

Ilhas de calor

Lisa Gartland

como mitigar zonas de calor em áreas urbanas

tradução | Silvia Helena Gonçalves

Copyright original © 2008 by Lisa Gartland

Copyright da tradução em português © 2010 Oficina de Textos

Grafia atualizada conforme o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de 1990, em vigor no Brasil a partir de 2009.

CAPA E PROJETO GRÁFICO Malu Vallim

DIAGRAMAÇÃO Douglas da Rocha Yoshida

PREPARAÇÃO DE FIGURAS Mauro Gregolin

REVISÃO DE TEXTO Carol Mangione

TRADUÇÃO Silvia Helena Gonçalves

IMPRESSÃO E ACABAMENTO Gráfica Vida e Consciência

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Gartland, Lisa

Ilhas de calor : como mitigar zonas de calor em áreas urbanas / Lisa Gartland ; tradução Silvia Helena Gonçalves. -- São Paulo : Oficina de Textos, 2010.

Título original: Heat islands : understanding and mitigating heat in urban areas

Bibliografia

ISBN 978-85-86238-99-4

1. Ilha de calor urbano I. Título.

10-04294

CDD-555.525091732

Índices para catálogo sistemático:

1. Áreas urbanas : Ilha de calor : Meteorologia
555.525091732

2. Ilha de calor urbano : Meteorologia
555.525091732

Todos os direitos reservados à **Editora Oficina de Textos**

Rua Cubatão, 959

CEP 04013-043 São Paulo SP

tel. (11) 3085 7933 fax (11) 3083 0849

www.ofitexto.com.br

atend@ofitexto.com.br



APRESENTAÇÃO À EDIÇÃO BRASILEIRA

A experiência prática brasileira na mitigação dos efeitos das ilhas de calor é deveras reduzida. Por outro lado, há substanciais pesquisas na área acadêmica, apontando para a importância da questão no panorama urbano brasileiro. Dado o peso da produção científica nacional, dois pontos interessantes devem ser observados. Primeiro, essa produção científica volta-se para modelos teóricos e, na maior parte dos casos, para estudos de casos nacionais pontuais, devido à inexistência de intervenções efetivas. Segundo, não existe divulgação desse conhecimento no mercado editorial brasileiro, tampouco esse conhecimento é posto em prática para alterar o quadro de falta de atuação na realidade brasileira no que diz respeito à mitigação dos efeitos das ilhas de calor.

Nesses dois sentidos, *Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas*, de Lisa Gartland, vem ocupar espaço de destaque no mercado editorial brasileiro. Com relação ao primeiro ponto levantado, se, por um lado, apresenta embasamento teórico consistente acerca dos fenômenos envolvidos no fenômeno da ilha de calor, por outro, não apenas considera detidamente os elementos que na prática poderão mitigá-la, mas também ilustra de forma extensiva com exemplos efetivos de intervenções realizadas em cidades norte-americanas e de outros países. Quanto ao segundo ponto considerado, por se tratar de uma primeira divulgação específica no âmbito do nosso mercado editorial, abre campo para a publicação das relevantes pesquisas nacionais e, assim, em conjunto, constituir um campo de discussão e efetiva condição prévia para a realização consciente de intervenções no espaço construído urbano brasileiro.

A contribuição da obra estrutura-se em três partes principais, ainda que o texto não esteja assim dividido.

A primeira abrange os capítulos primeiro a quarto, apresentando desde o que é ilha de calor até como migrar, em linhas gerais, para uma situação de mitigação. Assim, no capítulo primeiro apresenta-se a definição de ilha de calor, os seus impactos e suas principais características. O capítulo segundo traz as

causas da ilha de calor, considerando um modelo clássico de balanço de energia, as trocas sensíveis e latentes e o calor resultante acumulado, dando ainda ênfase para a questão do calor antropogênico. No capítulo terceiro apresentam-se as formas predominantemente empíricas e teóricas de se considerar as ilhas de calor, por meio de levantamentos em campo e de modelagens matemáticas, respectivamente. Por fim, o capítulo quarto encerra essa primeira parte da obra, considerada aqui como introdutória, em que se expõem diversas possibilidades de intervenção para mitigar ilhas de calor.

A segunda – e central – parte da obra inclui o capítulo quinto ao sétimo. Trata especificamente, em cada um dos seus três capítulos, entre as possibilidades de intervenção elencadas no capítulo quarto, as três questões que efetivamente acabam por permitir maior grau de intervenção na prática e, por conseguinte, resultados mais significativos em termos de mitigação nos efeitos da ilha de calor. Dessa forma, o capítulo quinto trata especificamente sobre coberturas frias, trazendo a definição, os tipos existentes e seus benefícios. O capítulo sexto aborda os pavimentos frios, trazendo também esses mesmos tópicos. Por fim, o capítulo sétimo considera o resfriamento por meio de árvores e vegetação em geral, discutindo benefícios e custos, paisagismo em geral e, ainda, as soluções específicas de coberturas verdes e tetos-jardim.

