



DESEMPENHO TÉRMICO DE HABITAÇÕES CONSTRUÍDAS COM PLACAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO

Homero Jorge Matos de Carvalho

Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará – Coord. de Edificações

Av. Plácido Aderaldo, S/N – Lagoa Seca – Juazeiro do Norte – CE – CEP: 63040-240

Tel/fax: (088) 571-2657 e-mail: cwerba@urca.br

Mônica Maria Fernandes de Lima

UFRN - Universidade Federal do Rio grande do Norte

Dept.º de Arquitetura e Urbanismo

Resumo: Fez-se uma simulação de desempenho térmico em duas habitações na cidade de João Pessoa – PB, utilizando-se o programa ARQUITROP 3.0. A primeira casa foi avaliada mantendo-se as suas características originais. A Segunda foi acrescida de forro de gesso e teve todas as suas fachadas pintadas de branco. Constatou-se o baixo desempenho térmico na casa original, tendo sido a cobertura a maior responsável pelos ganhos térmicos da edificação. Na casa modificada, com forro de gesso e pintura nas fachadas, constatou-se uma redução na temperatura interna, sem, no entanto, tornar a casa mais confortável. Por fim, foram feitas propostas para melhoria do programa ARQUITROP e do sistema construtivo.

ABSTRACT: A thermal performance simulation was done in two dwellings in the town of João Pessoa, capital of the state of Paraíba, utilising the ARQUITROP 3.0; the first dwelling was surveyed under its original conditions. The second one received the addition of a plaster ceiling while all façade walls were treated with a white paint coat. The low thermal performance of the original house became evident and the roof was found out to be the main source of thermal gains in that dwelling. The modified house, with the plaster ceiling and the white paint coat on its façades, proved a reduction in the indoor temperature, This, however, did not improve the comfort level in the house. Finally, proposals were made concerning the enhancement of the ARQUITROP program, as well as the building system

1 Condições Climáticas de João Pessoa

A cidade de João Pessoa, situada na latitude $7^{\circ} 6'$, possui temperaturas variando entre 20 e 30,5 graus centígrados. O seu clima é quente-úmido, que exige boa ventilação e materiais leves (baixa inércia térmica) na sua construção. RORIZ & BASSO (1989), através do programa ARQUITROP 3.0, propõe algumas recomendações para a elaboração de projetos em João Pessoa, a fim de propiciar um bom desempenho térmico para as edificações. As recomendações são as seguintes:

- Implantação do edifício com as fachadas maiores orientadas para norte e sul;
- O somatório das áreas de abertura deve estar entre 40% e 80% da área da fachada, e devem estar orientadas para norte e sul;
- O edifícios devem estar o mais afastados possível uns dos outros, para facilitar a ventilação;
- As aberturas devem, ainda, estar ao nível do corpo, sombreadas e protegidas da chuva,
- As paredes devem ser leves e refletivas, com coeficiente de condutibilidade $k < 2,79 \text{ W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ e retardo menor que três horas;
- As cobertas também devem ser leves, com coeficiente de condutibilidade $k < 2,79 \text{ W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ e retardo, também, menor que três horas.

2 Procedimentos Metodológicos

Para essa avaliação de desempenho, considerou-se duas situações. Na primeira, foi avaliada a casa original, com a fachada principal orientada para oeste, pois buscou-se a posição em que a superfície externa da parede da sala, revestida com chapisco de cimento cinza escuro, recebesse a radiação solar direta no período da tarde, quando as temperaturas apresentavam-se mais elevadas. Na segunda situação, a cobertura da mesma casa, passou a ter um forro de gesso e a fachada oeste foi pintada de branco.

Como já foi mencionado, a avaliação do desempenho da casa pré-moldada de concreto foi realizada através do programa ARQUITROP 3.0. No primeiro momento da pesquisa, realizou-se o reconhecimento do programa e treinamento de utilização, quando foram testadas as rotinas de cálculo, verificados os bancos de dados, gráficos e tabelas fornecidos pelo sistema. Em seguida foram inseridos os dados sobre as paredes formadas por placas pré-moldadas de concreto. As especificações dos componentes podem ser vistos no próximo item, **4 Resultados da simulação**. Com todos os componentes inseridos no banco de dados, iniciou-se a simulação.

A avaliação foi feita para cada ambiente, obedecendo aos dados de projeto. Após o lançamento dos dados de cada ambiente, o programa emitiu tabelas e gráficos com os resultados da simulação contendo as temperaturas médias externa, interna e superficial, além dos ganhos e perdas de calor através dos componentes de vedação, ventilação e ocupação. Os cálculos foram feitos com base nos dados horários de temperatura, umidade e velocidade média do ar do dia 15 de janeiro (dia típico de projeto). De posse das tabelas e gráficos, realizou-se a análise e comparação dos dados das duas simulações, emitido-se o diagnóstico.

