

# Definição da Temperatura de Neutralidade: Estudo de Caso em um Conjunto de Habitação de Interesse Social no Município de Sinop – MT

Beatriz Crestina Balen Menegon (UNIFAMA)<sup>1</sup>  
Lucas Rezende Brun<sup>2</sup>

**Resumo:** O Brasil é um país de proporções continentais e como tal apresenta ao longo do seu território uma grande diversidade climática. Entretanto, as habitações populares projetadas de norte a sul do país são construídas em sua grande maioria com objetivos no cumprimento de metas sociais e políticas. Os projetos dessas habitações raramente consideram o clima local no seu desenvolvimento, fazendo com que seus ocupantes, normalmente pessoas pertencentes à população de baixa renda, sofram devido ao projeto inadequado e incorreta especificação de materiais. Este artigo apresenta uma avaliação do conforto térmico em um conjunto de habitações de interesse social no município de Sinop – MT e teve como objetivo determinar a temperatura de neutralidade para as condições dos meses de outubro e novembro. A metodologia baseou-se em medições e aplicações de questionários realizadas simultaneamente no local. Para o estudo de campo foram utilizados equipamentos de medição para determinar as variáveis climáticas associados à aplicação de questionários aos usuários. Os questionários foram utilizados para coletar informações dos moradores acerca da percepção térmica no interior das habitações. Foram analisadas 51 habitações em três períodos do dia. A correlação entre os dados objetivos obtidos dos equipamentos de medição e os dados subjetivos adquiridos através dos questionários permitiu avaliar a temperatura de conforto nas habitações de interesse social, em função de seus aspectos locais. A temperatura de neutralidade determinada foi de 26,7 °C, apresentando um ambiente de sensação térmica não confortável, visto que a temperatura operativa média no período foi de 32,0 °C.

**Palavras-chave:** Pesquisa de Campo; Conforto Térmico; Clima; Questionários.

**Abstract:** Brazil is a country of continental proportions and such as presents throughout its territory a great climatic diversity. However, the designed public housing from north to south are mostly built with objective in the fulfillment of social and political aims. The housing designs rarely consider the local climate in their development, causing its occupants, usually people on a low income suffer due to improper project and incorrect materials specification. This article presents a thermal comfort evaluation in a set of social housing in Sinop city and aimed to determine the neutrality temperature for conditions of the months of October and November. The methodology was based on measurements and questionnaires applications carried out simultaneously on site. For the field study were used measuring equipment to determine the climatic variables associated with the questionnaires application to users. The questionnaires were used to collect residents information about thermal perception inside the home. Fifty one public housing were analyzed in three periods of the day. The correlation between objective data from measuring equipment and subjective data acquired through

<sup>1</sup> Beatriz Crestina Balen Menegon, Bacharel em Engenharia Civil. E-mail: beatrizbalen.eng@gmail.com.

<sup>2</sup> Lucas Rezende Brun, em Arquitetura e Urbanismo.

questionnaires allowed to evaluate the comfort temperature in social housing, due to its local aspects. The determined neutrality temperature was 26.7° C with a thermal environment no comfortable since the averageoperativetemperaturewas 32.0 ° C.

**Keyword:** Field Research; Thermal Comfort; Climate; Questionnaires.

## **1. INTRODUÇÃO**

Segundo ASHRAE (1993), conforto térmico é um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. Se o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o corpo humano for nulo e a temperatura da pele e suor estiverem dentro de certos limites, pode-se dizer que o homem sente conforto térmico.

A procura pelo conforto físico e psicológico decorre de longa data, contudo somente nas últimas décadas têm se intensificado os estudos com relação ao conforto térmico de conjuntos habitacionais. No estado de Mato Grosso, os programas de habitação de interesse social constroem casas de baixa qualidade construtiva, gerando um desempenho térmico insuficiente para o rígido clima predominante.

Os edifícios construídos devem proporcionar aos seus ocupantes condições de habitabilidade, oferecendo qualidade ambiental no ambiente interno e designar um local digno e apropriado a suprir suas necessidades básicas.

Sinop é um dos municípios que mais constrói casas de interesse social, estando em quinto lugar no ranking nacional (ALVES, 2012). Contudo, a ausência de habitações projetadas considerando a temperatura de neutralidade no município de Sinop - MT deixa evidente a necessidade deste estudo, que teve como objetivo elaborar um modelo de conforto variável em função dos aspectos locais próprios da habitação de interesse social e dos seus usuários, com base na correlação entre dados objetivos e subjetivos para determinação da temperatura de neutralidade térmica.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Avaliação do Conforto Térmico**

Uma forma de se buscar conforto térmico em edificações é a utilização da bioclimatologia, através da análise das cartas bioclimáticas, que são basicamente diagramas psicrométricos, ou seja, representam as relações entre temperatura, entalpia, pressão, velocidade do ar e umidade do ar.

A combinação dessas variáveis em intervalos diversos permite a especificação de zonas, para as quais são estabelecidas estratégias adequadas que proporcionam conforto térmico nas edificações.

A Figura 1 mostra a carta bioclimática utilizada no Brasil que foi apresentada por Givoni (1992) e é adequada para países em desenvolvimento.

