

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA E MEIO AMBIENTE  
LINHA DE PESQUISA: CLIMATOLOGIA URBANA

**ESTUDO DAS CONDIÇÕES TÉRMICAS E LUMÍNICAS  
EM TRÊS HABITAÇÕES UNIFAMILIARES NO  
CONJUNTO HABITACIONAL GRANDE MORADA DA  
SERRA – CUIABÁ-MT**

**PAULA ROBERTA RAMOS LIBOS**

**PROFA. DRA. MARTA CRISTINA DE J. A. NOGUEIRA**  
ORIENTADORA

Cuiabá/MT, fevereiro de 2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA E MEIO AMBIENTE  
LINHA DE PESQUISA: CLIMATOLOGIA URBANA

**ESTUDO DAS CONDIÇÕES TÉRMICAS E LUMÍNICAS  
EM TRÊS HABITAÇÕES UNIFAMILIARES NO  
CONJUNTO HABITACIONAL GRANDE MORADA DA  
SERRA – CUIABÁ-MT**

**PAULA ROBERTA RAMOS LIBOS**

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

**PROFA. DRA. MARTA CRISTINA DE J. A. NOGUEIRA**  
ORIENTADORA

Cuiabá/MT, fevereiro de 2007

## FICHA CATALOGRÁFICA

L696e Libos, Paula Roberta Ramos  
Estudo das condições térmicas e lumínicas em três habitações unifamiliares no conjunto habitacional Grande Morada da Serra – Cuiabá-MT / Paula Roberta Ramos Libos. – 2007.  
vii, 122p. : il. ; color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente, 2007.

“Orientação: Profª Drª Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira”.

CDU – 697

### Índice para Catálogo Sistemático

1. Conforto térmico – Avaliação do desempenho
2. Habitação popular – Conforto térmico
3. Habitação social – Cuiabá (MT)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA E MEIO AMBIENTE  
LINHA DE PESQUISA: CLIMATOLOGIA URBANA**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**Título: ESTUDO DAS CONDIÇÕES TÉRMICAS E LUMÍNICAS EM TRÊS  
HABITAÇÕES UNIFAMILIARES NO CONJUNTO HABITACIONAL GRANDE  
MORADA DA SERRA – CUIABÁ-MT**

**Autora: PAULA ROBERTA RAMOS LIBOS**

Dissertação defendida e aprovada em 28 de fevereiro de 2007, pela comissão julgadora:

Profa. Dra. Léa Cristina Lucas de Souza  
Universidade Estadual Paulista/UNESP-Bauru  
Examinador Externo

Prof. Dr. Carlo Ralph Musis  
Universidade de Cuiabá - UNIC  
Examinador Interno

Profa. Dra. Marta Cristina de J. A. Nogueira  
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia/UFMT  
Orientadora

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho ao meu DEUS em primeiro lugar, que tudo me permite.

À minha mãe, Madalena, pelo total apoio e incentivo de sempre, ao meu pai, Paulo, “in memoriam” e ao meu filho Daniel.

## **AGRADECIMENTOS**

- ⇒ À Profa. Dra. Marta Cristina de J. A. Nogueira, pela exímia orientação, dedicação e pelo incentivo dado no decorrer do curso, desde a elaboração do projeto de pesquisa, fornecimento de bibliografia, acompanhamento e orientação em todo o processo de medição e pesquisas, indicação da forma de apresentação e a correção incansável de todo o texto.
- ⇒ Aos meus colegas do programa de Pós-graduação pela convivência e troca de experiências, em especial, Osvaldo Borges e Andreza Thiesen Laureano, que sempre me auxiliaram nas aulas, e pela amizade desenvolvida.
- ⇒ Aos moradores e família das casas selecionadas para estudo em Cuiabá: Meirele Moraes (casa 01); Izabel Moraes (casa 02); e José Maria de Andrade (casa 03), pela disposição em permitir por 15 dias corridos em todas as estações do ano, a coleta de dados em suas casas;
- ⇒ Às estagiárias da iniciação científica, Karyna Rosseti, Fernanda Franco, Priscila Thiery, Carolina Maciel, Natália Pelissari, Louise Logsdon, Rejane Faria, estagiário José Erivan Junior. Ângela Santana de Oliveira, Alyson Xavier e Flávia Santos da turma de mestrado de 2006, que muito me ajudaram durante os períodos das medições;
- ⇒ Ao Coordenador do Curso de Pós-graduação, José de Souza Nogueira, pelo empenho na criação e andamento deste curso;
- ⇒ Aos Professores que passaram os ensinamentos necessários;
- ⇒ À secretária do curso e amiga de todos, Soilce, pela grande ajuda nas horas necessárias;
- ⇒ Aos meus colegas arquitetos, José Maria de Andrade, em especial, o arquiteto Eduardo Cairo Chiletto, que tem me ajudado a superar

os obstáculos, e sempre estive disposto a me orientar me incentivando ao estudo contínuo;

- ⇒ Ao Departamento de Física pelo curso oferecido;
- ⇒ Aos técnicos Bosco, Natalino e Roberto pelo auxílio na montagem dos equipamentos para as apresentações;
- ⇒ À Fapemat, pela bolsa de estudos durante os anos de 2005 a 2007.
- ⇒ A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

|                                                                                     |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>LISTA DE FIGURAS.....</b>                                                        | <b>i</b>   |
| <b>LISTA DE TABELAS.....</b>                                                        | <b>iii</b> |
| <b>LISTA DE QUADROS.....</b>                                                        | <b>iv</b>  |
| <b>RESUMO.....</b>                                                                  | <b>vi</b>  |
| <b>ABSTRACT.....</b>                                                                | <b>vii</b> |
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>                                                           | <b>1</b>   |
| 1.1 PROBLEMÁTICA.....                                                               | 1          |
| 1.2 JUSTIFICATIVA.....                                                              | 2          |
| 1.3 DELIMITAÇÃO DO CAMPO DE TRABALHO.....                                           | 3          |
| 1.4 METODOLOGIA UTILIZADA.....                                                      | 3          |
| <b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>                                                | <b>5</b>   |
| 2.1 INTRODUÇÃO.....                                                                 | 5          |
| 2.2 CLIMA.....                                                                      | 6          |
| 2.2.1 Classificação do clima.....                                                   | 7          |
| 2.2.2 Climas que ocorrem no Brasil.....                                             | 10         |
| 2.2.3 Caracterização climática da Região Centro-Oeste.....                          | 12         |
| 2.3 O CLIMA URBANO.....                                                             | 13         |
| 2.3.1 O Clima na Capital de Mato Grosso.....                                        | 14         |
| 2.4 METODOLOGIAS NACIONAIS PARA AVALIAR O<br>DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES..... | 16         |
| 2.4.1 Pesquisas e Experimentos em São Paulo.....                                    | 16         |
| 2.4.2 Pesquisas e Experimentos no Rio Grande do Sul.....                            | 18         |
| 2.4.3 Pesquisas e Experimentos em Florianópolis.....                                | 19         |
| 2.4.4 Pesquisas e Experimentos no Paraná.....                                       | 20         |
| 2.5 ÍNDICES E ESCALAS DE CONFORTO TÉRMICO.....                                      | 20         |
| 2.5.1 Princípios Básicos de Conforto Térmico.....                                   | 23         |
| 2.6 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO CONFORTO<br>TÉRMICO.....                                | 27         |
| 2.6.1 Zonas de Conforto.....                                                        | 28         |
| 2.6.2 Carta Bioclimática de Olgyay.....                                             | 29         |
| 2.6.3 Carta Bioclimática de Givoni (atualizada em 1992) .....                       | 29         |
| 2.6.4 Zona de Conforto de Szokolay.....                                             | 31         |
| 2.6.5 Zona de Conforto da ASHRAE.....                                               | 32         |
| 2.6.6 Norma Brasileira de Avaliação do Desempenho Térmico<br>desde 1990.....        | 33         |
| 2.7 ILUMINAÇÃO E ARQUITETURA.....                                                   | 34         |
| 2.7.1 Luz.....                                                                      | 34         |
| 2.7.2 Radiação Infravermelha.....                                                   | 34         |
| 2.7.3 Leis Fundamentais da Iluminação.....                                          | 34         |



|           |                                                                      |           |
|-----------|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.7.4     | Propriedades óticas dos materiais.....                               | 34        |
| 2.7.4.1   | Reflexão.....                                                        | 35        |
| 2.7.4.2   | Absorção.....                                                        | 36        |
| 2.7.4.3   | Transmissão.....                                                     | 36        |
| 2.7.4.4   | Refração.....                                                        | 37        |
| 2.8       | CARACTERÍSTICAS DA ILUMINAÇÃO NATURAL.....                           | 38        |
| 2.8.1     | Fontes de Luz.....                                                   | 38        |
| 2.8.1.1   | O sol.....                                                           | 38        |
| 2.8.1.2   | Entorno como fonte de luz.....                                       | 38        |
| 2.8.2     | Sistema de Iluminação Natural (Zenitais e Laterais) e o projeto..... | 39        |
| 2.8.3     | Localização e forma das janelas.....                                 | 40        |
| 2.8.3.1   | Janelas altas e baixas.....                                          | 40        |
| 2.8.3.2   | Janelas altas e estreitas.....                                       | 41        |
| 2.8.3.3   | Janelas largas e horizontais.....                                    | 41        |
| 2.8.3.4   | Janelas em paredes opostas.....                                      | 42        |
| 2.8.3.5   | Janelas em paredes adjacentes.....                                   | 42        |
| 2.8.3.6   | Obstruções externas.....                                             | 43        |
| 2.9       | DADOS CLIMÁTICOS.....                                                | 43        |
| 2.9.1     | Ano Climático .....                                                  | 48        |
| 2.9.2     | Disponibilidade de Dados Climáticos para a Cidade de Cuiabá-MT.....  | 50        |
| 2.10      | ARQUITETURAE CLIMA.....                                              | 51        |
| 2.11      | A EVOLUÇÃO DA ARQUITETURA NO BRASIL.....                             | 53        |
| 2.11.1    | A Evolução da Arquitetura em Cuiabá.....                             | 56        |
| 2.12      | A HABITAÇÃO SOCIAL NO BRASIL.....                                    | 60        |
| <b>3.</b> | <b>ÁREA DE ESTUDO.....</b>                                           | <b>63</b> |
| 3.1       | INTRODUÇÃO.....                                                      | 63        |
| 3.2       | CIDADE DE CUIABÁ.....                                                | 64        |
| 3.3       | A REGIÃO NORTE.....                                                  | 65        |
| 3.4       | O BAIRRO GRANDE MORADA DA SERRA.....                                 | 66        |
| 3.5       | DESCRIÇÃO DE CADA UNIDADE HABITACIONAL SELECIONADA PARA ESTUDO.....  | 66        |
| 3.5.1     | Casa 1.....                                                          | 68        |
| 3.5.2     | Casa 2.....                                                          | 71        |
| 3.5.3     | Casa 3.....                                                          | 74        |
| <b>4.</b> | <b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>                                      | <b>78</b> |
| 4.1       | MATERIAIS.....                                                       | 78        |
| 4.1.1     | Seleção das Unidades Habitacionais para Estudo.....                  | 78        |
| 4.1.2     | Equipamentos Utilizados na Coleta.....                               | 79        |
| 4.1.2.1   | Termômetro de globo digital.....                                     | 79        |

|            |                                                              |            |
|------------|--------------------------------------------------------------|------------|
| 4.1.2.2    | Radiômetro infravermelho com mira laser digital portátil ... | 79         |
| 4.1.2.3    | Luxímetro digital portátil.....                              | 80         |
| 4.1.2.4    | Anemômetro.....                                              | 81         |
| 4.2        | MÉTODOS.....                                                 | 81         |
| 4.2.1      | Coleta de Dados In Loco.....                                 | 81         |
| 4.2.1.1    | Períodos de coleta de dados.....                             | 82         |
| 4.2.1.2    | Tipos de dados coletados.....                                | 82         |
| 4.2.1.3    | Quantidade de dados coletados.....                           | 83         |
| 4.2.1.4    | Locais de realização da coleta de dados na habitação.....    | 83         |
| <b>5.0</b> | <b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS..</b>               | <b>86</b>  |
| 5.1        | ANÁLISE POR VARIÁVEL: DIFERENTES SAZONALIDADES.....          | 86         |
| 5.1.1      | Análise Temperatura e Umidade Relativa.....                  | 86         |
| 5.1.2      | Análise da Temperatura das Paredes.....                      | 91         |
| 5.1.3      | Análise da Ventilação.....                                   | 99         |
| 5.1.4      | Análise da Iluminação.....                                   | 102        |
| <b>6.</b>  | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                            | <b>109</b> |
| <b>7.</b>  | <b>BIBLIOGRAFIAS.....</b>                                    | <b>111</b> |
| 7.1        | BIBLIOGRAFIAS CITADAS.....                                   | 111        |
| 7.2        | BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS.....                               | 113        |
| <b>8.</b>  | <b>ANEXOS.....</b>                                           | <b>116</b> |
| 8.1        | ANEXO A – Ficha de caracterização preliminar das casas..     | 117        |
| 8.2        | ANEXO B – Mapa de biomas.....                                | 118        |
| 8.3        | ANEXO C – Mapa de ilha de calor.....                         | 119        |
| <b>9.</b>  | <b>GLOSSÁRIO.....</b>                                        | <b>120</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|           |                                                             |    |
|-----------|-------------------------------------------------------------|----|
| Figura 01 | Mapa climático do Brasil.....                               | 10 |
| Figura 02 | Mapa Médias Anuais de Temperatura.....                      | 12 |
| Figura 03 | Reflexão de superfície especular, difusa e composta.....    | 36 |
| Figura 04 | Transmissão de superfície especular, difusa e composta..... | 37 |
| Figura 05 | Mapa do Brasil/Mato Grosso.....                             | 63 |
| Figura 06 | Mapa do Município de Cuiabá.....                            | 64 |
| Figura 07 | Mapa do Bairro Grande Morada da Serra.....                  | 66 |
| Figura 08 | Localização das habitações no conjunto habitacional.....    | 67 |
| Figura 09 | Implantação/Situação da casa 1.....                         | 68 |
| Figura 10 | Fachada leste da casa 1.....                                | 69 |
| Figura 11 | Fachada leste da casa 1.....                                | 69 |
| Figura 12 | Fachada oeste da casa 1.....                                | 69 |
| Figura 13 | Planta Baixa casa 1.....                                    | 70 |
| Figura 14 | Implantação/Situação da casa 2.....                         | 71 |
| Figura 15 | Fachada Leste da casa 2.....                                | 72 |
| Figura 16 | Fachada Leste da casa 2.....                                | 72 |
| Figura 17 | Fachada Sul da casa 2.....                                  | 72 |
| Figura 18 | Fachada Leste da casa 2.....                                | 72 |
| Figura 19 | Fachada Oeste Leste da casa 2.....                          | 72 |
| Figura 20 | Planta Baixa casa 2.....                                    | 73 |
| Figura 21 | Implantação/Situação da casa 3.....                         | 74 |
| Figura 22 | Fachada Leste da casa 3.....                                | 75 |
| Figura 23 | Fachada Sul da casa 3.....                                  | 76 |
| Figura 24 | Fachada Sul da casa 3.....                                  | 76 |
| Figura 25 | Fachada Leste da casa 3.....                                | 76 |
| Figura 26 | Planta Baixa casa 3.....                                    | 77 |

|           |                                                              |    |
|-----------|--------------------------------------------------------------|----|
| Figura 27 | Termômetro de Globo Digital da marca Instrutherm.....        | 79 |
| Figura 28 | Radiômetro infravermelho com mira laser digital portátil.... | 80 |
| Figura 29 | Luxímetro digital portátil.....                              | 80 |
| Figura 30 | Anemômetro.....                                              | 81 |
| Figura 31 | Planta Baixa do ambiente casa 1.....                         | 83 |
| Figura 32 | Planta Baixa do ambiente casa 2.....                         | 84 |
| Figura 33 | Planta Baixa do ambiente casa 3.....                         | 84 |

## LISTA DE TABELAS

|           |                                                    |    |
|-----------|----------------------------------------------------|----|
| Tabela 01 | Métodos para determinação do conforto térmico..... | 28 |
| Tabela 02 | Período de Dados Coletados.....                    | 72 |

## LISTA DE QUADROS

|           |                                                                                                                               |    |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1  | Médias de temperatura radiante, bulbo seco e umidade relativa por estação e casa .....                                        | 77 |
| Quadro 2  | Teste de Tamhane para as variáveis temperatura radiante, temperatura de bulbo seco e umidade relativa por estação do ano..... | 78 |
| Quadro 3  | Teste de Tamhane para as variáveis temperatura radiante, temperatura de bulbo seco e umidade relativa por casa.....           | 80 |
| Quadro 4  | Teste de Tamhane para as variáveis associadas às medidas internas do radiômetro por estação do ano.....                       | 81 |
| Quadro 5  | Teste de Tamhane para as variáveis associadas às medidas de radiação interna por casa.....                                    | 83 |
| Quadro 6  | Teste de Tamhane para as variáveis associadas às medidas de radiação no forro e piso por estação do ano .....                 | 85 |
| Quadro 7  | Teste de Tamhane para as variáveis associadas às medidas de radiação no forro e piso por casa .....                           | 86 |
| Quadro 8  | Médias de radiação do forro e piso por estação e casa .....                                                                   | 86 |
| Quadro 9  | Teste de Tamhane para as variáveis associadas às medidas de radiação externa por casa .....                                   | 87 |
| Quadro 10 | Teste de Tamhane para as variáveis associadas às medidas de radiação externa por estação do ano.....                          | 88 |
| Quadro 11 | Teste de Tamhane para as variáveis associadas às medidas de velocidade do vento interna e externa por estação do ano.....     | 91 |
| Quadro 12 | Teste de Tamhane para as variáveis associadas às medidas de velocidade do vento interna e externa por casa.....               | 92 |
| Quadro 13 | Teste de Tamhane para as variáveis associadas às medidas do luxímetro nos pontos internos por casa.....                       | 94 |
| Quadro 14 | Teste de Tamhane para as variáveis associadas às medidas do luxímetro nos pontos internos por estação do ano.....             | 95 |
| Quadro 15 | Teste de Tamhane para as variáveis associadas às medidas do luxímetro nos pontos externos por casa.....                       | 97 |

|           |                                                                                                                   |    |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 16 | Teste de Tamhane para as variáveis associadas às medidas do luxímetro nos pontos externos por estação do ano..... | 98 |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

LIBOS, P. R. R. – **Estudo das Condições Térmicas e Lumínicas em Três Habitações Unifamiliares no Conjunto Habitacional Grande Morada da Serra – Cuiabá-MT.** 2007. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente), Departamento de Física, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso. 122f. Cuiabá, MT.

## RESUMO

A temperatura ambiente de uma edificação exerce influência sobre o estado físico e psíquico das pessoas, assim o trabalho dos profissionais projetistas não se resume somente em atender às necessidades de segurança e comodidade dos usuários dos ambientes por eles projetados, também é importante o empenho em criar um local favorável para o crescimento da família. Nos dias atuais, muito se tem preocupado com a questão de habitação, mas pouco se avalia e discute o impacto que essa habitação gera em termos sociais, econômicos e, menos ainda, em sua influência direta no conforto, em todos os sentidos, do homem, do entorno, visual e, em especial, conforto térmico. Foi analisado de que modo a alteração no sistema construtivo pode influenciar no efeito sobre o comportamento térmico e conforto do homem no interior de uma habitação pós-ocupada. O estudo foi realizado através de medições in loco, avaliando três edificações, habitadas, de mesma característica construtiva inicial, e num mesmo conjunto habitacional já estruturado, duas delas com alterações em seu partido arquitetônico original, situadas no conjunto habitacional Grande Morada da Serra em Cuiabá – MT. As coletas de dados foram estipuladas em função das estações do ano, sendo: março/2006 – estação chuvosa (verão); maio/2006 – período de transição (outono); agosto/2006 – período de temperaturas mais amenas e de estação seca (inverno); novembro/2006 – período de transição da estação seca para chuvosa (primavera). As variáveis analisadas foram: temperatura radiante, umidade relativa, temperatura das superfícies de fechamento, intensidade de iluminação, e fluxo de ar. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente com o programa SPSS 14.0; através desta análise foi possível constatar que os materiais estudados não apresentaram, de forma geral, diferenças significativas para as análises específicas de cada período. Sendo assim, torna-se evidente que o sistema construtivo é, antes de tudo, um dos principais responsáveis pelo conforto térmico.

**Palavras-chave:** conforto térmico; habitação social; avaliação do desempenho térmico.



LIBOS, P.R.R. - **The study of Thermal Conditions and Luminosity in Three housing living quarters of Morada da Serra - Cuiabá-MT.** 2007. Dissertation ( Master's degree in Physics and Environment), Physics Department, Institute of Science and Soil , University of Mato Grosso. 122 p. Cuiabá, MT.

## ABSTRACT

The environmental temperature of a construction influences the physical and psychic condition of people, thus, the work of professional designers is not only to meet the safety needs and comfortableness of users. It is also important the effort in creating a suitable environment for the family development.

Nowadays, much has been done for the housing issues, although, little is evaluated and discussed when concerning the impact that housing creates in social and economical terms and even less, on its direct influence on comfort in all ways, such as human, surrounding, visual and specially, the thermal comfort.

It will be analyzed in each way, how the changes in the constructive system can influence the effects on thermal behavior and comfort of people inside a residence after being occupied.

The research was done through measurements in loco, evaluating three buildings, inhabited, of the same building characteristics, and in the same living quarters, already organized, two of them already with changes on its original architecture, located on the living quarters of Grande Morada da Serra in Cuiabá/ MT. The collection of data were stipulated considering the seasons of the year, according to March/ 2006-raining season (summer); May/2006- transitional period (fall); August/2006- a period of lower temperatures and dry season(winter); November/2006- period of transition between dry to rainy seasons (spring).

The variables analyzed were: environmental temperature, relative humidity, the temperature of enclosed surfaces, intensity of illumination and air flow. The data obtained were analyzed statistically with the program SPSS 14.0, trough that analysis it was possible to certify that the materials studied did not present, in a general way, differences to the specific analysis of each period.

Therefore, it's evident that the constructive system is, nonetheless, one of the main responsible for the thermal comfort.

**Key words:** thermal comfort, social housing, evaluation of the thermal performance.

# **1 INTRODUÇÃO**

## **1.1 Problemática**

O inadequado sistema construtivo das habitações populares acarreta diversos fatores negativos no desempenho térmico e lumínico das habitações. Sabe-se que a habitação de um modo geral é tema de discussões e preocupação em todo o mundo. Para se ter uma idéia, só as habitações tem uma representatividade de 15% dos investimentos mundiais, segundo o Sinduscon (Sindicato das Indústrias da Construção).

No presente trabalho, será abordado, em específico, o problema da habitação popular, que é muito discutida em caráter mundial, sempre com o objetivo de se cumprir metas sociais e políticas, mas com pouca preocupação sobre uma padronização regional, devido as diferentes variedades climáticas, principalmente em Cuiabá, no Estado de Mato Grosso.

Sempre se preocupa com a implantação de conjuntos habitacionais populares, normalmente construídos sob uma restrição econômica, e com baixo desempenho térmico, as habitações acabam sofrendo uma intervenção arquitetônica pós-ocupação, visando sempre uma melhoria e adequação no ambiente construído.

Em tempos antigos, toda a comunidade participava na construção das moradias, as casas eram construídas com um sentimento natural em relação ao lugar, aos materiais e ao uso, e o resultado era uma habitação agradável e aparentemente adequada à região e clima, apesar das limitações com relação aos materiais e técnicas de construção apropriados.

Hoje existe a preocupação apenas em se habitar, normalmente desprovida de qualquer qualidade preocupa-se apenas com custos e prazos. Os conjuntos habitacionais, com projeto padrão, abrigam diferentes famílias em uma solução construtiva mal-elaborada, com pouco espaço e nenhum conforto.

Como já se usa uma pré-padronização para habitação de interesse social, onde se estima baixo custo de construção em primeiro lugar, e se busca atender a população mais carente, não se tem a preocupação com diversidade e melhoria no desempenho térmico e lumínico.

Esse trabalho estudou a influência das alterações construtivas em habitações de interesse social, onde se pode desenvolver e adaptar novas soluções, para futuras alterações, em sistemas construtivos originais, sem perder de vista o mais importante: o conforto do usuário.

## 1.2 Justificativa

Para que a arquitetura seja realmente apropriada ao meio ambiente, muitas vezes se deve tratar da interação de cinco elementos: a temperatura do ar, a radiação solar, o vento, a umidade e as precipitações.

Conhecendo os problemas socioeconômicos e as dificuldades dos programas habitacionais na implantação de conjuntos, sabe-se que esses cinco elementos são importantes para o bom desempenho porém passam despercebidos nos projetos de implantação.

Devido à vasta extensão territorial do Brasil, com diferentes regiões climáticas, a ausência de uma padronização construtiva por região leva o governo a buscar soluções imediatistas tentando suprir o déficit habitacional, não se preocupando com a realidade climática regional, mas apenas com o custo.

A arquitetura é uma particularidade de cada indivíduo. Uma mesma pessoa pode ver a arquitetura de várias formas, mas ela sabe muito bem o que lhe é confortável ou não, o que é adequado ao seu estilo de vida, as dimensões e necessidades da família.

É a preocupação com a pós-ocupação que abordamos no presente trabalho, onde os usuários de habitações sociais têm o direito a uma melhoria no conforto de sua habitação.

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar três habitações, consideradas populares, localizadas em um conjunto habitacional já estruturado e totalmente

desenvolvido, onde uma encontra-se com seu sistema construtivo original e as demais já sofreram diferentes intervenções, buscando a melhoria e adequação aos seus usuários.

Foi avaliada a influência que tais alterações no sistema construtivo causaram no conforto do ambiente construído e pós-ocupado, verificando a forma de uso desse ambiente e de seu ocupante, entendendo o impacto causado pela alteração sem um estudo apropriado onde influenciam diretamente a temperatura radiante, umidade relativa, iluminação natural e ventilação natural afetando no conforto dos seres vivos.

### 1.3 Delimitação do Campo de Trabalho

Toda parte experimental do trabalho foi realizada em unidades habitacionais padrão COHAB, na cidade de Cuiabá-MT, e os dados climáticos utilizados foram obtidos nas fontes existentes na região com medições “in loco”.

Foram analisadas, individualmente, 3 (três) habitações em uso, na Grande Morada da Serra, com características construtivas semelhantes, porém uma delas ainda em seu padrão original, usada como referência, e as outras duas com alterações no seu sistema construtivo, forma e função dos ambientes, número de ocupantes e materiais utilizados.

### 1.4 Metodologia Utilizada

Inicialmente foi feita uma revisão bibliográfica no capítulo 2, para conhecimento das experiências realizadas no Brasil e no exterior, envolvendo a questão de metodologias para a avaliação de desempenho térmico. Demais questões interdependentes surgiram ao longo do trabalho como consequência da primeira questão abordada, tais como estabelecimento de zona de conforto térmico, dados climáticos e a evolução da habitação.

Esta pesquisa teve o objetivo específico de verificar o sistema construtivo, pós-ocupado em habitação unifamiliar com alterações no partido construtivo original, assim no capítulo 3 é demonstrada a área de estudo em questão.

O capítulo 4 trata da aplicação dos métodos escolhidos, sintetizando os passos percorridos para levantamento, tratamento e processamento dos materiais necessários para o objetivo do estudo. Buscou-se apresentar a avaliação da melhor forma. Paralelamente foram levantados dados construtivos das unidades habitacionais estudadas e foram feitas medições in loco para serem usados como referência para a análise.

No capítulo 5 foram apresentados e analisados os resultados obtidos nas habitações, mostrando as diferenças entre os sistemas construtivos e através de análise comparativa das variáveis de períodos coletados.

O capítulo 6 trata das considerações finais do trabalho, concluindo as análises apresentadas.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Introdução**

Os estudos e pesquisas desenvolvidas no Brasil na área de avaliação do desempenho térmico de residências unifamiliares vem crescendo bastante, principalmente no sudeste e sul do País que é onde mais vêm se destacando.

Os estudos, nessa área, reúnem informações com características climáticas específicas, assim pode-se compreender a caracterização dos climas regionais, distinguindo-se a avaliação do desempenho térmico em edificações residenciais unifamiliares de uma forma mais concreta, permitindo alcançar resultados em conformidade com as metodologias e normalização nacional.

Entre as pesquisas que vêm sendo realizadas no Brasil, podem-se destacar os trabalhos desenvolvidos no IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológica de São Paulo), no CIENTEC (Fundação de Ciência e Tecnologia, de Direito privado, vinculado à Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul) e no LABEEE (Laboratório de Eficiência Energética de Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina).

Essas pesquisas vêm se destacando e possibilitando a implantação de uma metodologia específica para as avaliações, de fácil aplicação, podendo ser adaptáveis a um tipo construtivo regional e climático.

BARBOSA (1997), em suas citações, comenta que as normas da França e a do Estado da Califórnia, nos EUA, se sobressaem por explicitarem uma forma de alcançar conformidade através de pacotes de soluções construtivas, que são possíveis de se implantar na metodologia específica para avaliação do desempenho térmico em edificações residenciais unifamiliares no Brasil. As pesquisas identificaram os índices e zonas de conforto térmico e são aplicáveis na metodologia específica para avaliação do desempenho térmico em edificações, quando observadas as características climáticas específicas.

No Estado de Mato Grosso, os registros dos dados climáticos e série temporal representativa são muito escassos, isso dificulta a obtenção de um tipo climático representativo, apesar disso foi possível avaliar o desempenho térmico em função de dados e variáveis obtidos nas medições in loco.

## 2.2 Clima

Para MASCARÓ (1991), tempo é o estado atmosférico em certo momento, considerado em relação a todos os fenômenos meteorológicos: temperatura, vento, umidade etc. Esse estado é essencialmente variável. Entretanto num determinado lugar, em meio a essas contínuas mudanças, distingue-se algo de constante, de previsível, que se constitui o que se chama CLIMA.

Assim o clima pode ser definido como a função característica e permanente do tempo, num lugar, em meio a suas múltiplas variações, os elementos mais importantes, que têm forte efeito no nível de conforto do ambiente interno são: o sol (luz e calor), a umidade, temperatura, vento e precipitação, todos esses elementos são afetados pelo lugar e seu entorno: o microclima, às vezes chamado de clima do lugar, dentro de um macroclima mais amplo.

Segundo MONTEIRO (2003), as transformações na população mundial, bem como o processo de urbanização, geraram cidades com expressiva degradação das condições de vida e de ambiente urbano, consequência de uma queda da qualidade da atmosfera urbana e dos problemas humanos a ela correlatos apresentou intensificação paulatina no momento mais atual.

Em 1977, a Organização Mundial de Meteorologia propôs o estudo do clima baseando-se na importância das interações entre atmosfera e a superfície terrestre, sendo chamado de sistema climático e constituindo o modelo climático global, CAMPELO Jr. et al. (1991).

Novas pesquisas e trabalhos foram iniciados e, a partir desse estudo proposto, vários pesquisadores buscaram apresentar uma nova visão da influência do clima e seus fatores no sistema atmosférico. Tais modificações climáticas podem ser em áreas urbanas, em maior incidência, resultando em verdadeiras Ilhas de Calor.

GOMES (1980) *apud* ROMERO (2000), faz uma diferenciação entre elementos meteorológicos ou climáticos e fatores climáticos, atribuindo aos primeiros à função de definir o clima e aos segundos a função de dar-lhes origem ou

determiná-los. Os fatores climáticos seriam: radiação solar, circulação atmosférica, repartição das terras e dos mares, relevo do solo, correntes marítimas, revestimento do solo. Os elementos do clima seriam: temperatura do ar, regime dos ventos, umidade do ar, nebulosidade e precipitações.

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

### 2.2.1 CLASSIFICAÇÃO DO CLIMA

A classificação climática auxilia no estabelecimento e generalidades das regiões climáticas, que são qualquer porção da superfície da Terra com elementos climáticos e características similares.

Devemos considerar três níveis para diferenciar escalas climáticas e dessa forma procuramos identificar o clima por meio de uma divisão ordenada e hierárquica, sendo elas: macroclima, mesoclima e microclima de modo a permitir que cada uma delas possa ser relacionada com a imediatamente superior e inferior.

Segundo TONIETTO & MANDELLI (2005) *apud* ALMEIDA JÚNIOR (2005) devem-se considerar três níveis para diferenciar escalas climáticas:

1. MACROCLIMA: Podendo ser chamado de clima original ou clima regional é o resultado da situação geográfica e orográfica. Corresponde ao clima médio ocorrente num território relativamente vasto, exigindo, para sua caracterização, dados de um conjunto de postos meteorológicos; em zonas com relevo acentuado, os dados macroclimáticos possuem um valor apenas relativo exigindo, para sua caracterização, dados também de um conjunto de postos meteorológicos.

2. MESOCLIMA: Ou clima local, que corresponde a uma situação particular do macroclima, ou seja, o macroclima sofre localmente modificações em vários de seus elementos, o que determina um mesoclima. Normalmente, é possível caracterizar um mesoclima através dos dados de uma estação meteorológica,



permitindo avaliar as possibilidades de uma cultura, do clima de floresta ou de uma vertente. A superfície abrangida por um mesoclima pode ser muito variável, podendo fazer referência a situações bastante particulares do ponto de vista de exposições, declividade ou altitude, por exemplo. Muitas vezes o termo topoclima é utilizado para designar um mesoclima onde a orografia constitui um dos critérios principais de identificação, por exemplo, o clima de um vale ou de uma encosta de montanha.

