências Exatas e da Terra - UFMT

DEDICATÓRIA

Aos meus amados marido e filho Carlos Henrique B. Sampaio e Rodrigo ainda por vir, companheiro de todas as horas, pelo amor, conforto, carinho e apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

- À Professora Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira, pela paciência, confiança e pela oportunidade de me aperfeiçoar.

- À FAPEMAT – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso pela concessão do auxílio que permitiu o desenvolvimento deste trabalho.

- Ao Programa de Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente da Universidade Federal de Mato Grosso e em especial ao Professor José de Souza Nogueira pela oportunidade de realização do mestrado.

- À toda a equipe que colaborou na obtenção de dados para este trabalho, Maria Emília Mônaco, Karyna Rosseti, José Erivam Ferreira Junior, Marlon e Érika Leão.

- Ao querido Tio Jim que com seu “kilt” escocês possibilitou a correta execução do Abstract.

- Aos meus pais, Vicente e Maria Lucia Arruda, e a minha irmã, Victória, por todo apoio em todos os momentos da minha vida, pelo carinho e paciência.

- Ao meu querido marido Carlos Henrique, que sempre incentivou acreditou e procurou me dar muito apoio nesta jornada.

- E a todos aqueles que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS..... i
LISTA DE FIGURAS..... iii
RESUMO..... vi
ABSTRACT..... vii
1. INTRODUÇÃO..... 01
1.1. PROBLEMÁTICA..... 01
1.2. JUSTIFICATIVA..... 03
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO..... 04
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... 06
2.1. O CLIMA E A CIDADE DE CUIABÁ/MT..... 06
2.2. IMPORTÂNCIA DO CONFORTO AMBIENTAL..... 10
2.3. O INCREMENTO DO ESTUDO DE CONFORTO AMBIENTAL..... 12
2.4. PRINCÍPIOS BÁSICOS NO CONFORTO AMBIENTAL..... 15
2.5. IMPACTOS NO AMBIENTE E NA EDIFICAÇÃO..... 21
2.6. A HABITAÇÃO SOCIAL NO BRASIL..... 23
3. MATERIAIS E MÉTODOS..... 27
3.1. MATERIAIS..... 27
3.1.1. Equipamentos Utilizados..... 29
3.1.1.1.Termômetro de globo digital..... 29
3.1.1.2. Anemômetro de fio quente..... 29
3.1.1.3. Radiômetro infravermelho com mira laser digital portátil..... 30
3.1.1.4. Luxímetro digital portátil..... 31
3.2. MÉTODOS..... 32
3.2.1. Pesquisa de Campo..... 33
3.2.2. Definição dos períodos de coleta de dados..... 37
3.2.3. Estatística das variáveis climáticas..... 38
3.2.3.1. Temperatura de Bulbo Seco..... 39
3.2.3.2. Temperatura de Bulbo Úmido..... 44
3.2.3.3. Temperatura Radiante..... 48
3.2.3.4. Velocidade do Vento..... 52
3.2.3.5. Temperatura Radiante Fechamentos Verticais (Paredes)..... 55
3.2.3.6. Temperatura Radiante (Piso, Forro, Pontos Externos 01 e 02)..... 60
3.2.3.7. Luz incidente (Iluminância)..... 68

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS..... 76
4.1. DESEMPENHO TÉRMICO..... 78
4.1.1. Temperaturas Externas e Radiantes Internas..... 78
4.1.2. Temperaturas Externas e Radiantes Internas – Freqüência..... 83
4.1.3. Velocidade do Vento – Interna e Externa..... 88
4.1.4. Zonas de Conforto Térmico e Normais para Cuiabá/MT..... 95
4.2. DESEMPENHO LUMÍNICO..... 97
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 104
6. BIBLIOGRAFIAS..... 106
6.1. BIBLIOGRAFIAS CITADAS..... 106
6.2. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS..... 109

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - Posições de medições para variáveis físicas de um ambiente..... 33
TABELA 02 - Estatísticas CASA 01 (Dezembro/2004 – Verão)..... 39
TABELA 03 - Estatísticas CASA 02 (Dezembro/2004 – Verão)..... 40
TABELA 04 - Estatísticas CASA 01 (Maio/2005 – Outono)..... 40
TABELA 05 - Estatísticas CASA 02 (Maio/2005 – Outono)..... 41
TABELA 06 - Estatísticas CASA 01 (Julho/2005 – Inverno)..... 41
TABELA 07 - Estatísticas CASA 02 (Julho/2005 – Inverno)..... 42
TABELA 08 - Estatísticas CASA 01 (Outubro/2005 – Primavera)..... 42
TABELA 09 - Estatísticas CASA 02 (Outubro/2005 – Primavera)..... 43
TABELA 10 - Estatísticas CASA 01 Bulbo Úmido (Dezembro/2004 – Verão)..... 44
TABELA 11 - Estatísticas CASA 02 Bulbo Úmido (Dezembro/2004 – Verão)..... 44
TABELA 12 - Estatísticas CASA 01 Bulbo Úmido (Maio/2005 – Outono).... 45
TABELA 13 - Estatísticas CASA 02 Bulbo Úmido (Maio/2005 – Outono).... 45
TABELA 14 - Estatísticas CASA 01 Bulbo Úmido (Julho/2005 – Inverno)... 46
TABELA 15 - Estatísticas CASA 02 Bulbo Úmido (Julho/2005 – Inverno)... 46
TABELA 16 - Estatísticas CASA 01 Bulbo Úmido (Outubro/2005 – Primavera)..... 47
TABELA 17 - Estatísticas CASA 02 Bulbo Úmido (Outubro/2005 – Primavera)..... 47
TABELA 18 - Estatísticas CASA 01 Temp. Radiante (Dezembro/2004 – Verão)..... 48
TABELA 19 - Estatísticas CASA 02 Temp. Radiante (Dezembro/2004 – Verão). 48
TABELA 20 - Estatísticas CASA 01 Temp. Radiante (Maio/2005 – Outono) 49
TABELA 21 - Estatísticas CASA 02 Temp. Radiante (Maio/2005 – Outono) 49
TABELA 22 - Estatísticas CASA 01 Temp. Radiante (Julho/2005 – Inverno)..... 50
TABELA 23 - Estatísticas CASA 02 Temp. Radiante (Outubro/2005 – Primavera)..... 50
TABELA 24 - Estatísticas CASA 01 Temp. Radiante (Outubro/2005 – Primavera)..... 51
TABELA 25 - Estatísticas CASA 02 Temp. Radiante (Outubro/2005 – Primavera)..... 51
TABELA 26 - Estatísticas CASA 01 Velocidade do Vento Dezembro/2004 – Verão)..... 52
TABELA 27 - Estatísticas CASA 02 Velocidade do Vento Dezembro/2004 – Verão)..... 52
TABELA 28 - Estatísticas CASA 01 Velocidade do Vento (Maio/2005 - Outono)..... 53
TABELA 29 - Estatísticas CASA 02 Velocidade do Vento (Maio/2005 - Outono)..... 53

TABELA 30 - Estatísticas CASA 01 Velocidade do Vento (Outubro/2005 - Primavera)..... 54
TABELA 31 - Estatísticas CASA 02 Velocidade do Vento (Outubro/2005 - Primavera)..... 54
TABELA 32 - Estatísticas CASA 01 Temperatura Radiante Paredes (Dezembro/2004 - Verão)..... 55
TABELA 33 - Estatísticas CASA 02 Temperatura Radiante Paredes (Dezembro/2004 - Verão)..... 56
TABELA 34 - Estatísticas CASA 01 Temperatura Radiante Paredes (Maio/2005 - Outono)..... 56
TABELA 35 - Estatísticas CASA 02 Temperatura Radiante Paredes (Maio/2005 - Outono)..... 57
TABELA 36 - Estatísticas CASA 01 Temperatura Radiante Paredes (Julho/2005 - Outono)..... 57
TABELA 37 - Estatísticas CASA 02 Temperatura Radiante Paredes (Julho/2005 - Outono)..... 58
TABELA 38 - Estatísticas CASA 01 Temperatura Radiante Paredes (Outubro/2005 - Primavera)..... 58
TABELA 39 - Estatísticas CASA 02 Temperatura Radiante Paredes (Outubro/2005 - Primavera)..... 59
TABELA 40 - Estatísticas CASA 01 Temperatura Radiante Piso, Forro, Pontos Externos 01 e 02 (Dezembro/2004 - Verão)..... 60
TABELA 41 - Estatísticas CASA 02 Temperatura Radiante Piso e Forro (Dezembro/2004 - Verão)..... 61
TABELA 42 - Estatísticas CASA 01 Temperatura Radiante Piso, Forro, Pontos Externos 01 e 02 (Maio/2005 - Outono)..... 62
TABELA 43 - Estatísticas CASA 02 Temperatura Radiante Piso e Forro (Maio/2005 - Outono). 63
TABELA 44 - Estatísticas CASA 01 Temperatura Radiante Piso, Forro, Externo 01 e 02 (Julho/2005 - Inverno)..... 64
TABELA 45 - Estatísticas CASA 02 Temperatura Radiante Piso e Forro (Julho/2005 - Inverno)..... 65
TABELA 46 - Estatísticas CASA 01 Temperatura Radiante Piso, Forro, Externo 01 e 02 (Outubro/2005 - Primavera)..... 66
TABELA 47 - Estatísticas CASA 02 Temperatura Radiante Piso e Forro (Outubro/2005 - Primavera)..... 67
TABELA 48 - Estatísticas CASA 01 Iluminância (Dezembro/2004 - Verão). 68
TABELA 49 - Estatísticas CASA 02 Iluminância (Dezembro/2004 - Verão). 69
TABELA 50 - Estatísticas CASA 01 Iluminância (Maio/2005 - Outono)..... 70
TABELA 51 - Estatísticas CASA 02 Iluminância (Maio/2005 - Outono)..... 71
TABELA 52 - Estatísticas CASA 01 Iluminância (Julho/2005 - Inverno)..... 72
TABELA 53 - Estatísticas CASA 02 Iluminância (Julho/2005 - Inverno)..... 73
TABELA 54 - Estatísticas CASA 01 Iluminância (Outubro/2005 - Primavera)..... 74
TABELA 55 - Estatísticas CASA 02 Iluminância (Outubro/2005 - Primavera)..... 75

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - Localização geográfica de CUIABÁ/MT no Brasil e América do Sul..... 07
FIGURA 02 - Localização geográfica da cidade de Cuiabá no estado de Mato-Grosso..... 08
FIGURA 03 - Carta Bioclimática de GIVONI..... 14
FIGURA 04 - CASA 01, protótipo de habitação popular em madeira e telhas de zinco..... 28
FIGURA 05 - CASA 02, protótipo de habitação popular em alvenaria e telhas cerâmicas..... 28
FIGURA 06 - Termômetro de Globo Digital Instrutherm..... 29
FIGURA 07 - Anemômetro de fio quente..... 30
FIGURA 08 - Radiômetro infravermelho com mira laser digital portátil..... 30
FIGURA 09 - Luxímetro digital portátil..... 31
FIGURA 10 - Banco utilizado para a obtenção da altura necessária para medição..... 34
FIGURA 11 - Pontos de medição em planta CASA 01 (P1, P2, P3 E P4).... 35
FIGURA 12 - Pontos de medição em planta CASA 02 (P1, P2, P3 E P4).... 36
FIGURA 13 - Implantação das casas no terreno e pontos externos de radiação do solo..... 36
FIGURA 14 - Precipitação e temperaturas típicas do clima Aw segundo Köppen..... 37
FIGURA 15 - Gráfico CASA 01 Dezembro/04 – Verão - Temperatura Externa e Interna..... 78
FIGURA 16 - Gráfico CASA 02 Dezembro/04 – Verão - Temperatura Externa e Interna..... 79
FIGURA 17 - Gráfico CASA 01 Maio/2005 – Outono- Temperatura Externa e Interna..... 80
FIGURA 18 - Gráfico CASA 02 Maio/2005 – Outono- Temperatura Externa e Interna..... 80
FIGURA 19 - Gráfico CASA 01 Julho/2005 – Inverno - Temperatura Externa e Interna..... 81
FIGURA 20 - Gráfico CASA 02 Julho/2005 – Inverno - Temperatura Externa e Interna..... 82
FIGURA 21 - Gráfico CASA 01 Outubro/2005 – Primavera - Temperatura Externa e Interna..... 82
FIGURA 22 - Gráfico CASA 02 Outubro/2005 – Primavera - Temperatura Externa e Interna..... 83
FIGURA 23 - Gráfico CASA 01 Dezembro/04 – Verão –Freqüência - Temperatura Externa e Interna..... 83
FIGURA 24 - Gráfico CASA 02 Dezembro/04 – Verão –Freqüência - Temperatura Externa e Interna..... 84
FIGURA 25 - Gráfico CASA 01 Maio/2005 – Outono –Freqüência - Temperatura Externa e Interna..... 85

FIGURA 26 - Gráfico CASA 02 Maio/2005 – Outono –Freqüência - Temperatura Externa e Interna..... 85
FIGURA 27 - Gráfico CASA 01 Julho/2005 – Inverno –Freqüência - Temperatura Externa e Interna..... 86
FIGURA 28 - Gráfico CASA 02 Julho/2005 – Inverno –Freqüência - Temperatura Externa e Interna..... 87
FIGURA 29 - Gráfico CASA 01 Outubro/2005 – Primavera –Freqüência - Temperatura Externa e Interna..... 87
FIGURA 30 - Gráfico CASA 02 Outubro/2005 – Primavera –Freqüência - Temperatura Externa e Interna..... 88
FIGURA 31 - Gráfico CASA 01 Dezembro/04 – Verão –Velocidade Interna do Vento (m/s)..... 89
FIGURA 32 - Gráfico CASA 01 Dezembro/04 – Verão –Velocidade Externa do Vento (m/s)..... 89
FIGURA 33 - Gráfico CASA 02 Dezembro/04 – Verão –Velocidade Interna do Vento (m/s)..... 90
FIGURA 34 - Gráfico CASA 02 Dezembro/04 – Verão –Velocidade Externa do Vento (m/s)..... 90
FIGURA 35 - Gráfico CASA 01 Maio/2005 – Outono –Velocidade Interna do Vento (m/s)..... 91
FIGURA 36 - Gráfico CASA 01 Maio/2005 – Outono –Velocidade Externa do Vento (m/s)..... 91
FIGURA 37 - Gráfico CASA 02 Maio/2005 – Outono –Velocidade Interna do Vento (m/s)..... 92
FIGURA 38 - Gráfico CASA 02 Maio/2005 – Outono –Velocidade Externa do Vento (m/s)..... 92
FIGURA 39 - Gráfico CASA 01 Outubro/2005 – Primavera –Velocidade Interna do Vento (m/s)..... 93
FIGURA 40 - Gráfico CASA 01 Outubro/2005 – Primavera –Velocidade Externa do Vento (m/s)..... 94
FIGURA 41- Gráfico CASA 02 Outubro/2005 – Primavera –Velocidade Interna do Vento (m/s)..... 94
FIGURA 42 - Gráfico CASA 02 Outubro/2005 – Primavera –Velocidade Externa do Vento (m/s)..... 95
FIGURA 43 - Normais climáticas do programa ANALISYS para Cuiabá/ MT..... 96
FIGURA 44 - Dados das casas avaliadas aplicados sobre diagrama do programa ANALISYS, Cuiabá/ MT..... 97
FIGURA 45 - Gráfico CASA 01 Dezembro/04 – Verão –Iluminância Interna (lux)..... 98
FIGURA 46 - Gráfico CASA 02 Dezembro/04 – Verão –Iluminância Interna (lux)..... 99
FIGURA 47 - Gráfico CASA 01 Maio/05 – Outono –Iluminância Interna (lux)..... 100
FIGURA 48 - Gráfico CASA 02 Maio/05 – Outono –Iluminância Interna (lux)..... 101
FIGURA 49 - Gráfico CASA 01 Julho/05 – Inverno –Iluminância Interna (lux)..... 101

FIGURA 50 - Gráfico CASA 02 Julho/05 – Inverno –Iluminância Interna (lux)..... 101
FIGURA 51 - Gráfico CASA 01 Outubro/05 – Primavera –Iluminância Interna (lux)..... 102
FIGURA 52 - Gráfico CASA 02 Outubro/05 – Primavera –Iluminância Interna (lux)..... 103

RESUMO

SAMPAIO, M. M. A. ***Análise do desempenho térmico e lumínico de habitações populares em Cuiabá-MT.*** Cuiabá, 2006. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

A existência de poucos bancos de dados no Brasil a respeito das condições de conforto ambiental faz com que parâmetros e limites estipulados em outros países, de condições climáticas bastante diversas das nossas, sejam aqui utilizados quando necessário. Diante de tal quadro é que se insere a proposta deste trabalho, na tentativa de contribuir com dados, análises e parâmetros, e de mensurar e indicar índices de conforto ambiental; avaliaram-se as condições de conforto térmico de duas residências de padrões construtivos diferenciados do projeto de habitação popular "Moradia para Todos", realizado pelo governo estadual de Mato-Grosso através da SINFRA (Secretaria de Infra-Estrutura). Após a avaliação, foi realizado um diagnóstico das condições encontradas para a verificação da eficiência do desempenho térmico e lumínico no interior das habitações para a cidade de Cuiabá-MT.

Palavras-chave: conforto ambiental, desempenho térmico, habitações populares.

ABSTRACT

SAMPAIO, M. M. A. ***An analysis of thermal and lighting factors in low-cost housing in Cuiabá, Mato Grosso.*** Cuiabá, 2006. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

The scarcity of Brazilian databases on conditions of environmental comfort leads to the use of parameters and limits that are stipulated in other countries with quite different climatic characteristics. The thesis presented deals with this situation by contributing data, analyses and parameters, and by measuring and providing indices of environmental comfort. An evaluation was made of the conditions of thermal comfort in two residences with different building standards in the low-cost housing project "Moradia para Todos" (*Housing for All)* sponsored by the Mato Grosso State government through the SINFRA (Secretariat for Infrastructure). The evaluation was followed by a diagnosis of the conditions found in order to verify the efficiency of heating-cooling and lighting factors inside the houses compatible with the city of Cuiabá, Mato Grosso.

Key-words: environmental comfort, thermal performance, low-cost housing.

1. INTRODUÇÃO

1.1. PROBLEMÁTICA

A preocupação humana com a melhoria da qualidade de vida vem crescendo ao longo dos anos proporcionalmente ao desenvolvimento tecnológico. Isto propicia um aumento positivo nos estudos de soluções e alternativas que melhorem o desempenho térmico e conforto ambiental nas habitações; comprovando métodos de mensuração de sensações, para comparar parâmetros de índices utilizados e padronizados mundialmente (NOGUEIRA et al., 2005).

Os estudos de conforto térmico, pela sua própria natureza, apresentam caráter multidisciplinar, possuindo ligação estreita com a área de Engenharia, em várias de suas modalidades, de Arquitetura, das Ciências da Saúde e Ciências Humanas. Para a concepção de um ambiente adequado, em termos de conforto térmico e lumínico, deve-se ter a clara noção e conhecimento do local onde o mesmo irá ser edificado, em termos de clima e estratégias que possam ser utilizadas, conhecimento esse que é obtido através de estudos de bioclimatologia.

O conforto térmico como uma sensação humana situa-se no campo do subjetivo e acredita-se que a satisfação das pessoas com um ambiente dependa de fatores físicos, fisiológicos e psicológicos. Os fatores físicos determinam as trocas de calor do corpo com o meio, os fisiológicos, como a aclimatização, referem-se a alterações na resposta fisiológica do organismo resultantes da exposição continuada a determinada condição térmica e os fatores psicológicos relacionam-se a diferenças na percepção e na resposta a estímulos sensoriais, fruto da experiência passada e da expectativa do indivíduo.

A condição de conforto térmico a que está sujeita uma pessoa em um ambiente interno, é normalizada através da Norma Internacional ISO 7730 (1994), a qual é baseada nos estudos realizados por FANGER (1970), na Dinamarca. Eles se basearam no modelo físico de balanço de calor entre o homem e o meio ambiente, através do qual

todo o calor gerado pelo organismo humano pela execução de atividades deve ser dissipado em igual proporção ao ambiente, a fim de que não haja nem acúmulo nem perda excessiva de calor no interior do organismo. Dessa maneira, o organismo humano pode ser comparado à uma “máquina térmica”, a qual gera calor quando executa algum tipo de trabalho. O calor gerado pelo organismo deve então ser dissipado em igual proporção ao ambiente, para que não se eleve nem diminua a temperatura interna do corpo.

Assim o conforto térmico num determinado ambiente pode ser definido como a sensação de bem estar experimentada por uma pessoa, como resultado de uma combinação satisfatória, nesse ambiente, da temperatura radiante média, umidade relativa, temperatura e velocidade relativa do ar com a atividade desenvolvida e a vestimenta utilizada.

Sendo assim, hábitos, costumes e especificidades da população analisada, como etnia, hábitos sociais e religiosos e padrões comunitários, também devem ser levados em consideração nos estudos de conforto térmico, dadas às diferenças de resposta dos usuários dependendo da cultura e aclimatação de cada população.

Estando o meio-ambiente já bastante comprometido com altos índices de poluição do ar, da água e do solo, que trazem múltiplas implicações à vida humana; as únicas soluções viáveis para o mundo são as sustentáveis, soluções que atendem aos problemas humanos sem o comprometimento das gerações futuras.

Com a evolução das pesquisas em habitação, a construção de uma edificação sustentável e adaptada ao clima envolve quatro etapas, sendo a última a da concepção arquitetônica. A primeira etapa é a de levantamento dos dados climáticos e meteorológicos do local e sua análise. O segundo passo é a avaliação do impacto das variáveis climáticas em termos psico-fisiológicos. A terceira etapa trata da implementação tecnológica para a solução do problema conforto-clima, solução que pode ser obtida através de cálculos de orientação, necessidade de sombras, e balanço interno de temperatura que pode ser conseguido com a aplicação de materiais. A quarta etapa seria a conjunção final de todas as soluções em harmonia arquitetônica.

Nos últimos trinta anos, muitos estudos sobre conforto térmico foram realizados em situações reais do cotidiano em todo o mundo, no Brasil os mais relevantes recentemente foram realizados por ARAÚJO (1996) e XAVIER e LAMBERTS (1999).

Sendo Cuiabá, a área de estudo escolhida, pretende-se avaliar as condições de conforto térmico e lumínico comparando duas casas de padrão popular de diferenciados materiais construtivos.

Pretende-se, portanto contribuir para com os estudos científicos sobre o nível de conforto térmico e lumínico nas habitações de padrão popular em Cuiabá-MT para uma correta verificação da adaptação dos projetos ao clima na cidade.

1.2. JUSTIFICATIVA

O deficiente banco de dados existente no Brasil a respeito das condições de conforto ambiental faz com que parâmetros e limites estipulados em outros países, de condições climáticas bastante diversas das nossas, sejam aqui utilizados quando necessário.

DEAR (1998) *apud* XAVIER (1999), mostra em seu trabalho que a ASHRAE *(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.)* está montando um banco de dados mundial a respeito de condições de conforto térmico - ASHRAE RP 884 (1989) - onde ficam bem enfatizados os locais onde possuem dados a esse respeito e nota-se que nem o Brasil, nem tampouco a América do Sul figuram entre eles.

Diante de tal quadro é que se insere a proposta deste trabalho, na tentativa de contribuir com dados, análises e parâmetros, e de verificação de desempenho térmico em casas de padrão popular; foram realizadas avaliações das condições de conforto térmico e lumínico de duas residências do projeto de habitação popular “Moradia para Todos”, realizado pelo governo estadual de Mato-Grosso através do SINFRA (Secretaria de Infra-Estrutura).

Após a avaliação, foi feito um diagnóstico das condições encontradas e elaborada uma série de gráficos que verificam a eficiência térmica e lumínica no interior das habitações para a cidade de Cuiabá-MT.

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver um estudo de verificação da eficiência em relação ao desempenho térmico e lumínico do padrão de habitações populares edificadas em Cuiabá-MT.

Para atingir tal objetivo são necessários alguns objetivos específicos que seriam o de analisar comparativamente o desempenho térmico e lumínico de duas habitações de padrões construtivos diferenciados para a cidade de Cuiabá, verificar a relevância dada atualmente ao estudo do conforto térmico na habitação e observar os resultados de qual padrão construtivo estudado tem melhor eficiência, colaborando assim para trabalhos futuros e sugerindo estudos mais detalhados.

1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho apresenta, além da introdução aqui realizada, mais quatro itens, completando assim os seus objetivos.

a) Revisão Bibliográfica

Este item apresenta a revisão bibliográfica com os principais estudos e pesquisas, juntamente com a discussão do problema da habitação social no Brasil, o clima da cidade de Cuiabá, a importância do conforto ambiental hoje, o incremento do estudo de conforto térmico ao longo dos anos e alguns princípios básicos dessa área. O enfoque abordou as considerações de autores diversos sobre a importância dos estudos de conforto térmico e sob quais os mesmos se verificam. O trabalho referenciou as linhas mais recentes de pesquisa sobre o assunto, sempre considerando as normas existentes para desempenho térmico.

b) Materiais e Métodos

No decorrer deste capítulo, são apresentados os materiais e métodos utilizados para a execução do trabalho. A primeira fase tratou da pesquisa de campo com coleta de dados através de medições das variáveis ambientais em cada uma das quatro estações do ano considerando os índices pluviométricos da região estudada. Na segunda fase foi realizado o tratamento estatístico dos dados obtidos. Aqui são esclarecidas as características de equipamentos e as técnicas realizadas durante as medições.

c) Apresentação e Análise dos Resultados

Dentro do item três, são demonstrados os resultados e discussões obtidas pela pesquisa. Aqui são demonstrados os resultados finais com o auxílio de gráficos

diversos que permitem a análise do desempenho térmico e lumínico das habitações estudadas e o enquadramento da região em zonas bioclimáticas.

d) Considerações Finais

O item quatro descreve as conclusões obtidas na pesquisa e nos resultados, e propõe sugestões para futuros trabalhos.

e) Bibliografias

O item cinco apresenta as referências bibliográficas citadas e consultadas durante o desenvolvimento deste trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O CLIMA E A CIDADE DE CUIABÁ/MT

O município de Cuiabá, com uma extensão territorial de, aproximadamente, 3000Km^2, está situado entre as coordenadas geográficas de 15º10', 15º50' de latitude sul e 50º50', 50º10' de longitude oeste, na região central do Brasil, na região denominada depressão cuiabana. (Figura 01 e 02)

Segundo MAITELLI (1994), 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 biomas brasileiros: o Pantanal, o Cerrado e a Floresta Amazônica.

A topografia da depressão cuiabana é, de modo geral, rampeada com inclinação de norte para sul. A altimetria está em torno de 250 metros no limite sul e atinge 450 metros no limite norte.

Cuiabá é conhecida como uma das capitais mais quentes do Brasil. Seu clima é do tipo Aw de Koppen, isto é, Tropical Semi-úmido, com quatro a cinco meses secos e duas estações bem definidas, uma seca (outono-inverno) e uma chuvosa (primavera-verão), (MAITELLI, 1994).

De acordo com NIMER (1979), as características regionais das chuvas são tipicamente tropicais, ou seja, máximas no verão e mínimas no inverno e se devem, quase que exclusivamente, aos sistemas de circulação atmosférica, que ocorrem, principalmente, em número de três: sistemas de correntes perturbadas de Oeste, de Norte e de Sul.

Ainda segundo NIMER (1979), 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 Norte acarretam chuvas no verão e os sistemas de correntes perturbadas de Sul são representados pela invasão do Anticiclone Polar.

MAITELLI (1994) coloca que dessa forma, durante a primavera-verão, as temperaturas se mantêm constantemente elevadas, principalmente, na primavera, estação na qual o sol passa pelos paralelos da região, dirigindo-se para o Trópico de Capricórnio e a estação chuvosa ainda não teve início. No inverno, são registradas temperaturas estáveis, baixa umidade do ar, altas amplitudes térmicas diárias e elevadas temperaturas. Entretanto, ocorrem baixas de temperatura, resultantes da invasão do Anticiclone Polar, que transpõe a Cordilheira dos Andes após caminhar sobre o Oceano Pacífico, provocando um forte declínio na temperatura do ar com céu limpo e pouca umidade específica. A essa ação direta do Anticiclone Polar dá-se o nome de “friagem” e sua duração é, em média, de três a quatro dias.



FIGURA 01 – Localização geográfica de CUIABÁ/MT no Brasil e América do Sul.
(**FONTE:** Guia Geográfico do Brasil e do Mundo - www.guiageo.com.br)

O núcleo urbano de Cuiabá, segundo ROSA & JESUS (2003), iniciou sua colonização efetiva em fins de 1722 e recebeu foros de cidade em 1818. Sua origem está ligada ao ciclo do ouro, que promoveu o processo de imigração inicial para a região.



FIGURA 02 – Localização geográfica da cidade de Cuiabá no estado de Mato-Grosso.
(**FONTE**: GuiaNet Brasil - www.guianet.com.br)

Em 17 de setembro de 1818, a vila foi elevada a cidade. Em 1825, se tornou capital da província, contando com cerca de sete mil habitantes. Em meados do século XIX, já estando unida a parte principal e a portuária da cidade, a população já atingia quase 10 mil habitantes. No século XX, a ligação rodoviária com São Paulo e Goiás e a aviação comercial, a partir de 1940, trouxeram o desenvolvimento da capital. O grande marco do crescimento, no entanto, têm início na década de 70, quando o governo federal inicia um programa de povoamento do interior do país, oferecendo vantagens aos que para lá se mudassem. Em cinco anos (de 1970 a 1975) a população passou de 83 mil para 127 mil pessoas, SILVA (2005).

Atualmente, o número de habitantes está estimado em 700.000. Esse *"boom"* populacional provocou uma série de alterações da paisagem, da vida da cidade, do uso do solo, e de ocupação urbana, IBGE (2002).

A cidade compartilha uma malha viária do século XVIII de traçado irregular, principalmente no centro, com ruas estreitas, características das técnicas do planejamento urbano da época que não previa os meios de transportes atuais, alternadas com largas avenidas que se multiplicaram após 1970.

Em função do grande crescimento demográfico, foram edificados grandes conjuntos habitacionais, principalmente nas regiões norte e nordeste da cidade. A arquitetura dessas áreas de expansão urbana difere muito das características das construções do centro da cidade e utiliza padrões arquitetônicos estandardizados, que em pouco ou em nada se adequam às rigorosas condições climáticas de Cuiabá.

MACIEL (2002), discursando sobre a arquitetura em Brasília, afirmou que ao longo dos anos, a linguagem das novas edificações construídas foi sendo modificada com a apropriação de novas tendências. Porém, ainda observa-se, na maioria dos casos, a continuidade da cultura do desperdício energético. Soluções padronizadas, resultado de um processo de globalização, provocam a proliferação das "torres de vidro" no cenário mundial como ícones da era moderna. O Brasil não é uma exceção e o processo de cópia de paradigmas internacionais vem se mantendo independente das realidades culturais e climáticas locais.

Em reação a este processo de padronização da arquitetura, proposto inicialmente pelo *Estilo Internacional*, que se utilizava de soluções formais em detrimento das tradições locais, e preconizado principalmente por Frank Lloyd Wright, Le Corbusier e Alvar Aalto, surgiu um modo de abordagem chamado *bioclimático* que teve em Victor Olgyay seu precursor, OLGYAY (1998).

Segundo VIGGIANO (2001), *arquitetura bioclimática* é um termo que expressa a relação do ser humano, ao nível de suas necessidades biológicas de conforto, ao clima, considerando seus rigores, passando pela arquitetura que é o abrigo, a interface, o meio pela qual esta relação dependente pode ser concretizada.

Sobre o desperdício, o consumo de energia elétrica em edifícios é em grande parte causado pelas instalações de ar condicionado. Segundo a ELETROBRÁS (1999):

> **"O condicionamento ambiental de edificações (refrigeração, aquecimento, iluminação de ambientes) participa com 3% no consumo de energia elétrica global do país, mas somente os**

aparelhos de ar condicionado representam 20% do consumo comercial".

