

## INFLUÊNCIA DA GEOMETRIA DO TELHADO NA RADIAÇÃO SOLAR INCIDENTE NOS EDIFÍCIOS

**CASTANHEIRA, R. G. (1); COSTA, C. E. S (2)**

(1) Professor Adjunto, M.Sc., UFRuralRJ/IT/DAU  
Rodovia BR 465, Km 7 Seropédica, RJ – CEP 23890-000  
e-mail: [rgc@ufrj.br](mailto:rgc@ufrj.br)

(2) Professor Adjunto, D.Sc., UFRuralRJ/IT/DAU  
Rodovia BR 465, Km 7, Seropédica, RJ – CEP 23890-000  
e-mail: [educosta@ufrj.br](mailto:educosta@ufrj.br)

### RESUMO

A geometria da construção exerce grande influência sobre o conforto ambiental no interior de uma edificação, principalmente pelo controle da radiação solar incidente nas fachadas e no telhado, bem como nas aberturas, tais como portas e janelas. A forma, o pé-direito, a inclinação e o tipo construtivo do telhado, as dimensões dos beirais, o uso de protetores solares do tipo cortinas, persianas e venezianas, devem ser analisados cuidadosamente de modo a possibilitar um controle efetivo do ambiente por meios passivos. O objetivo do presente trabalho foi o de estudar a influência da geometria do telhado sobre a incidência da radiação solar nos edifícios baixos, considerando-se a sua orientação e as formas de telhado mais comumente utilizadas para este fim. Os resultados permitiram concluir que os edifícios que utilizam telhados com grandes fechamentos e/ou aqueles mais inclinados recebem maiores quantidades de radiação solar.

### ABSTRACT

The geometry of the construction exercises great influence on the environmental comfort inside a construction, mainly for the control of the incident solar radiation in the facades and in the roof, as well as in the openings, such as doors and windows. The form, the foot-right, the inclination and the constructive type of the roof, the use of curtains, blinds and venetian in the openings they should be analyzed carefully in way to facilitate an effective control of the atmosphere for passive means. The objective of the present work went the one of studying to influence of the geometry of the roof on the incidence of the solar radiation in the buildings, being considered its orientation and the roof forms more commonly used for this end. The results allowed to end that the buildings that use roofs with great closings and those inclined they receive larger amounts of solar radiation.

### 1. INTRODUÇÃO

A cada segundo a Terra recebe do Sol uma quantidade de energia equivalente a 47 bilhões de kilowatts-hora. Em termos de ordem de grandeza, esta quantidade de energia seria suficiente para suprir as necessidades energéticas anuais da humanidade em apenas 20 ou 30 minutos, o que demonstra a necessidade de se conhecer os mecanismos que influenciam os valores da intensidade da radiação solar incidente nas superfícies planas, para que dela possamos nos beneficiar ou nos proteger.

Na maioria dos casos relativos às construções, a intensidade e a direção da radiação solar incidente possui grande influência sobre o valor da carga térmica nos edifícios, causando desconforto aos ocupantes ou aumentando o consumo de energia elétrica em sistemas artificiais de climatização. Nos climas tropicais, como o do Rio de Janeiro, a radiação solar é uma variável climática fundamental nos estudos que envolvem conforto ambiental e eficiência energética.

É sabido que as condições que definem o ambiente térmico são determinadas pela combinação de uma série de fatores, tais como: temperatura, umidade e velocidade do ar e a intensidade da radiação solar. O conhecimento dos mecanismos que influem na intensidade da radiação solar incidente nas superfícies externas das edificações e, seu conseqüente controle, certamente colaboraram para a melhoria das condições térmicas no interior dessas edificações. Os critérios para estabelecimento da melhor forma da construção são aqueles que consideram uma maximização dos ganhos solares no inverno e a menor captação de radiação solar no verão (OLGYAY, 1992).