A terceira – e final – parte da obra abrange os capítulos oitavo e nono, que constituem um fechamento do texto e, por assim dizer, um apêndice de como colocar em prática o que foi tratado. O capítulo oitavo apresenta os benefícios da mitigação das ilhas de calor para a comunidade, desde reduções nas temperaturas superficiais e, por conseguinte, na temperatura do ar, tratando então das consequentes economia de energia, melhoria na qualidade do ar e condições de conforto térmico – portanto, da qualidade de vida. Finalmente, o capítulo nono apresenta possibilidades para implementação e manutenção de planos de ação para efetivamente pôr em prática instrumentos para mitigar os efeitos das ilhas de calor e beneficiar-se da melhor qualidade de vida no espaço urbano resultante.

Com linguagem acessível, de eloquência didática, mas com conceitos teóricos precisos e exemplos práticos relevantes e referenciados, a obra não apenas serve de leitura para uma primeira aproximação do público leigo ao assunto, mas também contribui para profissionais, estudantes e pesquisadores da área, devido à clareza com que os tópicos são apresentados e estruturados e, principalmente, à quantidade de exemplos com soluções práticas efetivamente realizadas e a consideração crítica acerca dos resultados alcançados.

Leonardo Marques Monteiro
Professor Doutor de Conforto Ambiental e Eficiência Energética

S

SUMÁRIO

1 O que é uma ilha de calor?	11
Definição de ilha de calor.....	11
Impactos das ilhas de calor	12
Características das ilhas de calor	13
Observação	25
2 Causas da ilha de calor	27
Balanço de energia	29
Evaporação reduzida	30
Armazenamento de calor aumentado	32
Saldo de Radiação aumentado	32
Convecção Reduzida	36
Calor antropogênico aumentado.....	36
A interação das causas das ilhas de calor.....	38
3 Medição e simulação das ilhas de calor.....	39
Medição das ilhas de calor	39
Simulação das ilhas de calor	50
Observação	54
4 De ilhas de calor para comunidades frescas	55
Características típicas de utilização de terreno	55
Materiais típicos para coberturas	59
Materiais para coberturas frescas.....	62
Materiais típicos para pavimentação	63
Materiais frescos para pavimentação.....	64
Propriedades térmicas dos materiais	66
Arrefecimento com árvores e vegetação	66
Potencial de arrefecimento	69
Observação	69

5	Tudo sobre coberturas frescas	71
	Definição de cobertura fresca	72
	Tipos de coberturas frescas	80
	Os benefícios das coberturas frescas.....	90
	Outras considerações sobre coberturas frescas	100
6	Tudo sobre pavimentos frescos.....	107
	O que é pavimento fresco?	107
	Tipos de pavimentos frescos	108
	Benefícios dos pavimentos frescos	125
	Outras considerações sobre pavimentos frescos	129
7	Arrefecimento com árvores e vegetação	137
	Benefícios e custos de árvores e vegetação	138
	Análise de custo-benefício das árvores	150
	Paisagismo eficaz para o arrefecimento	153
	Coberturas verdes ou tetos jardim	162
	Observações	172
8	Benefícios da mitigação das ilhas de calor para as comunidades.....	173
	Redução de temperaturas	173
	Economia de energia	175
	Melhoria da qualidade do ar	176
	Conforto humano e melhorias para a saúde	180
	Redução de enchentes.....	184
	Manutenção e redução de resíduos.....	186
	Benefícios para a qualidade de vida.....	188
9	Plano de ação para uma comunidade fresca	189
	Motive	190
	Investigue	193
	Conscientize	199
	Demonstre	201
	Tome a iniciativa	204
	Legislação	211
	Mais oportunidades de ação	216
	A revolução fresca.....	225
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	227
	ÍNDICE REMISSIVO.....	247

DEFINIÇÃO DE ILHA DE CALOR

Há tempos observa-se que áreas urbanas e suburbanas possuem ilhas de calor, um “oásis inverso”, onde o ar e as temperaturas da superfície são mais quentes do que em áreas rurais circundantes. O fenômeno da ilha de calor vem sendo observado em cidades em todo o mundo.

A primeira documentação de calor urbano aconteceu em 1818, quando o estudo revolucionário sobre o clima de Londres (ver Fig. 1.1) realizado por Luke Howard detectou um “excesso de calor artificial” na cidade,

Um

○ QUE É UMA ILHA DE CALOR?

em comparação com o campo (Howard, 1833). Emilien Renou fez descobertas similares sobre Paris durante a segunda metade do século XIX (Renou, 1855, 1862, 1868), e Wilhelm Schmidt encontrou essas condições em Viena no início do século XX (Schmidt, 1917, 1929). Nos Estados Unidos, estudos sobre ilhas de calor começaram na primeira metade do século XX (Mitchell, 1953, 1961).