Devido ao aumento das exigências de conforto dos usuários e a ineficiência dos edifícios, o condicionamento artificial passou a consistir, nos últimos anos, no uso mais representativo no consumo de energia elétrica.

2.2. IMPORTÂNCIA DO CONFORTO AMBIENTAL

Tem-se observado uma grande freqüência de projetos de edificações sem a devida preocupação com os fatores ambientais. Dessa forma percebemos que grande parte das edificações, principalmente as de padrão popular sofrem desnecessariamente com os rigores climáticos de um país predominantemente tropical, como é o Brasil. Isso acontece no mundo todo, diferenciando-se apenas os países ricos que por outro lado, enfrentam grandes desperdícios de energia para climatizar os ambientes internos mediante calefação ou refrigeração artificial.

O clima pode afetar todo o tipo de atividades executadas em uma edificação, por este motivo salienta-se a importância do conforto ambiental, fundamentalmente em habitações de programas habitacionais, onde o foco geralmente se mantém no custo. É por este motivo que o estudo da climatologia assume tal relevância atualmente, deve fazer parte de todas as fases de projeto arquitetônico indo desde a análise do clima em relação à habitação, até o impacto da edificação ao meio.

A partir do conhecimento de dados climáticos da região específica onde se projeta, é possível para o arquiteto tomar melhores decisões que se reverterão em desempenho térmico e lumínico ainda em fase de projeto.

Apesar de pouco utilizados nos dias atuais, os estudos sobre arquitetura bioclimática começaram ainda antes de Cristo, de acordo com MARKUS & MORRIS (1980), Vitrúvio no século I a.C. já buscava soluções de abrigo contra intempéries, bem como manter o equilíbrio em soluções formais, estruturais e funcionais.

Ele descreve com detalhes a trajetória do Sol e sua influência no clima, de acordo com as estações do ano. Descreve o estudo das sobras no mesmo período em várias cidades como Roma, Alexandria, Rodes e Atenas e ainda complementa com a

descrição da construção de relógios, com o objetivo que o dia equinocial, solsticial e hibernal fossem divididos em doze partes iguais.

Em seu livro *Da Arquitetura*, Vitrúvio descreve as descobertas acerca das leis de incidência dos raios solares sobre a Terra, através de sobras produzidas em diferentes pontos da superfície terrestre. Narra ainda sobre a trajetória e a influência do Sol nas temperaturas dos astros durante os doze meses do ano.

Segundo KRÜGER (1993), os trabalhos de Vitrúvio "foram influenciados pelos elementos do clima e suas recomendações se referem constantemente à necessidade de adequação das construções aos fatores climáticos".

OLGYAY (1963) escreve um livro sobre o trabalho com a arquitetura solar, passiva ou bioclimática, onde trata do clima e sua relação com o ser humano, apresentando exemplos urbanos e arquitetônicos.

PIETROBON (1999), definiu a Arquitetura Bioclimática como o uso da tecnologia que se baseia na correta aplicação dos elementos arquitetônicos, com o objetivo de proporcionar ao ambiente construído um alto grau de conforto higrotérmico com o mínimo consumo energético. Para sua conceituação de Arquitetura Bioclimática, ele ainda salienta que na arquitetura, existem três aspectos a serem considerados:

a) Aspecto físico: diretamente relacionado com os sentidos, conforto humano;
b) Aspecto climático: ambiental, visa à redução do consumo energético;
c) Aspecto da relação com a totalidade das diferentes funções humanas: sem ser um objeto definido por nenhuma delas singularmente seu caráter estético.

Dessa forma, a Arquitetura Bioclimática visa, através da inclusão de uma visão estética, funcional, temporal e locacional; auxiliar no desempenho da edificação utlizada.

2.3. O INCREMENTO DO ESTUDO DE CONFORTO AMBIENTAL

Segundo MARKUS & MORRIS (1980), os primeiros princípios básicos para avaliação de condições climáticas a se tornar mensuráveis foram temperatura e pressão. Galileu desenvolveu o termômetro em 1593, e Torricelli o barômetro de mercúrio, em 1643, possibilitando as medições que tiveram início nos séculos XVII e XVIII. Na década de 1770 redes de meteorologia foram implantadas na França, e em 1817 na Prússia, em 1818, Howard publicou os resultados de medições realizadas em Londres mostrando a existência de um microclima urbano, fato até então unanimemente ignorado.

O recurso utilizado pelos arquitetos, até então, era o manejo da geometria solar por meio de gráficos, para o projeto de elementos de sombra e a representação do percurso do Sol no projeto. Era o que de mais notável havia em todo o desenvolvimento da climatologia científica e instrumentação meteorológica disponível a partir do século XVIII mediante dados teóricos e empíricos.

Segundo KOENIGSBERGER (1977) et al. *apud* ARAÚJO (2001), o progresso dos estudos das primeiras tentativas para determinação de parâmetros de conforto térmico ao longo do tempo, teve início na Europa no século XIX, momento em que começou um movimento visando à melhoria das condições de higiene e salubridade. As primeiras exigências foram estabelecidas em princípio para minas e para as indústrias metalúrgicas e têxteis, ambientes de trabalho nos quais havia altos índices de doenças profissionais.

Era necessária a elaboração de um único índice que abrangesse todas as variáveis ambientais com a devida exatidão para que o estudo dos fatores que interferem no conforto do ambiente fosse realizado. Este índice seria, então, relacionando à resposta de seres humanos que vivem em condições climáticas específicas.

Sendo assim, o termômetro quente, desenvolvido por Heberden, em 1826, constituía um medidor de conforto primitivo, relacionando pela primeira vez a sensação de conforto a outros fatores, além da temperatura do ar. Seguiram-se o desenvolvimento de equipamentos como o catatermômetro (também usado como anemômetro), por Hill, em 1914, e o termômetro de globo, por Vernon, em 1930, dentre outros. Também em 1930, Bedford desenvolveu um conjunto de aparelhos apropriados para as medições, (ARAÚJO, 2001).

Apenas a partir de 1923, segundo SCARAZZATO (1988), é que começaram a ser estudados métodos e padrões para estimar índices de conforto térmico. Primeiramente surgiram dois tipos básicos de índices, o termométrico ou fisiológico, que mede o desgaste físico ou o esforço que o indivíduo emprega sob determinadas condições, e o subjetivo, que tenta predizer sob que condições de temperatura, umidade, velocidade do ar, pode uma pessoa sentir-se confortável. Posteriormente foi desenvolvido um terceiro tipo que, embora subjetivo, foi criado a partir de dados mensuráveis do nível de sudação, sendo assim psicofisiológico.

Conforme ARAÚJO (2001), somente nos recentes setenta anos

> **"é que uma grande quantidade de experimentos foi realizada com o objetivo de identificar a interação entre o corpo humano e o meio ambiente. Dados quantitativos foram sendo determinados, principalmente, pelos higienistas industriais, pelos engenheiros de ar condicionado e pelos engenheiros térmicos (mecânicos)".**

Mais tarde foram desenvolvidos estudos que relacionavam os efeitos do clima no Homem, dentre estes cita-se GIVONI (1962) com sua Carta Bioclimática que apresentava um índice de estresse térmico, na tentativa de demonstrar que a secreção de suor é necessária para o cálculo do resfriamento evaporativo no balanço da produção metabólica e trocas térmicas com o ambiente segundo mostra a Figura 03, com a carta posteriormente modificada pelo Laboratório de Eficiência Energética da UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, onde TBS representa a temperatura de bulbo seco, TBU, temperatura de bulbo úmido e na coluna vertical a umidade do ar.

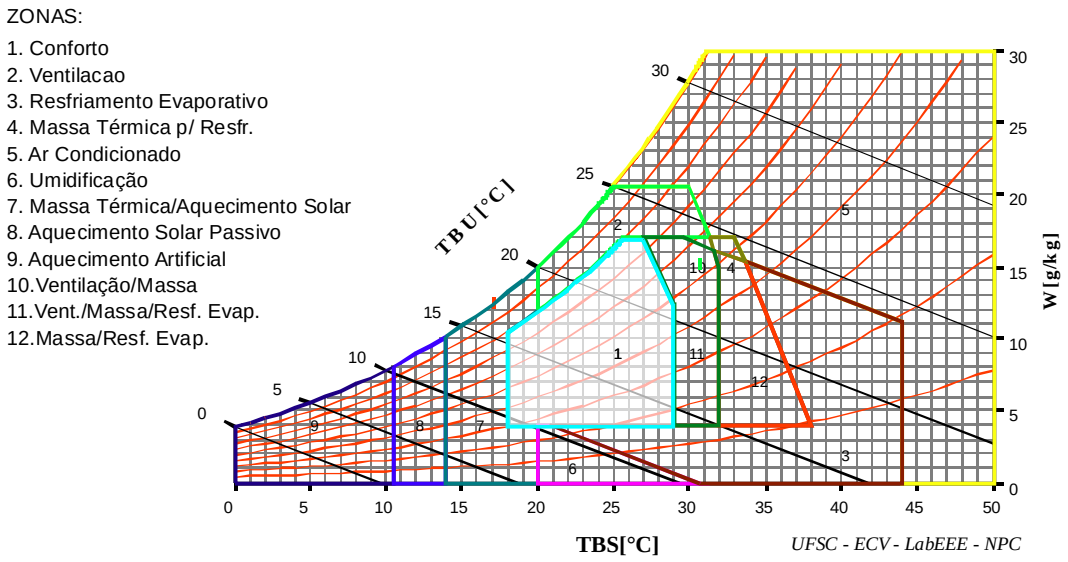


FIGURA 03 – Carta Bioclimática Alterada de GIVONI.

(**FONTE:** UFSC – ECV – LabEEE – NPC)

Na década de 1960, os irmãos Olgyay, nos Estados Unidos, desenvolveram o primeiro procedimento com o objetivo de adequação de uma edificação às condições do clima, criando a expressão “projeto bioclimático”. Victor Olgyay sugeriu o roteiro para a construção bioclimática em quatro etapas:

a) Análise dos dados climáticos anuais da região;

b) Avaliação biológica baseada nas sensações humanas;

c) Soluções tecnológicas para reduzir os impactos do clima e usar as vantagens existentes e

d) Aplicação arquitetônica das conclusões obtidas nas três primeiras fases e desenvolvimento equilibrado dos elementos conforme a necessidade (OLGYAY, 1963).

De acordo com DUMKE (2002), em 1970, Fanger realizou um importante trabalho na área de investigação relacionada aos estudos da sensação de conforto térmico.

Seu trabalho está voltado à aplicação de parâmetros de conforto na indústria de ar-condicionado. Em sua obra *Thermal Comfort*, FANGER (1970), se evidencia uma visão do estudo do conforto térmico como necessariamente inter e

multidisciplinar, abrangendo disciplinas como transferência de calor e massa, fisiologia e psicofísica, ergonomia, biometeorologia, arquitetura e engenharia têxtil.

A visão de FANGER (1970) se reflete na formulação de sua complexa equação geral, em que são correlacionadas: a “sensação térmica” com a atividade metabólica do corpo humano, a vestimenta e o ambiente (temperatura, umidade relativa, velocidade do ar e temperatura radiante média), destacando-se a necessidade de se considerar o efeito combinado das diversas variáveis.

Segundo ARAÚJO (2001), Fanger determinou três requisitos de conforto:

a) O balanço térmico (equilíbrio da produção de calor pelo corpo com a perda de calor para o ambiente);

b) A temperatura média da pele (relacionada às sensações de conforto) e

c) Taxa preferencial de sudação para o conforto, em função da taxa metabólica.

No Brasil, dentre os trabalhos sobre conforto térmico a nível acadêmico de maior saliência, poder-se-ia destacar RORIZ (1987), SCARAZZATO (1988), FROTA & SCHIFFER (1999) com a edição de um manual, ARAÚJO et al. (2001), entre outros. No contexto atual são de relevância ainda os trabalhos da ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, que promove e consolida a interação entre grupos de pesquisa nessa área.

O conforto ambiental tem se revelado um assunto bastante atual e controvertido nas últimas décadas e tem recebido atenção especial de muitos estudiosos, motivados pela crise energética mundial que propicia trabalhos que busquem maneiras de economizar energia resfriando ou aquecendo o ambiente conforme a região climática do local, adequando novos materiais e técnicas que garantam o conforto dos usuários.

2.4. PRINCÍPIOS BÁSICOS NO CONFORTO AMBIENTAL

O conforto térmico é classicamente definido, segundo FANGER (1970), como sendo, **"uma condição da mente que expressa satisfação com o ambiente**

térmico", incluída em normas e manuais de conforto térmico como a ASHRAE 55 (1989).

Os estudos de conforto propõem o estabelecimento de um estado térmico para o ambiente, relacionando suas variáveis físicas, a fim de que um menor número de pessoas esteja insatisfeita com o mesmo. O conforto térmico é principalmente observado em função de seis variáveis, sendo quatro ambientais: temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade relativa do ar e umidade absoluta do ar; e duas pessoais: a atividade física, metabolismo, e a resistência térmica oferecida pela vestimenta.

A temperatura do ar (*ta*, em ºC*)*, segundo XAVIER (1999), é uma variável que determina a troca de calor por convecção entre o corpo humano e o ambiente circundante, pode ser medida através de sensores de expansão de líquidos ou sólidos, termômetros elétricos, de resistência variável ou termopares.

A temperatura radiante média (*TRM*) é a temperatura ambiente de uma circunvizinhança, calculada através dos dados obtidos com o termômetro de globo, 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. Essa circunvizinhança é considerada uniformemente negra para eliminar o efeito de reflexão, com a qual o corpo (globo negro) troca tanta quantidade de energia quanto à do ambiente atual considerado.

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, tg, e da temperatura e velocidade do ar ao redor do globo. Para o globo negro de 0,15 m de diâmetro (globo padronizado), a temperatura média radiante pode ser calculada por uma das duas expressões abaixo:

No caso de convecção natural:

$$TRM = [(t_g + 273)^4 + 0{,}4.10^8 | t_g - t_a |^{1/4} . (t_g - t_a)]^{1/4} - 273 \quad \text{.....Equação 01}$$

No caso de convecção forçada:

$$TRM = [(t_g + 273)^4 + 2{,}5.10^8.V_8^{0,6}(t_g - t_a)]^{1/4} - 273$$ .....Equação 02

Onde:

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

ta = temperatura do ar, em ºC;

tg = temperatura de globo, em ºC.

Quanto à velocidade relativa do ar (*Va em m/s)*, de acordo com RUAS (2002), é a resultante de duas componentes que atuam sobre o corpo, a velocidade do ar incidente sobre a pessoa, considerando-a parada, e o movimento do corpo na realização de uma tarefa, considerando o ar parado. Essa variável é considerada por conta da transferência de calor por convecção e por evaporação na posição da pessoa. Os tipos de equipamentos mais comuns para a medição da velocidade do ar, são os anemômetros de fio quente, e os anemômetros de esfera aquecida.

Para a determinação do coeficiente de convecção utilizado na expressão do balanço térmico ou da carga térmica atuando sobre a pessoa, posteriores, a velocidade do ar considerada é a velocidade relativa do ar, Var. Essa é a velocidade do ar final atuando sobre a pessoa levando em consideração a velocidade absoluta do ar no ponto e o incremento a essa velocidade causado pelos movimentos das pessoas de acordo com a atividade desempenhada. A velocidade relativa do ar pode ser calculada de acordo com a equação abaixo, segundo a ISO 7933 (1989):

$$V_{ar} = V_a + 0{,}0052\,(M - 58)$$ .....Equação 03

Onde:

Va = velocidade do ar com relação a uma pessoa imóvel, velocidade absoluta, em m/s;

M = taxa metabólica em função da atividade desempenhada, em W/m2.

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.

Segundo LAMBERTS (2000):

> **“A umidade do ar conjuntamente com a velocidade do ar intervém na perda de calor por evaporação. Como**

> **aproximadamente 25% da energia térmica gerada pelo organismo é eliminada sob a forma de calor latente (10% por respiração e 15% por transpiração) é importante que as condições ambientais favoreçam estas perdas. À medida que a temperatura do meio se eleva, dificultando as perdas por convecção e radiação, o organismo aumenta sua eliminação por evaporação. Isto mostra a importância de uma ventilação adequada. (...) A umidade absoluta representa o peso de vapor d'água contido em uma unidade de massa de ar (g/kg) e a umidade relativa, a relação entre a umidade absoluta do ar e a umidade absoluta do ar saturado para a mesma temperatura".**

A determinação usual da umidade absoluta é feita 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 (1998), relações essas que se apresentam graficamente através da carta psicrométrica.

Muitas vezes, em estudos de conforto é utilizada a noção de umidade relativa do ar, "e", adimensional, ao invés de umidade absoluta, a qual pode ser definida como a quantidade de vapor de água contida em um volume de ar úmido, com relação ao valor máximo de vapor de água que poderia estar contido nesse volume de ar, a uma dada temperatura. É dada pela razão entre a pressão parcial do vapor de água no ar úmido, p_a, e a pressão de saturação do vapor de água, p_{as}, à mesma temperatura e à mesma pressão atmosférica. Pode ser determinada pela equação abaixo:

$$e = P_a/P_{as}$$ .....Equação 04

Essa umidade relativa também pode ser expressa em percentagem, UR, sendo sua determinação expressa conforme equação abaixo:

$$UR = 100 \, . \, e$$.....Equação 05

A primeira variável pessoal é o metabolismo, um processo de produção de energia no corpo através do consumo de combustíveis orgânicos. Desse processo, 80% da energia produzida é transformada em calor que deve ser dissipado para que o organismo se mantenha em equilíbrio. Quando o ambiente apresenta condições

térmicas inadequadas, o sistema termo-regulador é ativado, reduzindo ou aumentando as perdas de calor pelo organismo através de alguns mecanismos de controle, como reação ao frio e ao calor. Quando o organismo, sem recorrer a nenhum mecanismo de termo-regulação, perde para o ambiente o calor produzido pelo metabolismo compatível com a atividade realizada, experimenta-se a sensação de conforto térmico.

A outra variável pessoal é a vestimenta, que representa um obstáculo para as trocas de calor por convecção. Ela representa um isolante térmico formando uma camada de ar próxima ao corpo mais ou menos aquecida conforme seu ajuste ao corpo e a porção que protege. A vestimenta reduz também a sensibilidade do corpo às variações de temperatura e de velocidade do ar.

Além do conforto térmico, o conforto lumínico é também uma condicionante essencial para o desempenho satisfatório de uma atividade, pois está relacionado à percepção visual dos objetos. Estudos e normas definem o nível mínimo de iluminamento para o melhor desempenho das tarefas, relacionadas às condições de trabalho. Assim, hospitais, salas de cirurgia, uma casa ou outro ambiente devem ter níveis de iluminamento diferenciados adequados a cada atividade.

Conforto visual, segundo LAMBERTS et al. (1997), é entendido como a existência de um conjunto de condições, num determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade (medida da habilidade do olho humano em discernir detalhes) e precisão visual. Na sociedade moderna as pessoas passam a maior parte do tempo em ambientes iluminados, parcialmente por aberturas, mas predominantemente iluminado artificialmente (ex: nas estradas, à noite, estamos totalmente dependentes dos faróis dos veículos e das luminárias das ruas para nossa segurança). Desta forma, a maior parte dos ambientes que vemos, seja de trabalho ou não, é iluminado artificialmente.

Boa iluminação aumenta a produtividade, gera um ambiente mais prazeroso e pode também salvar vidas. Portanto, garantir a iluminação adequada é uma das principais responsabilidades não só dos projetistas, mas também de administradores e autoridades.

A luz, ou radiação visível é a energia em forma de ondas eletromagnéticas capazes de excitar o sistema humano olho-cérebro, produzindo diretamente uma

sensação visual. Ao contrário do som ou vibração, que são vibrações mecânicas, ondas eletromagnéticas não necessitam do meio para sua transmissão. Elas passam através de sólidos, líquidos ou gases, mas se propagam mais eficientemente no vácuo, onde não há nada para absorver a energia. (LAMBERTS et al., 1997).

De acordo com BARBOSA (1997), apenas uma pequena parte desta energia radiante é percebida pelo olho humano; a esta faixa chamamos de luz. Esta radiação visível situa-se no espectro entre 0,38 a 0,78μ (10^{-6} m). O sistema olho-cérebro não somente percebe a radiação dentro desta faixa, mas também é capaz de descriminar diferentes comprimentos de onda para produzir a sensação de cor.

Chamamos de Iluminância quando a luz emitida por uma fonte atinge uma superfície, esta superfície será iluminada. Assim, iluminância, é a medida da quantidade de luz incidente numa superfície por unidade de área. Sua unidade é lúmen/m^2 ou lux (lx).

A classificação básica da iluminação se dá em três níveis: baixa, 100 a 200lux para circulação, reconhecimento facial, leitura casual e refeição; média, 300 a 500lux para leitura e escrita de documentos com alto contraste, conferências; e alta, 500 a 1000lux para leitura e escrita de documentos em baixo contraste e letras pequenas e desenho técnico.

A iluminação pode também ter seus efeitos nocivos, que não se relacionam apenas aos aspectos quantitativos (nível mínimo de lux por atividade), mas também aos aspectos qualitativos. Os efeitos qualitativos negativos que interferem no conforto visual são:

a) Velamento: criado por luz intensa difusa no ambiente reduzindo o contraste de luz e sombra na imagem gera a sensação de insegurança, especialmente em pacientes;

b) Ofuscamento: causado por intensa luz direta que incide sobre os olhos do usuário;

c) Deslumbramento: causado pela luz que penetra diretamente na pupila formando focos de escuridão como quando se olha para a luz intensa;

d) Iluminamento uniforme prolongado: a manutenção de um ambiente constantemente homogeneamente iluminado traz prejuízos ao mecanismo fisiológico

do ser humano. Pessoas que passam muito tempo em ambientes pouco ou muito iluminados podem ter seu ciclo biorrítmico completamente alterado.

2.5. IMPACTOS NO AMBIENTE E NA EDIFICAÇÃO

Segundo GOULART (1993), os elementos climáticos podem influenciar na definição e implantação de determinadas áreas, como áreas de recreação, parques industriais e a determinação de indústrias a serem implantadas. Conhecendo o clima da região, pode-se evitar ou minimizar os riscos ambientais, e ainda, através de tratamento paisagístico adequado pode-se acentuar as características climáticas desejáveis ou amenizar as indesejáveis.

A interação dos elementos climáticos na área urbana pode afetar sobremaneira o meio ambiente, tanto que existe uma área de estudo criada para observar seus efeitos e problemas chamada Climatologia Urbana.

Nessa área avalia-se primeiramente a influência do clima no local exato do assentamento e na distribuição adequada deste, afinal climas e relevos distintos exigem soluções distintas. Em áreas mais áridas são preferidos modelos mais densos, já em regiões úmidas é preferível uma solução mais aberta para facilitar a ventilação.

A má distribuição de zonas urbanas nas cidades pode ocasionar problemas no clima local, como a locação errônea de parques industriais, rotas de tráfego ou centros comerciais, gerando o que conhecemos como “ilhas de calor”. Um simples entendimento da ventilação das cidades poderia solucionar tais problemas com a correta localização dos eixos das avenidas principais, proporcionando uma ventilação mais livre.

De acordo com LOMBARDO (1985), as ilhas de calor correspondem a uma área na qual a temperatura da superfície é mais elevada que as áreas circunvizinhas, o que propicia o surgimento de uma circulação local. É um fenômeno que se constitui parte do estudo do clima urbano e reflete a interferência do homem na dinâmica dos sistemas ambientais. Os edifícios desempenham papel significativo na caracterização da ilha de calor. De manhã, as paredes dos edifícios expostas diretamente ao sol apresentam temperaturas mais elevadas que a dos telhados e as das áreas no entorno.

O calor acha-se concentrado entre as paredes das ruas mais estreitas. Ao meio dia, os telhados e as áreas estão bem aquecidos, ao passo que as paredes não expostas apresentam temperaturas menos elevadas. Durante a noite, as edificações liberam a energia acumulada durante o dia, funcionando como bolsas de água quente, irradiando energia em várias direções.

A ilha de calor pode proporcionar um clima de deserto artificial, em dias extremamente quentes e secos, causando grande desconforto térmico. No verão, em áreas próximas a corpos d'água, com altos valores de pressão, a sensação de um ar aquecido e úmido é desconfortável.

Em Cuiabá, Mato-Grosso, MAITELLI (1994) aponta para o fato de que o acréscimo das temperaturas provavelmente encontra-se relacionado ao armazenamento de calor nos atributos do ambiente urbano durante o dia e liberado para o ar no período noturno. Dessa forma, o ar torna-se mais aquecido pelo contato com essas superfícies, provocando um acréscimo nas temperaturas mínimas, observados em geral no período noturno. Por outro lado, os desmatamentos, deixando muitas vezes o solo nu ou com vegetação rala, também exercem influência no maior armazenamento e liberação de calor.

Fontes de água e pequenos lagos artificiais, que aumentam a evaporação, bem como colunas de árvores e espaços abertos também podem ser utilizados para a redução da temperatura. Fazendo-se uso destes recursos e de outros se consegue melhorias significativas no clima local, (LOMBARDO, 1985).

Na edificação em si a preocupação com os elementos climáticos é de suma importância; a escolha do tipo de materiais, orientação, aberturas e desenho em planta pode ser definitiva em termos de desempenho térmico e lumínico. A correta locação de aberturas, por exemplo, pode melhorar muito a ventilação cruzada. As paredes e o telhado também devem ser cuidadosamente estudados, o uso de isolamento ou proteção nas paredes, a inclinação, orientação ou utilização de ático no telhado pode ser crucial em termos de redução das temperaturas internas.

Outro fator de grande relevância é o uso das cores, as cores das paredes externas ou coberturas podem aumentar ou reduzir a condução de calor para o interior. Cores claras, principalmente o branco, tem alta refletividade, diminuindo a

transmissão de calor. Quanto mais escura for a cor, maior o ganho de calor no ambiente interno.

São inúmeras as vantagens em se trabalhar com os dados climáticos do local, os ganhos em desempenho são garantidos, e isso ressalta ainda mais a importância da climatologia aplicada na construção civil.

2.6. A HABITAÇÃO SOCIAL NO BRASIL

O déficit habitacional brasileiro para o ano de 1995, segundo dados da Fundação João Pinheiro, era então da ordem de 5 milhões de unidades. Em razão de interesses políticos, dados anteriores apresentavam somas de 12 ou até mesmo 15 milhões de unidades, o que acarretava em um tratamento da questão habitacional como um problema insolúvel.

Segundo KRUGER (2002), uma das razões para tais discrepâncias diz respeito ao método adotado para determinar o déficit real de moradias. Em princípio, o déficit habitacional pode ser desmembrado em três formas: o déficit por habitação com ocupação acima de uma família (caso de várias famílias vivendo sob o mesmo teto ou de sublocação de cômodos); o déficit por habitação precária (moradias constituídas de materiais ordinários ou de sobras); e o déficit por habitação desprovida de infra-estrutura adequada.

Considerando que o terceiro caso está relacionado à provisão de infra-estrutura ao local da moradia, apenas os dois primeiros se referem à moradia em si. Em 1970, por exemplo, dos 8 milhões de habitações consideradas como déficit, 6,5 milhões eram de habitações consideradas “subnormais”, por falta de serviços urbanos, (TRINDADE apud BRUNA, 1983).

Além dos aspectos de custo, ou seja, de ordem econômica, quanto à construção de moradias para a população de baixa renda, devem ser considerados aspectos de ordem ambiental e social.

A humanização da arquitetura, definida como satisfação com o ambiente físico por KOWALTOWSKI et al. (1995) pode ser um dos caminhos para melhorar a situação da habitação social. A humanização definida por Kowaltowski tem como

base a utilização de elementos naturais e estéticos, principalmente sob formas tradicionais. A importância da arquitetura tradicional é reforçada por FATHY (1986) quando cita que a sobrevivência de sociedades tradicionais por milhares de anos indica que estas possuem conhecimentos que podem ser de grande valor, sejam em suas formas originais ou como base para o desenvolvimento de novas técnicas construtivas.

A respeito dos aspectos ambientais no desenvolvimento de um sistema construtivo, deve-se observar que o ato de construir constitui basicamente uma intervenção no meio ambiente, na qual não apenas o local onde se constrói é modificado, como também um grande número de recursos naturais é despendido para este fim. Torna-se assim necessário que os danos ao meio ambiente sejam, à medida do possível, minimizados. Tal necessidade se refere não apenas ao bem-estar das sociedades atuais, (KRUGER, 2002).

No atendimento, tanto aos aspectos ambientais quanto aos aspectos socioeconômicos do planejamento e execução de moradias, deve-se dar prioridade à procura por métodos racionais de se chegar ao produto final, ou seja, à habitação propriamente dita, (KRUGER, 2002).

Acentuam-se também os problemas de difícil administração decorrentes do alto índice brasileiro de urbanização – que já em 1998 aproximava-se de 75%, – sem que haja recursos para investimentos essenciais. As profundas variações regionais em relação à urbanização devem-se à forma como se deu a divisão inter-regional do trabalho: a região mais urbanizada em 1980 era a Sudeste com 82,79%, enquanto a Região Nordeste tinha o menor índice: 50,44%, (SANTOS, 1998).

De acordo com IANNI (1997), as grandes cidades são permeadas de “diversidades, desigualdades, heterogeneidades, tensões, contradições”. Os processos inerentes ao desenvolvimento do capitalismo no mundo, como a tecnologia de grande escala, fortalecem a divisão social do trabalho e as desigualdades e provocam o crescimento da tensão entre “localidade e globalidade”.

Um dos problemas que mais afetam a sensação de bem estar no interior dessas habitações é o arejamento interno das mesmas, conseqüência imediata de uma ventilação correta ou não. O estudo da ventilação natural pode aperfeiçoar as técnicas construtivas empregadas, diminuir os impactos ambientais ou minimizar o consumo

energético utilizado para refrigeração do ambiente. A partir de metodologias existentes é possível avaliar a eficácia relativa da ventilação natural em habitações de interesse social (KOWALTOWSKI et al., 2003).

Segundo DUMKE (2002), as percepções sobre a riqueza cultural da sociedade urbana local de Ianni e de Santos contrastam com a política habitacional brasileira onde os programas para Habitação de Interesse Social são implantados de forma padronizada em todo o território nacional, sem haver uma preocupação com especificidades regionais, acarretando problemas inerentes à tecnologia de grande escala como: a desatenção a culturas locais, impactos ambientais, dependência tecnológica e o aumento de desequilíbrios sócio-econômicos.

Para o problema da Habitação Social no Brasil KRUGER (2002) afirma que podemos formular alguns caminhos para o desenvolvimento de uma política habitacional consistente:

a) Introdução de formas brandas de industrialização, do tipo pré-fabricação de ciclo aberto, com ênfase na racionalização da construção;
b) Iniciativas que promovam a participação dos futuros moradores no projeto e na execução de suas moradias;
c) Adequação da edificação às especificidades regionais de onde se pretende construir.

A revisão bibliográfica aqui finalizada buscou apresentar os principais estudos e pesquisas na área de conforto ambiental, juntamente com a discussão do problema da habitação social no Brasil, o rigor do clima da cidade de Cuiabá, a relevância dada ao conforto habitacional hoje, o incremento do estudo de conforto térmico ao longo do tempo e alguns princípios básicos desse tema.

O trabalho procurou abordar as considerações de diversos autores sobre a importância dos estudos de conforto térmico e sob quais os mesmos se verificam. Este estudo bibliográfico referenciou as linhas mais recentes de pesquisa sobre o assunto, sempre considerando as normas existentes para desempenho térmico.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. MATERIAIS

O presente trabalho reuniu dados para obter índices de conforto térmico e lumínico em duas habitações de padrão popular pertencentes ao programa de habitação popular “Moradia para Todos”, realizado pelo governo estadual de Mato-Grosso através do SINFRA (Secretaria de Infra-Estrutura); segundo os critérios estabelecidos pela ISO 7730 (1994).

As pesquisas foram realizadas no pavilhão da Associação de Criadores de Mato-Grosso (ACRIMAT) em Cuiabá, onde estão localizados os protótipos em proporção real analisados.

