

## ENERGIA SOLAR E ARBORIZAÇÃO URBANA

**J. J. Mascaró**

Universidade de Passo Fundo – Faculdade de Engenharia e Arquitetura – Curso de Arquitetura e Urbanismo  
Campus I, Bairro São José, Passo Fundo – RS – Brasil, CEP 99001-970  
Tel. 055 54 – 33168100 - Fax 055 54 - 33168211 e-mail: arqmascaro@terra.com.br

**RESUMO :** Os ambientes urbanos são significativamente mais quentes que os rurais, um fenômeno conhecido como “ilha de calor”. As temperaturas urbanas têm aumentado em média entre 1,1°C e 2,2°C nos últimos 40 anos. Dos métodos disponíveis e eficientes para diminuir a demanda urbana por refrigeração, o uso de árvores e superfícies de alto albedo é o mais recomendado. Estudos realizados informam valores de sombreamento e desempenho ambiental das espécies arbóreas usadas em Porto Alegre/RS, verificando a importância de sua presença para uma boa ambiência urbana na região. Através de medições ambientais de ruas arborizadas e secas (sem arborização), se obteve valores da ordem de grandeza da eficiência da vegetação urbana como sombreamento adequado da insolação de verão, permitindo a passagem da radiação solar no inverno quando escolhida corretamente e espécie arbórea usada.

**Palavras chave:** Soleamento, ambiência urbana, vegetación urbana, ahorro energético.

### INTRODUÇÃO

Os verões cada ano mais quentes podem custar dinheiro à prefeitura local porque o aumento de temperatura em áreas urbanas impacta diretamente nos custos de refrigeração. Em cidades com mais de 100.000 habitantes, o pico da demanda utilitária aumenta 1,5% a 2% para cada 0,6° C de aumento de temperatura (DOE, 2000). As temperaturas urbanas ao longo do Brasil têm aumentado em média entre 1,1°C e 2,2°C nos últimos 40 anos, o que significa que as cidades estão pagando para se manter frescas no verão (IBGE, 2001). Dos métodos disponíveis e eficientes para diminuir a demanda urbana por refrigeração, o uso de árvores e superfícies de alto albedo são frequentemente mencionados como os mais adequados na bibliografia sobre o tema. Superfícies de albedo alto têm os materiais de construção que são mais refletivos à radiação solar (cores claras) e podem reduzir grandemente a carga de refrigeração da edificação. Mas o foco central desta questão está no uso de árvores como o melhor método de resfriar as áreas urbanas, convivendo em harmonia com os equipamentos e as infra-estruturas urbanas e contribuindo para a composição estética da paisagem citadina.

### INSOLAÇÃO URBANA E SUAS CONSEQUÊNCIAS

Os ambientes urbanos são significativamente mais quentes que os rurais, um fenômeno conhecido como “ilha de calor”. A diferença de temperatura entre as áreas rurais e urbanas varia entre valores pequenos, 1,1° C a 4,4° C em St Louis Missouri a 5,6° C na cidade de New York e até 10°C na cidade de México (DOE, 1999). Em dias quentes de verão a diferença entre a temperatura do ar no centro de Porto Alegre, RS, e sua periferia rural chega a 4°C e até 7 °C na cidade de Novo Hamburgo, RS (MASCARÓ et al, 2003).

Além disso, os verões mostram sinais de um ciclo infeliz. O aquecimento das cidades no verão favorece níveis altos de poluição e essa poluição contribui para acentuar o efeito da ilha de calor. As maiores temperaturas, mais rápido se produzem as reações químicas que levam a altas concentrações de ozônio e, à noite, a poluição sobre a cidade inibe a perda térmica. A vegetação também contribui para a redução da poluição do ar. É só na presença de quantidades significativas de poluição produzida pelo homem que algumas das muitas substâncias que as árvores e as plantas produzem tornam-se participantes da formação de ozônio no ar.