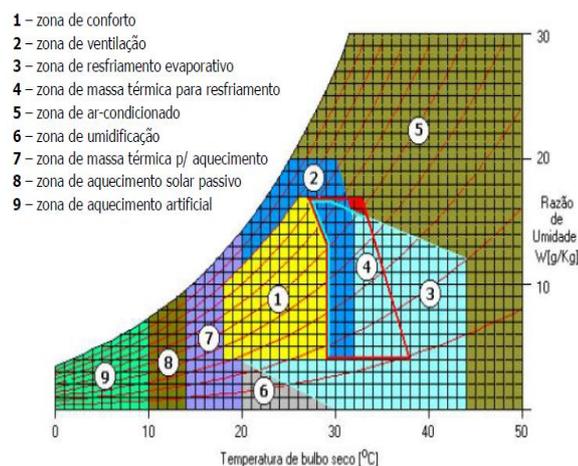


Figura 1. Carta bioclimática utilizada para o Brasil. Fonte: GIVONI, 1992 apud COSTA, 2007.

Além de fatores ambientais, os fatores pessoais como a vestimenta e o grau de atividade do indivíduo, interferem na sensação de conforto térmico do homem. Conforme a Tabela 1, quanto maior o grau de atividade física, maior será o calor gerado pelo metabolismo, sendo de grande importância o conhecimento, por parte do projetista, de quais atividades serão realizadas na edificação a ser projetada.

O metabolismo pode ser expresso em  $W/m^2$  de pele ou em Met (unidade do metabolismo), onde o valor unitário refere-se a uma pessoa relaxada. Deste modo, 1 Met equivale a  $58,15 W/m^2$  de área de superfície corporal (LAMBERTS et al., 2005). A Tabela 1 apresenta algumas atividades expressas em Met.

Tabela 1. Taxa metabólica para diversas atividades.

Atividade	Metabolismo ( $W/m^2$ )
<b>Reclinado</b>	46
<b>Sentado, relaxado</b>	58
<b>Atividade sedentária (escritório, escola, etc.)</b>	70
<b>Fazer compras, atividades laboratoriais</b>	93
<b>Trabalhos domésticos</b>	116
<b>Caminhando em local plano a 2 km/h</b>	110
<b>Caminhando em local plano a 3 km/h</b>	140
<b>Caminhando em local plano a 4 km/h</b>	165
<b>Caminhando em local plano a 5 km/h</b>	200

Fonte: ISO, 1994 apud LAMBERTS et al. (adaptado), 2005.

A resistência térmica da roupa também é de grande importância na sensação de conforto térmico do homem. Esta variável é medida em “clo”: do inglês clothing. Quanto maior a resistência térmica da roupa, tanto menor serão suas trocas de calor com o meio (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997). A Figura 2 apresenta a resistência térmica de algumas vestimentas.

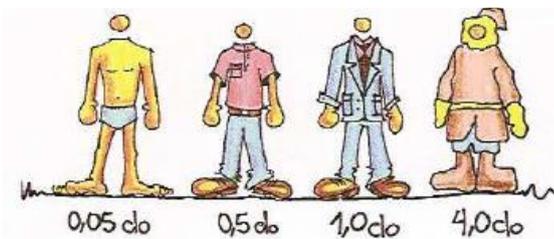


Figura 2. Resistência térmica de algumas vestimentas. Fonte: LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997.

A avaliação da qualidade de conforto térmico em um ambiente interno pode ser realizada através do emprego do índice de Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas - PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied), recomendado pela Norma Internacional ISO 7730, a qual é fundamentada no modelo matemático realizado por Fanger (1970) na Dinamarca com indivíduos em câmaras climatizadas e controladas (KUCHEN et al., 2011).

Este modelo baseia-se em um ensaio com pessoas contidas em um mesmo ambiente climático predefinido, modificando a temperatura operativa enquanto que os parâmetros físicos do ambiente (velocidade e umidade do ar) e das pessoas (isolamento da roupa e atividade metabólica) permanecem constantes.

O método de Fanger é considerado o mais completo dos índices de conforto, analisa a sensação térmica através do voto de conforto ou voto de sensação térmica CV (Comfort Vote), em função de uma escala de 7 pontos (Figura 3). Também conhecida como escala de ASHRAE, a escala de 7 pontos é utilizada pela ISO 7730 (LAMBERTS et al., 2005).

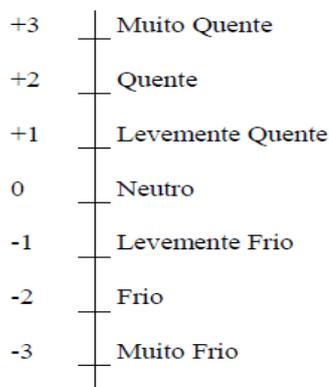


Figura 3. Escala térmica de Fanger. Fonte: LAMBERTS; XAVIER, 2002.

Essa escala é relacionada com o voto médio previsto PMV (Predicted Mean Vote) que consiste em um valor numérico onde se traduz a sensibilidade humana ao frio e ao calor e o qual permite elaborar o índice de porcentagem de pessoas insatisfeitas. Ao relacionar o PMV e o PPD Fanger chegou a seguinte curva mostrada na Figura 4:

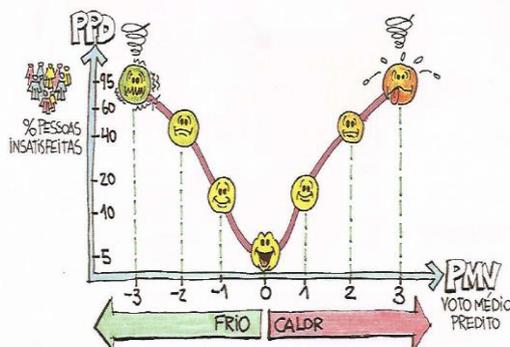


Figura 4. Gráfico PMV X PPD. Fonte: LAMBERTS et al., 2005.