Foram coletados dados em duas habitações, a chamada CASA 01, apresentada na Figura 04, de fechamentos verticais e forro em madeira e cobertura de telhas de zinco, e a aqui denominada CASA 02 na Figura 05, possuindo fechamentos verticais em alvenaria, sem forro e cobertura em telha cerâmica. Ambas as edificações são protótipos em tamanho real e com todas as características de uma construção padrão, porém sem usuários, sendo utilizadas somente como modelos do programa habitacional governamental.

A escolha deste ambiente baseou-se na experiência sensitiva obtida no interior destas habitações, onde foi percebido o baixo desempenho térmico da edificação. Observou-se que as residências foram projetadas sem considerar o clima e a relação com o bem-estar dos futuros usuários. A existência de duas unidades de diferentes materiais e sistemas construtivos reunidos num mesmo local e respondendo ao mesmo clima, possibilitou uma avaliação simultânea de moradias, sob o enfoque do desempenho térmico e lumínico.

Para a análise do desempenho térmico e monitoração dos índices a serem coletados, foram escolhidos alguns pontos por residência em virtude da disponibilidade dos equipamentos a serem utilizados nas medições. Como critério, foi dada a preferência para os ambientes mais freqüentados pelos moradores, supondo serem os mais confortáveis.

Outro critério foi de evitar a exposição direta dos equipamentos à radiação solar e lugares que pudessem representar de forma significante a temperatura do ambiente.



FIGURA 04 – CASA 01, protótipo de habitação popular em madeira e telhas de zinco



FIGURA 05 – CASA 02, protótipo de habitação popular em alvenaria e telhas cerâmicas

i. Equipamentos Utilizados

3.1.1.1. Termômetro de globo digital

A aquisição dos dados Temperatura de Bulbo Seco, Temperatura de Bulbo Úmido e Temperatura Radiante foi possível através do equipamento Termômetro de Globo Digital modelo TGD-100, COD. 02043, da marca INSTRUTHERM, Figura 06. O globo é constituído de uma esfera de cobre com diâmetro de 6" (152,4mm), com haste central, o bulbo úmido é composto de uma haste com copo de 100ml e cordão de pano, o bulbo seco possui uma haste para temperatura ambiente. As hastes tem diâmetro de 4mm x 150mm de comprimento e são construídas em Pt-100 classe A, o aparelho possui temperatura de operação de 0 a 100 ºC.



FIGURA 06 – Termômetro de Globo Digital da marca Instrutherm

3.1.1.2. Anemômetro de fio quente

Este aparelho da marca DANTEC apresentado na Figura 07, mede a velocidade do vento em metros por segundo (m/s) na direção da medição, ele mede a velocidade e a temperatura instantânea, ou faz a média em 30, 60, 120 ou 240 segundos, possui variação de 0,01 m/s a 4,00 m/s.

Para as medições foi utilizada a média em 30 segundos para obtenção dos dados no interior e exterior das casas.



FIGURA 07 – Anemômetro de fio quente

3.1.1.3. Radiômetro infravermelho com mira laser digital portátil

Aparelho que possibilita a coleta das temperaturas radiantes de determinadas superfícies possui display de cristal líquido com iluminação, escala de -25° a 1200°C / -13° a 2192°F, precisão de ± 1%, modelo TI-800, COD. 04062, marca INSTRUTHERM, Figura 08. Através desse equipamento foram medidas as temperaturas radiantes internas e externas das paredes, forro e piso.



FIGURA 08 - Radiômetro infravermelho com mira laser digital portátil

3.1.1.4. Luxímetro digital portátil

Este aparelho modelo LD-220, COD. 03961, da marca INSTRUTHERM segundo a Figura 09, permite medir em lux o nível de iluminância dos ambientes. Ele foi utilizado tanto para medições internas como externas. Possui display duplo de cristal líquido (LCD) de 4 dígitos, escala automática de 0.01 a 999900 Lux em 5 faixas e 0.001 a 99990 FC em 5 faixas e precisão de ± 3% da leitura ± 5 dígitos.

Lux: unidade internacional (SI) de medida que equivale a 1 lúmen por metro quadrado. De maneira aproximada equivalente a dividir a esfera utilizada na definição de lúmen em 12,6 pedaços iguais, estas fatias teriam o aspecto de cones, porém com sua base no formato da superfície que tem um quadrado desenhado sobre uma bola de futebol. Quanto maior o diâmetro desta esfera, maior também a superfície dessa base. Aumentando-se o diâmetro da esfera, quando a base atinge 1 metro quadrado, tem-se a intensidade luminosa correspondente a 1 lux.

Footcandle (FC): unidade antiga de medida de intensidade de luz, equivalente a 10,76 lux. De maneira aproximada pode-se considerar 10 lux = 1 FC. A forma de cálculo com a esfera utilizada na definição de lúmen é a mesma, porém utilizando aqui pé quadrado ao invés de metro quadrado (1 pé = 30,48 cm, daí a equivalência 10,76 mencionada acima).



FIGURA 09 - Luxímetro digital portátil

7.1. MÉTODOS

A avaliação nas condições de conforto térmico em usuários das duas habitações considerando que se realizam atividades sedentárias foi elaborada em duas etapas:

a) A primeira etapa a ser realizada foi a pesquisa de campo. Esta corresponde a medições das variáveis ambientais através dos equipamentos especificados. Para tanto, foram adotados critérios de medição da norma ISO DIS 7726 (1998) “Thermal environments – Instruments and methods for measuring physical quantities”, que especifica as características mínimas de equipamentos para medição das quantidades termo-físicas que caracterizam um ambiente e os métodos para medir estas quantidades;
b) Na segunda etapa foram determinados os índices de conforto e o tratamento estatístico dos dados obtidos. Os índices de conforto foram determinados segundo a ISO 7730 (1994) “Moderate thermal environments – determination of the PMV and PPD indices and especification of the conditions for themal comfort”, baseados em estudos de FANGER (1970).

3.2.1. Pesquisa de Campo

Segundo FANGER (1970) que trata das bases fisiológicas de conforto térmico, os dados sobre conforto de determinada população podem ser obtidos analiticamente através de parâmetros ambientais e pessoais. As variáveis ambientais atuam no mecanismo de troca de calor entre o corpo e o meio ambiente, que pode ser através de convecção, radiação, evaporação ou por condução. As variáveis fisiológicas e psicológicas dependem individualmente de cada pessoa e participam no processo de geração de calor pelo organismo oferecendo resistência à troca desse calor com o meio.

Assim temos os parâmetros ambientais que foram analisados pelo presente trabalho:

a) Temperatura do ar;
b) Temperatura radiante média do ambiente;
c) Velocidade relativa do ar;
d) Umidade relativa do ar ou pressão parcial do vapor de água no ar ambiente.

e) Iluminância do ambiente;

f) Radiação emitida pelos fechamentos;

A norma ISO 7726 (1998) determina precisões das medições, e o tempo de resposta dos sensores para cada tipo de parâmetro físico básico e derivado. Também são determinadas posições nas quais devem ser executadas as medições bem como os coeficientes de ponderação a serem usados para determinação do valor médio, de acordo com o tipo do ambiente considerado e a classe das especificações da medição, ver tabela 01. Quando não há possibilidades de interromper as atividades que estão sendo executadas, a fim de situar os sensores em posições exatas segundo a norma, estes deverão ser dispostos onde trocas térmicas sejam mais ou menos semelhantes às que a pessoa está sujeita.

TABELA 01 - Posições de medições para variáveis físicas de um ambiente.
FONTE: International Standard ISO 7726 (1996).

Posição do sensor	**Coeficientes Ponderados para os cálculos das variáveis**				**Alturas Recomendadas**	
	Ambientes Homogêneos		***Ambientes Heterogêneos***		***Sentado***	***Em pé***
Nível da cabeça			1	1	1,1m	1,7m
Nível do abdômen	1	1	1	2	0,6m	1,1m
Nível do tornozelo			1	1	0,1m	0,1m

Seguindo os preceitos da ISO DIS 7726 (1998) o ambiente foi classificado com homogêneo e estacionário. O ambiente é homogêneo quando em um dado momento à temperatura do ar, a radiação, a velocidade do ar e a umidade possam ser consideradas uniformes no espaço ao redor do indivíduo. Os desvios espaciais dessas variáveis com relação à sua média devem ser inferiores aos valores das precisões dos equipamentos de medição multiplicados por um fator especificado na norma. O ambiente estacionário é aquele que as variáveis físicas usadas para descrever o nível de exposição ao calor para a pessoa seja praticamente independente do tempo. Os desvios temporais dessas variáveis físicas com relação à sua média devem ser inferiores aos valores das precisões dos equipamentos de medição, multiplicados por um fator especificado na norma.

Tendo em vista essas especificações foi definida a altura para coleta de dados a partir do termômetro de globo digital como sendo de 1,10m usando como apoio um banco que possibilitou essa aferição como mostra a Figura 10. Para a medição das demais variáveis foi considerada também a altura ao nível do abdômen, porém, não sendo necessários equipamentos de apoio, visto que os demais aparelhos são todos portáteis.



FIGURA 10 – Banco utilizado para a obtenção da altura necessária para medição

Foram também estabelecidos pontos nos fechamentos verticais, piso, forro e ainda os pontos externos onde foram realizadas as medições de radiação emitida de acordo com as Figuras 11 e 12.

Para a medição da iluminância foi considerada a norma da ABNT - CB 02/ 136.01 (2004), onde prediz a realização de medições no plano horizontal, a 0,75m acima do nível do piso, com o emprego de luxímetro portátil, erro máximo de 5% do valor medido, nos períodos da manhã e da tarde. Foi escolhido o ponto interno idêntico ao do termômetro de globo no interior da casa, e externamente um ponto a três metros em frente à casa, podendo assim comparar-se e obter-se o “fator de luz do dia”.

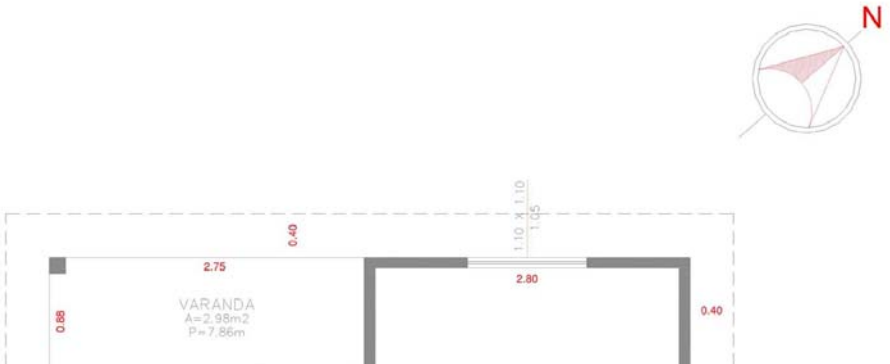


FIGURA 11 – Paredes de madeira com Telha de zinco, Pontos de medição em planta CASA 01 (P1, P2, P3 E P4)

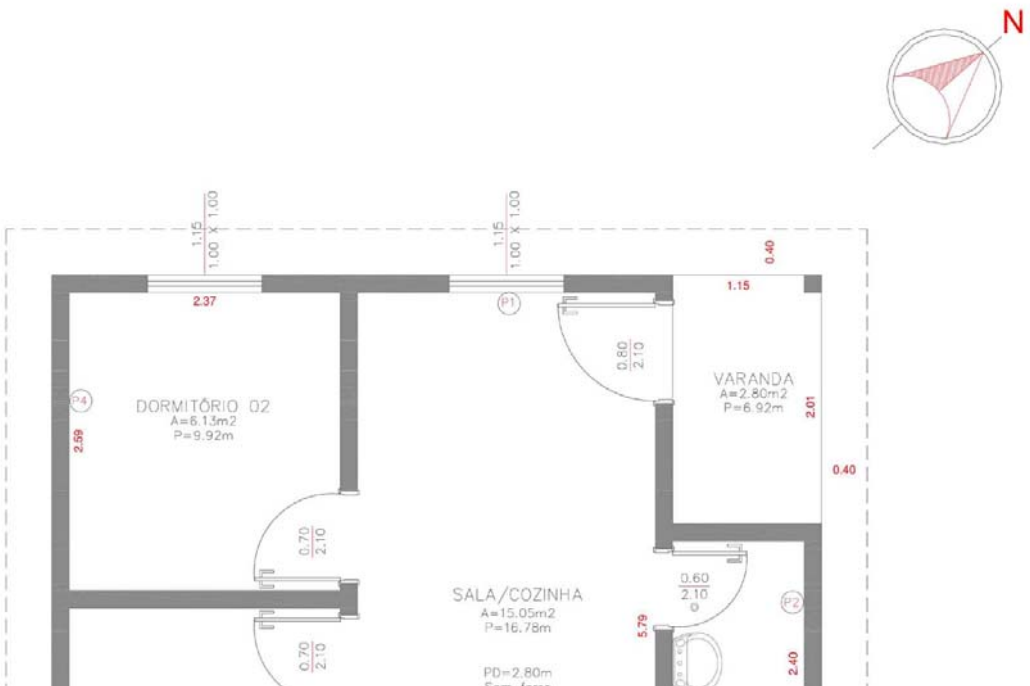


FIGURA 12 – Paredes de alvenaria com telhas de barro, Pontos de medição em planta CASA 02 (P1, P2, P3 E P4)

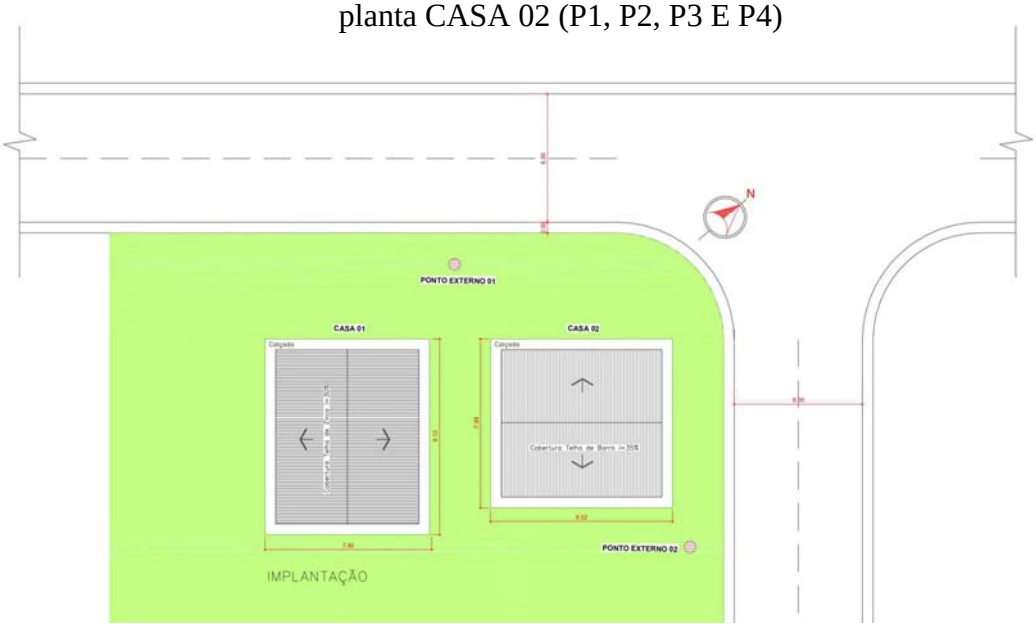


FIGURA 13 – Implantação das casas no terreno e pontos externos de radiação do solo

Foram definidos quatro períodos de coleta de dados de acordo com as quatro estações do ano e ciclos de escassez e abundância de chuvas. Dentro de cada período foram efetivados 20 dias corridos de medição com início às 08h00min horas da manhã e término às 18h00min horas da tarde. As medições foram realizadas de hora em hora manualmente. Dada a impossibilidade de obtenção de aparelhos de medição

mais apropriados, de medição automática (Data Loggers), não foi possível estender as medições para o período noturno. Sendo assim foram manualmente coletados dados de 200 horas para cada estação do ano para cada habitação estudada.

A primeira estação do ano a ser trabalhada foi o verão, em dezembro de 2004, pico de chuvas conforme a Figura 14, onde é representada a análise de um ano em Cuiabá, posteriormente foram feitas as medições de outono, em maio de 2005, já com o índice de precipitação menor, depois em julho do mesmo ano, época de escassez de chuvas, o inverno, e por último, em outubro de 2005, a primavera, período de aumento da precipitação.

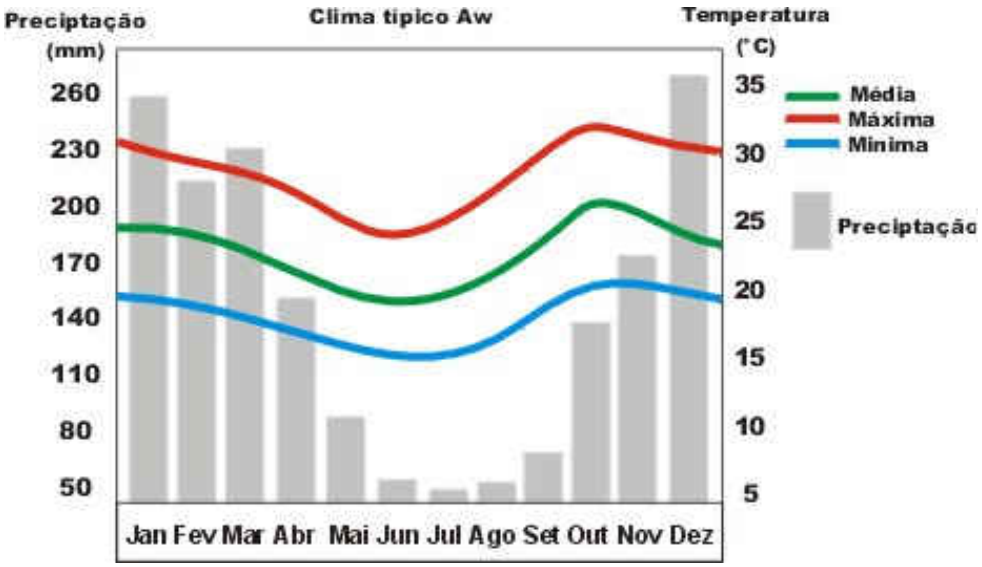


FIGURA 14 – Precipitação e temperaturas típicas do clima Aw segundo Köppen

FONTE: EMBRAPA Pantanal

Os tipos de dados coletados em cada unidade habitacional estudada foram:

a) **Dados coletados uma única vez**:

1. *as dimensões reais*: dos espaços, dos fechamentos e das aberturas;

2. *os detalhes construtivos*: materiais, cores e tipos de acabamentos.

b) **Dados coletados com base horária**:

- *Medidos com equipamentos*:

a) Temperatura de bulbo seco;

b) Temperatura de bulbo úmido;

c) Temperatura radiante média (T.R.M.);

d) Velocidade de ventos (velocidade interna e externa (m/s));

e) Iluminância interna e externa (lux);

f) Temperatura irradiada pelos fechamentos interna e externamente nos mesmos pontos, em quatro pontos para cada habitação;

3.2.3. Estatística das variáveis climáticas

Inicialmente, foi realizada a análise estatística descritiva para o total de dados do período para cada uma das variáveis mencionadas. Numa segunda etapa, o comportamento mensal dos dados foi analisado.

A descrição estatística aqui apresentada tem o objetivo de transformar os dados climáticos para Cuiabá em informações de fácil leitura e interpretação. Pretende também dar subsídios para estudos subseqüentes. Essas estatísticas foram realizadas de acordo com os procedimentos ditados por GOULART (1993).

Para análise foram realizadas as seguintes variáveis estatísticas com o auxílio do programa da Microsoft Office, Excel.

a) N = número de observações;

b) Mín. = valor mínimo;

c) Máx. = valor máximo;

d) Média = média aritmética;

e) Desvio Padrão = grau ao qual os dados tendem a dispersar-se em torno de um valor médio;

f) Variância = quadrado do desvio padrão;

g) Coeficiente de Variação = fornece a dispersão dos dados em relação à média, em valor percentual;

h) Assimetria = grau de desvio, ou afastamento da simetria. Se o valor do coeficiente de assimetria é significantemente positivo, a distribuição é assimétrica à direita e se é significantemente negativo, ela é assimétrica à esquerda. Para a distribuição normal, o coef iciente é igual a zero;

i) Curtose = grau de achatamento de uma distribuição. A medida de curtose para dados normalmente distribuídos é igual a zero. Valores positivos caracterizam uma distribuição acentuada no meio e valores negativos, uma distribuição achatada no meio;

j) Moda = valor que ocorre com maior freqüência;

k) Valores Extremos = os cinco valores maiores e os cinco valores menores;

3.2.3.1. Temperatura de Bulbo Seco

A seguir são apresentadas as tabelas com os dados estatísticos explicitados no item anterior para cada período analisado, para cada habitação estudada.

TABELA 02 – Estatísticas CASA 01 – Temp. Bulbo Seco (Dezembro/2004 – Verão)

CASA 01 – Verão (Dezembro/04)	*Termômetro de Globo*
Estatísticas	*Bulbo Seco*
N (horas)	220
Média (ºC)	32,77
Moda (ºC)	34,80
Desvio padrão	3,09
Coeficiente de Variação (%)	9,44
Variância da amostra	9,58
Curtose	-0,71
Assimetria	-0,36
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	25,70
	25,90
	26,00
	26,10
	26,10
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	38,80
	38,20
	37,80
	37,70
	37,70
Mínimo (ºC)	25,70

TABELA 03 – Estatísticas CASA 02 – Temp. Bulbo Seco (Dezembro/2004 – Verão)

CASA 02 - Verão (Dezembro/04)	*Termômetro de Globo*
Estatísticas	*Bulbo Seco*
N (horas)	220
Média (ºC)	26,58
Moda (ºC)	27,2
Desvio padrão	1,28
Coeficiente de Variação (%)	4,82
Variância da amostra	1,64
Curtose	0,85
Assimetria	-0,53
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	25,70
	25,90
	26,00
	26,10

	26,10
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	38,80
	38,20
	37,80
	37,70
	37,70
Mínimo (ºC)	21,1
Máximo (ºC)	29,7

TABELA 04 – Estatísticas CASA 01 – Temp. Bulbo Seco (Maio/2005 – Outono)

CASA 01 – (Maio/2005 – Outono)	*Termômetro de Globo*
Estatísticas	*Bulbo Seco*
N (horas)	220
Média (ºC)	32,02
Moda (ºC)	33,50
Desvio padrão	3,08
Coeficiente de Variação (%)	9,61
Variância da amostra	9,47
Curtose	0,47
Assimetria	-1,05
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	21,50
	22,80
	23,60
	23,90
	24,10
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	36,20
	36,00
	35,90
	35,80
	35,60

TABELA 05 – Estatísticas CASA 02 – Temp. Bulbo Úmido (Maio/2005 – Outono)

CASA 02 – (Maio/2005 – Outono)	*Termômetro de Globo*
Estatísticas	*Bulbo Úmido*
N (horas)	220
Média (ºC)	24,99
Moda (ºC)	24,90
Desvio padrão	1,39
Coeficiente de Variação (%)	5,56
Variância da amostra	1,93
Curtose	4,82
Assimetria	0,43
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	21,00
	21,20
	21,80
	22,00
	22,30

Valores extremos (ºC) - Mais Altos	30,9
	27,5
	27,3
	27,2
	27,1
Mínimo (ºC)	21,00
Máximo (ºC)	30,90

TABELA 06 – Estatísticas CASA 01 – Temp. Bulbo Úmido (Julho/2005 – Inverno)

CASA 01 – (Julho/2005 – Inverno)	*Termômetro de Globo*
Estatísticas	*Bulbo Seco*
N (horas)	220
Média (ºC)	30,22
Moda (ºC)	35,40
Desvio padrão	5,32
Coeficiente de Variação (%)	17,60
Variância da amostra	28,30
Curtose	-0,74
Assimetria	-0,66
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	16,80
	17,60
	18,10
	18,40
	18,50
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	37,20
	37,00
	36,70
	36,60
Máximo (ºC)	36,40

TABELA 07 – Estatísticas CASA 02 – Temp. Bulbo Seco (Julho/2005)

CASA 02 – (Julho/2005 – Inverno)	*Termômetro de Globo*
Estatísticas	*Bulbo Seco*
N (horas)	211
Média (ºC)	30,46
Moda (ºC)	35,30
Desvio padrão	5,00
Coeficiente de Variação (%)	16,41
Variância da amostra	24,98
Curtose	-0,81
Assimetria	-0,63
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	17,20
	18,60
	18,90
	20,00
	20,20
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	37,10

	36,60
	36,30
	36,20
	36,10
Mínimo (ºC)	17,20
Máximo (ºC)	37,10

TABELA 08 – Estatísticas CASA 01 – Temp. Bulbo Seco (Outubro/2005 – Primavera)

CASA 01 – (Outubro/2005 – Primavera)	*Termômetro de Globo*
Estatísticas	*Bulbo Seco*
N (horas)	217
Média (ºC)	32,11
Moda (ºC)	32,00
Desvio padrão	3,90
Coeficiente de Variação (%)	12,15
Variância da amostra	15,23
Curtose	-0,12
Assimetria	-0,43
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	20,40
	20,90
	22,65
	22,80
	23,20
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	38,70
	38,50
	38,40
	38,30
	38,20

TABELA 09 – Estatísticas CASA 02 – Temp. Bulbo Seco (Outubro/2005 – Primavera).

CASA 02 – (Outubro/2005 – Primavera)	*Termômetro de Globo*
Estatísticas	*Bulbo Seco*
N (horas)	218
Média (ºC)	32,00
Moda (ºC)	29,30
Desvio padrão	3,87
Coeficiente de Variação (%)	12,09
Variância da amostra	14,95
Curtose	-0,43
Assimetria	-0,30
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	21,20
	21,80
	22,00
	22,80
	23,10
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	38,70
	38,50

	38,40
	38,30
	38,10
Mínimo (ºC)	21,20
Máximo (ºC)	38,70

Analisando a tabela 2 referente à CASA 01, observa-se que o mês de dezembro apresentou a temperatura média mais elevada, apresentando também o maior valor de temperatura máxima. O coeficiente de variação, variância e desvio padrão das estações verão e outono apresentaram os menores valores de todos os meses, ou seja, os valores de temperatura de bulbo seco mantiveram-se mais próximos à média. Já o mês de julho, inverno, apresentou os maiores valores para desvio padrão, variância e coeficiente de variação, isto demonstrou um comportamento mais disperso em relação à média.

O menor valor para a média mensal de temperatura foi apresentado pelo mês de julho, e o valor de temperatura mínima neste mês foi também inferior a dos demais meses. O mês de julho caracterizou-se pela maior variação térmica do ano (máx - mín), pois apresentou o menor valor de temperatura mínima (16,8°C), e um valor bastante elevado de temperatura máxima (36,4°C), chegando próximo aos valores máximos do mês de outono.

O mês de maio possui o menor coeficiente de assimetria, ou seja, foi o mês que apresentou os valores melhor distribuídos em relação à média.

3.2.3.2. Temperatura de Bulbo Úmido

TABELA 10 – Estatísticas CASA 01 Bulbo Úmido (Dezembro/2004 – Verão)

CASA 01 – Verão (Dezembro/04) Estatísticas	*Termômetro de Globo Bulbo Úmido*
N (horas)	220
Média (ºC)	26,58
Moda (ºC)	27,20
Desvio padrão	1,28
Coeficiente de Variação (%)	4,82
Variância da amostra	1,64
Curtose	0,85
Assimetria	-0,53
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	21,1
	23,2
	23,4
	23,5

	24,1
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	29,7
	29,2
	29,1
	29,1
	28,9
Mínimo (ºC)	21,1
Máximo (ºC)	29,7

TABELA 11 – Estatísticas CASA 02 Bulbo Úmido (Dezembro/2004 – Verão)

CASA 02 – Verão (Dezembro/04) Estatísticas	*Termômetro de Globo Bulbo Úmido*
N (horas)	220
Média (ºC)	26,58
Moda (ºC)	27,20
Desvio padrão	1,28
Coeficiente de Variação (%)	4,82
Variância da amostra	1,64
Curtose	0,85
Assimetria	-0,53
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	21,1
	23,2
	23,4
	23,5
	24,1
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	29,7
	29,2
	29,1
	29,1
	28,9

TABELA 12 – Estatísticas CASA 01 Bulbo Úmido (Maio/2005 – Outono)

CASA 01 – (Maio/2005 – Outono) Estatísticas	*Termômetro de Globo Bulbo Úmido*
N (horas)	220
Média (ºC)	24,83
Moda (ºC)	24,60
Desvio padrão	1,31
Coeficiente de Variação (%)	5,29
Variância da amostra	1,73
Curtose	9,84
Assimetria	1,08
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	20,70
	20,80
	21,10
	21,60
	21,90
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	33,80
	27,40

	27,30
	27,20
	27,10
Mínimo (ºC)	20,70
Máximo (ºC)	33,80

TABELA 13 – Estatísticas CASA 02 Bulbo Úmido (Maio/2005 – Outono)

CASA 02 – (Maio/2005 – Outono)	*Termômetro de Globo*
Estatísticas	*Bulbo Úmido*
N (horas)	220
Média (ºC)	24,99
Moda (ºC)	24,90
Desvio padrão	1,39
Coeficiente de Variação (%)	5,56
Variância da amostra	1,93
Curtose	4,82
Assimetria	0,43
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	21,00
	21,20
	21,80
	22,00
	22,30
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	30,9
	27,5
	27,3
	27,2
	27,1

TABELA 14 – Estatísticas CASA 01 Bulbo Úmido (Julho/2005 – Inverno)

CASA 01 – (Julho/2005 – Inverno)	*Termômetro de Globo*
Estatísticas	*Bulbo Úmido*
N (horas)	220
Média (ºC)	20,90
Moda (ºC)	21,80
Desvio padrão	2,31
Coeficiente de Variação (%)	11,07
Variância da amostra	5,35
Curtose	0,77
Assimetria	-1,24
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	14,10
	14,20
	14,40
	14,80
	15,20
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	24,20
	23,90

	23,70
	23,60
	23,60
Mínimo (ºC)	14,10
Máximo (ºC)	23,60

TABELA 15 – Estatísticas CASA 02 Bulbo Úmido (Julho/2005 – Inverno)

CASA 02 – (Julho/2005 – Inverno)	*Termômetro de Globo*
Estatísticas	*Bulbo Úmido*
N (horas)	211
Média (ºC)	21,41
Moda (ºC)	22,00
Desvio padrão	2,26
Coeficiente de Variação (%)	10,54
Variância da amostra	5,10
Curtose	8,34
Assimetria	0,64
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	15,10
	15,50
	15,80
	15,90
	16,20
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	36,20
	25,00
	24,90
	24,80
	24,50
Mínimo (ºC)	15,10

TABELA 16 – Estatísticas CASA 01 Bulbo Úmido (Outubro/2005 – Primavera)

CASA 01 – (Outubro/2005 – Primavera)	*Termômetro de Globo*
Estatísticas	*Bulbo Úmido*
N (horas)	217
Média (ºC)	25,72
Moda (ºC)	27,00
Desvio padrão	1,62
Coeficiente de Variação (%)	6,28
Variância da amostra	2,61
Curtose	2,99
Assimetria	-0,87
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	19,10
	19,20
	19,70
	20,20
	21,90
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	31,30

	29,30
	28,50
	28,30
	28,20
Mínimo (ºC)	19,10
Máximo (ºC)	31,30

TABELA 17 – Estatísticas CASA 02 Bulbo Úmido (Outubro/2005 – Primavera)

CASA 02 – (Outubro/2005 – Primavera)	*Termômetro de Globo*
Estatísticas	*Bulbo Úmido*
N (horas)	218
Média (ºC)	25,77
Moda (ºC)	26,50
Desvio padrão	1,65
Coeficiente de Variação (%)	6,40
Variância da amostra	2,72
Curtose	1,28
Assimetria	-0,73
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	19,70
	20,00
	20,20
	20,50
	21,70
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	29,20
	28,90
	28,70
	28,50
	28,40
Mínimo (ºC)	19,70
Máximo (ºC)	29,20