3. MICROCLIMA: Corresponde às condições climáticas de uma superfície realmente pequena, ou seja, ao clima de microescala. Pode se considerar dois tipos de microclima: microclima natural – que corresponde a superfícies da ordem de 10 m a 100 m; e, microclima da planta – o qual é caracterizada por variáveis climáticas (temperatura, radiação) medida por aparelhos instalados na própria planta. O termo genérico de bioclima é utilizado para essa escala que visa o estudo do meio natural e das técnicas de cultivo.

KOPPEN em 1918 publicou pela primeira vez a classificação climática, baseada nas médias anuais e mensais de temperatura e precipitação, o método classificatório é baseado na observação do ‘crescimento das plantas’, não só pela importância mas também pela analogia com a vida humana. Dois elementos principais determinam a cobertura vegetal:

- Temperatura – que define as espécies possíveis;
- Chuva – que permite ou não a sua existência.

Para KOPPEN, a vegetação nativa é a melhor expressão da totalidade de um clima, e as plantas instrumentos meteorológicos capazes de medir todos os elementos climáticos integrados, devido a esse motivo que muitos dos limites climáticos são definidos em função da vegetação.

Apesar do método de KOPPEN ser o mais tradicional e universalmente aceito, ainda existem algumas críticas. Segundo TREWARTHA (1954, p. 226), as principais críticas são:

A escassez de observações meteorológicas em grandes partes do mundo faz com que uma classificação climática com limites bastante rígidos seja insatisfatória, gerando algumas incoerências;

Alguns limites climáticos foram estabelecidos considerando-se a paisagem natural, outros foram estabelecidos aleatoriamente;

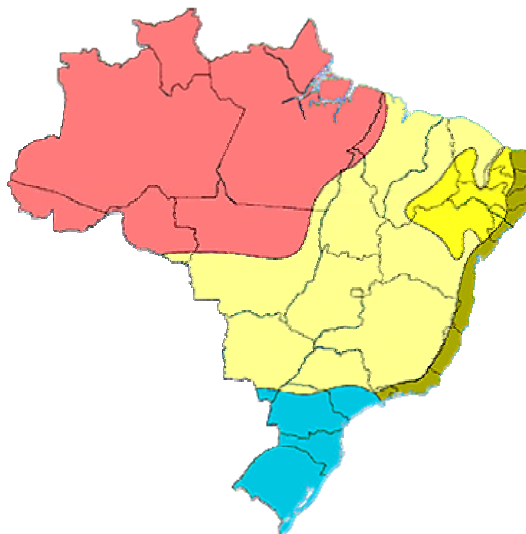
Fórmulas desenvolvidas para climas em terras baixas foram utilizadas para altitudes maiores.

A classificação de THORNTHWAITE, de 1948, emprega três índices climáticos – eficiência da precipitação, concentração sazonal de chuvas e eficiência térmica – para diferenciar e localizar limites climáticos. Esses limites são determinados comparando-se precipitação e evapotranspiração, independentemente da vegetação, tipo e uso do solo. Ao contrário de Koppen, aqui a vegetação é considerada apenas como um mecanismo físico pelo qual a água é transportada do solo para a atmosfera.

Tanto KOPPEN quanto THORNTHWAITE empregam combinações de letras para designar tipos climáticos.

Para GOMES (1980) *apud* ALMEIDA JÚNIOR (2005), existe dificuldade prática das classificações, uma vez que elas não atendem nem às necessidades específicas dos pesquisadores nem a objetivos diversos. As classificações de THORNTHWAITE e KOPPEN, tradicionais e universalmente aceitas, apresentam-se muito gerais.

### 2.2.2 CLIMAS QUE OCORREM NO BRASIL



#### Climas Controlados por Massas de Ar Equatoriais e Tropicais

- Equatorial Úmido (Convergência dos Alísios)
- Tropical (Inverno seco e verão úmido)
- Tropical Semi-Árido (Tendendo a seco pela irregularidade da ação das massas de ar)
- Litorâneo Úmido (Influenciado pela Massa Tropical Marítima)

#### Climas Controlados por Massas de Ar Tropicais e Polares

- Subtropical Úmido (Costas orientais e subtropicais, com predomínio da Massa Tropical Marítima)

FIGURA 1: Mapa Climático do Brasil

Fonte: Atlas Geográfico Escolar - Maria Elena Simielli/Mário De Biasi

O Brasil, pelas suas dimensões continentais, possui uma diversificação climática bem ampla, influenciada pela sua configuração geográfica, sua significativa extensão costeira, seu relevo e a dinâmica das massas de ar sobre seu território. Esse último fator assume grande importância, pois atua diretamente sobre as temperaturas e os índices pluviométricos nas diferentes regiões do País.

Em especial, as massas de ar que interferem mais diretamente no Brasil, segundo o Anuário Estatístico do Brasil - do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), são a Equatorial, tanto Continental como Atlântica; a Tropical, também

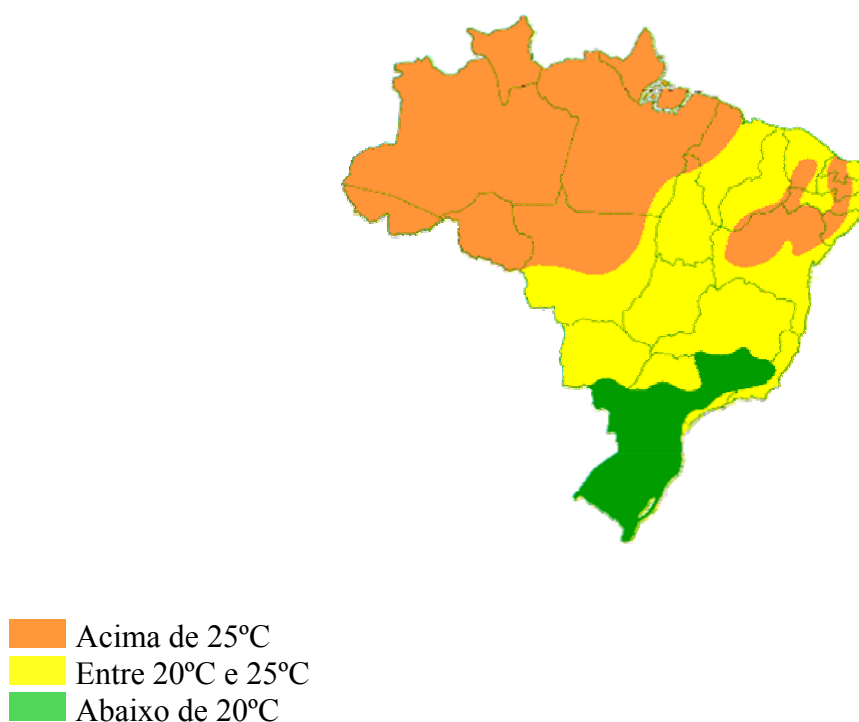
Continental e Atlântica; e a Polar Atlântica, proporcionando as diferenciações climáticas.

Nessa direção, são verificados no País desde climas superúmidos quentes, provenientes das massas Equatoriais, como é o caso de grande parte da região Amazônica, até climas semi-áridos muito fortes, próprios do sertão nordestino. O clima de dada região é condicionado por diversos fatores, dentre eles pode-se citar temperatura, chuvas, umidade do ar, ventos e pressão atmosférica, os quais, por sua vez, são condicionados por fatores como altitude, latitude, condições de relevo, vegetação e continentalidade.

De acordo com a classificação climática de Arthur Strahler, predominam no Brasil cinco grandes climas, a saber:

1. clima equatorial úmido da convergência dos alísios, que engloba a Amazônia;
2. clima tropical alternadamente úmido e seco, englobando grande parte da área central do País e litoral do meio-norte;
3. clima tropical tendendo a ser seco pela irregularidade da ação das massas de ar, englobando o sertão nordestino e vale médio do rio São Francisco;
4. clima litorâneo úmido exposto às massas tropicais marítimas, englobando estreita faixa do litoral leste e nordeste;
5. clima subtropical úmido das costas orientais e subtropicais, dominado largamente por massa tropical marítima, englobando a Região Sul do Brasil.

Quanto aos aspectos térmicos também ocorrem grandes variações. Como pode ser observado no mapa das médias anuais de temperatura, a seguir; a Região Norte e parte do interior da Região Nordeste apresentam temperaturas médias anuais superiores a 25°C, enquanto na Região Sul do País e parte da Sudeste as temperaturas médias anuais ficam abaixo de 20°C.



**FIGURA 2:** Mapa - Médias Anuais de Temperatura

**Fonte:** Atlas Escolar Melhoramentos

De acordo com dados da FIBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), temperaturas máximas absolutas, acima de 40°C, são observadas em terras baixas interioranas da Região Nordeste; nas depressões, vales e baixadas do Sudeste; no Pantanal e áreas rebaixadas do Centro-Oeste; e nas depressões centrais e no vale do rio Uruguai, na Região Sul. Já as temperaturas mínimas absolutas, com freqüentes valores negativos, são observadas nos cumes serranos do sudeste e em grande parte da Região Sul, onde são acompanhadas de geadas e neve.

Segundo FIBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em 1993, a temperatura do ar, máxima e mínima absolutas, da capital mato-grossense foi de 39.1 e 8.3 subsequentes.

### **2.2.3 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA REGIÃO CENTRO-OESTE**

Segundo Duarte (1995), três sistemas de circulação interferem na região Centro-Oeste: sistema de correntes perturbadas de Oeste, representado por tempo instável no verão; sistema de correntes perturbadas de Norte, representado pela CIT,

que provoca chuvas no verão, outono e inverno no norte da região; e sistema de correntes perturbadas de Sul, representado pelas frentes polares, invadindo a região no inverno com grande frequência, provocando chuvas de um a três dias de duração.

Duarte ainda afirma que nos extremos norte e sul da região, a temperatura média anual é de 22°C e nas chapadas varia de 20° a 22°C. Na primavera-verão, são comuns temperaturas elevadas, quando a média do mês mais quente varia de 24° a 26°C. A média das máximas de setembro (mês mais quente) oscila entre 30° e 36°C.

O inverno é uma estação amena, embora ocorram com frequência temperaturas baixas, em razão da invasão polar, que provoca as friagens, muito comuns nesta época do ano. A temperatura média do mês mais frio oscila entre 15° e 24°C, e a média das mínimas, de 8° a 18°C, não sendo rara a ocorrência de mínimas absolutas negativas.

A caracterização da pluviosidade da região se deve quase que exclusivamente ao sistema de circulação atmosférica. A pluviosidade média anual varia de 2.000 a 3.000 mm ao norte de Mato Grosso a 1.250 mm no Pantanal mato-grossense.

Apesar dessa desigualdade, a região é bem provida de chuvas. Sua sazonalidade é tipicamente tropical, com máxima no verão e mínima no inverno. Mais de 70% do total de chuvas acumuladas durante o ano se precipitam de novembro a março. O inverno é excessivamente seco, pois as chuvas são muito raras.

### **2.3 O Clima Urbano**

Hoje, estudiosos se preocupam com o clima urbano, por causa das migrações do campo para cidade, ficando a cidade saturada, havendo superpopulação em um local não-apropriado. Assim, o clima fica sujeito a várias modificações, devido ao surgimento de indústrias, depósito de lixo, resíduos químicos encontrados no ar, na água, no solo.

Com a poluição nas cidades estão ameaçadas as paisagens, sendo que em algumas delas há pouca arborização nas ruas, facilitando assim a proliferação maior da poluição e causando doenças no homem, modificando o clima, causando inundações, chuvas ácidas e as ilhas de calor.

Com essa migração, a população mundial mudou suas características de rural para predominantemente urbana, isso no final do século XX, as aglomerações urbanas desencadearam um processo expressivo de degradação das condições de

vida e do ambiente urbano. Assim, surge interesse na elaboração de estudos que remonta ao período da Revolução Industrial, onde a população urbana suplantou a rural. Com todas essas revoluções, na década de 1970 os estudos do clima urbano passaram a ser desenvolvidos de maneira mais freqüente.

### **2.3.1 O CLIMA NA CAPITAL DE MATO GROSSO**

Segundo o IBGE (1994, p. 108), Cuiabá localiza-se numa região de clima quente semi-úmido, na faixa Tropical Brasil Central, com 4 a 5 meses secos. Na primavera-verão são comuns as temperaturas elevadas. As máximas de setembro e outubro (meses mais quentes) oscilam entre 30°C e 36°C. O inverno é uma estação amena, embora ocorram com freqüência temperaturas baixas em razão da invasão do ar polar, chamadas friagens muito comuns nessa época do ano, e que geralmente não se mantém por mais de dois dias.

As chuvas são distribuídas e tipicamente tropicais, com máximas no verão e mínimas no inverno. Mais de 70% do total de chuvas acumuladas durante o ano se precipitam de novembro a março. O inverno é excessivamente seco, principalmente o mês de julho.

Segundo Koppen, Cuiabá localiza-se numa região de clima Aw, do tipo tropical com verão úmido e inverno seco, que cobre a maior parte do território mato-grossense.

1. A – zona tropical chuvosa, sem inverno;
2. w – clima de savana, onde as chuvas são periódicas e o inverno é seco.

Segundo Thornthwaite, Cuiabá pertence a uma região de clima subúmido tropical, com precipitação deficiente durante o inverno, tipo CA'w, com vegetação característica de pastagem.

1. C – subúmido
2. A' – tropical
3. w – precipitação deficiente no inverno.

Geralmente podemos identificar três períodos distintos em função da temperatura:

1. Estação seca e mais fresca, no inverno;

2. Estação seca e mais quente, um pouco antes das chuvas;
3. Estação úmida e quente, durante as chuvas no verão.

As altas temperaturas da primavera-verão podem ser atribuídas à ação da Massa Tropical Continental (CAMPELO Jr. et al., 1991, p. 549).

No começo das chuvas, as temperaturas assemelham-se às do tipo de clima tropical chuvoso, sem estação seca e clima tropical chuvoso, com pequena estação seca, predominante no norte do Mato Grosso e na região amazônica. A amplitude térmica diária diminui e, apesar do calor não ser tão intenso como na estação quente e seca, as altas taxas de umidade do ar fazem com que o ambiente pareça mais abafado, aumentando a sensação de desconforto.

Após o período chuvoso, a temperatura também tende a subir devido à atmosfera estar mais seca. No período noturno a perda de calor é maior tornando nesse período o clima mais agradável. Devido à baixa umidade do ar, no inverno, o calor não é opressivo, tornando-se as noites mais amenas.

Com pouca variação na temperatura, a precipitação torna-se o diferenciador do tipo climático. O regime de chuvas em toda a região Centro-Oeste deve-se ao sistema de circulação atmosférica regional. O relevo é de pouca importância, não interferindo nas tendências gerais determinadas pelos fatores dinâmicos.

Na estação seca, o inverno, apesar dos baixos índices de umidade do ar, torna-se bem-vindo depois do calor úmido e abafado do período chuvoso. O ar ressecado recebe a poeira e a fumaça das queimadas.

O trimestre mais seco é junho-julho-agosto, e o mês que o antecede, maio, e o que o sucede, agosto, são muito pouco chuvosos.

Segundo Duarte (1995), em Cuiabá a direção do vento predominante é N (norte) e NO (noroeste) durante boa parte do ano, e S (sul) no período de inverno.

No inverno, ocorre o fenômeno da friagem, caracterizado pela queda brusca e rápida da temperatura. Essa queda é provocada pela penetração dos ventos frios da massa polar atlântica, que avança pela vertente leste dos Andes argentinos e bolivianos e atinge o Centro-Oeste.



## **2.4 METODOLOGIAS NACIONAIS PARA AVALIAR O DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES**

A análise do desempenho térmico é um método considerado essencial para diagnosticar problemas em áreas específicas, tais como conforto térmico, lumínico, conservação de energia, velocidade de troca do ar, entre outros.

Após ocupação esse ambiente construído passa a ter um papel social pleno, sua eficiência pode ser medida através de análises de variáveis climáticas, entrevistas com usuários, análise comportamental, avaliando sensações e percepções de valores dos usuários.

O IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológico) tem se preocupado em formular uma metodologia para essa avaliação térmica.

Uma seqüência de trabalhos, desde 1981, vem expressando a evolução das pesquisas nessa área, realizadas pelo Instituto. Esses trabalhos vêm normalizar a avaliação dessas habitações de forma que se possa validar por todo território nacional e têm incluído um zoneamento climático.

Além de variáveis climáticas como a radiação solar, outros assuntos relacionados como admissividade térmica de elementos e componentes da edificação, a transmitância térmica, a condensação, o desconforto do usuário, sombreamento, entre demais temas, estão sendo pesquisados e comparados os valores de limites estabelecidos onde essa avaliação passa a ser feita com maior adequação.

### **2.4.1 PESQUISAS E EXPERIMENTOS EM SÃO PAULO**

A Divisão de Edificações do IPT de São Paulo tem como preocupação a formulação de uma metodologia para avaliação do desempenho térmico de edificações. Cronologicamente, alguns dos trabalhos desenvolvidos pelo Instituto na área são:

1. Avaliação de Desempenho de Edificações Térreas Unifamiliares, IPT (1981);
2. Desempenho Térmico de Edificações Escolares, Manual de Procedimento para Avaliação, AKUTSU et al. (1987);

3. Proposta de Procedimentos para Avaliação do Desempenho Térmico de Edificações Condicionadas e Não-condicionadas, AKUTSU e VITTORINO (1991a);
4. Critérios para a Definição de Níveis de Desempenho Térmico de Edificações, AKUTSU e VITTORINO (1993);
5. Métodos Expeditos para Avaliação de Desempenho Térmico de Habitações, AKUTSU et al. (1995b); e
6. Critérios Mínimos de Desempenho de Habitações Térreas Unifamiliares, AKUTSU et al. (1995c).

Conforme BARBOSA (1997), como abrangência no presente estudo, torna-se pertinente resumir os seguintes trabalhos:

1. Avaliação de Desempenho de Habitações Térreas Unifamiliares, IPT (1981): é uma proposta de normalização para avaliar o desempenho térmico de edificações de habitações térreas unifamiliares, válida para todo o território brasileiro. A proposta inclui um zoneamento climático com nove zonas de inverno e onze zonas de verão e está definida em consideração da variável radiação solar.

A avaliação é feita analisando-se os valores de transmitância (U) ou resistência (R) e comparando-os com seus valores limites, estabelecidos na proposta de Conforto Higrotérmico.

Para cada zona climática existem exigências para as janelas, onde são analisadas segundo orientação, as dimensões e o sombreamento no projeto.

Em todas as zonas climáticas, a ventilação recomendada parte de uma renovação de ar de 18 m<sup>3</sup>/hora por pessoa.

Algumas zonas recomendam paredes que incluam colchões de ar com materiais isolantes e cobertura com colchão de ar não-ventilado, ou com colchão de ar ventilado.

2. Métodos Expeditos para Avaliação do Desempenho Térmico de Habitações, AKUTSU et al. (1995b), onde não se utiliza de cálculos por computador e é específico para habitações térreas de interesse social padrão COHAB. Os níveis de desempenho A, B ou C são consultados em quadros-síntese.

A escolha dos dados iniciais deve ser equivalente ao objeto de estudo, como tipo de paredes, tipo de coberturas e uma das 8 regiões climáticas que abrangem todo o território nacional.

A consulta aos quadros-síntese, por região climática e por estação (verão ou inverno), permite identificar o sistema construtivo mais adequado àquela região e a compatibilidade do sistema construtivo para o desempenho de verão e de inverno.

Portanto, a proposta do IPT (1981) não avalia por desempenho, neste caso a avaliação é feita somente por prescrição, isto é, o método prescreve os limites dos parâmetros térmicos. A metodologia de avaliação prescritiva foi utilizada na análise das residências de acordo com as normas do Zoneamento Bioclimático Brasileiro.

#### **2.4.2 PESQUISAS E EXPERIMENTOS NO RIO GRANDE DO SUL**

No Rio Grande do Sul, a CIENTEC buscando uma metodologia para avaliar o desempenho térmico de edificações para habitação popular, criou condições para fazê-la por meio de instrumentação (medições no local) ou através de simulação por computador.

Com relação a medições no local, a Instituição utiliza um sistema de aquisição de dados (ECI, modelo DL 4000), com recurso de 32 canais, um conjunto de sensores de temperatura tipo PT-100 e um analisador de clima interior (Indoor Climate Analyser), da Brüel & Kjaer.

O sistema construtivo avaliado é também comparado com um sistema construtivo tradicional, e com base nesses resultados são feitas recomendações gerais, identificadas como potencialmente capazes de proporcionar um melhor desempenho térmico.

Segundo SATTler (1991a), os critérios e requisitos para avaliação não estão claramente estabelecidos, não sendo possível aprovar ou desaprovar sistemas construtivos. Apenas recomenda-se o que poderia atingir melhor desempenho.

A avaliação de desempenho térmico por simulação é feita através do programa THEDES, para verão e inverno. Para isto, são considerados os dias típicos de verão e inverno com nível de probabilidade de 2,5% de ocorrência para a cidade de Porto Alegre.

Em razão do dia típico de projeto possuir baixa probabilidade de ocorrência e pouca precisão, esta metodologia não foi utilizada para Cuiabá.

### **2.4.3 PESQUISAS E EXPERIMENTOS EM FLORIANÓPOLIS**

Em Florianópolis, o estudo intitulado Uma Metodologia para Especificar e Analisar o Desempenho Térmico de Edificações Residenciais Unifamiliares, foi desenvolvido por BARBOSA (1997), em forma de tese à Universidade Federal de Santa Catarina, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção.

O trabalho teve como objetivo desenvolver uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico em edificações térreas, residenciais unifamiliares.

A estrutura básica para a montagem da metodologia foi confirmar condições de conforto térmico da população local, ajustar uma ferramenta de simulação térmica horária anual, frente a diferentes sistemas construtivos, e estabelecer o limite de horas anuais de desconforto com base em um sistema construtivo referencial.

Para definir o sistema referencial, uma pesquisa foi realizada junto às Companhias de Habitação Popular, visando obter a tipologia construtiva mais adotada no Brasil para edificações térreas unifamiliares. Os questionários encaminhados às COHAB (Companhia de Habitação) coletaram informações sobre a tipologia construtiva nas regiões, antes e após a extinção do BNH (Banco Nacional de Habitação), ou seja, décadas de 60/70 e 80/90, respectivamente.

A metodologia foi aplicada à cidade de Londrina-PR onde um trabalho de campo foi realizado com cinco sistemas construtivos.

Também em Florianópolis, o estudo intitulado Método Estimativo da Temperatura Interna de Edificações em Uso, foi desenvolvido por ABREU (2004), em forma de tese à Universidade Federal de Santa Catarina, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil.

O trabalho apresenta um método simples para estimar a temperatura interna de residências a partir de temperaturas internas e externas medidas durante curtos períodos. Com as temperaturas estimadas pode se comparar o comportamento térmico de diversos ambientes, verificar se as temperaturas internas do ambiente atendem ao desempenho térmico previsto nas propostas de normas de conforto da

ABNT, e até mesmo servir de base de dados para futuros aperfeiçoamentos nas normas.

Para desenvolvimento do método foram usadas as temperaturas medidas em oito ambientes de três residências de Florianópolis durante o período de abril de 1998 a março de 1999.

#### **2.4.4 PESQUISAS E EXPERIMENTOS NO PARANÁ**

Os valores de temperaturas internas das residências de Curitiba foram medidos na Vila Tecnológica. Esta vila consiste de 100 moradias habitadas, e 20 casas em exposição para o público, todas construídas com diferentes materiais e sistemas construtivos. O objetivo da Vila Tecnológica de Curitiba foi avaliar as tecnologias apropriadas para habitações de interesse social. Dumke (2002) realizou medições de temperaturas em 18 moradias de diferentes sistemas construtivos na Vila Tecnológica, de 09/07/2000 a 03/08/2000 (inverno) e de 12/12/2000 a 10/01/2001 (verão). Uma posterior medição das temperaturas foi feita em catorze das dezoito casas monitoradas, no período de 03/08/2002 a 01/09/2002. Dumke (2002) apresenta as características construtivas de cada uma das edificações monitoradas. As edificações diferem entre si com relação ao sistema construtivo, orientação solar, planta baixa e ocupação.

### **2.5 ÍNDICES E ESCALAS DE CONFORTO TÉRMICO**

Com a superpopulação, e o número cada vez maior de indústrias, edifícios, solos impermeáveis e com a diminuição das áreas verdes, as grandes cidades passaram a ser locais inapropriados para uma vida saudável.

Com isso, uma das principais preocupações para Cuiabá, assim como para outras cidades, é o aumento da temperatura, o que acaba por causar inúmeras consequências às pessoas que nela vivem, como cansaço excessivo, mal-estar, pressão baixa, desânimo, entre outros.

Em consequência às alterações climáticas ocorridas nas áreas urbanas, as edificações também sofreram mudanças quanto ao conforto térmico. Mesmo sendo um assunto muito discutido em termos de estudos, é pouco considerado na hora da execução das edificações. Devido às temperaturas elevadas de Cuiabá, o desconforto

é um problema para as pessoas, assim deve-se ter atenção para melhorar o desempenho térmico das habitações.

Segundo MASCARÓ (1983), para cada tipo de clima faz-se necessária uma arquitetura adequada.

O ambiente térmico deve ser avaliado segundo índices e escalas de conforto térmico selecionado para embasamento. O comportamento humano diante das variações térmicas do ambiente é estudado e descrito a fim de se definir índices que expressem a relação entre causa e efeito de suas atividades em relação a valores numéricos representativos do fenômeno.

As escalas de conforto térmico são montadas em termos de sensações subjetivas graduadas por conforto e desconforto térmico, que são, assim, então diretamente relacionadas a parâmetros físicos de estímulo.

Através dos índices são estabelecidas zonas de conforto térmico delimitadas graficamente (nomogramas, cartas e diagramas) que prescrevem os parâmetros físicos e estabelecem as zonas de conforto térmico.

Segundo BARBOSA (1997), as cartas bioclimáticas são definidas como base nas zonas de conforto térmico e elementos de previsão de comportamento térmico das edificações, associando três informações:

1. O comportamento climático do entorno;
2. A previsão de estratégias indicadas para a correção desse comportamento climático por meio do desempenho esperado na edificação;
3. A zona de conforto térmico.

Além da avaliação do conforto térmico, das análises do comportamento térmico e demais variáveis que diretamente influenciam no comportamento da habitação, pode-se destacar ainda a Avaliação Pós-Ocupação (APO); segundo DUARTE (1995), a APO é um dos métodos correntes de avaliação de desempenho de ambientes construídos, priorizando aspectos de uso, operação e manutenção, considerando essencial o ponto de vista dos usuários, *in loco*.

O clima de Cuiabá é caracterizado, segundo MAITELLI (1994), como sendo quente-úmido, e as características gerais para essas regiões são para SOBENIS *apud* LOPES (1993) as seguintes:

1. altas temperaturas: 24°C a 32°C;
2. pequena variação diária e sazonal: 3°C a 6°C;
3. umidade relativa: 55% a 100%;
4. radiação solar intensa;
5. céu claro e brilhante ou nebuloso;
6. ventos regulares ou fortes durante chuvas intensas ( $\geq 40$  km/h);
7. alta precipitação anual ( $> 2000$  mm).

Requisitos físicos da habitação para essas condições:

1. aproveitamento máximo da sombra;
2. proteção do sol e da chuva (beirais, brises, corredores e galerias);
3. facilitação da ventilação com aberturas, janelas, pisos elevados e espaços abertos;
4. construção leve ou de baixa capacidade térmica e de alta transmitância, evitando aquecimento excessivo;
5. consideração da cobertura como o componente habitacional mais importante, com baixa capacidade térmica e pouca superfície exposta;
6. utilização de cores claras para baixa absorção de calor.

O projeto de Norma NBR - 02:135.07.003 (2003), que estabelece diferentes Zonas Bioclimáticas para todo o Brasil, conclui que a cidade de Cuiabá está inserida na Zona Bioclimática 7. Para todas as zonas estabelecidas por esta norma, há diretrizes apresentadas como sendo as mais indicadas para cada região. Segue uma série de diretrizes construtivas a serem consideradas:

1. Quanto às aberturas: devem ser pequenas, quando referentes à ventilação, isto é, possuir área de vão livre compreendida entre 10% e 15% da área do ambiente. As aberturas devem ser sombreadas.
2. Quanto ao tipo das paredes externas: devem ser pesadas, isto é, possuir transmitância térmica menor ou igual a 2,20 W/m<sup>2</sup>K, atraso térmico maior ou igual há 6,5 horas e fator de calor solar menor ou igual a 3,5%.
3. Quanto às coberturas: também devem ser pesadas, isto é, possuir transmitância térmica menor ou igual a 2,00 W/m<sup>2</sup>K, atraso térmico

maior ou igual há 6,5 horas e fator de calor solar menor ou igual a 6,5%.

A Norma ainda estabelece que, para se obter temperaturas internas mais agradáveis, deve-se fazer o uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite quando as temperaturas externas diminuem.

O desempenho térmico de uma edificação está diretamente ligado às características climáticas, às quais está submetida.

Segundo LOPES (1993) há três formas de se intervir arquitetonicamente na edificação para melhorar o seu conforto térmico: através do controle da energia solar incidente (implantação do projeto, orientação, proteção exterior, localização e características dos componentes externos); do controle de energia solar absorvida (propriedade superficial do material e componentes da envolvente); e do controle de transmissão térmica e da radiação solar transmitida (propriedade termo-físico interna dos materiais e componentes construtivos da habitação).

O calor gerado pela radiação solar, pode ser sensivelmente reduzido quando alguns princípios básicos são observados, tais como:

1. Adoção de materiais com baixo fluxo e baixa capacidade de armazenamento de calor;
2. Redução de entradas de radiação solar, evitando-se iluminação natural através das coberturas;
3. Otimização da circulação de ar dentro da edificação;
4. Aplicação de um pé-direito correto.

A condição de conforto térmico nada mais é do que o desempenho térmico da edificação, que depende, por sua vez, do clima da região, do uso da edificação, do projeto arquitetônico e da especificação dos materiais a serem utilizados.

### **2.5.1 PRINCÍPIOS BÁSICOS DE CONFORTO TÉRMICO**

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 insatisfeito 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.

Segundo XAVIER (1999), a temperatura do ar ( $t_a$ , em °C) 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, 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, da temperatura e velocidade do ar ao redor do globo.

Segundo RUAS (2002), a velocidade relativa do ar ( $V_a$  em m/s), 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,  $V_{ar}$ . 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 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 intervêm na perda de calor por evaporação. Como aproximadamente 25% da energia térmica gerada pelo organismo são eliminados 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.

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 são transformados 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 à porção que o 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.

Segundo LAMBERTS et al. (1997), conforto visual 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 iluminada artificialmente.

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).

Todas essas variáveis são fundamentais; se analisadas isoladamente pode-se definir a necessidade de adequação ou não para o total conforto do usuário.

## 2.6 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO

De acordo com OLIVEIRA e RIBAS (1995), a obtenção do conforto térmico se processa quando o organismo, sem recorrer a nenhum mecanismo de termoregulação, perde para o ambiente calor produzido compatível com a sua atividade. Várias metodologias foram desenvolvidas para conjugar as variáveis climáticas (temperatura, umidade, ventilação e radiação) que influenciam diretamente no balanço térmico do homem com a noção de conforto.

Vários índices de conforto (biofísicos, fisiológicos e subjetivos) foram produzidos para fins de aplicação. A maioria dos índices, contudo, tem limitações em sua aplicação prática, as dificuldades de aplicabilidade surgem do fato desses experimentos terem sido realizados em condições climáticas muito variáveis. Como consequência, cada índice é válido e útil para uma margem limitada de condicionantes que não podem ser empregadas universalmente.

Existem vários métodos destinados a avaliar o conforto térmico do ambiente, através do cálculo do índice de conforto térmico. Alguns dos mais conhecidos no Brasil são o índice de temperatura efetiva, de Yaglou e Houghthen, o índice de conforto equatorial, de Webb, o método de Olgyay, a carta bioclimática de Givoni, que mais se adequam à região de clima quente.

O índice de temperatura efetiva relaciona a temperatura, a umidade relativa e a velocidade do vento. O índice de conforto equatorial também leva em consideração os mesmos fatores do anterior, mas, segundo FROTA e SCHIFFER (1995), se adapta às regiões de clima quente e úmido.

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

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

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

TABELA 1 – Métodos para determinação do conforto térmico

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

Fonte: GRZYBOWSKI, 2004.

### 2.6.1 ZONAS DE CONFORTO

Nos Estados Unidos da América, no período de 1913 a 1923, os primeiros esforços foram organizados para se estabelecer os índices de conforto térmico. Desde então, esse assunto vem sendo estudado em diferentes partes do mundo e vários métodos para avaliação de conforto térmico têm sido propostos.

O método mais conhecido e amplamente aceito é o Predicted Mean Vote (PMV) ou Voto Médio Estimado (VME), que foi desenvolvido pelo professor dinamarquês Ole Fanger e publicado em FANGER (1970).

FANGER (1970) usou dados obtidos em experiências de laboratório, com mais de 1.300 pessoas, para estabelecer uma equação que permite, a partir do conhecimento das variáveis ambientais e pessoais, estimar a sensação térmica média de um grupo de pessoas (VME) quando exposto a uma determinada combinação dessas variáveis. O VME é dado na seguinte escala de sensações térmicas:

- + 3 – muito calor
- + 2 – calor
- + 1 – leve calor
- 0 – conforto

- 1 – leve frio
- 2 - frio
- 3 - muito frio

A fim de conhecer a quantidade de pessoas termicamente descontentes com um ambiente, Fanger relacionou o valor do VME com a porcentagem estimada de insatisfeitos (PEI).