O PMV para conforto térmico é zero, para o frio é negativo e para o calor é positivo. A norma ISO 7730 (1984) considera um ambiente termicamente aceitável quando  $PPD < 10\%$ , o que corresponde a uma faixa do PMV de  $-0,5$  a  $+0,5$  (LAMBERTS et al., 2005).

Porém outros pesquisadores como Araújo; Araújo (1999), Mayer (1998), Yoon et al. (1999) e Xavier et al. (2000) contestaram a teoria de Fanger, visto que esses estudos realizados na câmara climática apresentam desvios entre o CV e o índice PMV (PARSONS, 2002 apud KUCHEN et al., 2011).

Esses trabalhos deliberam desvios dos valores de índice obtidos por Fanger. Junto com outros trabalhos é plausível unir o conceito sobre a escala de 7 pontos, que além de conceber uma escala de valor para expressar a sensação térmica, ainda constitui uma escala de temperatura que incluirá um significado desigual para cada usuário respondente.

## 2.2. Caracterização da região

O Município de Sinop (Figura 5) situa-se a 472 km da capital Cuiabá, localizado na região norte do Mato-Grosso com extensão territorial de 3.142,06 km<sup>2</sup>. A precipitação média anual é de 2.500 mm, com maior intensidade nos meses de janeiro, fevereiro e março. Sua temperatura média anual é de 24°C (PORTAL MATO GROSSO, 2013).

Situada na grande bacia do amazonas, Sinop possui latitude 11°58'S, longitude 55°33'W e encontra-se a 371m de altitude acima do nível do mar. (INMET, 2013).



Figura 5. Localização e mapa do município de Sinop. Fonte: PORTAL MATO GROSSO, 2013.

A norma NBR 15220-3 (ABNT, 2005) estabelece um zoneamento bioclimático brasileiro visando fundamentar as recomendações e estratégias construtivas destinadas às habitações de interesse social. Este zoneamento apresenta oito zonas distintas, sendo que o município de Sinop situa-se na zona bioclimática 5 (Figura 6). A zona 5 é determinada devido à proximidade com a cidade de Vera.

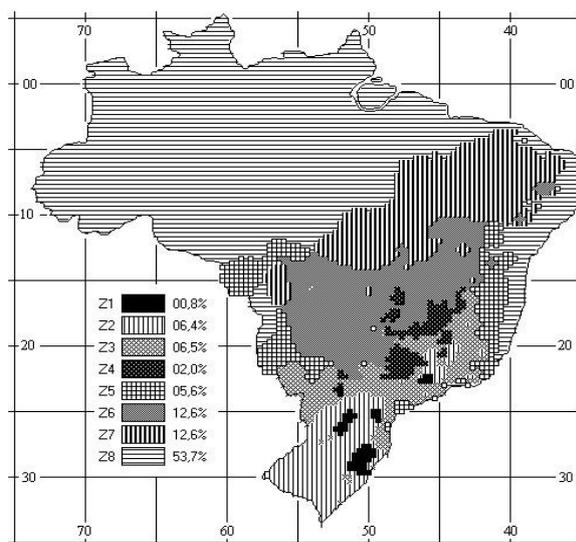


Figura 6. Mapa das zonas bioclimáticas brasileiras. Fonte: ABNT, 2005.

### 3. METODOLOGIA

Para as medições utilizou-se do método Spot-Monitoring que consiste num processo de medições pontuais e perguntas simultâneas aos usuários. Utilizado para estimativa de temperatura de conforto em habitações de interesse social, este método propõem uma pesquisa exata sobre as condições ambientais em lugares reais de moradia e a percepção sobre os parâmetros físicos que esses usuários compreendem com relação a esses espaços.

Neste trabalho de campo foram analisadas 52 habitações de interesse social de um conjunto habitacional no município de Sinop - MT (Figura 7), em três períodos do dia (manhã, meio-dia e tarde). Desempenhadas através do uso de três aparelhos e um questionário com perguntas sobre aspectos térmicos do ambiente que, por meio de um voto, se traduz em dados sobre uma escala de valor.



Figura 7. Residencial Vila Juliana. Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2013.

### 3.1. Objeto de estudo

O conjunto habitacional analisado pertence ao Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) e possui no total 192 casas de interesse social. Localizado na Estrada Sabrina, o Residencial Vila Juliana possui casas com 2 quartos, sala, cozinha, banheiro e área de serviço, onde 186 casas são do modelo “normal” com 39,62 m<sup>2</sup> e 6 casas são do modelo “especial” com 46,10 m<sup>2</sup> destinadas para portadores de necessidades especiais. (CONSTRUTORA PONTUAL, 2012).