2.2.3.3. Temperatura Radiante

TABELA 18 – Estatísticas CASA 01 Temp. Radiante (Dezembro/2004 – Verão)

CASA 01 – (Dezembro/2004 – Verão)	*Termômetro de Globo*
Estatísticas	*Temp. Radiante*
N (horas)	220
Média (ºC)	34,10
Moda (ºC)	37,4
Desvio padrão	3,07
Coeficiente de Variação (%)	9,00
Variância da amostra	9,42
Curtose	-0,31
Assimetria	-0,55
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	26,3
	26,4

	26,4
	26,6
	26,6
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	40,0
	39,9
	39,6
	38,8
	38,7
Mínimo (ºC)	26,3
Máximo (ºC)	40,0

TABELA 19 – Estatísticas CASA 02 Temp. Radiante (Dezembro/2004 – Verão)

CASA 01 – (Dezembro/2004 – Verão) Estatísticas	*Termômetro de Globo Temp. Radiante*
N (horas)	220
Média (ºC)	32,57
Moda (ºC)	34,2
Desvio padrão	3,19
Coeficiente de Variação (%)	9,80
Variância da amostra	10,19
Curtose	-0,28
Assimetria	-0,41
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	21
	24,8
	25,7
	25,8
	26
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	38,32
	38,1
	37,9
	37,8

TABELA 20 – Estatísticas CASA 01 Temp. Radiante (Maio/2005 - Outono)

Máximo (ºC)	38,32
CASA 01 – (Maio/2005 – Outono) Estatísticas	*Termômetro de Globo Temp. Radiante*
N (horas)	220
Média (ºC)	32,46
Moda (ºC)	34,20
Desvio padrão	2,96
Coeficiente de Variação (%)	9,12
Variância da amostra	8,76
Curtose	0,49
Assimetria	-1,05
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	22,00
	23,60
	24,30
	24,70

	25,40
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	36,60
	36,30
	36,20
	36,00
	35,90
Mínimo (ºC)	22,00
Máximo (ºC)	36,60

TABELA 21 – Estatísticas CASA 02 Temp. Radiante (Maio/2005 - Outono)

CASA 02 – (Maio/2005 – Outono)	*Termômetro de Globo*
Estatísticas	*Temp. Radiante*
N (horas)	220
Média (ºC)	32,64
Moda (ºC)	35,20
Desvio padrão	2,97
Coeficiente de Variação (%)	9,10
Variância da amostra	8,82
Curtose	0,19
Assimetria	-0,93
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	24,00
	24,20
	24,80
	24,90
	25,50
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	36,80
	36,40
	36,30
	36,20

TABELA 22 – Estatísticas CASA 01 Temp. Radiante (Julho/2005 – Inverno)

Máximo (ºC)	36,80

CASA 01 – (Julho/2005 – Inverno)	*Termômetro de Globo*
Estatísticas	*Temp. Radiante*
N (horas)	220
Média (ºC)	30,52
Moda (ºC)	34,70
Desvio padrão	5,14
Coeficiente de Variação (%)	16,83
Variância da amostra	26,38
Curtose	-0,76
Assimetria	-0,63
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	17,70
	18,80
	19,00
	19,50
	19,60

Valores extremos (ºC) - Mais Altos	37,70
	37,40
	37,10
	36,90
	36,70
Mínimo (ºC)	17,70
Máximo (ºC)	37,70

TABELA 23 – Estatísticas CASA 02 Temp. Radiante (Julho/2005 – Inverno)

CASA 02 – (Julho/2005 – Inverno)	*Termômetro de Globo*
Estatísticas	*Temp. Radiante*
N (horas)	220
Média (ºC)	30,88
Moda (ºC)	36,30
Desvio padrão	4,81
Coeficiente de Variação (%)	15,59
Variância da amostra	23,16
Curtose	-0,80
Assimetria	-0,58
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	18,00
	19,70
	20,10
	20,40
	21,00
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	37,80
	37,10
	37,00
	36,90
	36,70

TABELA 24 – Estatísticas CASA 01 Temp. Radiante (Outubro/2005 – Primavera)

CASA 01 – (Outubro/2005 – Primavera)	*Termômetro de Globo*
Estatísticas	*Temp. Radiante*
N (horas)	217
Média (ºC)	32,75
Moda (ºC)	37,70
Desvio padrão	4,09
Coeficiente de Variação (%)	12,48
Variância da amostra	16,71
Curtose	-0,21
Assimetria	-0,41
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	21,00
	21,60
	21,80
	22,00
	23,30
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	41,50

	39,90
	39,30
	39,20
	39,10
Mínimo (ºC)	21,00
Máximo (ºC)	41,50

TABELA 25 –Estatísticas CASA 02 Temp. Radiante (Outubro/2005 – Primavera)

CASA 02 – (Outubro/2005 – Primavera)	*Termômetro de Globo*
Estatísticas	*Temp. Radiante*
N (horas)	218
Média (ºC)	32,45
Moda (ºC)	29,70
Desvio padrão	3,83
Coeficiente de Variação (%)	11,81
Variância da amostra	14,68
Curtose	-0,43
Assimetria	-0,32
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	21,80
	22,50
	22,50
	23,30
	23,40
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	38,90
	38,80
	38,70
	38,60
	38,50
Mínimo (ºC)	21,80
Máximo (ºC)	38,50

3.2.3.4.Velocidade do Vento

TABELA 26 – Estatísticas CASA 01 Velocidade do Vento (Dezembro/2004 –Verão)

CASA 01 – (Dezembro/2004 - Verão)	*Anemômetro*	
Estatísticas	*Interno*	*Externo*
N (horas)	220	220
Média (m/s)	0,29	1,46
Moda (m/s)	0,3	1,75
Desvio padrão	0,18	0,73
Coeficiente de Variação (%)	64,39	49,78
Variância da amostra	0,03	0,53
Curtose	12,77	-0,07
Assimetria	3,04	0,55
Valores extremos (m/s) - Mais Baixos	0,08	0,15
	0,1	0,25

	0,11	0,33
	0,12	0,38
	0,13	0,41
Valores extremos (m/s) - Mais Altos	1,53	3,53
	1,12	3,43
	0,93	3,39
	0,88	3,32
	0,85	3,19
Mínimo (m/s)	0,08	0,15
Máximo (m/s)	1,53	3,53

TABELA 27 – Estatísticas CASA 02 Velocidade do Vento (Dezembro/2004 –Verão)

CASA 02 – (Dezembro/2004 - Verão)	*Anemômetro*	
Estatísticas	*Interno*	*Externo*
N (horas)	220	220
Média (m/s)	0,34	1,94
Moda (m/s)	0,25	1,15
Desvio padrão	0,16	7,39
Coeficiente de Variação (%)	47,42	381,72
Variância da amostra	0,03	54,67
Curtose	-0,18	194,50
Assimetria	0,53	13,89
Valores extremos (m/s) - Mais Baixos	0,06	0,1
	0,07	0,27
	0,08	0,3
	0,09	0,31
	0,1	0,34
Valores extremos (m/s) - Mais Altos	0,9	3,89
	0,75	3,55
	0,75	3,3
	0,75	3,15
	0,69	3,14

TABELA 28 – Estatísticas CASA 01 Velocidade do Vento (Maio/2005 - Outono)

CASA 01 – (Maio/2005 - Outono)	*Anemômetro*	
Estatísticas	*Interno*	*Externo*
N (horas)	220	220
Média (m/s)	0,29	1,26
Moda (m/s)	0,15	0,65
Desvio padrão	0,19	0,81
Coeficiente de Variação (%)	63,92	64,18
Variância da amostra	0,04	0,65
Curtose	5,43	-0,48
Assimetria	1,95	0,65
Valores extremos (m/s) - Mais Baixos	0,07	0,10
	0,11	0,17
	0,12	0,19
	0,13	0,20
	0,14	0,22

Valores extremos (m/s) - Mais Altos	1,29	3,45
	0,86	3,23
	0,80	3,06
	0,76	3,04
	0,75	2,85
Mínimo (m/s)	0,07	0,10
Máximo (m/s)	1,29	3,45

TABELA 29 – Estatísticas CASA 02 Velocidade do Vento (Maio/2005 - Outono)

CASA 02 – (Maio/2005 - Outono)	*Anemômetro*	
Estatísticas	*Interno*	*Externo*
N (horas)	220	220
Média (m/s)	0,27	1,20
Moda (m/s)	0,10	0,50
Desvio padrão	0,17	0,76
Coeficiente de Variação (%)	61,43	62,72
Variância da amostra	0,03	0,57
Curtose	-0,48	0,04
Assimetria	0,67	0,84
Valores extremos (m/s) - Mais Baixos	0,06	0,12
	0,07	0,21
	0,08	0,24
	0,09	0,30
	0,10	0,31
Valores extremos (m/s) - Mais Altos	0,79	3,55
	0,70	3,41
	0,63	3,02
	0,59	2,91
	0,58	2,85
Mínimo (m/s)	0,06	0,12
Máximo (m/s)	0,79	3,55

TABELA 30– Estatísticas CASA 01 Velocidade do Vento (Outubro/2005 - Primavera)

CASA 01 – (Outubro/2005 - Primavera)	*Anemômetro*	
Estatísticas	*Interno*	*Externo*
N (horas)	218	218
Média (m/s)	0,30	0,97
Moda (m/s)	0,00	0,30
Desvio padrão	0,43	0,92
Coeficiente de Variação (%)	145,54	94,61
Variância da amostra	0,18	0,85
Curtose	7,37	3,40
Assimetria	2,45	1,72
Valores extremos (m/s) - Mais Baixos	0	0
	0,1	0,1
	0,2	0,2
	0,3	0,3

	0,4	0,4
Valores extremos (m/s) - Mais Altos	2,5	4,70
	2,4	4,40
	2,10	4,10
	1,8	3,70
	1,7	3,60
Mínimo (m/s)	0	0,00
Máximo (m/s)	2,5	4,70

TABELA 31– Estatísticas CASA 02 Velocidade do Vento (Outubro/2005 - Primavera)

CASA 02 – (Outubro/2005 - Primavera)	*Anemômetro*	
Estatísticas	*Interno*	*Externo*
N (horas)	218	215
Média (m/s)	0,17	0,87
Moda (m/s)	0,00	0,30
Desvio padrão	0,29	0,90
Coeficiente de Variação (%)	172,34	102,80
Variância da amostra	0,09	0,81
Curtose	9,68	10,13
Assimetria	2,75	2,55
Valores extremos (m/s) - Mais Baixos	0	0
	0,1	0,1
	0,2	0,2
	0,3	0,3
	0,4	0,4
Valores extremos (m/s) - Mais Altos	2	6,30
	1,4	5,60
	1,30	4,50
	1,2	3,90
	1,1	3,30
Mínimo (m/s)	0	0,00
Máximo (m/s)	2	6,30

3.2.3.5.Temperatura Radiante Fechamentos Verticais (Paredes)

TABELA 32– Estatísticas CASA 01 Temperatura Radiante Paredes (Dezembro/2004 - Verão)

CASA 01 – (Dezembro/04 - Verão)	*Radiômetro*							
Estatísticas	P1	P2	P3	P4	P1ex	P2ex	P3ex	P4ex
N (horas)	220	220	220	220	220	220	220	220
Média (ºC)	35,89	34,03	33,45	33,68	38,10	35,76	33,90	33,94
Moda (ºC)	37	35	35	37	37	35	33	36
Desvio padrão	3,32	3,58	3,28	2,85	4,98	4,97	4,22	3,20
Coeficiente de Variação (%)	9,25	10,52	9,81	8,46	13,08	13,91	12,43	9,41
Variância da amostra	11,03	12,80	10,77	8,11	24,82	24,75	17,77	10,21
Curtose	0,70	-0,48	-0,74	-0,74	-0,26	0,10	-0,23	-0,66

Assimetria	-0,89	0,08	0,01	-0,35	-0,12	0,44	0,33	-0,36
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	26	27	27	27	25	26	26	27
	27	28	28	28	26	27	27	28
	28	29	29	29	27	28	28	29
	29	30	30	30	28	29	29	30
	30	31	31	31	29	30	30	31
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	42	43	42	38	48	51	46	40
	41	42	41	37	47	50	45	39
	40	41	40	36	46	48	43	38
	39	40	39	35	45	47	42	37
	38	39	38	34	44	46	41	36
Mínimo (ºC)	26	27	27	27	25	26	26	27
Máximo (ºC)	43	43	42	40	48	51	46	40

TABELA 33– Estatísticas CASA 02 Temperatura Radiante Paredes (Dezembro/2004 - Verão)

CASA 02 – (Dezembro/04 - Verão)	*Radiômetro*							
Estatísticas	P1	P2	P3	P4	P1ex	P2ex	P3ex	P4ex
N (horas)	220	220	220	220	220	220	220	220
Média (ºC)	32,43	32,22	33,37	32,51	35,44	35,50	38,44	37,06
Moda (ºC)	35	35	36	35	38	36	38	33
Desvio padrão	3,64	3,16	3,41	4,06	5,37	2,88	4,89	6,75
Coeficiente de Variação (%)	11,21	9,81	10,21	12,48	15,15	8,11	12,71	18,22
Variância da amostra	13,21	10,00	11,60	16,47	28,80	8,28	23,86	45,59
Curtose	-0,90	-0,98	-0,43	-0,76	0,18	0,92	0,17	-0,90
Assimetria	0,08	-0,17	-0,53	0,26	0,67	-0,98	-0,04	0,46
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	25	25	23	24	26	27	27	26
	26	26	25	25	27	28	28	27
	27	27	26	26	28	30	30	28
	28	28	27	27	29	31	31	29
	29	29	28	28	30	32	32	30

Valores extremos (ºC) - Mais Altos	41	38	40	42	51	41	52	51
	40	37	39	41	50	40	50	50
	39	36	38	40	49	39	49	49
	38	35	37	39	48	38	48	48
	37	34	36	38	47	37	47	47
Mínimo (ºC)	25	25	23	24	26	27	27	26
Máximo (ºC)	41	38	40	42	51	41	52	51

TABELA 34– Estatísticas CASA 01 Temperatura Radiante Paredes (Maio/2005 - Outono)

CASA 01 – (Maio/2005 – Outono)	*Radiômetro*							
Estatísticas	P1	P2	P3	P4	P1ex	P2ex	P3ex	P4ex
N (horas)	220	220	220	220	220	220	220	220
Média (ºC)	33,62	33,21	33,88	34,01	33,95	33,00	35,95	35,51
Moda (ºC)	35,00	36,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	36,00
Desvio padrão	2,66	3,80	4,44	2,72	3,16	3,69	6,64	4,10
Coeficiente de Variação (%)	7,92	11,43	13,11	7,99	9,32	11,19	18,46	11,54
Variância da amostra	7,10	14,41	19,73	7,38	10,01	13,63	44,05	16,79
Curtose	1,52	-0,47	-0,71	2,41	12,45	0,04	-0,92	0,03
Assimetria	-1,24	-0,45	-0,20	-1,40	1,10	-0,26	0,30	-0,12
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	23,00	23,00	23,00	23,00	23,00	23,00	23,00	23,00
	24,00	24,00	24,00	25,00	26,00	24,00	24,00	25,00
	26,00	25,00	25,00	26,00	27,00	25,00	25,00	26,00
	27,00	26,00	26,00	27,00	28,00	26,00	26,00	27,00
	28,00	27,00	27,00	28,00	29,00	27,00	27,00	28,00
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	37,00	41,00	42,00	38,00	57,00	44,00	50,00	46,00
	36,00	40,00	41,00	37,00	39,00	43,00	49,00	45,00
	35,00	38,00	40,00	36,00	38,00	41,00	48,00	44,00
	34,00	37,00	39,00	35,00	37,00	38,00	47,00	43,00
	33,00	36,00	38,00	34,00	36,00	37,00	46,00	42,00

TABELA 35– Estatísticas CASA 02 Temperatura Radiante Paredes (Maio/2005 - Outono)

CASA 02 – (Maio/2005 – Outono)	*Radiômetro*							
Estatísticas	P1	P2	P3	P4	P1ex	P2ex	P3ex	P4ex
N (horas)	220	220	220	220	220	220	220	220
Média (ºC)	33,48	34,88	32,99	32,15	39,75	42,21	34,84	32,74
Moda (ºC)	36,00	37,00	36,00	36,00	36,00	50,00	36,00	36,00
Desvio padrão	4,45	3,85	3,24	4,02	9,76	6,26	2,73	3,60
Coeficiente de Variação (%)	13,29	11,05	9,83	12,51	24,55	14,83	7,84	10,99
Variância da amostra	19,79	14,85	10,51	16,17	95,23	39,17	7,46	12,95
Curtose	-0,82	0,09	0,15	-0,87	-1,19	-0,73	1,63	-0,50
Assimetria	-0,43	-1,02	-0,92	-0,58	0,23	-0,37	-1,26	-0,76
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	23,00	24,00	23,00	23,00	19,00	23,00	25,00	23,00
	24,00	25,00	24,00	24,00	23,00	27,00	26,00	24,00
	25,00	26,00	25,00	25,00	25,00	28,00	27,00	25,00
	26,00	27,00	26,00	26,00	26,00	29,00	28,00	26,00
	27,00	28,00	27,00	27,00	27,00	30,00	29,00	27,00

Valores extremos (ºC) - Mais Altos	41,00	40,00	37,00	37,00	58,00	53,00	39,00	38,00
	40,00	39,00	36,00	36,00	57,00	52,00	38,00	37,00
	39,00	38,00	35,00	35,00	56,00	51,00	37,00	36,00
	38,00	37,00	34,00	34,00	55,00	50,00	36,00	35,00
	37,00	36,00	33,00	33,00	54,00	49,00	35,00	34,00
Mínimo (ºC)	23,00	24,00	23,00	23,00	19,00	23,00	25,00	23,00
Máximo (ºC)	41,00	40,00	37,00	37,00	58,00	53,00	39,00	38,00

TABELA 36– Estatísticas CASA 01 Temperatura Radiante Paredes (Julho/2005 - Outono)

CASA 01 – (Julho/2005 – Inverno)	*Radiômetro*							
Estatísticas	P1	P2	P3	P4	P1ex	P2ex	P3ex	P4ex
N (horas)	217	217	217	217	217	217	217	217
Média (ºC)	32,16	32,37	31,65	31,38	35,00	34,78	32,38	31,14
Moda (ºC)	35,00	36,00	36,00	37,00	36,00	36,00	36,00	35,00
Desvio padrão	6,22	4,20	4,99	5,52	8,27	5,20	4,70	5,45
Coeficiente de Variação (%)	19,33	12,97	15,76	17,59	23,64	14,94	14,50	17,49
Variância da amostra	38,64	17,63	24,88	30,49	68,43	27,02	22,05	29,66
Curtose	-0,85	-0,52	-0,78	-0,88	-0,95	-0,12	-0,50	-0,66
Assimetria	-0,35	-0,71	-0,60	-0,49	-0,03	-0,33	-0,74	-0,52
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	17,00	21,00	20,00	19,00	18,00	20,00	19,00	17,00
	19,00	22,00	21,00	20,00	19,00	21,00	20,00	18,00
	20,00	23,00	22,00	21,00	20,00	22,00	21,00	20,00
	21,00	24,00	23,00	22,00	21,00	23,00	22,00	21,00
	22,00	25,00	24,00	23,00	22,00	24,00	23,00	22,00
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	43,00	38,00	40,00	40,00	51,00	47,00	40,00	41,00
	42,00	37,00	39,00	39,00	50,00	45,00	38,00	40,00
	41,00	36,00	38,00	38,00	49,00	44,00	37,00	39,00
	40,00	35,00	37,00	37,00	48,00	43,00	36,00	38,00

TABELA 37– Estatísticas CASA 02 Temperatura Radiante Paredes (Julho/2005 - Outono)

Máximo (ºC)	43,00	38,00	40,00	40,00	51,00	47,00	40,00	41,00

CASA 02 – (Julho/2005 – Inverno)	*Radiômetro*							
Estatísticas	P1	P2	P3	P4	P1ex	P2ex	P3ex	P4ex
N (horas)	215	215	215	215	215	215	215	215
Média (ºC)	32,69	34,38	31,64	30,44	41,88	44,06	33,65	31,42
Moda (ºC)	40,00	38,00	36,00	36,00	52,00	48,00	36,00	37,00
Desvio padrão	6,31	5,15	4,81	5,46	13,04	8,13	3,98	5,32
Coeficiente de Variação (%)	19,31	14,97	15,20	17,93	31,13	18,46	11,84	16,94
Variância da amostra	39,85	26,51	23,13	29,79	170,01	66,14	15,86	28,34
Curtose	-1,14	-0,62	-1,02	-1,14	-1,24	-0,33	0,31	-0,82
Assimetria	-0,34	-0,70	-0,44	-0,34	0,13	-0,05	-0,86	-0,55
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	19,00	21,00	20,00	18,00	20,00	23,00	21,00	18,00
	20,00	22,00	21,00	19,00	21,00	24,00	22,00	19,00
	21,00	23,00	22,00	20,00	22,00	25,00	23,00	20,00
	22,00	24,00	23,00	21,00	23,00	26,00	24,00	21,00
	23,00	25,00	24,00	22,00	24,00	27,00	25,00	22,00

Valores extremos (ºC) - Mais Altos	43,00	43,00	39,00	38,00	68,00	63,00	40,00	40,00
	42,00	42,00	38,00	37,00	66,00	62,00	39,00	39,00
	41,00	41,00	37,00	36,00	65,00	61,00	38,00	38,00
	40,00	40,00	36,00	35,00	64,00	60,00	37,00	37,00
	39,00	39,00	35,00	34,00	63,00	59,00	36,00	36,00
Mínimo (ºC)	19,00	21,00	20,00	18,00	20,00	23,00	21,00	18,00
Máximo (ºC)	43,00	43,00	39,00	38,00	68,00	63,00	40,00	40,00

TABELA 38– Estatísticas CASA 01 Temperatura Radiante Paredes (Outubro/2005 - Primavera)

CASA 01 – (Outubro/2005 – Primavera)	*Radiômetro*							
Estatísticas	P1	P2	P3	P4	P1ex	P2ex	P3ex	P4ex
N (horas)	218	218	218	218	215	215	218	218
Média (ºC)	32,11	25,72	32,75	0,30	0,97	33,22	33,42	34,14
Moda (ºC)	32,00	27,00	37,70	0,00	0,30	31,00	31,00	36,00
Desvio padrão	3,90	1,62	4,09	0,43	0,92	4,14	3,71	3,99
Coeficiente de Variação (%)	12,15	6,28	12,48	145,54	94,61	12,47	11,11	11,69
Variância da amostra	15,23	2,61	16,71	0,18	0,85	17,17	13,79	15,92
Curtose	-0,12	2,99	-0,21	7,37	3,40	-0,27	-0,12	0,09
Assimetria	-0,43	-0,87	-0,41	2,45	1,72	-0,16	-0,40	-0,66
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	22,00	22,00	22,00	22,00	21,00	22,00	26,00	22,00
	23,00	23,00	24,00	23,00	22,00	23,00	27,00	26,00
	24,00	24,00	26,00	24,00	25,00	26,00	28,00	27,00
	25,00	25,00	27,00	25,00	26,00	27,00	29,00	28,00
	26,00	27,00	28,00	26,00	27,00	28,00	30,00	29,00
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	42,00	41,00	41,00	42,00	47,00	41,00	43,00	45,00
	41,00	40,00	40,00	41,00	46,00	40,00	42,00	44,00
	40,00	39,00	39,00	40,00	45,00	39,00	41,00	43,00
	39,00	38,00	38,00	39,00	44,00	38,00	40,00	42,00
	38,00	37,00	37,00	38,00	43,00	37,00	39,00	41,00
Mínimo (ºC)	22,00	22,00	22,00	22,00	21,00	22,00	26,00	22,00
Máximo (ºC)	42,00	41,00	41,00	42,00	47,00	41,00	43,00	45,00

TABELA 39– Estatísticas CASA 02 Temperatura Radiante Paredes (Outubro/2005 - Primavera)

CASA 02 – (Outubro/2005 – Primavera)	*Radiômetro*							
Estatísticas	P1	P2	P3	P4	P1ex	P2ex	P3ex	P4ex
N (horas)	218	218	218	218	215	215	218	218
Média (ºC)	33,04	33,00	33,06	32,50	36,90	36,58	35,02	34,37
Moda (ºC)	30,00	31,00	36,00	31,00	31,00	38,00	38,00	31,00
Desvio padrão	4,33	3,94	4,00	4,04	6,95	4,78	4,33	4,56
Coeficiente de Variação (%)	13,11	11,94	12,11	12,45	18,84	13,08	12,36	13,27
Variância da amostra	18,76	15,52	16,02	16,36	48,31	22,89	18,73	20,78
Curtose	-0,81	-0,71	-0,50	-0,77	-0,49	-0,43	-0,22	-0,47
Assimetria	-0,09	-0,27	-0,35	-0,10	0,47	-0,50	-0,57	-0,03
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	23,00	23,00	22,00	22,00	22,00	23,00	22,00	22,00

	25,00	25,00	23,00	23,00	23,00	25,00	23,00	23,00
	26,00	26,00	24,00	24,00	25,00	26,00	25,00	25,00
	27,00	27,00	26,00	26,00	26,00	27,00	27,00	26,00
	28,00	28,00	27,00	27,00	27,00	28,00	28,00	27,00
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	41,00	40,00	40,00	40,00	53,00	45,00	45,00	45,00
	40,00	39,00	39,00	39,00	52,00	44,00	42,00	43,00
	39,00	38,00	38,00	38,00	51,00	43,00	41,00	42,00
	38,00	37,00	37,00	37,00	50,00	42,00	40,00	41,00
	37,00	36,00	36,00	36,00	49,00	41,00	39,00	40,00
Mínimo (ºC)	23,00	23,00	22,00	22,00	22,00	23,00	22,00	22,00
Máximo (ºC)	41,00	40,00	40,00	40,00	53,00	45,00	45,00	45,00

3.2.3.6. Temperatura Radiante (Piso, Forro, Pontos Externos 01 e 02)

TABELA 40– Estatísticas CASA 01 Temperatura Radiante Piso, Forro, Pontos Externos 01 e 02 (Dezembro/2004 - Verão)

CASA 01 – (Dezembro/2004 – Verão)	*Radiômetro*			
Estatísticas	Piso	Forro	Externo 1	Externo 2
N (horas)	220	220	220	220
Média (ºC)	31,94	35,06	36,62	37,39
Moda (ºC)	32	37	33	33
Desvio padrão	1,52	3,66	6,32	7,77
Coeficiente de Variação (%)	4,77	10,44	17,27	20,79
Variância da amostra	2,32	13,40	39,99	60,42
Curtose	0,51	-0,88	-0,58	-0,36
Assimetria	0,51	-0,21	0,35	0,61
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	28	27	25	25
	29	28	26	26
	30	29	27	27
	31	30	28	28
	32	31	29	29
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	37	43	53	59
	36	41	51	58
	35	40	50	57
	34	39	49	55
	33	38	48	54
Mínimo (ºC)	28	27	25	25
Máximo (ºC)	37	43	53	59

TABELA 41– Estatísticas CASA 02 Temperatura Radiante Piso e Forro (Dezembro/2004 - Verão)

CASA 02 – (Dezembro/2004 – Verão)	*Radiômetro*	
Estatísticas	Piso	Forro
N (horas)	220	220
Média (ºC)	31,39	40,32
Moda (ºC)	31	43
Desvio padrão	1,93	8,08
Coeficiente de Variação (%)	6,15	20,03
Variância da amostra	3,73	65,22
Curtose	0,40	-0,97
Assimetria	-0,12	-0,17
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	24	24
	27	25
	28	26
	29	27
	30	28
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	36	58
	35	56
	34	55
	33	53
	32	52
Mínimo (ºC)	24	24
Máximo (ºC)	36	58

TABELA 42– Estatísticas CASA 01 Temperatura Radiante Piso, Forro, Externos 01 e 02 (Maio/2005 - Outono)

CASA 01 – (Maio/2005 – Outono)	*Radiômetro*			
Estatísticas	Piso	Forro	Externo 1	Externo 2
N (horas)	220	220	220	220
Média (ºC)	30,57	34,17	36,27	35,41
Moda (ºC)	32,00	38,00	40,00	30,00
Desvio padrão	2,32	3,91	6,62	5,20
Coeficiente de Variação (%)	7,59	11,44	18,26	14,69
Variância da amostra	5,39	15,29	43,88	27,07
Curtose	0,10	-0,30	-0,64	-1,09
Assimetria	0,00	-0,44	0,14	-0,06
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	25,00	24,00	23,00	24,00
	26,00	25,00	24,00	25,00
	27,00	26,00	25,00	26,00
	28,00	27,00	26,00	27,00
	29,00	28,00	27,00	28,00
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	38,00	46,00	56,00	46,00
	37,00	42,00	53,00	45,00
	36,00	41,00	51,00	44,00
	35,00	40,00	50,00	43,00
	34,00	39,00	48,00	42,00
Mínimo (ºC)	25,00	24,00	23,00	24,00
Máximo (ºC)	38,00	46,00	56,00	46,00

TABELA 43– Estatísticas CASA 02 Temperatura Radiante Piso e Forro (Maio/2005 - Outono)

CASA 02 – (Maio/2005 – Outono)	*Radiômetro*	
Estatísticas	Piso	Forro
N (horas)	220	220
Média (ºC)	31,10	39,50
Moda (ºC)	32,00	45,00
Desvio padrão	2,39	6,21
Coeficiente de Variação (%)	7,70	15,72
Variância da amostra	5,73	38,58
Curtose	-0,55	-0,80
Assimetria	-0,30	-0,09
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	26,00	25,00
	27,00	26,00
	29,00	27,00
	30,00	28,00
	31,00	29,00
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	36,00	53,00
	35,00	52,00
	34,00	51,00
	33,00	50,00
	32,00	49,00
Mínimo (ºC)	26,00	25,00
Máximo (ºC)	36,00	53,00

TABELA 44– Estatísticas CASA 01 Temperatura Radiante Piso, Forro, Externo 01 e 02 (Julho/2005 - Inverno)

CASA 01 – (Julho/2005 – Inverno)	*Radiômetro*			
Estatísticas	Piso	Forro	Externo 1	Externo 2
N (horas)	217	217	217	217
Média (ºC)	28,75	31,75	38,68	38,36
Moda (ºC)	26,00	36,00	42,00	28,00
Desvio padrão	4,99	5,55	9,23	9,03
Coeficiente de Variação (%)	17,37	17,48	23,87	23,54
Variância da amostra	24,94	30,81	85,21	81,50
Curtose	7,53	-0,92	-0,86	-1,02
Assimetria	2,17	-0,32	-0,02	0,10
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	20,00	19,00	18,00	19,00
	21,00	20,00	20,00	20,00
	22,00	21,00	22,00	21,00
	23,00	22,00	23,00	23,00
	24,00	23,00	24,00	24,00
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	51,00	42,00	60,00	60,00
	50,00	41,00	59,00	57,00
	49,00	40,00	56,00	56,00
	47,00	39,00	55,00	55,00
	45,00	38,00	54,00	53,00
Mínimo (ºC)	20,00	19,00	18,00	19,00
Máximo (ºC)	51,00	42,00	60,00	60,00

TABELA 45– Estatísticas CASA 02 Temperatura Radiante Piso e Forro (Julho/2005 - Inverno)

CASA 02 – (Julho/2005 – Inverno)	*Radiômetro*	
Estatísticas	Piso	Forro
N (horas)	215	215
Média (ºC)	29,68	37,96
Moda (ºC)	28,00	45,00
Desvio padrão	3,65	7,79
Coeficiente de Variação (%)	12,31	20,53
Variância da amostra	13,34	60,76
Curtose	-0,96	-0,77
Assimetria	-0,05	-0,09
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	22,00	21,00
	23,00	22,00
	24,00	23,00
	25,00	24,00
	26,00	25,00
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	37,00	55,00
	36,00	54,00
	35,00	53,00
	34,00	52,00
	33,00	51,00
Mínimo (ºC)	22,00	21,00
Máximo (ºC)	37,00	51,00

