



SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO DESEMPENHO TÉRMICO DAS COBERTURAS MAIS USUAIS NA CIDADE DO NATAL

R S Marques; M M F Oliveira

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Programa de Pós - Graduação em Arquitetura e Urbanismo

Campus Universitário, Lagoa Nova – CEP.: 59072-790. Natal/RN

Fone: 0 xx (84) 215-3722 - Fax: 0 xx (84) 215-3720

E-mail: rsmarq@digicom.br

RESUMO Devido a sua localização geográfica, Natal, cidade do Estado do Rio Grande do Norte (RN), caracteriza-se por um clima quente úmido e suas coordenadas (latitude 5°45'54" Sul, longitude 35°12'05" Oeste e altitude 18m) definem sua posição inter-tropical no hemisfério Sul, muito próximo à linha do Equador. Essas características implicam dizer que, grande parte da radiação solar incidida e transmitida ao interior da edificação vem pela cobertura. Com o intuito de analisar, como se comportam os modelos mais usuais de cobertura em Natal em relação a essa incidência, serão realizadas simulações computacionais com o software específico Arqitrop, versão 3.0. Por fim, concluiremos qual dos modelos analisados é o mais adequado a nossa cidade.

ABSTRACT Due to its geographical location, Natal, capital of the State of Rio Grande do Norte (RN), is characterized by a hot humid climate, and its coordinates (latitude 5°45'54 " South, longitude 35°12'05 " West and altitude 18m) define its inter-tropical position in Southern Hemisphere, very close to the Equator. These characteristics imply that a large part of the solar radiation that is incidental on and transmitted to the interior of the construction comes from the roof. With the purpose of analyzing the behaviour of the most common styles of roofs in Natal in relation to that radiation, computerized simulations will be performed with a specific software, Arqitrop, version 3.0. Once done, we will be able to come to a conclusion as to which roofing style is the most appropriate for our city.

1 Introdução

O trabalho, que aborda uma simulação computacional do desempenho térmico das coberturas mais usuais na Cidade do Natal, se desenvolverá em quatro partes. Num

primeiro momento justificaremos a escolha do estudo das coberturas em Natal. Num segundo momento será realizada uma rápida explanação sobre o software usado Arqitrop e suas limitações. Num terceiro momento apresentaremos os modelos analisados (tipologias), e por fim teremos algumas considerações finais sobre qual é a melhor tipologia de cobertura, dentre as três analisadas para Natal, considerando as características do edifício.

2 Natal e sua localização geográfica – a importância do plano horizontal.

A localização geográfica tem sua importância no estudo da radiação solar, pois a latitude, a longitude e a altitude são coordenadas que determinam a posição de um ponto na superfície terrestre. Esses "elementos" apresentam Natal próximo ao Equador (latitude 5°45'54" Sul), provocando assim uma maior incidência solar em sua superfície horizontal (cobertura).

Conforme Mascaró (1998), a quantidade de calor recebida pela cobertura e fachadas do edifício depende muito de sua altura. Em construções de um só andar, 70% do calor chega na cobertura e apenas 30% nas fachadas. Percebemos então o quanto é importante atentarmos ao elemento arquitetônico "cobertura".

Para se ter uma idéia da magnitude do problema, basta lembrar que sobre o plano horizontal chegam entre 600 e 1 000W/m²h, segundo o clima e a época do ano; sobre os planos verticais orientados Leste-Oeste, esse valor varia entre 400 e 800W/m²h (MASCARÓ, 1998). Essas informações vêm ser ratificada ao observarmos o gráfico abaixo (Gráfico 01), pois conclui-se que a maior incidência solar e nos horários mais "críticos", incide na cobertura, objeto de estudo deste trabalho.