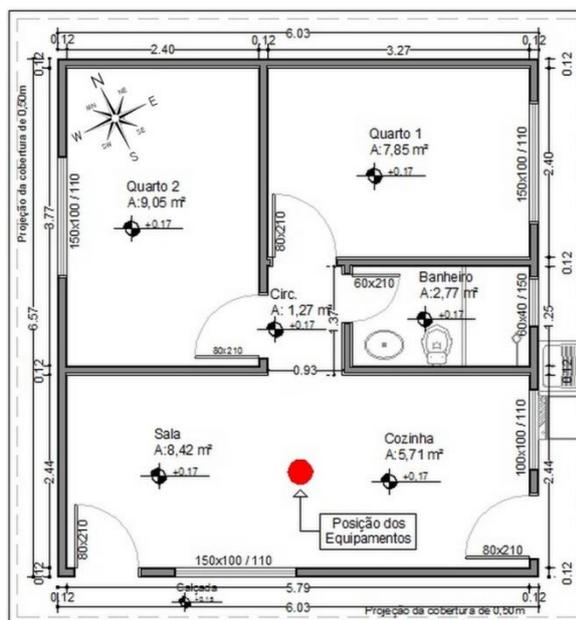


Figura 8. Planta baixa modelo “normal” do Residencial Vila Juliana. Fonte: CONSTRUTORA PONTUAL (adaptado), 2012.

O conjunto habitacional foi escolhido por tratar-se de um recentemente habitado, ou seja, os usuários ainda não realizaram modificações no projeto e pelo grande número de habitações disponíveis para o levantamento de dados.

As habitações possuem paredes internas e externas em alvenaria de tijolo cerâmico 8 furos construídas em estilo convencional sem laje com forro PVC. A parede e a cobertura possuem transmitância de 2,57 e 2,07 W/(m<sup>2</sup>.K) respectivamente, dados estes obtidos através do cálculo utilizando o programa Transmitância 1.0 desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), disponível para download no site do laboratório.

### 3.2. Medições

A medição ocorreu com a utilização de dois confortímetros (também chamados de termômetro de globo digital) da marca INSTRUTEMP modelo ITWTG 2000, devidamente calibrados. Esse medidor determina através de sensores a temperatura de bulbo seco (ta), temperatura de globo (tg), temperatura de bulbo úmido, fornecendo automaticamente a umidade relativa do ar (UR) e o índice IBUTG. A Tabela 2 apresenta algumas especificações desses aparelhos.

Tabela 2. Algumas especificações do confortímetro.

<b>Display</b>	LCD, cristal líquido
<b>Sensor de globo</b>	0°C a 80°C
<b>Sensor de bulbo seco</b>	0°C a 50°C
<b>Umidade relativa do ar</b>	0 a 100% UR
<b>Resolução</b>	0,1°C / 0,1% UR
<b>Precisão</b>	1°C
<b>Esfera de globo</b>	2 polegadas
<b>Umidade de operação</b>	Max: 80% UR
<b>Temperatura de operação</b>	0°C a 50°C
<b>Temperatura precisa</b>	± 0,6°C
<b>Diâmetro de esfera</b>	75 mm
<b>Tempo de resposta</b>	15 segundos
<b>Tamanho</b>	254 x 48,7 x 29,4 mm

Fonte: INSTRUTEMP (adaptado), 2013.

Utilizou-se também um termo-anemômetro digital de fio quente ITAN-740 da marca INSTRUTEMP. Este aparelho é recomendado para medições de velocidade do ar em ambientes internos, visto que a velocidade do ar que ocorre no interior das casas costumam ser abaixo de 1 m/s. Além de proporcionar leituras rápidas e precisas o termo-anemômetro mede também a temperatura do ar.

A medição se desenvolveu em três etapas conforme Tabela 3 abaixo.

Tabela 3. Etapas das medições.

Medições	Período	Horário
1 <sup>a</sup>	Manhã	07h00 às 09h00
2 <sup>a</sup>	Meio-dia	12h00 e 14h00
3 <sup>a</sup>	Tarde	14h30 às 15h30

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2013.

Dessa maneira foi possível obter os parâmetros de conforto térmico de cada habitação avaliada ao longo de uma jornada de medição.

A medição ocorreu durante 3 min. anotando-se os valores em intervalos de 1 min., conforme método prescrito na norma ISO 7726 utilizada por KUCHEN et al. (2011) em sua tese de doutorado.

Os dados medidos pelo confortímetro foram visualizados e anotados em tabelas realizando posteriormente a média desses valores. O termo-anemômetro foi programado para calcular a média dos valores de velocidade do ar no tempo estabelecido de medição (3 min.).

Os aparelhos foram posicionados a 1,1 m de altura do piso, valor correspondente à altura de um usuário sentado em atividade. A medição foi iniciada logo após a etapa de aclimação dos confortímetros que durava no máximo 5 min. Paralelamente a medição, o usuário respondia a um questionário que levava aproximadamente 10 min.

A equipe para a realização das medições foi dividida em duplas, cada dupla com um confortímetro. O confortímetro era utilizado simultaneamente em duas residências. O termo-anemômetro foi revezado entre as duplas, conforme a medição era finalizada.

Foram previstos 5 min. adicionais para o deslocamento e instalação dos aparelhos na próxima casa a ser medida, de tal forma que foi possível medir oito habitações de interesse social em uma hora.

### 3.3. Questionários

O questionário estabelece uma medição do tipo subjetiva, ou seja, respondido individualmente, que contém o diagnóstico de informação do usuário padrão sobre aspectos climáticos e não climáticos.