Antes de apresentar os resultados, cabe fazer algumas observações quanto a não inclusão de alguns dados considerados pelo sistema e que, devido a inexistência de

fontes seguras e da própria limitação do programa, não foram considerados pela pesquisa. As observações são as seguintes:

- O calor emitido pelos equipamentos instalados nos ambientes (lâmpadas, máquinas, eletrodomésticos, etc) não foi considerado, pois não foi possível encontrar dados bibliográficos confiáveis. A bibliografia pesquisada confunde potência instalada com calor emitido, porque ambos são representados pela mesma unidade (watt). Por exemplo, no caso de um ar condicionado, a bibliografia considera o calor emitido desse aparelho como sendo 2.000 w. Dessa forma, ao invés de resfriar o ambiente, o aparelho estaria aquecendo;
- Não foi considerada a ferragem de armadura das placas, pois o programa não deixava claro como se comportavam as pontes térmicas;

Apesar desses problemas, acredita-se que a simulação não fôra comprometida, mesmo porque, como será visto no próximo item do trabalho, a casa apresenta um baixo desempenho térmico, e essas fontes de calor iriam aumentar a temperatura no interior da casa, reafirmando os resultados.

3 Resultados das Simulações

3.1 Especificação dos elementos de vedação

Todos os ambientes da casa têm os mesmos componentes de vedação, variando apenas as áreas de abertura de ventilação, cores das superfícies externas e orientação das fachadas. As Tabelas 1, 2 e 3, apresentadas a seguir, descrevem as especificações da cobertura e das paredes das casas simulada.

Tab. 1 Especificações técnicas da cobertura original

Tipo: Telha de barro sem forro				
Retardamento				0,53h
Amortecimento				13%
Coefficiente de transmissão térmica, em W/m².°C				
Fluxo ascendente				5,510
Fluxo horizontal				0,0
Fluxo descendente				3,552
Camada	Materiais	Massa específica	Condutibil.	Espessura (m)
01	Telha cerâmica	1800	0,698	0,015

Fonte: ARQUITROP 3.0 (adaptado)

Tab. 2 Especificações técnicas da cobertura modificada

Tipo: Telha de barro com forro forro de gesso				
Retardamento				1,07h
Amortecimento				24%
Coefficiente de transmissão térmica, em W/m².°C				
Fluxo ascendente				2,907
Fluxo horizontal				0,0
Fluxo descendente				2,252
Camada	Materiais	Massa específica	Condutibil.	Espessura (m)
01	Telha cerâmica	1800	0,698	0,015
02	Lâmina de ar estanque	0,0	0,0	0,80
03	Placa de gesso	650	0,260	0,015

Fonte: ARQUITROP 3.0 (adaptado)

Tab. 3 Especificações técnicas da parede

Tipo: Placas de concreto armado 3,0cm				
Retardamento				0,76h
Amortecimento				18%
Coefficiente de transmissão térmica, em W/m².°C				
Fluxo ascendente				0,0
Fluxo horizontal				4,751
Fluxo descendente				0,0
Camada	Materiais	Massa específica	Condutibil.	Espessura (m)
01	Concreto	2200	0,950	0,03

Fonte: ARQUITROP 3.0 (adaptado)

3.2 Análise por ambiente da casa original

Devido a limitação de espaço para a publicação deste artigo, não foi possível inserir os gráficos e tabelas emitidas pelo ARQUITEROP. Dessa forma, serão descritos os dados mais importantes, esperando assim, o entendimento de todos.

a) Dormitório

O dormitório considerado apresenta um baixo desempenho térmico, já que seus componentes de vedação, somados às aberturas de ventilação, não impedem a penetração da radiação solar e nem favorecem a retirada do calor no ambiente, causando desconforto térmico. Às 12:00h, a temperatura interior do dormitório é superior 3,8°C em relação à exterior. Essa diferença diminui das 12:00 às 20:00h, mas volta a aumentar quando a janela do dormitório é fechada. A maior parte do calor é proveniente da cobertura, chegando ao seu ponto máximo entre 12:00 e 13:00h. Percebe-se ainda, que as paredes favorecem a perda de calor durante a noite (a partir de 22:00h), chegando a índices superiores aos da cobertura. Vale salientar que as janelas estão fechadas nesse período, tornando insignificante a influência do vento na retirada de calor.