Outro fator exacerbante da situação é que o desenvolvimento de edificações e indústrias em áreas urbanas continua crescendo sem replantar a vegetação que sua construção destruiu. Em Porto Alegre a cobertura vegetal vem diminuindo sensivelmente à medida que o solo urbano se densifica e não se procede à substituição das que foram cortadas ou simplesmente morreram (fig.1). A redução da cobertura vegetal da cidade apresenta forte correlação com as distâncias ao centro, resultado da

relação com a intensidade de urbanização, inversamente relacionada à distância ao centro urbano. A zona de edifícios altos (alta intensidade de urbanização) e as áreas industriais e comerciais apresentam valores abaixo de 20% de cobertura vegetal, dos quais as áreas verdes públicas foram as que mais contribuíram. A maior parte da cidade apresentava, na década passada, valores abaixo de 45%. Nas áreas centrais, as mais utilizadas pela população, a cobertura vegetal esteve abaixo de 15% na década passada; situação encontrada em desertos. A semelhança fica mais nítida em dias de verão, quando a umidade do ar cai a níveis reais de deserto: 35°C de temperatura e 18% de umidade relativa do ar numa tarde de verão, em Porto Alegre.



*Figura 1 – Respectivamente zona urbana arborizada e zona seca de Porto Alegre, RS.  
Fonte: Google Earth, 2006.*

Nas cidades americanas somente é plantada uma árvore para cada quatro removidas. Na cidade de New York, por exemplo, perderam-se 20% de sua floresta urbana (175.000 árvores) na final de cada década passada. Existe em Porto Alegre o Projeto Especial de Rearborização de Vias, já tem algumas obras realizadas, que não levam em consideração os aspectos energéticos nos critérios de seleção e organização das espécies, caso do Bairro Meninos Deus e da Terceira Perimetral. Mas, pelo menos, existe o projeto como parte do Plano Diretor de Arborização de Vias Públicas de Porto Alegre (2000).



*Figura 2 – Sombreamento da vegetação sobre a fachada da edificação numa Rua de Porto Alegre, RS.*

Estudos realizados (PREAMBE, 2001) informam valores de desempenho ambiental das espécies arbóreas usadas em Porto Alegre, verificando a importância de sua presença no recinto urbano. A vegetação interfere no desempenho termoluminoso do recinto urbano e de seus edifícios orientados para o norte, leste e oeste. Árvores de folhas caducas, no inverno, apresentam obstruções à passagem da insolação e da luz natural que variam entre 5% e 65%, segundo a espécie arbórea, sendo consideradas adequadas para latitude 30° S as que bloqueiam a radiação solar até em 20%. É importante considerar este efeito na estimativa de consumo de energia da edificação. O valor de transmitância luminosa da vegetação, no inverno, deve ser pelo menos de 40% para se ter valores de iluminância adequados para realizar tarefas visuais de exigência média (cerca de 300 lux). No verão, a transmitância luminosa da maioria das espécies varia entre 5% e 10%, reduzindo significativamente a disponibilidade de luz natural e sol nas janelas sombreadas por elas.

A poupança energética pelo uso da arborização pode ser significativa. Nos EUA o efeito anual das árvores corretamente usadas representa uma poupança média de cerca de 20% a 25% dos custos energéticos residenciais, comparados com os mesmo custos para uma casa numa área desprotegida, sem vegetação.

## DESEMPENHO DA VEGETAÇÃO COMO FILTRO TERMOLUMINOSO E BLOQUEADOR SOLAR URBANO

### *Recinto urbano seco*

Foi estudada uma rua da área central da cidade, espaço de uso misto, caracterizada pelo trânsito intenso de pessoas e veículos automotores. Nesse trecho configura-se como recinto deteriorado, no qual estão presentes casas térreas e edificações de dois pavimentos, fig. 3. Como toda rua orientada para leste-oeste na região subtropical, somente sua fachada norte e parte da calçada e rua recebem insolação no inverno, criando um efeito ambiental assimétrico, com espaços diferenciados. Por ser uma rua de perfil heterogêneo, a fachada norte recebe poucas sombras projetadas no inverno enquanto que no verão a rua e a edificação orientada para o norte recebem insolação total. Impõe, assim, à edificação que a delimita características no seu comportamento climático e energético.



Figura 3 – Rua seca, sem arborização, Porto Alegre,RS.

A ausência de vegetação acentua a situação de deserto urbano, sendo a maior percentagem de respostas obtidas na aplicação de questionário sobre a percepção do recinto pelos usuários de intenso calor no verão (deve-se apressar o passo para chegar a um lugar mais aconchegante, não é sítio para ficar, mas percorrer por necessidade,...) e de frio no inverno (65% das respostas recebidas correspondem a essas sensações, 10% não respondeu e 5% não sabe). Os valores registrados nas medições realizadas *in loco* estão informados na Tabela I, na qual se podem verificar as condições de ambiência da rua, caracterizada pela dominância de superfícies construídas, ausência de vegetação e presença de poluição ambiental e visual. O recinto aquece mais do que o esperado no verão, apresentando características de deserto, neste caso artificial. No inverno, a intensa insolação direta nos dias claros faz menores as diferenças de temperaturas registradas pelo Serviço Meteorológico e *in situ*, mas o vento se mantém com velocidade maior devido à proximidade de uma avenida larga, à morfologia da rua e à orientação do recinto urbano.

	Informações 8° D.M.	Valores registrados	Variação	estação
Temperatura Máxima	33°C (15h)	37°C (15h)	+ 5°C	verão
Temperatura	32°C (16,30h)	35°C (16,30h)	+ 3°C	
Umidade Relat. Ar mín.	66 % (15h)	21% (16,30h)	- 45%	
Vento	leste 2,5 Km/h	leste 8 Km/h	+ 5,5 Km/h	
Temperatura máxima	18°C (13h)	18,5°C (13h)	+ 0,5°C	inverno
Temperatura		17,0°C (14,30h)		
Umidade Rel. ar	76%	52%	- 34%	
Vento	sudeste 0,5 Km/h	2,5 Km/h	+ 2 Km/h	

Obs.: Abóbada celeste clara

*Tabela I – Temperatura e umidade relativa do ar de um recinto urbano seco, sem vegetação*

### **Recinto urbano úmido, com vegetação**

Localizado na mesma área da cidade que o anterior, apresenta uma vegetação antiga de grande porte que forma quase um túnel sobre a rua, delimitada por edificações antigas de dois pavimentos apenas, com a presença de dois edifícios de quatro andares, sendo seu perfil irregular, fig. 4. O domínio da vegetação, neste caso, determina a ambiência urbana, não tendo influência significativa das edificações. A topografia é plana e uso predominantemente residencial.



*Figura 4 – Vista da rua com vegetação, Porto Alegre. RS.*

A espécie dominante é o jacarandá, mas também se encontram tílias e salgueiros. Seu grande fator de céu visível,  $\Psi = 95\%$ , está reduzido pela vegetação a  $\Psi = 35\%$ , o que significa uma diminuição de 60% que oferece sombra peneirada (sombreamento da vegetação), o que permite que a radiação solar seja amenizada e não suprimida e o ar aquecido possa sair do recinto através da folhagem das árvores. As superfícies construídas estão protegidas da intensa insolação do verão, mas a disponibilidade de luz natural está reduzida, em média, em cerca de 70% (transmitância luminosa do jacarandá no verão), sendo necessário o uso da iluminação artificial durante o dia para a realização de tarefas visuais de exigência média; já no inverno, essa disponibilidade de luz natural aumenta para cerca de 95% porque a transmitância luminosa da espécie é de 4,7% nessa estação. A temperatura do ar registrada foi 3,8°C menor que a informada pelo Serviço Meteorológico, medida à sombra das árvores, no verão e de 1,5°C inferior no inverno. A umidade relativa do ar foi maior em 6,5% no inverno e 7% no verão. 60% das pessoas entrevistadas

responderam estarem satisfeitas com a presença da vegetação. A tabela II informa os valores registrados nas medições realizadas “in loco”.