TABELA 46– Estatísticas CASA 01 Temperatura Radiante Piso, Forro, Externo 01 e 02 (Outubro/2005 - Primavera)

CASA 01 – (Outubro/2005 – Primavera)	*Radiômetro*			
Estatísticas	Piso	Forro	Externo 1	Externo 2
N (horas)	218	218	214	214
Média (ºC)	33,63	34,40	33,91	35,13
Moda (ºC)	30,00	31,00	36,00	38,00
Desvio padrão	4,16	5,15	3,77	4,59
Coeficiente de Variação (%)	12,37	14,96	11,12	13,07
Variância da amostra	17,31	26,50	14,23	21,08
Curtose	-0,23	0,03	-0,09	-0,32
Assimetria	-0,21	0,28	-0,47	-0,35
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	25,00	23,00	21,00	22,00
	26,00	25,00	22,00	25,00
	27,00	26,00	24,00	26,00
	28,00	27,00	25,00	27,00
	29,00	28,00	26,00	28,00
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	36,00	43,00	51,00	58,00
	35,00	42,00	50,00	56,00
	34,00	41,00	49,00	52,00
	33,00	40,00	48,00	51,00
	32,00	39,00	46,00	50,00
Mínimo (ºC)	25,00	23,00	21,00	22,00
Máximo (ºC)	36,00	43,00	51,00	58,00

TABELA 47– Estatísticas CASA 02 Temperatura Radiante Piso e Forro (Outubro/2005 - Primavera)

CASA 02 – (Outubro/2005 – Primavera)	*Radiômetro*	
Estatísticas	Piso	Forro
N (horas)	218	218
Média (ºC)	31,50	39,17
Moda (ºC)	31,00	35,00
Desvio padrão	2,42	8,49
Coeficiente de Variação (%)	7,69	21,68
Variância da amostra	5,87	72,10
Curtose	-0,50	-0,88
Assimetria	-0,15	0,22
Valores extremos (ºC) - Mais Baixos	25,00	23,00
	26,00	24,00
	27,00	25,00
	28,00	26,00
	29,00	27,00
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	36,00	57,00
	35,00	56,00
	34,00	55,00
	33,00	53,00
	32,00	52,00
Mínimo (ºC)	25,00	23,00
Máximo (ºC)	36,00	57,00

3.2.3.7. Luz incidente (Iluminância)

TABELA 48– Estatísticas CASA 01 Iluminância (Dezembro/2004 - Verão)

CASA 01 – (Dezembro/2004 – Verão)	*Luxímetro*	
Estatísticas	Interno	Externo
N (horas)	220	220
Média (lux)	997,84	54064,7
Moda (lux)	1137	117800
Desvio padrão	822,03	43789,27
Coeficiente de Variação (%)	82,38	80,99
Variância da amostra	675726,2	1917500021
Curtose	50,93	-1,23
Assimetria	6,06	0,51
Valores extremos (lux)- Mais Baixos	27,44	36,1
	44,65	718,6
	45,86	974
	59,56	1675
	74,93	2204
Valores extremos (lux)- Mais Altos	8312	142700
	7967	142400
	2380	141700
	2219	139000
	2137	134600
Mínimo (lux)	27,44	36,1
Máximo (lux)	8312	142700

TABELA 49– Estatísticas CASA 02 Iluminância (Dezembro/2004 - Verão)

CASA 02 – (Dezembro/2004 – Verão)	*Luxímetro*	
Estatísticas	Interno	Externo
N (horas)	220	220
Média (lux)	484,05	67133,4943
Moda (lux)	365,3	90760
Desvio padrão	242,61	40411,8331
Coeficiente de Variação (%)	50,12	60,20
Variância da amostra	58861,99	1633116251
Curtose	0,09	-1,21
Assimetria	0,29	0,04
Valores extremos (lux)- Mais Baixos	13,49	636
	15,25	719,8
	16,12	1649
	17,76	2240
	25,5	2380
Valores extremos (lux)- Mais Altos	1196	139800
	1059	135300
	1058	134800
	1043	131800
	1031,6	130100
Mínimo (lux)	13,49	636
Máximo (lux)	1217	155800

TABELA 50– Estatísticas CASA 01 Iluminância (Maio/2005 - Outono)

CASA 01 – (Maio/2005 – Outono)	*Luxímetro*	
Estatísticas	Interno	Externo
N (horas)	220	220
Média (lux)	606,50	54563,37
Moda (lux)	721,80	111100,00
Desvio padrão	399,62	34903,76
Coeficiente de Variação (%)	65,89	63,97
Variância da amostra	159699,56	1218272380,91
Curtose	4,21	-1,17
Assimetria	1,35	-0,08
Valores extremos (lux)- Mais Baixos	0,26	8,74
	0,77	10,5
	1,38	108,2
	1,79	110,7
(lux)	2,99	122,7
Valores extremos (ºC) - Mais Altos	2736	116700
	1934	112000
	1921	111800
	1822	111200
	1675	111100
Mínimo (lux)	0,26	8,74
Máximo (lux)	2736	116700

TABELA 51– Estatísticas CASA 02 Iluminância (Maio/2005 - Outono)

CASA 02 – (Maio/2005 – Outono)	*Luxímetro*	
Estatísticas	Interno	Externo
N (horas)	220	220
Média (lux)	478,13	56195,50
Moda (lux)	304,30	105300,00
Desvio padrão	315,66	35228,60
Coeficiente de Variação (%)	66,02	62,69
Variância da amostra	99638,75	1241054379,38
Curtose	2,72	-1,13
Assimetria	1,01	-0,25
Valores extremos (lux)- Mais Baixos	0,09	3,57
	0,81	5,12
	1,17	47,13
	2,56	66,08
	2,97	80,33
Valores extremos (lux)- Mais Altos	2078	119400
	1454	118500
	1353	115800
	1244	115300
	1198	109800
Mínimo (lux)	0,09	3,57
Máximo (lux)	2078	119400

TABELA 52– Estatísticas CASA 01 Iluminância (Julho/2005 - Inverno)

CASA 01 – (Julho/2005 – Inverno)	*Luxímetro*	
Estatísticas	Interno	Externo
N (horas)	220	220
Média (lux)	508,85	49662,31
Moda (lux)	38,00	106900,00
Desvio padrão	304,12	36438,58
Coeficiente de Variação (%)	59,77	73,37
Variância da amostra	92490,15	1327769972,99
Curtose	2,12	-1,47
Assimetria	0,78	-0,02
Valores extremos (lux)- Mais Baixos	1,92	44,34
	5,46	63,36
	7,21	169,5
	7,4	185,8
	8,16	228,6
Valores extremos (lux)- Mais Altos	1736	111400
	1578	110900
	1510	110400
	1429	107000
	1416	106900
Mínimo (lux)	1,92	44,34
Máximo (lux)	1736	111400

TABELA 53– Estatísticas CASA 02 Iluminância (Julho/2005 - Inverno)

CASA 02 – (Julho/2005 – Inverno)	*Luxímetro*	
Estatísticas	Interno	Externo
N (horas)	219	219
Média (lux)	606,99	57455,82
Moda (lux)	333,40	59870,00
Desvio padrão	371,12	34953,78
Coeficiente de Variação (%)	61,14	60,84
Variância da amostra	137727,07	1221766997,90
Curtose	1,20	-1,16
Assimetria	0,79	-0,34
Valores extremos (lux)- Mais Baixos	1,57	48,94
	2,4	71,38
	3,04	93,69
	3,41	132,2
	3,78	158,9
Valores extremos (lux)- Mais Altos	1880	111000
	1866	110600
	1788	110300
	1782	110000
	1629	109000
Mínimo (lux)	1,57	48,94
Máximo (lux)	1880	111000

TABELA 54– Estatísticas CASA 01 Iluminância (Outubro/2005 - Primavera)

CASA 01 – (Outubro/2005 – Primavera)	*Luxímetro*	
Estatísticas	Interno	Externo
N (horas)	218	218
Média (lux)	34,42	34,89
Moda (lux)	32,00	32,00
Desvio padrão	4,40	5,58
Coeficiente de Variação (%)	12,78	15,98
Variância da amostra	19,37	31,09
Curtose	-0,22	-0,18
Assimetria	-0,14	0,18
Valores extremos (lux)- Mais Baixos	1,85	50,9
	4,21	116,3
	5,19	147,8
	7,3	235,5
	7,6	303,5
Valores extremos (lux)- Mais Altos	2125	125900
	2005	113700
	2000	105700
	1756	103900
	1748	103600
Mínimo (lux)	1,85	50,9
Máximo (lux)	2125	125900

TABELA 55– Estatísticas CASA 02 Iluminância (Outubro/2005 - Primavera)

CASA 02 – (Outubro/2005 – Primavera)	*Luxímetro*	
Estatísticas	Interno	Externo
N (horas)	218	218
Média (lux)	445,70	44544,93
Moda (lux)	424,00	101700,00
Desvio padrão	302,91	33613,88
Coeficiente de Variação (%)	67,96	75,46
Variância da amostra	91753,13	1129893253,80
Curtose	-0,57	-1,28
Assimetria	0,36	0,29
Valores extremos (lux)- Mais Baixos	0,48	54,48
	0,6	121,8
	1,07	167,4
	2,34	168,3
	3,67	212
Valores extremos (lux)- Mais Altos	1314	106400
	1278	104800
	1219	103100
	1161	102700
	1103	102200
Mínimo (lux)	0,48	54,48
Máximo (lux)	1314	106400

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A avaliação de um ambiente termicamente requer critérios e limites de referência baseados nos índices e escalas de conforto térmico. Através desses índices, estabelecem-se zonas de conforto térmico traduzidas graficamente por cartas e diagramas que limitam os parâmetros físicos e estabelecem as zonas de conforto térmico adequadas.

Os limites sugeridos por Givoni para a zona de conforto térmico de países com clima quente e em desenvolvimento são: no verão em situação de umidade baixa, a variação de temperatura pode ser de 25 ºC a 29ºC, e em umidade alta de 25 ºC a 26ºC, podendo chegar a 32ºC com ventilação de 2,0 m/s; no inverno, os limites são de 18 ºC a 25ºC; com relação à umidade, os limites são de 4,0 g/kg a 17g/kg e 80% de umidade relativa. (GIVONI, 1992).

Estudos experimentais indicam que, em interiores com velocidade de ventos de 2.0 m/s, a zona de conforto pode ser estendida para 30°C em países desenvolvidos e para 32 °C nos países em desenvolvimento e de clima quente, e para pessoas aclimatadas.

AKUTSU e VITTORINO (1993) elaboraram uma proposta de critério para a definição de níveis de desempenho térmico de edificações, indicando três níveis: A, B, e C, em substituição aos procedimentos de avaliação com somente uma referência, onde o desempenho seria ou não satisfatório. Esses critérios foram formulados em função do comportamento da edificação nos períodos de verão e inverno.

Para o verão considera-se como nível “A” o ambiente cujas condições internas de conforto térmico são satisfatórias durante todo o dia, atendendo as exigências da Norma ISO 7730. Se o valor máximo diário da temperatura do ar interior não ultrapassar o valor máximo diário da temperatura do ar exterior, a edificação pode ser classificada como nível “B”. Quando o valor máximo diário da

temperatura do ar interior é superior ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior, a edificação é considerada como de nível “C”.

Para o inverno considera-se como nível “A” o ambiente cujas condições internas propiciem conforto térmico aos ocupantes o dia todo, de acordo com a norma ISO 7730. Se o ambiente não está dentro dos limites da norma ISO 7730 na maior parte do tempo, mas se em ao menos uma hora se verificam condições satisfatórias, o ambiente é classificado como nível “B”. Quando em nenhum momento do dia constatam-se condições satisfatórias de conforto térmico, o ambiente é classificado como nível “C”.

Para a verificação destes níveis de conforto térmico foram coletados diversos dados que são apresentados a seguir em uma série de gráficos.

No interior das casas, os valores de temperatura radiante média foram obtidos a partir dos dados coletados no termômetro de globo de acordo com o método apresentado pela ISO 7726 (1985).

No exterior as temperaturas adotadas foram as registradas no termógrafo da estação agrometeorológica do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE.

Os dados referentes à iluminância e velocidade do vento foram obtidos através de um luxímetro e anemômetro conforme explicitado anteriormente.

Com os dados coletados, foram montadas tabelas e feitos os gráficos das curvas horárias de temperaturas internas do ar e radiante média medidas, e a temperatura externa. Foi ainda avaliada graficamente a freqüência de repetição das temperaturas, tanto externas como internas, a velocidade do vento, também externa e interna e ainda a iluminância segundo os padrões da NBR 5413 (1991), sempre para as duas casas estudadas. Sendo a CASA 01 com fechamentos verticais em madeira e cobertura em telha de zinco e a CASA 02 em alvenaria e telha de barro, ambas sob as mesma condições solares, uma imediatamente ao lado da outra.

Estes gráficos foram elaborados com o objetivo de descrever o desempenho térmico e lumínico das unidades em estudo.

4.1. DESEMPENHO TÉRMICO

4.1.1. Temperaturas Externas e Radiantes Internas

A seguir verificamos na Figura 15 a relação entre a temperatura externa e a interna coletadas na CASA 01 durante vinte dias no período de Verão, dezembro de 2004. Podemos facilmente notar que as temperaturas internas são freqüentemente superiores às temperaturas externas, estando estas a uma média de cerca de 30ºC e aquelas a 35ºC, ambas acima do limite estipulado sem se considerar inicialmente o fator ventilação.

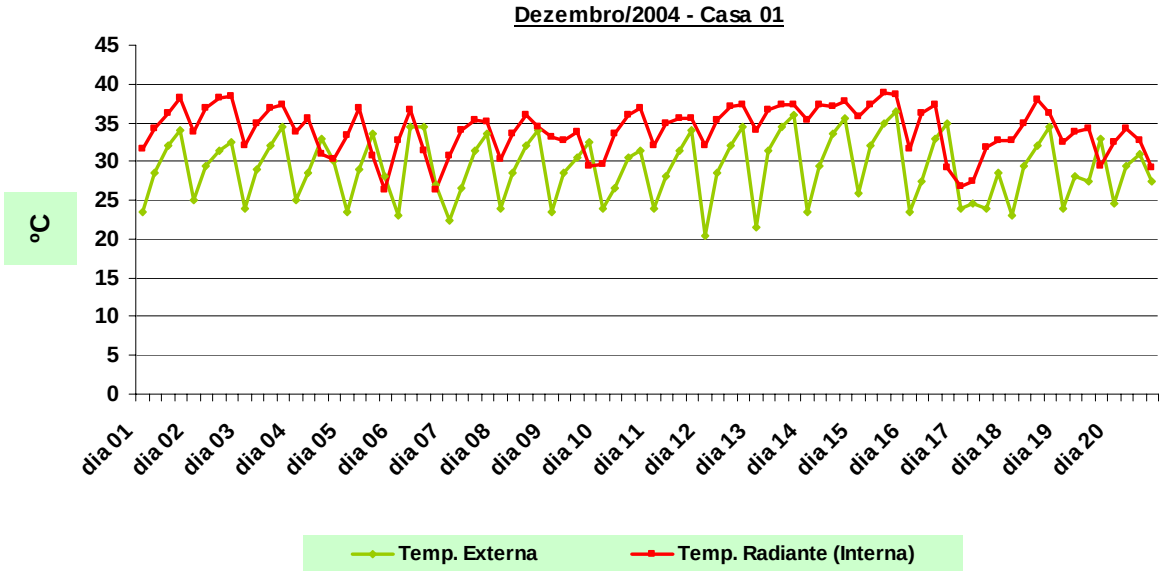


FIGURA 15 - Gráfico CASA 01 Dezembro/04 – Verão Temperatura Externa e Interna

Na Figura 16 verifica-se a mesma relação anterior, de temperatura interna superior à externa, porém em níveis mais baixos. Aqui a temperatura interna se encontra em média 2ºC acima da externa, resultado melhor que os 5ºC acima da temperatura externa apresentado pela CASA 01 no mesmo período de Verão.

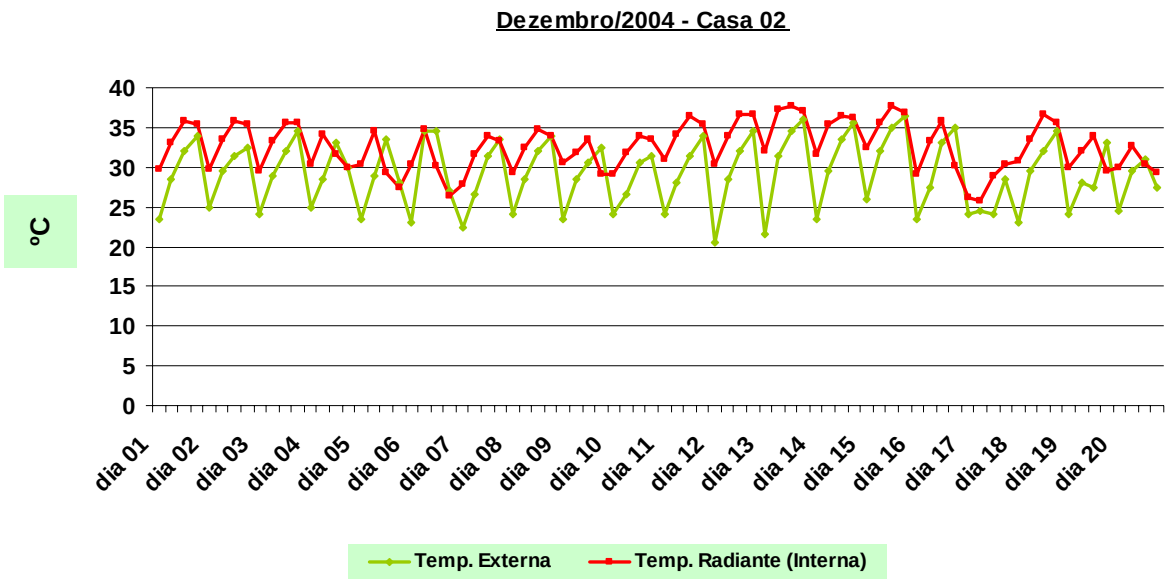


FIGURA 16 - Gráfico CASA 02 Dezembro/04 – Verão Temperatura Externa e Interna

Durante o período de Outono, Maio de 2005, também foram realizadas medições de vinte dias nas habitações populares. Na Figura 17 podemos observar que a média de temperatura externa se encontra bem reduzida em relação ao período de Verão, porém as temperaturas internas na CASA 01 continuam apresentando-se superiores às externas. A temperatura externa nesta estação já se encontra numa média aceitável, cerca de 27ºC, mas a interna ainda apresenta valores superiores aos 30ºC.

Observando a Figura 18 verificamos que a melhora no desempenho térmico apresentada pela CASA 02 no Verão não se verifica durante o período de Outono. Os resultados dos dois gráficos se tornaram muito semelhantes nessa estação do ano.

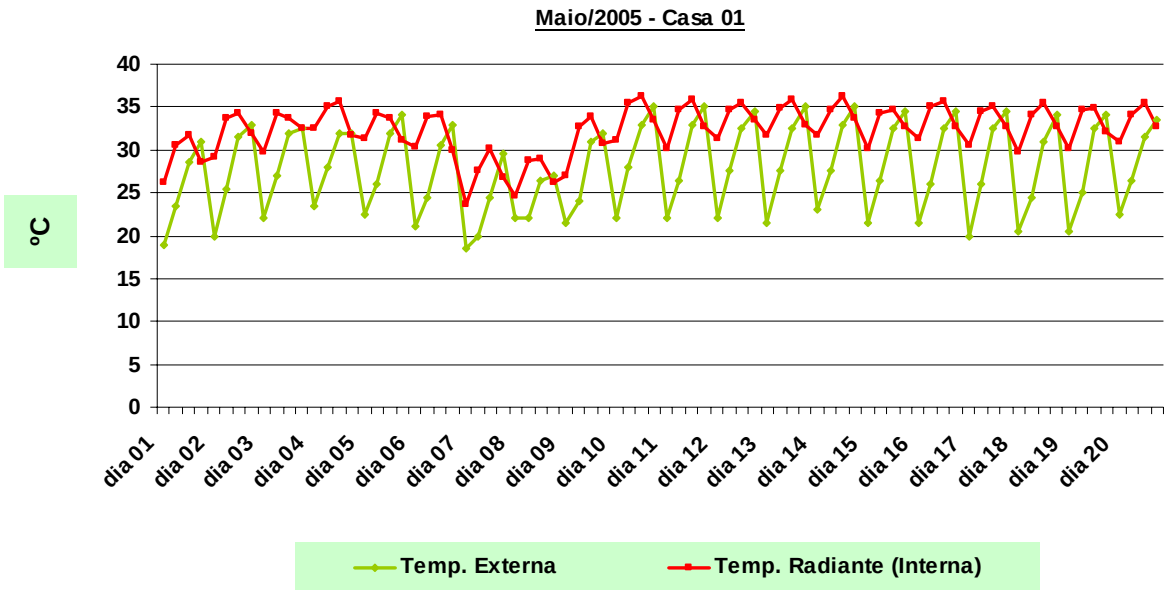


FIGURA 17 - Gráfico CASA 01 Maio/2005 – Outono- Temperatura Externa e Interna

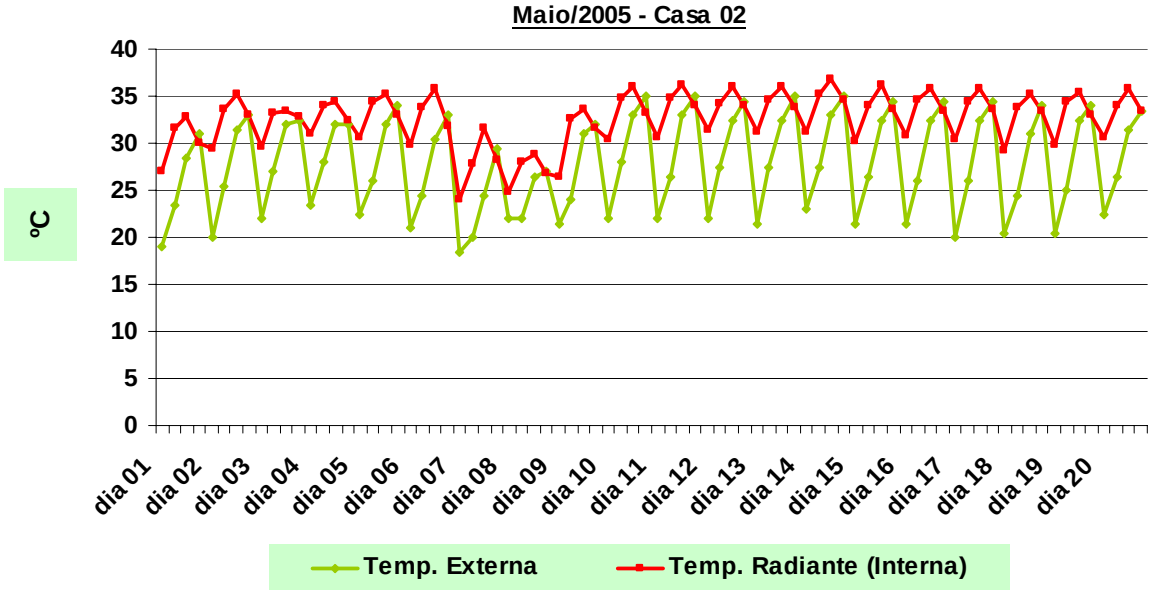


FIGURA 18 - Gráfico CASA 02 Maio/2005 – Outono- Temperatura Externa e Interna

Analisando agora o período de Inverno, caracterizado pelas temperaturas médias mais baixas do ano, verificamos na Figura 19 uma alternância maior entre as temperaturas com o passar das horas do dia, sendo as manhãs e tardes menos quentes comparadas aos períodos de Verão e Outono. Porém o resultado de ineficiência térmica se repete, apresentando as temperaturas internas ainda superiores às externas em ambas as casas, Figura 20. Na CASA 01 quando a temperatura externa se mostra em média de 25ºC a interna mantém valores superiores a 26ºC, o que mostra uma diminuição de aumento de temperatura interna em relação à externa, já apresenta uma proporção maior de temperaturas aceitáveis, mas ainda distante do ideal estabelecido pelas normas.

Pode-se desde já concluir com base nas análises dos dois períodos anteriores que quanto maior a temperatura externa maior o efeito de aumento das temperaturas internas e quanto menores as temperaturas médias externas menor a diferença entre a temperatura externa e interna, embora as internas permaneçam sempre superiores às externas tanto na CASA 01 quanto na CASA 02 para as estações de Verão, Outono e Inverno.

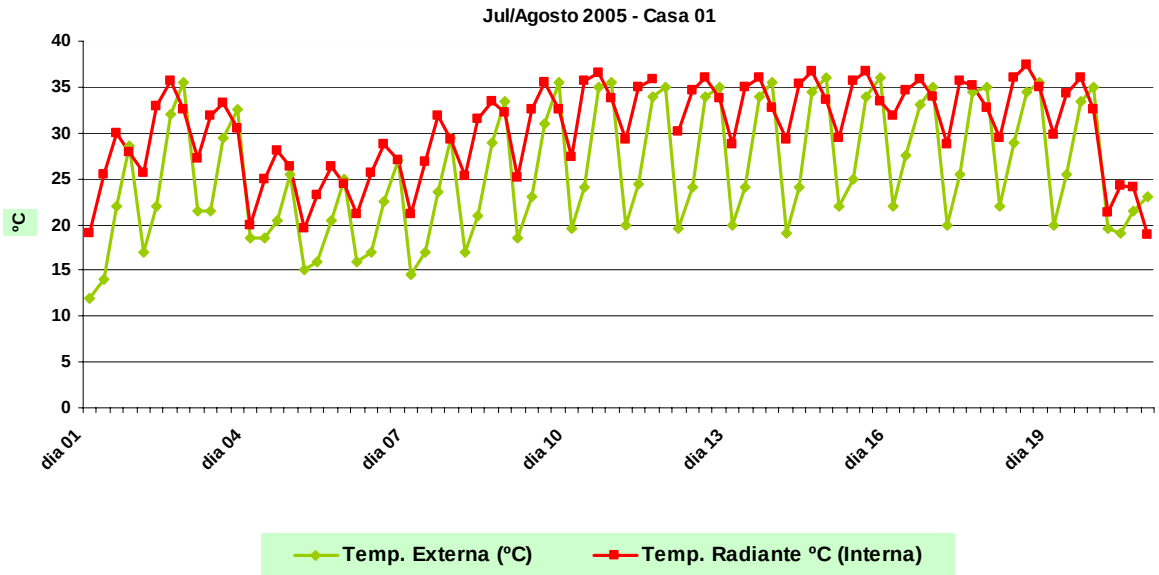


FIGURA 19 - Gráfico CASA 01 Julho/2005 – Inverno - Temperatura Externa e Interna

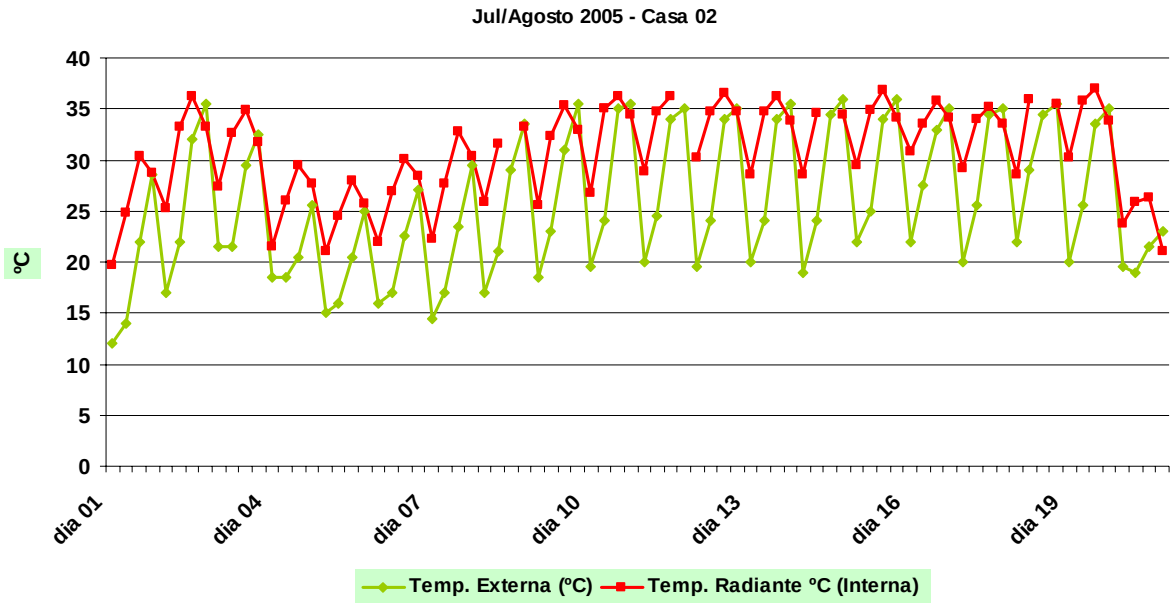


FIGURA 20 - Gráfico CASA 02 Julho/2005 – Inverno - Temperatura Externa e Interna

Na última estação do ano estudada, a Primavera, voltamos a observar as temperaturas internas superiores às externas, tanto na CASA 01 quanto na CASA 02, porém em menor proporção. A CASA 01 continuou com resultado inferior ao da CASA 02 , Figuras 21 e 22, em termos de desempenho térmico.

Verificamos que neste período as temperaturas médias voltam a subir mesmo com o maior teor de umidade causado pelas chuvas.

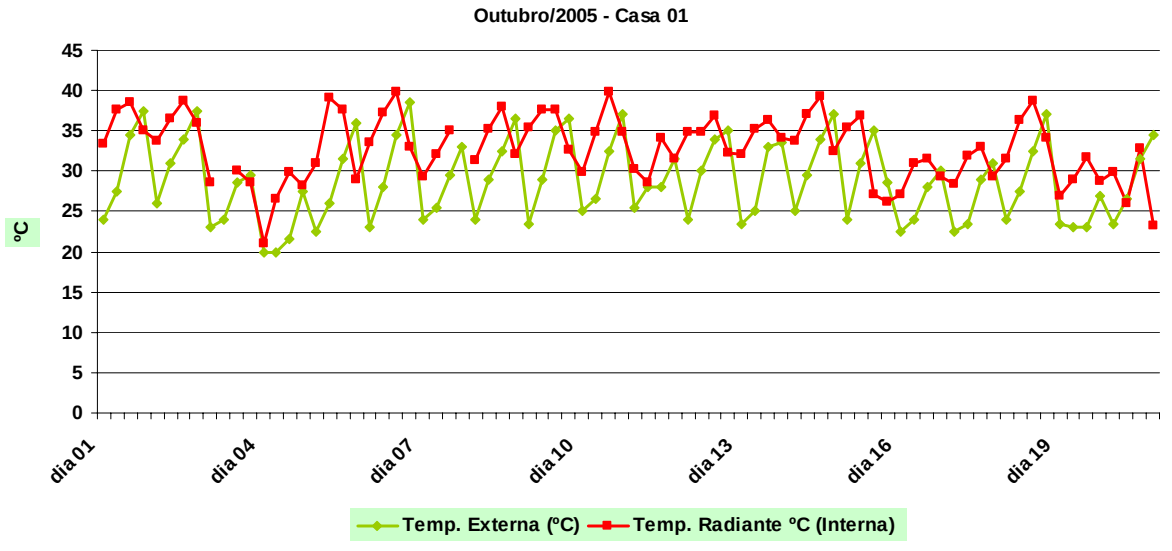


FIGURA 21 - Gráfico CASA 01 Outubro/2005 – Primavera - Temperatura Externa e Interna

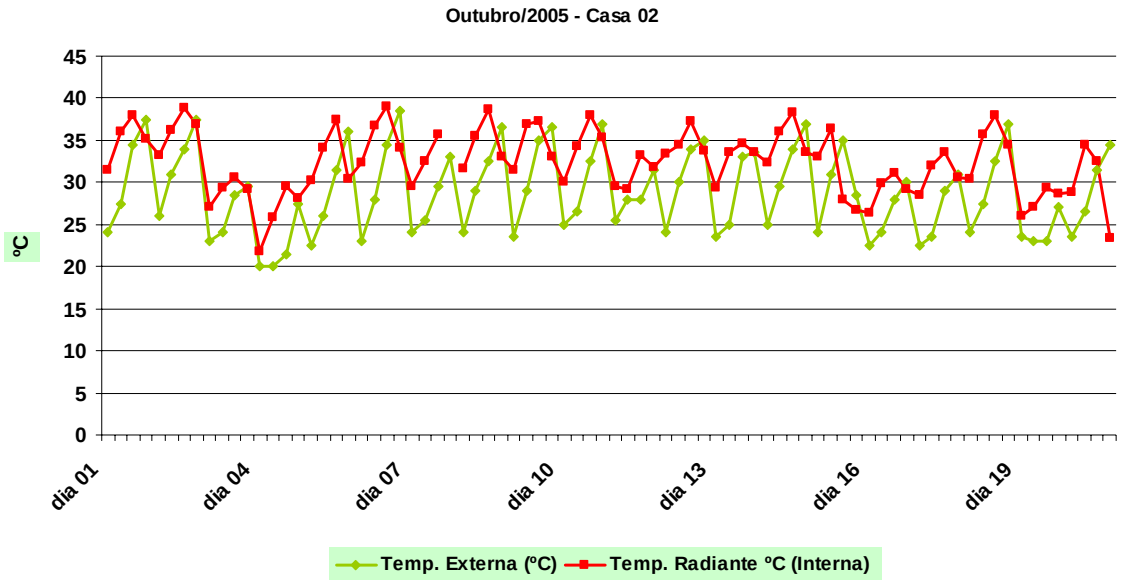


FIGURA 22 - Gráfico CASA 02 Outubro/2005 – Primavera - Temperatura Externa e Interna

4.1.2. Temperaturas Externas e Radiantes Internas – Freqüência

Neste item analisamos a freqüência de repetição de temperaturas externas e internas de acordo com BARBOSA (1997).