b) Sala

A sala apresenta uma situação pior do que a do dormitório. A temperatura interna nesse ambiente chega a ser superior 5,2°C em relação à exterior às 15:00h. Essa diferença aumenta à medida em que a radiação solar atinge mais diretamente a parede da fachada oeste, cuja cor é cinza escuro, o que aumenta a sua absorvidade. Verifica-se, ainda, que a temperatura interna da sala passa de 34°C às 12:00h para 35,5°C às 15:00h, representando um aumento de 1,5°C em apenas três horas. Assim como no dormitório, a renovação do ar é insuficiente, principalmente à noite quando a janela é fechada. Dessa forma, as paredes passam a ter participação significativa na perda de calor pelo ambiente, entretanto, sem solucionar o problema de desconforto térmico.

a. Cozinha

Na cozinha, a diferença entre a temperatura interna e externa é um pouco menor, mas a interna permanece maior do que a externa, como aconteceu com o dormitório e a sala. A maior diferença chegou a 3,9 °C às 12:00h. Quanto ao ganho de calor, ficou mais evidente a enorme contribuição da cobertura. As paredes contribuíram pouco para o ganho de calor, no entanto, foi na cozinha onde elas apresentaram a maior participação nas perdas de calor, o dobro da em relação à cobertura. Como a janela da cozinha permanece o dia toda aberta, propiciando uma renovação do ar constante, verifica-se um equilíbrio maior entre as temperaturas interna e externa num período mais prolongado, que vai de 0 à 5 horas e 23 às 24 horas. Mesmo assim, a renovação do ar é insuficiente e o ambiente pode ser considerado desconfortável termicamente.

b. Banheiro

O banheiro também apresentou uma diferença elevada entre as temperaturas interna e externa, chegando a 4,2°C entre 12:00 e 14:00 horas. Assim como ocorreu na cozinha, houve um período maior de equilíbrio entre as duas temperaturas, nos intervalos de 0:00 às 4:00 horas e 22:00 às 24:00 horas. Mais uma vez, a coberta se confirma como

maior absorvedor da radiação solar e a parede como maior dissipador. A perda de calor pela parede pode ser explicada pela sua baixa inércia térmica da parede, no entanto, é estranho os índices de perdas de calor pela parede serem maiores do que os da cobertura, já que ela também possui baixa inércia térmica e ainda propicia a retirada de ar quente por entre as telhas. Sendo assim, esse dado deve ser, futuramente, melhor analisado.

3.3 Análise da casa proposta

Na simulação da casa original, constatou-se que a maior quantidade de calor absorvida pelo ambiente, é proveniente da cobertura. Com base nessa conclusão, fez-se uma nova simulação em que foi inserido um forro de gesso na cobertura, criando-se um colchão de ar ventilado entre as telhas e o forro. E no caso da sala, considerou-se a fachada pintada de branco. Em seguida, os novos resultados foram comparados aos da casa original, afim de verificar se houve melhoria no desempenho térmico da casa.

O comportamento da cobertura, paredes e ocupação, em termos de participação nos ganhos e perdas de carga térmica pelos ambientes, foi semelhante ao da casa original, configurando-se apenas uma redução nas diferenças entre as temperaturas internas e externas, devido a redução das temperaturas internas. Essa redução demonstra um aumento na eficiência do sistema, proporcionada pela inclusão do forro de gesso e pela pintura branca das fachadas. Dessa forma, para que o trabalho não se torne repetitivo, os resultados da simulação da casa modificada estão apresentados, a seguir, de maneira resumida.

Tab. 4 Comparativo entre as temperaturas internas e externas nas casas aoriginal e modificada

AMBIENTE	HORA	CASA ORIGINAL		CASA PROPOSTA	
		Temp. média interna máx.	Temp. média externa máx.	Temp. média interna máx.	Temp. média externa máx.
Dormitório	13:00	33,9	30,2	32,3	30,2
Sala	15:00	35,5	30,3	32,8	30,3
Cozinha	14:00	33,8	30,4	32,7	30,4
Banheiro	13:00	34,4	30,2	33,1	30,2

OBS: Temperaturas máximas em °C

Fonte: ARQUITROP 3.0

Tab. 5 Comparativo entre os ganhos e perdas térmicas nas casas original e modificada

AMBIENTE	HORA	CASA ORIGINAL					CASA PROPOSTA				
		OPACO	VIDRO	VENTO	OCUP.	TOTAL	OPACO	VIDRO	VENTO	OCUP.	TOTAL
Dormitório	13:00	909	0	-145	0	764	538	0	-82	0	455
Sala	15:00	1382	0	-218	140	1304	717	0	-107	140	850
Cozinha	14:00	509	0	-77	70	501	344	0	-46	70	368
Banheiro	13:00	280	0	-76	70	274	142	0	-53	70	159

OBS: Valores máximos em W

Os valores positivos representam ganho e os negativos perda

Fonte: ARQUITROP 3.0

A inclusão do forro de gesso no dormitório, cozinha e banheiro, proporcionou uma redução de mais de 1°C nas temperaturas internas desses ambientes. Na sala, que teve a fachada pintada de branco, essa redução chegou a 2,7°C.