Ilhas de calor são formadas em áreas urbanas e suburbanas porque muitos materiais de construção comuns absorvem e retêm mais calor do sol do que materiais naturais em áreas rurais menos urbanizadas. Existem duas razões principais para esse aquecimento. A primeira é que a maior parte dos materiais de construção é impermeável e estanque, e

verão. A vegetação costuma manter a temperatura igual ou inferior à temperatura do ar, desde que esteja devidamente hidratada.

A magnitude e a importância das temperaturas de superfícies urbanas em uma ilha de calor não eram totalmente compreendidas até serem visualizadas do alto, no século XX. Satélites e aeronaves especialmente equipadas podem mapear as temperaturas da superfície terrestre e já mostraram pontos de calor bastante distinguíveis em áreas urbanas bem com em seus arredores por todo o mundo.

O programa Explorer Mission 1 de 1978 foi um dos primeiros a ter os dados gerados por um satélite utilizado para observar o calor urbano. Um equipamento especial, chamado radiômetro de mapeamento de capacidade calorífica, mediu as temperaturas de superfície na região de Buffalo, no Estado de Nova York. A Fig. 1.10 mostra contornos térmicos desenhados sobre a imagem visível de Buffalo em uma tarde clara de verão em 1978. As temperaturas são mais elevadas nos bairros da cidade do que em parques urbanos e áreas suburbanas.

Uma visão mais detalhada de temperaturas de superfície urbana pode ser obtida a partir de uma aeronave, uma vez que esta pode voar mais próxima à superfície terrestre e assim pode coletar imagens com maior resolução. Um exemplo de um sobrevôo de Sacramento, na Califórnia, é mostrado na Fig. 1.11. Essa imagem foi obtida pela NASA (National Aeronautics and Space Administration), por meio de um Lear Jet equipado com um ATLAS (sensor avançado de aplicativos térmicos e terrestres). A resolução de 10 m por pixel permite identificar construções individualmente. Por exemplo, na parte inferior da figura, a imagem vermelha dentro de um retângulo azul e verde mostra a cobertura do edifício do Capitólio do Estado da Califórnia, cercado por árvores e gramados em seu terreno. Na curva de convergência dos rios American e Sacramento, uma extensa área vermelha representa as coberturas de construções industriais, estacionamentos e pátios ferroviários.

Diversos estudos foram realizados para determinar como as temperaturas das superfícies afetam as temperaturas do ar em áreas urbanas (Imamura,

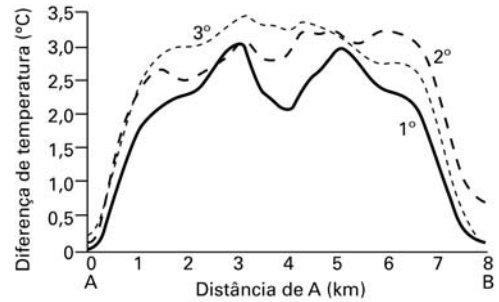


FIG. 1.9 Variações de temperatura do ar ao longo da linha tracejada AB na Fig. 1.8 medidas sucessivamente em uma única noite de inverno em Granada, Espanha

Fonte: Montavez et al., 2000.



FIG. 1.10 Contornos de temperatura da superfície sobre um mapa de Buffalo, Nova York, em 6 de junho de 1978 às 14h EDT feitos durante a missão do satélite Explorer para o mapeamento de capacidade calorífica
Fonte: Schott e Schimmingner, 1981.

1989; Kawashima et al., 2000; Watkins et al., 2002). Foram encontradas relações entre as temperaturas de superfícies medidas a partir de sensores remotos e as temperaturas do ar em diferentes cidades. Essas relações dependem bastante das condições meteorológicas, portanto em dias nublados, com ventos, os efeitos da temperatura de superfície sobre a temperatura do ar são menores.

Essas relações geralmente se aplicam apenas a uma área urbana específica, portanto, infelizmente, a correlação de Tóquio não pode ser estendida a uma cidade com clima, geografia ou padrão de urbanização diferente.

EFEITOS MAIS INTENSOS EM DIAS CLAROS E CALMOS

O efeito da ilha de calor é mais intenso em dias calmos e claros, e é mais fraco em dias nublados e com ventos, uma vez que mais energia solar é capturada em dias claros, e ventos mais brandos removem o calor de maneira mais vagarosa, fazendo com que a ilha de calor se torne mais intensa. A Fig. 1.12 mostra como as condições meteorológicas podem afetar a ilha de calor. Foram feitas medições em duas estações urbano-rurais em Bucareste, na Romênia em 1994 (Tumanov et al., 1999). Em dias nublados e com ventos, a diferença entre as temperaturas urbana e rural é de apenas 1°C à noite. Em dias claros e calmos, a intensidade da ilha de calor é bem maior, chegando a 3,6°C.