Realizou-se a aplicação dos questionários simultaneamente ao levantamento dos parâmetros de conforto térmico com os aparelhos (confortímetro e termo-anemômetro) e teve por objetivo estabelecer comparações diretas e encontrar outras possíveis correlações.

O questionário utilizado continha duas páginas com perguntas relativas a aspectos psicológicos (percepção, sensação e preferência térmica), fisiológicos (ingestão de alimentos e atividade metabólica) e físicos (isolamento da roupa) do usuário e do ambiente térmico no qual se encontrava.

O voto de conforto (CV) do questionário é dado sobre a escala de ASHRAE (Figura 3), onde o usuário apresenta sua sensação térmica ao escolher pelos valores que são -3 (muito frio), -2 (frio), -1 (pouco frio), 0 (normal = conforto), +1 (pouco calor), +2 (calor) e +3 (muito calor), podendo ainda eleger valores intermediários. Permitindo deste modo, encontrar uma zona termicamente plausível.

Existe ainda o voto de preferência térmica (PV), onde em termos percentuais descobre um índice de insatisfação térmica. O entrevistado demonstra sua preferência térmica sobre uma escala de 3 pontos, conforme as escalas definidas na norma DIN ISO 10551 (2002), expressando a qualidade térmica que se encontra no momento da medição (KUCHEN et al., 2011).

A preferência térmica complementa o voto de conforto, e é obtida através da resposta à indagação “Gostaria que a temperatura do ambiente estivesse”, onde as respostas podem ser com os seguintes valores (sem a opção de valores intermediários): -1 (mais frio), 0 (nem mais frio, nem mais quente, estou confortável) e +1 (mais quente).

## 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1. Temperatura radiante média ( $t_{rm}$ )

Conforme Lamberts et al. (2005), a temperatura radiante média ( $t_{rm}$ ) representa a temperatura uniforme de um ambiente imaginário no qual a transferência de calor por radiação do corpo humano é igual ao ambiente real não uniforme.

O cálculo da trm foi feito através dos dados coletados de temperatura de globo (tg) e da temperatura do ar (ta). Existem 2 equações que representam a sua forma de determinação, a convecção natural (Equação 1) e forçada (Equação 2) apresentadas respectivamente abaixo:

$$t_{rm} = \sqrt[4]{(t_g + 273)^4 + 0,4 \times 10^8 x^4 \sqrt{|t_g - t_a|} x (t_a - t_g) - 273} \quad \text{(Equação 1)}$$

$$t_{rm} = \sqrt[4]{(t_g + 273)^4 + 2,5 \times 10^8 x V_a^{0,6} x (t_g - t_a) - 273} \quad \text{(Equação 2)}$$

Para definir qual equação da trm será utilizada, deve-se determinar o coeficiente de troca de calor por convecção do globo (hcg) (Equação 3 e 4). Sendo utilizada a equação de temperatura radiante média (convecção natural ou forçada) conforme o tipo de convecção que resultar com maior coeficiente de troca de calor.

Convecção Natural

$$h_{cg} = 1,4 \sqrt{\frac{(t_g - t_a)}{D}} \quad \text{(Equação 3)}$$

Convecção Forçada

$$h_{cg} = 6,3 \frac{V^{0,6}}{D^{0,4}} \quad \text{(Equação 4)}$$

Sendo que D é o diâmetro de globo em cm.

Através de aplicações das equações citadas acima se constatou que 92% das temperaturas radiante média foram realizadas pelo método de convecção forçada.

#### 4.2. Temperatura operativa (top)

Para avaliação do conforto térmico, é importante o conhecimento da temperatura operativa. A temperatura operativa foi determinada conforme o método proposto pela ASHRAE 2005 comentada por Lamberts (2013). Por comprometer fortemente a percepção do usuário a respeito do ambiente térmico em que se encontra, esse parâmetro é empregado na avaliação do conforto térmico de espaços interiores.

Este cálculo combina a temperatura do ar e a temperatura radiante média sob certas condições de velocidade do ar conforme a Equação 5:

$$t_{op} = A t_a + (1 - A) \cdot t_{rm} \quad \text{(Equação 5)}$$

O valor de A é determinado em função da velocidade do ar (va) como mostra a Tabela 4.

Tabela 4. Determinação de A em função da velocidade do ar.

A	Velocidade do ar ( $v_a$ )
0,5	<0,2 m/s
0,6	0,2 até 0,6 m/s
0,7	0,6 até 1,0 m/s

Fonte: LAMBERTS; XAVIER; VECCHI (adaptado), 2013.

A Figura 9 apresenta a distribuição da temperatura operativa no período da manhã (quantidade de medições,  $n = 23$ ), no período do meio-dia ( $n = 50$ ) e no período da tarde ( $n = 27$ ). Além disso, representa-se o valor médio e o desvio padrão de cada período. De acordo com Kuchen et al. (2011), o desvio padrão ( $\sigma$ ) é um indicador da dispersão dos dados coletados e representa o intervalo que se encontra perto da zona mais representativa da amostra.