O método de Fanger foi adotado como base para o desenvolvimento de uma norma que especifica condições de conforto térmico para ambientes termicamente moderados (ISO 7730, 1984) e da sua atualização em 1994.

### **2.6.2 CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGYAY**

O diagrama de Olgyay é desenhado entre dois eixos, sendo o eixo vertical o das temperaturas (secas) e o eixo horizontal o das umidades relativas. Entretanto, ele aplica-se estritamente para as condições externas. Olgyay justifica que, em suas experiências, as temperaturas internas foram muito próximas das temperaturas externas e sugere que seu diagrama seja utilizado principalmente para edifícios leves em regiões úmidas como o leste dos Estados Unidos onde morou, indicando as estratégias para o interior.

Em GIVONI (1992), o diagrama de Olgyay é propício para as condições externas, entretanto existe uma incoerência quanto às estratégias de projeto sugeridas no diagrama para as condições internas.

Segundo BARBOSA (1997), os sistemas desenvolvidos por Olgyay e Givoni buscam ampliar a zona de conforto através da adoção de estratégias arquitetônicas que alteram a sensação do clima interno em estudo. Na carta de Olgyay, os limites de conforto foram obtidos de pesquisas efetuadas por fisiologistas. No diagrama bioclimático de Olgyay as condições de temperatura e umidade são plotadas como curvas fechadas ou ciclogramas das médias diárias horárias (24 horas), para cada mês, em uma dada localidade.

### **2.6.3 CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (ATUALIZADA EM 1992)**

GIVONI (1969) desenvolveu uma carta bioclimática a ser empregada em edifícios para corrigir as limitações do diagrama bioclimático idealizado por Olgyay.

A principal diferença entre esses dois sistemas deve-se ao fato de que o diagrama de Olgyay é desenhado entre dois eixos, sendo o eixo vertical para temperaturas (secas) e o eixo horizontal o das umidades relativas, enquanto que a carta de Givoni é traçada sobre uma carta psicrométrica convencional.

Na carta de GIVONI (1992) os limites originais de conforto foram determinados com base em pesquisas conduzidas nos Estados Unidos, Europa e Israel, ou seja, países de clima temperado. Entretanto, considerando estudos realizados em países quentes e apoiando-se no fato de que as pessoas que moram em países em desenvolvimento com clima quente e úmido, aceitam limites máximos superiores de temperatura e umidade, a atualização feita pelo autor em 1992 passa a sugerir a expansão desses limites para o caso.

A carta bioclimática passa a ter demarcações de diferentes limites para climas temperados (países desenvolvidos) e para climas quentes (países em desenvolvimento), sugerindo também novos limites das condições climáticas, dentro dos quais várias estratégias de projeto de edifícios e sistemas de resfriamento natural podem garantir conforto térmico interno.

As opções apresentadas para as estratégias são: ventilação durante o dia, inércia térmica com ou sem ventilação, resfriamento evaporativo direto e resfriamento evaporativo indireto (através de tanques de água no forro).

A variação de temperaturas sugeridas por GIVONI (1992) para as condições aceitáveis de pessoas que habitam países desenvolvidos é 18°C a 25°C no inverno e de 20°C a 27°C no verão.

Nos países em desenvolvimento e de clima quente, GIVONI (1992) sugere elevar de 2°C a temperatura limite máxima. Essa adaptação é justificada com base em resultado de pesquisa, que alterou a nova carta de temperatura efetiva no limite superior da sensação de conforto, de 27,0°C para 29,7°C, quando a velocidade do ar é aumentada de 0,1 para 1,5 m/s.

Os critérios para definir a aceitabilidade da velocidade do ar são diferentes para edifícios residenciais e edifícios de escritórios. A ASHRAE (1981) especifica um limite máximo de 0,8 m/s no interior de escritórios para não levantar papéis, entretanto, em edifícios residenciais, o limite para velocidade do ar pode ser baseado no seu efeito para conforto, o que depende da temperatura.

GIVONI (1992) *apud* BARBOSA (1997), explica também que o clima interno em edifícios não-condicionados reage mais largamente à variação do clima externo e à experiência de uso dos habitantes, sendo esta diferença um elemento a ser considerado na avaliação da eficiência energética do edifício estudado.

Assim, os limites sugeridos por GIVONI (1992) 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°C a 29°C, e em umidade alta de 25°C a 26°C, podendo chegar a 32°C com ventilação de 2,0 m/s; no inverno, os limites são de 18 °C a 25°C.

#### **2.6.4 ZONA DE CONFORTO DE SZOKOLAY**

A carta psicrométrica de SZOKOLAY (1995) apresenta várias estratégias passivas de controle, tais como: aquecimento solar, efeito de massa, efeito do movimento de ar e resfriamento evaporativo.

O subaquecimento, supraaquecimento e superumidificação são considerados neste método através de estimativa.

Os limites de temperatura de bulbo seco são de 18,5°C a 28,5°C na zona de conforto no método CPZ (Zona Potencial de Controle).

As médias das máximas e máximas mensais são a base de dados climáticos adotada.

Para a zona de conforto de inverno é calculada pela fórmula ( $t_n = 17,6 + 0,31T$ ), onde T é a temperatura média do mês mais frio, e repetindo o mesmo processo para a temperatura média do mês mais quente para encontrar a zona de conforto de verão.

Com as zonas de conforto definidas, pode-se fazer a plotagem do clima da região sobre a carta psicrométrica.

Os dois pontos de cada mês interligados por uma linha reta, para cada mês representam dois pontos definidos pela temperatura média das máximas com a umidade da tarde e a média das mínimas com a umidade da manhã. As 12 linhas, (dos doze meses do ano) relacionadas com a zona de conforto permitem visualizar o problema climático que afeta a região.



### 2.6.5 ZONA DE CONFORTO DA ASHRAE

Sua utilização foi idealizada para edifícios de escritórios com ar-condicionado, mas também pode ser usada na avaliação de edifícios residenciais.

Para GIVONI (1992), a zona de conforto da ASHRAE (1981) especifica limites constantes para temperatura do ar e umidade na carta psicrométrica, e desconsidera as atividades das pessoas no ambiente.

No verão, quando o edifício precisa ser resfriado, assim como para o inverno, quando o edifício precisa ser aquecido, diferentes faixas de temperaturas foram descritas, considerando troca nos hábitos de vestimentas sazonais e aumento da conservação de energia.

Nas condições de ar parado (0,15 m/s no inverno e 0,25 m/s no verão), o limite máximo da ASHRAE (1981) para temperatura aceitável no verão se estende de 26°C a 27°C.

A velocidade do ar é elevada de 1°C para cada acréscimo de 0,275 m/s. Acima de 28°C, a velocidade de 0,8 m/s é o valor máximo permitido para o ar no interior.

Na ASHRAE (1981), as altas velocidades de ar não afetam o limite máximo aceitável para umidade.

As temperaturas limites da zona de conforto ASHRAE (1981) são:

1. No verão: (23°C a 26°C), nas seguintes condições:
  - a. - vestimenta igual a 0,5 Clo (unidade usada para expressar o isolamento térmico proporcionado pelas peças e conjunto de vestimentas);
  - b. - metabolismo menor ou igual a 1,2 Met;
  - c. - velocidade do ar menor ou igual a 0,15 m/s;
  - d. - PPD (porcentagem de pessoas insatisfeitas) igual a 10%.
2. No inverno: (20°C a 23,5°C), nas seguintes condições:
  - a. - vestimenta igual a 0,9 Clo (unidade usada para expressar o isolamento térmico proporcionado pelas peças e conjunto de vestimentas);
  - b. - metabolismo menor ou igual a 1,2 Met;
  - c. - velocidade do ar menor ou igual a 0,15 m/s

A ASHRAE é utilizada em maior frequência como um padrão para o ambiente interno de espaços com ar-condicionado, em habitações de países com climas temperados.

#### **2.6.6 NORMA BRASILEIRA DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DESDE 1990**

Na cidade de Gramado-RS, levantou-se a discussão sobre a necessidade de se estruturar uma abordagem desta questão, de forma adequada à realidade brasileira, no I Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído.

No Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, realizado em São Paulo em 1993, o trabalho apresentado por BARBOSA e LAMBERTS (1993c) expôs uma proposta de itens a serem desenvolvidos para a norma brasileira de avaliação de desempenho térmico e energético de edifícios, com base no estudo de sete normas estrangeiras, como: definição de símbolos e unidades; cálculo de transmitância térmica; procedimentos para tratamento de dados climáticos; zoneamento bioclimático e metodologia para avaliação de desempenho térmico em edificações residenciais unifamiliares.

BARBOSA e LAMBERTS (1993c) organizaram uma lista de itens considerados importantes na avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares, e que poderiam ser desenvolvidos para a norma brasileira. São eles:

1. Transmitância;
2. Sombreamento;
3. Ventilação;
4. Perdas.

Para a recomendação de soluções construtivas em edificações residenciais unifamiliares por zona bioclimática, foi necessário a elaboração de pacotes alternativos de componentes e soluções construtivas globais dentro dos limites prescritos, utilizando os materiais e tipologias construtivas regionais. A norma do Zoneamento Bioclimático Brasileiro – NBR 15220-3/2005 aprovada em 2005 faz referência a todo território nacional dividindo-o em oito zonas distintas.

## **2.7 - Iluminação e Arquitetura**

### **2.7.1 Luz**

A parcela da radiação eletromagnética compreendida entre os comprimentos de onda de 380 a 780 nm é conhecida como luz, sendo a faixa do espectro que o olho humano consegue perceber. Dependendo do comprimento de onda será a cor da luz percebida pelo olho humano. Nos comprimentos de onda de 380 a 440 nm tem-se a cor violeta, de 440 a 500 nm a cor azul, de 500 a 570 nm a cor verde, de 570 a 590 nm a cor amarela, de 590 a 630 nm a cor laranja e finalmente de 630 a 780 nm a cor vermelha.

### **2.7.2 Radiação infravermelha**

A radiação eletromagnética nos comprimentos de onda do infravermelho possui menos quantidade de energia por fóton do que a radiação ultravioleta e a luz. Este tipo de radiação é percebido na forma de calor. Os equipamentos de visão noturna ampliam a radiação infravermelha e tornam visíveis as pessoas e os equipamentos que estão escondidos na escuridão.

Além de tornar visível a escuridão, a radiação infravermelha também tem aplicações na indústria, agricultura e medicina. Para a geração de infravermelho utilizam-se lâmpadas de onda curta (780 a 1.400 nm), onda média (1.400 a 3.000 nm) e onda longa (3.000 nm a 1 mm).

### **2.7.3 Leis Fundamentais da Iluminação**

A intensidade luminosa "I" e a iluminância produzida "E" são correlacionadas por duas leis de propagação da luz:

### **2.7.4 Propriedades Óticas dos Materiais**

Materiais expostos à luz se comportam de várias maneiras. Quando a luz incide numa superfície, uma fração  $\rho$  do total incidente é refletida, isto é, retorna ao hemisfério de procedência sem penetrar na matéria; uma outra porção,  $\alpha$ , é absorvida dentro do material, configurando-se num ganho de energia, enquanto a última fração  $\tau$  pode ser transmitida (no caso de superfícies transparentes ou translúcidas) para o outro lado.

Caso  $\phi_i$ ,  $\phi_r$ ,  $\phi_a$  e  $\phi_t$ , sejam, respectivamente, o fluxo luminoso total incidente, refletido, absorvido e transmitido, pode-se denominar:

**Refletância:**

$$\rho = \frac{\phi_r}{\phi_i} \quad \text{EQUAÇÃO 4}$$

**Absortância:**

$$\alpha = \frac{\phi_a}{\phi_i} \quad \text{EQUAÇÃO 5}$$

**Transmitância:**

$$\tau = \frac{\phi_t}{\phi_i} \quad \text{EQUAÇÃO 6}$$

Resultando em:

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \quad \text{EQUAÇÃO 7}$$

**TABELA 1** - Refletância, absortância e transmitância de alguns materiais.

**Fonte:** PEREIRA, F.O.R. & SOUZA, M. B. (2000)

#### 2.7.4.1 Reflexão

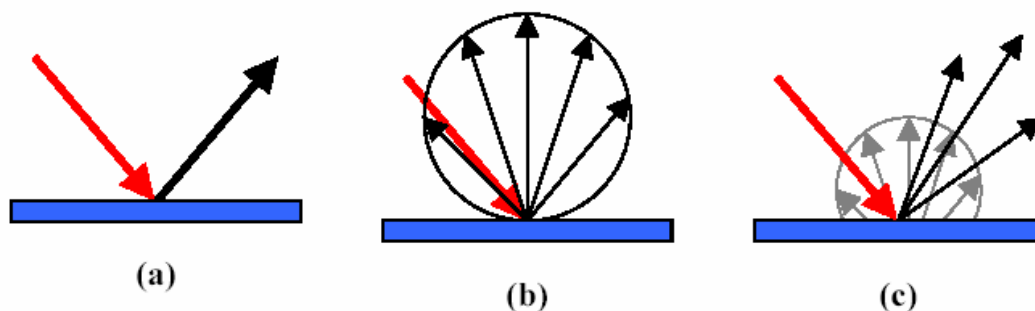
A **FIGURA 3** mostra como a direção da luz refletida é afetada pela textura da superfície, variando de difusa (luz refletida igualmente em todas as direções) a especular (luz refletida somente numa direção, isto é reflexão de espelho). Superfícies rugosas refletem de modo predominantemente difuso, independente do ângulo de incidência, fazendo que, dessa forma, a luminância da superfície seja

resultado apenas da iluminação no plano da mesma e de sua refletância (**FIGURA 3a**).

Superfícies polidas e brilhantes produzem reflexão especular (de espelho), com o raio de luz refletido localizando-se no plano de incidência e com ângulo de reflexão igual ao de incidência (**FIGURA 3b**).

A reflexão especular é dita "como de espelho" porque ela mantém a aparência, direcionalidade e tamanho da fonte original. Superfícies que refletem especularmente podem ser bastante úteis, mas igualmente prejudiciais caso as reflexões não sejam adequadamente controladas. Entretanto, em geral, as superfícies encontradas na prática não são nem perfeitamente difusas nem especulares, refletindo luz em várias direções em diferentes proporções (**FIGURA 3c**).

O uso adequado de reflexões compostas (semidifusa ou semi-especular) pode ser bastante útil para o controle da direção da luz direta e/ou para suavizar as imagens.



**FIGURA 3** - Reflexão de superfície especular, difusa e composta.

**Fonte:** PEREIRA, F.O.R. & SOUZA, M. B. (2000)

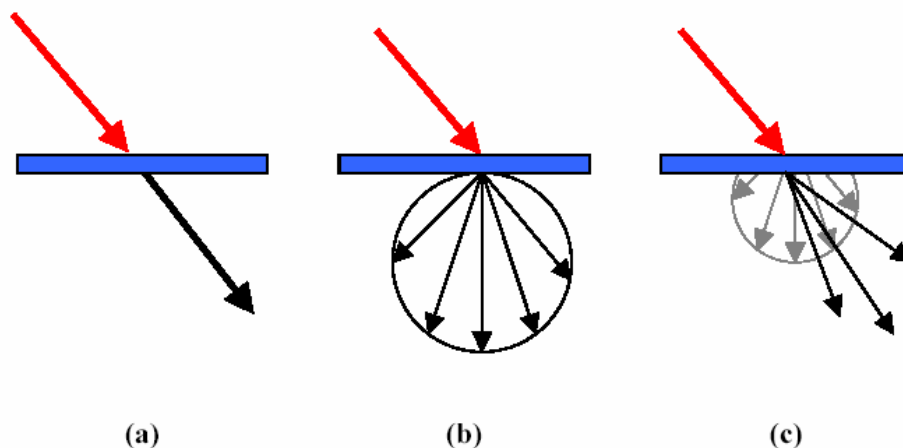
#### 2.7.4.2 Absorção

Parte do fluxo luminoso incidente em uma superfície não é refletida nem transmitida, passando a ser absorvida por ela. A parcela absorvida pela superfície depende das características da mesma, sendo que sua cor será definida em função das parcelas do fluxo luminoso incidente que é absorvido e refletido.

#### 2.7.4.3 Transmissão

A transmissão de luz através de superfícies não-opacas ocorre de um modo similar ao do mecanismo de reflexão. A luz pode ser transmitida tanto de maneira

difusa como colimada ou mesmo de uma forma combinada, produzindo resultados distintos no ambiente lumínico (ver **FIGURA 4**).



**FIGURA 4** - Transmissão de superfície especular, difusa e composta.

**Fonte:** PEREIRA, F.O.R. & SOUZA, M. B. (2000)

A transmitância de uma superfície é afetada pelo ângulo de incidência e pelas características difusoras da mesma. Novos tipos de vidro têm sido estudados e propostos no sentido de aumentar a transmissão da luz natural e a reflexão da radiação térmica.

#### 2.7.4.4 Refração

O fenômeno de refração da luz ocorre quando a luz atravessa materiais com índices de refração distintos; a direção do fecho de luz é alterada durante sua trajetória através do material. Esta modificação na direção é causada por uma modificação na velocidade da luz. A velocidade diminui se o novo meio é mais denso do que o primeiro, e aumenta, quando este meio é menos denso. A modificação na velocidade é seguida por um desvio da luz que é conhecido como refração.

A lei da refração é descrita pela equação, onde  $n_1$  e  $n_2$  são os índices refrativos do primeiro e segundo meio respectivamente,  $\alpha_1$  o ângulo de incidência do fluxo luminoso e  $\alpha_2$  o ângulo de refração da luz.

Como o ângulo de refração muda com o comprimento de onda, através da dispersão em prismas, é possível promover a separação da luz branca em suas cores integrantes.

## 2.8 - Características da Iluminação Natural

### 2.8.1 - Fontes de Luz

#### 2.8.1.1 - O Sol

*“O sol é uma fonte de luz primária, de grande intensidade, pontual e dinâmica. Apenas a metade de sua energia radiante recebida pela superfície da terra é visível. O espectro da energia solar varia de ondas curtas (ultravioleta) a ondas longas (infravermelho) e toda essa energia radiante produz calor quando absorvida, o que causa evaporação, convecção, condução de calor, radiação, reflexão, etc.”. (MASCARÓ, 1983)*

Isto faz com que a luz solar não seja considerada adequada para a iluminação natural, particularmente onde sua presença é intensa (climas tropicais e seu entorno).

A radiação varia segundo:

- a) posição do sol segundo a hora do dia;
- b) posição do sol de acordo com a estação do ano;
- c) nuvens, pó, outras partículas sólidas e outras obstruções;
- d) características do entorno;
- e) latitude e altitude da região;
- f) clima;
- g) quantidade de atmosfera que a luz solar atravessa.

#### 2.8.1.2 - Entorno como Fonte de Luz

O entorno se comporta, geralmente, como uma fonte de luz. A luz refletida pelo terreno que rodeia o edifício em estudo, ou proveniente de outras superfícies exteriores a ele, é um dado importante para o projeto de iluminação natural.

Como as outras fontes de luz, é preciso que sua luminância seja controlada.

*“A luz refletida pelo entorno em regiões ensolaradas representa, no mínimo, de 10% a 15% do total da luz diurna recebida pela janela; estes valores são superados quando o entorno é claro (vegetação e calor superficial). Para aqueles locais cujas superfícies exteriores não estão expostas ao sol, a luz refletida pelo entorno pode chegar a ser mais da metade da luz recebida pelas janelas, contidas por superfícies sombreadas”.*  
(MASCARÓ, 1983)

A direção da luz refletida pelo entorno pode ser utilizada mais eficientemente no espaço interior, especialmente naqueles pontos localizados nas zonas próximas à janela. Esta luz proveniente do entorno pode ser controlada – dentro de certos limites – pelo projetista, por exemplo: por meio da utilização da cor nas superfícies próximas ao edifício pode-se aumentar a luz incidente, tanto na zona das janelas em sombra como no interior do local.

#### **2.8.2 - Sistemas de Iluminação Natural (Zenitais e Laterais) e o projeto**

Uma vez que já sabemos o que necessitamos em termos de iluminação e quanto dispomos na cidade de nosso projeto, o passo – sábio - a seguir é estudar as possibilidades de se atender a essas exigências. Várias maneiras se apresentam, mais ou menos sofisticadas, para nos atender nas diversas fases do projeto. Após conhecermos o potencial da nossa região podemos ter um pré-dimensionamento das aberturas.

O passo seguinte é resolver qual forma de "coleta de luz natural disponível" melhor convém ao projeto: a lateral ou a zenital. A primeira se traduz, no projeto, pelas aberturas feitas nas fachadas, que atingem o ambiente. O maior aproveitamento da luz natural, neste caso, ocorre perto das janelas, sendo comum um grande declínio à medida que nos afastamos dela.

Uma última recomendação: a função de uma janela como elemento de integração exterior–interior não pode ser esquecida, e na verdade é essa mistura de parâmetros que pode tornar fascinante o projeto das aberturas. Assim podemos usar nosso conhecimento de orientação, reflexão externa (em pisos do entorno imediato) e interna (tetos) para gerar um sistema de abertura que reúna todos estes requisitos.



Existem opções, como os "sheds", que podem não captar a luz do sol, uma vez que possuem uma única superfície vertical envidraçada. Entretanto eles apresentam em geral apenas 30% do rendimento lumínico de um domo, captor horizontal.

Finalmente, além das aberturas que captam a luz solar e de seus elementos redirecionadores e sombreadores da luz, características do ambiente interno, tal como pé-direito, forma do teto e cores das superfícies interferem no resultado obtido.

### 2.8.3 - Localização e Forma das Janelas

*“Muito do segredo de uma boa iluminação lateral se baseia na adequada localização das janelas em relação ao interior e nas características que cada tipo de fechamento tem, analisados do ponto de vista luminotécnico. Descrevemos a seguir alguns dos aspectos da iluminação oferecida por formas e disposições típicas de janelas”. (VIANA & GONÇALVES, 2001)*

- a) Janelas altas e baixas;
- b) Janelas altas e estreitas;
- c) Janelas largas e horizontais;
- d) Janelas em paredes opostas;
- e) Janelas em paredes adjacentes;
- f) Janelas em sacada;
- g) Efeito das obstruções externas;
- h) Efeito dos brises (quebra-sóis).

#### 2.8.3.1 - Janelas Altas e Baixas

Janelas mais baixas propiciam uma iluminação mais próxima delas.

As janelas altas propiciam uma maior profundidade na distribuição da luz natural, em função da relação entre a altura do piso e o limite superior da janela, e também melhoram um pouco a uniformidade, pelo fato de se diminuir os níveis de iluminância mais próximos à abertura e aumentar a reflexão interna das paredes, uma vez que a luz é levada mais para o fundo do ambiente. Janelas altas e contínuas, recuadas ou não até o interior da fachada, permitem reduzir a área visível da abóbada celeste que pode provocar ofuscamento.

A localização da borda superior das janelas, tão perto do forro quanto possível, incrementa a superfície refletora do mesmo e diminui as áreas escuras que a rodeiam. A uniformidade da iluminação melhora notavelmente, quando a borda superior da janela está situada a uma altura igual a, pelo menos, metade da profundidade do local que contém a janela.

#### **2.8.3.2 - Janelas Altas e Estreitas**

Com uma mesma área de janela dividida em duas janelas em série podemos ter as seguintes situações:

- a) Se as janelas em série estiverem muito separadas uma da outra, a distribuição da luz, paralela à parede que contém a janela, será inadequada, e as áreas de piso e parede entre as janelas podem ficar bem mais escuras;
- b) Porém se as janelas não estiverem muito separadas, a distribuição será melhor, mais uniforme, atingindo uma maior área útil do plano horizontal.

#### **2.8.3.3 - Janelas Largas e Horizontais**

“As janelas desse tipo formando planos contínuos alargados são usadas em oficinas grandes e profundas e junto com uma iluminação artificial complementar, quando se deseja restringir a admissão da luz solar direta e obter um melhor balanceamento entre a luz diurna e a artificial complementar.

*Janelas largas e horizontais situadas na parte superior da parede dão faixa de luz diurna paralela à parede que as compõem, porém bastante alargadas, até o fundo do local. Com semelhantes janelas em apenas um lado, a área logo abaixo das mesmas fica pobremente iluminada, criando-se ali um contraste desagradável de iluminâncias, com a visão da abóbada celeste luminosa através das janelas. (MASCARÔ, 1975)*

Diz-se que, como regra geral, as superfícies envidraçadas grandes e contínuas, estendidas ao longo do local, permitem uma distribuição mais uniforme da luz diurna do que as janelas separadas por áreas de parede.

Porém este tipo de janela contínua, quando usada em climas tropicais, produz problemas de ofuscamento e excesso de ganhos térmicos, particularmente quando não se previu o fator sombra correspondente.

#### **2.8.3.4 - Janelas em Paredes Opostas**

Viana; Gonçalves (2001), afirma que ambientes com duas ou mais janelas são melhores iluminados do que aquele com somente uma janela. Ambientes com janelas em paredes opostas podem ser melhor iluminados do que os ambientes com duas janelas dispostas em paredes adjacentes. Dependendo da forma do ambiente, em locais com duas janelas, o efeito de uma se soma ao da outra, aumentando o nível de iluminância e melhorando a uniformidade. Janelas opostas também reduzem o ofuscamento, pela diminuição do contraste entre janela e fundo, através da iluminação das paredes que as contêm pela luz proveniente da janela oposta. Quando uma das duas janelas for alta, diminui o ofuscamento e se melhora também a uniformidade de distribuição da luz, benefício ainda maior com as duas altas.

Dependendo da profundidade do local, pode ser conveniente complementar a iluminação unilateral com bilateral por meio de janelas, geralmente localizadas na parte superior da parede, para melhorar a iluminação nas zonas menos favorecidas bem como melhorar a uniformidade e distribuição da iluminação. Esta complementação também pode ser feita com bastante eficácia com a iluminação zenital (que não deixa de ser “uma janela alta”).

#### **2.8.3.5 - Janelas em Parede Adjacentes**

Em ambientes com duas janelas em paredes adjacentes, a segunda janela melhora a deficiência de nível de iluminância no fundo da sala e também a uniformidade. Mascaro (1975) diz que essas janelas, em locais quadrados, dão boa penetração de luz, a menos que sejam estreitas e estejam situadas perto de um mesmo canto do ambiente, pode-se chegar a posição das duas janelas com resultados bastante satisfatórios, principalmente quando a janela da parede maior estiver posicionada mais para o fundo do ambiente.

Janelas adjacentes também reduzem o ofuscamento, pela diminuição do contraste entre janela e fundo, através da iluminação das paredes que as contêm pela luz proveniente da janela adjacente.

Em ambientes com duas janelas adjacentes, a conveniência de se ter uma delas ou as duas, com peitoris maiores, estará em função da maior das duas dimensões do ambiente. Como já foi dito, é interessante e conveniente que as janelas da parede maior tenham também peitoril maior, pois dessa forma melhora-se a uniformidade e diminui-se o ofuscamento.

#### 2.8.3.6 - Obstruções Externas

*“A distribuição da luz diurna, que chega através das janelas, está condicionada também pela natureza das obstruções exteriores, as obstruções externas reduzem a profundidade de penetração da luz nos ambientes. Quanto maiores e mais próximas das aberturas, mais elas reduzirão esta profundidade. Elas afetam também a distribuição das curvas isolux, em planta, dependendo de suas posições relativas às janelas”.*  
(VIANA & GONÇALVES, 2001)

## 2.9 DADOS CLIMÁTICOS

O cálculo para o projeto de sistemas de ar condicionado, cálculos simplificados do consumo de energia e para simulações detalhadas de energia em edificações podem ser feitos com base no conhecimento de requisitos básicos das condições climáticas externas.

Diferentes níveis de projeto podem utilizar elementos climatológicos integrados através de tratamentos específicos, que visem direcioná-los para o uso na solução de problemas de projeto de edificações. Isto requer um prévio tratamento estatístico ou métodos que transformem uma grande quantidade de registros em ferramentas práticas de trabalho.

Os dados climáticos, mais comumente utilizados na avaliação do desempenho térmico de edificações, têm sido os dias típicos, temperaturas de projeto, graus/dia ou ano climático de referência. Segue como referência, um resumo de cada método citado:

1. Dia Típico de Projeto: é uma ferramenta importante na determinação das exigências higrotérmicas de verão e inverno. O projeto é elaborado para melhor responder ao conforto térmico do indivíduo com base nas características deste dia típico.

Na metodologia desenvolvida por SATLLER (1989), que segundo GOULART (1993) comparou esta com a metodologia desenvolvida no IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) e constatou que a metodologia de Satller para dia típico de projeto é mais recomendável por resultar em dias com amplitudes de temperatura próximas à amplitude média e dentro de uma faixa de maior frequência de ocorrência.

Portanto, em seu procedimento descrito, SATLLER (1989) recomenda que, para cada um dos dias do período de dados disponíveis, sejam calculadas a temperatura média, a temperatura média diária, e em seguida ordenadas em ordem crescente. Posteriormente é encontrado o conjunto de dias de temperaturas médias elevadas, considerando aproximadamente 15% do número total de dias. Da mesma forma são encontrados os dias de temperaturas médias mais baixas no período. Os dias encontrados correspondem aos períodos quente e frio, respectivamente.

A abrangência dos períodos quente e frio é determinada a partir da verificação das datas limite dos conjuntos. Os dias incluídos no período quente, denominam-se dias quentes, e os dias incluídos no período frio são chamados dias frios. Depois de reordenadas as temperaturas médias correspondentes aos dias dos períodos definidos acima, são determinados os níveis de 1%; 2,5%; 5% e 10% tanto para os dias quentes, como para os dias frios. Portanto, o nível de 2,5%, relativo a dias quentes, por exemplo, caracteriza o dia cuja temperatura média é excedida somente por 2,5% do total de dias quentes. Para cada nível, são selecionados os dias cujas temperaturas médias se situam imediatamente acima e abaixo da temperatura média do dia de referência e dentro de um intervalo representando 1% do número de dias do conjunto. Como a metodologia trabalha com um dia teórico, são calculadas as médias horárias das características dos dias situados nestes intervalos, para cada nível, definindo-se os dias típicos de verão e dias típicos de inverno. Para cada dia típico, são listados os valores horários de temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido ou umidade relativa, nebulosidade (ou radiação solar), direção e velocidade do vento. Segundo GOULART (1993), deve-se conhecer a data de referência de cada dia típico, para que se estimem com precisão, os valores de irradiância solar nos diferentes componentes externos da edificação. A metodologia prevê que a data seja definida pelo cálculo das declinações solares, ou seja,

corresponde ao dia cuja declinação solar mais se aproxime da média das declinações solares dos dias considerados na definição dos dias típicos;

2. Temperatura de Projeto – Metodologia ASHRAE: o método de selecionar temperatura de projeto baseada na suposição de que o nível de frequência de uma temperatura específica em um determinado período de tempo se repetirá no futuro. As frequências de 1%, 2,5% e 5% foram selecionadas para um intervalo de múltiplos riscos, sendo de responsabilidade do profissional a escolha do nível de risco do seu projeto.

São apresentados no período de inverno, dois níveis de frequência de ocorrência. Estes níveis representam temperatura de bulbo seco que são iguais ou excedidas por 99% ou 97,5% dos valores correspondentes ao número total de horas dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (um total de 2.160 horas) no hemisfério Norte e dos meses de junho, julho e agosto (um total de 2.208 horas) no hemisfério Sul.

No período de inverno, são apresentados três níveis de frequência de ocorrência. Estes níveis representam temperatura de bulbo seco que são iguais ou excedidas por 1%, 2,5% e 5% dos valores correspondentes ao número total de horas dos meses de junho a setembro (um total de 2.928 horas) no hemisfério Norte, e dos meses de dezembro a março no hemisfério Sul (um total de 2.904 horas). Para cada temperatura de bulbo seco de projeto de verão, deve ser encontrada a temperatura de bulbo úmido coincidente, ou seja, determina-se a média de todas as temperaturas de bulbo úmido ocorridas com a específica temperatura de bulbo seco. Também são encontradas as temperaturas de bulbo úmido que representam valores que são iguais ou excedidos 1%, 2,5% e 5% das horas durante os meses de verão. Estes valores de temperatura de bulbo úmido são computados independentemente dos valores de temperatura de bulbo seco de projeto. Pela ASHRAE, as temperaturas de bulbo seco de projeto com a temperatura de bulbo úmido coincidente devem ser usadas para calcular cargas refrigeração em edificações. Já as temperaturas de bulbo úmido de projeto são determinadas, a princípio, para uso em processos de resfriamento evaporativo, mas também podem ser usadas para calcular cargas de ventilação.

A metodologia da ASHRAE para temperatura de projeto também apresenta recomendações relativas a dados de vento.

No período de inverno, o vento predominante mais freqüente é encontrado com a temperatura de bulbo seco de projeto para o nível de 97,5% e a velocidade média do vento (média dos valores de velocidades do vento que ocorrem coincidentemente com a temperatura de projeto) para o mesmo nível.

Para o período de verão, o vento predominante mais freqüente é encontrado com a temperatura de bulbo seco de projeto, para o nível de 2,5%.

3. Grau-dia e Grau-hora: segundo a ASHRAE (1993), são métodos para análise de energia em edifícios com equipamentos de ar condicionado utilizados constantemente, sendo a demanda anual de energia requerida calculada através do valor da quantidade de grau-dia durante o ano.

Grau-dia é definido como sendo um parâmetro climático que pode ser definido como o somatório da diferença de temperatura, quando esta se encontra abaixo de uma temperatura base ( $T_b$ ). Quando a temperatura média diária for menor que  $T_b$ , calcula-se a diferença ( $T_b - T_{\text{méd}}$ ), somando-se estas diferenças, dia a dia, para todo o ano. Grau-hora pode ser estimado de maneira similar, porém tomando-se as temperaturas horárias em vez de temperaturas médias diárias.