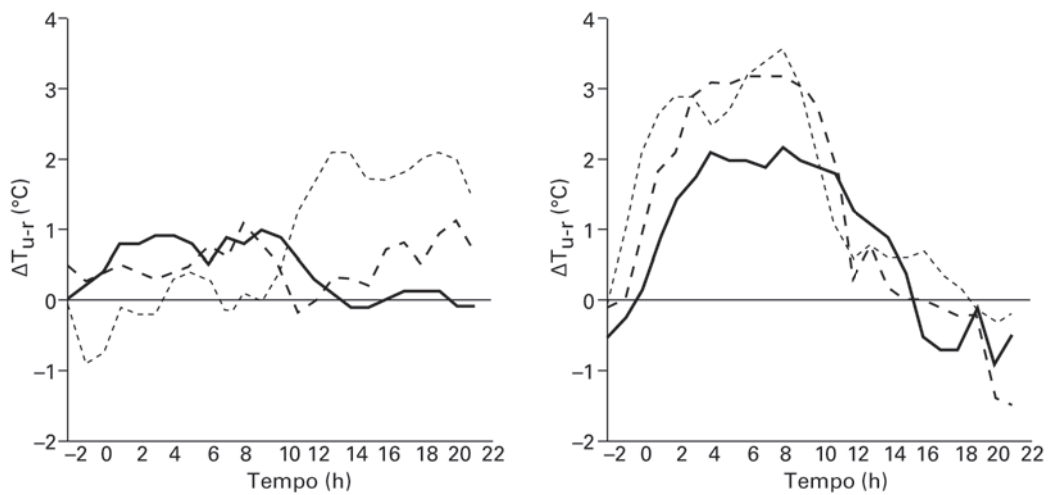
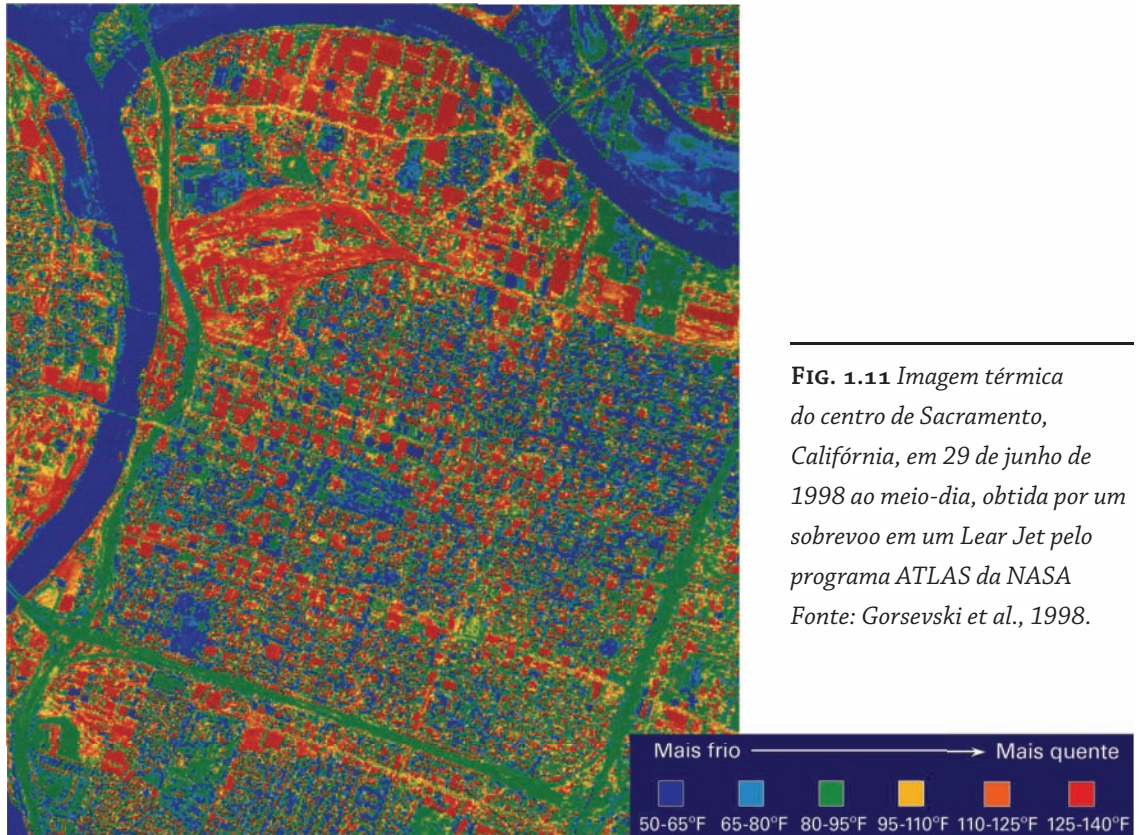


FIG. 1.12 Diferença de temperatura entre a área urbana de Filaret e a área rural de Banasea em Bucareste, Romênia. À esquerda, tempo nublado e com ventos (linha contínua - Primavera, linha tracejada - Verão, pontilhada - Verão com nuvens de manhã). À direita, dia calmo e claro (linha contínua - Inverno, linha tracejada - Primavera, pontilhada - Verão). O tempo é relativo ao pôr do sol, de modo que 0 é o pôr do sol, 2 representa duas horas após o pôr do sol e -2 representa duas horas antes do pôr do sol
Fonte: Tumanov et al., 1999.

