



## **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE APARTAMENTOS DE CONJUNTO HABITACIONAL EM TERESINA/PI**

**Silveira, Ana Lucia R. C. da** Arquiteta, Mestre em Arquitetura, professora da Universidade Federal do Piauí - Centro de Tecnologia - Campus Ininga Teresina/PI e Instituto Camillo Filho – Teresina/PI. E\_mail: [c\\_silveira@uol.com.br](mailto:c_silveira@uol.com.br)

### **RESUMO**

Este trabalho analisa o desempenho térmico de apartamentos no Conjunto Habitacional Santa Marta localizado em Teresina/Piauí. O desempenho de uma edificação pode ser avaliado em função da resposta do edifício quando submetido às condições normais de exposição e se esse comportamento satisfaz às exigências dos usuários ou não. O trabalho utiliza a metodologia de avaliação do desempenho térmico de edificações de interesse social proposta pelo projeto de norma do COBRACON/ABNT (1998) e realizou medições de temperatura e umidade relativa do ar de ambientes internos dos apartamentos. A pesquisa demonstra que os edifícios não estão de acordo com as diretrizes propostas pelo projeto de norma, o que pode ser confirmado pelas medições realizadas.

### **ABSTRACT**

This work analyses the termic performance of dwellings in Santa Marta Apartment Complex located in Teresina-Piauí. The building performance can be evaluated concern on how the building interacts when it is submitted to normal conditions of exposition and if it satisfacts the inhabitants. There were used the methodology of the normalization project COBRACON/ABNT (1998) and the measures done in the apartments to investigate the termic comfort inside these buildings. The research shows that the buildings do not follow the recommendations proposed by the project, what was confirmed by the measures.

### **1. INTRODUÇÃO**

O edifício é o intermediário entre o meio externo e o ambiente interno, controlando as variáveis do meio ambiente e criando condições adequadas para a realização das atividades humanas nos espaços construídos. O principal objetivo do edifício ao ser projetado é proporcionar bem-estar aos usuários, o que pode ser traduzido em termos de conforto psico-fisiológico. Este engloba as condições ambientais no que se refere ao som, calor, frio, luz, tato e as reações individuais aos estímulos ambientais. Cabe ao projetista conhecer estas variáveis e propor soluções que melhor atendam às necessidades dos usuários, em termos ambientais, formais, estéticos e simbólicos.

O edifício, de acordo com Graeff (1980, p.14) é o “local agenciado para a prática das atividades humanas” e, para tanto, deve atender às diversas exigências programáticas, funcionais, estéticas, culturais e ambientais necessárias para o desenvolvimento dessas atividades. Os edifícios, quando construídos, passam a fazer parte da paisagem urbana ou rural, a interferir no meio ambiente, ao mesmo tempo em que sofrem incessantemente os efeitos do sol, da chuva, do vento e do tempo.

O desempenho de uma edificação pode ser avaliado em função da resposta do edifício quando submetido às condições normais de exposição e se esse comportamento satisfaz às exigências dos usuários ou não.

Esse trabalho trata da avaliação do desempenho térmico de habitações destinadas à população de média renda, considerando as situações de desconforto presentes na grande maioria dessas habitações no Brasil. Este fato pode ser constatado na maioria dos trabalhos sobre o conforto ambiental em habitações populares apresentados em congressos e encontros como o NUTAU 1998, 2000, 2002 e ENCAC 1997, 1999, 2001.

O objetivo da pesquisa é verificar o desempenho térmico de apartamentos situados em conjunto habitacional no município, a partir das diretrizes de projeto propostas pelo projeto de norma COBRACON/ABNT (1998) e de medições de temperatura e umidade relativa do ar feitas no interior das edificações.

