

## **AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL EM CUIABÁ - MATO GROSSO**

*Angela Santana de Oliveira*<sup>1</sup>

*Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira*<sup>2</sup>

*Carlo Ralph de Musis*<sup>3</sup>

*Flávia Maria de Moura Santos*<sup>4</sup>

*José de Souza Nogueira*<sup>5</sup>

### **RESUMO**

*Os estudos relacionados ao ambiente construído e ao seu desempenho térmico, entre eles os das habitações de interesse social têm se intensificado na região Centro-Oeste, principalmente em Cuiabá-MT, em virtude das altas temperaturas registradas em todas as estações do ano. A concepção correta do sistema construtivo melhora substancialmente o conforto ambiental e a eficiência energética da edificação. O presente trabalho realizou um estudo comparativo de desempenho térmico em função de diferenças arquitetônicas existentes e dos*

- 1 Engenheira Civil, Professora do Centro Federal de Educação Tecnológica de Mato Grosso (CEFETMT), Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Física Ambiental (PGFA) da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), CEP 78.060-900, Cuiabá-MT, e-mail: angela\_cefetmt@yahoo.com.br; membro do Grupo de Pesquisa em Tecnologia e Arquitetura Ambiental (GPTAA).
- 2 Engenheira Civil, Doutora em Engenharia Civil, Professora da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e do Programa de Pós-graduação em Física e Meio Ambiente (PGFA/UFMT), CEP 78.060-900, Cuiabá-MT, e-mail: mcjan@terra.com.br; Coordenadora do Grupo de Pesquisa em Tecnologia e Arquitetura Ambiental (GPTAA).
- 3 Engenheiro Civil, Doutor em Educação, Professor da Universidade de Cuiabá da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, CEP: 78.015-480, E-mail: carlo@unic.br.
- 4 Arquiteta e Urbanista, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Física e Meio Ambiente (PGFMA) da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), CEP 78.060-900, Cuiabá-MT, e-mail: flacba@terra.com.br; membro do Grupo de Pesquisa em Tecnologia e Arquitetura Ambiental (GPTAA).
- 5 Físico, Doutor em Ciências, Professor da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) do Departamento de Física e do Programa de Pós-graduação em Física e Meio Ambiente (PGFA/UFMT), CEP 78.060-900, Cuiabá-MT, e-mail: nogueira@cpd.ufmt.br; Coordenador do Grupo de Pesquisa em Física e Meio Ambiente (PGFA).

*sistemas construtivos entre duas habitações unifamiliares de interesse social, durante a estação do verão. As edificações analisadas pertenciam ao Conjunto Habitacional CPA IV, na zona urbana da cidade de Cuiabá-MT, com orientação e metodologias construtivas semelhantes, sendo diferenciadas na distribuição arquitetônica e nos tipos de materiais. As medições foram realizadas no período diurno, por quinze dias consecutivos, utilizando-se termômetros de globo de acordo com a ISO 7726/96. As casas foram avaliadas por desempenho por meio dos dados internos de temperatura radiante, de umidade relativa e de análise dos níveis de conforto de acordo com a Carta Bioclimática de GIVONI (1992), adaptada para países em desenvolvimento. Por meio da análise dos desempenhos térmicos nas residências conclui-se a necessidade de adequação da arquitetura local às reais condições climáticas da cidade, de maneira a atenuar o desconforto térmico por calor verificado na maioria das horas do dia obrigando os moradores a utilizarem estratégias para amenizar a sensação, como uso de ventiladores gerando assim maior consumo de energia.*

#### **PALAVRAS-CHAVE**

*desempenho térmico, habitações populares, conforto ambiental.*

#### **ABSTRACT**

*The studies related to the built environment and its thermal performance, among them the dwellings of social concern has intensified in the Central West, mainly in Cuiabá-MT because of the high temperatures recorded in all seasons. The correct conception of the constructive system can substantially improve the environmental comfort and energy efficiency of the building. This work is proposed to undertake a comparative study of thermal performance in terms of architectural differences between existing systems and building two single dwellings of social concern, during the summer season. The buildings examined are located in urban area of the city of Cuiabá-MT, and belong to the Housing CPA IV, giving guidance and constructive similar methodologies, and differentiated in the distribution and architectural materials. The measurements were made during the daytime for fifteen consecutive days, using thermometers in the world according to ISO 7726/96. The houses were evaluated by performance*