Para reduzir os efeitos das ilhas de calor, deve-se primeiro entender as suas causas. Em 1833, Luke Howard hipotetizou que o excesso de calor nas cidades era causado por pessoas, animais e “fogos” (diversas fontes de combustão) durante o inverno. Ao notar que as áreas urbanas eram mais quentes também durante o verão, Howard atribuiu essa condição à maior absorção da radiação solar pelo “conjunto de superfícies verticais” da cidade e à falta de umidade disponível para evaporação (Howard, 1833).

Dois

CAUSAS DA ILHA DE CALOR

As teorias de Howard eram surpreendentemente precisas. Estudos realizados ao longo do século XX determinaram que as superfícies urbanas são mais quentes do que as superfícies rurais por dois principais motivos. O primeiro é que as superfícies construídas pelo homem são compostas por materiais escuros que prontamente absorvem e armazenam o calor do sol. E para exacerbar essa alta absorção do calor solar, as construções e pavimentos formam cânions que tendem a refletir o calor. O segundo é a maioria dos materiais de construção é resistente à água, portanto a água de chuva corre e vai embora, e não consegue dissipar o calor por meio da evaporação (ou evapotranspiração quando existem plantas envolvidas). Durante o dia, as temperaturas de superfícies insustentáveis e impermeáveis podem chegar a 87,7°C; as superfícies com vegetação

de radiação em áreas urbanas. Os chamados cânions dificultam o arrefecimento de áreas urbanas, principalmente após o pôr do sol. A Fig. 2.4 mostra resultados de um teste em escala reduzida onde as proporções de altura para a largura dos edifícios eram variadas (Oke, 1981). A diferença entre temperatura urbana e rural é bem maior após o pôr do sol em áreas com edifícios altos, e o ar urbano é resfriado mais lentamente durante a noite. Esses resultados foram verificados por meio de métodos numéricos (Arnfield, 1990; Voogt e Oke, 1991) e observações de campo em várias cidades (Oke e Maxwell, 1975; Oke, 1981; Voogt e Oke, 1991; Mills e Arnfield, 1993).

Outro fator que afeta o saldo de radiação é a poluição do ar. A poluição afeta o saldo de radiação de uma cidade de duas maneiras. Primeiro, durante o dia a poluição diminui a quantidade de radiação solar que chega até a superfície terrestre. Antes da disseminação dos métodos de controle da poluição do ar, reduções de até 50% da radiação solar foram observadas em várias cidades (Landsberg, 1981). Hoje, a poluição ainda reduz a energia solar de maneira significativa em muitas cidades. Poluentes aerossóis, em particular, bloqueiam a energia do sol. Por exemplo, um estudo feito na Cidade do México detectou que a presença de aerossóis diminui o ganho de energia solar da cidade em até 22% (Jauregui e Luyando, 1999).

A poluição do ar também aumenta a quantidade total de radiação infravermelha, de ondas longas, emitida a partir da atmosfera terrestre. Partículas de poluição refletem, sim, muita radiação, tanto do sol como da terra. Mas elas também tendem a absorver mais

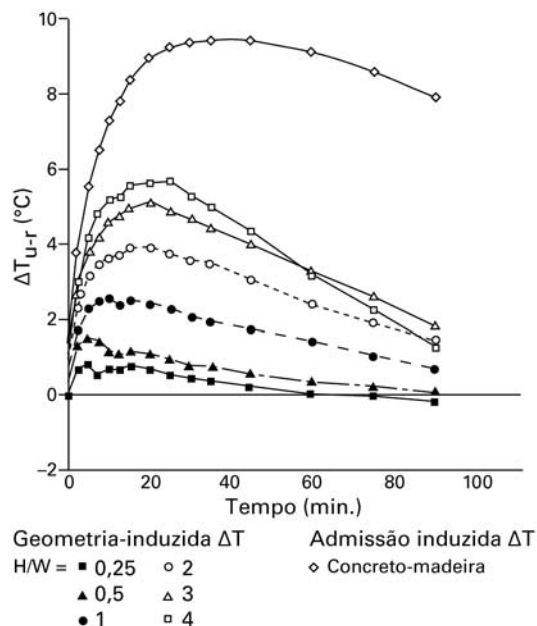


FIG. 2.4 Alteração na intensidade da ilha de calor (a temperatura do ar urbano menos a temperatura do ar rural) logo após o pôr do sol (tempo = 0) para várias proporções de altura e largura da construção em uma experiência com modelo em escala, e por uma laje de concreto comparada a uma placa de madeira (representando uma área rural)

Fonte: Oke, 1981.

radiação. Isso eleva a temperatura atmosférica e aumenta a quantidade de energia que ela emite. Diversos estudos detectaram que os níveis de radiação atmosférica são aumentados em até 15% na presença de poluição do ar.