O clima de Teresina é classificado de acordo com Köppen como megatérmico sub-úmido (Aw), com inverno seco e chuvas de verão, correspondendo ao clima tropical continental, por se localizar afastado da faixa litorânea. A temperatura média anual é elevada, em torno de 27° C e a amplitude anual da temperatura média é pequena, cerca de 3°C. O clima se caracteriza por ter duas estações bem distintas: durante o primeiro semestre o clima é quente e úmido, com a média das temperaturas máximas entre 30 a 32°C e umidade relativa média entre 75 a 85%. As chuvas são concentradas neste período, nos meses de dezembro a maio. No segundo semestre, praticamente não há precipitações, o clima é quente e seco, com temperaturas médias máximas entre 33 a 36°C e umidade relativa do ar entre 55 a 65%. Há elevada presença de calmarias, cerca de 40% das horas do ano e os ventos são fracos, com velocidade média de 1,4 m/s e direção predominante sudeste.

As exigências humanas de conforto para a região apontam para a necessidade de ventilação, principalmente no período quente e úmido e proteção contra a radiação solar, devido às altas temperaturas. De acordo com Silveira (1999), deve-se facilitar ao máximo a passagem do fluxo de ar ao nível do corpo das pessoas, para acelerar as perdas de calor por evaporação do suor, utilizando-se aberturas corretamente dimensionadas e posicionadas. Em função da elevada amplitude térmica diária (entre 14 e 15°C) verificada durante o segundo semestre, a utilização de materiais com grande inércia térmica é recomendada, para diminuir as temperaturas máximas nos ambientes internos.

## **2.REFERENCIAL TEÓRICO**

O comportamento térmico de edifícios habitacionais é decorrente de muitas variáveis, relacionadas tanto com fatores externos ao edifício, como o entorno, o tratamento dos espaços abertos, a posição relativa dos edifícios entre si e com as características arquitetônicas das edificações. O potencial de uso da ventilação natural, as características dos materiais utilizados na construção, o arranjo interno e externo das edificações são outros elementos que interferem no desempenho térmico das edificações. Desta forma, na avaliação do desempenho térmico das edificações, devemos considerar dois aspectos distintos: como são tratados os espaços abertos do conjunto habitacional ou do seu entorno e quais as características arquitetônicas do edifício.

Os espaços abertos, sob o enfoque bioclimático, devem ser projetados como “mediadores entre o clima externo e o ambiente no interior do espaço público demarcado” (Bustos Romero, 2001, p.143), criando espaços que contribuam positivamente para o conforto ambiental das áreas externas e das áreas internas das edificações. A autora agrupa em quatro grandes categorias os elementos a serem analisados no estudo dos espaços públicos: a forma, o traçado, a superfície e o entorno.

Na arquitetura bioclimática, o edifício controla as trocas entre o meio externo e o interno, e suas características determinam as condições ambientais dos espaços internos. Os materiais que constituem o edifício são determinantes das trocas térmicas entre o meio externo, em função das temperaturas externas e da radiação solar, e o meio interno, nos edifícios condicionados naturalmente. De acordo com Givoni (1998), três propriedades dos fechamentos controlam essas trocas: a resistência térmica

das superfícies, a inércia térmica da construção e a absorção ou reflexão da radiação solar pelas superfícies externas da edificação.

Sob o ponto de vista do conforto e do uso de energia, os edifícios de apartamentos podem ter vários tipos de soluções espaciais que têm diferentes características e propriedades, em função da possibilidade de uso da ventilação natural e da área da superfície do envelope da edificação exposta à radiação solar. Givoni (1998, p.221) classifica os edifícios de apartamentos, em relação ao desempenho climático, em dois tipos básicos: (a) edifícios com longos corredores, servidos por escadas ou elevadores, que dão acesso às unidades habitacionais dos dois lados ou de um só lado do corredor e (b) edifícios com escadas ou elevadores que dão acesso a 2, 3 ou 4 unidades.

Os edifícios com corredor central e unidades dos dois lados são considerados “não adequados sob o ponto de vista da ventilação natural, do conforto e do uso de energia solar, em qualquer tipo de clima quente e especialmente para população de baixa renda que não pode pagar pelo uso de climatização artificial” (Givoni, 1998, p.224). Os edifícios com corredor lateral permitem o uso constante da ventilação cruzada nas unidades, necessária nos climas quente e úmidos, apesar de não garantirem a privacidade acústica na maioria dos casos.