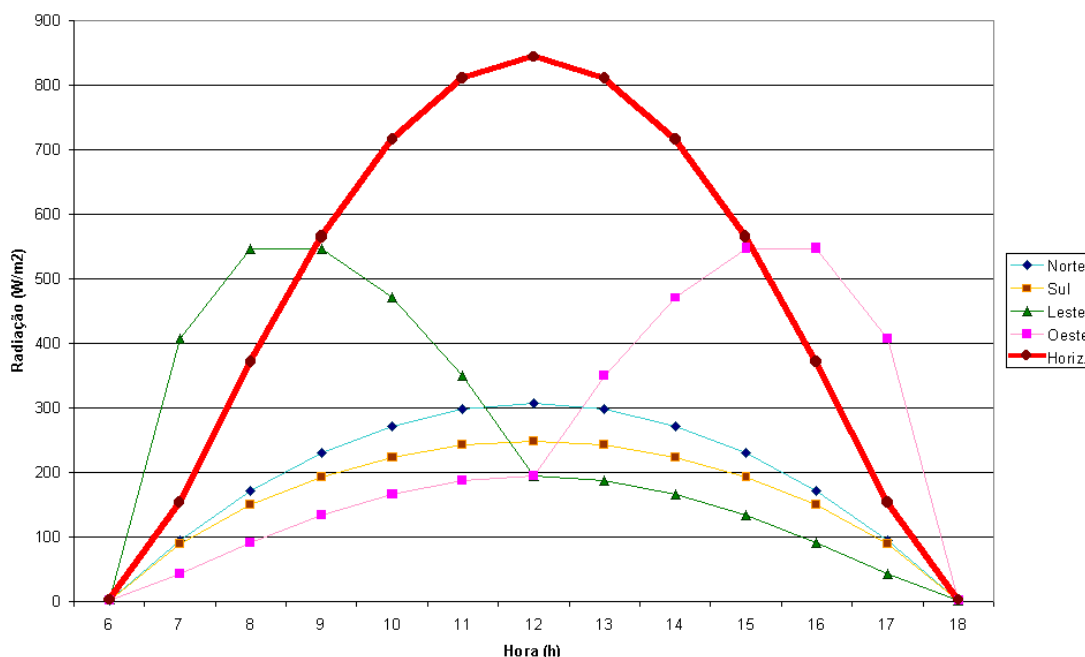


Gráfico 01: Dia típico de radiação solar global em Natal

Fonte: Araújo (1997: 28)

3 O Arqitrop e suas limitações

Desenvolvido pelo Arquiteto Maurício Roriz, o Arqitrop é um programa computacional, formado por sistemas integrados de bancos de dados e rotinas de cálculo que possibilita a simulação do desempenho térmico e da adequação climática de edificações. Essas simulações proporcionam também melhorar o conforto ambiental no tocante aos aspectos térmicos e, desta forma, contribuir para a economia de energia elétrica na utilização de equipamentos mecânicos para o condicionamento ambiental. O Arqitrop apresenta dois bancos de dados: um de clima e outro de materiais e componentes. O banco de dados climáticos contém as normais climatológicas para várias cidades brasileiras, divulgadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura e complementados com dados da Diretoria de Rotas Aéreas do Ministério da Aeronáutica; o banco de materiais e componentes é subdividido em dois grupos. Um deles apresenta os dados das características termofísicas dos materiais mais comumente empregados na construção, e foram compilados principalmente dos dados publicados pelo Centre Scientifique et Technique du Bâtiment da França, pelo laboratório Nacional de Engenharia Civil de Lisboa e pelo Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo. O outro é o banco de componentes, que consiste em um conjunto de dados sobre os fechamentos normalmente utilizados na construção civil. Apresenta um grupo de componentes horizontais, no qual estão incluídos pisos e coberturas, e um segundo grupo, formado pelos elementos verticais, que engloba paredes e painéis.

O Arqitrop fornece dois produtos para auxiliar os projetistas: recomendações e avaliações do desempenho de projetos. Com um projeto definido, o sistema proporciona condições de se avaliar o desempenho térmico do mesmo, em função de uma determinada implantação, dados climatológicos, geográficos e de um sistema construtivo adotado. O Arqitrop servirá neste trabalho para avaliação de 06 modelos de coberturas, que serão mais detalhadas.