As condições ambientais interiores variam em função dos períodos de medição durante o dia. A temperatura operativa no período da manhã atinge um valor médio de  $28,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $\sigma = 1,03$ ). O valor máximo desse período chega a  $29,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  e o mínimo de  $25,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Figura 10). No período do meio-dia, a top chega a um valor médio de  $33,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $\sigma = 0,91$ ) com máxima de  $34,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  e mínima de  $30,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . No período da tarde intensifica-se a elevação da temperatura com um valor médio de top de  $33,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $\sigma = 0,70$ ) com máxima de  $35,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  e mínima de  $32,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

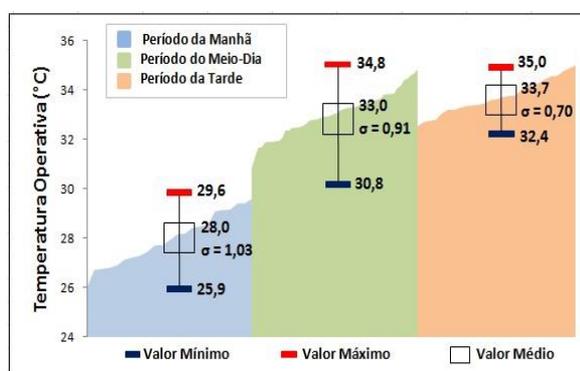


Figura 9. Temperatura operativa nos três períodos de medição. Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2013.

### 4.3. Voto de sensação térmica (CV)

Neste trabalho de campo são consultados 100 usuários (votos) sobre a sensação térmica em 51 habitações de interesse social.

Observando a variação das temperaturas operativas de medição e o voto de conforto dos questionários forma-se o ponto de partida para a avaliação do conforto térmico em espaços reais de habitação. A opinião pessoal dos usuários permite localizar intervalos em que a top pode ser compreendida como confortável (sensação térmica neutra), elevada (sensação de calor) ou baixa (sensação de frio).

Apresenta-se na Figura 10 o voto médio de sensação térmica dos períodos analisados em relação aos valores médios de temperatura operativa. Observa-se que as habitações de interesse social oferecem condições de conforto térmico (valores entre -1 e +1) apenas no período da manhã. No período do meio-dia e da tarde a média do voto de sensação térmica é definido dentro da zona de calor (maior que +1), no meio-dia o voto médio de conforto apresenta um valor de 1,80 ( $\sigma = 0,80$ ) sobre a escala de ASHRAE e o da tarde CV = 1,91 ( $\sigma = 0,73$ ). No período da manhã, o voto médio de conforto baixa a 0,28 ( $\sigma = 0,73$ ).

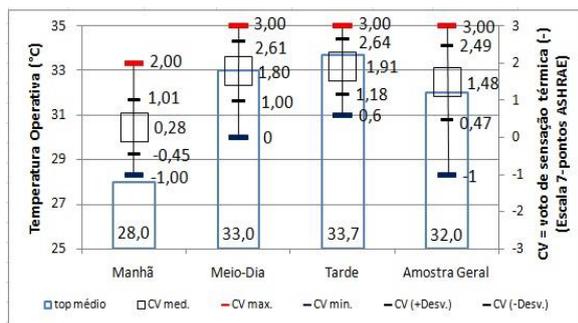


Figura 10. Relação entre o voto de sensação térmica e o valor médio da temperatura operativa de medição, em função dos períodos medidos. Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2013.

Analisando a amostra geral dos dados (manhã, meio-dia e tarde), nota-se que a média de top nas habitações chega a 32,0 °C ( $\sigma = 2,42$ ) e o voto médio de sensação térmica é definido dentro da zona de calor, com um valor de 1,48 ( $\sigma = 1,01$ ).

Portanto para esses moradores, suas casas são confortáveis somente no período da manhã. A hipótese de McIntyre (1978) citada por Kuchen et al. (2011) indica que em estudos de campo o desvio médio deve oscilar entre  $\pm 1$ , consequentemente essa hipótese se fortalece ao observar o desvio padrão obtido nas habitações de interesse social analisadas ( $0,73 > \sigma < 0,80$ ).

#### 4.4. Voto de preferência térmica (PV)

Neste trabalho de campo são consultados 100 usuários (votos) sobre sua preferência térmica em 51 habitações de interesse social. O conhecimento do voto de preferência é complementar à que se consegue do voto de conforto, já que aceita estabelecer os intervalos da aceitação térmica de forma nitidamente definida (DE DEAR; BRAGER, 2001 apud KUCHEN et al.,2011).

A Tabela 5 mostra os valores médios de temperatura operativa desejada por um certo número de moradores que tiveram seu voto de preferência térmica PV = 0 e a quantidade de moradores que votaram no total em cada período de medição.

No período do meio-dia a temperatura desejada é 5 K mais elevada que no período da manhã. No período da tarde todos os moradores tiveram seu voto de preferência PV = +1, ficando implícito que nenhum morador se sentia confortável a uma temperatura média de 33,7 °C.

Apesar das elevadas temperaturas operativas no período do meio-dia, 16,0% dos entrevistados (n = 50) se sentiram confortáveis.

Isso ocorreu porque maioria dos moradores que votaram PV = 0 tinha uma taxa de metabolismo baixa, entre 0,8 e 1,6 Met, o qual corresponde a atividades leves e relaxadas.

Tabela 5. Relação entre os valores médios e de desvio padrão da top de preferência dos moradores em cada período de medição.

<b>Período</b>	<b>Manhã</b>	<b>Meio-Dia</b>	<b>Tarde</b>
<b>Nº de medições</b>	23	50	27
<b>Moradores que votaram PV = 0</b>	52,2%	16,0%	0%
<b>Preferência (°C) e Desvio padrão (<math>\sigma</math>)</b>	27,7 °C; $\sigma = 0,89$	32,7 °C; $\sigma = 0,95$	-

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2013.