Os prédios de até 04 pavimentos com a escada servindo a cada duas unidades são uma solução muito mais adequada sob o ponto de vista climático, pois “oferecem exposição suficiente à radiação solar e aos ventos dominantes e garantem o potencial para ventilação cruzada e aquecimento solar (quando necessário) para todas as unidades habitacionais” (ibid., p. 227).

### **3.METODOLOGIA**

A avaliação do desempenho térmico de edificações pode ser realizada a partir da caracterização do clima da região, das exigências humanas de conforto e da edificação, conforme modelo desenvolvido pelo IPT (1986 e 1998) e utilizado por Silveira (1999), na avaliação de prédios escolares. Os dados que caracterizam o desempenho térmico da edificação são comparados com critérios para avaliação do desempenho, estabelecidos de acordo com as exigências de conforto para a região climática em estudo.

A metodologia para avaliação do desempenho térmico – aplicável na fase de projeto - proposta pelo projeto de normalização COBRACON/ABNT (1998) estabelece critérios mínimos a serem atendidos pelas habitações de interesse social, a partir de um zoneamento bioclimático do Brasil. A carta bioclimática de Givoni (1992) foi adaptada às condições brasileiras e o território foi dividido em 8 zonas bioclimáticas. Para cada uma foram detalhadas as estratégias de condicionamento térmico passivo e as diretrizes construtivas bioclimáticas para a região. Estabelece também valores para a transmitância térmica, o atraso térmico e o fator de ganho solar das paredes e coberturas das edificações, considerando as exigências ambientais dos usuários.

Este trabalho analisa o desempenho térmico de apartamentos localizados em conjunto habitacional em Teresina, a partir das diretrizes propostas pelo projeto de norma e de medições de temperatura e umidade relativa do ar feitas nos ambientes internos. Os apartamentos foram escolhidos em função de sua posição relativa em relação aos outros prédios, de pavimentos com alturas diferentes e com a mesma orientação solar. Os dados climáticos medidos foram comparados com as medições realizadas em estação meteorológica de referência na cidade.

Foram realizadas medições de temperatura e umidade relativa do ar em períodos de 24 horas consecutivas, nas salas dos apartamentos, utilizando-se termo-higrômetro marca Instruterm, modelo HTR 157 com datalogger. As medições nos apartamentos foram comparadas com as realizadas pela estação meteorológica da EMBRAPA. Como na maioria dos apartamentos utiliza ar-condicionado nos quartos, optou-se por fazer as medições nas salas, onde este equipamento não foi encontrado. Os aparelhos foram colocados no meio das salas dos apartamentos, a uma altura média de 1,0m do piso.

As medições foram realizadas em março, nos dias 14 e 15 no bloco 01 e nos dias 29 e 30 no bloco 04, localizados na planta de situação (ver fig. 02). No bloco 01, os apartamentos selecionados situam-se na fachada voltada para o norte, em diferentes andares: térreo (aptº 101), 1º andar (aptº 201) e 3º andar

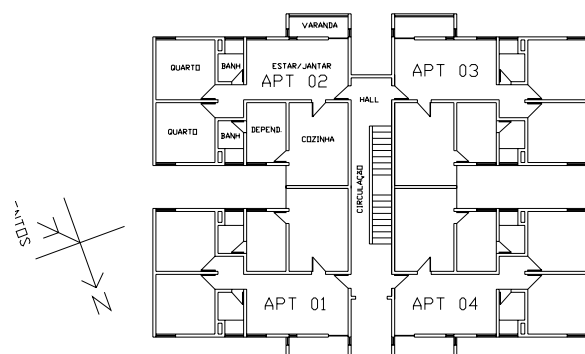
(aptº 401). No bloco 04, a fachada dos apartamentos tem a mesma orientação, a norte, mas se encontram mais no interior do conjunto. Os apartamentos pesquisados se localizam no térreo (aptº 104), 2º andar (aptº 304) e 3º andar (aptº 404).