*data through internal radiant temperature and relative humidity and analysis of levels of comfort in accordance with the Charter of Bioclimatic GIVONI (1992), adapted for developing countries. The analysis of thermal performance in homes showed the need for adequacy of the local architecture to the real weather conditions in the city so as to alleviate the discomfort by thermal heat found in most hours of the day forcing the residents to use strategies to alleviate the feeling, as use of ventilators thereby generating more energy consumption.*

### **KEYWORDS**

---

*thermal acting, social interest habitations, environmental comfort.*

## **Introdução**

---

Pesquisas relacionadas ao ambiente construído como as habitações populares têm se intensificado. O comportamento ambiental de habitações populares tem sido bastante explorado, por diversos pesquisadores em todo o mundo, visando possibilidades de melhoria dos padrões de vida da sociedade, a reestruturação ou mesmo a implantação de métodos e normalizações com vistas à economia de energia elétrica.

Conforme Lomardo *et al.* (1998), a energia elétrica usada em edifícios é aproximadamente 45% do consumo de energia elétrica do Brasil. O setor residencial é responsável, aproximadamente, pela metade desse consumo.

Dessa forma, a concepção correta do sistema construtivo melhora substancialmente o conforto térmico da edificação e, conseqüentemente, sua eficiência energética. Nas habitações populares essa concepção não deve ser diferente, soluções de ventilação, exposição solar, materiais e técnicas construtivas adequadas ao seu entorno, etc., proporcionam um melhor conforto ambiental às edificações, aliando a esse a utilização racional de energia.

O Brasil, por ser um país de clima tropical, é caracterizado em grande parte das regiões, por elevados níveis de temperatura durante quase todo o ano. Destaca-se entre essas a região Centro-

Oeste, que apresenta altas temperaturas em todas as estações. O município de Cuiabá, localizado no estado de Mato Grosso, está inserido neste quadro, visto que se encontra entre as cidades brasileiras que atingem as mais elevadas temperaturas registradas no país.

Segundo Duarte (1995), Cuiabá está entre as cidades mais quentes do país, com frequência quase que diária de temperaturas altas e, nos meses mais quentes, com médias de aproximadamente 40°C. Tendo em vista as condições climáticas em que se encontra a cidade de Cuiabá, o desempenho térmico é um dos pontos que mais aflige a população dentre os aspectos de conforto ambiental nos ambientes construídos.

Desta forma, é fundamental a implementação de projetos adequados às características regionais.

No Brasil, os programas para Habitação de Interesse Social vêm sendo implementados em todo o território nacional segundo um modelo preestabelecido, sem haver uma preocupação com especificidades regionais. Assim, uma mesma tipologia de projeto e sistema construtivo é adotada em cidades com características muito distintas, sendo desconsiderada a grande diversidade sócio-econômica, cultural, climática e tecnológica entre as diferentes regiões do Brasil. Desta forma, resultam em construções de baixa qualidade construtiva que não atendem às necessidades de seus usuários (DUMKE, 2002).

Estudos de casos de moradias populares realizados por pesquisadores em Cuiabá como Leão (2006), Sampaio (2006) e Libos (2007), demonstraram que estas se apresentaram termicamente desconfortáveis em grande parte do dia. Inúmeros programas habitacionais foram implementados, sem que estudos visando a melhoria das condições de conforto ambiental, fossem analisados.

[...] a qualidade técnica das unidades habitacionais foi prejudicada em prol do baixo custo de execução, a utilização de materiais de construção de baixa qualidade e com padrões construtivos mí-

nimos foram insuficientes para atingir o nível de conforto térmico desejado para a região da grande Cuiabá. Paredes e coberturas leves com pouca massa e inércia, prejudicaram a capacidade térmica aumentando o índice de transmitância e diminuindo o atraso térmico para o interior (LEÃO, 2006).