#### **4.5. Metabolismo e vestimenta**

Conforme o questionário aplicado aos moradores neste trabalho de campo, foram considerados aspectos fisiológicos (nível de metabolismo) e físicos (nível de vestimenta).

As atividades metabólicas desses moradores apresentaram um valor médio de  $1,49 \pm 0,41$  Met em mulheres (n = 74) e de  $1,35 \pm 0,41$  Met em homens (n = 26). Esses valores correspondem a atividades sedentárias (1,2 Met), conforme prescrito na norma ISO 7730 (LAMBERTS; XAVIER, 2002).

O nível de isolamento da roupa do usuário apresentou pequena variação entre sexos, sendo de  $0,23 \pm 0,02$  clo em mulheres e de  $0,30 \pm 0,03$  clo em homens. Esses valores correspondem a vestimentas leves, visto que se trata de uma região de clima quente e os moradores se apresentarem a vontade em suas residências.

### **5. DETERMINAÇÃO DA NEUTRALIDADE TÉRMICA**

Para a avaliação do conforto térmico, foram comparados os resultados da temperatura operativa com o voto de sensação térmica através de uma análise de regressão de mínimos quadrados.

Em sua tese de doutorado Kuchen (2011) se fundamentou em outros autores (FANGER, 1970), (AULICIEMS, 1981), (SCHILLER et al., 1988), (DE DEAR; BRAGER, 2001),

(NICOL; RAJA, 1997) que garantem que essa análise é um método adequado para o desenvolvimento de um modelo de conforto. Este método aceita determinar uma função prática e apresentar a conduta e a inter-relação de variáveis.

A inclinação da reta de regressão dada pela constante “b” (Figura 11), encontrada para a amostra de dados geral dos três períodos de medição é igual a +0,28, e sua intersecção com os valores  $\pm 1$  sobre a escala de ASHRAE no eixo “y” permite deparar com o intervalo de temperatura operativa limitado entre o significado “pouco de frio (-1)” e “pouco de calor (+1)” (CV =  $\pm 1$ ).

Esse intervalo inicia-se em 23,2 °C e termina em 30,4°C (amplitude de 7,2 K), e estabelece uma ênfase sobre a aceitação térmica e a condição de adaptação dos moradores.

A Tabela 6 apresenta o valor da constante “a”, a qual representa o valor da variável independente “y”, quando “x” for igual à zero.

Tabela 6. Análise de regressão linear entre a temperatura operativa de medição e o voto de sensação térmica para a medição conjunta dos 3 períodos realizados.

<b>Quantidade de Medições</b>	100
<b>Temperatura operativa (°C)</b>	32,0 °C; $\sigma = 2,4$
<b>Voto de sensação térmica (-)</b>	+1,48; $\sigma = 1,0$
<b>Inclinação da reta “b”</b>	+0,28
<b>Ordenada na origem “a”</b>	-7,45
<b>Coefficiente de correlação (r)</b>	+0,67

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2013.

Observando a Figura 11, nota-se que possui uma grande amplitude no intervalo de aceitação de top, onde a diferença entre a top máxima e mínima é de 7,2 K. Isso ocorre devido à maior tolerância do usuário as variações climáticas. Essa adaptabilidade dos ocupantes é comum em ambientes naturalmente ventilados.

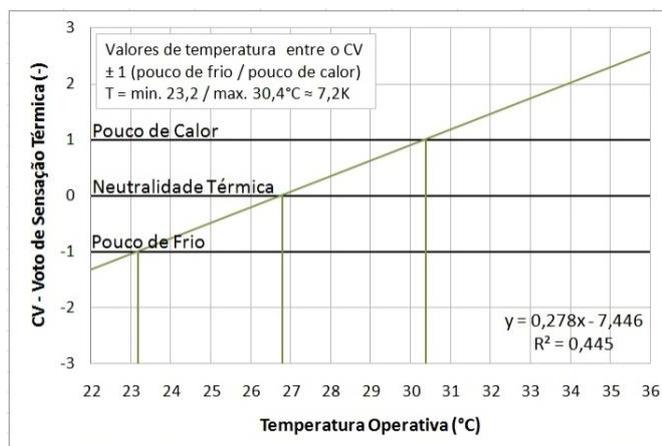


Figura 11. Retas de regressão da relação entre o voto de sensação térmica e o valor médio da temperatura operativa de medição para todos os períodos medidos (n = 100). Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2013.

Estudos realizados em espaços reais de trabalho em climas quentes mostram inclinações “b” que variam entre +0,31 e +0,38 (SCHILLER et al., 1988 apud KUCHEN et al., 2011). A proximidade desses valores com a inclinação “b” obtida neste trabalho é uma prova circunstancial de que esses moradores desejam temperaturas mais baixas no interior das habitações.

Nos experimentos de Fanger realizados em câmara climática, os coeficientes de Pearson, correlação “r”, oscilam entre +0,70 r < +0,85, e nos estudos de campo, +0,30 r < +0,55 (FANGER, 1970).

O coeficiente de Pearson, obtido da temperatura operativa e voto de sensação térmica nesse estudo foi de +0,67.

Kuchen e Fisch (2009) afirmam que usuários condicionados a espaços com qualidades térmicas constantes ao longo de um período, sentem uma adaptação contínua, independentemente do clima exterior, aceitando condições térmicas impostas mesmo que o índice PMV apresente que essas condições não são agradáveis.