Durante o processo de avaliação, percebeu-se algumas limitações no software, resultando assim em algumas adequações das características reais do ambiente em relação aos dados cedidos pelo Arqitrop. Vejamos alguns pontos que não são considerados no processo da inclusão de dados:

- Quando a janela não é de vidro (como foi realizado nas simulações computacionais), o software não pergunta se há ou não proteção quanto à radiação solar;
- Não considera proteção de beiral;
- Não considera o esfriamento do ambiente que possa ser ocasionado com o uso do ar condicionado.
- Não considera a inclinação nem a orientação das coberturas, pois o fluxo pode ser maior do que as coberturas planas horizontais. Por exemplo: uma cobertura inclinada 25°, voltada para o Sul recebe maior fluxo para a condição de verão se esta for voltada ao Norte. Isto se deve ao ângulo de incidência dos raios solares com relação à normal à cobertura (i). No primeiro caso temos i menor que para o segundo, isto é, os raios solares incidem mais próximos à normal para a orientação Sul (Figura 01).

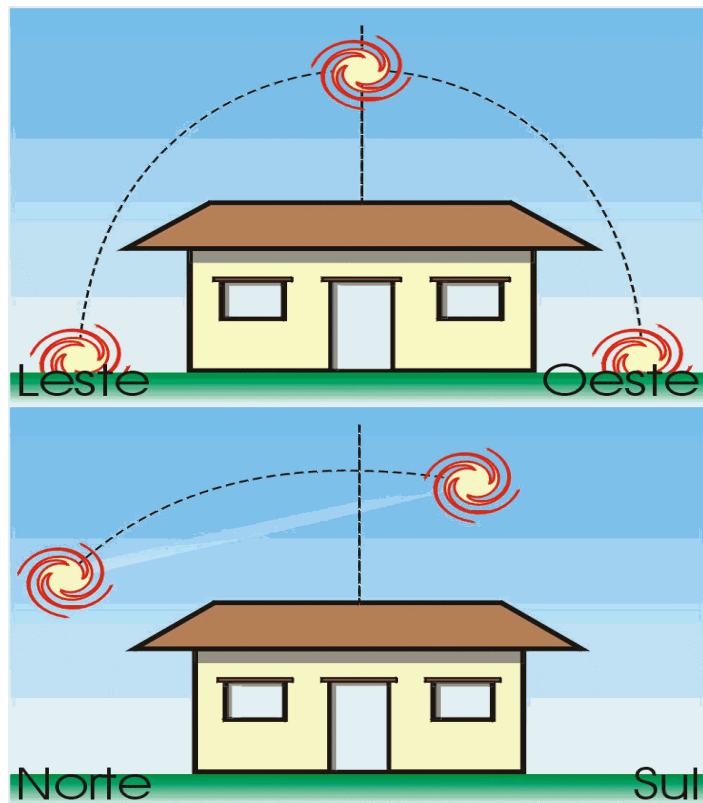


Figura 01: Incidência Solar em relação à normal

Fonte: Arquivo particular

Apesar destas limitações, as avaliações realizadas no Arqitrop servem como parâmetros para análises dos 06 modelos estudados, e qual deles mais se adequa a Natal quanto às suas propriedades térmicas.

4 Modelos em Análise:

Para uma melhor sistematização do estudo, definiu-se 03 tipos de modelos, que dizem respeito à sua técnica construtiva, sendo que cada modelo foi analisado com a telha de barro e a de fibro-cimento, visto que esses são os materiais mais usuais em nossa cidade.

- MODELO 01: telha sem forro (diretamente sobre o madeiramento);
- MODELO 02: telha diretamente sobre a laje (laje inclinada);
- MODELO 03: telha sobre o madeiramento com laje (forro) de concreto na horizontal.