#### 4. O CONJUNTO HABITACIONAL

O objeto de estudo - Conjunto Habitacional Santa Marta – está situado em Teresina (Latitude 05°05'S), na zona leste da cidade, próximo ao Campus Universitário da UFPI. Foi construído em 1990, e possui 400 apartamentos com 72,00 m<sup>2</sup> de área construída cada. Os apartamentos são dispostos em blocos com 04 andares, com 04 apartamentos por andar, servidos por escada central, conforme figura 01. A arranjo das unidades em planta permite a ventilação cruzada nos apartamentos, entretanto, a disposição em quatro unidades por andar faz com que pelo menos um dos apartamentos fique em desvantagem em relação aos ventos dominantes e à radiação solar.

Os blocos são agrupados de dois em dois ou isoladamente e dispostos com o eixo maior no sentido leste-oeste e as fachadas principais orientadas para norte e sul. A orientação do eixo maior da edificação no sentido leste-oeste é a mais indicada para o clima da região, pois as fachadas que recebem a maior carga térmica, a leste e a oeste, são as menores. Nos edifícios em estudo, estas fachadas são cegas e a ausência de aberturas nestas direções diminui a carga térmica recebida pelos quartos.

No mês da pesquisa (março), a fachada norte recebe sol no período da manhã até aproximadamente às 13:00 horas, de acordo com a carta solar de Teresina. Os ventos dominantes são de direção sudeste, não incidindo diretamente na fachada principal das unidades.



**Figura 01 – Planta baixa do andar tipo**

Os edifícios possuem estrutura de concreto armado e vedações de tijolo de 6 furos, revestidas com reboco e pintadas externamente na cor branca. A cobertura é de telha de fibrocimento e forro de laje mista. As esquadrias externas (janelas) são metálicas e as internas (portas) de madeira.

Teresina situa-se na região bioclimática 07, de acordo com o zoneamento bioclimático proposto para o Brasil pela proposta de norma. Para cada região climática, são estabelecidas diretrizes em relação ao tamanho das aberturas, sombreamento, valores de transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar para paredes e cobertura e as estratégias de condicionamento passivo.

Em relação aos parâmetros propostos pelo projeto de norma para a região de Teresina, encontramos no conjunto habitacional os seguintes resultados (ver tabela 01):

**Tabela 01 – Valores de transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar**

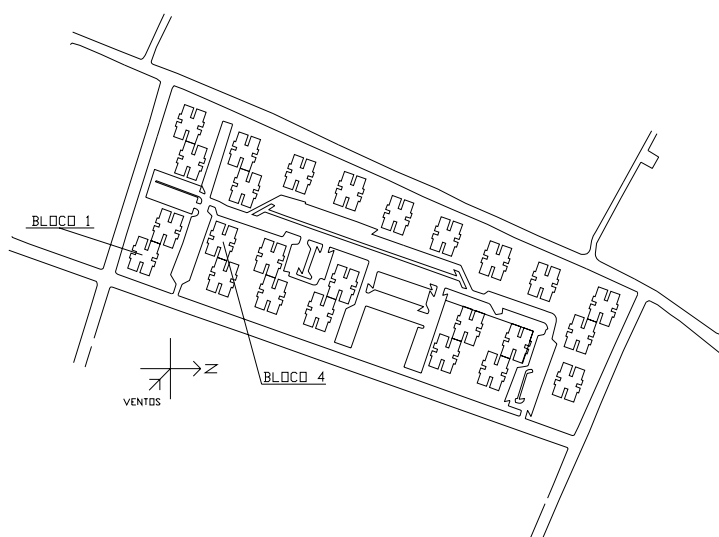
Vedações externas	Transmitância térmica - U (W/m <sup>2</sup> K)		Atraso térmico - $\phi$ (horas)		Fator de calor solar - FCS (%)	
	recomendada	existente	recomendada	existente	recomendada	existente
Paredes	$U \leq 2,20$	$U = 2,48$	$\Phi \geq 6,5$	$\Phi = 3,3$	$FCS \leq 3,5$	$FCS = 2,97$
Coberturas	$U \leq 2,0$	$U = 1,93$	$\Phi \geq 6,5$	$\Phi = 3,6$	$FCS \leq 6,5$	$FCS = 5,4$

De acordo com os valores calculados para as edificações, a transmitância térmica das paredes é maior que a recomendada para a região e os valores encontrados para o atraso térmico são menores. Em relação ao FCS, a cor branca das paredes e a cobertura utilizada garantiram valores dentro do recomendado. Considerando-se que, no caso de edifícios com mais de 2 pavimentos 70% da radiação solar atinge as paredes, estas têm grande importância no aporte da carga térmica nas fachadas.