Para o cálculo de refrigeração utilizando o conceito de grau-dia ou grau-hora, utiliza-se de maneira semelhante ao cálculo para aquecimento, demonstrado acima, porém são consideradas as temperaturas que excedem uma temperatura base ( $T_b$ ).

4. Ano Climático de Referência: é a reunião de dados climáticos de um ano típico utilizado para o cálculo do consumo de energia através de programas de simulação de desempenho térmico de edificações.

STAMPER (1997) descreveu um procedimento utilizado para determinar o chamado Test Reference Year (TRY) ou Ano de Referência em português.

Baseado na eliminação de anos de dados, que contêm temperaturas médias mensais extremas (mais altas e mais baixas), até permanecer um ano somente, que será eleito como o ano climático do local específico em estudo. Os meses são classificados em ordem de importância para cálculo de energia, analisando-se os valores da média das temperaturas médias mensais de temperatura do ar, anotando-se o mês mais quente e o mês mais frio, em seguida o segundo mês mais quente e o

segundo mês mais frio e assim por diante, conforme aparecem as maiores e as menores temperaturas médias mensais, respectivamente. Após fecharem os doze meses, repete-se a sequência dos meses, porém invertendo-se o sentido de análise, ou seja, onde é quente passa a ser frio e vice-versa. Com isso, os anos que apresentam temperaturas médias mensais extremas (mais altas e mais baixas) poderão ser eliminados na sequência dos meses anotados.

Com a sequência dos meses listados, as temperaturas médias mensais do registro disponível são calculadas e examinadas. O ano cujo mês anotado na lista for mais quente é eliminado, em seguida, o ano cujo mês anotado na lista é mais frio é eliminado, e assim sucessivamente até restar somente um ano.

Este é designado como o Ano Climático de Referência.

O Test Reference Year (TRY), determinado por este processo, consiste em dados climáticos horários apresentados em um formato padronizado, conforme necessário para simulação de desempenho térmico de edificações.

Segundo GOULART (1993b), o TRY determinado pelo processo descrito por STAMPER (1997), necessita das seguintes informações climáticas para as 8.760 horas do ano:

1. Mês, dia e hora; temperatura de bulbo seco (TBS);
2. Temperatura de bulbo úmido (TBU); umidade relativa (UR%);
3. Direção de vento (DV); velocidade de vento (VV);
4. Pressão barométrica (PR); nebulosidade (TN);
5. Radiação solar (estimada a partir da nebulosidade).

Os dados do Ano Climático de Referência podem ser plotados sobre uma Carta Bioclimática, obtendo-se quais as estratégias de projeto mais adequadas, para melhor adaptar a edificação ao clima local.

Os profissionais de projeto de edificações e de sistemas de ventilação e ar condicionado, bem como aqueles responsáveis pela segurança e higiene do trabalho necessitam de conhecimento atualizado e de ferramentas práticas que permitam a avaliação do conforto térmico dos ambientes edificados.



### 2.9.1 ANO CLIMÁTICO

Conforme GOULART (1993b), a ASHRAE identifica duas fontes de ano climático desenvolvidas para cálculos de energia utilizados nos Estados Unidos: o Test Reference Year (TRY), preparado pelo National Climatic Center e o Typical Meteorological Year (TMY) preparado pelo Sandia Laboratories na cidade de Albuquerque.

O Test Reference Year (TRY), representa um ano real de dados referentes a um período de registro disponível de 10 anos ou mais. A mais recente geração de sistemas informatizados para simulação de desempenho térmico de edificações, adota como dados de entrada, representando o clima local, informações horárias de um período anual. Exemplos desses sistemas são DOE, ESP e COMFIE, que utilizam os dados climáticos horários de um ano típico, para cálculo do consumo de energia e avaliação de desempenho térmico em edifícios.

A vantagem em se adotar um arquivo climático com dados horários de um ano inteiro ao invés de aplicar a prática usual de apenas o dia típico de verão e inverno, se encontra no fato de que os resultados obtidos nas simulações com dados horários anuais são mais representativos das variações sazonais de um ciclo anual. Um arquivo climático de um ano de dados permite uma visão global das variações, que podem ocorrer na simulação, e garantem a estabilização do método dinâmico de interações nos cálculos de simulação térmica em regime transiente, para qualquer estação, mês, dia ou hora do ano que se queira simular.

Nesse caso, permite-se também uma análise diária ou horária do ano inteiro, onde se pode completar o ciclo das variações climáticas sazonais de uma dada região e, portanto, a análise não fica restrita às variações extremas do ano, representadas pelo dia típico de verão e ou inverno, podendo ser realizada sob uma visão discretizada das variações anuais.

Por outro lado, trabalhar com dias típicos significa operar com uma porcentagem de possibilidades de ocorrências de variações climáticas das duas estações extremas do ano, sendo que esse modelo de representação climática é de difícil compreensão para a maioria das pessoas não-familiarizadas com métodos estatísticos.

AKUTSU et al. (1995a) explica que o dia típico é utilizado para representação climática em simulações de desempenho térmico nos métodos usados pelo IPT. Entretanto, nessa prática, não se considera as variações ocorridas no clima durante os dias precedentes ao dia típico, o que é importante quando se trata de edificações com certa inércia térmica.

A partir de experimento em protótipo de edificação com inércia térmica média, onde as temperaturas internas e externas foram medidas continuamente, AKUTSU et al. (1995a) concluíram ser necessário levar em consideração, no mínimo, três dias precedentes ao dia de cálculo, para simulação de desempenho térmico, no intuito de se evitar conclusões totalmente diversas a respeito do desempenho térmico da edificação.

Essa pesquisa vem confirmar, também, a vantagem de se trabalhar com uma representação climática de dados horários de um ano típico ou ano climático de referência.

O procedimento utilizado na determinação do ano climático de referência ou TRY (Test Reference Year), de um período de registro disponível, baseia-se na eliminação de anos de dados, os quais contêm temperaturas médias mensais extremas (altas ou baixas), até permanecer um ano apenas. Para tanto, os meses são classificados em ordem de importância de cálculos relacionados ao consumo de energia. A partir de então, os valores médios mensais de temperatura são analisados e o mês mais quente e o mês mais frio do período de anos, tomados para estudo, são considerados os mais importantes, seguidos do segundo mês mais quente e segundo mês mais frio e dos demais meses em ordem de importância de frio e de quente. As temperaturas médias mensais, por período de registro disponível, são examinadas conforme a sequência de meses listada, a partir da importância dos extremos mais quentes e mais frios alternadamente, sendo que o ano com o mês mais quente do período de estudo é eliminado primeiro, eliminando-se, em seguida, o ano com o mês mais frio. O processo continua até restar apenas um ano, que será designado como ano climático de referência. Se ao fim de doze meses de sequência de importância, sobrar mais de um ano, a análise continua na mesma sequência de meses, só que com a importância trocada: o mês de importância mais quente torna-se o mês de

importância mais frio, até restar apenas o ano climático de referência, conforme (GOULART, 1993b).

O Test Reference Year (TRY), determinado por este processo, consiste em dados climáticos horários apresentados em um formato padronizado, conforme necessário para simulação de desempenho térmico de edificações. No TRY, determinado pelo processo descrito por Stamper, segundo GOULART (1993b), constam as seguintes informações climáticas para as 8760 horas do ano:

1. mês, dia e hora; temperatura de bulbo seco (TBS);
2. temperatura de bulbo úmido (TBU); umidade relativa (UR%);
3. direção de vento (DV); velocidade de vento (VV);
4. pressão barométrica (PR); nebulosidade (TN);
5. radiação solar (estimada a partir da nebulosidade).

Os dados do Ano Climático de Referência podem ser plotados sobre uma Carta Bioclimática, obtendo-se quais as estratégias de projeto mais adequadas, para melhor adaptar a edificação ao clima local.

### **2.9.2 DISPONIBILIDADE DE DADOS CLIMÁTICOS PARA A CIDADE DE CUIABÁ-MT**

Segundo DUARTE (1995), em Cuiabá, as pesquisas meteorológicas são feitas desde 1901 pelo observatório meteorológico Dom Bosco, fundado e mantido pelos padres salesianos. Em 1911, integrou-se INEMET – Instituto Nacional de Meteorologia, e continuou sendo operado pelos salesianos até 1966. com o fechamento do observatório a 31 de dezembro desse mesmo ano, o arquivo existente foi transferido para o 9º Distrito de Meteorologia, e as medições passaram a ser feitas pelo INEMET, atual DNMET – Departamento Nacional de Meteorologia, do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária.

Entre os dados climáticos disponíveis estão as normas climatológicas do período de 1961 a 1990, do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, coletado no 9º Distrito de Meteorologia no município vizinho de Várzea Grande – MT, a menos de 1 km após a travessia da ponte sobre o Rio Cuiabá. O Estado dispõe de apenas 4 postos meteorológicos do DNMET. Existem também 2 postos da UFMT - Universidade Federal de Mato Grosso, um localizado no campus da Universidade de

Cuiabá e outro na fazenda instrumental no município vizinho de Santo Antônio do Leverger.

Dispõe-se também de dados diários um pouco mais recentes do período de 1985 a 1994, do Ministério da Aeronáutica, coletados na estação meteorológica do Aeroporto Marechal Rondon, em Várzea Grande, e de alguns dados isolados obtidos em fontes secundárias.

## 2.10 ARQUITETURA E CLIMA

A relação existente entre o homem e o espaço faz parte da própria experiência do homem no mundo; todas as ações humanas são realizadas no espaço. O espaço construído também é algo antiquíssimo e de muita preocupação até os nossos dias. Há um número incalculável de estudos que giram em torno das habitações, são áreas totalmente diversas que se preocupam com o assunto. Mesmo no ponto de vista da arquitetura existem diferentes áreas a serem pesquisadas, isso porque a habitação é um espaço de morar, logo uma característica fundamental do homem como ser no mundo.

A habitação não é apenas um conjunto edificado onde os eventos ocorrem, mas sim um componente essencial dos eventos. Para que uma edificação funcione de forma ideal, é necessário se cumprir uma série de exigências que o próprio corpo humano necessita.

Para MALARD (2002), a criação e a modificação de espaços são processos dinâmicos e as formas arquitetônicas são modeladas na experiência da vida. Segundo ela, o espaço arquitetônico pode ser, então, considerado em três níveis: **o nível simbólico**, que é relacionado ao desejo (às imaginações, emoções e crenças humanas). O desejo impulsiona o homem a agir sobre as coisas organizando-as significativamente, e criando lugares onde possa espacializar esse desejo. As questões que são levantadas quando analisamos o nível simbólico podem ser resumidas em ‘Para que é?’; **o nível de uso** - ou funcional - que diz respeito à maneira como as coisas são organizadas nas espacializações. As questões que são levantadas quando examinamos o nível do uso podem se resumir em ‘Como isto funciona?’; **o nível tecnológico**, que consiste nos conhecimentos, habilidades, artifícios e técnicas, as quais o homem se utiliza para organizar as coisas nas

especializações, criando lugares significativos e funcionais. As questões que dirigimos a esse nível são resumidas em ‘Como fazer isto?’.

A boa arquitetura seria então aquela que contemple, de modo equilibrado, os três níveis.

Por vezes um nível é negligenciado ou até ignorado quando se projeta ou se analisa a arquitetura, enquanto que os outros dois são priorizados. Quando isso ocorre, vai ocorrer também a simplificação ou a falta de algum elemento que certamente afetará a experiência espacial (a experiência do habitar, no sentido amplo). Assim, os elementos simplificados (inadequados) ou faltantes se tornam conspícuos, e nesses casos, podem surgir conflitos entre as pessoas (usuários) e os objetos arquitetônicos simplificados, estragados ou faltantes.

Pode haver, entretanto, situações arquitetônicas onde um dos níveis seja realmente preponderante sobre o outro.

A situação de equilíbrio é certamente a mais desejável para a maioria dos projetos arquitetônicos e urbanísticos, embora existam muitos casos em que algum nível pode ser priorizado com relação aos demais. Entretanto, no caso dos projetos habitacionais, não há dúvida de que o equilíbrio deve ser perseguido no seu limite.

Quando se fala em equilíbrio, o que se busca é o cumprimento dos fenômenos básicos do processo de morar, como: os de territorialidade, privacidade, identidade e ambiência. Os elementos arquitetônicos que compõem a casa têm de possuir as qualidades que os possibilite realizar tal compromisso.

MALARD (2002) diz que, quando qualquer elemento está faltando ou estragado, ele provoca um conflito que acaba por revelar o fenômeno que está sendo afetado. Dessa forma deve-se tentar localizar a falha existente para que se possa solucionar o conflito arquitetônico existente.

Nas últimas décadas, houve um crescimento acelerado no ramo da construção civil de habitações populares, devido à carência nesse setor, porém juntamente a esse crescimento tem-se verificado um descontrole quanto à qualidade de tais edificações.

Atualmente, um maior número de pessoas tem passado mais tempo dentro de suas casas, em função aos novos tipos de atividades e a duração dos períodos de lazer, originando assim um aumento no consumo de energia despendida na procura

de um eficiente conforto ambiental no interior das habitações, ocasionado pela falta de qualidade dita anteriormente.

São por esses motivos que os profissionais da construção civil, de um modo geral, devem estar atentos às soluções de projetos propostas, as técnicas construtivas e aos materiais utilizados em suas construções, para que, em fase de uso tenha um bom desempenho em todos os aspectos.

Com base nas anotações de ARAKAKI (2000), teve início, em 1995, o desenvolvimento pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) para a Financiadora de Pesquisas e Projetos (FINEP) do projeto “Critérios mínimos de desempenho para habitação térreas de interesse social” que foi incorporada pelo Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade da Construção Habitacional (PBQP da Habitação) que apóiam os setores da cadeia produtiva, a instalação e aplicação da produtividade e da qualidade. No momento, trata-se ainda de base para discussão a fim de gerar uma norma de desempenho para sistemas construtivos.

Nessa abordagem foram reduzidos para seis os números de exigências consideradas prioritárias no caso de desempenho para habitações térreas de interesse social. O IPT sugere a análise dos seguintes itens: segurança estrutural; segurança ao fogo; estanqueidade à água; conforto térmico; conforto acústico e durabilidade.

## 2.11 A EVOLUÇÃO DA ARQUITETURA NO BRASIL

A arquitetura no Brasil durante o período colonial era muito simples, caracterizada pela falta de mão-de-obra qualificada (apenas trabalho escravo) e técnicas construtivas inadequadas.

Devido à importação dos padrões arquitetônicos de Portugal, as casas seguiam certo padrão com relação as suas posições nos lotes, construídas sobre os limites frontais e laterais, as paredes tornavam-se elementos não só de vedação e sustentação das coberturas, como, também, responsáveis pela definição e conservação dos limites das vias públicas.

Os painéis de fechamento vertical eram muito espessos e o projeto das edificações eram simples, com extensos corredores, altos pés-direitos e telhados de duas águas.

No período do século XVIII, as construções se caracterizavam por serem de pau-a-pique, adobe ou taipa-de-pilão, nas edificações mais simples, e nas mais

sofisticadas empregava-se pedra e barro, em casos mais raros utilizavam-se tijolos ou ainda pedra e cal, (REIS FILHO, 1997).

No início do século XIX, com a integração do Brasil no mercado mundial, conseguida pela abertura dos portos, possibilitou a importação de diversos tipos de materiais que contribuíram, em grande parte, nas alterações sutis no contexto arquitetônico, mas preservando o primitivismo das técnicas construtivas.

Já na segunda metade do século XIX a arquitetura brasileira foi influenciada pelas tendências européias, denominadas neoclássicas, porém apenas os mais abastados puderam aderir tal estilo.

Neste mesmo período a importação de materiais era total. A implantação das casas nos terrenos começava a se transformar.

Segundo REIS FILHO (1997), foi sob a inspiração do ecletismo e com o apoio dos hábitos diferenciados das massas imigrantes, que apareceram as primeiras residências urbanas com nova implantação, rompendo com as tradições e exigindo modificações nos tipos de lotes e construções. As primeiras manifestações de mecanização na produção de materiais de construção e a presença dos imigrantes como trabalhadores assalariados respondiam pelas alterações das técnicas construtivas nessa época. Surgiram então as casas construídas com tijolos.

Posteriormente, estabeleceu-se o afastamento frontal, permitindo projetos arquitetônicos mais diferenciados, somados ao aperfeiçoamento técnico construtivo.

REIS FILHO (1997) ainda afirma que nem sempre as formas arquitetônicas respondiam às mudanças tecnológicas, pois as paredes, mesmo as de tijolos, continuavam a ser confeccionadas com exageradas espessuras.

Ainda na metade desse século, com a instalação das ferrovias e linhas de navegação fluvial, foi possível o acesso às províncias no interior do País dos produtos e inovações até então indisponíveis.

As mudanças socioeconômicas e tecnológicas ocorridas trouxeram ao Brasil inúmeras transformações nas técnicas construtivas e nas habitações. As técnicas eram importadas, juntamente com os materiais, REIS FILHO (1997) ainda explica que os arquitetos e engenheiros dessa época orgulhavam-se de imitar com perfeição, até nos detalhes, os estilos de todas as épocas. Mesmo dependendo largamente de materiais importados, dominavam com eficiência as técnicas de construção e eram capazes de

atender às exigências mais complexas de estruturas e acabamento, que lhes eram impostas por uma arquitetura então em rápida evolução.

No final do século XIX as paredes tomaram dimensões menores e uniformes, facilitando a confecção mecanizada de portas e janelas. As paredes externas passaram a ter 0,60m de largura e as internas 0,30m, o pé-direito da edificação se mantinham de aproximadamente 5,00m.

Segundo REIS FILHO (1997), as paredes das casas, quando não eram confeccionadas com tijolos aparentes, eram revestidas com massa, com motivos decorativos.

Nos primeiros vinte anos do século XX, surgem as primeiras experiências arquitetônicas mais atualizadas, que se iniciam com a introdução do art nouveau e passando pelo neocolonial até chegar ao movimento modernista.

Entre 1920 a 1940, com o início do desenvolvimento industrial, ocorreram as primeiras transformações tecnológicas de importância no País. Começaram a surgir, também, as edificações com pés-direitos reduzidos.

Na década de 30 cresce o número dos edifícios de residências, graças ao aperfeiçoamento das estruturas metálicas e em concreto. Segundo REIS FILHO (1997), durante este período, o concreto se afirmou como elemento básico na construção civil.

Com a utilização das estruturas em concreto, as paredes perderam sua função estrutural, passando a atuar somente como elemento de vedação, feitos em sua maioria de tijolos. PATTON (1978) afirma que a parede de vedação é um conceito que dá ensejo a muitas realizações, tendo incentivado o emprego de novos materiais e elementos laminados.

Com a construção de Brasília, houve uma intensificação muito grande da urbanização e industrialização da história do País. Foi possível perceber as mais variadas composições arquitetônicas. As obras mais representativas buscavam uma sintonia entre as possibilidades crescentes das estruturas e as exigências mais complexas do meio.

Com a limitação das importações, no período da Segunda Guerra Mundial, houve um estímulo para que a indústria brasileira substituísse os produtos importados



por produtos nacionais, fazendo assim, com que estes se aperfeiçoassem cada vez mais.

### **2.11.1 A EVOLUÇÃO DA ARQUITETURA EM CUIABÁ**

Em Cuiabá, as mudanças e inovações sofridas no campo da construção civil ocorreram com diferenças temporais. Tudo isso, devido à distância entre os grandes centros e a capital mato-grossense, somados pelas dificuldades de deslocamento, existentes na época.

A atual capital de Mato Grosso nasceu no século XVIII, com ruas tortuosas e estreitas. FREIRE (1997) afirma que o espaço produzido reflete, nas curvas e meandros da malha urbana, a ondulação do relevo, a sinuosidade do Rio Coxipó e do Cuiabá, os labirintos dos corixos e vazantes do Pantanal próximo. A luminosidade intensa e o calor escaldante se filtram no desenho da cidade, na sua paisagem de entorno, ajudando a compor o equilíbrio telúrico do ambiente cuiabano.

FREIRE (1997) fez uma leitura da evolução da cidade de Cuiabá em três ciclos, e é dessa forma que esta evolução será aqui explicada.

Cuiabá surgiu no Ciclo da Mineração (1722-1820), fonte abundante de ouro, teve suas primeiras casas de morada de palha, dispostas junto às lavras do Sutil, considerada a mais rica mancha de ouro então localizada.

Em 1726, o povoado não apresentava mais características de acampamento provisório, foram então erguidas as primeiras casas cobertas de telha, (FREIRE, 1997).

O ouro exercia poderosa atração populacional. Em 1730, a chegada de uma poderosa monção trazida pelo Ouvidor Geral e Corregedor imprime um novo ritmo à administração da vila, iniciando as obras da Cadeia, da Casa da Câmara e de novas residências.

A arquitetura das primeiras edificações seguia os padrões paulistas do século XVIII, implantadas sobre os alinhamentos.

O material utilizado nos alicerces era a pedra cristal e os baldrames, largos e altos, feitos de pedra canga. As paredes eram feitas de pau-a-pique e taipa socada, posteriormente surgiram as de adobe. Os materiais que compunham essa mistura eram a terra, o pedregulho e quase sempre o óleo de peixe, (SANTOS, 2001).

No primeiro período o pé-direito era baixo, as fachadas estreitas reproduzindo um único padrão, conferindo certa monotonia à paisagem das ruas. Os telhados eram de duas águas, com caídas para a rua e para o quintal, cobertos, em sua maioria, por telhas de barro.

Segundo ESTULANO (1999) as atividades de construção foram intensas nas primeiras décadas. Neste ciclo as casas se concentravam à margem direita da Prainha, do lado esquerdo (igreja do Rosário) as casas surgiam isoladas umas das outras.

Do final do século XVIII ao início do século XIX, a cidade se adensa, definindo melhor sua estrutura e aspecto urbano.

No Ciclo da Sedimentação Administrativa (1820-1968) o ouro começa a se escassear, fazendo a camada dominante iniciar um processo de diversificação da atividade mineradora pelas atividades agropastoris (FREIRE, 1997).

Neste ciclo, o poder público se define através de construções de grande porte e incorporação de elementos que imprimem maior requinte às fachadas e aos espaços construídos.

A classe dominante começa a construir os sobrados e as grandes residências térreas que modificaram a fisionomia da cidade. A camada pobre da população, com suas choupanas, casas de palha e casebres de taipa, vai construindo novos espaços para a vila. Essas casas mais humildes localizavam-se nas pontas de rua ou nas áreas periféricas, (ESTULANO & NOGUEIRA, 2000).

Com a promulgação do PRIMEIRO CÓDIGO DE POSTURAS DO MUNICÍPIO, em 4 de janeiro de 1831, foram tratadas muitas questões da construção civil. Com isso, o poder público procurava combater as construções irregulares e feitas sem licença da Câmara, (ESTULANO, 1999).

ESTULANO (1999) afirma que, este período caracterizou-se pelo uso de altos pés-direitos que se adequavam muito bem ao clima da região. Definia-se também o uso de platibandas ornamentadas (que escondiam o aspecto pouco elaborado dos telhados), frontões e balaústres.

Os materiais de construção eram, em sua grande maioria, produzidos e extraídos nos arredores da cidade. As olarias próximas produziam as telhas e os ladrilhos necessários às construções, desde as mais ricas até as mais pobres.

O madeiramento da estrutura das paredes e do telhado resultava do aproveitamento de madeiras locais. As soleiras, os portais, as portas e janelas e os assoalhos também eram de madeira.

A taipa socada foi muito utilizada durante todo o século XIX, sendo substituída gradativamente pelo adobe. A pedra canga era largamente utilizada nas construções e existia em abundância nas proximidades da cidade, (SANTOS, 2001).

Até o término da Guerra da Tríplice Aliança (março de 1870), Cuiabá era uma verdadeira réplica das aldeias e vilas do norte de Portugal (Minho e Traz-os-Montes), dada à semelhança da arquitetura de seus prédios.

O final do século XIX caracterizou-se pela adoção de novos modelos na arquitetura, por maior adensamento da mancha urbana, conferindo maior nitidez ao traçado das ruas, pela consolidação do Porto Geral e início da integração da pequena localidade de Coxipó da Ponte, sede do distrito de mesmo nome.

ESTULANO & NOGUEIRA (2000) concluem que, o suporte econômico pelo adensamento da mancha urbana foi garantido pela produção de açúcar e extração da borracha. O bom andamento da economia local permite o incremento de construções em Cuiabá e incorporação de inovações até então inéditas.

Neste momento, nenhum estilo particular se afirma. A arquitetura das residências oscila entre o novo e o velho. A pilastra ou balaústre é o único elemento novo surgido nesse período. Aparecem adornando platibandas, alpendres, peitoris, guarda-corpos e muretas.

Com o Estado Novo, no período de Interventoria de Júlio Müller, na década de 40, inicia-se um novo momento no Ciclo da Administração, (FREIRE, 1997). Esse momento traz a fixação de sólidos pontos de amarração do desenvolvimento urbano e por isso pode ser mais bem-visualizado no desenho da cidade.

Foi em 1943, com a vinda de Cássio Veiga, “grande reformador de Cuiabá” e com a deliberação de uma grande valia de verba do governo Getúlio Vargas que Cuiabá ganhou a Avenida Getúlio Vargas. Essa avenida rompeu com os padrões de ruas estreitas, introduzindo no discurso viário da cidade o conceito moderno de via pública. Ela recebeu o calçamento de pedra (paralelepípedos), com alguns trechos pavimentados em concreto. Cuiabá ganhou também a ponte Júlio Müller, o Grande

Hotel, o Cine Teatro, entre outras obras como a construção do Colégio Estadual, (FREIRE, 1997).

Outra característica desse momento é a introdução, na cidade, de prédios com vários pavimentos, símbolo da modernidade dos grandes centros. Esse tipo de edifício conferia contemporaneidade e “status” de grande cidade.

O Ciclo da Modernização (1968 até a atualidade) foi impulsionado pela construção de Brasília, fortalecendo a região Centro-Oeste.

O ano de 1968 foi um marco para a cidade de Cuiabá, em decorrência da demolição da antiga catedral do Bom Jesus. Segundo FREIRE (1997), era o monumento barroco mais importante do Centro-Oeste. A demolição da Matriz expressou as tensões entre o tradicional e o moderno, que antagonizavam a sociedade cuiabana. Foi a partir daí que antigas construções foram derrubadas dando lugar às novas. O moderno caracterizou-se por ser a aversão ao antigo, passando a significar atraso.

O ciclo da Modernização promove um progresso quantitativo e qualitativo na história de Cuiabá. O ciclo da Modernização, opõe-se aos ciclos da Mineração e da Administração. Ao mesmo tempo em que incorpora os resultados urbanos dos ciclos anteriores, neles se forja e se justifica, (SANTOS, 2001).

Com a grande demanda de imigração para a região, o crescimento urbano cresceu assustadoramente, obrigando o Governo Estadual a adotar uma política habitacional que viesse atender à população de baixa renda, surgindo então a Companhia de Habitação Popular do Estado de Mato Grosso – COHAB.

Com o surgimento da COHAB, veio a necessidade da implantação de infraestrutura como água, energia e pavimentação, o que valorizou essa área da cidade, estimulando o adensamento dos bairros mais próximos, (ESTULANO & NOGUEIRA, 2000).

O asfaltamento e modernização das avenidas despertam novas aspirações da população, estimulando a manutenção, limpeza e reforma das fachadas das casas, construção de novas edificações e mudança de comportamento social em relação ao uso dos bens públicos. No entorno das modernas avenidas, as residências vão se transformando em casas de comércio diverso, consultórios, escritórios ou são

demolidos para ceder lugar a edificações mais apropriadas ao novo uso. Essa rápida valorização do solo começa a impulsionar o processo de verticalização do centro.

Tudo isso trouxe para Cuiabá novas tendências e estilos de construções. A cada novidade que surge a arquitetura cuiabana se enriquece, mas deve-se sempre ter o cuidado de prezar pela identidade arquitetônica e histórica, original da cidade, enriquecendo-a e não a substituindo.

## 2.12 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 a procura por métodos racionais de se chegar ao produto final, ou seja, a 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, consequência 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 socioeconômicos.

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

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

### 3. ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 Introdução

Em consequência de fatores variados, a diversidade climática do território brasileiro é muito grande. Dentre eles, destaca-se a fisionomia geográfica, a extensão territorial, o relevo e a dinâmica das massas de ar; devido a esses fatores e à importância dos mesmos, porque atuam diretamente na temperatura e pluviosidade, vêm sendo realizados estudos que venham caracterizar as diferenciações climáticas regionais bem como suas estratégias para melhor aproveitamento do clima na habitação.

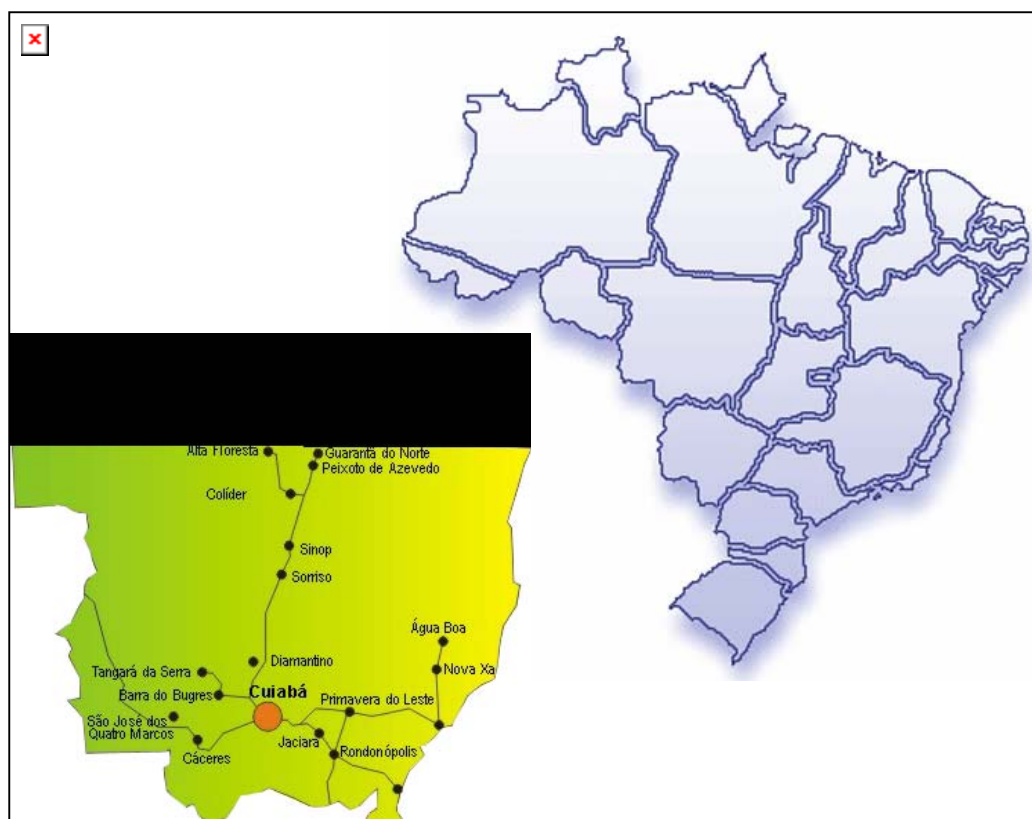


Figura 5 - Mapa do Brasil/Mato Grosso

**Fonte:** Rosseti, 2005



A área de estudo está localizada no Brasil, região Centro-Oeste, Estado de Mato Grosso, este conhecido por se encontrar três tipos de biomas, cerrado, pantanal e floresta amazônica (Ver Anexo B). Capital Cuiabá.

### 3.2 Cidade de Cuiabá

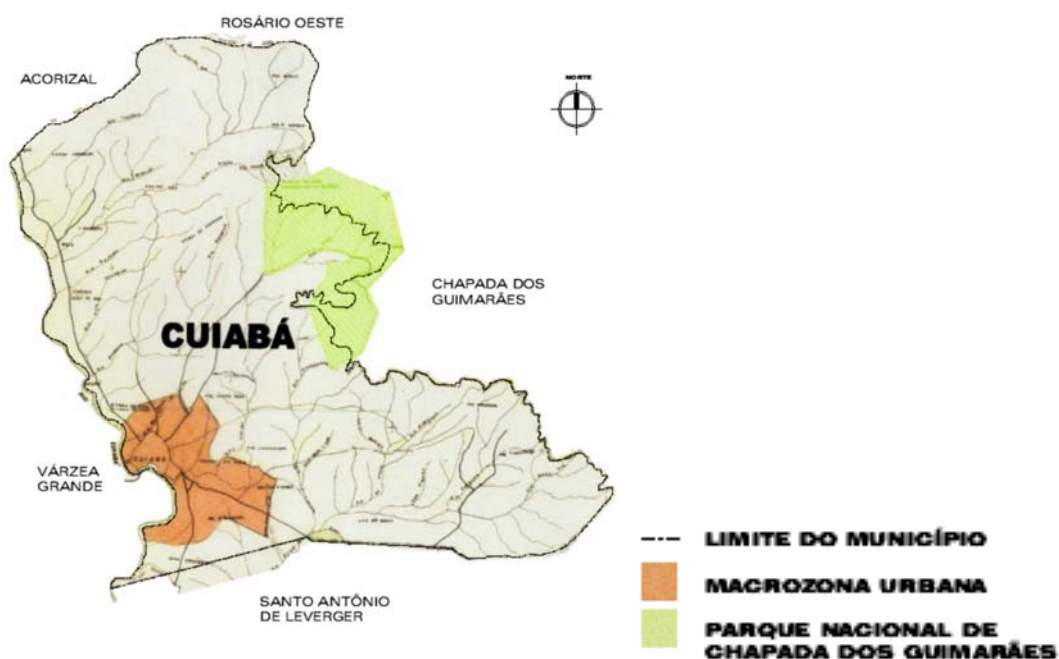


Figura 6 - Mapa Município de Cuiabá

**Fonte:** IPDU – Prefeitura de Cuiabá

O município de Cuiabá possui uma área de 3.224,68 km<sup>2</sup>, sendo que a área urbana ocupa 251,94 km<sup>2</sup> e a área rural ocupa 2.972,74 km<sup>2</sup>; limita-se ao norte, com os municípios de Acorizal, Rosário Oeste e Chapada dos Guimarães, ao leste com Chapada dos Guimarães, ao sul com Santo Antônio do Leverger e a oeste com Várzea Grande e Acorizal, (MAITELLI, 1994).