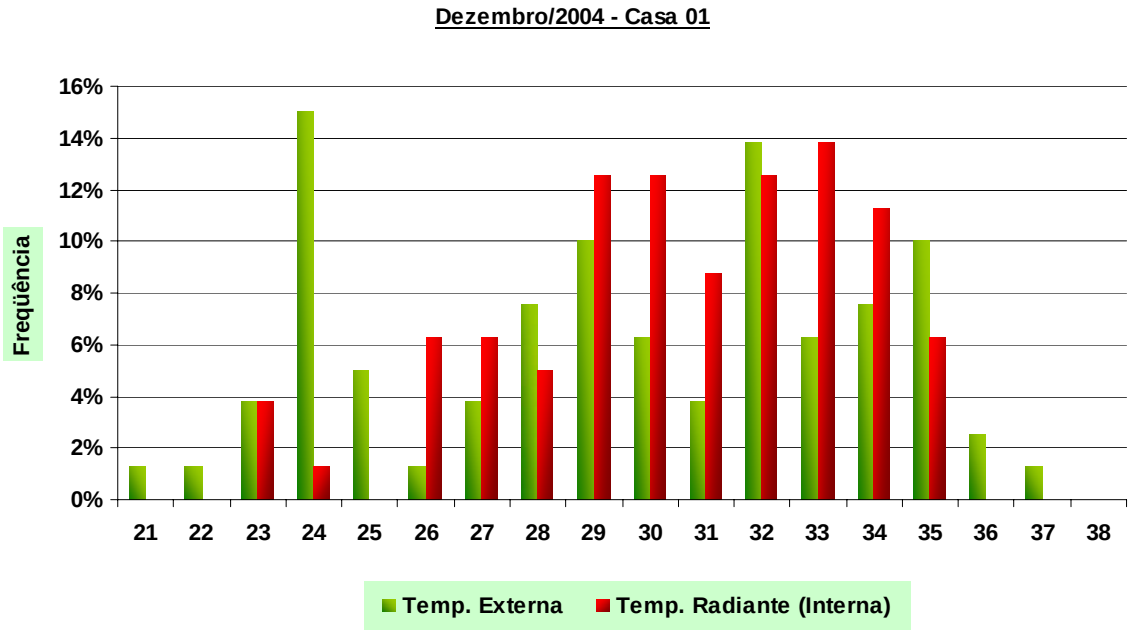


FIGURA 23 - Gráfico CASA 01 Dezembro/04 – Verão –Freqüência -Temperatura Externa e Interna

Na Figura 23 percebemos que os valores mais repetidos de temperaturas externas são de cerca de 24ºC, seguido de 32ºC, já quanto às temperaturas internas, os valores encontram-se mais uniformemente distribuídos sobressaindo a temperatura de 33ºC; o que salienta bem a alta das temperaturas internas em relação à externa. Isso acontece no período de Verão tanto para CASA 01, Figura 23, como para CASA 02, Figura 24, com a diferença da repetição maior de valores inferiores na CASA 02.

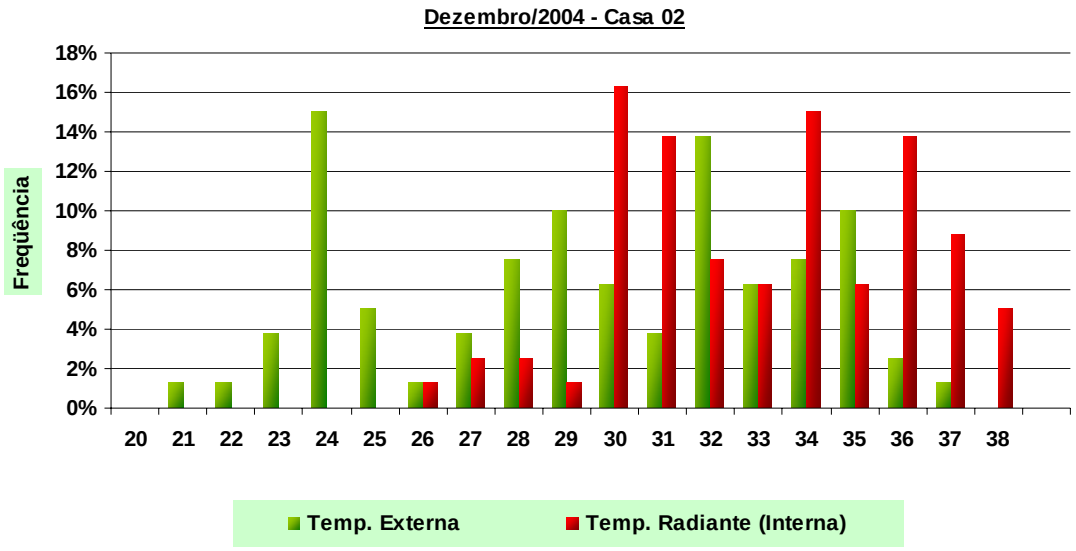


FIGURA 24 - Gráfico CASA 02 Dezembro/04 – Verão –Freqüência -Temperatura Externa e Interna

Na Figura 25, CASA 01, que se refere já ao mês de Maio de 2005, período de Outono, verificamos uma incidência maior de temperaturas internas mais elevadas em relação ao período de Verão, porém são relatadas temperaturas mínimas e máximas inferiores à Dezembro de 2004. Como as temperaturas internas tendem a ser superiores às externas, fica relatado que o sistema não apresenta boa resistência à passagem de calor e permite a intensificação no interior.

Quanto à CASA 02 no mesmo período (Figura 26), a distribuição da curva é normal apresentando valores mais freqüentes de 34 a 36ºC de temperaturas internas, mas com uma distribuição mais uniforme em relação à CASA 01, o que salienta sua menor ineficiência quando comparada à casa de madeira.

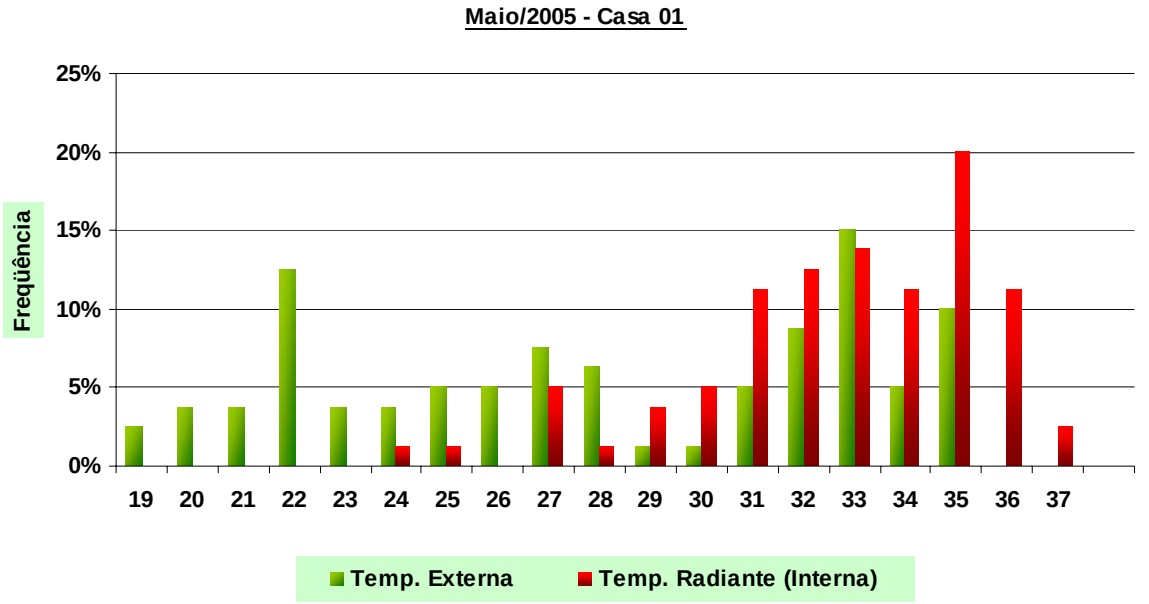


FIGURA 25 - Gráfico CASA 01 Maio/2005 – Outono –Freqüência -Temperatura Externa e Interna

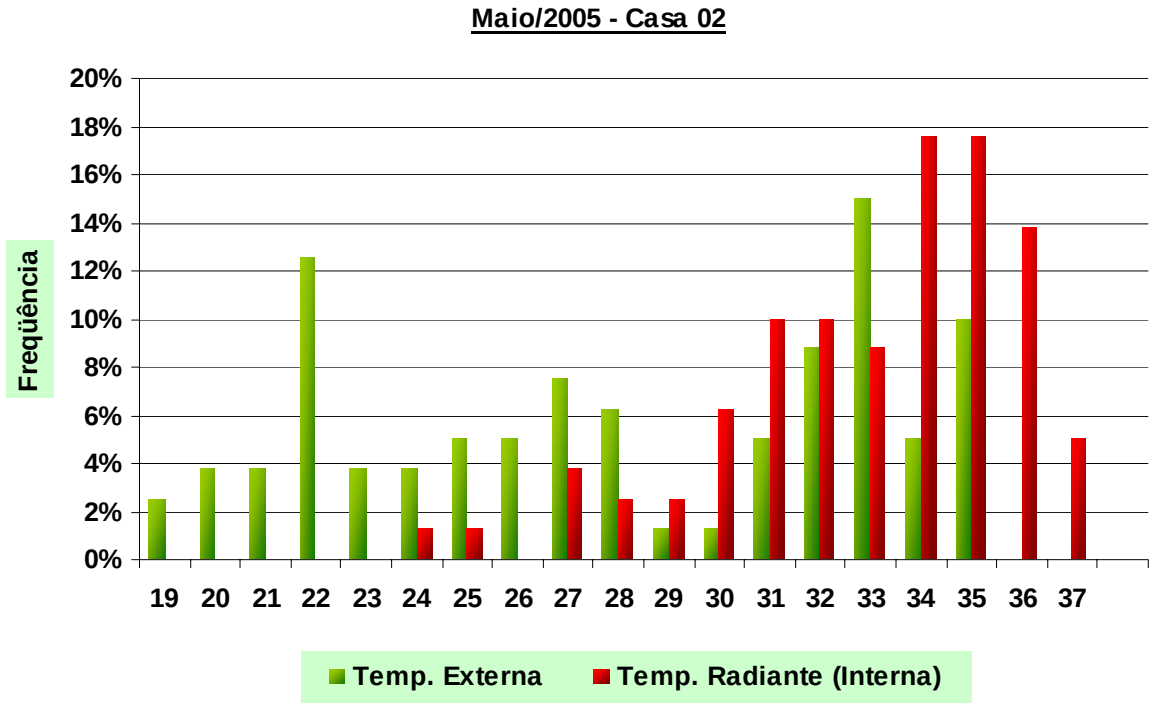


FIGURA 26 - Gráfico CASA 02 Maio/2005 – Outono –Freqüência -Temperatura Externa e Interna

No período de Inverno, Julho de 2005, para a CASA 01, Figura 27, notamos claramente no gráfico de freqüência a diminuição das temperaturas internas em virtude da queda da temperatura externa. Nesta estação temos mínimas internas que variam de 13 a 32ºC para a casa de madeira, resultado que se aproxima do desejável. Nota-se, portanto, desde já o erro na concepção da tipologia das casas de padrão popular para a cidade de Cuiabá, que apresenta altas temperaturas durante a maior parte do ano. Sendo que os resultados só começam a se mostrar perto do satisfatório quando a temperatura externa é menor. Essas casas então somente seriam adequadas em termos de conforto térmico para cidades de temperaturas médias inferiores às de Cuiabá.

Na Figura 28, referente à CASA 02 observamos que os resultados são ainda melhores que os visualizados na CASA 01, demonstrando mínimas internas de 13ºC e máximas de 30ºC, se aproximando ai da mais dos níveis de conforto desejados, o que salienta que o modelo de CASA 01 e mesmo o de CASA 02 são inadequados às altas temperaturas médias apresentadas durante praticamente todo o ano em Cuiabá.

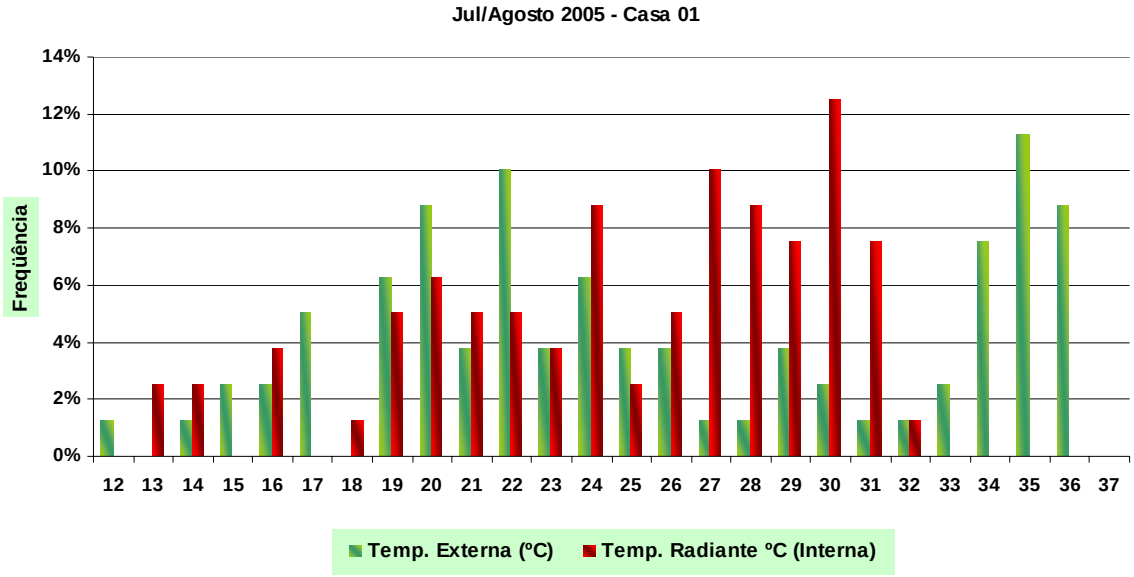


FIGURA 27 - Gráfico CASA 01 Julho/2005 – Inverno –Freqüência -Temperatura Externa e Interna

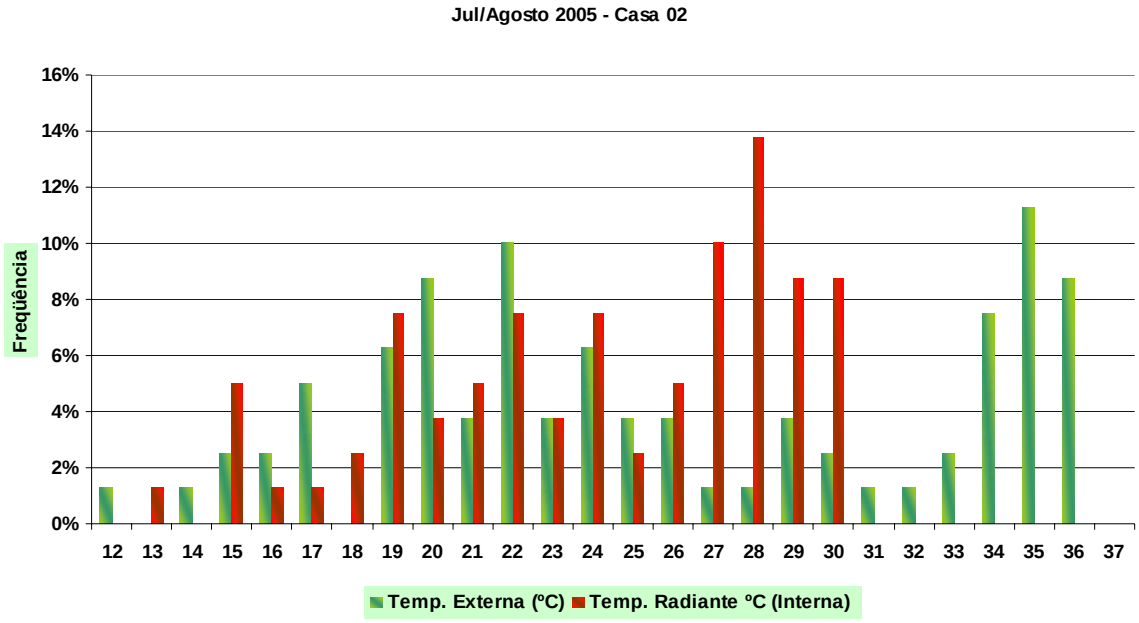


FIGURA 28 - Gráfico CASA 02 Julho/2005 – Inverno –Freqüência -Temperatura Externa e Interna

No período de maior intensidade de chuvas aliadas a altas temperaturas, o gráfico de freqüência se mostra mais uniformemente distribuído em relação às temperaturas internas. Podemos observar na Figura 29 mínimas internas de 21ºC e máximas de até 40ºC, demonstrando uma grande amplitude térmica para o intervalo de dias pesquisados. O resultado de ineficiência térmica volta a se repetir nesta estação do ano tanto para a CASA 01 quanto para a CASA 02 que apresenta resultados semelhantes.

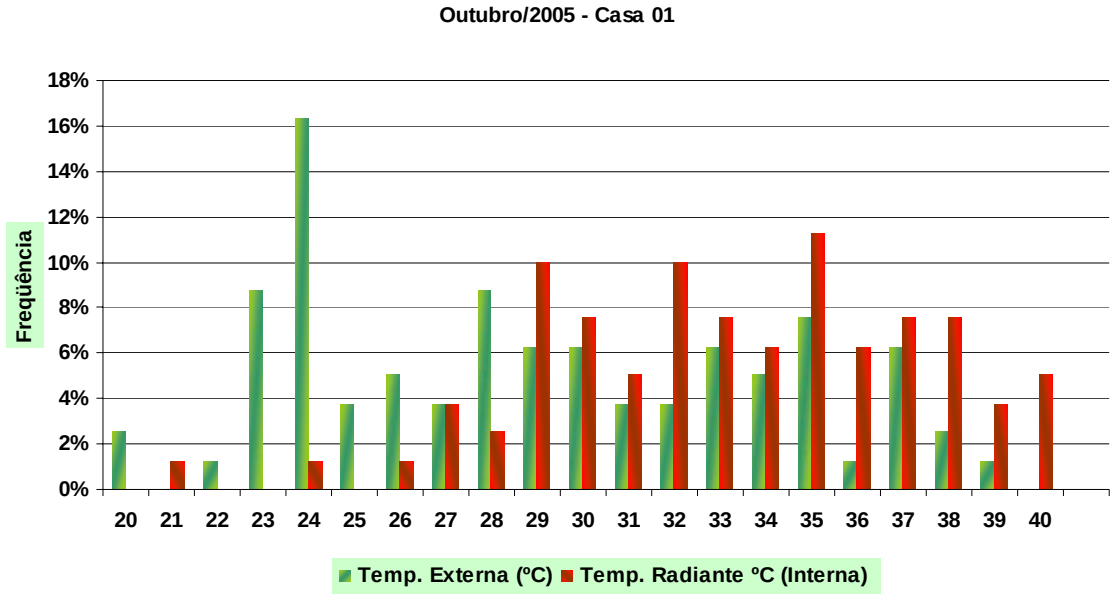


FIGURA 29 - Gráfico CASA 01 Outubro/2005 – Primavera –Freqüência - Temperatura Externa e Interna

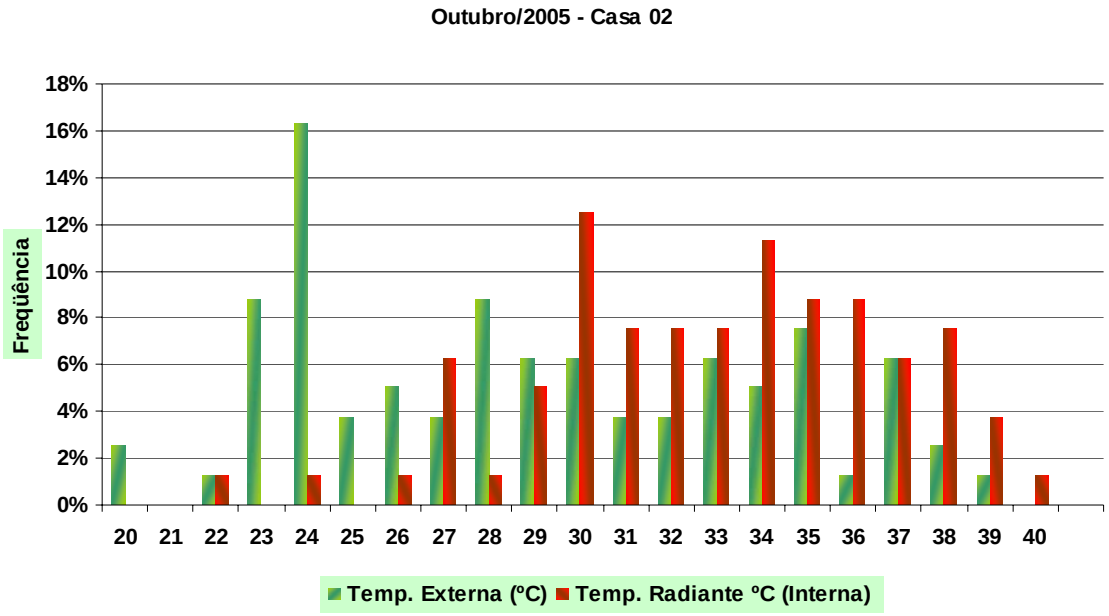


FIGURA 30 - Gráfico CASA 02 Outubro/2005 – Primavera –Freqüência - Temperatura Externa e Interna

4.1.3. Velocidade do Vento – Interna e Externa

Neste tópico são apresentados dados gráficos sobre a velocidade do vento, que segundo já citado anteriormente permite que a temperatura atinja até 32ºC em níveis aceitáveis de conforto, se maior ou igual a 2 m/s.

No Verão, Dezembro/04, observamos no gráfico de freqüência da CASA 01 e 02 que a velocidade interna do vento atinge um valor máximo de cerca de 0,9 m/s com freqüência inferior a 5%, o nível mais repetido, aproximadamente 37% é o de velocidade interna do vento próxima a 0,3 m/s. (Figura 31 e 33)

Na Figura 32 e 34, analisamos a velocidade externa do vento, que apresenta valores que vão de 0,3 m/s a 3,7 m/s, com alta freqüência de valores próximos a 2 m/s. Verificamos, portanto, que para o Verão a velocidade interna do vento não chega a contribuir para a melhoria da sensação térmica, porém fora da habitação pode-se se considerar confortável até uma temperatura máxima de 32ºC, o que mais uma vez comprova a ineficiência térmica das habitações 01 e 02 para o período de Verão em Cuiabá.

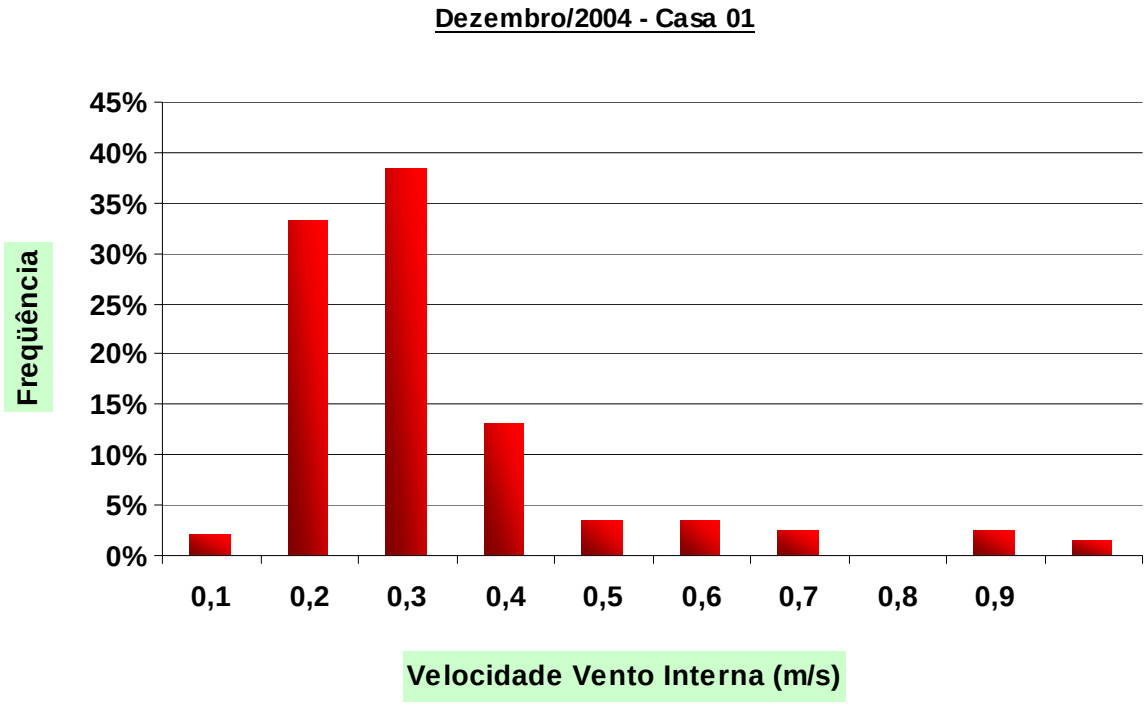


FIGURA 31 - Gráfico CASA 01 Dezembro/04 – Verão –Velocidade Interna do Vento (m/s)

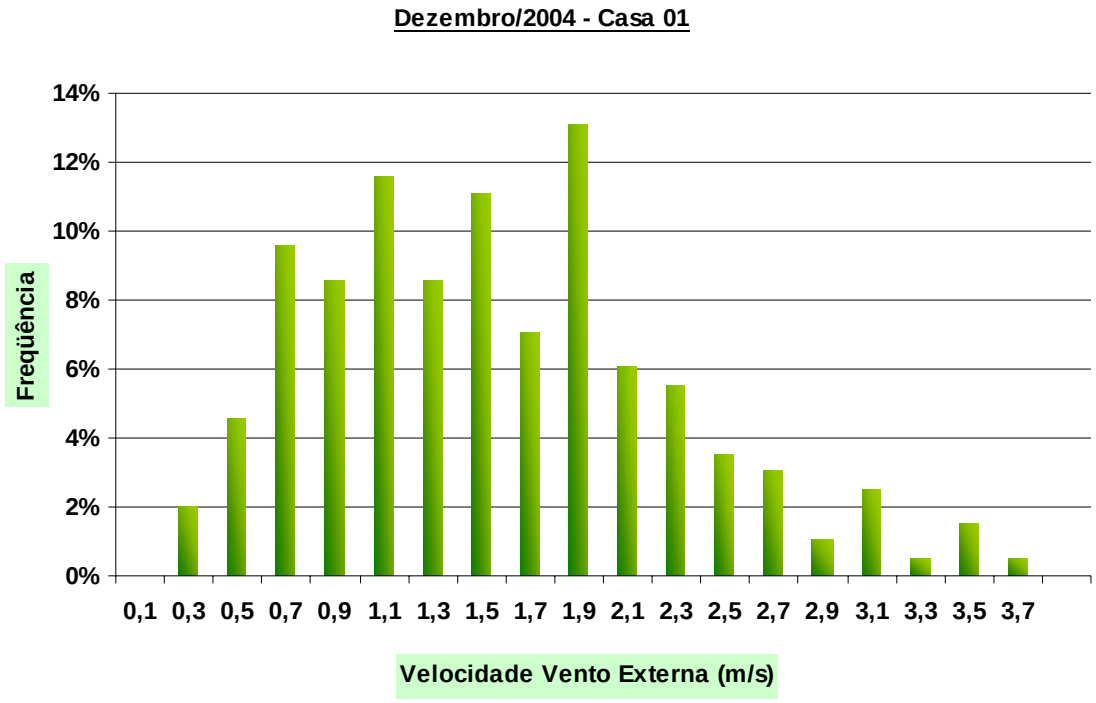


FIGURA 32 - Gráfico CASA 01 Dezembro/04 – Verão –Velocidade Externa do Vento (m/s)

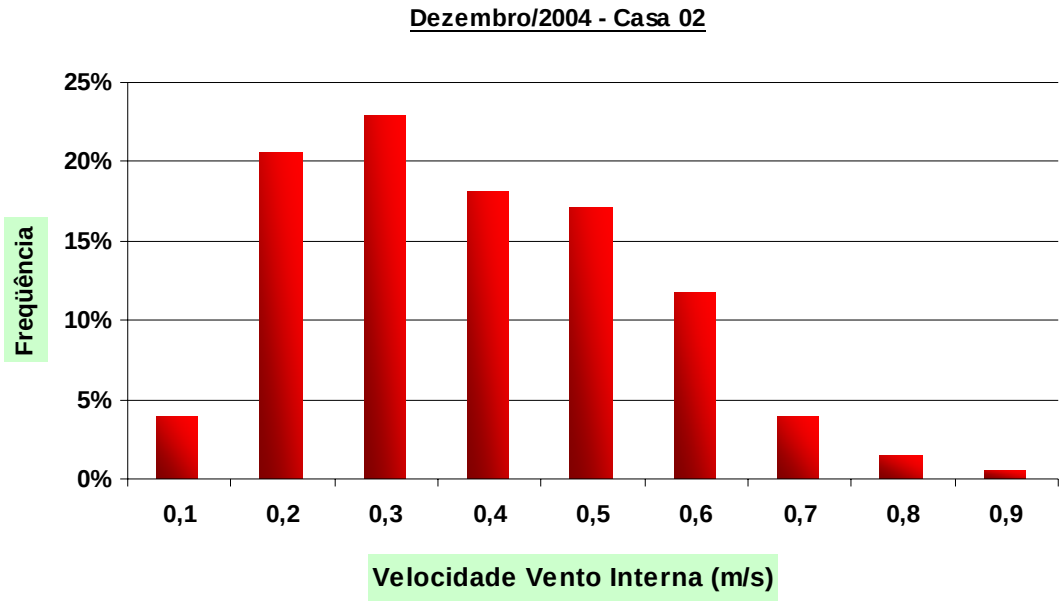


FIGURA 33 - Gráfico CASA 02 Dezembro/04 – Verão –Velocidade Interna do Vento (m/s)

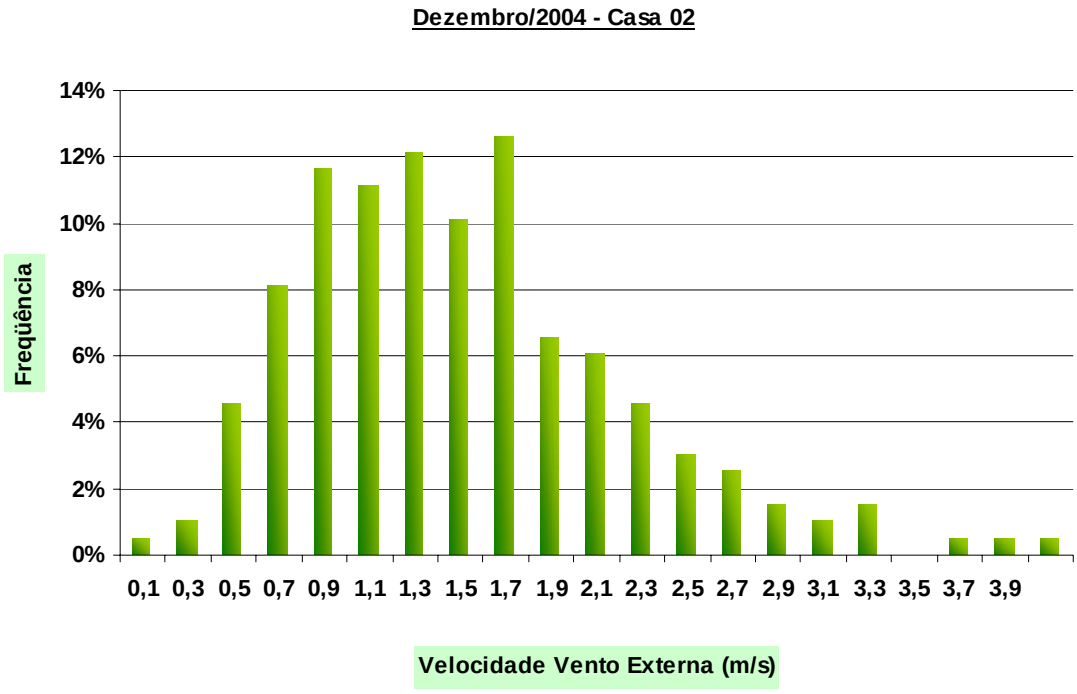


FIGURA 34 - Gráfico CASA 02 Dezembro/04 – Verão –Velocidade Externa do Vento (m/s)

Para o Outono, Maio/2005 o gráfico de freqüência de velocidades internas das CASAS 01 e 02 (Figuras 35 e 37) mostra baixas velocidades, o que não contribui para a melhoria do conforto térmico, em virtude da maior freqüência de baixas velocidades externas do vento verificadas nos gráficos das Figuras 36 e 38, que mostra maior repetição de valores de 0,5 a 0,7 m/s.