Assim, o presente trabalho realizou um estudo comparativo do desempenho térmico de duas habitações unifamiliares de interesse social, diferenciadas pela modificação arquitetônica sofrida por uma delas, e utilização de materiais construtivos diferentes nas adequações. Para análise do conforto térmico foi adotado como índice de referência, a Carta Bioclimática de Givoni (1992), adaptada para países em desenvolvimento. Por meio das avaliações pretende-se enriquecer as informações, hoje precárias em Cuiabá, acerca do comportamento ambiental das moradias populares, visando melhorar a qualidade de vida dos moradores, garantindo por consequência a preservação da natureza.

### **Índices para avaliação do conforto térmico**

O conforto térmico de um modo geral é obtido por trocas térmicas que dependem de vários processos físicos de transferência de calor, como condução, convecção, radiação e evaporação. Sendo dependente de variáveis, como: a resistência térmica das vestimentas (Clo), a velocidade do ar, a umidade do ar, as temperaturas das superfícies que cercam o indivíduo, e o nível de atividade que o mesmo está desempenhando.

Muitas pesquisas buscaram estabelecer padrões definidos de conforto e vários limites são estabelecidos, buscando delimitar zonas de conforto, de maneira a atender o maior número de pessoas possível.

Estudos como os de Olgyay (1963) e (1968), Givoni (1969) e (1992), Gonzalez (1986), Watson e Labs (1983) entre outros, relacionam dados climáticos, conforto térmico e estratégias de pro-

jeto, acompanhados de cartas bioclimáticas. Os limites definidos para a zona de cada estratégia, também apresentam variações entre as várias cartas. As pesquisas do projeto bioclimático buscam minimizar custos de energia, para obtenção das condições de conforto térmico aos ocupantes de um espaço, utilizando estratégias passivas de serem exploradas no projeto da edificação.

O primeiro pesquisador a propor procedimentos sistemáticos para proporcionar uma arquitetura com desempenho térmico adequado, criando a expressão Projeto Bioclimático foi Olgyay (1963), segundo (LAMBERTS *et al.*, 2006). Seu método está baseado em uma carta bioclimática apresentando a zona de conforto humano em relação à temperatura e à umidade do ar ambiente, temperatura radiante média, velocidade do vento, radiação solar e resfriamento evaporativo.

Posteriormente aos estudos de Olgyay, uma metodologia proposta por Givoni (1968), passou a utilizar como modelo biofísico, que descreve os mecanismos de troca de calor entre o corpo e o meio ambiente, o Índice de “Stress” Térmico (ITS). Este índice utiliza a temperatura de ar, a umidade (pressão de vapor), o movimento de ar, a radiação solar, a taxa metabólica e as vestimentas como variáveis incluídas no cálculo.

Por meio deste trabalho surge a carta bioclimática original de Givoni (1968), que utilizou também umidade absoluta como referência. Nela a zona de conforto foi adaptada para países de clima temperado.

Givoni (1992) apud Leão (2004) sugere que os limites 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 de 25 a 29°C, e em umidade alta de 25 a 26°C, podendo chegar a 32°C com ventilação de 2,0 m/s; no inverno, os limites são de 18 a 25°C; com relação à umidade, os limites são de 4,0 a 17g/kg e 80% de umidade relativa.

---

## **Material e Métodos**

---

### **O clima de Cuiabá**

Duarte (1995), entre outros, relata que o clima quente domina a região Centro-Oeste. Sua característica mais marcante é a frequência quase que diária de temperaturas altas, sobretudo em Mato Grosso e Goiás, onde nos meses mais quentes, setembro e outubro, podem ocorrer máximas superiores a 40°C. A maior parte da região não tem sequer um mês com temperatura média inferior a 20°C e as temperaturas médias anuais são, em geral, elevadas.