A cidade de Cuiabá situa-se no Centro Geodésico da América do Sul, sendo as coordenadas geográficas, 15°35'56" latitude Sul e 56°06'01" longitude Oeste.

Cuiabá é uma cidade de clima bastante rigoroso, caracteriza-se por apresentar dois períodos bem-definidos: um seco, que vai de abril a outubro, e outro úmido, de novembro a março, onde concentra 80% das chuvas. A cidade possui pequena

amplitude térmica, exceto em fenômenos de friagem, temperatura média anual de 26,8°C, com média máxima de 42°C e média mínima de 15°C, umidade relativa do ar média de 78% e insolação total média de 2.179 horas (INMET, 2003).

Cuiabá está dividida em regiões: norte, sul, leste, oeste. As habitações estudadas estão localizadas na região norte da capital mato-grossense.

### 3.3 A REGIÃO NORTE

A região norte é composta por 9 bairros (Jardim Florianópolis, Jardim Vitória, Paraíso, Nova Conquista, Primeiro de Março, Três Barras, Morada da Serra, Morada do Ouro e Paiaguás), o Centro Político Administrativo e uma área de expansão urbana. FONTE: IPDU/DPI, com base nas Leis N°s 1315/73, 2529/88, 2530/88, 3412/94, 3709/97 E 3723/97.

As residências estudadas estão localizadas no Bairro denominado Grande Morada da Serra inserido na região norte de Cuiabá e o bairro é composto por sub-bairros denominados CPA I, CPA II, CPA III e CPA IV, construídos em etapas diferentes.

As casas analisadas estão na faixa de 23° a 24°C de temperatura, conforme mapa de ilha de calor, ver anexo C.

Cuiabá, como outras capitais, apresenta um déficit na questão de habitação. Grande parte das famílias, principalmente as carentes, é incapaz de resolver o problema por si, necessitando de intervenção estatal, através de habitações de interesse social.

Entretanto apesar da preocupação do Estado em relação à habitação, ele prioriza excessivamente a questão de custo, em detrimento da qualidade. A propagação das moradias “sociais” vem agregada com outros inúmeros problemas como a inadequação nas tipologias das construções locais, falta de flexibilidade para ampliação, baixa eficiência energética, entre outros que resulta em uma habitação imprópria para habitação.

Nesse contexto essa dissertação vem abordar o tema de conforto térmico em edificações habitacionais com alteração arquitetônica, visando um direcionamento e preocupação com essas ampliações desordenadas.

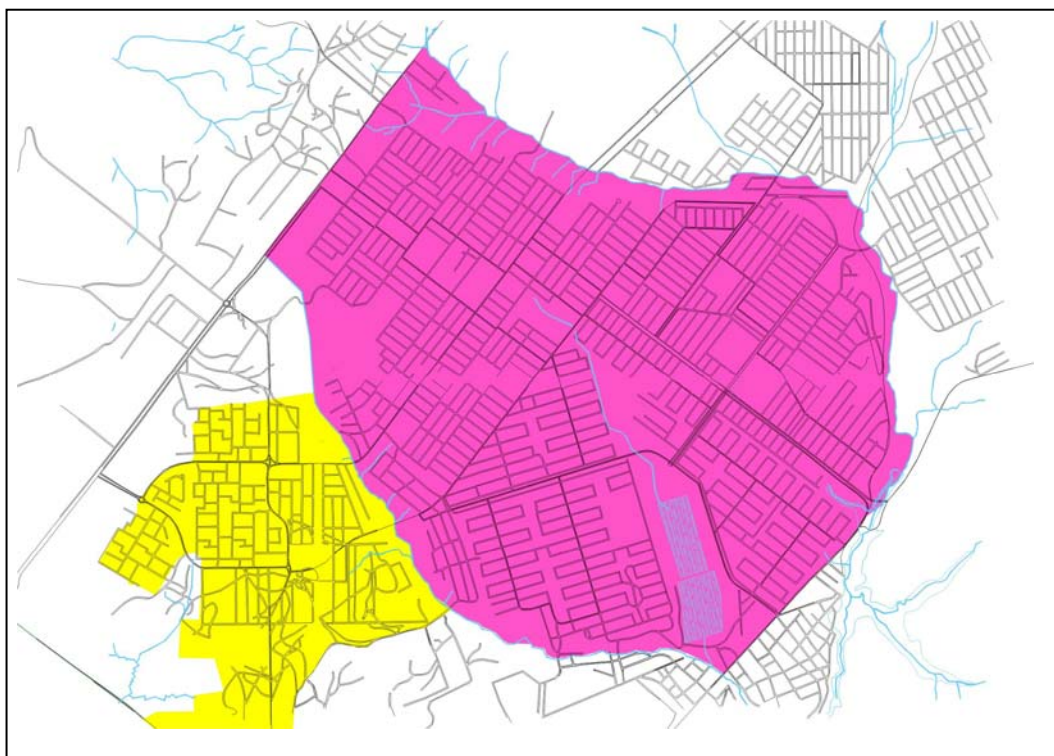


Figura 7 - Mapa do Bairro Grande Morada da Serra

Fonte: IPDU – Prefeitura de Cuiabá

### 3.4 O BAIRRO GRANDE MORADA DA SERRA

Um conjunto do final da década de 80, hoje considerado o bairro mais auto-suficiente da Capital. A Grande Morada da Serra é composta por seus sub-bairros, conforme explicado no capítulo anterior e com esse desenvolvimento acelerado o bairro também sofreu com o processo de implantação e desenvolvimento.

Assim, sabe-se que, como todos os bairros desenvolvidos, algumas características também já se encontram formadas; um fator importante é o microclima da região.

O fato de o bairro ser totalmente desenvolvido, agregou condicionantes positivas para a realização da pesquisa, com o microclima já definido como mencionado, infra-estrutura já estruturada, pavimentação, vegetação já desenvolvida e uma rotina cotidiana já estabelecida permitem uma estabilidade na pesquisa.



Figura 8: Localização das habitações no conjunto habitacional  
 Fonte: Imagem adaptada do Google Earth

### 3.5 DESCRIÇÃO DE CADA UNIDADE HABITACIONAL SELECIONADA PARA ESTUDO

As casas selecionadas estão inseridas na Grande Morada da Serra, com tipologia construtiva semelhante, intervenções no sistema construtivo diferenciado, orientação semelhante, com uma estrutura de distribuição e implantação bem similar. A fim de serem comparadas entre si, as características de um modo geral são bem-parecidas.

As casas foram selecionadas porque, de alguma forma, já haviam intervenções com o objetivo de uma adequação para o conforto da família.

Nos capítulos seguintes, cada unidade estudada será apresentada de forma independente.



### 3.5.1 CASA 1



Figura 9: Implantação/Situação da casa 1

Fonte: Imagem adaptada do Google Earth

A habitação denominada de Casa 1, esta localizada na Grande Morada da Serra, CPA III. A casa 1, não sofreu nenhuma intervenção arquitetônica ao longo do tempo, mantendo-se em seu estado natural conforme entregue ao morador.

Sua fachada principal está orientada a leste.

A habitação possui padrão construtivo mínimo, com um quarto, sala, cozinha, área de serviço descoberta, banheiro, parede em alvenaria comum de meia vez, pintura interna em látex na cor branca e externa látex fosca na cor salmão aplicada diretamente sobre reboco, esquadrias metálicas com pintura esmalte na cor cinza, portas internas de madeira natural, e externas em ferro e vidro, pintadas na cor cinza, janelas de correr não-gradeadas, janela do banheiro basculante, telhado de duas águas com inclinação de 30% em madeira recoberta com telhas cerâmicas, com forro de madeira, piso em cimento queimado, desempenado, tingido com xadrez na cor verde.

A casa está inserida em um terreno de 10,00x20,00m, possuindo uma área construída de 37,91 m<sup>2</sup>.



Figura 10: Fachada Leste da casa 1



Foto 11: Fachada Leste da casa 1



Foto 12: Fachada Oeste da casa 1

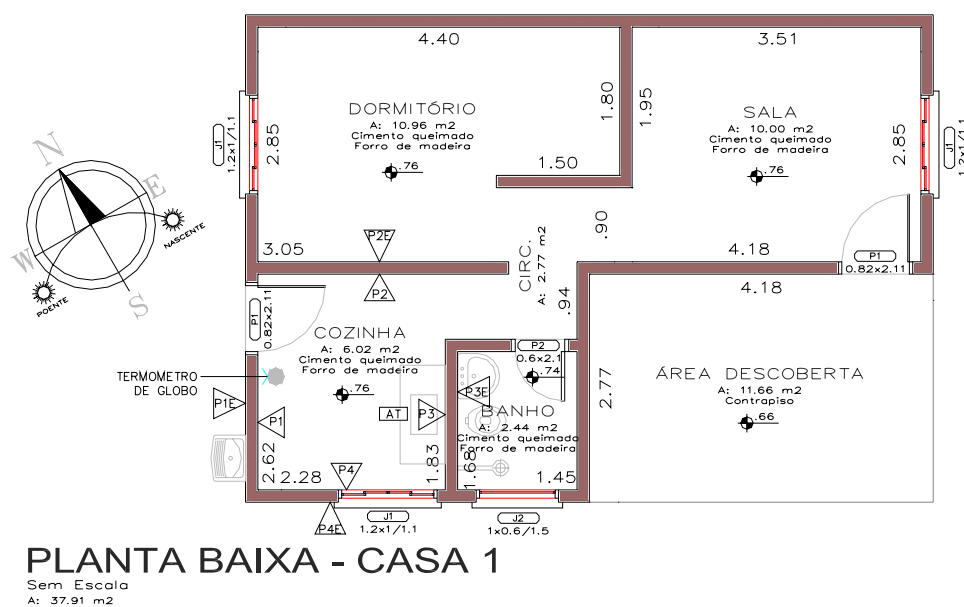


Figura 13: Planta Baixa – Casa 1

### 3.5.2 CASA 2



FIGURA 14: IMPLANTAÇÃO/ SITUAÇÃO DA CASA 2

Fonte: Imagem adaptada do Google Earth

A habitação denominada de Casa 2, está localizada na Grande Morada da Serra, CPA III. A casa 2 sofreu ampliação arquitetônica ao longo do tempo, mantendo algumas características originais conforme entregue ao morador.

A habitação possui padrão construtivo mais característico das necessidades dos moradores, com dois quartos, sala, cozinha, área de serviço descoberta, banheiro, varanda coberta nos fundos junto com uma edícula composta por dois quartos sendo uma suíte não acabada, parede em alvenaria comum de meia vez, pintura interna em látex na cor branca e externa acrílica fosca na cor verde aplicada diretamente sobre reboco, esquadrias metálicas com pintura esmalte na cor branca, portas internas de madeira natural, e externas em ferro e vidro pintadas na cor branca, janelas de correr não-gradeadas, janela do banheiro basculante, telhado principal em duas águas com inclinação de 30% em madeira recoberta com telhas cerâmicas e telhado da ampliação em fibrocimento com inclinação de 10%, toda a habitação sem forro, piso misto cerâmico e cimento queimado, desempenado, tingido com xadrez na cor verde.

A casa está inserida em um terreno de 10,00x20,00m, possuindo uma área construída de 124,77m².





Figura 15: Fachada Leste casa 2



Figura 16: fachada leste casa 2



Figura 17: fachada sul casa 2

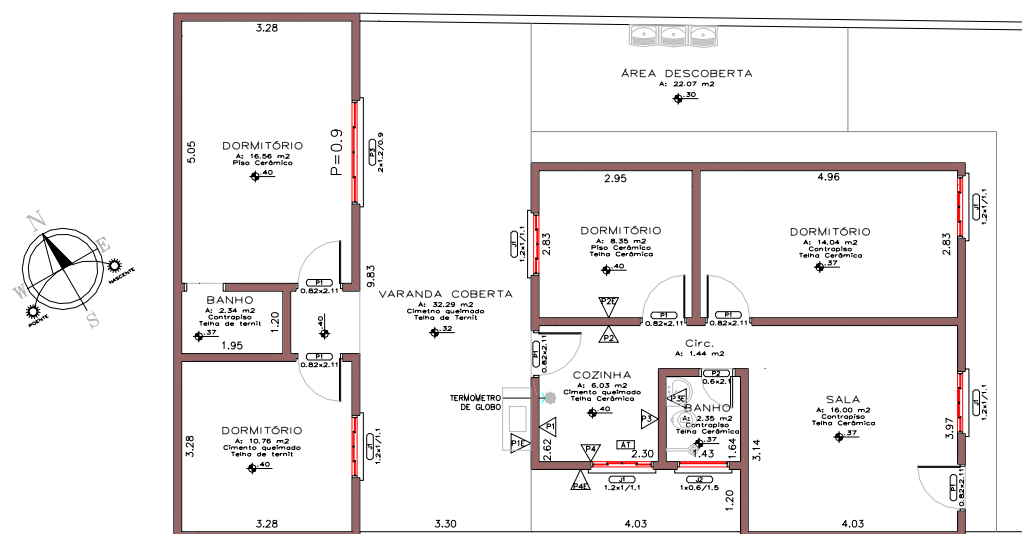


Figura 18: fachada leste casa 2



Figura 19: fachada oeste casa 2

Sua fachada principal está orientada a leste como as demais habitações estudadas.



### PLANTA BAIXA - CASA 2

Sem Escola  
Ai 124.77 m²

FIGURA 20: PLANTA BAIXA CASA 2

### 3.5.3 CASA 3



FIGURA 21: IMPLANTAÇÃO/SITUAÇÃO DA CASA 3

Fonte: Imagem adaptada do Google Earth

A habitação denominada de Casa 3, está localizada na Grande Morada da Serra, CPA II. A casa 3 sofreu ampliação arquitetônica ao longo do tempo, mantendo o mínimo das características originais conforme entregue ao morador. Sua fachada principal está orientada a leste.

A habitação possui padrão construtivo mais característico das necessidades dos moradores, com três quartos sendo um suíte, sala, cozinha, área de serviço coberta, banheiro, varanda coberta na entrada principal e separado do corpo da casa um escritório com banheiro, parede em alvenaria comum de meia vez, pintura interna em látex na cor branca e externa acrílica fosca na cor amarela aplicada diretamente sobre reboco, esquadrias metálicas com pintura esmalte na cor branca, portas internas de madeira natural, e externas em ferro e vidro pintadas na cor branca, janelas de correr não-gradeadas, janela do banheiro basculante, telhado principal em duas águas com inclinação de 30% em madeira recoberta com telhas cerâmicas e telhado da ampliação também cerâmico em meia-água, com inclinação de 30%; a habitação possui forro de madeira a ampliação sem forro, piso cerâmico e banheiros com revestimento cerâmico.

Diferente das outras habitações a casa 3 possui algumas áreas com vegetação, uma árvore de grande porte (mangaba) na calçada principal.

A casa está inserida em um terreno de 10,00x20,00m, possuindo uma área construída de 132,32m<sup>2</sup>.



FIGURA 22: FACHADA LESTE DA CASA 3



FIGURA 23: FACHADA SUL CASA 3



FIGURA 24: FACHADA SUL CASA 3



FIGURA 25: FACHADA LESTE CASA 3



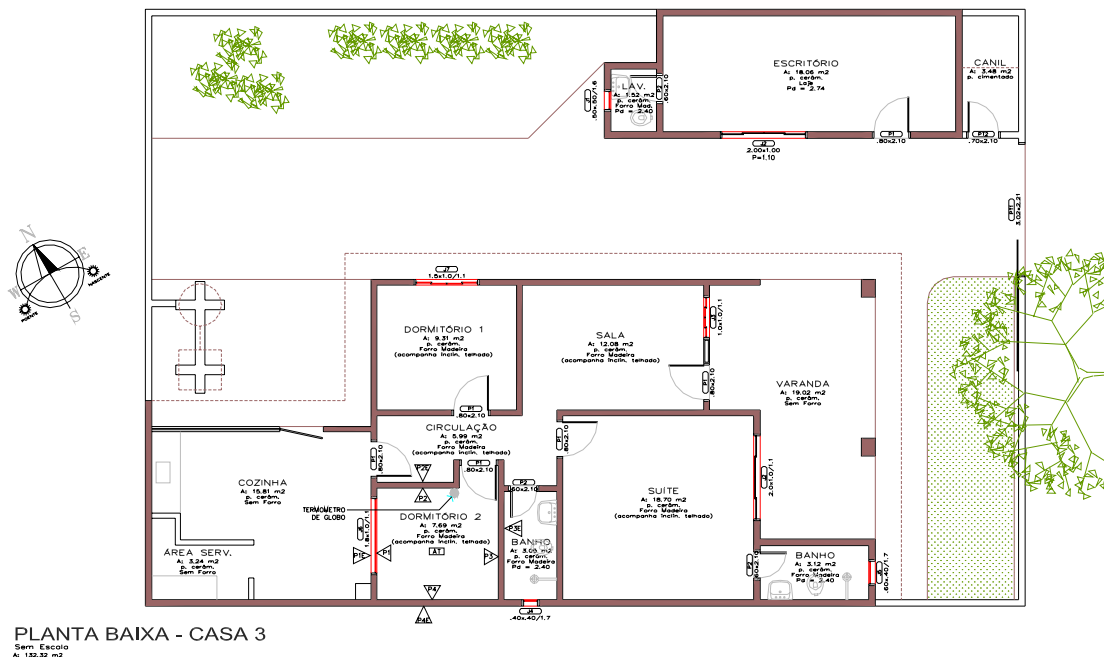


FIGURA 26: PLANTA BAIXA CASA 3

Como o objetivo principal foi a comparação entre as casas, a primeira característica entre elas era que estivessem com a mesma orientação, mesmo não sendo próximas. A partir daí, procurou-se uma habitação original para referência e as demais com alterações diferenciadas.

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Materiais**

#### **4.1.1 SELEÇÕES DAS UNIDADES HABITACIONAIS PARA ESTUDO**

Primeiramente foi escolhido o conjunto habitacional Grande Morada da Serra devido à sua estrutura estar já formada, onde a interferência do cotidiano não afetaria diretamente de forma significativa.

Após a escolha do conjunto habitacional, foi feita uma triagem de residências, buscando sempre a possibilidade de medições durante o ano todo, sendo possível medição *in loco* nas quatro estações.

Em paralelo a essa triagem, foi analisado o sistema construtivo, onde uma casa original entregue pela extinta COHAB fosse tida como referência nos valores obtidos, permitindo assim uma avaliação sistêmica do comportamento da habitação após sofrer alterações e estar pós-ocupada.

Com essa triagem, foram encontradas as habitações que seriam o objeto principal do estudo. Assim temos uma residência original, denominada Casa 1, conforme apresentada na área de estudo; tem-se a Casa 2, com alteração no sistema construtivo, também apresentadas características na área de estudo; e por fim a Casa 3 com muito mais alterações no sistema construtivo, completando os objetos de estudo.

As casas 2 e 3, tiveram suas características construtivas alteradas para uma adequação à família que ali reside. Como na maioria dos conjuntos habitacionais populares, é entregue uma casa embrião, onde não se analisa e avalia os ocupantes e suas necessidades. Havendo, assim, a necessidade de ampliações.

Como normalmente não há um acompanhamento e estudo mais apropriado do conforto para tais alterações, muito menos uma orientação

profissional, esse estudo vem mostrar o que acontece com a habitação mal planejada, já que o conforto influencia diretamente no metabolismo do ser humano.

#### 4.1.2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA COLETA DE DADOS

##### ***4.1.2.1 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 26. 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 têm 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 °C.



Figura 27: Termômetro de Globo Digital da marca Instrutherm

##### ***4.1.2.2 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  $\pm 1\%$ , modelo TI-800, COD. 04062, marca INSTRUTHERM, Figura 27. Através desse equipamento



foram medidas as temperaturas radiantes internas e externas das paredes, forro e piso.



Figura 28: Radiômetro infravermelho com mira laser digital portátil

#### **4.1.2.3 LUXÍMETRO DIGITAL PORTÁTIL**

Este aparelho modelo LD-220, COD. 03961, da marca INSTRUTHERM segundo a Figura 28, 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  $\pm 3\%$  da leitura  $\pm 5$  dígitos.



Figura 29: Luxímetro digital portátil

#### 4.1.2.4 ANEMÔMETRO

Aparelho que possibilita a coleta da velocidade do vento, possui display de cristal líquido (LCD) de 3 1/2 dígitos, escala de Velocidade de 0.4 a 25.0 m/s; Precisão de  $\pm 2\% + 1$  dígito, Resolução de 0.1 m/s; modelo THAR 185, marca INSTRUTHERM, Figura 29. Através desse equipamento foi medida a velocidade do vento interno e externo.



Figura 30: Anemômetro

## 4.2 Métodos

### 4.2.1 COLETA DE DADOS IN LOCO

O levantamento de dados de desempenho e conforto térmico realizados in loco, foram efetuados nas três habitações selecionadas, durante 15 dias corridos de cada uma das quatro estações do ano.

Os pontos de medição selecionados foram escolhidos de forma a garantir uma avaliação relacionada ao maior número de influência nas alterações construtivas.

As medições tiveram como objetivo o levantamento de dados para análise do desempenho térmico comparativo entre as três habitações dentro do mesmo clima da cidade de Cuiabá.

O levantamento de dados realizado, de forma geral, buscou informações sobre as características físicas de cada residência selecionada

para o estudo, bem como as características térmicas dos elementos construtivos das mesmas, perante o clima da cidade nas quatro estações do ano.

#### 4.2.1.1 PERÍODOS DE COLETA DE DADOS

Os dados foram medidos in loco em um período de 15 dias corridos em cada estação do ano, sendo iniciado às 8:00 e com término às 17:00 horas, com medições de hora em hora.

Sabe-se que durante o período noturno também há trocas de calor, podendo influenciar nos dados coletados pela manhã, mas devido à indisponibilidade de um data logger, não foi possível realizar as coletas no período noturno.

**TABELA 2: PERÍODO DE DADOS COLETADOS**

| Data de início | Data de conclusão | Estação correspondente     |
|----------------|-------------------|----------------------------|
| 06/03/2006     | 20/03/2006        | VERÃO<br>21/12 a 20/03     |
| 17/05/2006     | 31/05/2006        | OUTONO<br>21/03 a 20/06    |
| 07/08/2006     | 21/08/2006        | INVERNO<br>21/06 a 20/09   |
| 25/09/2006     | 09/10/2006        | PRIMAVERA<br>21/09 a 20/12 |

#### 4.2.1.2 TIPOS DE DADOS COLETADOS

Foram coletados com o termômetro de globo, a temperatura radiante, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, onde através de uma fórmula encontrou-se a umidade relativa correspondente.

Com o anemômetro, foi coletada a velocidade do vento em dois pontos, sendo um interno e outro externo.

Com o luxímetro, foi coletada a quantidade de iluminação em lúmen em 5 pontos internos e 4 pontos externos.

Com o radiômetro, obteve-se a temperatura dos fechamentos em 6 pontos internos e 4 pontos externos co-relacionados.

#### 4.2.1.3 QUANTIDADE DE DADOS COLETADOS

As medições ocorreram durante 15 dias nas quatro estações do ano, um total de 60 dias de coletas.

Foi coletado durante cada hora 24 dados (soma das variáveis acima descritas).

As medidas foram realizadas entre 8:00 e 17:00 horas, um total de 10 horas (24 dados por hora) de cada variável por dia, ao final de cada dia chegava-se a 240 dados coletados.

Ao final de cada estação medida chegou-se com 3.600 dados e no final das quatro medições que foram realizadas nas quatro estações do ano, sempre durante o mesmo período (15 dias) ao longo de todas as medições, chegou-se a um total de 14.400 dados.

#### 4.2.1.4 LOCAIS DE REALIZAÇÃO DA COLETA DE DADOS NA HABITAÇÃO

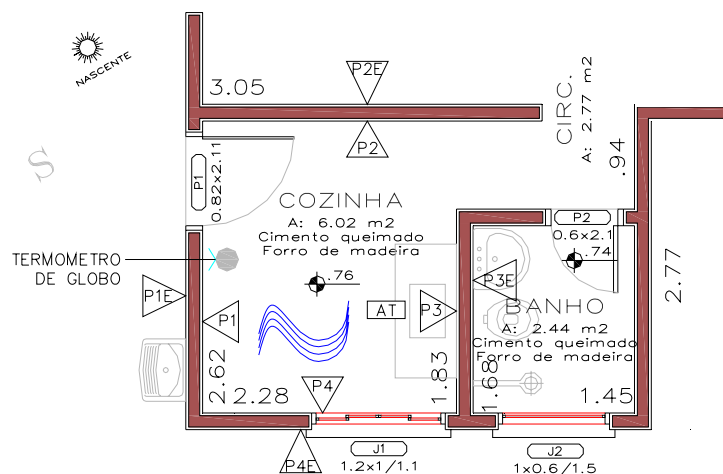


FIGURA 31: PLANTA DO AMBIENTE CASA 1



por (AT), nas medidas do luxímetro e para radiômetro foi medido também piso e teto interno.

Com o anemômetro foi medida a velocidade do vento em um ponto interno e um ponto externo.

Temos as seguintes nomenclaturas:

P1 – indica a parede denominada 1 interna;

P2 – indica a parede denominada 2 interna;

P3 – indica a parede denominada 3 interna;

P4 – indica a parede denominada 4 interna;

P1E – indica a parede denominada 1 externa (correspondente ao ponto interno);

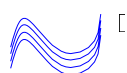
P2E – indica a parede denominada 2 externa (correspondente ao ponto interno);

P3E – indica a parede denominada 3 externa (correspondente ao ponto interno);

P4E – indica a parede denominada 4 externa (correspondente ao ponto interno);

AT – área de trabalho

Nas figuras 30, 31 e 32 dois símbolos são representados por pontos de medição. As legendas abaixo vale para todas as imagens.



- Ponto de medição da velocidade do vento.



- Ponto de localização do termômetro de globo.

Além desses pontos representados, com o radiômetro, foi medida a temperatura do piso interno e do teto; nas casas 1 e 3, como possui forro de madeira, foi anotado do forro, e da casa 2, como não possui forro, foi tirado da telha cerâmica, que é parte do sistema construtivo original. Em nenhuma das casas foi considerado o tempo de desgaste dos materiais.

## **5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

A análise dos dados foi realizada através do programa estatístico SPSS 14.0. Os modelos estatísticos adotados corresponderam a análises de variância (*Analysis of Variance*, ANOVA), com variáveis dependentes às mensurações micrometeorológicas por ponto e dois fatores: estações do ano (primavera, verão, outono e inverno) e casa (1, 2 e 3).

A homocedasticidade dos dados para todas as ANOVAs foi rejeitada pelo teste de Levene, o que levou a opção por um teste post hoc resistente a heterogeneidade de variâncias, no caso, o teste de Tamhane.

Os resultados das ANOVAS foram significativos a 5% para todos os fatores analisados e permitiram avaliar o desempenho das habitações estudadas. Tal análise foi possível devido aos diferentes períodos das coletas, diferentes sazonalidades, podendo-se observar as diferentes reações do ambiente sob diferentes aspectos climatológicos. Os itens a seguir mostram os resultados dos modelos aplicados.

### **5.1 ANÁLISE POR VARIÁVEL: DIFERENTES SAZONALIDADES**

#### **5.1.1 ANÁLISE DA TEMPERATURA**

Analisando a temperatura radiante e a umidade relativa das casas, é possível perceber nos períodos analisados que há uma diferença significativa entre as casas, porém entre as estações podemos perceber que a variação apresentada é devido à diferença nas sazonalidades.

Avaliando as três habitações, percebe-se que todas possuem uma tendência próxima, a temperatura foi afetada da mesma forma, devido a possíveis fatores como

arquitetura, materiais utilizados no sistema construtivo alterado, entorno e ausência e ou presença da vegetação.

Quadro 1: Médias de temperatura radiante, bulbo seco e umidade relativa por estação e casa

| Variável dependente   | Estação   | Casa | Média  | Erro padrão | Intervalo de confiança de 95% |                 |
|-----------------------|-----------|------|--------|-------------|-------------------------------|-----------------|
|                       |           |      |        |             | Limite inferior               | Limite superior |
| Temp. Rad. (°C)       | Verão     | 1    | 30,083 | ,269        | 29,554                        | 30,611          |
|                       |           | 2    | 30,318 | ,269        | 29,790                        | 30,846          |
|                       |           | 3    | 28,917 | ,270        | 28,387                        | 29,447          |
|                       | Outono    | 1    | 28,795 | ,275        | 28,256                        | 29,334          |
|                       |           | 2    | 27,845 | ,268        | 27,319                        | 28,371          |
|                       |           | 3    | 26,936 | ,273        | 26,400                        | 27,471          |
|                       | Inverno   | 1    | 32,177 | ,273        | 31,641                        | 32,712          |
|                       |           | 2    | 31,951 | ,272        | 31,417                        | 32,485          |
|                       |           | 3    | 30,209 | ,274        | 29,672                        | 30,746          |
|                       | Primavera | 1    | 30,717 | ,271        | 30,185                        | 31,249          |
|                       |           | 2    | 29,981 | ,271        | 29,449                        | 30,513          |
|                       |           | 3    | 29,633 | ,270        | 29,103                        | 30,163          |
| Temp. Bulbo Seco (°C) | Verão     | 1    | 30,356 | ,583        | 29,212                        | 31,500          |
|                       |           | 2    | 30,180 | ,583        | 29,036                        | 31,324          |
|                       |           | 3    | 28,868 | ,585        | 27,720                        | 30,016          |
|                       | Outono    | 1    | 28,833 | ,595        | 27,665                        | 30,001          |
|                       |           | 2    | 27,879 | ,582        | 26,739                        | 29,020          |
|                       |           | 3    | 27,101 | ,591        | 25,941                        | 28,261          |
|                       | Inverno   | 1    | 31,942 | ,591        | 30,783                        | 33,102          |
|                       |           | 2    | 32,046 | ,589        | 30,890                        | 33,202          |
|                       |           | 3    | 30,586 | ,593        | 29,422                        | 31,749          |
|                       | Primavera | 1    | 32,391 | ,587        | 31,239                        | 33,543          |
|                       |           | 2    | 30,058 | ,587        | 28,906                        | 31,210          |
|                       |           | 3    | 29,682 | ,585        | 28,534                        | 30,830          |
| UR (%)                | Verão     | 1    | 75,160 | ,955        | 73,287                        | 77,033          |
|                       |           | 2    | 75,293 | ,955        | 73,420                        | 77,166          |
|                       |           | 3    | 79,262 | ,958        | 77,383                        | 81,141          |
|                       | Outono    | 1    | 68,861 | ,975        | 66,950                        | 70,773          |
|                       |           | 2    | 68,503 | ,952        | 66,637                        | 70,370          |
|                       |           | 3    | 70,425 | ,968        | 68,526                        | 72,323          |
|                       | Inverno   | 1    | 47,521 | ,968        | 45,622                        | 49,419          |
|                       |           | 2    | 47,238 | ,965        | 45,346                        | 49,130          |
|                       |           | 3    | 52,372 | ,971        | 50,467                        | 54,277          |
|                       | Primavera | 1    | 69,326 | ,996        | 67,373                        | 71,279          |
|                       |           | 2    | 69,980 | ,961        | 68,094                        | 71,865          |
|                       |           | 3    | 72,255 | ,958        | 70,376                        | 74,134          |



Quadro 2 – Teste de Tamhane para as variáveis: temperatura radiante, temperatura de bulbo seco e umidade relativa por estação do ano.

| Variável dependente         | (I) Estação | (J) Estação | Média da diferença | Erro padrão | Nível de significância | Intervalo de confiança de 95% |                 |
|-----------------------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|------------------------|-------------------------------|-----------------|
|                             |             |             |                    |             |                        | Limite inferior               | Limite superior |
| Temp. Rad. (°C)             | Verão       | Outono      | 1,9202(*)          | ,21529      | ,000                   | 1,3522                        | 2,4881          |
|                             |             | Inverno     | -1,6752(*)         | ,24168      | ,000                   | -2,3129                       | -1,0374         |
|                             |             | Primavera   | -,3348             | ,15924      | ,196                   | -,7548                        | ,0851           |
|                             | Outono      | Verão       | -1,9202(*)         | ,21529      | ,000                   | -2,4881                       | -1,3522         |
|                             |             | Inverno     | -3,5953(*)         | ,27863      | ,000                   | -4,3301                       | -2,8606         |
|                             |             | Primavera   | -2,2550(*)         | ,21115      | ,000                   | -2,8121                       | -1,6980         |
|                             | Inverno     | Verão       | 1,6752(*)          | ,24168      | ,000                   | 1,0374                        | 2,3129          |
|                             |             | Outono      | 3,5953(*)          | ,27863      | ,000                   | 2,8606                        | 4,3301          |
|                             |             | Primavera   | 1,3403(*)          | ,23800      | ,000                   | ,7122                         | 1,9684          |
|                             | Primavera   | Verão       | ,3348              | ,15924      | ,196                   | -,0851                        | ,7548           |
|                             |             | Outono      | 2,2550(*)          | ,21115      | ,000                   | 1,6980                        | 2,8121          |
|                             |             | Inverno     | -1,3403(*)         | ,23800      | ,000                   | -1,9684                       | -,7122          |
| Temperatura Bulbo Seco (°C) | Verão       | Outono      | 1,8702(*)          | ,22361      | ,000                   | 1,2804                        | 2,4601          |
|                             |             | Inverno     | -1,7247(*)         | ,24276      | ,000                   | -2,3652                       | -1,0842         |
|                             |             | Primavera   | -,9047             | ,61994      | ,610                   | -2,5426                       | ,7331           |
|                             | Outono      | Verão       | -1,8702(*)         | ,22361      | ,000                   | -2,4601                       | -1,2804         |
|                             |             | Inverno     | -3,5950(*)         | ,28074      | ,000                   | -4,3353                       | -2,8546         |
|                             |             | Primavera   | -2,7750(*)         | ,63577      | ,000                   | -4,4540                       | -1,0959         |
|                             | Inverno     | Verão       | 1,7247(*)          | ,24276      | ,000                   | 1,0842                        | 2,3652          |
|                             |             | Outono      | 3,5950(*)          | ,28074      | ,000                   | 2,8546                        | 4,3353          |
|                             |             | Primavera   | ,8200              | ,64276      | ,743                   | -,8773                        | 2,5173          |
|                             | Primavera   | Verão       | ,9047              | ,61994      | ,610                   | -,7331                        | 2,5426          |
|                             |             | Outono      | 2,7750(*)          | ,63577      | ,000                   | 1,0959                        | 4,4540          |
|                             |             | Inverno     | -,8200             | ,64276      | ,743                   | -2,5173                       | ,8773           |
| UR (%)                      | Verão       | Outono      | 7,3095(*)          | ,83115      | ,000                   | 5,1170                        | 9,5019          |
|                             |             | Inverno     | 27,5337(*)         | ,77877      | ,000                   | 25,4797                       | 29,5878         |
|                             |             | Primavera   | 6,0140(*)          | ,62349      | ,000                   | 4,3698                        | 7,6581          |
|                             | Outono      | Verão       | -7,3095(*)         | ,83115      | ,000                   | -9,5019                       | -5,1170         |
|                             |             | Inverno     | 20,2243(*)         | ,93486      | ,000                   | 17,7590                       | 22,6896         |
|                             |             | Primavera   | -1,2955            | ,81008      | ,504                   | -3,4327                       | ,8417           |
|                             | Inverno     | Verão       | -27,5337(*)        | ,77877      | ,000                   | -29,5878                      | -25,4797        |
|                             |             | Outono      | -20,2243(*)        | ,93486      | ,000                   | -22,6896                      | -17,7590        |
|                             |             | Primavera   | -21,5198(*)        | ,75625      | ,000                   | -23,5147                      | -19,5249        |
|                             | Primavera   | Verão       | -6,0140(*)         | ,62349      | ,000                   | -7,6581                       | -4,3698         |
|                             |             | Outono      | 1,2955             | ,81008      | ,504                   | -,8417                        | 3,4327          |
|                             |             | Inverno     | 21,5198(*)         | ,75625      | ,000                   | 19,5249                       | 23,5147         |

\* Médias significativas a 5%.

Através do quadro 1, pode-se perceber que as médias entre as casas são de valores elevados, assim deixando a sensação térmica desconfortável, segundo a Carta

Bioclimática de Givoni (atualizada em 1992) observou-se que as três habitações estão fora dos limites sugeridos para a zona de conforto que varia entre 25°C a 29°C.

A Casa 1 recebe insolação em todo o seu fechamento, isso possibilita a elevada temperatura encontrada nas estações, observando que as Casas 1 e 2 possuem área construída maior e os ambientes medidos possuem algum tipo de proteção.

Pode-se perceber que, com as alterações no sistema construtivo na Casa 2 e 3, seus resultados foram satisfatórios; observa-se no quadro 1 que no outono e na primavera as Casas 2 e 3 estavam dentro dos limites de conforto sugerido por Givoni.

Sendo assim, é possível constatar que, em uma avaliação geral, os materiais e a arquitetura influenciaram sobre a temperatura do ambiente construído, uma vez que as casas reagiram de forma muito parecida, com diferentes resultados significativos, apresentados para iluminação e ventilação natural; desconsiderando o uso do ambiente e considerando que as casas estavam sob as mesmas condições ambientais, os resultados apresentaram diferenças devido à sazonalidade e sistema construtivo.

Quadro 3 – Teste de Tamhane para as variáveis: temperatura radiante, temperatura bulbo seco e umidade relativa por casa.

| Variável dependente         | (I) Casa | (J) Casa | Média da diferença | Erro padrão | Nível de significância | Intervalo de confiança de 95% |                 |
|-----------------------------|----------|----------|--------------------|-------------|------------------------|-------------------------------|-----------------|
|                             |          |          |                    |             |                        | Limite inferior               | Limite superior |
| Temp. Rad. (°C)             | 1        | 2        | ,4364              | ,22245      | ,143                   | -,0956                        | ,9683           |
|                             |          | 3        | 1,5220(*)          | ,18709      | ,000                   | 1,0746                        | 1,9693          |
|                             | 2        | 1        | -,4364             | ,22245      | ,143                   | -,9683                        | ,0956           |
|                             |          | 3        | 1,0856(*)          | ,20596      | ,000                   | ,5931                         | 1,5782          |
|                             | 3        | 1        | -1,5220(*)         | ,18709      | ,000                   | -1,9693                       | -1,0746         |
|                             |          | 2        | -1,0856(*)         | ,20596      | ,000                   | -1,5782                       | -,5931          |
| Temperatura Bulbo Seco (°C) | 1        | 2        | ,8621              | ,50437      | ,241                   | -,3450                        | 2,0692          |
|                             |          | 3        | 1,8307(*)          | ,49196      | ,001                   | ,6531                         | 3,0083          |
|                             | 2        | 1        | -,8621             | ,50437      | ,241                   | -2,0692                       | ,3450           |
|                             |          | 3        | ,9686(*)           | ,20675      | ,000                   | ,4742                         | 1,4630          |
|                             | 3        | 1        | -1,8307(*)         | ,49196      | ,001                   | -3,0083                       | -,6531          |
|                             |          | 2        | -,9686(*)          | ,20675      | ,000                   | -1,4630                       | -,4742          |
| UR (%)                      | 1        | 2        | -,1176             | ,95615      | ,999                   | -2,4039                       | 2,1687          |
|                             |          | 3        | -3,4629(*)         | ,88211      | ,000                   | -5,5722                       | -1,3535         |
|                             | 2        | 1        | ,1176              | ,95615      | ,999                   | -2,1687                       | 2,4039          |
|                             |          | 3        | -3,3452(*)         | ,89407      | ,001                   | -5,4831                       | -1,2073         |
|                             | 3        | 1        | 3,4629(*)          | ,88211      | ,000                   | 1,3535                        | 5,5722          |
|                             |          | 2        |                    |             |                        |                               |                 |

|   |           |        |      |        |        |
|---|-----------|--------|------|--------|--------|
| 2 | 3,3452(*) | ,89407 | ,001 | 1,2073 | 5,4831 |
|---|-----------|--------|------|--------|--------|

\* Médias significativas a 5%.

A casa 3, conforme observado na figura 25, possui uma varanda externa ao ambiente analisado, além dessa varanda, o ambiente é forrado com madeira e possui piso de cerâmica, apesar de não ser estudado a transmitância térmica dos materiais nesse trabalho, sabe-se que esses materiais contribuem para uma redução na temperatura, conforme estudos já apresentados.

O espaço que forma entre a cobertura e o forro permite que uma camada de ar circule, contribuindo para a redução da transmitância do calor para dentro do ambiente. Já a casa 2 não possui nenhum tipo de forro, o calor incidido no telhado passa para dentro do ambiente rapidamente, dissipando o calor por todo o espaço, isso contribui para a elevação da temperatura.

Agregando a má ventilação, faz com que esse ambiente da Casa 2 apresente uma sensação térmica superior ao real, pois segundo a Carta de Givoni se a velocidade do ar chegar a 2,0m/s a temperatura pode ser até de 32°C que estará dentro do limite de conforto.

A umidade relativa foi calculada através de uma relação entre o bulbo seco e o bulbo úmido, onde os dados coletados geraram a umidade relativa através de uma relação. Quanto ao ponto da medição, pode-se observar pelos quadros 2 e 3 acima que a casa 1 e 2 possuem um mesmo comportamento em relação à umidade relativa, enquanto que na casa 3 observa-se que a umidade é mais elevada.

Observando os dados do período da medição do bulbo seco, pode se perceber que uma pequena parcela dos dados está dentro da faixa de conforto (18°C a 29°C). A casa 3 ainda possui um desempenho superior, quando comparada com as demais, apesar de não ser o aceitável para o clima de Cuiabá; a frequência de dados na zona de desconforto por calor, mostra que deve-se preocupar com as alterações na arquitetura.

Apesar dos resultados, avalia-se que houve influência da arquitetura; se planejado e estudado melhor os resultados obtidos e o desempenho térmico ser mais satisfatório, podendo estar dentro da escala de conforto.

## 5.1.2 ANÁLISE DA TEMPERATURA DAS PAREDES

Quadro 4 – Teste de Tamhane para as variáveis associadas às medidas internas do radiômetro por estação do ano.

| Variável dependente               | (I) Estação | (J) Estação | Média da diferença | Erro padrão | Nível de significância | Intervalo de confiança de 95% |                 |
|-----------------------------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|------------------------|-------------------------------|-----------------|
|                                   |             |             |                    |             |                        | Limite inferior               | Limite superior |
| Radiômetro Ponto 1 - interno (°C) | Verão       | Outono      | 2,4407(*)          | ,23725      | ,000                   | 1,8148                        | 3,0666          |
|                                   |             | Inverno     | -                  | ,26478      | ,000                   | -1,8590                       | -,4617          |
|                                   |             | Primavera   | 1,1604(*)          | ,3664       | ,297                   | -,1405                        | ,8733           |
|                                   | Outono      | Verão       | -                  | ,23725      | ,000                   | -3,0666                       | -1,8148         |
|                                   |             | Inverno     | 2,4407(*)          | ,30587      | ,000                   | -4,4077                       | -2,7945         |
|                                   |             | Primavera   | 3,6011(*)          | -           | ,000                   | -2,7225                       | -1,4261         |
|                                   | Inverno     | Verão       | 2,0743(*)          | ,24576      | ,000                   | -,4617                        | 1,8590          |
|                                   |             | Outono      | 1,1604(*)          | ,26478      | ,000                   | 2,7945                        | 4,4077          |
|                                   |             | Primavera   | 3,6011(*)          | ,30587      | ,000                   | ,8081                         | 2,2455          |
|                                   | Primavera   | Verão       | 1,5268(*)          | ,27243      | ,000                   | -,8733                        | ,1405           |
|                                   |             | Outono      | -,3664             | ,19223      | ,297                   | 1,4261                        | 2,7225          |
|                                   |             | Inverno     | 2,0743(*)          | ,24576      | ,000                   | -2,2455                       | -,8081          |
| Radiômetro Ponto 2 - interno (°C) | Verão       | Outono      | -                  | ,27243      | ,000                   | 1,5633                        | 2,6522          |
|                                   |             | Inverno     | 2,1078(*)          | ,20637      | ,000                   | -1,9103                       | -,7353          |
|                                   |             | Primavera   | 1,3228(*)          | ,22264      | ,000                   | -,4167                        | ,4661           |
|                                   | Outono      | Verão       | ,0247              | ,16739      | 1,000                  | -2,6522                       | -1,5633         |
|                                   |             | Inverno     | 2,1078(*)          | ,20637      | ,000                   | -4,1257                       | -2,7354         |
|                                   |             | Primavera   | -                  | ,26362      | ,000                   | -2,6606                       | -1,5056         |
|                                   | Inverno     | Verão       | 2,0831(*)          | ,21896      | ,000                   | -,7353                        | 1,9103          |
|                                   |             | Outono      | 1,3228(*)          | ,22264      | ,000                   | 2,7354                        | 4,1257          |
|                                   |             | Primavera   | 3,4306(*)          | ,26362      | ,000                   | -,7293                        | 1,9657          |
|                                   | Primavera   | Verão       | 1,3475(*)          | ,23436      | ,000                   | -,4661                        | ,4167           |
|                                   |             | Outono      | -,0247             | ,16739      | 1,000                  | 1,5056                        | 2,6606          |
|                                   |             | Inverno     | 2,0831(*)          | ,21896      | ,000                   | -1,9657                       | -,7293          |
| Radiômetro Ponto 3 - interno (°C) | Verão       | Outono      | -                  | ,23436      | ,000                   | 1,5784                        | 2,6600          |
|                                   |             | Inverno     | 1,3475(*)          | ,20498      | ,000                   | -1,7840                       | -,5782          |
|                                   |             | Primavera   | 2,1192(*)          | ,22846      | ,000                   | -,5764                        | ,5090           |
|                                   | Outono      | Verão       | -,0337             | ,20570      | 1,000                  | -2,6600                       | -1,5784         |
|                                   |             | Inverno     | 2,1192(*)          | ,20498      | ,000                   | -4,0062                       | -2,5943         |
|                                   |             | Primavera   | -                  | ,26770      | ,000                   | -2,8084                       | -1,4974         |
|                                   | Inverno     | Verão       | 3,3003(*)          | ,24857      | ,000                   | -,5782                        | 1,7840          |
|                                   |             | Outono      | 2,1529(*)          | ,22846      | ,000                   |                               |                 |
|                                   |             | Primavera   | 1,1811(*)          |             |                        |                               |                 |
|                                   |             | Inverno     |                    |             |                        |                               |                 |

|                                   |           |           |           |        |       |         |         |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------|-------|---------|---------|
| Radiômetro Ponto 4 - interno (°C) | Primavera | Outono    | 3,3003(*) | ,26770 | ,000  | 2,5943  | 4,0062  |
|                                   |           | Primavera | 1,1474(*) | ,26825 | ,000  | ,4400   | 1,8548  |
|                                   |           | Verão     | ,0337     | ,20570 | 1,000 | -,5090  | ,5764   |
|                                   |           | Outono    | 2,1529(*) | ,24857 | ,000  | 1,4974  | 2,8084  |
|                                   | Verão     | Inverno   | -         | ,26825 | ,000  | -1,8548 | -,4400  |
|                                   |           | Outono    | 1,1474(*) | ,26825 | ,000  | -1,8548 | -,4400  |
|                                   |           | Inverno   | 2,3928(*) | ,23129 | ,000  | 1,7826  | 3,0029  |
|                                   |           | Primavera | -,8781(*) | ,25778 | ,004  | -1,5583 | -,1979  |
|                                   | Outono    | Verão     | ,5839     | ,25245 | ,120  | -,0822  | 1,2501  |
|                                   |           | Inverno   | -         | ,23129 | ,000  | -3,0029 | -1,7826 |
|                                   |           | Primavera | 2,3928(*) | ,23129 | ,000  | -3,0029 | -1,7826 |
|                                   |           | Inverno   | -         | ,29940 | ,000  | -4,0604 | -2,4813 |
|                                   | Inverno   | Verão     | 3,2709(*) | ,29940 | ,000  | -4,0604 | -2,4813 |
|                                   |           | Outono    | -         | ,29483 | ,000  | -2,5863 | -1,0313 |
|                                   |           | Primavera | 1,8088(*) | ,29483 | ,000  | -2,5863 | -1,0313 |
|                                   |           | Verão     | ,8781(*)  | ,25778 | ,004  | ,1979   | 1,5583  |
| Radiômetro Ponto 4 - interno (°C) | Primavera | Outono    | 3,2709(*) | ,29940 | ,000  | 2,4813  | 4,0604  |
|                                   |           | Primavera | 1,4621(*) | ,31604 | ,000  | ,6287   | 2,2955  |
|                                   |           | Verão     | -,5839    | ,25245 | ,120  | -1,2501 | ,0822   |
|                                   |           | Outono    | 1,8088(*) | ,29483 | ,000  | 1,0313  | 2,5863  |
|                                   | Inverno   | Inverno   | -         | ,31604 | ,000  | -2,2955 | -,6287  |
|                                   |           | Verão     | 1,4621(*) | ,31604 | ,000  | -2,2955 | -,6287  |
|                                   |           | Outono    | 1,8088(*) | ,29483 | ,000  | 1,0313  | 2,5863  |
|                                   |           | Primavera | -,5839    | ,25245 | ,120  | -1,2501 | ,0822   |

\* Médias significativas a 5%.

Quadro 5 – Teste de Tamhane para as variáveis associadas às medidas de radiação internas por casa.

| Variável dependente               | (I) Casa | (J) Casa | Média da diferença | Erro padrão | Nível de significância | Intervalo de confiança de 95% |                 |
|-----------------------------------|----------|----------|--------------------|-------------|------------------------|-------------------------------|-----------------|
|                                   |          |          |                    |             |                        | Limite inferior               | Limite superior |
| Radiômetro Ponto 1 - interno (°C) | 1        | 2        | 1,0745(*)          | ,24927      | ,000                   | ,4784                         | 1,6706          |
|                                   |          | 3        | 2,2606(*)          | ,22707      | ,000                   | 1,7175                        | 2,8037          |
|                                   | 2        | 1        | -1,0745(*)         | ,24927      | ,000                   | -1,6706                       | -,4784          |
|                                   |          | 3        | 1,1861(*)          | ,20146      | ,000                   | ,7043                         | 1,6678          |
|                                   | 3        | 1        | -2,2606(*)         | ,22707      | ,000                   | -2,8037                       | -1,7175         |
|                                   |          | 2        | -1,1861(*)         | ,20146      | ,000                   | -1,6678                       | -,7043          |
| Radiômetro Ponto 2 - interno (°C) | 1        | 2        | ,3917              | ,21690      | ,199                   | -,1269                        | ,9103           |
|                                   |          | 3        | 1,5630(*)          | ,18865      | ,000                   | 1,1119                        | 2,0142          |
|                                   | 2        | 1        | -,3917             | ,21690      | ,199                   | -,9103                        | ,1269           |
|                                   |          | 3        | 1,1714(*)          | ,19231      | ,000                   | ,7115                         | 1,6312          |
|                                   | 3        | 1        | -1,5630(*)         | ,18865      | ,000                   | -2,0142                       | -1,1119         |
|                                   |          | 2        | -1,1714(*)         | ,19231      | ,000                   | -1,6312                       | -,7115          |
| Radiômetro Ponto 3 - interno (°C) | 1        | 2        | ,3210              | ,22279      | ,386                   | -,2117                        | ,8537           |
|                                   |          | 3        | 1,5426(*)          | ,21153      | ,000                   | 1,0368                        | 2,0484          |
|                                   | 2        | 1        | -,3210             | ,22279      | ,386                   | -,8537                        | ,2117           |
|                                   |          | 3        | 1,2216(*)          | ,20680      | ,000                   | ,7271                         | 1,7161          |
|                                   | 3        | 1        | -1,5426(*)         | ,21153      | ,000                   | -2,0484                       | -1,0368         |
|                                   |          | 2        | -1,2216(*)         | ,20680      | ,000                   | -1,7161                       | -,7271          |
| Radiômetro Ponto 4 - interno (°C) | 1        | 2        | -,3132             | ,24126      | ,477                   | -,8901                        | ,2636           |
|                                   |          | 3        | 1,7802(*)          | ,24555      | ,000                   | 1,1931                        | 2,3674          |

|   |   |            |        |      |         |         |
|---|---|------------|--------|------|---------|---------|
| 2 | 1 | ,3132      | ,24126 | ,477 | -,2636  | ,8901   |
|   | 3 | 2,0934(*)  | ,24268 | ,000 | 1,5132  | 2,6737  |
| 3 | 1 | -1,7802(*) | ,24555 | ,000 | -2,3674 | -1,1931 |
|   | 2 | -2,0934(*) | ,24268 | ,000 | -2,6737 | -1,5132 |

\* Médias significativas a 5%.

Através dos quadros 4 e 5, pode-se perceber que os dados coletados possuem diferença significativa entre as casas, em determinados pontos. Nota-se que os resultados obtidos entre as casas possuem diferença através da arquitetura e materiais existentes.

O ponto 1, localizado na parte interna da casa com sua face voltada para o lado externo a oeste. As casas 2 e 3 possuem uma varanda externa, com usos diferentes, e materiais diferentes. Enquanto que a casa 1 mantém-se com aspecto original, sem nenhum tipo de proteção, fazendo com que a incidência solar seja maior nessa face.

A diferença entre as casas 2 e 3 se dá pelo pé-direito ser mais elevado, e a diferença no material de cobertura, enquanto a casa 2 possui cobertura de fibrocimento, a casa 3 possui telha cerâmica, diminuindo, assim, significativamente a temperatura.

O ponto 2, localizado na parte interna do ambiente, com sua face voltada para o leste, mas em todas as casas possuem um outro cômodo na face exterior. Nas casas 1 e 2 esse ponto faz divisa com um outro quarto, na casa 3 esse ponto faz divisa com uma circulação que ainda conta com um outro quarto posterior, ver figura 20. Com essas diferenças podemos perceber que a casa 3 ainda possui um melhor desempenho em relação aos dados coletados.

Apesar de não ter sido projetada com estudos específicos para prevenir o conforto dos usuários, percebe-se que as alterações feitas na versão original levaram a melhores resultados.

O ponto 3, localizado na parte interna do ambiente, com sua face voltada para o sul e fazendo divisa com um sanitário em todas as casas. As casas 1 e 2, ainda apresentam resultados muito próximos. Podemos afirmar que o baixo valor da casa 3 em relação às demais casas é pelo fato de termos um revestimento na face da parede que faz divisa com o ponto medido. Também se pode notar que, o fato da casa estar construída na divisa do terreno, contribui para que o ar quente não penetre dentro do ambiente.

Como já mencionado, a transmitância dos materiais não foi estudada no presente trabalho.

O ponto 4 interno, está voltado para a face sudoeste. Com sua face voltada para a área de circulação externa, com exceção da casa 3 que possui a sua construção alinhada na divisa.

A diferença entre o resultado da casa 3 para as demais, volta a ser discutida com base na arquitetura alterada. Entre o verão e outono, pode-se perceber uma queda de aproximadamente 4°C na temperatura da parede, assim tornando-se muito significativa essa queda, visto que 5°C já se nota uma diferença importante na sensação de conforto.

Quadro 6 – Teste de Tamhane para as variáveis associadas às medidas de radiação no forro e piso por estação do ano.

| Variável dependente                   | (I) Estação | (J) Estação | Média da diferença | Erro padrão | Nível de significância | Intervalo de confiança de 95% |                 |
|---------------------------------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|------------------------|-------------------------------|-----------------|
|                                       |             |             |                    |             |                        | Limite inferior               | Limite superior |
| Radiômetro Ponto Forro - interno (°C) | Verão       | Outono      | 1,5722(*)          | ,39071      | ,000                   | ,5418                         | 2,6026          |
|                                       |             | Inverno     | -2,4690(*)         | ,39733      | ,000                   | -3,5169                       | -1,4211         |
|                                       |             | Primavera   | -1,5012            | ,67591      | ,150                   | -3,2857                       | ,2834           |
|                                       | Outono      | Verão       | -1,5722(*)         | ,39071      | ,000                   | -2,6026                       | -,5418          |
|                                       |             | Inverno     | -4,0412(*)         | ,44528      | ,000                   | -5,2154                       | -2,8670         |
|                                       |             | Primavera   | -3,0734(*)         | ,70516      | ,000                   | -4,9344                       | -1,2124         |
|                                       | Inverno     | Verão       | 2,4690(*)          | ,39733      | ,000                   | 1,4211                        | 3,5169          |
|                                       |             | Outono      | 4,0412(*)          | ,44528      | ,000                   | 2,8670                        | 5,2154          |
|                                       |             | Primavera   | ,9678              | ,70886      | ,679                   | -,9028                        | 2,8385          |
|                                       | Primavera   | Verão       | 1,5012             | ,67591      | ,150                   | -,2834                        | 3,2857          |
|                                       |             | Outono      | 3,0734(*)          | ,70516      | ,000                   | 1,2124                        | 4,9344          |
|                                       |             | Inverno     | -,9678             | ,70886      | ,679                   | -2,8385                       | ,9028           |
| Radiômetro Ponto Piso - interno (°C)  | Verão       | Outono      | 2,6640(*)          | ,15109      | ,000                   | 2,2655                        | 3,0626          |
|                                       |             | Inverno     | -,4082             | ,16329      | ,074                   | -,8390                        | ,0227           |
|                                       |             | Primavera   | ,1242              | ,14367      | ,947                   | -,2548                        | ,5031           |
|                                       | Outono      | Verão       | -2,6640(*)         | ,15109      | ,000                   | -3,0626                       | -2,2655         |
|                                       |             | Inverno     | -3,0722(*)         | ,18990      | ,000                   | -3,5730                       | -2,5714         |
|                                       |             | Primavera   | -2,5399(*)         | ,17332      | ,000                   | -2,9969                       | -2,0828         |
|                                       | Inverno     | Verão       | ,4082              | ,16329      | ,074                   | -,0227                        | ,8390           |
|                                       |             | Outono      | 3,0722(*)          | ,18990      | ,000                   | 2,5714                        | 3,5730          |
|                                       |             | Primavera   | ,5323(*)           | ,18406      | ,023                   | ,0469                         | 1,0177          |
|                                       | Primavera   | Verão       | -,1242             | ,14367      | ,947                   | -,5031                        | ,2548           |
|                                       |             | Outono      | 2,5399(*)          | ,17332      | ,000                   | 2,0828                        | 2,9969          |
|                                       |             | Inverno     | -,5323(*)          | ,18406      | ,023                   | -1,0177                       | -,0469          |

\* Médias significativas a 5%.

Quadro 7 – Teste de Tamhane para as variáveis associadas às medidas de radiação no forro e piso por casa.

| Variável dependente                      | (I)<br>Casa | (J)<br>Casa | Média da<br>diferença | Erro<br>padrão | Nível de<br>significância | Intervalo de<br>confiança de 95% |                    |
|------------------------------------------|-------------|-------------|-----------------------|----------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------|
|                                          |             |             |                       |                |                           | Limite<br>inferior               | Limite<br>superior |
| Radiômetro Ponto<br>Forro - interno (°C) | 1           | 2           | -4,0203(*)            | ,56806         | ,000                      | -5,3790                          | -2,6617            |
|                                          |             | 3           | 1,0867                | ,51343         | ,100                      | -,1419                           | 2,3154             |
|                                          | 2           | 1           | 4,0203(*)             | ,56806         | ,000                      | 2,6617                           | 5,3790             |
|                                          |             | 3           | 5,1070(*)             | ,35023         | ,000                      | 4,2693                           | 5,9448             |
|                                          | 3           | 1           | -1,0867               | ,51343         | ,100                      | -2,3154                          | ,1419              |
|                                          |             | 2           | -5,1070(*)            | ,35023         | ,000                      | -5,9448                          | -4,2693            |
| Radiômetro Ponto<br>Piso - interno (°C)  | 1           | 2           | ,9340(*)              | ,17844         | ,000                      | ,5073                            | 1,3607             |
|                                          |             | 3           | ,9497(*)              | ,15787         | ,000                      | ,5721                            | 1,3274             |
|                                          | 2           | 1           | -,9340(*)             | ,17844         | ,000                      | -1,3607                          | -,5073             |
|                                          |             | 3           | ,0157                 | ,13933         | ,999                      | -,3175                           | ,3489              |
|                                          | 3           | 1           | -,9497(*)             | ,15787         | ,000                      | -1,3274                          | -,5721             |
|                                          |             | 2           | -,0157                | ,13933         | ,999                      | -,3489                           | ,3175              |

\* Médias significativas a 5%.

Quadro 8 - Médias de radiação do forro e piso, por estação e casa

| Variável dependente                      | Estação   | Casa | Média  | Erro<br>padrão | Intervalo de confiança de 95% |                 |
|------------------------------------------|-----------|------|--------|----------------|-------------------------------|-----------------|
|                                          |           |      |        |                | Limite inferior               | Limite superior |
| Radiômetro Ponto<br>Forro - interno (°C) | Verão     | 1    | 31,619 | ,674           | 30,296                        | 32,941          |
|                                          |           | 2    | 35,117 | ,674           | 33,794                        | 36,439          |
|                                          |           | 3    | 31,007 | ,674           | 29,684                        | 32,329          |
|                                          | Outono    | 1    | 29,851 | ,674           | 28,529                        | 31,174          |
|                                          |           | 2    | 34,709 | ,672           | 33,391                        | 36,027          |
|                                          |           | 3    | 28,388 | ,681           | 27,052                        | 29,723          |
|                                          | Inverno   | 1    | 33,771 | ,681           | 32,436                        | 35,107          |
|                                          |           | 2    | 38,699 | ,679           | 37,368                        | 40,031          |
|                                          |           | 3    | 32,637 | ,683           | 31,297                        | 33,977          |
|                                          | Primavera | 1    | 33,547 | ,679           | 32,216                        | 34,879          |
|                                          |           | 2    | 36,339 | ,676           | 35,012                        | 37,666          |
|                                          |           | 3    | 32,356 | ,676           | 31,029                        | 33,682          |
| Radiômetro Ponto<br>Piso - interno (°C)  | Verão     | 1    | 30,525 | ,201           | 30,130                        | 30,920          |
|                                          |           | 2    | 29,054 | ,201           | 28,659                        | 29,449          |
|                                          |           | 3    | 29,687 | ,201           | 29,292                        | 30,082          |
|                                          | Outono    | 1    | 27,677 | ,201           | 27,282                        | 28,072          |
|                                          |           | 2    | 26,949 | ,201           | 26,555                        | 27,343          |
|                                          |           | 3    | 26,639 | ,203           | 26,240                        | 27,039          |
|                                          | Inverno   | 1    | 30,979 | ,203           | 30,580                        | 31,378          |
|                                          |           | 2    | 29,845 | ,203           | 29,448                        | 30,243          |
|                                          |           | 3    | 29,664 | ,204           | 29,264                        | 30,065          |
|                                          | Primavera | 1    | 29,983 | ,203           | 29,585                        | 30,381          |
|                                          |           | 2    | 29,583 | ,202           | 29,187                        | 29,980          |
|                                          |           | 3    | 29,329 | ,202           | 28,932                        | 29,725          |



Pode-se perceber que a casa 3 possui o melhor resultado na temperatura do piso e forro, isso se dá pelo material empregado e pela características construtivas.

Observando as médias no quadro 8, entre as estações e as casas, pode-se perceber que a casa 2 possui um desempenho térmico inferior às casas 1 e 3 em relação ao forro, isso pelo fato destas possuírem forro de madeira.

Observando as médias do piso interno nota-se que entre as casas 2 e 3 não há diferença significativa, mas relacionadas à casa 1 possui. Uma observação importante é que pelo fato da casa 1 não possuir nenhuma cobertura, os raios solares penetram diretamente dentro do ambiente pela abertura da porta, que está localizada na face oeste, onde a incidência solar no período da tarde, que é muito mais quente, adentra no ambiente aquecendo o piso.

A casa 2, pelo fato de não possuir forro no ambiente, a temperatura fica muito elevada em relação às demais, atingindo uma média de 33°C nas medições. Já a diferença entre as casas 1 e 3 se dá pela forma de colocação do forro. A casa 3 possui um forro inclinado acompanhando o telhado, isso aumenta a circulação do ar interno, já na casa 2 o forro é reto e mais baixo, assim dando a diferença dos resultados entre as respectivas casas.

Apenas entre as casas 2 e 3 que não há uma diferença significativa entre as médias encontradas. Observando o Quadro 8 pode-se concluir que a casa 1 possui valores superiores, prejudicando o desempenho térmico da edificação.

Quadro 9 – Teste de Tamhane para as variáveis associadas às medidas de radiação externas por casa.

| Variável dependente               | (I) Casa | (J) Casa | Média da diferença | Erro padrão | Nível de significância | Intervalo de confiança de 95% |                 |
|-----------------------------------|----------|----------|--------------------|-------------|------------------------|-------------------------------|-----------------|
|                                   |          |          |                    |             |                        | Limite inferior               | Limite superior |
| Radiômetro Ponto 1 - externo (°C) | 1        | 2        | 2,7034(*)          | ,27963      | ,000                   | 2,0346                        | 3,3721          |
|                                   |          | 3        | 4,1006(*)          | ,29401      | ,000                   | 3,3976                        | 4,8037          |
|                                   | 2        | 1        | - 2,7034(*)        | ,27963      | ,000                   | -3,3721                       | -2,0346         |
|                                   |          | 3        | 1,3973(*)          | ,25555      | ,000                   | ,7862                         | 2,0084          |
|                                   | 3        | 1        | - 4,1006(*)        | ,29401      | ,000                   | -4,8037                       | -3,3976         |
|                                   |          | 2        | - 1,3973(*)        | ,25555      | ,000                   | -2,0084                       | -,7862          |
| Radiômetro Ponto 2 - externo (°C) | 1        | 2        | ,9692              | ,54450      | ,210                   | -,3341                        | 2,2725          |
|                                   |          | 3        | 1,3306(*)          | ,54648      | ,045                   | ,0226                         | 2,6386          |

|                                   |   |   |           |        |      |         |        |
|-----------------------------------|---|---|-----------|--------|------|---------|--------|
| Radiômetro Ponto 3 - externo (°C) | 2 | 1 | -,9692    | ,54450 | ,210 | -2,2725 | ,3341  |
|                                   |   | 3 | ,3614     | ,22762 | ,301 | -,1828  | ,9057  |
|                                   |   | 1 | -         | ,54648 | ,045 | -2,6386 | -,0226 |
|                                   | 3 | 2 | 1,3306(*) |        |      |         |        |
|                                   |   | 2 | -,3614    | ,22762 | ,301 | -,9057  | ,1828  |
|                                   |   | 2 | 1,2075(*) | ,45554 | ,024 | ,1172   | 2,2978 |
|                                   | 1 | 3 | ,2757     | ,69011 | ,970 | -1,3746 | 1,9260 |
|                                   |   | 1 | -         | ,45554 | ,024 | -2,2978 | -,1172 |
|                                   |   | 3 | 1,2075(*) |        |      |         |        |
|                                   | 2 | 3 | -,9318    | ,55356 | ,253 | -2,2569 | ,3934  |
|                                   |   | 1 | -,2757    | ,69011 | ,970 | -1,9260 | 1,3746 |
|                                   |   | 2 | ,9318     | ,55356 | ,253 | -,3934  | 2,2569 |
| Radiômetro Ponto 4 - externo (°C) | 1 | 2 | 2,1256(*) | ,70625 | ,008 | ,4349   | 3,8162 |
|                                   |   | 3 | 1,8558(*) | ,71192 | ,028 | ,1517   | 3,5599 |
|                                   |   | 1 | -         | ,70625 | ,008 | -3,8162 | -,4349 |
|                                   | 2 | 1 | 2,1256(*) |        |      |         |        |
|                                   |   | 3 | -,2698    | ,26002 | ,657 | -,8915  | ,3520  |
|                                   |   | 1 | -         | ,71192 | ,028 | -3,5599 | -,1517 |
|                                   | 3 | 1 | 1,8558(*) |        |      |         |        |
|                                   |   | 2 | ,2698     | ,26002 | ,657 | -,3520  | ,8915  |
|                                   |   | 2 |           |        |      |         |        |

\* Médias significativas a 5%.

Quadro 10 – Teste de Tamhane para as variáveis associadas às medidas de radiação externa por estação do ano.

| Variável dependente               | (I) Estação | (J) Estação | Média da diferença | Erro padrão | Nível de significância | Intervalo de confiança de 95% |                 |
|-----------------------------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|------------------------|-------------------------------|-----------------|
|                                   |             |             |                    |             |                        | Limite inferior               | Limite superior |
| Radiômetro Ponto 1 - externo (°C) | Verão       | Outono      | 2,6569(*)          | ,30376      | ,000                   | 1,8558                        | 3,4579          |
|                                   |             | Inverno     | -                  | ,32124      | ,005                   | -1,9310                       | -,2365          |
|                                   |             | Primavera   | 1,0837(*)          | ,31598      | ,004                   | ,2434                         | 1,9100          |
|                                   |             | Outono      | 1,0767(*)          |             |                        |                               |                 |
|                                   |             | Verão       | -                  | ,30376      | ,000                   | -3,4579                       | -1,8558         |
|                                   |             | Inverno     | 2,6569(*)          |             |                        |                               |                 |
|                                   | Outono      | Verão       | -                  | ,30376      | ,000                   | -3,4579                       | -1,8558         |
|                                   |             | Inverno     | -                  | ,33658      | ,000                   | -4,6282                       | -2,8530         |
|                                   |             | Primavera   | 3,7406(*)          |             |                        |                               |                 |
|                                   |             | Verão       | -                  | ,33156      | ,000                   | -2,4545                       | -,7058          |
|                                   |             | Inverno     | 1,5801(*)          |             |                        |                               |                 |
|                                   |             | Verão       | 1,0837(*)          | ,32124      | ,005                   | ,2365                         | 1,9310          |
|                                   | Inverno     | Outono      | 3,7406(*)          | ,33658      | ,000                   | 2,8530                        | 4,6282          |
|                                   |             | Primavera   | 2,1605(*)          | ,34765      | ,000                   | 1,2437                        | 3,0772          |
|                                   |             | Verão       | -                  | ,31598      | ,004                   | -1,9100                       | -,2434          |
|                                   |             | Outono      | 1,0767(*)          |             |                        |                               |                 |
|                                   |             | Inverno     | 1,5801(*)          | ,33156      | ,000                   | ,7058                         | 2,4545          |
|                                   |             | Verão       | -                  | ,34765      | ,000                   | -3,0772                       | -1,2437         |
| Radiômetro Ponto 2 - externo (°C) | Verão       | Outono      | 2,0974(*)          | ,20696      | ,000                   | 1,5514                        | 2,6433          |
|                                   |             | Inverno     | -                  | ,22876      | ,000                   | -1,8905                       | -,6832          |
|                                   |             | Primavera   | 1,2869(*)          |             |                        |                               |                 |
|                                   | Outono      | Verão       | -,8283             | ,70136      | ,805                   | -2,6816                       | 1,0249          |
|                                   |             | Inverno     | -                  | ,20696      | ,000                   | -2,6433                       | -1,5514         |
|                                   |             | Verão       | 2,0974(*)          |             |                        |                               |                 |

|                                         |           |           |           |        |       |         |         |  |
|-----------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------|-------|---------|---------|--|
| Radiômetro<br>Ponto 3 -<br>externo (°C) | Inverno   | Primavera | 3,3842(*) | -      |       |         |         |  |
|                                         |           |           | 2,9257(*) | ,71474 | ,000  | -4,8137 | -1,0376 |  |
|                                         |           | Verão     | 1,2869(*) | ,22876 | ,000  | ,6832   | 1,8905  |  |
|                                         | Primavera | Outono    | 3,3842(*) | ,26698 | ,000  | 2,6802  | 4,0883  |  |
|                                         |           |           | ,4586     | ,72135 | ,989  | -1,4467 | 2,3638  |  |
|                                         |           | Verão     | ,8283     | ,70136 | ,805  | -1,0249 | 2,6816  |  |
|                                         | Verão     | Outono    | 2,9257(*) | ,71474 | ,000  | 1,0376  | 4,8137  |  |
|                                         |           |           | -,4586    | ,72135 | ,989  | -2,3638 | 1,4467  |  |
|                                         |           | Inverno   | 1,7390(*) | ,57212 | ,015  | ,2275   | 3,2506  |  |
|                                         | Outono    | Verão     | -,7855(*) | ,21384 | ,002  | -1,3497 | -,2212  |  |
|                                         |           |           | -,9993    | ,71037 | ,649  | -2,8764 | ,8778   |  |
|                                         |           | Outono    | 1,7390(*) | ,57212 | ,015  | -3,2506 | -,2275  |  |
|                                         | Inverno   |           | 2,5245(*) | ,59224 | ,000  | -4,0885 | -,9606  |  |
|                                         |           | Primavera | -         |        |       |         |         |  |
|                                         |           |           | 2,7384(*) | ,89980 | ,014  | -5,1114 | -,3653  |  |
|                                         | Primavera | Verão     | ,7855(*)  | ,21384 | ,002  | ,2212   | 1,3497  |  |
|                                         |           | Outono    | 2,5245(*) | ,59224 | ,000  | ,9606   | 4,0885  |  |
|                                         |           | Primavera | -,2138    | ,72667 | 1,000 | -2,1333 | 1,7057  |  |
| Radiômetro<br>Ponto 4 -<br>externo (°C) | Verão     | Verão     | ,9993     | ,71037 | ,649  | -,8778  | 2,8764  |  |
|                                         |           | Outono    | 2,7384(*) | ,89980 | ,014  | ,3653   | 5,1114  |  |
|                                         |           | Inverno   | ,2138     | ,72667 | 1,000 | -1,7057 | 2,1333  |  |
|                                         | Outono    | Outono    | 3,0032(*) | ,29351 | ,000  | 2,2291  | 3,7773  |  |
|                                         |           |           | -1,2485   | ,61276 | ,227  | -2,8669 | ,3698   |  |
|                                         |           | Primavera | ,1840     | ,74169 | 1,000 | -1,7753 | 2,1432  |  |
|                                         | Inverno   | Verão     | -         | ,29351 | ,000  | -3,7773 | -2,2291 |  |
|                                         |           |           | 3,0032(*) |        |       |         |         |  |
|                                         |           | Inverno   | -         | ,62830 | ,000  | -5,9106 | -2,5929 |  |
|                                         | Primavera |           | 4,2517(*) |        |       |         |         |  |
|                                         |           | Primavera | -         | ,75458 | ,001  | -4,8120 | -,8264  |  |
|                                         |           |           | 2,8192(*) |        |       |         |         |  |
|                                         | Inverno   | Verão     | 1,2485    | ,61276 | ,227  | -,3698  | 2,8669  |  |
|                                         |           | Outono    | 4,2517(*) | ,62830 | ,000  | 2,5929  | 5,9106  |  |
|                                         |           | Primavera | 1,4325    | ,92667 | ,544  | -1,0114 | 3,8764  |  |
|                                         | Primavera | Verão     | -,1840    | ,74169 | 1,000 | -2,1432 | 1,7753  |  |
|                                         |           | Outono    | 2,8192(*) | ,75458 | ,001  | ,8264   | 4,8120  |  |
|                                         |           | Inverno   | -1,4325   | ,92667 | ,544  | -3,8764 | 1,0114  |  |

\* Médias significativas a 5%.

O ponto 1 externo nas casas 2 e 3 estão localizados na parede dentro da varanda, na casa 1, como não há alteração na arquitetura, esse ponto recebe diretamente a insolação e sua face está voltada para o oeste, assim castigando mais o ambiente medido. A média encontrada ficou entre 30°C e 34°C.

Entre as casas apresentou-se uma diferença de até 3°C; essa diferença é significativa para o clima de Cuiabá.

A casa 3 apresenta os melhores resultados, devido ao seu ponto estar na circulação da casa, ainda sendo protegido de radiação por mais um cômodo.

Podemos observar que as casas continuam se comportando de forma similar, pelo fato dos dados serem heterogêneos.

O ponto 3 está localizado no interior do banheiro da casa; entre as casas 2 e 3 não existe uma diferença significativa devido ambas terem características construtivas parecidas e a casa 3 estar com sua construção na divisa do terreno, a casa 2 também tem parte construída na divisa. Já a casa 1 conta com uma circulação em ambas as laterais do terreno.

O ponto 4 externo encontra-se no oposto do ponto 4 interno; voltado para o sudoeste esse ponto nas casas 1 e 2 recebe insolação direta, já na casa 3 esse ponto está localizado no terreno do vizinho, sendo assim esse ponto já sofre a influência da área externa e da vegetação.

Todos os elementos têm a temperatura acrescida até o final do período de insolação. Conforme era esperado, as temperaturas dos elementos de cobertura são mais elevadas que os elementos de piso. Porém, o pico no elemento de cobertura das casas pode ser compreendido pela inexistência de forro, sendo a temperatura medida na face interna da telha cerâmica.

A temperatura mais elevada demonstra o ganho de calor através das alvenarias expostas, os resultados podem ser avaliados pela diferença de altura do pé-direito, tipo de material, influência do usuário no ambiente, entre outras características.

### **5.1.3 ANÁLISE DA VENTILAÇÃO**

Na metodologia adotada para o levantamento de dados relacionados à ventilação, foram delimitados um ponto interno (junto ao termômetro de globo) e outro externo (em frente à casa na área externa) de cada residência, para medição da velocidade do vento.

Quadro 11 – Teste de Tamhane para as variáveis associadas às medidas de velocidade do vento interna e externa, por estação do ano.

| Variável dependente      | (I) Estação | (J) Estação | Média da diferença | Erro padrão | Nível de significância | Intervalo de confiança de 95% |                 |
|--------------------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|------------------------|-------------------------------|-----------------|
|                          |             |             |                    |             |                        | Limite inferior               | Limite superior |
| Anemômetro Externo (m/s) | Verão       | Outono      | ,1407(*)           | ,01891      | ,000                   | ,0909                         | ,1906           |
|                          |             | Inverno     | -,1553(*)          | ,03456      | ,000                   | -,2465                        | -,0641          |
|                          |             | Primavera   | -,0558             | ,02823      | ,257                   | -,1303                        | ,0186           |
|                          | Outono      | Verão       | -,1407(*)          | ,01891      | ,000                   | -,1906                        | -,0909          |
|                          |             | Inverno     | -,2960(*)          | ,03225      | ,000                   | -,3812                        | -,2109          |
|                          |             | Primavera   | -,1966(*)          | ,02536      | ,000                   | -,2635                        | -,1296          |
|                          | Inverno     | Verão       | ,1553(*)           | ,03456      | ,000                   | ,0641                         | ,2465           |
|                          |             | Outono      | ,2960(*)           | ,03225      | ,000                   | ,2109                         | ,3812           |
|                          |             | Primavera   | ,0995              | ,03847      | ,058                   | -,0020                        | ,2009           |
|                          | Primavera   | Verão       | ,0558              | ,02823      | ,257                   | -,0186                        | ,1303           |
|                          |             | Outono      | ,1966(*)           | ,02536      | ,000                   | ,1296                         | ,2635           |
|                          |             | Inverno     | -,0995             | ,03847      | ,058                   | -,2009                        | ,0020           |
| Anemômetro Interno (m/s) | Verão       | Outono      | ,0633(*)           | ,00863      | ,000                   | ,0405                         | ,0861           |
|                          |             | Inverno     | ,0271              | ,01316      | ,218                   | -,0076                        | ,0618           |
|                          |             | Primavera   | ,0479(*)           | ,00879      | ,000                   | ,0247                         | ,0711           |
|                          | Outono      | Verão       | -,0633(*)          | ,00863      | ,000                   | -,0861                        | -,0405          |
|                          |             | Inverno     | -,0363(*)          | ,01091      | ,006                   | -,0651                        | -,0074          |
|                          |             | Primavera   | -,0154(*)          | ,00480      | ,008                   | -,0281                        | -,0027          |
|                          | Inverno     | Verão       | -,0271             | ,01316      | ,218                   | -,0618                        | ,0076           |
|                          |             | Outono      | ,0363(*)           | ,01091      | ,006                   | ,0074                         | ,0651           |
|                          |             | Primavera   | ,0208              | ,01104      | ,308                   | -,0083                        | ,0500           |
|                          | Primavera   | Verão       | -,0479(*)          | ,00879      | ,000                   | -,0711                        | -,0247          |
|                          |             | Outono      | ,0154(*)           | ,00480      | ,008                   | ,0027                         | ,0281           |
|                          |             | Inverno     | -,0208             | ,01104      | ,308                   | -,0500                        | ,0083           |

\* Médias significativas a 5%.

O quadro 11 apresenta as diferenças significativas entre as estações nos pontos interno e externo. E o quadro abaixo 12 apresenta as diferenças entre as casas.

Como se pode perceber, a velocidade do vento fora da residência é maior que internamente. No ponto externo, o vento variou de 0,88 m/s a 0,638 m/s. Dentro das casas, a velocidade do vento variou de 0 m/s a 0,215 m/s. Resultados considerados baixos, com a necessidade de auxílio de sistemas de resfriamento artificial. Com isso elevando a ineficiência energética.

No quadro 12, podemos perceber que há uma diferença significativa entre as casas, todas se comportam de forma diferenciada.

Quadro 12 – Teste de Tamhane para as variáveis associadas às medidas de velocidade do vento interna e externa, por casa.

| Variável dependente | (I) Casa | (J) Casa | Média da diferença | Erro padrão | Nível de significância | Intervalo de confiança de 95% |
|---------------------|----------|----------|--------------------|-------------|------------------------|-------------------------------|
|---------------------|----------|----------|--------------------|-------------|------------------------|-------------------------------|

|                          |   |   |           |        |      | Limite inferior | Limite superior |
|--------------------------|---|---|-----------|--------|------|-----------------|-----------------|
| Anemômetro Externo (m/s) | 1 | 2 | ,0746(*)  | ,03005 | ,039 | ,0027           | ,1464           |
|                          |   | 3 | ,3103(*)  | ,02604 | ,000 | ,2480           | ,3726           |
|                          | 2 | 1 | -,0746(*) | ,03005 | ,039 | -,1464          | -,0027          |
|                          |   | 3 | ,2357(*)  | ,02010 | ,000 | ,1876           | ,2838           |
|                          | 3 | 1 | -,3103(*) | ,02604 | ,000 | -,3726          | -,2480          |
|                          |   | 2 | -,2357(*) | ,02010 | ,000 | -,2838          | -,1876          |
| Anemômetro Interno (m/s) | 1 | 2 | ,0440(*)  | ,01029 | ,000 | ,0194           | ,0686           |
|                          |   | 3 | ,0841(*)  | ,00696 | ,000 | ,0674           | ,1008           |
|                          | 2 | 1 | -,0440(*) | ,01029 | ,000 | -,0686          | -,0194          |
|                          |   | 3 | ,0401(*)  | ,00759 | ,000 | ,0219           | ,0583           |
|                          | 3 | 1 | -,0841(*) | ,00696 | ,000 | -,1008          | -,0674          |
|                          |   | 2 | -,0401(*) | ,00759 | ,000 | -,0583          | -,0219          |

\* Médias significativas a 5%.

Os quadros apresentam os resultados obtidos na área externa. Apesar de possuírem a mesma orientação solar, as casas se comportam de diferentes maneiras. Com os baixos resultados encontrados na casa 3 pode-se concluir que a vegetação de grande porte, na área frontal, é um fator significativo para tal queda, visto que não permite que o vento corra de forma natural, formando apenas pequenos vórtices, fazendo com que todo o vento passe pela copa superior da árvore, em consequência passe pela parte superior da casa.

A vegetação é considerada um fator positivo para a queda de temperatura; no caso da casa 3 foi prejudicial, pois a vegetação de grande porte forma uma barreira natural que impede que a corrente dos ventos se projete para dentro do ambiente. Nas casas 1 e 2, onde há ausência de vegetação, isso não ocorre, elevando a quantidade de vento no local.

Em relação à diferença de sazonalidade, as casas se comportam de maneira similar, já não sendo o mesmo caso com o ponto interno.

A ventilação interior é muito prejudicada, na casa 3 como já possui uma baixa ventilação exterior, como já mencionado, acaba por influenciar diretamente na ventilação interna.

Sabe-se que a arquitetura contribui muito para uma melhoria no aproveitamento da ventilação e iluminação natural, mas no caso da casa 3, essa arquitetura não contribuiu para uma melhora nos resultados. Os melhores resultados encontrados, no inverno, se dá pela direção do vento que muda e permite que pouca quantidade chegue ao interior do ambiente.

O tipo de esquadria encontrado também não é apropriado para o local: uma janela tipo basculante, com dimensões reduzidas e sua abertura limitada a uma área coberta usada como varanda, contribui ainda mais para a não-circulação dos ventos.

Na casa 1 observa-se os melhores resultados, pode-se concluir que o fato de não ter nenhuma varanda na parte exterior como nas demais, permite que o vento entre com maior facilidade, e a distribuição das esquadrias e acessos contribuem para que ocorra uma ventilação cruzada no ambiente.

Logo, se observa que, para se fazer uma ampliação, é necessário estudar as influências que vão ocorrer.

Na casa 2, os resultados também não foram satisfatórios; apesar de ter uma baixa ventilação, nota-se que as maiores diferenças estão relacionadas à sazonalidade, visto que entre o outono e inverno há um crescimento nessa ventilação conclui-se que há uma maior circulação devido a fatores meteorológicos, o que não ocorre na casa 3 que tem também a varanda na parte exterior do local medido.

#### 5.1.4 ANÁLISE DA ILUMINAÇÃO

Quadro 13 – Teste de Tamhane para as variáveis associadas às medidas do luxímetro nos pontos internos, por casa.

| Variável dependente              | (I) Casa | (J) Casa | Média da diferença | Erro padrão | Nível de significância | Intervalo de confiança de 95% |                 |
|----------------------------------|----------|----------|--------------------|-------------|------------------------|-------------------------------|-----------------|
|                                  |          |          |                    |             |                        | Limite inferior               | Limite superior |
| Luxímetro Ponto 1 - interno (lm) | 1        | 2        | 764,8230(*)        | 50,05270    | ,000                   | 644,9713                      | 884,6748        |
|                                  |          | 3        | 764,4351(*)        | 50,05507    | ,000                   | 644,5778                      | 884,2925        |
|                                  | 2        | 1        | -764,8230(*)       | 50,05270    | ,000                   | -884,6748                     | -644,9713       |
|                                  |          | 3        | -,3879             | 1,02133     | ,974                   | -2,8302                       | 2,0544          |
|                                  | 3        | 1        | -764,4351(*)       | 50,05507    | ,000                   | -884,2925                     | -644,5778       |
|                                  |          | 2        | ,3879              | 1,02133     | ,974                   | -2,0544                       | 2,8302          |
| Luxímetro Ponto 2 - interno (lm) | 1        | 2        | 304,6528(*)        | 25,85596    | ,000                   | 242,7416                      | 366,5640        |
|                                  |          | 3        | 323,5793(*)        | 25,81118    | ,000                   | 261,7741                      | 385,3845        |
|                                  | 2        | 1        | -304,6528(*)       | 25,85596    | ,000                   | -366,5640                     | -242,7416       |
|                                  |          | 3        | 18,9265(*)         | 1,56538     | ,000                   | 15,1789                       | 22,6742         |
|                                  | 3        | 1        | -323,5793(*)       | 25,81118    | ,000                   | -385,3845                     | -261,7741       |
|                                  |          | 2        | -18,9265(*)        | 1,56538     | ,000                   | -22,6742                      | -15,1789        |
| Luxímetro Ponto 3 - interno (lm) | 1        | 2        | 46,5535(*)         | 12,89452    | ,001                   | 15,7202                       | 77,3868         |
|                                  |          | 3        | 202,7097(*)        | 8,32675     | ,000                   | 182,7712                      | 222,6482        |

|                                          |   |   |              |           |       |           |           |
|------------------------------------------|---|---|--------------|-----------|-------|-----------|-----------|
| Luxímetro<br>Ponto 4 -<br>interno (lm)   | 2 | 1 | -46,5535(*)  | 12,89452  | ,001  | -77,3868  | -15,7202  |
|                                          |   | 3 | 156,1562(*)  | 9,84643   | ,000  | 132,5794  | 179,7330  |
|                                          | 3 | 1 | -202,7097(*) | 8,32675   | ,000  | -222,6482 | -182,7712 |
|                                          |   | 2 | -156,1562(*) | 9,84643   | ,000  | -179,7330 | -132,5794 |
|                                          | 1 | 2 | -122,3098    | 178,05919 | ,869  | -548,3795 | 303,7600  |
|                                          |   | 3 | 1539,0694(*) | 75,26236  | ,000  | 1359,0317 | 1719,1072 |
|                                          | 2 | 1 | 122,3098     | 178,05919 | ,869  | -303,7600 | 548,3795  |
|                                          |   | 3 | 1661,3792(*) | 169,14909 | ,000  | 1256,4568 | 2066,3016 |
|                                          | 3 | 1 | -            | 75,26236  | ,000  | -         | -         |
|                                          |   | 2 | -            | 169,14909 | ,000  | -         | -         |
| Luxímetro<br>Ponto Área<br>Trabalho (lm) | 1 | 2 | 1661,3792(*) | 169,14909 | ,000  | 2066,3016 | 1256,4568 |
|                                          |   | 3 | -7,395       | 22,50755  | 1,000 | -54,5811  | 53,1020   |
|                                          | 2 | 1 | 275,4814(*)  | 10,59504  | ,000  | 250,1129  | 300,8498  |
|                                          |   | 3 | ,7395        | 22,50755  | 1,000 | -53,1020  | 54,5811   |
|                                          | 3 | 1 | 276,2209(*)  | 19,91697  | ,000  | 228,5314  | 323,9104  |
|                                          |   | 2 | -275,4814(*) | 10,59504  | ,000  | -300,8498 | -250,1129 |
|                                          |   | 1 | -276,2209(*) | 19,91697  | ,000  | -323,9104 | -228,5314 |
|                                          |   | 2 |              |           |       |           |           |
|                                          |   | 1 |              |           |       |           |           |
|                                          |   | 2 |              |           |       |           |           |

\* Médias significativas a 5%.

Quadro 14 – Teste de Tamhane para as variáveis associadas às medidas do luxímetro nos pontos internos, por estação do ano.

| Variável dependente                    | (I) Estação | (J) Estação | Média da diferença | Erro padrão | Nível de significância | Intervalo de confiança de 95% |                 |
|----------------------------------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|------------------------|-------------------------------|-----------------|
|                                        |             |             |                    |             |                        | Limite inferior               | Limite superior |
| Luxímetro<br>Ponto 1 -<br>interno (lm) | Verão       | Outono      | 446,2566(*)        | 70,30528    | ,000                   | 260,4963                      | 632,0168        |
|                                        |             | Inverno     | 415,6539(*)        | 70,54819    | ,000                   | 229,2623                      | 602,0455        |
|                                        |             | Primavera   | 408,1955(*)        | 70,88545    | ,000                   | 220,9270                      | 595,4640        |
|                                        | Outono      | Verão       | -446,2566(*)       | 70,30528    | ,000                   | -632,0168                     | -260,4963       |
|                                        |             | Inverno     | -30,6026           | 17,76638    | ,414                   | -77,4528                      | 16,2476         |
|                                        |             | Primavera   | -38,0611           | 19,06160    | ,247                   | -88,3303                      | 12,2081         |
|                                        | Inverno     | Verão       | -415,6539(*)       | 70,54819    | ,000                   | -602,0455                     | -229,2623       |
|                                        |             | Outono      | 30,6026            | 17,76638    | ,414                   | -16,2476                      | 77,4528         |
|                                        |             | Primavera   | -7,4584            | 19,93886    | ,999                   | -60,0376                      | 45,1208         |
|                                        | Primavera   | Verão       | -408,1955(*)       | 70,88545    | ,000                   | -595,4640                     | -220,9270       |
|                                        |             | Outono      | 38,0611            | 19,06160    | ,247                   | -12,2081                      | 88,3303         |
|                                        |             | Inverno     | 7,4584             | 19,93886    | ,999                   | -45,1208                      | 60,0376         |
| Luxímetro<br>Ponto 2 -<br>interno (lm) | Verão       | Outono      | 269,7073(*)        | 35,14518    | ,000                   | 176,8334                      | 362,5813        |
|                                        |             | Inverno     | 270,8751(*)        | 35,12115    | ,000                   | 178,0635                      | 363,6867        |
|                                        |             | Primavera   | 276,2959(*)        | 35,20643    | ,000                   | 183,2629                      | 369,3290        |
|                                        | Outono      | Verão       | -269,7073(*)       | 35,14518    | ,000                   | -362,5813                     | -176,8334       |
|                                        |             | Inverno     | 1,1678             | 5,17212     | 1,000                  | -12,4708                      | 14,8064         |
|                                        |             | Primavera   | 6,5886             | 5,72261     | ,822                   | -8,5019                       | 21,6791         |
|                                        | Inverno     | Verão       | -270,8751(*)       | 35,12115    | ,000                   | -363,6867                     | -178,0635       |
|                                        |             | Outono      | -1,1678            | 5,17212     | 1,000                  | -14,8064                      | 12,4708         |
|                                        |             | Primavera   | 5,4208             | 5,57317     | ,910                   | -9,2765                       | 20,1181         |
|                                        | Primavera   | Verão       | -276,2959(*)       | 35,20643    | ,000                   | -369,3290                     | -183,2629       |
|                                        |             | Outono      | -6,5886            | 5,72261     | ,822                   | -21,6791                      | 8,5019          |



|                                             |           |           |              |           |       |           |           |
|---------------------------------------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-------|-----------|-----------|
| Luxímetro<br>Ponto 3 -<br>interno (lm)      | Verão     | Inverno   | -5,4208      | 5,57317   | ,910  | -20,1181  | 9,2765    |
|                                             |           | Outono    | 108,0478(*)  | 16,52859  | ,000  | 64,4095   | 151,6861  |
|                                             |           | Inverno   | 128,5485(*)  | 16,76705  | ,000  | 84,2875   | 172,8094  |
|                                             | Outono    | Primavera | 144,7185(*)  | 16,10781  | ,000  | 102,1772  | 187,2597  |
|                                             |           | Verão     | -108,0478(*) | 16,52859  | ,000  | -151,6861 | -64,4095  |
|                                             |           | Inverno   | 20,5007      | 8,88117   | ,121  | -2,9190   | 43,9204   |
|                                             | Inverno   | Primavera | 36,6707(*)   | 7,56326   | ,000  | 16,7247   | 56,6167   |
|                                             |           | Verão     | -128,5485(*) | 16,76705  | ,000  | -172,8094 | -84,2875  |
|                                             |           | Outono    | -20,5007     | 8,88117   | ,121  | -43,9204  | 2,9190    |
|                                             | Primavera | Primavera | 16,1700      | 8,07109   | ,244  | -5,1185   | 37,4585   |
|                                             |           | Verão     | -144,7185(*) | 16,10781  | ,000  | -187,2597 | -102,1772 |
|                                             |           | Outono    | -36,6707(*)  | 7,56326   | ,000  | -56,6167  | -16,7247  |
| Luxímetro<br>Ponto 4 -<br>interno (lm)      | Verão     | Inverno   | -16,1700     | 8,07109   | ,244  | -37,4585  | 5,1185    |
|                                             |           | Outono    | 629,1056(*)  | 87,09150  | ,000  | 399,1090  | 859,1023  |
|                                             |           | Inverno   | 180,9188     | 94,02686  | ,287  | -67,1967  | 429,0344  |
|                                             | Outono    | Primavera | -            | 240,21234 | ,000  | -         | -536,5393 |
|                                             |           | Verão     | 1170,7765(*) | 87,09150  | ,000  | 1805,0137 | -399,1090 |
|                                             |           | Inverno   | -629,1056(*) | 87,09150  | ,000  | -859,1023 | -399,1090 |
|                                             | Inverno   | Primavera | -448,1868(*) | 51,54960  | ,000  | -584,1903 | -312,1833 |
|                                             |           | Verão     | -            | 226,97639 | ,000  | -         | -         |
|                                             |           | Outono    | 1799,8821(*) | 94,02686  | ,287  | 2399,6628 | 1200,1014 |
|                                             | Primavera | Verão     | -180,9188    | 51,54960  | ,000  | -429,0344 | 67,1967   |
|                                             |           | Outono    | 448,1868(*)  | 51,54960  | ,000  | 312,1833  | 584,1903  |
|                                             |           | Primavera | -            | 229,72679 | ,000  | -         | -744,7676 |
| Luxímetro<br>Ponto Área<br>Trabalho<br>(lm) | Verão     | Verão     | 1351,6954(*) | 240,21234 | ,000  | 1958,6232 | 1805,0137 |
|                                             |           | Outono    | 1170,7765(*) | 226,97639 | ,000  | 536,5393  | 1200,1014 |
|                                             |           | Inverno   | 1799,8821(*) | 229,72679 | ,000  | 1200,1014 | 2399,6628 |
|                                             | Outono    | Verão     | 1351,6954(*) | 29,07245  | ,000  | 744,7676  | 1958,6232 |
|                                             |           | Inverno   | 203,9300(*)  | 28,18373  | ,000  | 127,1580  | 280,7019  |
|                                             |           | Primavera | 272,4143(*)  | 28,96698  | ,000  | 197,9562  | 346,8725  |
|                                             | Inverno   | Verão     | 269,0506(*)  | 29,07245  | ,000  | 192,5535  | 345,5478  |
|                                             |           | Outono    | -203,9300(*) | 29,07245  | ,000  | -280,7019 | -127,1580 |
|                                             |           | Primavera | -68,4844(*)  | 10,88156  | ,000  | 39,7791   | 97,1897   |
|                                             | Primavera | Verão     | 65,1207(*)   | 12,77387  | ,000  | 31,4373   | 98,8041   |
|                                             |           | Outono    | -272,4143(*) | 28,18373  | ,000  | -346,8725 | -197,9562 |
|                                             |           | Inverno   | -68,4844(*)  | 10,88156  | ,000  | -97,1897  | -39,7791  |
|                                             | Primavera | Verão     | -3,3637      | 10,59656  | 1,000 | -31,3159  | 24,5885   |
|                                             |           | Outono    | -269,0506(*) | 28,96698  | ,000  | -345,5478 | -192,5535 |
|                                             |           | Inverno   | -65,1207(*)  | 12,77387  | ,000  | -98,8041  | -31,4373  |
|                                             |           | Primavera | 3,3637       | 10,59656  | 1,000 | -24,5885  | 31,3159   |

\* Médias significativas a 5%.

O desempenho lumínico foi avaliado nas mesmas unidades onde foram feitas as avaliações de desempenho térmico.

Através dos quadros 13 e 14, observa-se que a ampliação foi feita e interferiu de forma significativa nos resultados obtidos em relação à iluminação.

Apesar das casas 2 e 3 terem uma diferente situação na ampliação, o desempenho foi muito parecido, reduzindo essa intensidade de dentro do ambiente.

Mesmo sendo pontos internos, a casa 1 possui um alto índice de iluminação, contribuindo para uma economia de energia.

Apesar das diferenças entre as casas 2 e 3 serem poucas, são diferenças significativas, conforme apresenta o quadro 13.

O ponto 3 interno está privilegiado nas casas 1 e 2, devido à esquadria estar contribuindo diretamente para entrada da iluminação natural, o que não ocorre na casa 3. As casas 1 e 2 se comportam de maneira diferente devido à ampliação existente na casa 2, ainda assim a casa 1 possui uma melhor iluminação comparada com as demais.

O ponto 4 interno que se destaca nas casas 1 e 2, próximos à área de trabalho, contribui para uma melhor iluminação natural dentro do ambiente; a casa 3 devido estar com a lateral correspondente ao ponto todo na divisa, não permite que a esquadria esteja na mesma posição que nas casas 1 e 2.

Entre as casas 1 e 2 pode-se dizer que as diferenças encontradas são devido a diferentes estações do ano conforme quadro 14, onde ocorre um deslocamento solar, assim permitindo maior ou menor a entrada da iluminação no ambiente.

Segundo a NBR 5413 (Iluminação de Interiores), para os ambientes analisados se especificam os valores mínimos para uma cozinha de 150lux quando de uso geral e 200 a 500lux com uso específico no fogão. Para quartos de dormir, a norma sugere no geral 100lux e em locais específicos como espelhos e penteadeiras de 200 a 300lux.

Quadro 15 – Teste de Tamhane para as variáveis associadas às medidas do luxímetro nos pontos externos, por casa.

| Variável dependente              | (I) Casa | (J) Casa | Média da diferença | Erro padrão | Nível de significância | Intervalo de confiança de 95% |                 |
|----------------------------------|----------|----------|--------------------|-------------|------------------------|-------------------------------|-----------------|
|                                  |          |          |                    |             |                        | Limite inferior               | Limite superior |
| Luxímetro Ponto 1 - externo (lm) | 1        | 2        | 8674,5603(*)       | 881,65774   | ,000                   | 6563,3268                     | 10785,7939      |
|                                  |          | 3        | 8631,4693(*)       | 881,72255   | ,000                   | 6520,0823                     | 10742,8563      |
|                                  | 2        | 1        | -8674,5603(*)      | 881,65774   | ,000                   | -                             | -6563,3268      |
|                                  |          | 3        | -43,0910(*)        | 11,14002    | ,000                   | -69,7699                      | -16,4122        |
|                                  | 3        | 1        | -8631,4693(*)      | 881,72255   | ,000                   | -                             | -6520,0823      |
|                                  |          | 2        | 43,0910(*)         | 11,14002    | ,000                   | 16,4122                       | 69,7699         |
| Luxímetro Ponto 2 -              | 1        | 2        | 162,5803           | 123,42073   | ,465                   | -132,9652                     | 458,1258        |

|                                           |   |   |               |            |      |            |             |
|-------------------------------------------|---|---|---------------|------------|------|------------|-------------|
| externo<br>(lm)                           |   |   |               |            |      |            |             |
|                                           | 3 |   | 148,4680      | 123,42290  | ,543 | -147,0826  | 444,0187    |
|                                           | 2 | 1 | -162,5803     | 123,42073  | ,465 | -458,1258  | 132,9652    |
|                                           |   | 3 | -14,1122(*)   | ,77710     | ,000 | -15,9731   | -12,2514    |
|                                           | 3 | 1 | -148,4680     | 123,42290  | ,543 | -444,0187  | 147,0826    |
|                                           |   | 2 | 14,1122(*)    | ,77710     | ,000 | 12,2514    | 15,9731     |
| Luxímetro<br>Ponto 3 -<br>externo<br>(lm) | 1 | 2 |               |            |      |            |             |
|                                           |   |   | 40,3017(*)    | 3,90550    | ,000 | 30,9622    | 49,6412     |
|                                           |   | 3 | -24,2683(*)   | 4,63085    | ,000 | -35,3428   | -13,1938    |
|                                           | 2 | 1 | -40,3017(*)   | 3,90550    | ,000 | -49,6412   | -30,9622    |
|                                           |   | 3 | -64,5700(*)   | 4,19084    | ,000 | -74,5944   | -54,5456    |
|                                           | 3 | 1 | 24,2683(*)    | 4,63085    | ,000 | 13,1938    | 35,3428     |
|                                           |   | 2 | 64,5700(*)    | 4,19084    | ,000 | 54,5456    | 74,5944     |
| Luxímetro<br>Ponto 4 -<br>externo<br>(lm) | 1 | 2 |               |            |      |            |             |
|                                           |   |   | 7638,4984(*)  | 1165,68539 | ,000 | 4850,7812  | 10426,2156  |
|                                           |   | 3 | -             |            | ,000 | -          | -           |
|                                           |   |   | 17319,6875(*) | 1784,43729 | ,000 | 21588,5583 | -13050,8167 |
|                                           | 2 | 1 | -7638,4984(*) | 1165,68539 | ,000 | -          | -           |
|                                           |   |   |               |            |      | 10426,2156 | -4850,7812  |
|                                           |   | 3 | -             |            | ,000 | -          | -           |
|                                           |   |   | 24958,1859(*) | 1662,99372 | ,000 | 28938,1357 | -20978,2361 |
|                                           | 3 | 1 | 17319,6875(*) | 1784,43729 | ,000 | 13050,8167 | 21588,5583  |
|                                           |   | 2 | 24958,1859(*) | 1662,99372 | ,000 | 20978,2361 | 28938,1357  |

\* Médias significativas a 5%.

No quadro acima se percebe que, de todos os pontos, apenas o ponto 2 externo entre as casas 1 e 2 é que não há diferença significativa, isso devido a mesma situação em relação à orientação, recuos e divisas entre eles.

Quadro 16 – Teste de Tamhane para as variáveis associadas às medidas do luxímetro nos pontos externos, por estação do ano.

| Variável dependente                       | (I)<br>Estação | (J)<br>Estação | Média da diferença | Erro padrão | Nível de significância | Intervalo de confiança de 95% |                 |
|-------------------------------------------|----------------|----------------|--------------------|-------------|------------------------|-------------------------------|-----------------|
|                                           |                |                |                    |             |                        | Limite inferior               | Limite superior |
| Luxímetro<br>Ponto 1 -<br>externo<br>(lm) | Verão          | Outono         | 9450,5458(*)       | 1190,52746  | ,000                   | 6303,8413                     | 12597,2503      |
|                                           |                | Inverno        | 9401,4811(*)       | 1189,88489  | ,000                   | 6256,4439                     | 12546,5183      |
|                                           |                | Primavera      | 9341,1719(*)       | 1190,60109  | ,000                   | 6194,2764                     | 12488,0675      |
|                                           | Outono         | Verão          | -9450,5458(*)      | 1190,52746  | ,000                   | -                             | -               |
|                                           |                |                |                    |             |                        | 12597,2503                    | -6303,8413      |
|                                           |                | Inverno        | -49,0647           | 76,35473    | ,988                   | -250,4392                     | 152,3098        |
|                                           | Inverno        | Primavera      | -109,3739          | 86,80417    | ,753                   | -338,3078                     | 119,5601        |
|                                           |                | Verão          | -9401,4811(*)      | 1189,88489  | ,000                   | -                             | -               |
|                                           |                |                |                    |             |                        | 12546,5183                    | -6256,4439      |
|                                           | Primavera      | Outono         | 49,0647            | 76,35473    | ,988                   | -152,3098                     | 250,4392        |
|                                           |                | Primavera      | -60,3092           | 77,49438    | ,968                   | -264,7497                     | 144,1313        |
|                                           |                | Verão          | -9341,1719(*)      | 1190,60109  | ,000                   | -                             | -               |
|                                           |                |                |                    |             |                        | 12488,0675                    | -6194,2764      |
|                                           |                | Outono         | 109,3739           | 86,80417    | ,753                   | -119,5601                     | 338,3078        |
|                                           |                | Inverno        | 60,3092            | 77,49438    | ,968                   | -144,1313                     | 264,7497        |

|                                  |           |           |               |            |      |            |            |
|----------------------------------|-----------|-----------|---------------|------------|------|------------|------------|
| Luxímetro Ponto 2 - externo (lm) | Verão     | Outono    | -160,3644     | 161,65416  | ,903 | -587,5828  | 266,8541   |
|                                  |           | Inverno   | 6,2772        | 2,51351    | ,074 | -,3573     | 12,9116    |
|                                  |           | Primavera | 11,8776(*)    | 2,46063    | ,000 | 5,3812     | 18,3740    |
|                                  | Outono    | Verão     | 160,3644      | 161,65416  | ,903 | -266,8541  | 587,5828   |
|                                  |           | Inverno   | 166,6415      | 161,64181  | ,885 | -260,5449  | 593,8279   |
|                                  |           | Primavera | 172,2420      | 161,64099  | ,869 | -254,9423  | 599,4263   |
|                                  | Inverno   | Verão     | -6,2772       | 2,51351    | ,074 | -12,9116   | ,3573      |
|                                  |           | Outono    | -166,6415     | 161,64181  | ,885 | -593,8279  | 260,5449   |
|                                  |           | Primavera | 5,6005(*)     | 1,43568    | ,001 | 1,8139     | 9,3870     |
|                                  | Primavera | Verão     | -11,8776(*)   | 2,46063    | ,000 | -18,3740   | -5,3812    |
|                                  |           | Outono    | -172,2420     | 161,64099  | ,869 | -599,4263  | 254,9423   |
|                                  |           | Inverno   | -5,6005(*)    | 1,43568    | ,001 | -9,3870    | -1,8139    |
| Luxímetro Ponto 3 - externo (lm) | Verão     | Outono    | 39,0325(*)    | 5,02626    | ,000 | 25,7683    | 52,2968    |
|                                  |           | Inverno   | 26,0115(*)    | 5,51321    | ,000 | 11,4697    | 40,5533    |
|                                  |           | Primavera | 19,8211(*)    | 6,05761    | ,007 | 3,8446     | 35,7975    |
|                                  | Outono    | Verão     | -39,0325(*)   | 5,02626    | ,000 | -52,2968   | -25,7683   |
|                                  |           | Inverno   | -13,0210(*)   | 4,02975    | ,008 | -23,6500   | -2,3920    |
|                                  |           | Primavera | -19,2115(*)   | 4,74743    | ,000 | -31,7418   | -6,6811    |
|                                  | Inverno   | Verão     | -26,0115(*)   | 5,51321    | ,000 | -40,5533   | -11,4697   |
|                                  |           | Outono    | 13,0210(*)    | 4,02975    | ,008 | 2,3920     | 23,6500    |
|                                  |           | Primavera | -6,1904       | 5,26026    | ,807 | -20,0665   | 7,6856     |
|                                  | Primavera | Verão     | -19,8211(*)   | 6,05761    | ,007 | -35,7975   | -3,8446    |
|                                  |           | Outono    | 19,2115(*)    | 4,74743    | ,000 | 6,6811     | 31,7418    |
|                                  |           | Inverno   | 6,1904        | 5,26026    | ,807 | -7,6856    | 20,0665    |
| Luxímetro Ponto 4 - externo (lm) | Verão     | Outono    | 15242,4386(*) | 2047,58598 | ,000 | 9839,4947  | 20645,3826 |
|                                  |           | Inverno   | 16857,9316(*) | 1998,21872 | ,000 | 11584,1926 | 22131,6705 |
|                                  |           | Primavera | 9171,8656(*)  | 2195,95481 | ,000 | 3379,2299  | 14964,5013 |
|                                  | Outono    | Verão     | -             | 2047,58598 | ,000 | -          | -9839,4947 |
|                                  |           | Inverno   | 15242,4386(*) | 1615,4929  | ,796 | 20645,3826 | 5183,6046  |
|                                  |           | Primavera | -6070,5731(*) | 1630,99657 | ,001 | -1952,6187 | -1768,1740 |
|                                  | Inverno   | Verão     | -             | 1998,21872 | ,000 | -          | -          |
|                                  |           | Outono    | 16857,9316(*) | 1353,07442 | ,796 | 22131,6705 | 11584,1926 |
|                                  |           | Primavera | -1615,4929    | 1568,57245 | ,000 | -5183,6046 | 1952,6187  |
|                                  | Primavera | Verão     | -7686,0660(*) | 2195,95481 | ,000 | -          | -3547,5722 |
|                                  |           | Outono    | -9171,8656(*) | 1630,99657 | ,001 | 11824,5598 | 14964,5013 |
|                                  |           | Inverno   | 6070,5731(*)  | 1568,57245 | ,000 | -          | -3379,2299 |
|                                  |           |           | 7686,0660(*)  |            | ,001 | 1768,1740  | 10372,9721 |
|                                  |           |           |               |            | ,000 | 3547,5722  | 11824,5598 |

\* Médias significativas a 5%.

Pode-se perceber que as casas possuem médias próximas. A queda apresentada do verão para o outono, se dá devido a uma cobertura em lona que foi colocada entre um período e outro durante as medições no exterior da casa 1, contribuindo para uma queda significativa.

Pode-se perceber que influenciou diretamente nos resultados, onde as demais estações se mantiveram num mesmo desempenho em relação aos demais.

O crescimento da iluminação entre uma estação e outra, se pode perceber que a lona colocada na parte externa contribuiu para que fosse refletido uma maior intensidade de luz, próximo à janela do quarto, podendo avaliar que isso pode ser um causador direto nesses resultados.

Devido à orientação ser a mesma em todas as casas, pode-se dizer que essa diferença está ocorrendo devido a materiais refletores. Dado que nesse ponto temos uma abertura para a área externa. Como nas casas 1 e 2 essa abertura está para um corredor, isso dificulta a entrada de iluminação; já na casa 3 que possui a abertura na divisa temos uma iluminação direta no período da tarde, contribuindo para que os valores sejam mais elevados.

No ponto 4 externo, temos uma grande intensidade luminosa na casa 3. Esse ponto encontra-se totalmente desprotegido. Já na casa 1 e 2 o muro de divisa causa uma influência direta nesses resultados.

Apesar da casa 3 ter um ótimo desempenho em relação à iluminação nesse ponto não é favorável, devido ser um ponto externo e fora do limite do lote não tendo, assim, nenhum aproveitamento dessa iluminação para o ambiente.

De um modo geral, analisando todas as variáveis, nota-se que a iluminação é uma variável muito prejudicada comparando com as demais variáveis na avaliação das casas, mas todas atendem à quantidade de lux necessária no ambiente conforme exigência da NBR 5413.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste trabalho avaliou-se o comportamento térmico e lumínico das habitações, com suas diferentes características construtivas, concluindo-se que quando uma ampliação ou reforma é bem planejada e estudada esta pode contribuir significativamente para um bom desempenho térmico.

Durante a análise estatística, com todos os dados obtidos em todos os períodos realizados, se pôde concluir que as casas avaliadas apresentaram diferenças significativas com relação às variáveis, mas em alguns casos isolados essa diferença foi apenas a referência da diferença de estação.

Significa dizer que, essas casas reagiram de forma diferenciada, quando submetidas às mesmas condições ambientais. Vale destacar que as edificações em estudo apresentavam as mesmas características arquitetônicas originais, como altura do pé-direito, revestimento interno e externo das paredes, forro e cobertura.

Conclui-se então que as alterações construtivas em análise possuem comportamento térmico, iluminação, ventilação e radiação diferenciada apenas quando submetidas a condições atmosféricas específicas, isto é, em determinados períodos do ano as habitações se comportam de forma mais semelhante umas das outras e em outros períodos, seja pela influência da baixa umidade relativa do ar ou pelas temperaturas mais amenas, as mesmas se comportam de maneira diferenciada.

Compreende-se, então, a importância de um projeto arquitetônico bem-definido evitando prejuízos futuros ao seu usuário. O material construtivo especificado em projeto continua sendo de grande importância, porém, quando mal-aplicado, pode vir a perder sua função principal.

Fica como sugestão, para trabalhos futuros, a proposta para a realização de medições em edificações feitas com alteração estudada para o clima específico de Cuiabá, assim será possível realizar uma comparação dos dados e verificar o

prejuízo ocasionado à edificação quando submetida a padrões arquitetônicos convencionais mal planejados.

Como não foi analisado neste trabalho o desempenho dos materiais, sugere-se, também, para outros trabalhos a análise desse desempenho, sabendo-se que, através de pesquisas específicas nesse aspecto, poder-se-á avaliar a influência direta e indireta nos resultados encontrados.

Uma avaliação com dados coletados em períodos de 24 horas também é relevante devido ao comportamento diferenciado nesses períodos, onde as trocas térmicas sofrem influência direta do meio, objetos e pessoas.

## 7. BIBLIOGRAFIA

### 7.1 Bibliografia Citada

AKUTSU, M.; VITTORINO, F.; CARBALLEIRA, L. **A influência do comportamento climático na resposta térmica de edificações.** In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3, 1995, Gramado. Anais. Gramado: ANTAC, 1995a. p. 323 - 328

AKUTSU, M.; VITTORINO, F.; YOSHIMOTO, M. **Método expedito para avaliação do desempenho térmica de habitações.** In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3, 1995, Gramado. Anais. Gramado: ANTAC, 1995b. p. 299 - 304

AKUTSU, M.; VITTORINO, F. **Critérios para a definição de níveis de desempenho térmico de edificações.** In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2., 1992, Florianópolis. Anais. Florianópolis: Antac, 1993. p. 69-74.

AKUTSU, M.; VITTORINO, F. **Proposta de procedimento para avaliação do desempenho térmico de edificações condicionadas e não condicionadas.** In: ENCONTRO NACIONAL DE NORMALIZAÇÃO LIGADA AO USO RACIONAL DE ENERGIA E AO CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES, 1, 1991. Florianópolis. Anais. Florianópolis: UFSC, 1991a. p. 157-171.

AKUTSU, M.; VITTORINO, F. **Proposta de procedimento para o tratamento de dados climáticos.** In: ENCONTRO NACIONAL DE NORMALIZAÇÃO LIGADA AO USO RACIONAL DE ENERGIA E AO CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES, 1. , 1991, Florianópolis. Anais . Florianópolis: UFSC, 1991b. p. 213-226.

AKUTSU, M.; SATO N. M.; PEDROSO, N. G. **Desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares:** manual de procedimento para avaliação. São Paulo: IPT, 1987. 74p. (IPT Publicação n. 1732).

AKUTSU, M. S.; VITTORINO, F.; PEDROSO, N. G.; CARBALLEIRA, L. **Critérios mínimos de desempenho de habitações térreas unifamiliares:** Anexo 5: conforto térmico Relatório técnico nº 33.800. São Paulo: IPT, 1995c.



ALMEIDA JR., N. - **Estudo de Clima Urbano: Uma Proposta Metodológica**. 2005. Dissertação. (Mestrado em Física e Meio Ambiente), Departamento de Física, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso. 94 f. Cuiabá, MT.

BARBOSA, M. J. **Uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares**. 1997. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

CAMPELO, Jr. et al. - **Caracterização macroclimática de Cuiabá**. In. 3º Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente. Londrina, 1991. *Anais*. Londrina, v. 1, Comunicações, p. 542-552.

COSTA, E. C. – **Física aplicada à construção**. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

DUARTE, D. H. S. **O Clima como Parâmetro de Projeto para a Região de Cuiabá**. 1995. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). USP – UFSCar.

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.

FREIRE, J. D. L. **Por uma poética popular da arquitetura**. 1ª ed. Cuiabá: EdUFMT, 1997.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort - Analysis and Application in Environmental Engineering**. Copenhagen, 1970.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO (IPT). Divisão de Edificação. **Conforto higrotérmico: avaliação de desempenho de habitações térreas unifamiliares**. São Paulo, 1981. Trabalho desenvolvido para o BNH. (apostila mimeografada)

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

KÖPPEN, W. 1948. **Climatologia**. Ed. Fondo de Cultura Económica, México.

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

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

LEÃO, M. **Desempenho Térmico em Habitações Populares para Regiões de Clima Tropical: Estudo de Caso em Cuiabá-MT**. 2006. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente). UFMT.

MASCARÓ, L. R. **Energia na edificação, estratégia para minimizar seu consumo**. Projeto de Editores Associados, São Paulo, nº 81, p. 69, nov. 1991.

MASCARÓ, L.E. R. **Luz, clima e arquitetura**. 3. ed. São Paulo, Nobel, 1983. 189 p.

ROMERO, M. A. B. - **Princípios ioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Projeto, 2000, 2ª edição, 128 p.

ROSSETI, K. -**Uso de Ferramenta Computacional para Análise do Desempenho Lumínico em Edificações: Estudo de Caso em Habitações Populares de Cuiabá**., 2006, Monografia referente ao desenvolvimento do projeto de pesquisa de Iniciação Científica PIBIC – CNPq – UFMT.

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

SATTTLER, M. A. **A avaliação de desempenho térmico de edificações**. Pela CIENTEC. ENCONTRO DE NORMALIZAÇÃO LIGADA AO USO RACIONAL DE ANERGIA E AO CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES, 1., 1991, Florianópolis. *Anais*. Florianópolis: UFSC, 1991a. p. 145-149.

SATTTLER, M. A. **Thedes - um programa de computador para simulação de desempenho térmico de edificações**. ENCONTRO NACIONAL DE NORMALIZAÇÃO LIGADA AO USO RACIONAL DE ENERGIA E AO CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES, 1., 1991, Florianópolis. *Anais*. Florianópolis: UFSC, 1991b. p. 151-156.

TREWARTHA, G. T. **An Introducton to Climate**. 3 ed. New York: McGraw-Hill, 1954

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.

## 7.2 Bibliografia Consultada

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S.R. **Manual de Conforto Térmico**. 2. ed. São Paulo: Studio Nobel, 1995.

GOUVÊA, L. A. **Biocidade – Conceitos e critérios para um desenho urbano, em localidades de clima tropical de planalto**. Editora Nobel. São Paulo – SP – Brasil. 2002. p.10.

LAMBERTS, R. **Eficiência Energética na Arquitetura**, PW, São Paulo, 1997.  
NOGUEIRA, M. C. J. A. & NOGUEIRA, J. S. **Educação, meio ambiente e conforto térmico: caminhos que se cruzam**. Revista Eletrônica em Educação Ambiental. Rio Grande, RS, ISSN: 1517-1256. p. 104-108, v. 10, 2003.

SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA DO ESTADO DE MATO GROSSO (SINFRA). Mato Grosso um Canteiro de Obras 30 Meses, Cuiabá/MT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 12538. Grandezas e unidades de termodinâmica. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1992.

\_\_\_\_\_. NBR. Projeto de Norma 02:135.07-002. Desempenho térmico de edificações: Parte 2 – Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações. 2003, 27p.

\_\_\_\_\_. NBR. Projeto de Norma 02:135.07-004. Desempenho térmico de edificações: Parte 4 – Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida. 2003, 12p.

\_\_\_\_\_. NBR. Projeto de Norma 02:135.07-005. Desempenho térmico de edificações: Parte 5 – Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluxímetro. 2003, 12p.

BARBOSA, M. J. & LAMBERTS, R. **Uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares, aplicada a Londrina – PR**. Londrina: ANTAC, 1998, 14p.

CASTRO, A. O. S. **Elaboração de modelos matemáticos para análise de dados e apoio à decisão na indústria do petróleo – Estatística não-paramétrica**. Rio de Janeiro: 2003. Disponível em: <<http://www.ime.uerj.br/~oreste>> Acesso em: 04 mar. 2004.

COELHO, L. O. & MAGALHÃES, E. W. **A provisão habitacional e a análise de seu produto**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Construção – BT/PCC/273. São Paulo: EPUSP, 2001, 32p.

INCROPERA, F. P. & WITT, D. P. **Fundamentos de transferência de calor e massa**. Traduzido por: Horacio Macedo. 3ª edição – Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1992, 455 p.

ISO. International Organization for Standardization. **Ergonomics of the thermal environment – Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales.** ISO 10551. Switzerland, 1995.

KRÜGER, E. & LAMBERTS, R. **Avaliação do desempenho térmico de casas populares.** Foz do Iguaçu: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC, 2002.

MACIEL, A. A. & LAMBERTS, R. **Edifício de escritórios em Brasília, uma análise bioclimática.** Foz do Iguaçu: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC, 2002.

NOGUEIRA, M. C. J. A. & NOGUEIRA, J. S. **Educação, meio-ambiente e conforto térmico: caminhos que se cruzam.** Artigo. Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, vol 10, janeiro/junho de 2003.

OLGYAY, V. & OLGAY, A. **Design with climate bioclimatic approach to architectural regionalism.** Princeton: Princeton University Press: 1973.

PINTO, R. O., JOTA, P. R. S. & ASSIS, E. S. **Análise pós-ocupação do desempenho térmico de edifícios comerciais utilizando métodos estatísticos.** NUTAU, 2002.

PONTES, A. C. F. **Obtenção dos níveis de significância para os testes de Kruskal-Wallis, Friedman e comparações múltiplas não-paramétricas.** Dissertação (Mestrado). Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000, 140p.

RUAS, A. C. **Avaliação do conforto térmico – contribuição à aplicação prática das normas internacionais.** Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas: 2001.

SANTOS, A. T. **Conforto Térmico.** Curitiba: ISAM, 1986.

SAMPAIO, M. M. A. **Análise de Desempenho Térmico e Lumínico de Habitações Populares em Cuiabá-MT.** 2006. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente). UFMT.

SCIGLIANO, S. & HOLLO, V. IVN – **Índice de Ventilação Natural: Conforto térmico em edifícios comerciais e industriais em regiões de clima quente.** São Paulo: Pini, 2001, 279p.

SILVA, C. G. T. **Conceitos e preconceitos relativos às construções em terra crua.** Dissertação (Mestrado). Fundação Oswaldo Cruz – Saúde Pública. Rio de Janeiro, 89p., 2000.

SPIEGEL, M. R. Estatística. 3ª edição. Tradução e revisão técnica Pedro Consentino. São Paulo: Makron Books, 1993, 643p.

VIEIRA, S. **Estatística experimental**. 2ª edição. São Paulo: Atlas, 1999, 185p.

## **8. ANEXOS**

|     |                                                          |     |
|-----|----------------------------------------------------------|-----|
| 8.1 | ANEXO A – Ficha de caracterização preliminar das casas.. | 117 |
| 8.2 | ANEXO B – Mapa de biomas.....                            | 118 |
| 8.3 | ANEXO C – Mapa de ilha de calor.....                     | 119 |

## ANEXO A - FICHA DE CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DAS CASAS

Casa: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Localização:

Telephone: \_\_\_\_\_

Proprietário: \_\_\_\_\_

## ANÁLISE

Cobertura:

Forro:

---

Parede:

Revestimento da parede (P1):

Revestimento da parede (P2):

Revestimento da parede (P3):

Revestimento da parede (P4):

Revestimento da parede (P1ext):

Revestimento da parede (P2ext):

Revestimento da parede (P3ext):

Revestimento da parede (P4ext):

---

Piso:

Aberturas:

Ventilação:

Arborização:

Observações gerais:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

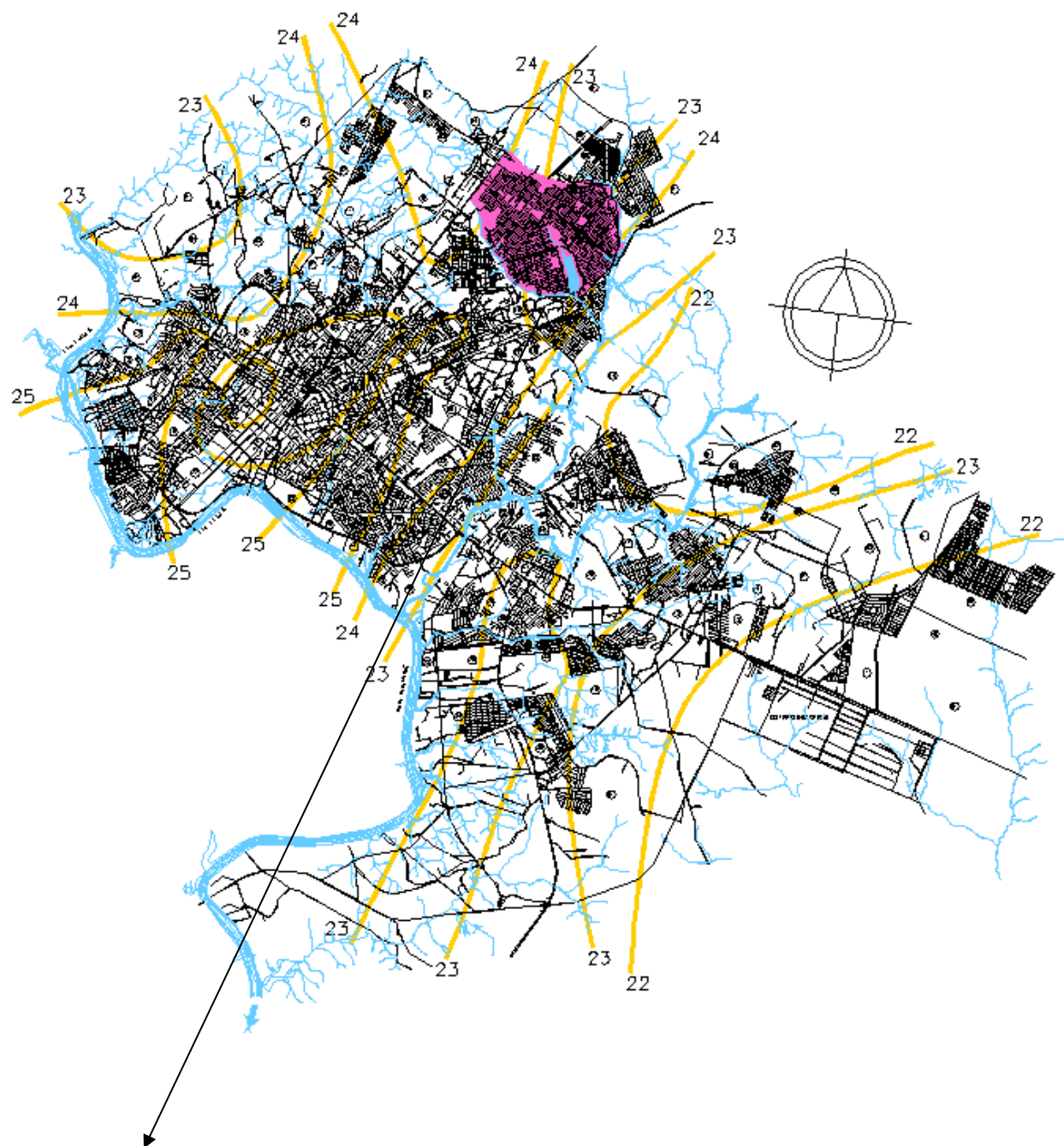
---

---

**ANEXO B – MAPA DE BIOMAS**



## ANEXO C – MAPA DE ILHA DE CALOR



Bairro Grande Morada da Serra – Cuiabá-MT, local do estudo.

Os valores apresentados no mapa estão em “Graus Celsius”, o bairro onde as habitações estão localizadas, segundo o mapa, encontra-se na faixa de 23°C e 24°C.

Fonte: Sampaio (2006)

## 9. GLOSSÁRIO

**ABRAVA** - Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento

**ANSI / ASHRAE 55 - 81** - American National Standards Institute / American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers Norma número 55 de 1981

**ANTAC** - Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído

**AValiação POR DESEMPENHO** - Conforme a norma ASHRAE/IES 90.1-1989, o Sistema Critérios de Desempenho é usado quando muitas inovações de projeto ou flexibilidade são desejadas. Neste trabalho o termo Avaliação por desempenho será entendido como a avaliação que é feita verificando-se o cumprimento de limites estabelecidos para as características térmicas do ambiente. Ex.: temperaturas do ar no interior, quantidades de horas de desconforto no interior, etc.

**BENEFÍCIOS TÉRMICOS MÍNIMOS VIÁVEIS** - são os benefícios implantados na casa COHAB padrão, para reduzir o máximo possível o número de horas de desconforto com um mínimo de investimento.

**CASA COHAB PADRÃO** - é a tipologia construtiva mais construída pelas COHABs

**CIENTEC** - Instituição de direito privado vinculada à Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do RS

**clo** - unidade usada para expressar o isolamento térmico proporcionado pelas peças e conjunto de vestimentas, onde  $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$  (ANSI/ASHRAE 55- 92)

**COHAB** - Companhia de Habitação

**CPZ** - Control Potential Zone

**CSTB** - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

**DOE** - Department of Energy (USA)

**ECI** - Índice de Conforto Equatorial

**EESC** - Escola de Engenharia de São Carlos

**ENCAC** - Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído

**ET\*** - Nova Temperatura Efetiva

**FINEP** - Financiadora de Estudos e Projetos

**FONAVI** - Fundo Nacional de Habitação - Uruguai

**HORAS DE DESCONFORTO** - É o total de horas anuais nas quais o valor da temperatura não está dentro do intervalo da zona de conforto considerada, seja no interior de uma edificação ou mesmo para avaliar o clima externo

**IBF** - Instituto Brasileiro do Frio

**IES** - Sociedade de Engenharia de Iluminação

**IPT** - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.

**ISO 7726** - International Standard Organization

**ISO 7730** - International Standard Organization

**ITS** - Index of Thermal Stress

**Met** - Metabolismo, taxa de energia produzida pelo corpo. Varia com a atividade (1 met = 58,2 W/m<sup>2</sup>)

**MRT** - Medium Radiant Temperature

**PMV** - Voto Médio Estimado

**PPD** - Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas

**R** - Resistência térmica global de um componente, de superfície à superfície do mesmo (m<sup>2</sup>K/W)

**S.I.** - Sistema Internacional

**SET** - Standard Effective Temperature

**SET\*** - Nova Temperatura Efetiva Padrão

**SRY** - Short Reference Year

**TBS** - Temperatura de Bulbo Seco

**TBU** - Temperatura de Bulbo Úmido

**TRY** - Test Reference Year ou Ano Climático de Referência

**U** - Coeficiente Global de transmissão de Calor de ambiente para ambiente (transmitância) (W/m<sup>2</sup>k)

**UFSC** - Universidade Federal de Santa Catarina

**UK** - United Kingdom