Isso mostra que os moradores dessas habitações de interesse social aceitam maiores amplitudes na temperatura operativa e preferem condições térmicas variáveis. Destacando que, quanto mais amplo se mantém o intervalo de temperatura operativa menores serão as expectativas dos usuários sobre o conforto térmico.

O conceito de neutralidade térmica está relacionado inteiramente com o de preferência térmica, onde a insatisfação térmica pode ser mínima. O valor de temperatura operativa que se interpreta na intersecção da reta de regressão com o eixo “y” = 0, onde o voto de sensação térmica é zero (Figura 11), é de 26,8 °C, definindo assim a temperatura de neutralidade.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o método de conforto desenvolvido neste artigo, enfatiza-se a importância de conhecer o voto de conforto e a necessidade de se aplicar questionários simultaneamente a medição, pois dessa forma pode-se calcular a temperatura de neutralidade e determinar a zona de conforto térmico.

Prova-se que o nível de atividade metabólica (Met) e o isolamento da roupa (clo) são variáveis térmicas que complementam o modelo de conforto térmico.

Na análise de regressão entre a temperatura operativa e o voto médio de sensação térmica, a inclinação “b” da reta é uma referência sobre a adaptação dos moradores às habitações e/ou ao clima local.

Os moradores desse estudo habitam casas naturalmente ventiladas e possuem contato frequente com o exterior, portanto são mais tolerantes a intervalos mais amplos de temperatura.

Este estudo definiu uma temperatura de neutralidade de verão de 26,8 °C. Esta temperatura está limitada aos moradores de habitações de interesse social e sob condições climáticas da cidade de Sinop – MT.

A temperatura de neutralidade em Sinop é 5,2 K mais baixa que a temperatura operativa média (32,0 °C) encontrada nas habitações de interesse social recentemente construídas, ou seja, os projetos das habitações do Programa Minha Casa Minha Vida não proporcionam conforto térmico adequado aos usuários.

## REFERÊNCIAS

ALVES, A. **Sinop é a 5° cidade do Brasil no ranking de construção de casas populares**. Sinop: Olhar Direto, 2012. Disponível em: <[http://www.olhardireto.com.br/noticias/exibir.asp?noticia=Sinop\\_e\\_a\\_5%B0\\_cidade\\_do\\_Brasil\\_no\\_ranking\\_de\\_construcao\\_de\\_casas\\_populares&id=255922](http://www.olhardireto.com.br/noticias/exibir.asp?noticia=Sinop_e_a_5%B0_cidade_do_Brasil_no_ranking_de_construcao_de_casas_populares&id=255922)>. Acesso em 23 ago. 2013.

ASHRAE. **Energy Estimating Methods**. In: ASHRAE Handbook - Fundamentals, New York, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS - ABNT. NBR 15.220-3: **Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005.

CONSTRUTORA E INCORPORADORA PONTUAL. **Memorial descritivo e especificativo**. Cuiabá, 2012.

COSTA, S. P. **Eficiência energética em edificações e o uso de fontes alternativas de energia em projetos residenciais urbanos – estudo de casos**. UFLA, Lavras – MG, 2007.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort**. Copenhagen: Danish Technical Press, 1970. Technical University of Denmark, Laboratory of Heating and Air Conditioning.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Dados Meteorológicos** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <sadmet.df@inmet.gov.br> em 04 set. 2013.

INSTRUTEMP. **Termômetro de Globo Portátil ITWTG-2000**. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.instrutemp.com.br/instrutemp/produto/termometro+de+globo+portatil+itwtg2000>>. Acesso em: 25 set. 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 7730: **ergonomicsofthethermalenvironment, analyticaldeterminationandinterpretationofthermalcomfortusingcalculationofthe PMV and PPD indicesand local thermalcomfortcriteria**. 2005.

KUCHEN, E.; FISCH, M. N. **Spot Monitoring: Thermalcomfortevaluation in 25 office buildings in winter**. BuildingandEnvironmentJournal, v. 44, 2009.

KUCHEN, E.; FISCH, M. N.; GONZALO, G. E.; NOZICA, G. N. **Predição do índice de conforto térmico em edifícios de escritório na Alemanha**. Porto Alegre, RS, Ambiente Construído, v.11, n. 3, 2011.

LABORATÓRIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES - LABEEE. **Software transmitância 1.0**. Santa Catarina, UFSC, 2013. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/downloads/software>>. Acesso em 25 out. 2013.

LAMBERTS, R. ; XAVIER A. A. **Conforto térmico e stress térmico**. UFSC. Florianópolis – SC, 2002.

LAMBERTS, R. GHISI, E.; ABREU, A. L. P.; CARLO, J. C. **Desempenho térmico de edificações**. UFSC, Apostila Disciplina: ECV 5161, Florianópolis, SC, 2005.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW editores, v. 1, 1997.

LAMBERTS, R.; XAVIER A. A.; VECCHI, S. G. R. **Conforto e stress térmico**. UFSC, Apostila Disciplina: ECV 4200, Florianópolis – SC, 2013.

PORTAL MATO GROSSO. **Geografia do Município de Sinop**. 2013. Disponível em: <<http://www.mteseusmunicipios.com.br/NG/conteudo.php?sid=233&cid=1035>>. Acesso em: 20 set. 2013.