As aberturas na região devem ser pequenas, com 10 a 15% da área de piso, e protegidas da radiação solar. Nos quartos (9,0 m<sup>2</sup>) as aberturas equivalem a 12,2% da área do piso e nas salas (15,3 m<sup>2</sup>) a 20,9% da área do piso, maior que as diretrizes propostas. As aberturas das salas são sombreadas pelas varandas e as dos quartos não possuem nenhum sombreamento.

Como estratégias de condicionamento térmico passivo para a região temos o resfriamento evaporativo, no período do ano mais seco, a massa térmica para resfriamento e a ventilação seletiva, nas horas em que a temperatura interna seja maior que a externa. A ventilação cruzada é possível nos apartamentos, em função do arranjo em planta, entretanto, como os ventos dominantes são na direção sudeste, apenas duas unidades por andar recebem melhor ventilação.

Conforme se pode verificar na planta de situação (figura 02), os prédios são locados com afastamento entre eles de aproximadamente 20 metros, que possibilita a penetração dos ventos dominantes de direção sudeste no interior do conjunto habitacional e permite a ventilação dos blocos situados mais no interior. Entretanto, a disposição dos blocos de dois em dois, unidos por parede cega, prejudica a ventilação das unidades situadas a sotavento.



**Figura 02 – Planta de situação**

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

No bloco 01 foram realizadas medições em três apartamentos em andares diferentes, 1º, 2º e 4º, nos dias 14 e 15/03. Durante o dia o céu estava parcialmente nublado, com forte radiação no período da tarde. Em relação à temperatura do ar (ver fig. 03), os apartamentos apresentaram resultados bastante semelhantes, com exceção do apartamento térreo (nº101), que apresentou temperatura do ar mais elevada no período noturno, entre 22:00 e 07:00.

Nos três casos, as temperaturas internas se mantiveram bem maiores que a temperatura externa no período entre 18:00 da tarde e 07:00 da manhã, indicando que a envolvente tem dificuldade em perder para o meio externo o calor acumulado durante o dia, talvez também pelo fato das janelas serem fechadas no período noturno. Durante o dia, as temperaturas internas e externa são aproximadamente iguais, provavelmente devido à ventilação das salas, cujas aberturas são mantidas abertas.

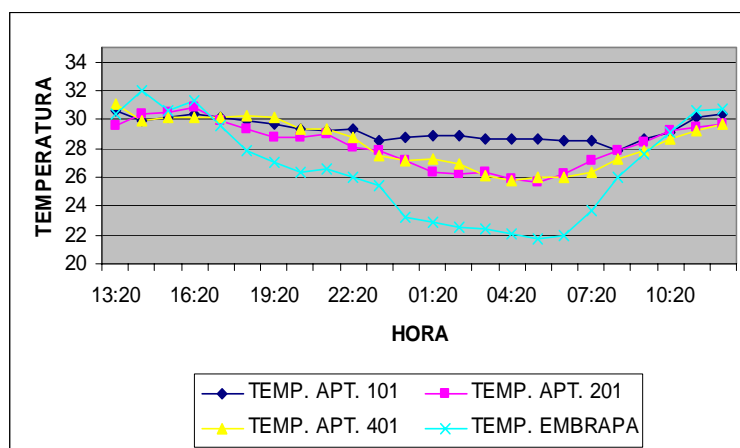


Figura 03 – Bloco 01 – valores de temperatura do ar

Em relação à umidade relativa do ar (ver fig. 04), os apartamentos 201 e 401 também apresentaram resultados semelhantes, ao tempo em que o apartamento térreo (nº101), apresentou umidade relativa maior, em função de estar mais próximo da vegetação existente próximo ao bloco e por ser menos ventilado que os andares superiores. No período noturno, a umidade relativa do ar externo foi bem mais elevada que a nos ambientes internos, por ter sido registrada chuva durante a madrugada.