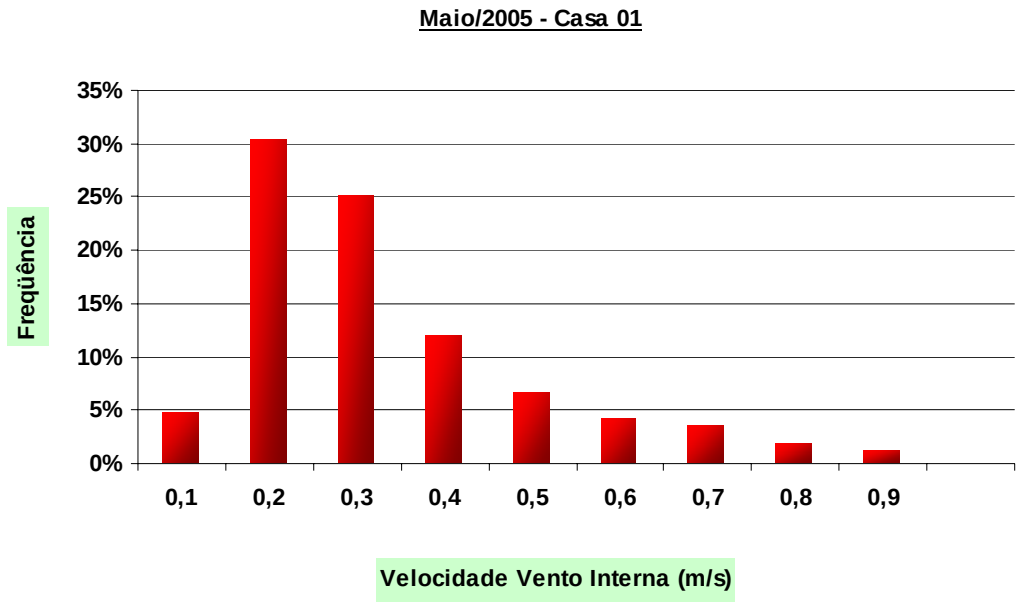


FIGURA 35 - Gráfico CASA 01 Maio/2005 – Outono –Velocidade Interna do Vento (m/s)

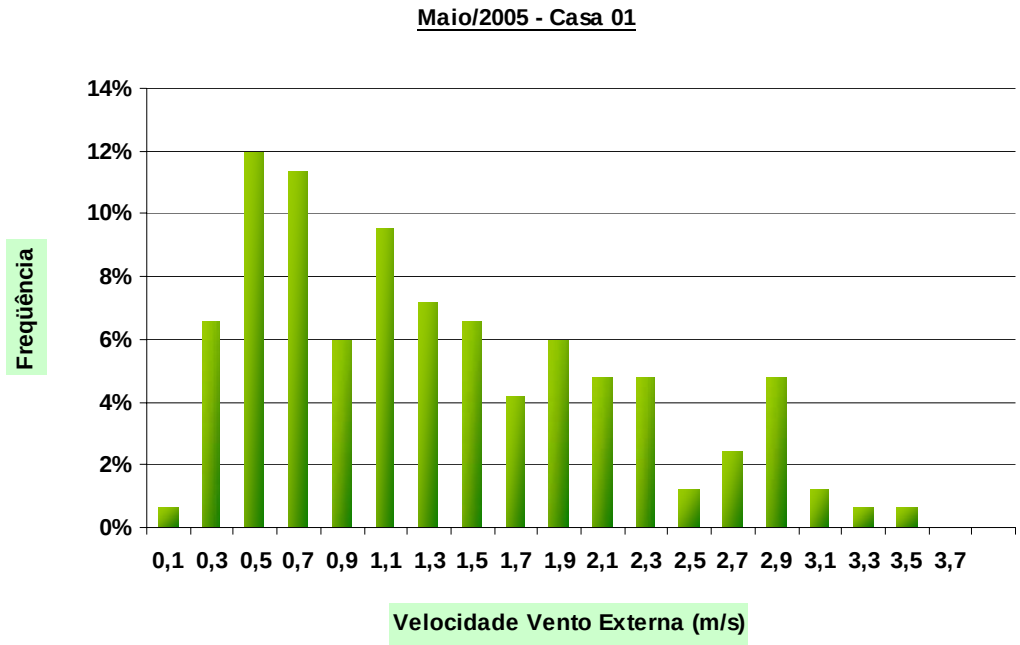


FIGURA 36 - Gráfico CASA 01 Maio/2005 – Outono –Velocidade Externa do Vento (m/s)

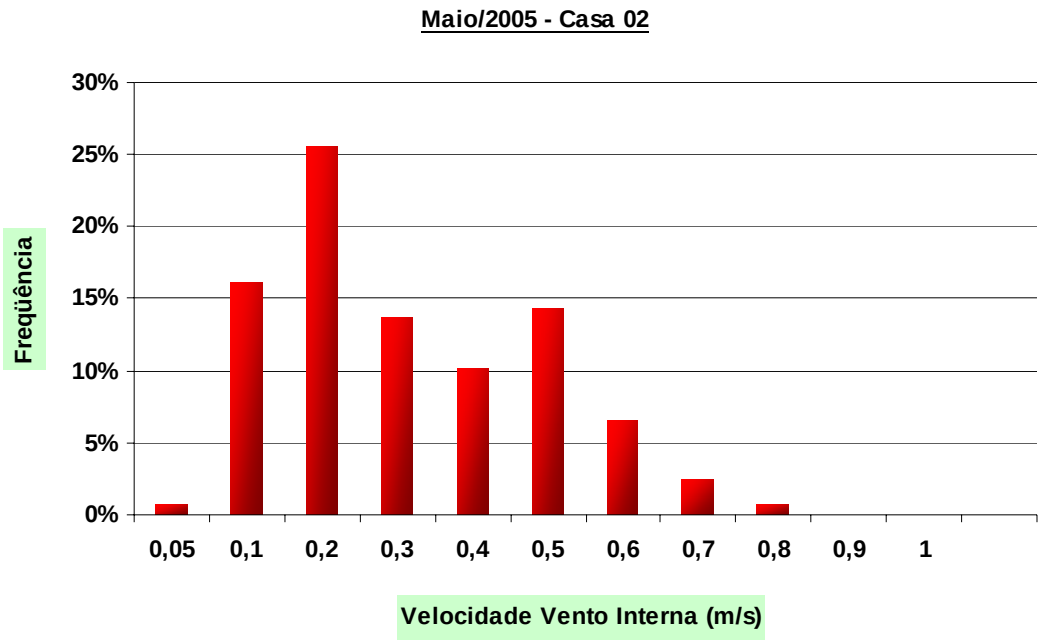


FIGURA 37 - Gráfico CASA 02 Maio/2005 – Outono –Velocidade Interna do Vento (m/s)

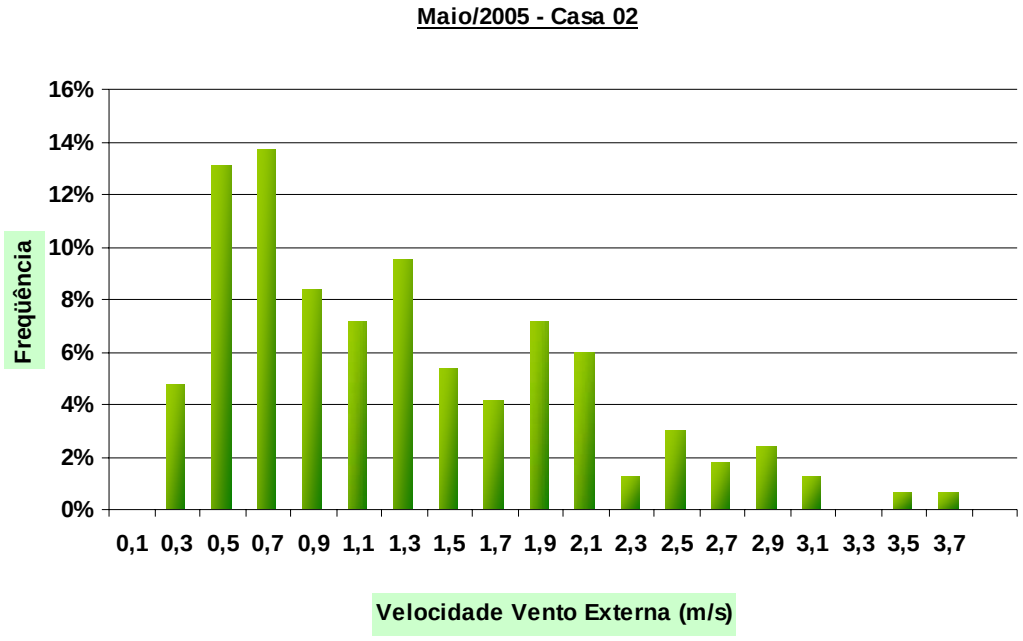


FIGURA 38 - Gráfico CASA 02 Maio/2005 – Outono –Velocidade Externa do Vento (m/s)

Para o mês de Julho de 2005, Inverno, foi impossível realizar a medição das velocidades internas e externas dos ventos em virtude da manutenção do equipamento utilizado. Não sendo possível encontrar outro similar os dados de vento desta estação foram prejudicados, porém sem causar maiores prejuízos à conclusão do estudo já que o período de inverno foi o que apresentou resultados mais próximos do nível aceito de condições de conforto térmico.

Na Primavera, Outubro de 2005, verificamos forte queda nas velocidades dos ventos fora dos períodos de chuva, quando as medições não puderam ser realizadas. Observamos nos gráficos de freqüência de velocidades internas dos ventos (Figuras 39 e 41), a maior repetição de valores próximos de zero e a raríssima aparição de velocidades superiores a 2 m/s.

Nos gráficos das Figuras 40 e 42, onde visualizamos as velocidades externas dos ventos constatamos as baixas velocidades que em nada contribuem para a melhoria da sensação de conforto térmico.

Fica então, mais uma vez constatado que mesmo com as aberturas de ventilação dentro dos níveis de exigência normalizados, como as velocidades externas dos ventos não alcançam em média valores necessários para a melhoria térmica, as CASAS 01 e 02 se mostram ineficientes quanto ao desempenho térmico mesmo considerando a ventilação.

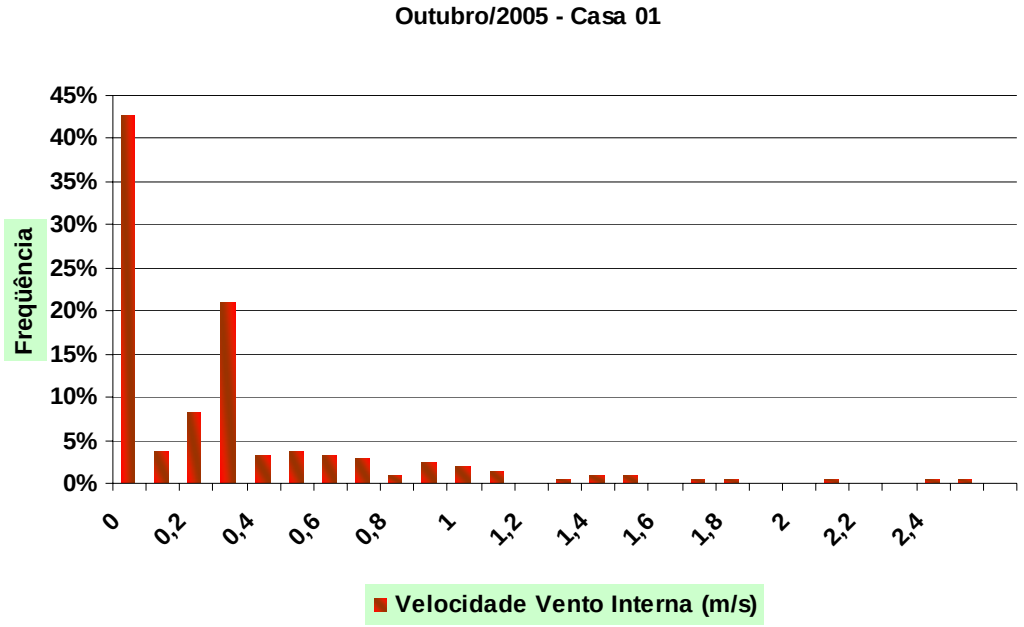


FIGURA 39 - Gráfico CASA 01 Outubro/2005 – Primavera –Velocidade Interna do Vento (m/s)

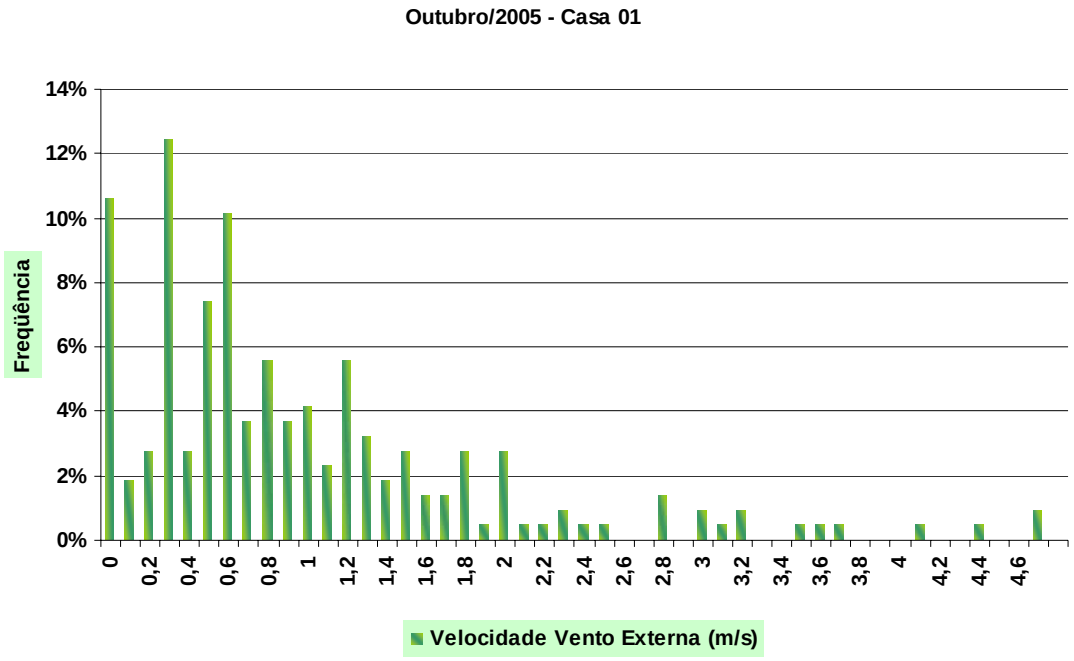


FIGURA 40 - Gráfico CASA 01 Outubro/2005 – Primavera –Velocidade Externa do Vento (m/s)

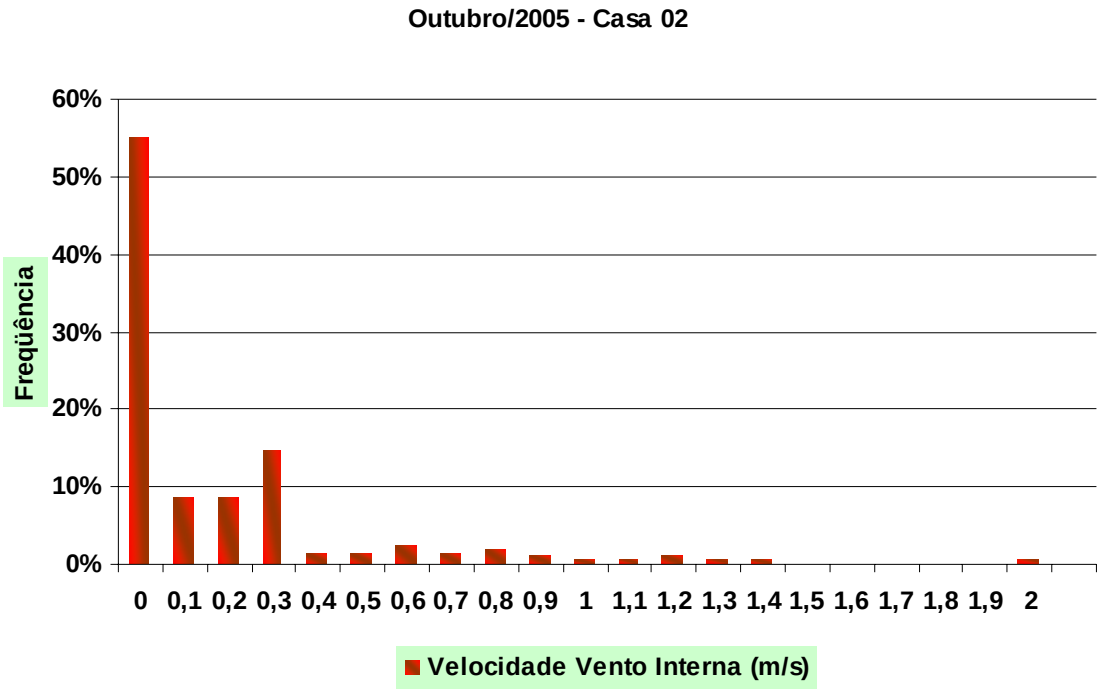


FIGURA 41 - Gráfico CASA 02 Outubro/2005 – Primavera –Velocidade Interna do Vento (m/s)

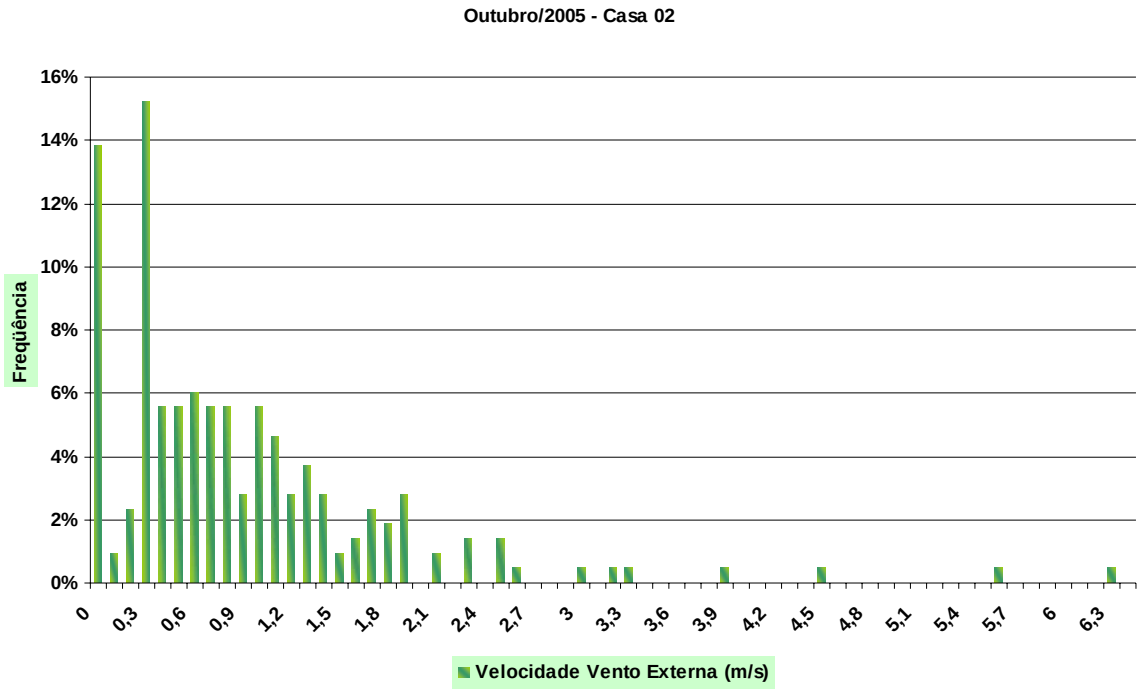


FIGURA 42 - Gráfico CASA 02 Outubro/2005 – Primavera –Velocidade Externa do Vento (m/s)

4.1.4. Zonas de Conforto Térmico e Normais para Cuiabá/MT

Cuiabá é uma das capitais mais quentes do Brasil. Como já citado, eu clima é do tipo Aw de Koppen (temperaturas elevadas, chuva no verão e seca no inverno), isto é, Tropical Semi-úmido, com quatro a cinco meses secos e duas estações bem definidas, uma seca (outono-inverno) e uma chuvosa (primavera-verão). Em média ao longo dos anos as mínimas são de 5°C e as máximas chegam a 41°C. O índice pluviométrico é caracterizado por diferenças, pois em sua maioria o inverno é bastante seco e o verão muito chuvoso. A média na região é de 1500 mm/ano.

A partir das zonas de conforto térmico e elementos de previsão do comportamento térmico das edificações, são estabelecidas cartas bioclimáticas, onde é possível identificar as estratégias indicadas para a correção do comportamento climático, caso esteja fora da área de conforto estabelecida. A zona de conforto aqui analisada é a desenvolvida por Givoni como se pode verificar na Figura 43, mostrando as normais climáticas anuais para a cidade de Cuiabá, obtidas pelo programa Analisys desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina .

Dada à impossibilidade de utilização do programa Analisys para Cuiabá por falta do arquivo TRY correspondente, fez-se uma aplicação manual dos dados coletados no respectivo diagrama.

Aplicando no diagrama de Givoni as temperaturas de bulbo seco e úmido coletadas em ambas as casas nas estações Verão (Dezembro/ 2004), Outono (Maio/ 2005), Inverno (Julho/2005) e Primavera (Outubro/2005), verifica-se o nível de desconforto térmico nessas estações, sendo que com exceção do período de Inverno, que se aproxima da zona de conforto, as demais estações do ano para as CASAS 01 e 02 estudadas se encontram nas zonas de Ar Condicionado ou na de Massa Térmica para Resfriamento. (Figura 44).

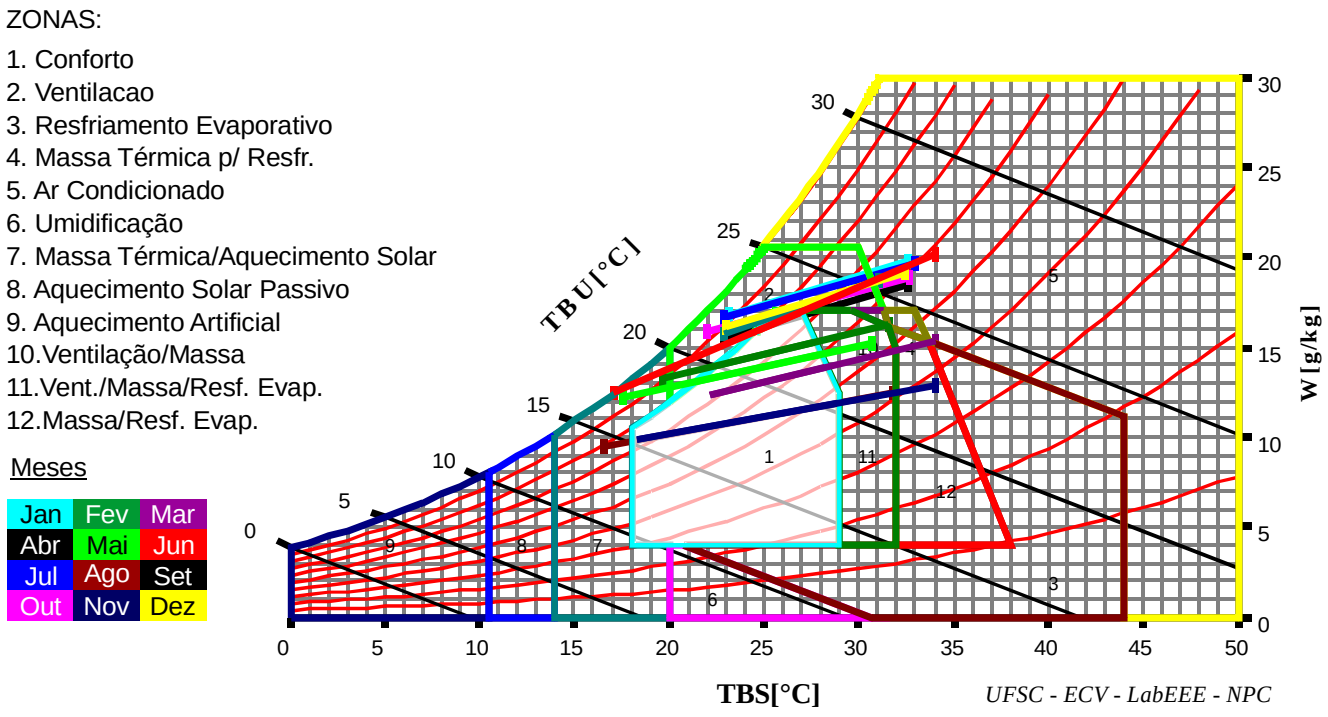


FIGURA 43 - Normais climáticas do programa ANALISYS para Cuiabá/ MT
FONTE: UFSC – LabEEE – NPC

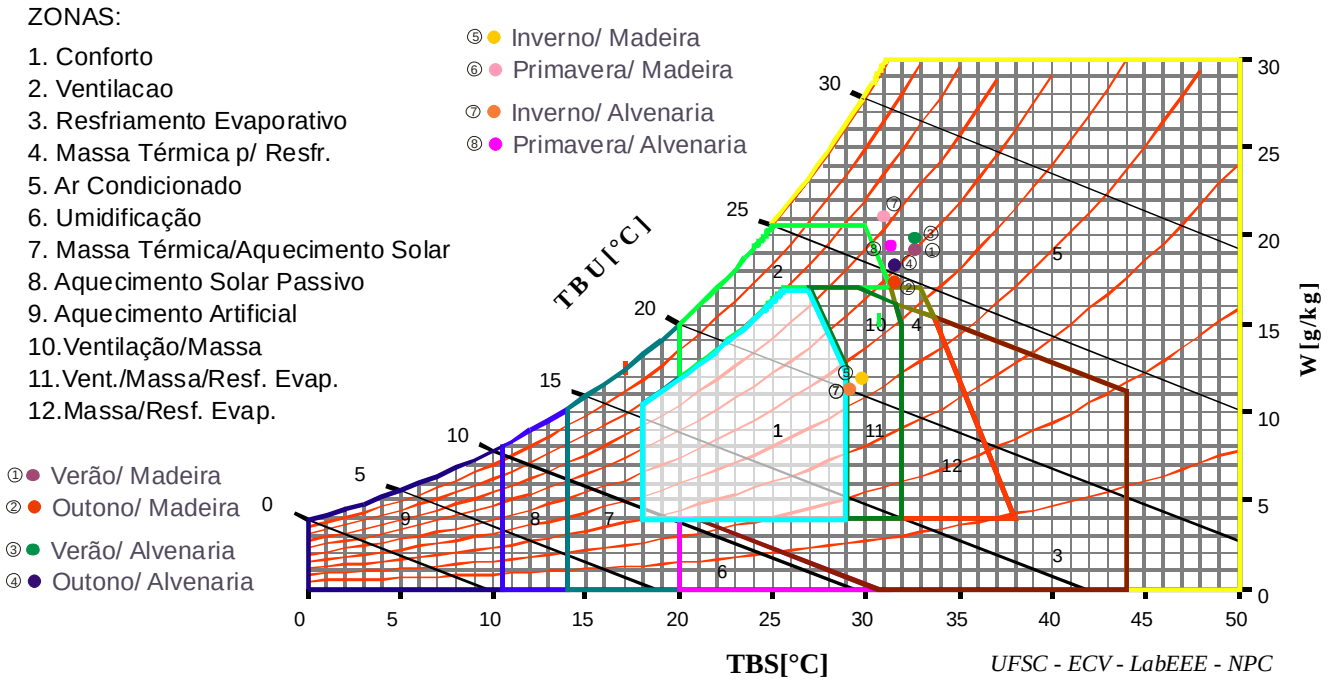


FIGURA 44 - Dados das casas avaliadas aplicados sobre diagrama do programa ANALISYS, Cuiabá/ MT

4.2. DESEMPENHO LUMÍNICO

A maior responsável pela influência do clima no conforto lumínico é a luz natural, que atende as quantidades de luz requeridas para quase todas as atividades produtivas durante grande parte do dia.

A natureza nos oferece diversas formas de obtenção de luz natural, tanto de forma direta, através dos raios solares, quanto de forma indireta, através da luz da abóbada celeste. De acordo com Romero (2001), a luz proveniente da abóbada celeste apresenta luminância própria, atuando como uma fonte secundária, resultante dos fenômenos de difusão atmosférica da luz solar. Esse tipo de luz se caracteriza por uma luz difusa, emitida em todas as direções, que provoca uma iluminância a princípio homogênea, cujos níveis de iluminação são mais confortáveis que os da luz direta solar, pois seus valores absolutos são mais baixos. Diante disto, a luz da abóbada celeste adquire maior importância dentro da iluminação natural.

Outros fatores que tornam a utilização da luz do céu mais comum são os danos derivados pela iluminância que provêm diretamente do sol, tais como ofuscamentos, calor, brilho, efeitos devastadores sobre o mobiliário, etc. (ROMERO,

2001). Porém, a luz solar apresenta vantagens relacionadas à salubridade dos ambientes evitando, portanto, o surgimento de doenças. A iluminação natural tem fundamental importância para os homens, pois imprime também benefícios de caráter psicológico. Primeiramente a sensação de vida proporcionada por este tipo de iluminação em função da sua qualidade espectral tanto em termos de intensidade quanto de cor, seguindo pela sua relação entre a integridade visual e o entorno, a noção tempo-hora e do tempo meteorológico. No entanto, a iluminação natural é bastante difícil de se manusear, em virtude da sua inconstância e disponibilidade.