Esses dois efeitos causados pela poluição, radiação solar reduzida e emissões atmosféricas aumentadas, operam em oposição sobre o termo de saldo de radiação. Os níveis e tipos de poluição variam tremendamente, por isso é bastante difícil determinar, durante o dia, quais são os efeitos reais da poluição. Mas durante a noite, quando a energia solar deixa de ser um fator, a poluição do ar urbano definitivamente aumenta os níveis de radiação.

CONVECÇÃO REDUZIDA

Já foi mostrado que as ilhas de calor são mais intensas em dias claros e calmos (Landsberg, 1981; Tumanov et al., 1999). De maneira geral, isso ocorre porque há menor convecção do calor das superfícies para o ar quando a velocidade dos ventos é menor. Velocidades de ventos menores tendem a aumentar o armazenamento de calor durante o dia e sua lenta liberação durante a noite.

Cidades também tendem a ter ventos com menor velocidade do que as áreas rurais. Os edifícios em áreas urbanas e suburbanas agem como barreiras contra o vento, diminuindo até 60% a velocidade dos ventos (Landsberg, 1981). No entanto, em alguns casos, a velocidade do vento pode aumentar nas bases dos edifícios. Os ventos podem ser afunilados pelas laterais dos edifícios até o nível das ruas em algumas situações (Bosselmann et al., 1995).

É sabido também que as Ilhas de calor são capazes de criar suas próprias brisas. O ar quente tende a subir acima da cidade, atraindo ar mais fresco ao seu redor. Duas cidades costeiras – Houston, no Texas e Tóquio, no Japão – são conhecidas por atrair o ar fresco do mar conforme elas se aquecem ao longo do dia (Yoshikado, 1990; Nielsen-Gammon, 2000).

É difícil prever as ocorrências de ventos mais lentos e/ou de brisas induzidas, e esses efeitos tendem a anular uns aos outros. Estudos detalhados feitos individualmente por cidade podem esclarecer os efeitos que os ventos exercem sobre as cidades e vice versa.

CALOR ANTROPOGÊNICO AUMENTADO

O calor antropogênico é gerado pelas atividades humanas e é proveniente de diversas fontes, como edifícios, processos industriais, carros e até mesmo as próprias pessoas. Para determinar quanto calor antropogênico é produzido em uma determinada região, toda a utilização de energia (comercial, residencial, industrial e transporte) deve ser somada. A soma é então dividida pela área da região para permitir a comparação entre diferentes cidades.

Os ganhos de calor antropogênico são geralmente maiores no inverno do que no verão. De acordo com estimativas feitas anteriormente a 1980, acreditava-se que os ganhos de calor antropogênico variavam de 20 a 40 W/m² no verão e de 70 a 210 W/m² no inverno (Taha, 1997b) e seguiam um padrão de picos duplos parecido com a representação da Fig. 2.6. Trabalhos mais recentes mostram que os ganhos de calor antropogênico são significativamente maiores hoje em dia, por causa da crescente utilização de energia, e principalmente em razão da crescente utilização de ar-condicionado durante o verão.

A Fig. 2.5 mostra o aumento anual do consumo de energia nos Estados Unidos de 1950 até 2000. De 1980 a 2000, o consumo de energia nos Estados Unidos aumentou 25%. Esse aumento ocorreu simultaneamente ao crescimento da área metropolitana, portanto o ganho de calor antropogênico nas cidades, que agora estão espalhados por áreas maiores, será aproximadamente menor do que 15%. Uma porção desse aumento de uso de energia se dá pela maior utilização de ar-condicionado durante o verão, portanto, é

A maneira ideal de medir uma ilha de calor em qualquer cidade seria examinar os padrões do clima regional com e sem a cidade. Claramente, seria impossível remover a cidade e voltar a colocá-la no lugar, portanto no mundo real, existem cinco métodos básicos que são utilizados para medir os efeitos da urbanização sobre os climas urbanos.

- * Estações fixas.
- * Transectos móveis.
- * Sensoriamento remoto.
- * Sensoriamento vertical.
- * Balanços de energia.

Três

MEDIÇÃO E SIMULAÇÃO DAS ILHAS DE CALOR

A medição dos efeitos de uma ilha de calor sobre um clima regional é de grande utilidade e interessante, mas não é um indicativo do quão eficaz seriam as medidas de mitigação para reduzir os impactos da ilha de calor. É aí que a simulação se faz necessária. Diferentes tipos de modelos vêm sendo utilizados para prever como as medidas de mitigação poderiam reduzir as temperaturas, o consumo de energia e a poluição do ar. Existem modelos específicos para observar edifícios individualmente, cânions urbanos e áreas urbanas mais extensas. Este capítulo aborda diversas técnicas de medição e simulação de ilhas de calor.

MEDIÇÃO DAS ILHAS DE CALOR

Aqui apresentamos as cinco abordagens diferentes comumente utilizadas para investigar

Neste capítulo, estudaremos as características de utilizações de terrenos para avaliar como métodos típicos de construção propiciam a formação de ilhas de calor. Áreas urbanas e suburbanas possuem uma alta concentração de coberturas e pavimentos e uma pequena quantidade de árvores e vegetação. A tendência na maioria das áreas vai em direção a cidades maiores e menos árvores.