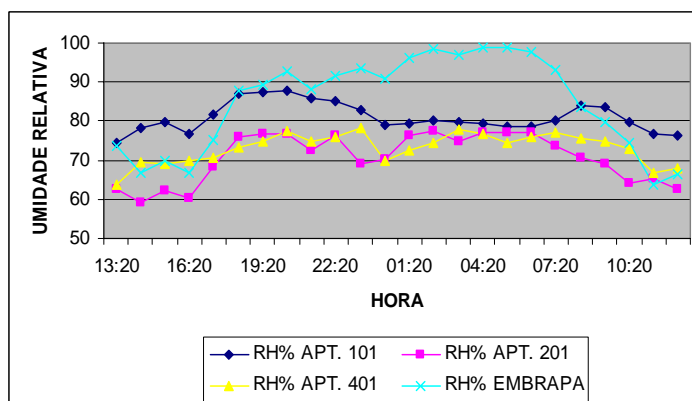
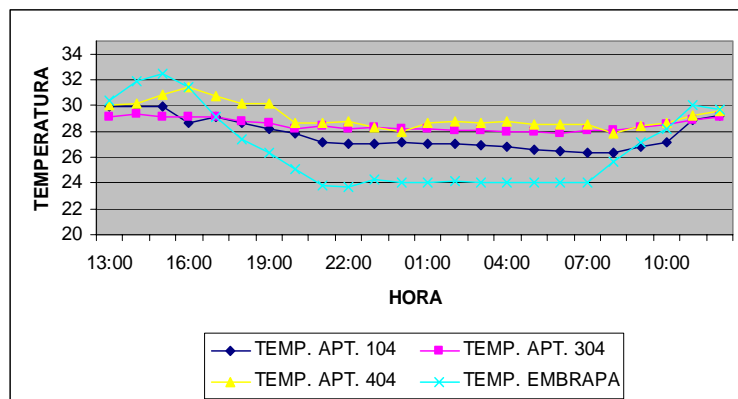


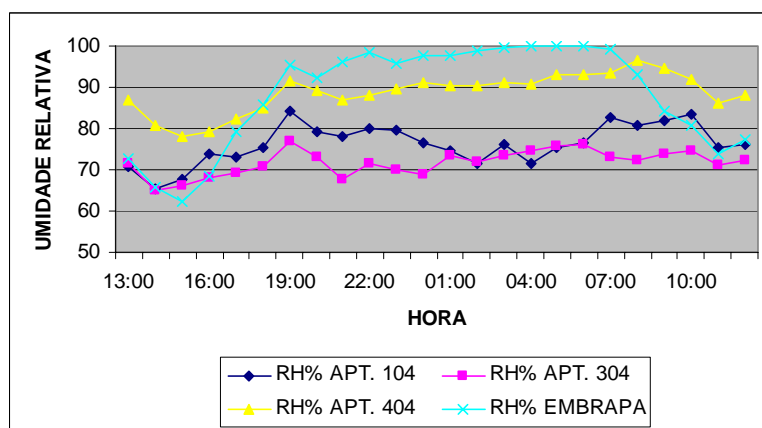
Figura 04 – Bloco 1 – valores da umidade relativa do ar

No bloco 04, foram realizadas medições nos dias 29 e 30/03 nos apartamentos 104, 304 e 404, situados na fachada norte, em andares diferentes. No período das medições o céu estava parcialmente nublado durante o dia, com ocorrência de chuva de madrugada. Os resultados das temperaturas medidas nas salas mostram que as unidades 304 e 404 têm desempenho bastante semelhante, e a unidade térrea (apt. 104) apresentou temperatura um pouco inferior, no mesmo período. Durante a noite, os apartamentos mantêm temperatura do ar acima da temperatura externa. (ver fig.05).



**Figura 05 – Bloco 04 – valores de temperatura do ar**

Em relação à umidade relativa do ar, a figura 06 mostra que o apartamento situado no andar mais alto registrou valores de umidade relativa do ar mais elevados que os outros dois, ao contrário do encontrado no bloco 01. As janelas mantidas fechadas durante a noite podem justificar este fato. A umidade relativa do ar externo próxima a 100% no período noturno também foi registrada neste período, em função da chuva durante a madrugada.