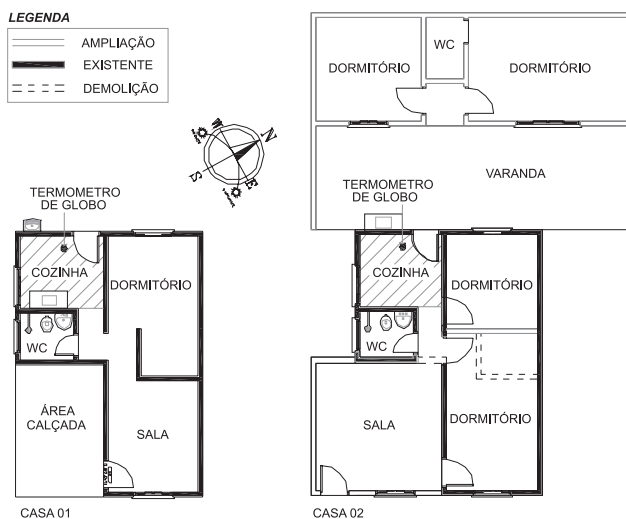
O clima da região de Cuiabá, de acordo com a classificação climática de Köppen (1948), é do tipo Aw, tropical úmido, típico das savanas tropicais. Caracteriza-se por apresentar dois períodos bem definidos: um seco, de abril a outubro, e outro úmido, de novembro a março, no qual concentra-se 80% das chuvas. Segundo o INMET (2003), Cuiabá 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.

### **Localização e descrição da área em estudo**

Foram escolhidas para a avaliação de conforto térmico duas edificações de padrão popular, localizadas no bairro Morada da Serra, pertencentes ao Conjunto Habitacional CPA IV, na região norte do município de Cuiabá/MT.

As edificações foram denominadas de Casa 1 e Casa 2, e estão localizadas na mesma rua, ambas com a mesma orientação solar, com suas fachadas principais voltadas para o leste. A Casa 1 (Figura 1) tem sua distribuição arquitetônica original, sendo em alvenaria de tijolos cerâmicos de meia vez, rebocada, pintada na cor branca, esquadrias de ferro, telhas cerâmicas e com forro. A Casa 2 (Figura 2), foi executada com os mesmos materiais e técnicas construtivas da Casa 1, porém, foi ampliada por seus

moradores, com o intuito de aumentar o espaço, sendo que, parte da reforma buscou também, diminuir a incidência solar direta na cozinha, o que pressupõe a adoção intuitiva de uma estratégia bioclimática, para melhoria do conforto da moradia. O recurso utilizado pela família foi a implantação de uma cobertura anexa ao fundo da casa, em continuidade ao telhado existente, com utilização de telhas em fibrocimento de espessura 4 mm.



**Figura 2** – Planta baixa das casas 1 e 2

## Medições

A coleta de dados foi feita no período diurno, no horário das 8 às 17h, em intervalos de tempo de uma hora, durante 15 dias ininterruptos, na estação do verão, entre 06/03 e 20/03/2006, período este entre os mais quentes e chuvosos da região.

Foram realizadas medições internas de temperatura radiante (TR), temperatura de bulbo seco (TBS) e temperatura de bulbo úmido (TBU), utilizando termômetros digitais de globo modelo TBS 100 Digital (INSTRUTHERM®-Brasil). A metodologia aplicada nas medições atende às exigências da Norma ISO



7726/96. Entre elas o posicionamento dos aparelhos a uma altura de 1,10 m em relação ao piso.

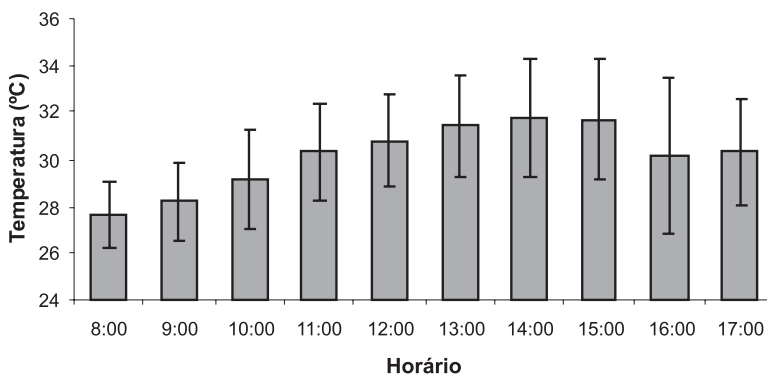
Para análise estatística dos dados foi utilizado o *software* estatístico SPSS 12.0 *for Windows* (*Statistical Package for the Social Sciences*), com aplicação do teste de Tukey.