	Informações 8° D.M.	Valores registrados	Varição	Estação
Temperatura Máxima	35,8°C (15,30h)*			verão
Temperatura	33°C (11,30h)*	29,2°C	-3,8°C	
Umidade Relat.Ar min.	66%	59,0%	-7%	
Vento	calmaria	leste		
Temperatura Máxima	22,5°C			inverno
Temperatura	19,5°C (12h)*	18°C	-1,5°C	
Umidade Relat.Ar min.	61%	67,5%	+6,5%	
Vento	leste 2 Km/h	leste 3,6 Km/h	+1,6 Km/h	

\* Horário de verão

Obs.: No verão abóbada celeste clara; no inverno abóbada celeste com nuvens esparsas.

Tabela II – Temperatura e umidade relativa do ar de um recinto urbano úmido, com vegetação

#### Exemplo dos benefícios da radiação solar no inverno

(sem sofrer a ação resfriante do vento nesse período, não significativa até o décimo andar em prédios situados em zonas de média densidade): uma janela aberta na fachada norte, permite, em média, num dia do mês de junho, a entrada de 142 W/m<sup>2</sup>; se a janela for de, por exemplo, 4m<sup>2</sup> entrariam no local 5.680 W/dia, ou seja o equivalente a calefator elétrico de mais de ½ KW funcionando durante as 10 horas. Com o preço atual da energia elétrica na região (R\$ 0,48 KW/h), ter-se-ia um gasto diário de R\$ 2,70; nos 100 dias do período invernal chegar-se-ia a um gasto anual de R\$ 270,00. Caro demais para a maioria da população local, situação de doenças respiratórias para os que não podem pagar nem sequer um consumo mínimo de energia elétrica. Grave em termos ambientais para a comunidade como um todo pela poluição local e a produzida nas áreas de produção e transporte de energia elétrica.

#### Resumindo

**A vegetação urbana:** interfere no desempenho termo-luminoso do recinto urbano e de seus edifícios orientados para o norte, leste e oeste. Árvores de folha caduca, no inverno, apresentam obstruções da insolação e da luz natural que variam entre 5% e 65% segundo a espécie arbórea, sendo consideradas adequadas para a latitude 30°S as que bloqueiam a radiação solar até 20%; é importante considerar este efeito na estimativa do consumo de energia dos edifícios. O valor de transmitância termo-luminosa da vegetação no inverno deve ser, pelo menos, 40% para se ter valores de iluminância adequados para realizar tarefas visuais de exigência média (cerca dos 300 lux), assim como da insolação para se obter a calefação passiva possível nessa época do ano. No verão a transmitância luminosa na maioria das espécies varia entre 5% e 10%, redução. **Temperatura e umidade relativa do ar:** folhagens densas ocasionam diferenças superiores a 5°C entre a temperatura ao sol e a temperatura sob a árvore, o que é desfavorável em condição de inverno. As diferenças de temperatura e umidade relativa do ar entre áreas sombreadas e ensolaradas são amenizadas com ventos superiores a 1,5m/s, sendo mais pronunciadas acima dos 5m/s. Em recintos urbanos onde árvores com transmitância luminosa superior a 80% e localizadas em espaços onde o percentual de céu aberto ficou inferior a 30%, a umidade relativa do ar atingiu níveis satisfatórios para o verão, em torno de 55%.

A obtenção deste equilíbrio, quando prevista na legislação urbana, implica em termos de energia uma poupança considerável se comparada com o custo dos sistemas de condicionamento artificial do ar – custos estes econômicos e ambientais tanto em relação às crescentes tarifas da energia elétrica num Estado que tem grandes restrições para o fornecimento de energia elétrica como à poluição ambiental produzida até hoje por esses aparelhos – e dos corretivos a introduzir, dentre eles, a vegetação urbana como filtro natural e conveniente da radiação solar incidente na cidade subtropical úmida.

## PROPOSTAS DE CARÁTER AMBIENTAL – ENERGÉTICO

A cidade subtropical úmida deve ser sombreada durante o período quente, principalmente, por uso de vegetação, a que deve ser programado em conjunto com as redes de infra-estrutura urbana para se obter uma paisagem harmoniosa e eficiente.

Um fator de visão de céu de 45° ou maior é aconselhável para um bom desenvolvimento da vegetação urbana nos micro climas urbanos de Porto Alegre, RS.

As árvores serão de folha caduca e as espécies selecionadas, do ponto de vista ambiental, em função de:

- Altura total e largura e altura de início da copa;
- Forma da copa, levando em consideração a sua função de sombreamento;
- Densidade da folhagem e densidade dos ramos (sem folhas) à penetração da radiação solar, (20% como mínimo, condição de inverno) e à passagem do vento (condição de verão, 50% recomendada);

- Taxa de crescimento – são preferíveis as que apresentarem maior taxa no início e menor no fim de seu desenvolvimento;
- Menor necessidade de poda;
- Raízes em função de sua localização em relação à edificação e à infra-estrutura urbana.

## CONCLUSÕES

Assim, a principal função da arborização no meio ambiente urbano, principalmente nos climas tropical e subtropical úmidos, é de sombreamento. Quando a rua tem árvores de grande porte que se iguala à altura dos edifícios, o sombreamento da vegetação é mais significativo, reduzindo a importância dos efeitos da geometria e da orientação do recinto urbano, diminuindo a assimetria das sombras decorrentes da orientação do eixo da rua. Devido ao baixo valor do albedo, a energia que gasta nos processos fisiológicos e a quantidade de vapor de água que produz, a vegetação constitui o material ideal para ser utilizado como sombreamento de verão da cidade.

Valores de transmitância luminosa das copas das árvores dentre 60% a 80% ou mais são considerados satisfatórios para o período frio. Permitem a iluminação natural suficiente para a realização de tarefas visuais de exigência média e calefação solar nos dias de céu claro. No verão, valores próximos dos 20% de transmitância luminosa são considerados como limite superior, sendo recomendáveis valores menores quando a sombra da copa da árvore não se projeta sobre as fachadas dos edifícios.

O programa de plantio de árvores representa uma rara oportunidade para satisfazer simultaneamente ao cidadão e ao ambiente urbano através da diminuição dos custos de refrigeração, principalmente nas regiões úmidas. Entretanto, não há planos precisos e completos que estejam sendo aplicados entre nós.

## REFERÊNCIAS

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2001). Censo Nacional. Brasília.
- Secretaria do meio ambiente. (2000). Plano Diretor de Arborização de vias públicas de Porto Alegre. Porto Alegre: Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Porto Alegre.
- US Department of energy. (1999). Urban forestry. Washington.
- Relatório de Pesquisa
- Mascaró, J. J. et al. (2003) Análise da evolução da edificação residencial e seus impactos ambientais em Porto Alegre. Comparação com a de Passo Fundo. Passo Fundo: FAER UPF FAPERGS.
- Programa de pós-graduação em arquitetura. (2001). PREAMBE, Preservação do meio ambiente pelo uso racional de energia. Porto Alegre: PROPARG UFRGS MCT FINEP.

## ABSTRACT

The dark surfaces and reduced vegetation collectively warm the summer air over urban areas, leading to the creation of the summer urban heat island. Studies on reducing city cooling loads show that it is possible to provide significant environmental and economic benefits for the community. Of the methods for reducing cooling loads, use of trees and “high-albedo surfaces” are often mentioned. This fact sheet focuses primarily on the use of trees as a method of cooling urban areas. We studied two different types of street and have found that a temperature difference between streets with trees and without them is about 4°C, higher in the second case, being the air relative humidity 40% - 50% lower; desert characteristics of the urban precincts in the care of a subtropical humid city as Porto Alegre is. Planting trees and creating a new, healthy urban forest is a positive way demonstrating concern for the environment we live in, at home in our cities as well as across our globe. The program will require a massive, worldwide effort involving the people and leaders of many nations. Planting trees is attractive both for saving money through energy efficiency for improving the quality of life in urban areas.

**Keywords:** Insolation, urban environment; urban forestry; energy conservation.