**Figura 06 – Bloco 4 – valores da umidade relativa do ar**

Os dois blocos apresentaram desempenho semelhante em relação à variação da temperatura dos ambientes pesquisados. Durante o período diurno, a elevação da temperatura interna do ar acompanha a da temperatura externa do ar, com pouca defasagem no tempo, como era de se esperar, visto que o atraso térmico das paredes e cobertura é menor que o recomendado para a região (ver tab. 01). A diferença entre a temperatura externa máxima e a temperatura interna máxima é pequena, em torno de 2°C, também em função da pequena inércia térmica da edificação. A fachada das salas recebe insolação durante toda a manhã no período das medições.

No período noturno, os apartamentos se mantêm com temperaturas do ar bem acima da temperatura externa, chegando a uma diferença de até 6°C, como verificada no bloco 01 (ver fig. 03), o que revela a necessidade de ventilação noturna para o resfriamento interno da edificação e melhoria das condições de conforto.

As edificações nesta região devem manter a temperatura interna menor que a temperatura externa durante o dia e, no período noturno, quando as temperaturas externas são mais baixas, permitir o resfriamento dos ambientes internos e temperaturas internas próximas às externas.

Em relação à umidade relativa do ar, o comportamento dos apartamentos nos dois blocos se mostrou diferente, visto que no bloco 01 o apartamento térreo apresentou maiores valores de umidade relativa do ar e no bloco 04 foi no apartamento do 3º andar que a umidade relativa foi menor.

No período do ano quente e úmido, como na época da pesquisa, a desumidificação dos interiores é possível através de uma ventilação eficiente dos ambientes internos, o que não foi verificado nas medições feitas.

## **6.CONCLUSÕES**

De acordo com as diretrizes do projeto de normalização COBRACON/ABNT (1998) para a região bioclimática de Teresina, os edifícios analisados não se encontram dentro dos parâmetros recomendados, o que pode ser comprovado pelas medições realizadas.

As medições feitas mostraram que, no período diurno, a temperatura nos apartamentos acompanha a variação da temperatura externa do ar e, no período noturno, a temperatura interna é mais elevada, quando a temperatura externa do ar é mais baixa. A ventilação mais eficiente poderia acelerar o resfriamento noturno e a desumidificação, melhorando as condições de conforto nos ambientes internos.

Deve haver maior cuidado com a escolha dos materiais das paredes, tanto em relação à transmitância térmica como em relação ao atraso térmico, que pode garantir ambientes internos mais confortáveis. A ausência de sombreamento das aberturas contribui para o aumento da temperatura interna, também devido ao material das janelas, de ferro, que se aquecem rapidamente e irradiam calor para o ambiente interno.

O estudo demonstra a necessidade de se aprofundar o trabalho, fazendo-se análises em outros períodos do ano, principalmente no período quente e seco, onde a temperatura do ar atinge valores bem mais elevados e a edificação desempenha um papel primordial na garantia de ambientes internos confortáveis para a maioria da população que não pode utilizar meios artificiais de climatização.

## **7.BIBLIOGRAFIA**

BUSTOS ROMERO, Marta A. (2001). *Arquitetura bioclimática do espaço público*. Brasília; Universidade de Brasília.

COMITE BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO E ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.(1998)Projeto de norma de desempenho térmico de edificações. Parte 1,2,3,4 e 5. ABNT.

GIVONI,Baruch. (1992) Confort, climate analysis and building design guidelines. *Energy and Buildings*, v.18, July/92,p.11-23.

\_\_\_\_\_ (1998) .*Climate considerations in building and urban design*. New York: Van Nostrand Reinhold.

GRAEFF, E. A.(1980). *Edifício*. São Paulo: Projeto Editores. (Cadernos Brasileiros de Arquitetura)

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (1986). *Implantação de conjuntos habitacionais: recomendações para adequação climática e acústica*. São Paulo: IPT.



- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (1998). *Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social*. São Paulo: IPT.
- SILVEIRA, Ana Lucia R. C. da. (1999). *Diretrizes de projeto para construção de prédios escolares em Teresina- PI*. Brasília, 205p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília.