



AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFÍCIO HABITACIONAL EM TERESINA / BRASIL

Profª Ana Lucia R. C. da Silveira (1); Profª Dra Marta A. B. Romero (2);

(1) Departamento de Construção Civil e Arquitetura – Centro de Tecnologia – UFPI; Instituto Camillo Filho – Curso de Arquitetura e Urbanismo; e-mail: c_silveira@uol.com.br (2)
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília; e-mail:
bustosromero@terra.com.br

RESUMO

Este trabalho avalia o desempenho térmico de edifício habitacional situado no Condomínio Bilbao, financiado pelo Programa de Arrendamento Habitacional da Caixa Econômica Federal – PAR, destinado à população de baixa e média renda. O objetivo é verificar a adequação do projeto ao clima de Teresina, tropical sub-úmido, situado na zona bioclimática 07, de acordo com o Zoneamento Bioclimático Brasileiro. Os parâmetros utilizados foram os propostos pelo projeto de norma ABNT/COBRACON nº 02:136.01.001 (2004), que trata do desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Foram calculados os valores da transmitância térmica das paredes externas e das coberturas, da absorção da cobertura, da capacidade térmica e das áreas das aberturas. Os resultados foram comparados com os propostos pelo projeto de norma. Foram realizadas medições de temperatura e umidade relativa do ar em apartamentos e nas áreas externas, durante três dias consecutivos, no período mais quente do ano. Estes resultados foram confrontados com os valores medidos no mesmo período em estação meteorológica de referência na cidade. A pesquisa demonstrou que a edificação atende aos critérios mínimos propostos pelo projeto de norma.

Palavras chave: desempenho térmico; edifício habitacional; projeto de norma nº 02:136.01.001 ABNT/COBRACON (2004);

ABSTRACT

This work appraises the thermal performance of housing estate located at Condomínio Bilbao, financed by the leasing Housing Program of Caixa Econômica Federal and destined to low and medium income families. The target is to verify if the project is adequate for the tropical sub-humid climate of Teresina, placed in the bioclimatic zone 07, according to the Brazilian Bioclimatic Zoning. The parameters used were proposed by the project of norm ABNT/COBRACON nº 02:136.01.001 (2004), which studies the performance of residential buildings with less than five floors. The values of thermal transmittance and roof absorptance and walls transmittance and thermal capacity were calculated. The results were compared with the limits proposed by the norm. Temperature and relative humidity measurements were done in the apartments and exterior areas during three days in the hottest period of the year. This results were compared with the values measured in the same period by the meteorological station and the criteria of summer conditions for the region. The results showed that the walls and roof parameters have the minimum level of performance, what were confirmed by the indoors measurements. The values measured in the exterior areas were superior to the meteorological station. The research proved that the buildings agree with the minimum criteria proposed by the project of norm.

Keywords: thermal performance; residential building; project of norm nº 02:136.01.001 ABNT/COBRACON (2004);

1. INTRODUÇÃO

A habitação continua sendo um bem de difícil acesso para boa parte da população brasileira que, sem alternativa, vive em condições de precariedade em termos de moradia. O déficit habitacional no Brasil é estimado em seis milhões de unidades (IBGE, 2002) demonstrando a necessidade de uma política habitacional que atenda principalmente às classes de baixa e média renda.

Até 1988, o Banco Nacional de Habitação (BNH) era o maior agente financiador e gerenciador das políticas habitacionais do país. Com a sua extinção, a quantidade de habitações financiadas reduziu significativamente e as políticas habitacionais foram descentralizadas e municipalizadas. Os municípios assumiram a tarefa de implantação de programas locais voltados para a habitação de interesse social e, na década de 1990, foram responsáveis pela maior parte das construções voltadas para essa população.

No âmbito nacional, atualmente, a Caixa Econômica Federal é a grande financiadora de habitações, através de parcerias com os municípios ou de programas próprios, como o Programa de Arrendamento Residencial (PAR), voltado para a população de baixa renda e realizado pela iniciativa privada.

A produção de edificações habitacionais destinadas à população de baixa e média renda, na maioria dos casos, procura apenas atender as condições mínimas de habitabilidade, sem considerar as questões relacionadas com a qualidade dos espaços construídos, a qualidade de vida e a satisfação dos usuários das unidades habitacionais.

Em Teresina, devido às características climáticas da região, onde a temperatura média anual do ar é de 28°C, atingindo nos meses mais quentes do ano, de 36 a 38°C, o conforto térmico não pode ser desconsiderado no projeto das habitações. Entretanto, o que se verifica é a total falta de adequação dos espaços construídos, com raras exceções, às condições climáticas locais. Como resultado, os ambientes são termicamente desconfortáveis e exigem grande consumo de energia para sua climatização.

Este trabalho tem como objetivo analisar o desempenho térmico de edifício habitacional destinado à população de média renda. Centramos a atenção nos edifícios e nas áreas externas do Condomínio Bilbao, construído em Teresina, com financiamento do PAR, da Caixa Econômica Federal e verificamos se atende aos parâmetros indicados pelo projeto de norma nº 02:136.01.001 ABNT/COBRACON.

De acordo com SILVEIRA (1999), o clima de Teresina¹ caracteriza-se por ter duas estações bem distintas (Figura 01). 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.

¹ Teresina situa-se a 05°05' de latitude sul e 42°48' de longitude oeste. O clima da região 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.

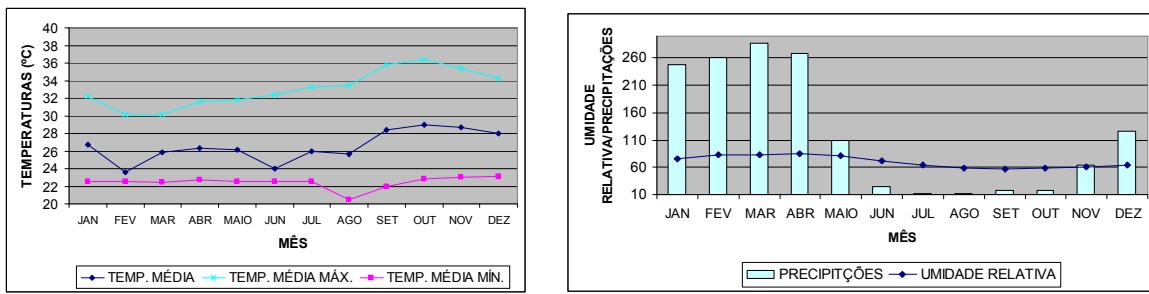


Fig. 01 – Gráficos de temperaturas média, média das máximas e média das mínimas (a), precipitações e umidade relativa do ar (b);

O desempenho térmico 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. Ele é determinado pelo balanço das trocas térmicas entre o meio ambiente e o edifício, ou seja, da quantidade de calor recebida e perdida pela edificação. Essas trocas ocorrem em função da radiação solar incidente, do potencial de ventilação natural, da orientação solar e aos ventos, da forma da edificação, dos materiais de revestimento das paredes e cobertura, entre outras variáveis.

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 da edificação.

Desta forma, torna-se necessário o conhecimento das características térmicas dos materiais empregados nos fechamentos opacos e transparentes utilizados na edificação, que são expressos através de coeficientes ou valores referentes à transmitância térmica, atraso térmico, fator de calor solar, coeficiente de absorção e reflexão da radiação solar, capacidade térmica específica, densidade de massa, condutividade térmica, emissividade dos elementos, entre outros. A norma 15220 da ABNT apresenta 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 e o menor consumo de energia.

De acordo com o IPT (1998), a avaliação² do desempenho térmico deve considerar a resposta global da edificação e não somente o comportamento térmico dos componentes da construção isoladamente.

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” (ROMERO, 2001), 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 e apresenta as principais características de cada uma das categorias.

O comportamento térmico de edifícios habitacionais é decorrente de muitas variáveis, relacionadas com fatores externos ao edifício, como o entorno, o tratamento dos espaços abertos, a posição relativa dos

² O processo de avaliação compreende a caracterização das exigências humanas de conforto para a região, das condições típicas de exposição ao clima, da edificação e do desempenho térmico da edificação, e pode ser feito através de medições *in loco* ou de simulação computacional.

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 têm influência no desempenho térmico das edificações e das áreas externas.

Na avaliação do desempenho térmico das edificações, portanto, devem ser considerados dois aspectos distintos: como são tratados os espaços abertos do conjunto habitacional ou do seu entorno e quais as características arquitetônicas e construtivas do edifício.

2. METODO UTILIZADO

Este trabalho analisa o desempenho térmico de edifício habitacional do Condomínio Bilbao, comparando suas características com os parâmetros propostos pelo projeto de norma nº 02:136.01.001 (2004) da ABNT/COBRACON, que trata do desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. A caracterização climática da região e as exigências de conforto dos usuários são definidos pela norma 15220 - parte 3, que trata do Zoneamento Bioclimático Brasileiro e das estratégias de condicionamento passivo para habitações de interesse social.

O projeto de norma nº 02:136.01.001 (2004) da ABNT/COBRACON estabelece três procedimentos para avaliação da adequação das habitações à zona bioclimática onde estão inseridas: (1) Simplificado, pela verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos para fachadas e coberturas; (2) Simulação, por meio de simulação computacional do desempenho térmico da edificação; (3) Medição, por meio da realização de medições em edificações ou protótipos construídos.

Neste trabalho foi realizado o procedimento simplificado, no que se refere às fachadas e paredes e medições nas áreas internas dos apartamentos e nas áreas externas do condomínio. O resultado das medições nas áreas internas foi comparado com os critérios de desempenho para condições de verão proposto pelo projeto de norma e o resultado das áreas externas com as medições da estação meteorológica de referência no município (da EMBRAPA).

Para o procedimento simplificado, o projeto de norma recomenda para a zona bioclimática 07, os seguintes parâmetros, para os níveis de desempenho mínimo (M), intermediário (I) e superior (S):

- a) Coberturas: transmitância térmica - $U \leq 2,30$ (M), $U \leq 1,50$ (I), $U \leq 1,00$ (S) e absorção - sem exigências (M), $0,26 < \alpha \leq 0,40$ (I) e $\alpha \leq 0,25$ (S);
- b) Paredes: para $\alpha < 0,6$, $U \leq 3,7$ (M) e para $\alpha \geq 0,6$, $U \leq 2,5$ (M) e capacidade térmica $\geq 130 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ (M);
- c) Aberturas pequenas, com área maior ou igual a 5% da área do piso;

Em relação às medições de temperatura do ar realizadas nos apartamentos, o resultado encontrado foi comparado com os limites de temperatura do ar no verão propostos, que estabelecem os seguintes critérios:

- a) Desempenho mínimo: valor máximo diário da temperatura do ar interior \leq valor máximo diário da temperatura do ar exterior;
- b) Desempenho intermediário: valor máximo diário da temperatura do ar interior $\leq 29^\circ\text{C}$;
- c) Desempenho superior: valor máximo diário da temperatura do ar interior $\leq 27^\circ\text{C}$;

Foram realizadas medições nas áreas externas do condomínio de temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos e comparadas com as da estação meteorológica de referência. As características das áreas externas, tais como os revestimentos do solo, vegetação, orientação solar e aos ventos dominantes relação altura/largura dos espaços abertos (H/W), foram analisadas, para mostrar a relação entre estas características e o microclima criado no interior do condomínio.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O Condomínio Bilbao situa-se na zona leste, numa área periférica da cidade de Teresina, caracterizada por ter baixa densidade, topografia plana e uso residencial uni e multifamiliar. O conjunto foi construído através de financiamento do Programa de Arrendamento Residencial da Caixa Econômica Federal e possui 144 apartamentos, com área construída de 44,03 m² cada. Os apartamentos são organizados em 09 blocos de 04 pavimentos, dispostos três a três, como mostra a planta de situação (Figura 02). As áreas externas do condomínio são praticamente todas pavimentadas, com calcamento de pedra, seixo ou cimentadas. Os blocos estão dispostos com o eixo maior no sentido leste/oeste, com as fachadas principais voltadas para norte e sul. A orientação dos blocos permite a entrada no condomínio dos ventos dominantes na região, que são de direção sudeste.

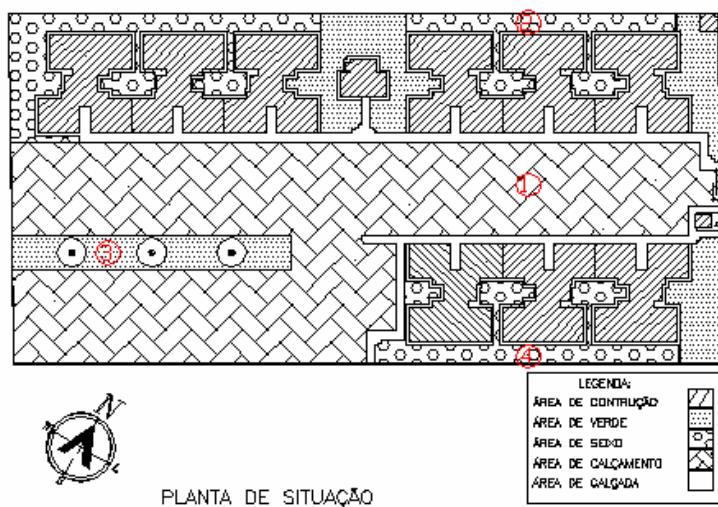


Figura 02 – Planta de situação, materiais de revestimento do solo e pontos das medições

Por exigência da CEF, o sistema construtivo utilizado no condomínio foi alvenaria armada, com blocos cerâmicos de 29,5x19x14cm, rebocada e pintada de cores claras. As janelas são de venezianas metálicas, correspondem a aproximadamente 18% da área da fachada, sem proteção contra a radiação solar. A disposição em planta dos apartamentos não favorece a ventilação cruzada nas unidades (Figura 03).

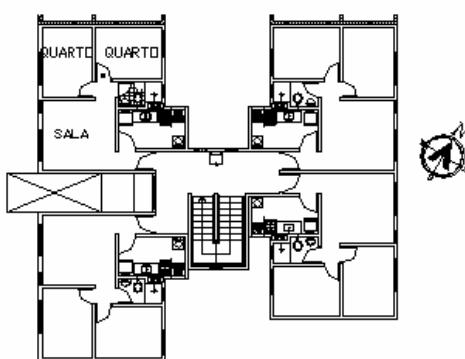


Fig. 03 – Planta baixa do pavimento tipo

3.1 Características construtivas das edificações

As características dos materiais utilizados nas edificações foram levantadas *in loco* e a partir do projeto de arquitetura. Os parâmetros utilizados no projeto de norma foram calculados utilizando-se o programa Transmitância, do Labeee/UFSC. Os resultados podem ser vistos na tabela 01, a seguir:

Tabela 01 – Características das paredes e cobertura

ITEM	MATERIAL	ABNT/COBRACO N	CALCULADO	NIVEL DE DESEMPENHO
Paredes transmitância	Bloco cerâmico + reboco claro (29,5x19x14cm)	$U \leq 2,5 \text{W/m}^2\text{K}$	$U = 1,91 \text{W/m}^2\text{K}$	Mínimo
Paredes capacidade térmica	Bloco cerâmico + reboco claro (29,5x19x14cm)	$Ct \geq 130 \text{kJ/m}^2\text{K}$	$Ct = 163 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	Mínimo
Aberturas	Janelas de venezianas metálicas	$A \geq 5\% \text{ área piso}$	sala = 6,5%; quarto 1 = 11,36%; quarto 2 = 9,52%	Mínimo
Cobertura transmitância	Telha de fibro-cimento + forro laje mista	$U \leq 2,30 \text{W/m}^2\text{K}$	$U = 1,93 \text{W/m}^2\text{K}$	Mínimo
Cobertura absorção suja	Telha fibrocimento suja	Sem exigência	$\alpha = 0,6$	Mínimo

Considerando os parâmetros exigidos pelo projeto de norma em relação às paredes e cobertura da edificação, todos os parâmetros estudados têm nível de desempenho considerado mínimo.

3.2 Medições realizadas nos apartamentos

Foram realizadas medições de temperatura do ar e umidade relativa em três apartamentos durante 24 horas, entre os dias 09 a 10 de novembro, considerado um dia típico do período quente e seco. Utilizou-se um aparelho termo-higrômetro com datalogger Marca Instrutherm, modelo HT-157 que foi colocado no centro da sala de cada apartamento, a uma altura de aproximadamente 1,0m, longe de fontes de calor. Não foram realizadas medições nos quartos, pois verificou-se que em algumas unidades eram utilizados aparelhos de ar-condicionado. De acordo com os moradores, as janelas permanecem fechadas no período da noite. Os apartamentos pesquisados se localizam numa mesma fachada, orientada para norte, em andares diferentes. O resultado das medições foi comparado com os dados medidos na estação meteorológica da EMBRAPA, nos mesmos dias (figuras 03 e 04).

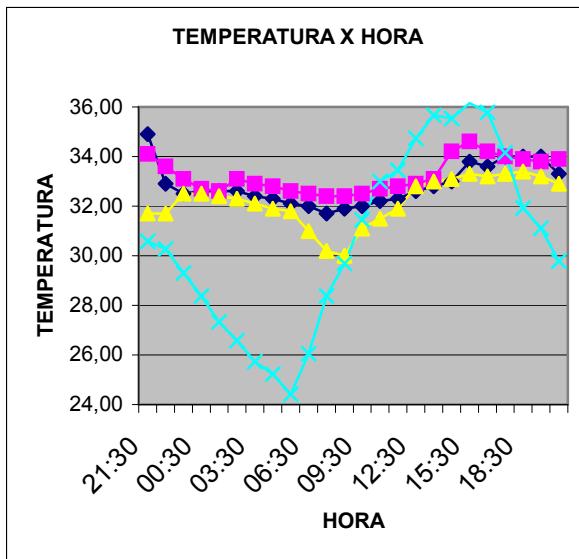


Figura 03 – Gráfico da temperatura do ar nos apartamentos

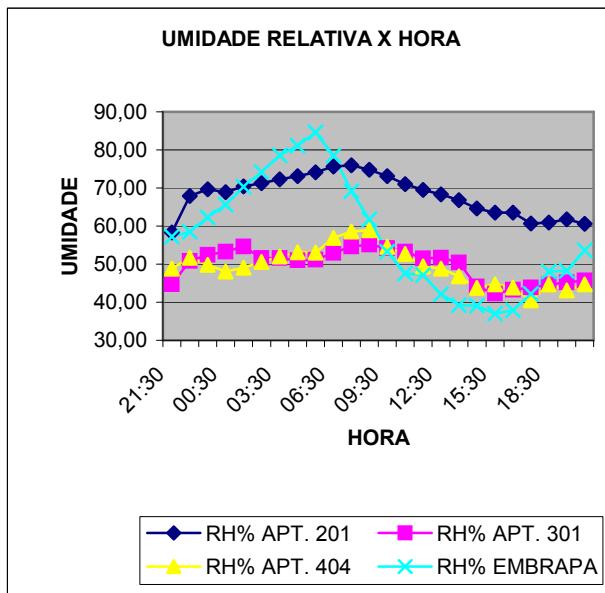


Figura 04 – Gráfico da umidade relativa do ar nos apartamentos

Em relação à temperatura do ar, os três apartamentos tiveram desempenho semelhante, com a temperatura variando entre 30° e 34,9°C, durante as 24 horas de medição e em todos os horários. Comparando-se com as temperaturas medidas na EMBRAPA, nota-se que as unidades não conseguem perder calor durante a madrugada, permanecendo com temperatura interna elevada no período em que a temperatura externa é mais baixa. Durante o dia, nos horários mais quentes, entre 10:00 e 17:00 horas, o apartamento tem temperatura interna menor que a externa, em função dos materiais utilizados nas paredes e na cobertura.

Em relação ao critério de avaliação do desempenho para as condições de verão proposto pelo projeto de norma, o nível de desempenho da edificação é mínimo, com o valor máximo diário da temperatura do ar interior menor ou igual ao valor máximo da temperatura do ar exterior. Entretanto, em função das altas temperaturas que ocorrem neste período, este não é um critério adequado para a região. Seria recomendável que o nível de desempenho fosse intermediário, com a temperatura máxima interna igual ou menor que 29°C.

Verificou-se que no condomínio o uso do ar-condicionado é uma constante em quase todos os apartamentos, em função do desconforto térmico, acarretando maior consumo de energia nas residências e onerando o orçamento familiar de classe média.

Em relação às medições da umidade relativa do ar, dois apartamentos apresentaram resultados semelhantes, com valores entre 40 e 60%, menores que os valores máximos que ocorridos durante a madrugada e maiores que os valores mínimos ocorridos à tarde. A edificação diminui os valores extremos verificados no meio externo.

3.2 Medições realizadas nas áreas externas

Foram feitos levantamentos sobre os revestimentos do solo e vegetação, entre outros aspectos, para verificar a sua influencia nas condições térmicas das áreas externas do condomínio (Tabela 02):

Tabela 02 – Dados sobre as áreas externas do condomínio

ITEM	MATERIAL	ALBEDO (%) refletida)	ÁREA (m ²)	%
Área Terreno	-		7260,00	100
Área Construída	-		1872,50	25,79
Área Verde	grama	10	723,05	11,40
Ruas + estacionamento	pedra	25	2999,48	41,31
Calçadas	cimentado	30	723,05	9,95
Seixo	seixo	25	836,70	11,52
Taxa ocupação (%)	-		-	25,79
Altura/largura (H/W)	-		0,696	

Apesar da taxa de ocupação do terreno ser pequena (25,79%), apenas 11,40% do terreno é ocupado por área verde (grama). Por ser recém construído, não há árvores no local, ficando toda a área pavimentada totalmente exposta à radiação solar. Os materiais de revestimento do solo (pedra, cimentado e seixo) são materiais que absorvem boa parte da radiação solar durante o dia e tem alta emissividade, emitindo radiação térmica durante a noite.

A relação entre a altura das edificações e a distância entre elas (H/W) é menor que 1,0, com valor de visão do céu elevado, permitindo a insolação das áreas externas durante o dia e a perda de calor durante a noite.



(a)



(b)

Figura 05 – Medições nas áreas externas – ponto 1 (a) e ponto 2 (b)

As medições nas áreas externas foram feitas em 04 pontos (figura 02 e 05), escolhidos de maneira a contemplar as diversas situações de revestimento do solo, orientação e morfologia. Foram feitas medições da temperatura do ar, umidade relativa, velocidade e direção dos ventos, a 1,0m do solo, com os aparelhos protegidos da radiação solar por uso de guarda-sol. Os aparelhos utilizados foram um termo-higrometro digital marca Instrutherm, modelo HT-157 e um anemômetro digital com ventoinha, marca Instrutherm, modelo AD

As medições foram realizadas nos dias 08, 09 e 10 de novembro, caracterizado como dias típicos do período quente e seco, às 09:00, 15:00 e 21:00 e os resultados foram comparados com as medições feitas na estação meteorológica de referência (EMBRAPA). Calculou-se a média das medições em cada ponto e em cada horário, expostas nos gráficos a seguir (figuras 06 e 07).

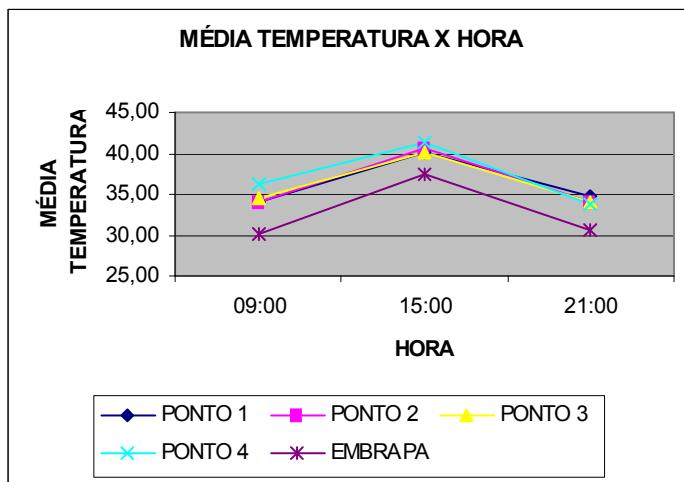


Figura 06 – Gráfico das temperaturas do ar das áreas externas

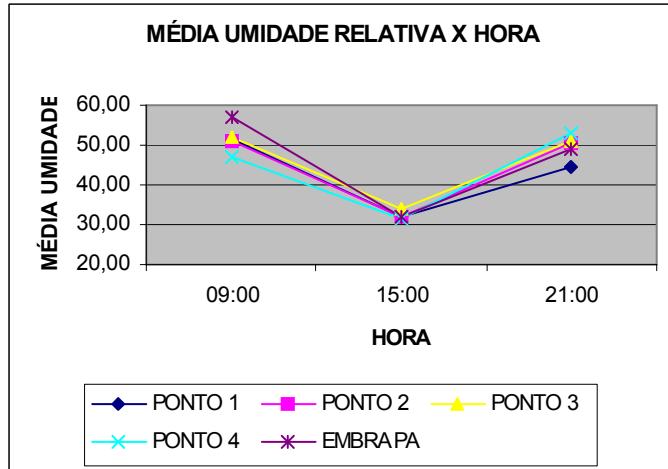


Figura 07 – Gráfico da umidade relativa do ar das áreas externas

De acordo com as medições realizadas, em todos os horários e pontos a temperatura medida no condomínio é superior à da EMBRAPA, apresentando diferenças de até 5°C. O ponto 4 apresenta temperatura mais elevada que os demais nos horários de 09:00 e 15:00, devido à sua posição ao sul, que recebe insolação na época da pesquisa. À noite os quatro pontos possuem temperatura bastante semelhante, todas mais altas que a de referência, demonstrando que o calor acumulado durante o dia é irradiado à noite.

Em relação à umidade relativa do ar, pela manhã e à noite a umidade relativa das áreas externas é menor que na EMBRAPA. Às 15:00 horas é o período de umidade mais baixa e quando todos os pontos têm praticamente o mesmo valor. A pouca presença de áreas verde e grande extensão de áreas pavimentadas no condomínio contribui para a umidade relativa mais baixa.

Considerando que o condomínio encontra-se em local pouco urbanizado, em área ainda bastante arborizada, pode-se concluir que as diferenças encontradas entre as medições realizadas nas áreas externas e a EMBRAPA são decorrentes das modificações dentro do próprio condomínio. As alterações verificadas, principalmente no que se refere aos materiais de revestimento do solo e pela ausência de vegetação contribuem para o aumento da temperatura junto ao solo, devido à exposição do solo à radiação solar. A presença de árvores, além de sombrear o local, aumentam a umidade relativa do ar, devido à evapotranspiração.

4. CONCLUSÕES

As edificações do Condomínio Bilbao apresentaram desempenho térmico considerado mínimo de acordo com os parâmetros propostos pelo projeto de norma, no que se refere às características das paredes e cobertura. Entretanto, de acordo com as medições de temperatura e umidade relativa do ar realizadas nos apartamentos, este nível mínimo de desempenho não garante o conforto térmico nas edificações nas condições de verão, pois para a região o critério intermediário (temperatura máxima do ar interior $\leq 29^{\circ}\text{C}$) é recomendado. Notou-se o uso de aparelhos de ar-condicionado em praticamente todas os apartamentos, demonstrando a falta de adequação dos apartamentos ao clima e a necessidade de refrigeração artificial para garantir as condições de conforto, apesar do custo com o consumo de energia.

As áreas externas excessivamente pavimentadas (cerca de 63,0%), poucas áreas verdes (11,40%) e a ausência de árvores no condomínio contribuem para as elevadas temperaturas externas medidas, mesmo no horário noturno.

A temperatura elevada das áreas externas em todos os horários medidos tem influência direta nas condições de conforto no interior das edificações. As temperaturas do ar dentro dos apartamentos se mantiveram entre 30 e 35°C durante todo o dia, acima do limite de conforto intermediário (29°C). A pesquisa aponta também para a necessidade de resfriamento noturno das edificações, através da ventilação.

Outras medições nas áreas externas e internas dos apartamentos, durante mais dias e no período do ano quente e úmido, são necessárias para que a avaliação do desempenho térmico possa ser mais completa e se possa chegar a conclusões e diretrizes de projeto adequadas ao clima da região.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Norma 15220*. [Rio de Janeiro]: ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS / COBRACON. *Projeto de Norma 02:136.01.001*. [Rio de Janeiro]: ABNT, 2004.
- GIVONI, B. *Climate considerations in building and urban design*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1998.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. *Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social*. São Paulo: 1998.
- ROMERO, M. A. B. *Arquitetura bioclimática do espaço público*. Brasília: Editora UnB, 2001.
- SILVEIRA, A. L. R. C. *Diretrizes de projeto para construção de prédios escolares em Teresina- PI*. 1999. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Universidade de Brasília, Brasília, 1999.