Quatro

DE ILHAS DE CALOR PARA COMUNIDADES FRESCAS

Os tipos de materiais utilizados em coberturas e pavimentos são, na maioria dos casos, sólidos e escuros, o que contribui para a pronta absorção e retenção do calor. A falta de árvores também reduz o arrefecimento por meio da evapotranspiração. Esses materiais tradicionais e os padrões de urbanização contribuem para os efeitos das ilhas de calor. Nós investigamos como três estratégias de mitigação de ilhas de calor – utilização de coberturas frescas, pavimentos frescos, e árvores e vegetação – podem ser usadas para reverter as tendências de aquecimento em nossas cidades e subúrbios.

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE UTILIZAÇÃO DE TERRENO

O Lawrence Berkeley National Laboratory conduziu “análises de malha urbana” por meio do estudo de imagens de satélite e métodos consistentes para identificar os tipos de cobertura/utilização de terrenos em

quatro cidades dos EUA (Akbari e Rose, 1999, 2001a, 2001b, Rose et al., 2003). Os padrões de utilização de terreno encontrados em Chicago, Houston, Salt Lake City e Sacramento mostram algumas características interessantes. A Fig. 4.1 mostra o quanto de coberturas, pavimentos e vegetação cobrem uma amostra de áreas residenciais nessas cidades. A Fig. 4.2 mostra a utilização de terrenos em áreas não residenciais, incluindo espaços comerciais, industriais, escritórios e o centro comercial. A Tab. 4.1 resume os dados numéricos de ambas as figuras.

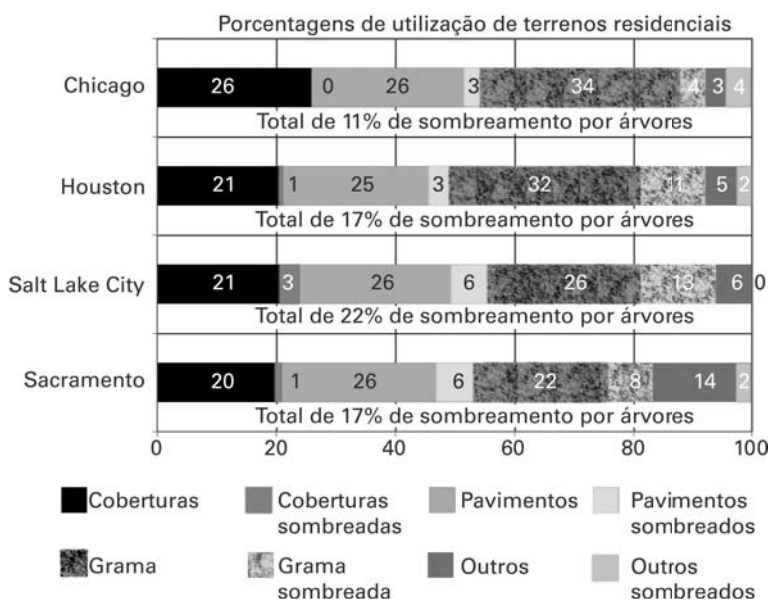


FIG. 4.1 Áreas ocupadas por coberturas, pavimentação e vegetação em áreas residenciais de Chicago, Houston, Salt Lake City e Sacramento

Fonte: Akbari e Rose, 1999, 2001a, 2001b; Rose et al., 2003.

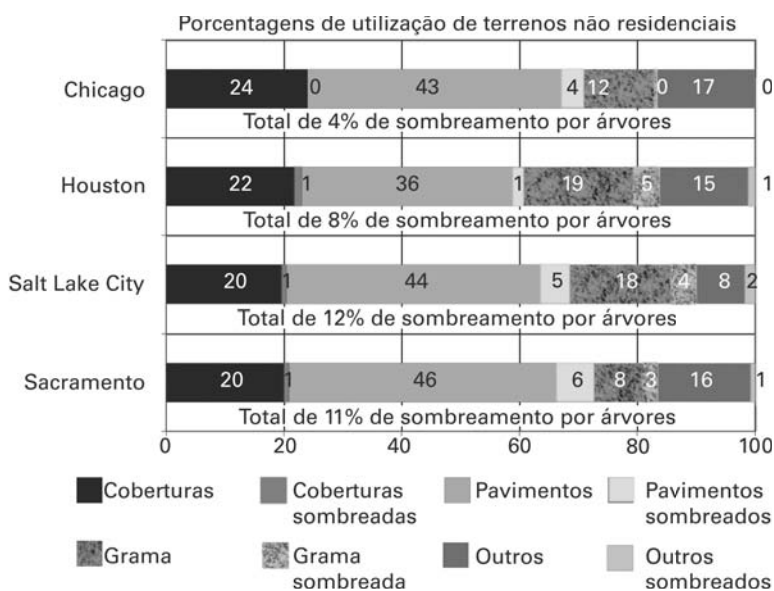


FIG. 4.2 Áreas ocupadas por coberturas, pavimentação e vegetação em áreas não residenciais de Chicago, Houston, Salt Lake City e Sacramento

Fonte: Akbari e Rose, 1999, 2001a, 2001b; Rose et al., 2003.