Mesmo com essas reduções, os ambientes permaneceram desconfortáveis. Portanto, deve-se reformular o projeto antes da construção de novas casas, aumentando as áreas das aberturas de ventilação, afim de permitir uma renovação do ar mais eficiente.

4 Considerações Finais

4.1 Sistema arquitrop 3.0

O programa AQUITROP 3.0 possui limitações que podem ter provocado algumas distorções ou exageros nos resultados. Além dos problemas mencionados no item 3, referentes à falta de dados seguros sobre as cargas térmicas dos equipamentos, outras deficiências puderam ser notadas durante a pesquisa, como por exemplo:

- O programa não leva em consideração as atividades desenvolvidas no ambiente, nem as vestimentas dos usuários. Ele considera apenas a quantidade de pessoas;
- As janelas são consideradas totalmente fechadas ou totalmente abertas. No caso avaliado por esta pesquisa, as janelas eram com veneziana, o que permitia uma pequena renovação do ar mesmo estando fechada. Portanto, à noite, quando as janelas eram fechadas, a temperatura interior poderia apresentar-se menor;
- A definição dos horários de utilização do ambiente, abertura das janelas e permanência de equipamentos ligados é pouco flexível. Por exemplo, na cozinha a geladeira passa vinte e quatro horas ligada, ao passo que o fogão ou a lâmpada são ligados durante um período mais curto. Nesse caso, o programa não considera essa variação de calor produzido no ambiente;
- Não considera a inclinação da cobertura. A quantidade de calor absorvido pela cobertura depende dos ângulos de incidência da radiação solar sobre ela.

Portanto, em determinados horários (mesmo durante o dia), um dos planos da cobertura pode não estar recebendo a radiação solar;

- Outro elemento importante relacionado à cobertura, não considerado pelo programa, são os beirais, que atuam como sombreadores das fachadas, reduzindo a incidência da radiação solar,
- Na verdade, o programa não considera qualquer elemento do entorno, como a vegetação ou as outras edificações, que sombreiam e alteram a direção do fluxo dos ventos;
- Por fim, considerar que a temperatura em todos os ambientes é igual, não é verdadeiro. Como pôde ser constatado nos gráficos e tabelas das simulações realizadas (RORIZ & BASSO, p. 15, 1989), os ambientes trocam calor entre si, alterando as condições de conforto em cada um deles dependendo do horário e das condições de uso.

4.2 Recomendações para a melhoria do sistema construtivo

Ao contrário do que se imaginava, as placas de concreto não exercem tanta influência sobre o baixo desempenho térmico da casa analisada, exceto no caso em que a casa possui a parede da fachada oeste chapiscada com cimento na cor cinza escuro. Dessa forma, o problema poderia ser resolvido a partir da reformulação do projeto, melhorando o dimensionamento e posicionamento das aberturas, para que a ventilação natural seja melhor aproveitada, funcionando como principal agente na retirada de calor do interior das casas.

Quanto a cobertura, ela pode ser melhor estudada, buscando-se uma solução em que o colchão de ar entre o forro e as telhas seja melhor ventilado e que possibilite, também, a ventilação vertical nos ambientes, otimizando a retirada do ar quente.

O projeto e a construção dos conjuntos devem prever a arborização dos lotes e vias públicas, utilizando a vegetação como recurso para a amenização das ações agressivas do clima. A vegetação exerceria papel fundamental na filtragem e absorção da radiação solar, protegendo a edificação, além de propiciar uma valorização estética e paisagística do conjunto.

5 BIBLIOGRAFIA

ALUCCI, Márcia Reinado. **Crériterios relativos ao atendimento das exigências de ventilação na habitação**. In: *Tecnologia de edificações*. Instituto de Pesquisa do Estado de São Paulo S.A. - IPT. Pini Editora, p. 463 - 468.

CARVALHO, Homero J. M. A experiência da verticalização dos conjuntos habitacionais em João Pessoa: o caso de Mangabeira VII. João Pessoa, 1997. Monografia.

GUALBERTO Filho, Antônio; CARVALHO; Homero J. M.; COUTINHO; A S.; TAVARES, Jean C. F. Avaliação pós-ocupação do Conjunto Santa Cruz. João Pessoa, 1998. Laudo Técnico.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo, PW, 1997.

RORIZ, M.; BASSO, A. **Arquitrop versão 3.0**. São Carlos, 1989.