Para realizar a simulação do desempenho das coberturas em estudo, o Arqitrop necessita de um protótipo que represente uma edificação ou um ambiente, e para tal usou-se como referência uma "edificação" de 4m x 4m, para que não existissem fachadas diferenciadas com relação às suas dimensões. As janelas são pivotantes de madeiras e medem 2mx1m/1m, e encontram-se nas 04 fachadas. Quanto a orientação, o protótipo foi locado de forma as suas fachadas voltarem-se para o lado Norte/Sul e Leste/Oeste.

Tendo então as características dos modelos das coberturas a serem analisadas, pode-se partir para a inclusão dos modelos no banco de dados, para realizar as simulações computacionais. Esses dados representam exatamente as "características do projeto", que servirão como parâmetros para a realização das simulações. Além desses dados incluídos, alguns parâmetros foram adotados, sendo eles:

- Avaliação realizada no dia 10 (Fevereiro e Julho);
- Parede com cores claras e de tijolo cerâmico 8 furos com revestimento duplo;
- Renovação do ar de 30 vol/h;
- Temperatura de neutralidade térmica de $26^{\circ}\text{C} \pm 1,75^{\circ}\text{C}$;
- Uso das janelas de 7h às 22h - duração = 15h;
- Ocupação de 02 pessoas de 18h às 7h - duração = 14h;
- Calor de 1 000W, gerados pelos equipamentos (lâmpadas, TV, forno/fogão, etc.) de 18h às 24h - duração = 6h;
- Cobertura: variável, conforme modelo.

5 Análise dos resultados obtidos

Para uma melhor compreensão das simulações realizadas, os dados que nos possibilitam analisar o desempenho térmico das coberturas quanto a emissão de calor para o interior do ambiente, foram tabulados. Os valores tabulados foram o de **K** (coeficiente global de transmissão térmica - $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$), as **taxas horárias dos fluxos térmicos calculados** (em Watts) que nos indicarão através de valores positivos e negativos os ganhos e perdas de calor (respectivamente) através da parede, da cobertura e da ventilação e por fim o **consumo energético necessário para a refrigeração** (KWh) para manter a temperatura interior nos níveis pré estabelecidos. (Tabela 01). Além da tabulação dos dados, foram realizados gráficos dos valores obtidos.

Tabela 01: Valores Tabulados:

M O D E L O S	K	Parede	Cobert	Vent.	Refrigeração
MOD 01 BARRO VERÃO	6,2	90 -85	1 507 -503	-566	522,50
MOD 01 FBCIM VERÃO	6,8	88 -88	2 028 -583	-774	603,70
MOD 01 BARRO INVER	6,2	97 -95	1 387 -559	-545	209,80
MOD 01 FBCIM INVER	6,8	95 -98	1 855 -645	-648	254,40

MOD 02 BARRO VERÃO	3,3	91 -86	799 -265	-711	415,70
MOD 02 FBCIM VERÃO	3,5	90 -87	1 077 -316	-778	448,90
MOD 02 BARRO INVER	3,3	96 -97	732 -298	-668	153,90
MOD 02 FBCIM INVER	3,5	96 -98	983 -351	-724	174,50
MOD 03 BARRO VERÃO	2,2	72 -75	488 -154	-669	344,40
MOD 03 FBCIM VERÃO	2,3	71 -76	640 -172	-725	363,90
MOD 03 BARRO INVER	2,2	77 -84	444 -177	-635 49	129,50
MOD 03 FBCIM INVER	2,3	76 -85	580 -197	-684 19	141,90

Tendo como parâmetro de análise os dados acima e os gráficos realizados, foi possível obter algumas considerações

Quanto as taxas de fluxos térmicos (valores positivos - ganhos, valores negativos - perdas) das paredes, esses nunca se aproximavam dos valores apresentados pela cobertura, ratificando assim a veracidade de que a cobertura é quem mais recebe e irradia calor (nos horários mais críticos) em nossa região. Esse fato foi comum para todos os modelos analisados, independente do tratamento térmico, dado as coberturas. (Gráfico 02).

Ganhos térmicos Cobertura x Parede Oeste

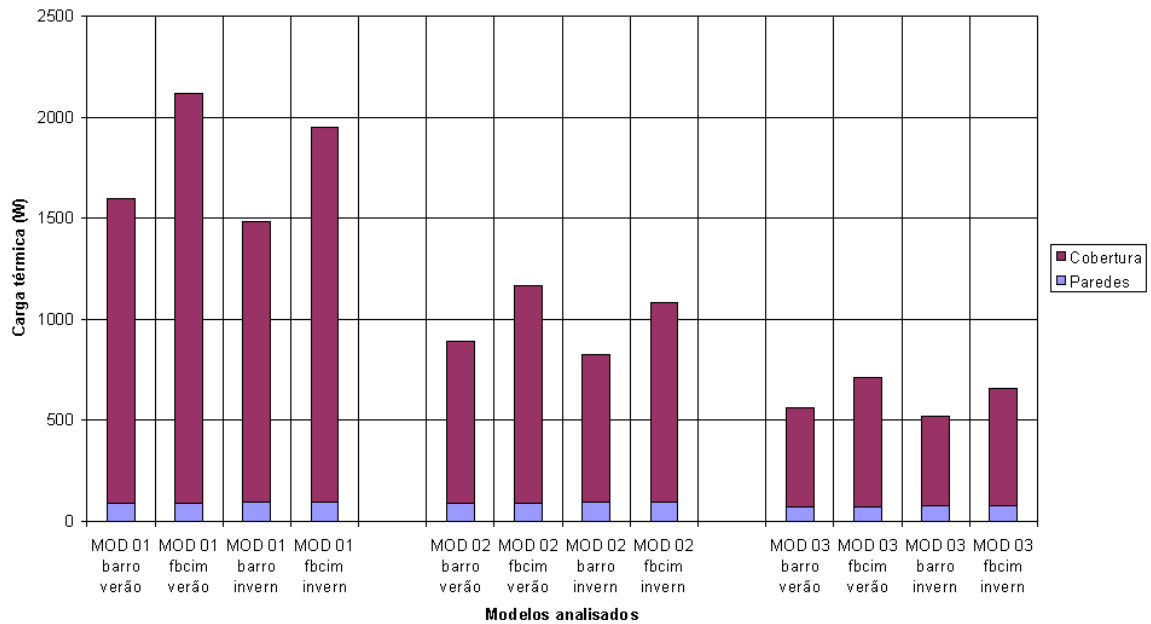


Gráfico 02: Comparação dos valores de ganho térmico da parede Oeste em relação a cobertura

Portanto foi o valor do consumo energético necessário para refrigeração o índice usado para a avaliação do objeto de estudo.

Percebe-se que o modelo 03 é o mais eficiente quanto a resistência térmica, observando a variação dos valores necessários para o consumo energético necessário para a refrigeração, sendo de no máximo 363,90KWh no modelo 03, ao passo que no modelo 02 e 01 tivemos altos valores como 448,90KWh e 603,70KWh respectivamente.

Esses dados se tornam mais compreensíveis ao analisarmos o gráfico 03.

Carga térmica da cobertura (W) e consumo energético para refrigerar (KWh)