## Resultados e Discussão

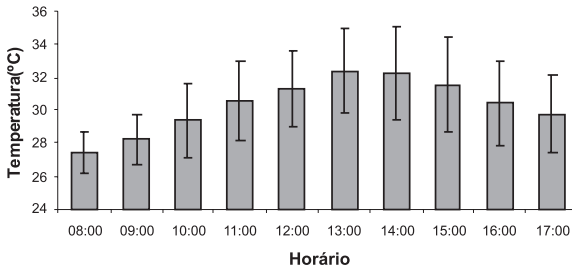
As maiores temperaturas registradas nas casas 1 e 2 ocorreram entre 13 e 15h, e as menores às 8h (Figuras 2 e 3). Na Casa 1 a temperatura média foi  $30,2 \pm 1,44^\circ\text{C}$ , com máxima de  $35,70^\circ\text{C}$  às 15h no dia 06/mar/06 e mínima de  $24,30^\circ\text{C}$  às 8h no dia 20/mar/06. Na casa 2 a temperatura média foi  $30,32 \pm 1,63^\circ\text{C}$ , com máxima de  $35,90^\circ\text{C}$  no dia 06/mar/06 às 15h e mínima de  $24,40^\circ\text{C}$  às 8h no dia 20/mar/06.

A umidade relativa nas duas edificações foi em média  $75 \pm 5,98\%$ , atingindo em alguns horários 100%.

Leão (2006) avaliando o desempenho de habitações populares com as mesmas tipologias construtivas das avaliadas nesse artigo, na estação do verão, encontrou temperaturas máximas internas em torno de  $35^\circ\text{C}$ , com o ponto mais elevado às 15h e umidade relativa variando em média 53 a 74%.

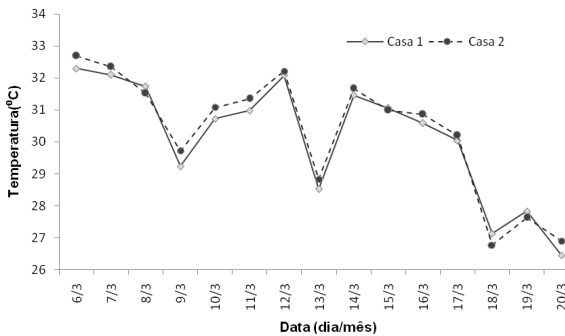


**Figura 2** – Média horária ( $\pm$  desvio padrão ) das temperaturas internas da Casa 1



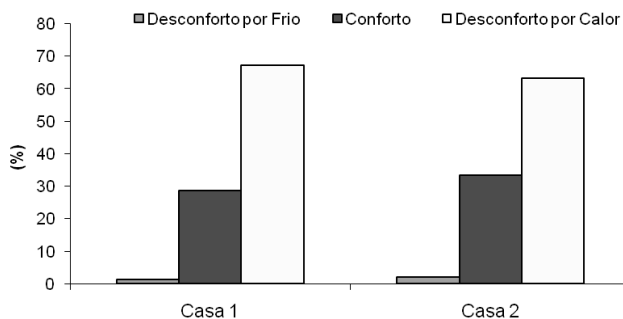
**Figura 3** – Médias horárias ( $\pm$  desvio padrão ) das temperaturas internas da Casa 2

Por meio de uma análise univariada realizada com o SPSS para verificação das temperaturas radiantes internas, observou-se diferenças não significativas entre as casas. O comportamento das temperaturas internas (Figura 4), mostra que a Casa 2 apresentou temperaturas internas levemente mais elevadas do que a casa 01 em quase todo o período avaliado. Este resultado demonstra que as adequações arquitetônicas feitas na Casa 2 não beneficiaram seu conforto térmico, trazendo inclusive, um aumento discreto nas temperaturas internas. Provavelmente, o ganho de conforto conseguido com a redução da incidência solar direta na parede dos fundos do ambiente estudado, tenha sido prejudicado pela possível diminuição da ventilação em função do fechamento do corredor na lateral esquerda da casa.