A incidência da radiação solar sobre as fachadas e os telhados pode elevar a temperatura no interior das edificações pois, dependendo das propriedades óticas das superfícies, a radiação solar é em grande parte absorvida, acarretando um aumento na temperatura das mesmas e, conseqüentemente, transmitindo-se para os ambientes internos. Quando, a radiação solar incide sobre planos envidraçados, tais como janelas e clarabóias, grande parte é transmitida pelo vidro, transformando-se em calor nas superfícies interiores, ficando retida no interior do edifício devido ao efeito estufa. É necessário, portanto, ter um cuidado especial com a utilização de painéis envidraçados que são responsáveis por grandes aumentos na carga térmica dos edifícios, podendo causar desconforto aos ocupantes, ou ainda, enormes gastos de energia elétrica com sistemas de climatização

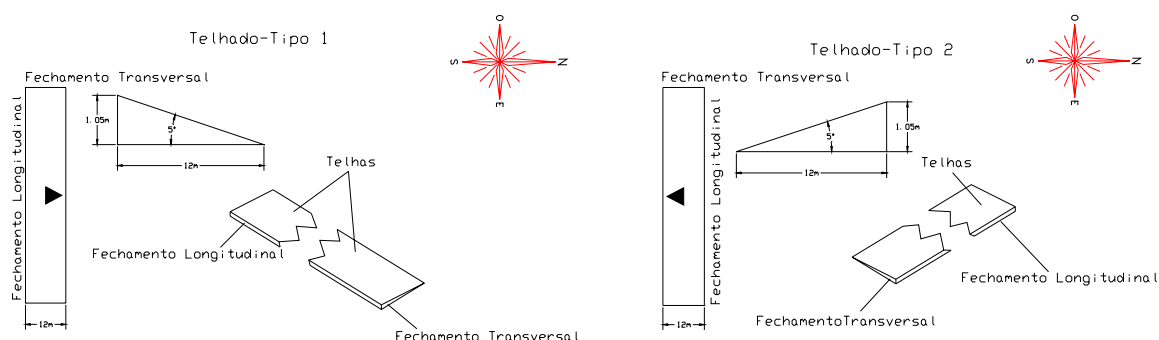
Por sua vez, o telhado é, sem dúvida nenhuma, o elemento construtivo da envoltória da edificação mais exposto à ação da radiação solar incidente e é, também, o elemento de mais difícil proteção, onde os valores da radiação solar incidente são menos sensíveis à influência da orientação do edifício. Tal fato deve-se à grande área de interceptação de radiação e normalmente às baixas inclinações destes planos, principalmente em instalações situadas em regiões tropicais, onde a incidência da radiação solar ocorre numa direção próxima à perpendicular aos planos que compõem a cobertura, principalmente no verão e nas horas de maior intensidade de radiação (RODRIGUES e ARAUJO, 1996).

O estudo da intensidade da radiação solar incidente em superfícies planas mostra que através das variações nos valores da orientação e da inclinação, pode-se minimizar ou maximizar os valores da radiação solar incidente sobre estas superfícies, conforme as necessidades envolvidas nos diversos tipos de projetos. É possível, por exemplo, minimizar a quantidade de energia solar que incide sobre um edifício no verão melhorando as condições de conforto no seu interior, ou ainda, maximizar a quantidade de energia solar que incide sobre a superfície de um coletor solar, aumentando sua eficiência.

Considerando-se o exposto anteriormente o presente trabalho objetivou estudar a influência que a geometria da cobertura exerce sobre os valores da radiação solar incidente sobre a edificação, considerando-se uma orientação ideal do edifício sob o ponto de vista das fachadas e as formas de telhado mais comumente adotadas.

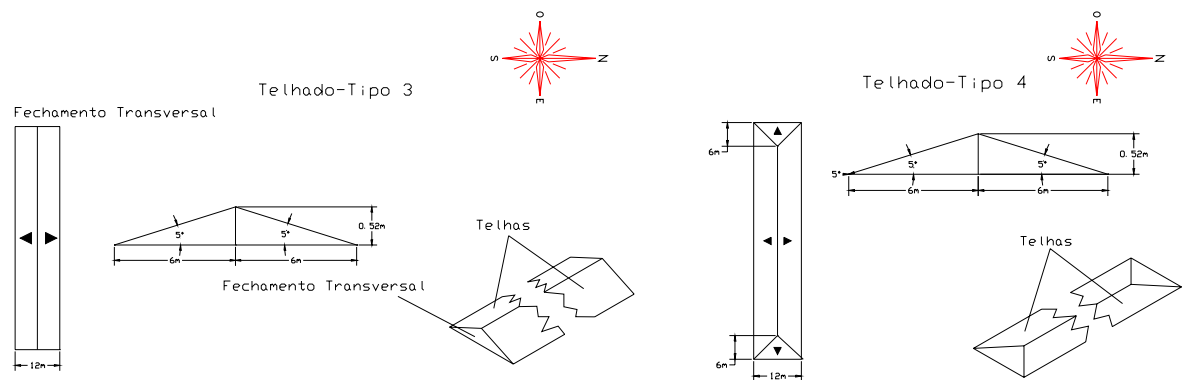
## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Avaliaram-se telhados com uma água; duas águas e quatro águas, para pequena inclinação ( $I = 5^\circ$ ) e média inclinação ( $I = 25^\circ$ ). Como se pode observar através da Figura 1, o telhado do tipo 1 representa os de baixa inclinação, com um só plano de telhas (uma água) orientado no sentido norte. Telhados deste tipo possuem fechamentos longitudinais e transversais. O do tipo 2 é uma variação do primeiro e, quando situado na posição referenciada, o plano das telhas encontra-se orientado no sentido sul.



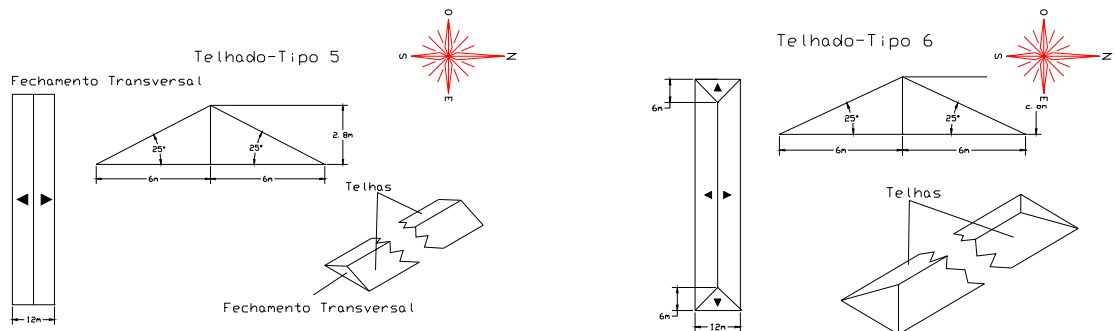
**Figura 1 - Telhados tipos 1 e 2**

O telhado do tipo 3, representa os de baixa inclinação com dois planos de telhas (duas águas). Estes tipos de telhado só possuem fechamentos transversais. O tipo 4 representa aqueles com baixa inclinação com quatro planos de telhas (quatro águas). Telhados deste tipo não possuem fechamentos, como pode ser observado na Figura 2.



**Figura 2 – Telhados tipos 3 e 4**

Já o telhado do tipo 5, representa os de média inclinação com dois planos de telhas (duas águas). Telhados deste tipo possuem somente fechamentos transversais. Finalmente, o telhado do tipo 6 é aquele de média inclinação com quatro planos de telhas (quatro águas), não possuindo, portanto, fechamentos laterais, como se pode comprovar através da Figura 3.



**Figura 3 - Telhados tipos 5 e 6**

Para viabilizar a pesquisa, foi utilizado um programa computacional, desenvolvido em linguagem AutoLisp no Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFRuralRJ, que permite o cálculo da radiação solar total (direta, difusa e refletida) incidente nas superfícies planas com inclinação e orientação genéricas, ao longo de um mês, partindo de informações, tais como: a orientação e a inclinação dos planos estudados, os valores da radiação solar média diária do mês em que ocorre o estudo e o albedo do solo. Tal programa, denominado de “RAD”, é um aplicativo desenvolvido para as versões R.14 e 2000 do programa computacional AutoCAD e tem como objetivo, calcular os valores da quantidade de energia solar incidente em superfícies planas orientadas e inclinadas através de três pontos distintos e não colineares. Tem como base, equações desenvolvidas por Liu e Jordan e aperfeiçoadas por Klein, apresentadas em DUFFIE e BECKMAN (1980) e um método numérico também desenvolvido no Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFRuralRJ, para o cálculo do fator de radiação direta médio mensal, que relaciona os dados obtidos para a radiação solar direta incidente em um plano horizontal, com os valores incidentes em um plano com inclinação genérica. O aplicativo atua sobre um modelo tridimensional simples da edificação e possibilita a inserção dos pontos que definem os planos na forma gráfica por meio do mouse ou numericamente através de coordenadas cartesianas ou esféricas pelo teclado. Os dados restantes são inseridos numericamente através do teclado.

O aplicativo “RAD” fornece resultados do azimuth e da inclinação dos planos estudados, a área do triângulo definido pelos três pontos inseridos, o valor da radiação média diária mensal por unidade de área, o valor da radiação total mensal por unidade de área, o valor radiação total mensal incidente na área definida pelos três pontos e o valor acumulado da radiação solar incidente nos diversos planos

analisados. Por meio do programa computacional referido anteriormente, foi realizado o cálculo da radiação solar incidente ao longo do mês, nos planos que compõe a cobertura e as fachadas do galpão.

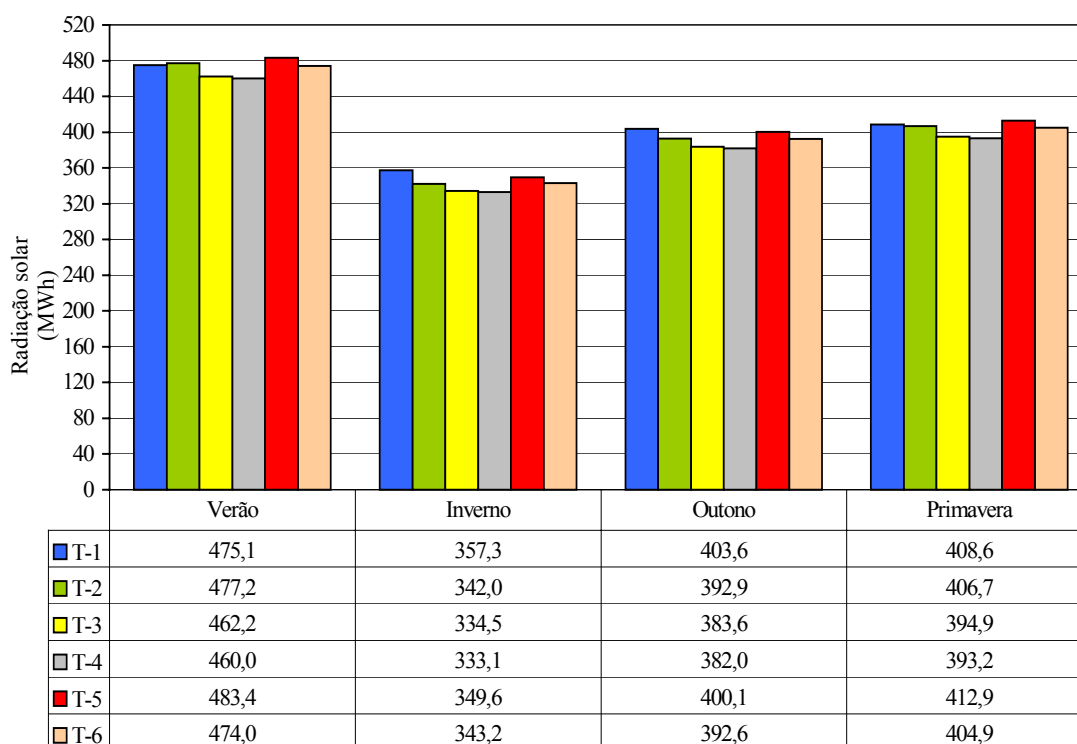
As simulações não consideram quaisquer formas de proteção contra a radiação solar incidente, tais como beirais e foram realizadas para o Estado do Rio de Janeiro (latitude = - 23°) nos períodos correspondentes às quatro estações do ano, considerando-se, ainda, os valores da radiação solar média diária mensal fornecidos por CORBELLA (1995), um solo com albedo igual a 0,2 e prédios com 12,0 m de vão, 60,0 m de comprimento e pé-direito igual a 3,0 m. A Figura 1 apresenta os tipos de telhados avaliados. É importante destacar que os fechamentos são trechos de fachadas que têm como finalidade compor o telhado. Apesar de se comportarem como fachadas, foram considerados nos resultados, como partes integrantes do telhado.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 e na Figura 4 são apresentados os resultados absoluto e relativo para a radiação solar global, incidente na envoltória da edificação, ao longo das quatro estações do ano, para cada tipo de telhado estudado, considerando-se o eixo da mesma posicionado na direção Leste-Oeste.

**Tabela 1 - Comparações entre os valores da radiação solar incidente nos edifícios, considerando os diversos tipos de telhados utilizados P/Q**

Telhado		Numerador – P					
		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6
Denominador - Q	Verão						
	Tipo 1	1,00	1,00	0,97	0,97	1,02	1,00
	Tipo 2	1,00	1,00	0,97	0,96	1,01	0,99
	Tipo 3	1,03	1,03	1,00	1,00	1,05	1,03
	Tipo 4	1,03	1,04	1,00	1,00	1,05	1,03
	Tipo 5	0,98	0,99	0,96	0,95	1,00	0,98
	Tipo 6	1,00	1,01	0,98	0,97	1,02	1,00
	Inverno						
	Tipo 1	1,00	0,96	0,94	0,93	0,98	0,96
	Tipo 2	1,04	1,00	0,98	0,97	1,02	1,00
	Tipo 3	1,07	1,02	1,00	1,00	1,05	1,03
	Tipo 4	1,07	1,03	1,00	1,00	1,05	1,03
	Tipo 5	1,02	0,98	0,96	0,95	1,00	0,98
	Tipo 6	1,04	1,00	0,97	0,97	1,02	1,00
	Outono						
	Tipo 1	1,00	0,97	0,95	0,95	0,99	0,97
	Tipo 2	1,03	1,00	0,98	0,97	1,02	1,00
	Tipo 3	1,05	1,02	1,00	1,00	1,04	1,02
	Tipo 4	1,06	1,03	1,00	1,00	1,05	1,03
	Tipo 5	1,01	0,98	0,96	0,95	1,00	0,98
	Tipo 6	1,03	1,00	0,98	0,97	1,02	1,00
	Primavera						
	Tipo 1	1,00	1,00	0,97	0,96	1,01	0,99
	Tipo 2	1,00	1,00	0,97	0,97	1,02	1,00
	Tipo 3	1,03	1,03	1,00	1,00	1,05	1,03
	Tipo 4	1,04	1,03	1,00	1,00	1,05	1,03
	Tipo 5	0,99	0,98	0,96	0,95	1,00	0,98
	Tipo 6	1,01	1,00	0,98	0,97	1,02	1,00



**Figura 4 - Radiação solar global incidente na envoltória do edifício com o eixo maior posicionado na direção leste-oeste**

De acordo com os resultados apresentados, observou-se em todos os períodos do ano, que entre os telhados de baixa inclinação, os tipos 3 e 5 (somente fechamentos transversais) recebem uma quantidade menor de radiação solar incidente, quando comparados aos dos tipos 1 e 2, que também possuem fechamentos longitudinais. Para os telhados mais inclinados, os do tipo 5, devido aos seus fechamentos, recebem um pouco mais de radiação solar, quando comparados aos telhados do tipo 6 (sem possuem fechamentos).

É importante ressaltar que os resultados obtidos consideraram somente os valores da radiação solar incidente, desconsiderando, portanto, a temperatura no ambiente situado abaixo do telhado, mecanismos envolvendo trocas de calor e as condições de reflexão da radiação solar nas telhas.

#### 4. CONCLUSÕES

Os edifícios que utilizam telhados com grandes fechamentos (empenas) e/ou aqueles mais inclinados recebem as maiores quantidades de radiação solar. Observou-se, ainda, que em telhados com baixa inclinação não existe uma diferença significativa entre os que são constituídos por duas e quatro águas, mas o mesmo não ocorre em telhados mais inclinados.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CORBELLA, O.D. Dados consolidados de energia solar global diária em plano horizontal para a cidade do Rio de Janeiro, Brasil. **Cadernos de Geociências do IBGE**, n.16, p. 131-168, 1995.
- DUFFIE, J.A e BECKMAN, W.A. **Solar engineering of thermal processes**. New York: John Wiley & Sons, 1980
- OLGYAY, V. (1992). **Design with climate - a bioclimatic approach to architectural regionalism**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1962.
- RODRIGUES, E.H.V. e ARAUJO, R.C.L. Influência da inclinação e do beiral do telhado sobre o conforto térmico em instalações para frangos de corte. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 1996, Bauru -SP, **Anais...** Bauru: SBEA, 1996. p.116-122.