A seguir são apresentados gráficos produzidos através das tabelas de medições realizadas em vinte dias a cada estação do ano. Os dados partem das oito horas da manhã, seguidos por medições horárias até as seis horas da tarde. Através destes gráficos podemos observar o comportamento da iluminação natural interna das casas sem nenhum tipo de colaboração artificial e comparar com o admitido pela NBR 5413 (1991) que define para tarefas com requisitos visuais normais e leitura uma média de 500 lux.

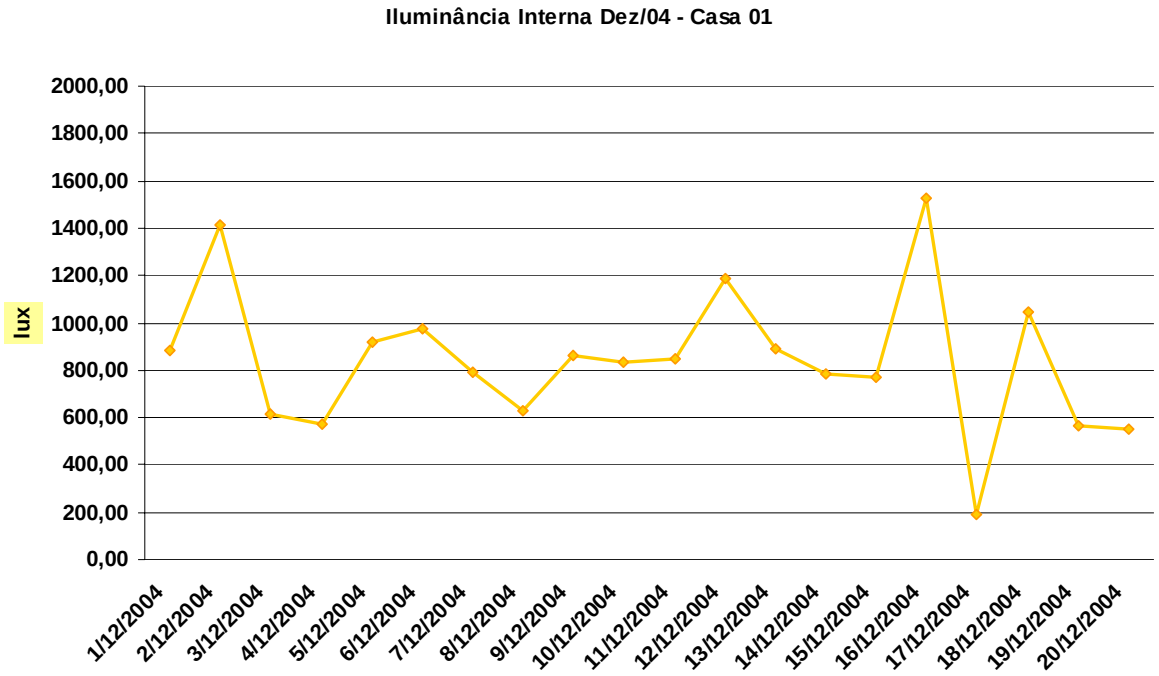


FIGURA 45 - Gráfico CASA 01 Dezembro/04 – Verão –Iluminância Interna (lux)

Podemos observar na Figura 45 o comportamento da iluminância interna da CASA 01 durante o período de Verão em Cuiabá, percebe-se que o valor médio

atinge cerca de 900 lux o que permite atividades normais inclusive de leitura sem qualquer auxílio de iluminação artificial. Já para a CASA 02 (Figura 46) a média cai para cerca de 600 lux, nível ainda aceito para as mesmas atividades, porém a diminuição se dá graças à orientação solar que difere entre as casas e pode ser observada na Figura 13 do capítulo 2.

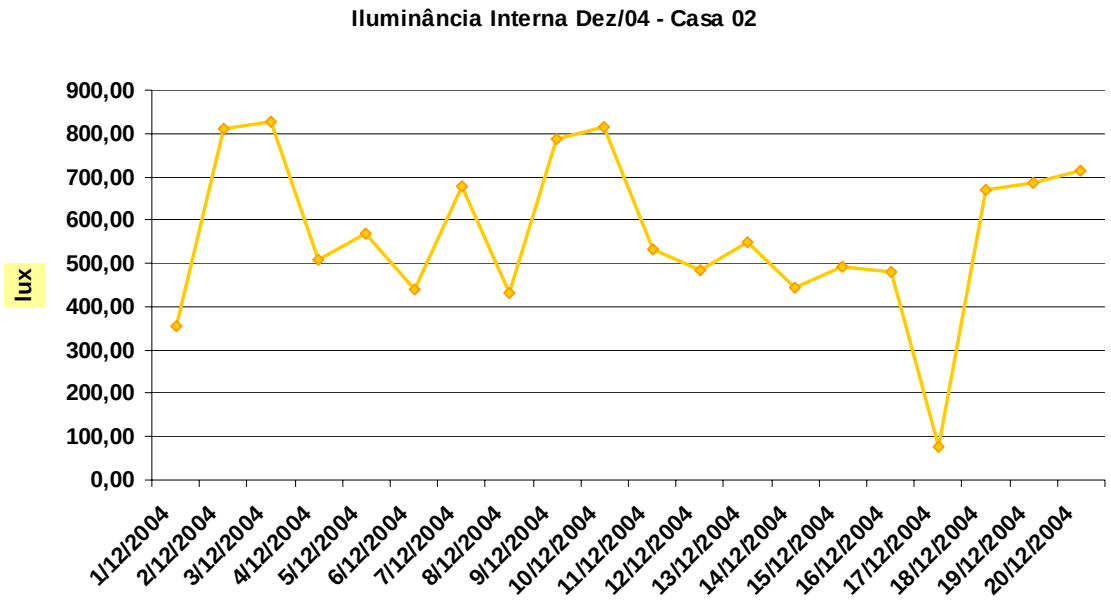


FIGURA 46 - Gráfico CASA 02 Dezembro/04 – Verão –Iluminância Interna (lux)

Nas Figuras 47 e 48 podemos observar a iluminância interna para as CASAS 01 e 02 no período de Outono. Verificamos que as médias permanecem praticamente as mesmas conservando o nível de lux nos ambientes, permitindo assim a execução das atividades mencionas ainda sem nenhum tipo de auxílio artificial em praticamente todas as horas das oito da manhã até as seis horas da tarde.

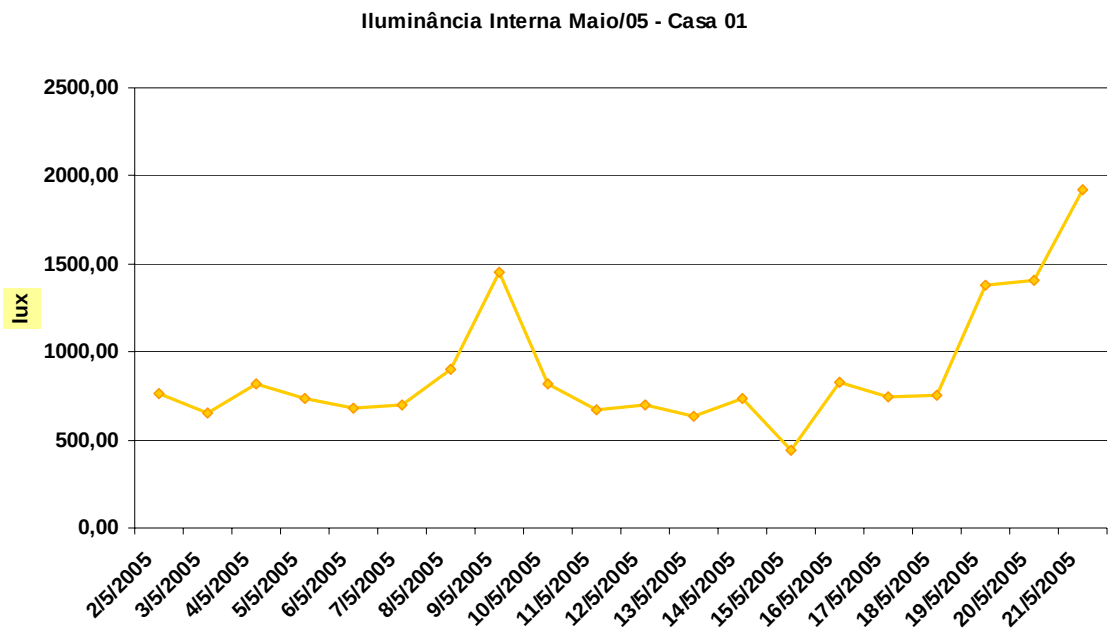


FIGURA 47 - Gráfico CASA 01 Maio/05 – Outono –Iluminância Interna (lux)

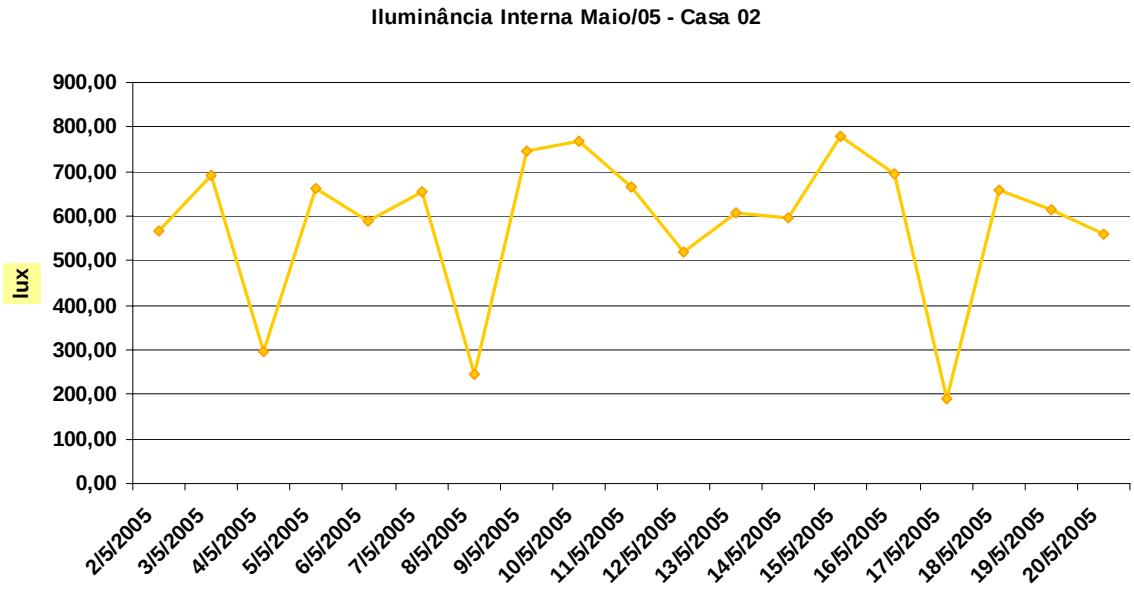


FIGURA 48 - Gráfico CASA 02 Maio/05 – Outono –Iluminância Interna (lux)

Nos gráficos referentes à estação de Inverno, Julho de 2005, verificamos na Figura 49 a queda do nível de iluminância para cerca de 700 lux na CASA 01, o que não traz dificuldades para a realização de atividades convencionais, devido às quedas de temperatura e conseqüente aumento de dias nebulosos. Na Figura 50 referente à CASA 02 percebe-se mais acentuadamente a alternância de níveis de iluminância com o passar das horas do dia, mas mantendo a média dentro dos limites.

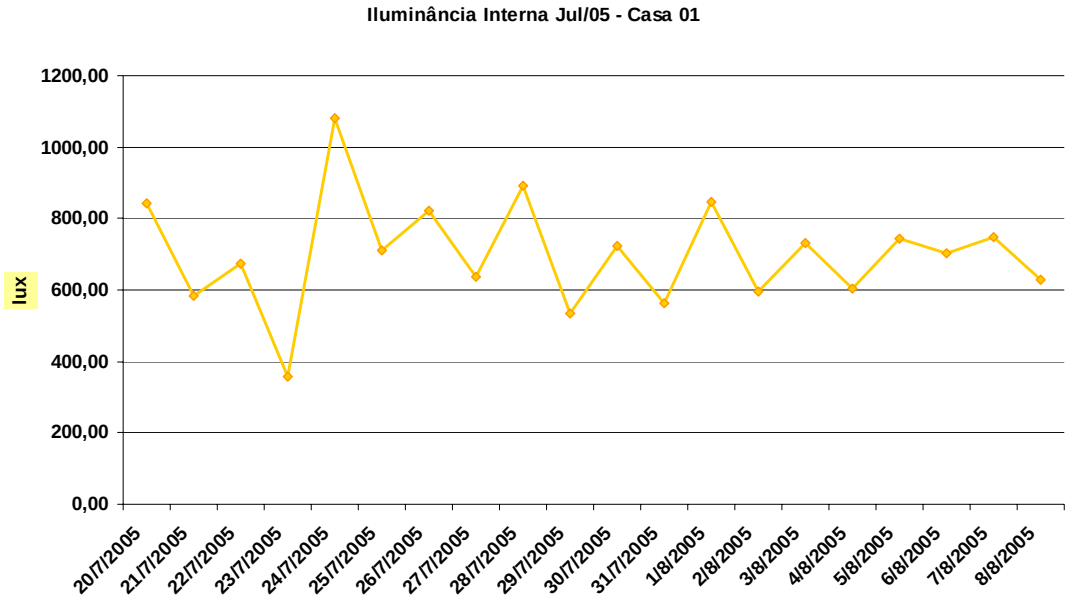


FIGURA 49 - Gráfico CASA 01 Julho/05 – Inverno –Iluminância Interna (lux)

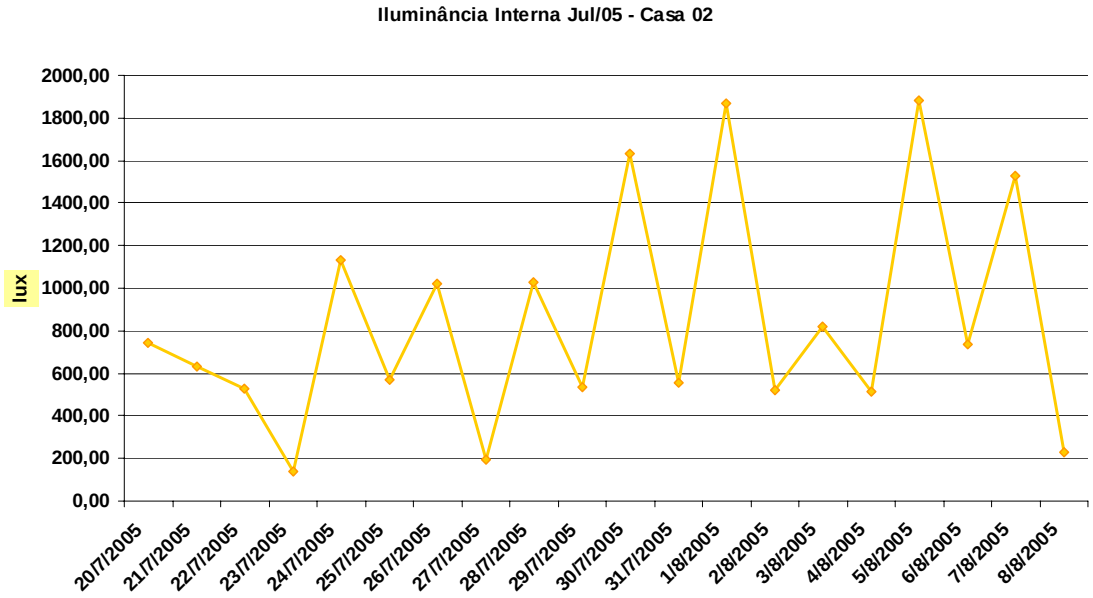


FIGURA 50 - Gráfico CASA 02 Julho/05 – Inverno –Iluminância Interna (lux)

Para o período de Outubro de 2005, Primavera, verifica-se na Figura 51 para a CASA 01 um novo aumento no nível médio de iluminância, aliado a uma maior alternância em relação às estações de Verão e Outono devido ao aumento dos índices pluviométricos que traz consigo um aumento de nebulosidade em momentos precedentes às precipitações. Na Figura 52 observamos essa mesma alternância de valores, porém com médias inferiores. Concluímos, portanto, não haver danos quanto à realização de atividades normais e de leitura na maior parte das horas estudadas nas habitações, o projeto atende muito bem às necessidades da edificação de acordo com o estabelecido pela NBR 5413 (1991).

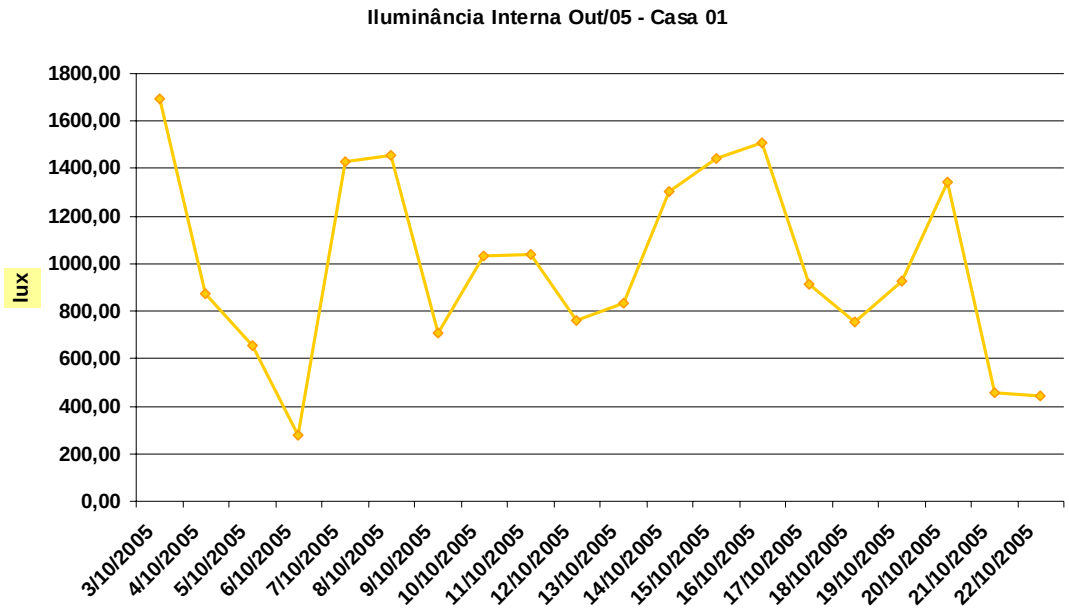


FIGURA 51 - Gráfico CASA 01 Outubro/05 – Primavera –Iluminância Interna (lux)

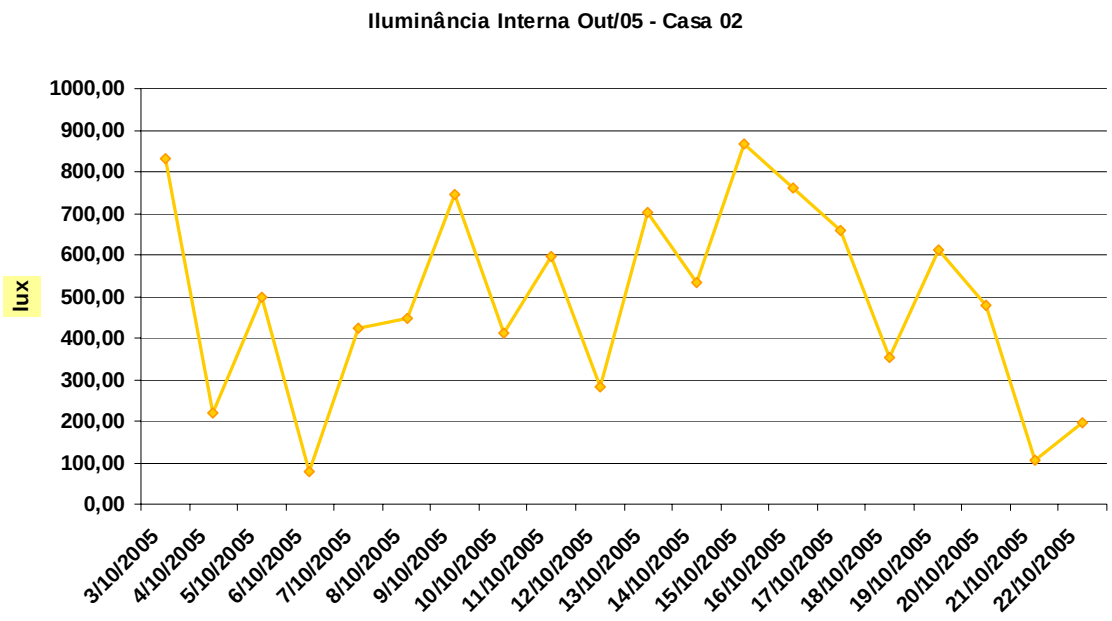


FIGURA 52 - Gráfico CASA 02 Outubro/05 – Primavera –Iluminância Interna (lux)

Com os dados climáticos fornecidos pela estação agrometeorológica do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE, foi possível efetuar-se a avaliação das edificações propostas aliando-os aos dados coletados, confeccionando-se então tabelas e gráficos que foram analisados. Percebemos através deles a clara ineficiência de ambos os padrões construtivos adotados quanto ao desempenho térmico e um satisfatório desempenho lumínico devido às altas incidências solares na região. Percebemos, porém, que o protótipo em alvenaria apresentou resultados um pouco acima do de madeira, ressaltando a possibilidade de maiores estudos e propostas de alteração nos projetos atualmente construídos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pôde-se verificar que, dentre os principais resultados concebidos ao longo do desenvolvimento deste estudo de uma forma geral, os objetivos inicialmente estabelecidos foram alcançados. Acredita-se ainda, que o presente tema de pesquisa pôde ser discutido e melhor compreendido através das etapas realizadas nesta dissertação, proporcionando subsídios para a elaboração de trabalhos futuros mais detalhados.

A constatação da relevância que está sendo dada atualmente, em nível mundial, aos aspectos relacionados ao desempenho térmico de edificações relacionados aos elementos construtivos empregados para construção de habitações, foi amplamente possibilitada pela revisão bibliográfica realizada. Neste sentido, destaca-se que a avaliação do desempenho térmico e lumínico por meio de medições in-loco pode ampliar o conhecimento sobre o tema de pesquisa, demonstrando ao mesmo tempo os problemas e vantagens com as alternativas de materiais.

A etapa de coleta de dados de campo foi realizada em duas moradias. A primeira habitação, dotada de fechamentos verticais e forro em madeira e cobertura de telhas de zinco, e a segunda, possuindo fechamentos verticais em alvenaria, sem forro e cobertura em telha cerâmica.

A partir das avaliações e análises estatísticas realizadas foi possível chegar à conclusão da ineficiência em termos de desempenho térmico dos dois casos estudados, com o padrão em alvenaria apresentando melhora pouco significativa em relação ao exemplar de madeira, pois não chega a atingir o nível de conforto desejado. Ficou assim comprovada a inadequação da tipologia adotada pelos padrões de moradia popular executados nos dias atuais na cidade de Cuiabá/MT.

Quanto ao desempenho lumínico, este se encontrou dentro de níveis considerados satisfatórios em sua maior parte devido à intensa irradiação solar durante a maior parte do ano na região.

Acredita-se que os resultados obtidos possam ser ainda melhor explorados em pesquisas futuras. Neste sentido, sugere-se a utilização de programas de simulação de desempenho térmico que podem facilitar o trabalho de comparação de dados de análise e ainda a confecção de um ano de referência para a cidade de Cuiabá que possa ser utilizado no programa ANALISYS anteriormente citado, o que colaboraria com a verificação das melhores tipologias construtivas para a cidade.

Ainda assim, espera-se haver contribuído com resultados que levem a um melhor equacionamento da questão habitacional brasileira, considerando o aspecto do desempenho térmico e lumínico de moradias populares e em especial para o clima de Cuiabá - MT.

6. BIBLIOGRAFIAS

6.1. BIBLIOGRAFIAS CITADAS

(ABNT) Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5413 – Iluminância de interiores**. Maio, 1991.

_____. **CB 02/ 136.01 – Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos– Parte 1: Requisitos gerais**. Julho, 2004.

_____. Tecnologias apropriadas e habitação social no Brasil. KRÜGER, E. L. (Org.) In: **Coletânea Tecnologias Apropriadas**, Curitiba: CEFET-PR, 2002, p. 17-22.

ANSI/ASHRAE 55, Americian Society of Heating, Ventilation and Ar Conditioning Engineers. New York. ASHRAE Standard, 1989.

ARAÚJO, M. D. DE. **Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares no litoral nordestino brasileiro.** Natal: EDUFRN, 2001.

BARBOSA, C. T. Iluminação Natural & Iluminação Teatral: Paradigmas de Construções de linguagens da Iluminação Artificial na Arquitetura. **Trabalho Programado em Pós Graduação em Estruturas Ambientais Urbanas.** São Paulo, 1997. 54 p.

BARBOSA, M. J. **Uma Metodologia para Especificar e Avaliar o Desempenho Térmico de Edificações Residenciais Unifamiliares.** 1997, 275 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

BRUNA, Paulo J. V**. Arquitetura, industrialização e desenvolvimento.** São Paulo: Perspectiva, 1983.

DUMKE, E. M. S. **Avaliação do desempenho térmico em sistemas construtivos da Vila tecnológica de Curitiba como subsídio para a escolha de tecnologias apropriadas em habitação de interesse social.** Curitiba, 2002. 227 f. Dissertação (Mestrado) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, CEFET-PR.

ELETROBRÁS - Empresa brasileira de energia elétrica, 1999. Disponível em: <www.eletrobras.gov.br>. Acesso: 01 jan, 2005.

FANGER, P. O. **Thermal comfort**. Copenhagen: Danish Technical Press, 1970.

FATHY, Hassan. **Natural Energy and Vernacular Architecture: Principles and Examples with Reference to Hot Arid Climates**. The University of Chicago Press, Chicago, 1986.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico.** Arquitetura, Urbanismo. 3.ed. São Paulo: Nobel, 1999.

GIVONI, B. **Passive and low energy cooling for buildings.** New York: Van Nostrand Renhold, 1992.

GOULART, S. V. G. **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações em Florianópolis.** 1993. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1993.

GOUVÊA, L. A. **Biocidade – Conceitos e critérios para um desenho urbano, em localidades de clima tropical de planalto.** São Paulo – SP, Editora Nobel, 2002.

IANNI, O. **A era do globalismo**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1997.
IBGE, Censos Demográficos e Contagem da População 1996. Elaborado por COOTRADE, 2002.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO 7730**. Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and especification of the conditions for themal comfort**.,** Genebra, 1994.

_____. **ISO 7726.** Thermal environments-instruments and methods for measuring physical quantities. Switzerland, 1998.

_____. I**SO 7933**. Hot environments - Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate, New York, 1989.

KOENIGSBERGER, O. H.; INGERSOLL, T. G.; MAYHEW, A & SZOKOLAY, S.V. **Vivienda y edifícios en zonas cálidas y tropicales**. Madrid: Paraninfo, 1977.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K., PINA, Silvia A. M. G., RUSCHEL, Regina C. Relatório Científico: **Elementos Sociais e Culturais da Casa Popular, Campinas-SP**. Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, Campinas, SP, Agosto, 1995.

KOWALTOWSKI, D.C. K., LABAKI, L. C; PINA, S. A. M; BERTOLI, S. R., RUSCHEL, R. C.; FAVERO E.; GOMES, V. S. **Análise de parâmetros de implantação de conjuntos habitacionais de interesse social: ênfase nos aspectos de sustentabilidade ambiental e da qualidade de vida**. Relatório parcial de projeto de pesquisa, processo FINEP 2412/00, Programa de Tecnologia de Habitação/HABITARE, UNICAMP, Campinas, SP, 2003.

KRÜGER, E. L. **Tecnologias apropriadas em habitação de interesse social.** 2002, 231 f. Dissertação (Mestrado) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2002.

KRÜGER, E. L. **Ventilação de áticos como instrumento de conservação de energia em edificações:** Análise comparativa de respostas de programas de simulação térmica de ambientes. 1993. 125 f. Dissertação (Mestrado do programa de Pós-Graduação em Engenharia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, 1993.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.

LAMBERTS, Roberto. **Desempenho Térmico de Edificações**. Apostila. Florianópolis. 2000

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles - o exemplo de São Paulo.** HUCITEC, São Paulo, 1985.

MACIEL, A. A. **Projeto bioclimático em Brasília: Estudo de caso em edifício de escritórios**. 2002. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2002.

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

MARKUS, T. A.; MORRIS, E. N. **Buildings, climate and energy.** London, Pitman, 1980.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. SUPREN/IBGE. Volume 4. 1979.

NOGUEIRA, M.C.J.A., SAMPAIO, M.M.A., DURANTE, L.C., PINTO, P.L.R.R., **Estudo do Conforto Térmico em duas Habitações de Padrão Popular em Cuiabá/MT.** Anais I Simpósio Matogrossense de Habitação de Interesse Social. CEFET-MT, Cuiabá, 2005.

OLGYAY, V. **Design with climate.** New Jersey, USA. Priceton University Press, 1963.

OLGYAY, V. **Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism.** New Jersey: Princeton University Press, 1963.

OLGYAY, Victor. **Arquitectura y Clima – Anual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas.** Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A., 1998.

PIETROBON, C. E. **Luz e calor no ambiente construído escolar e o sombreamento arbóreo:** conflito ou compromisso com a conservação de energia. 1999. 554 f. Tese

(Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

POLIÃO, M. V. (VITRÚVIO). **Da Arquitetura.** Tradução de Marco Aurélio Lagonegro. São Paulo: Hucitec; Fundação para a Pesquisa Ambiental, 1999.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **A arquitetura bioclimática do espaço público.** Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001. 226p.

RORIZ, M. **Zona de conforto térmico – Um estudo comparativo de diferentes abordagens.** Dissertação (Mestrado) – Arquitetura, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo - USP, São Carlos, 1987.

ROSA, C. A., JESUS, N. M. **A Terra da Conquista: História de Mato Grosso Colonial**. Cuiabá/MT, Editora Adriana, 2003.

RUAS, A. C. **Sistematização da avaliação de conforto térmico em ambientes edificados e sua aplicação num software.** 2002. 182 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas) – UNICAMP, Campinas, São Paulo, 2002.

SANTOS, M. **Técnica, espaço, tempo: globalização e meio técnico-científico informacional.** São Paulo: Hucitec, 1998.

SILVA, Rosinei José. Disponível em
< http://www.inf.unirondon.br/~rosinei/cuiaba.htm>. Acesso em: 03 fev.2005.

SCARAZZATO, P. S. **Investigação sobre critérios para determinação e medição dos níveis de conforto térmico.** 1988. 163 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.

XAVIER, A. A. P. **Condições de conforto térmico para Estudantes de 2º grau na região de Florianópolis**. 1999. 209 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

6.2. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, *NR 15* – **Atividades e Operações Insalubres.** Disponível em < http://www.mte.gov.br /Temas/SegSau/Legislacao/Normas>. Acesso em 17 nov. 2004.

FEIGENWINTER, Christiam. **The Vertical Structure of Turbulance above an Urban Canopy**. Tese apresentada para obtenção do título de Ph.D. Basel, 1999.
IBGE, **Censos Demográficos e Contagem da População 1996**. Elaborado por COOTRADE, 2002.

JABARDO, José Maria Saiz. **Comunicação Técnica 348 Conforto Térmico**. IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Pulo. São Paulo, 1984.

MASCARO, Lúcia Raffo de. **Luz, Clima e Arquitetura.** 3ª edição – São Paulo; Editora Nobel, 1983.

PEREDA, Elaine Cristina**. Microclimas e aprendizagem nas Escolas Municipais de Cuiabá-MT.** Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Educação. Universidade Federal de Mato-Grosso. Cuiabá, 2003.