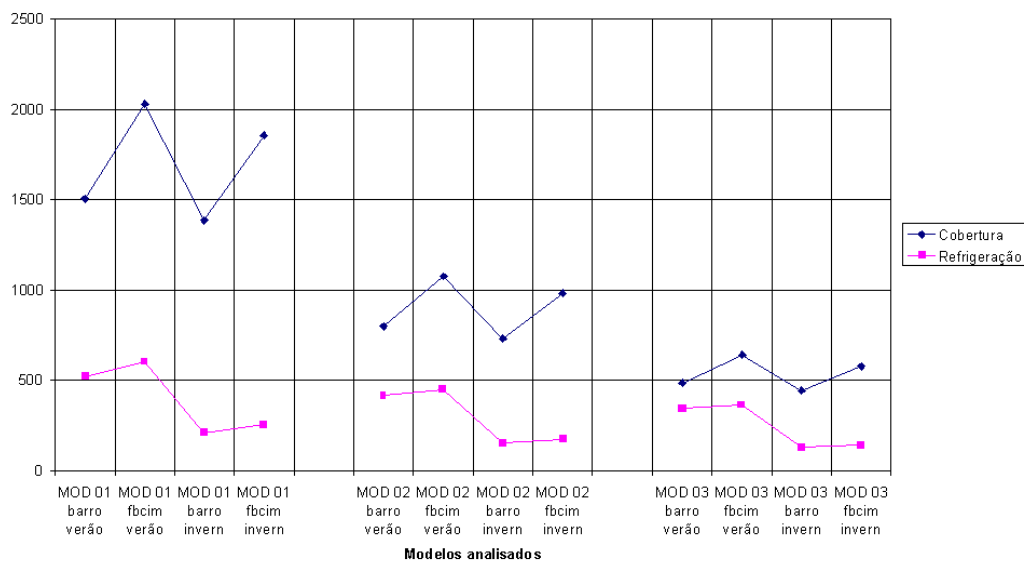


Gráfico 03: Carga térmica da cobertura e consumo energético necessária nos modelos 01, 02 e 03.

Temos então como consideração parcial de que dos três modelos analisados, o modelo 03 é o que melhor responde as questões térmicas e energéticas para a Cidade em estudo, e quanto aos dois tipos analisados no modelo 03, no que diz respeito ao material da cobertura (barro e fibro-cimento), foi a telha de barro que melhor resultado apresentou, tanto no Inverno como no Verão, no que concerne à carga térmica incidida pela cobertura como a quantidade de consumo energético necessário para permanecer o ambiente refrigerado em níveis pré-estabelecidos.

6 Conclusão

Conclui-se que diante das simulações no Arqutrop para as diferentes tipologias de coberturas (modelos 01, 02, e 03), a que apresentou melhor desempenho térmico para a nossa cidade, foi a do modelo 03 com telha de barro, ou seja, a telha de barro sobre o madeiramento com um espaço ático intermediário entre a cobertura e o forro de concreto que é representado pela laje de cobertura em um pavimento térreo.

Apesar da importância da tipologia da cobertura na eficiência energética, outros fatores foram importantes pelas perdas de calor segundo o Arqutrop, sendo hierarquicamente a ventilação, a coberta e as fachadas, confirmando que o importante, para a nossa região em estudo, continua sendo o sombrear e o ventilar.

7 Referências Bibliográficas

ARAÚJO, E.; MARTINS, T.F.; ARAÚJO, V. (1997): Dias climáticos típicos para o projeto térmico de edificações em Natal. Natal: EDUFRN,.

BITTENCOURT, L. (1998): Uso das cartas solares - diretrizes para arquitetos. 2ª ed. Maceió: EDUFAL.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L. ; PEREIRA, F. (1997): Eficiência energética na Arquitetura. São Paulo: PW.

MACHADO, I.; RIBAS, O.; OLIVEIRA, T. *et. all.* (1986): Cartilha: procedimentos básicos para uma arquitetura no trópico úmido. São Paulo: Pini.

MARQUES, R. S. (1998): Importância da radiação solar na cobertura em Natal. / Módulo 08 do curso de especialização de estudo do habitat construído com ênfase na questão ambiental, Natal/RN,.

MASCARÓ, J. L. (1998): O custo das decisões Arquitetônicas. 2. ed. Porto Alegre: Sagra Luzzatto.

MASCARÓ, L. (1996): Ambiência Urbana. Porto Alegre: Sagra Luzzatto.

MASCARÓ, L. (1991): Energia na edificação - estratégia para minimizar seu consumo. 2. ed. São Paulo: Projeto.