**Figura 4** – Temperaturas médias internas das casas 1 e 2 de 03/mar/06 a 20/03/06

Relacionando o desempenho térmico com a faixa de conforto proposta por Givoni (1992), para os países em desenvolvimento (Figura 5), constatou-se para a casa 1 que 1,33% das horas do dia avaliadas estão em desconforto por frio, 28,67% em conforto, enquanto que 67,33% estão em desconforto por calor. Na casa 2, 2% estão em desconforto por frio, 33,3% em conforto e 63,33% estão acima de 29°C, situação de desconforto por calor.



**Figura 5** – Percentual de temperaturas dentro da faixa de conforto de Givoni (25°C a 29°C), para as casas 1 e 2

### Considerações Finais

Conclui-se que os ambientes estudados apresentam condições de desconforto por calor em muitas horas do dia. Nos horários em que as temperaturas se apresentam mais elevadas, os moradores buscam diminuir o desconforto, utilizando ventiladores, gerando consequentemente maior consumo de energia.

Mesmo após ter passado por modificações arquitetônicas, a casa 2 não proporcionou melhor conforto aos seus usuários, o que pressupõe que a adoção de estratégias de projetos adequados e, não necessariamente, onerosos e complexos, devem ser postas na concepção do projeto, pois, são determinantes de todas os outros aspectos quando se quer priorizar a questão do conforto ambiental.

Considera-se importante que pesquisas nesta área sejam incentivadas, principalmente em regiões de clima quente como Cuiabá/MT, e que possam desenvolver técnicas para adequar os futuros projetos. O conforto ambiental e o menor consumo de energia elétrica de uma edificação, não representam apenas uma relação custo-benefício pontual, pois, proporcionam satisfação à coletividade, já que o objetivo maior é a preservação do meio ambiente.

---

### **Agradecimentos**

---

A FAPEMAT e ELETROBRÁS pelo auxílio e apoio financeiro a esta pesquisa.

### **Referências Bibliográficas**

---

DUARTE, D. H. S. *O Clima como parâmetro de projeto para a Região de Cuiabá, 1995*, 214 f. Dissertação (Mestrado), Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

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 habitações de interesse social, 2002*, 231f. Dissertação (Mestrado) - Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2002.

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

GIVONI, B. *L'homme, L'architecture et le Climat*. Paris: Le Moniteur, 1968.

\_\_\_\_\_. *Comfort Climate Analysis and Building Design Guidelines*. Energy and Buildings, v. 18, n. 1, 1992.

INMET no Distrito Federal. In: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. *Climatologia*. 2003. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/climatologia>.

ISO 7726, 1996. *Thermal Environments – Instruments and Methods for measu-*

*ring physical Quantities*. International Organization for Standardization.

KÖPPEN W. *Climatologia: com um estúdio de los climas de la tierra*. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948.

LAMBERTS, R. *et. al. Desempenho Térmico de Edificações*. Florianópolis: Apostila – Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

LEÃO, M., *Desempenho térmico em habitações populares para regiões de clima tropical – Estudo de caso em Cuiabá-MT*. 2006, 120f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Física. Instituto de Ciências e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2006.

LEÃO, M. *et. al. Conforto Térmico de habitações populares em Cuiabá-MT*. In: Seminário Matogrossense de Habitações de Interesse Social, I, 2005, Cuiabá. *Anais*. Cuiabá: CEFETMT, EDUFMT, 2005, p. 319-327.

LOMARDO, L. L.B.; LAMBERTS, R.; THOMÉ, M. O potencial de conservação de energia elétrica financeiramente viável em edifícios públicos e comerciais do Brasil: demonstrações de Retrofit. In: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético: Novo Setor Energético - modelos, regulamentação e competitividade, III, *Anais*. São Paulo, 1998.

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.

OLGYAY, V.; OLGAY, A. (1963): *Design with climate*. Princeton University Press, Princeton.

SANCHES, J.C.; DURANTE, L.C. Estudo comparativo de conforto térmico, lumínico e de eficiência energética para projeto residencial em Cuiabá-MT, In: Seminário Matogrossense de Habitações de Interesse Social, I, 2005, Cuiabá. *Anais*. Cuiabá: CEFETMT, EDUFMT, 2005, p. 319-327.