Materiais de coberturas tradicionais tendem a esquentar sob o sol, atingindo temperaturas entre 50-90°C. Materiais de coberturas quentes criam problemas para o edifício que está abaixo, inclusive:

- * Temperaturas internas mais elevadas.
- * Conforto interno reduzido.
- * Maior demanda de energia para arrefecimento.
- * Mais gastos com eletricidade/água.
- * Mais desgaste dos sistemas de arrefecimento/refrigeração.
- * Deterioração mais rápida da cobertura.

Cinco

TUDO SOBRE COBERTURAS FRESCAS

Coberturas quentes também criam problemas para suas comunidades, inclusive:

- * Maior demanda de eletricidade, principalmente durante os períodos de pico vespertinos.
- * Maior potencial para brownouts (subtensão) e blecautes na rede de força.
- * Maior emissão da central elétrica.
- * Temperaturas urbanas e suburbanas mais elevadas.
- * Mais formação de *smog*, pela combinação de mais emissões e temperaturas mais altas.
- * Mais resíduos de coberturas enviados aos aterros.

Substituir materiais de cobertura quentes por materiais frescos pode contribuir para o

TAB. 5.4 COMPARAÇÃO DE CUSTOS ENTRE COBERTURA FRESCA E COBERTURA CONVENCIONAL AO LONGO DE VINTE ANOS

	Revestimento fresco (U\$)	Cobertura Convencional (U\$)
Novo revestimento/ nova cobertura no ano 0	+ \$1,00/ft ²	+ \$1,50/ft ²
Novo revestimento/ nova cobertura no 10º ano	+ \$1,00/ft ²	+ \$1,50/ft ²
Novo revestimento/ nova cobertura no 20º ano	+ \$1,00/ft ²	+ \$3,50/ft ²
Economia de energia em 20 anos	- \$0,40 a - \$1,40/ft ²	nenhuma
Custo total	\$1,60 a \$2,60/ft ²	\$6,50/ft ²
Economia	\$3,90 a \$4,90/ft ²	

tuídas por um novo material em camada única (ao preço de U\$ 3,50 por pé quadrado). Comparativamente, uma cobertura fresca recebe uma nova camada de revestimento fresco a cada dez anos (ao preço de U\$ 1,00 por pé quadrado). Uma vez que esse revestimento é bem mais fino e leve do que o material da cobertura tradicional, não há previsão da necessidade de arrancar e substituir essa cobertura ao longo de sua vida útil. Ao longo dos vinte anos, a cobertura fresca irá também economizar com gastos de eletricidade (entre U\$ 0,02 e 0,07 por pé quadrado por ano). A simples soma desses valores, sem a correção para valores atuais, demonstra uma economia vitalícia entre U\$ 3,90 e 4,90 por pé quadrado, de acordo com os níveis de economia de energia.

Se um revestimento fresco para cobertura for utilizado, pode haver também mais benefícios financeiros. Trabalhos em coberturas são geralmente classificados como despesas de capital e devem ser depreciados para cálculo dos impostos anuais. Ao aplicar um revestimento fresco em uma cobertura, isso pode muitas vezes ser classificado como gasto de manutenção do edifício e ser totalmente dedutível no ano em que for aplicado.

Além de economizar em manutenção do edifício, uma cobertura fresca pode economizar quantias despendidas com equipamentos de arrefecimento. Utilizar menos arrefecimento por causa de uma cobertura fresca significa que o equipamento de arrefecimento será usado menos frequentemente e durará por mais tempo. Quando o equipamento tiver que ser eventualmente substituído, o novo equipamento poderá ter menor capacidade, uma vez que a cobertura fresca reduz significativamente as cargas de arrefecimento de um edifício. Equipamentos menores custam menos e representam economia em altos investimentos para despesas de capital.

O QUE É PAVIMENTO FRESCO?

Como discutimos no Cap. 4, superfícies pavimentadas cobrem grande parte de áreas urbanas e suburbanas. Os pavimentos contribuem para os efeitos das ilhas de calor, pois se aquecem sob o sol e liberam esta energia armazenada para seus arredores ao entardecer e durante a noite.

Seis

TUDO SOBRE PAVIMENTOS FRESCOS

Os pavimentos mais quentes tendem a ser impermeáveis e de cor escura, com valores de refletância solar abaixo de 25%. Esses pavimentos podem esquentar a até 65°C ou mais sob o sol de verão. Inversamente, as temperaturas de pavimentos frescos são reduzidas em 15°C ou mais (Asaeda et al., 1996; Pomerantz et al., 2000c; Gartland, 2001), mantendo os picos de temperatura abaixo de 50°C. Existem duas maneiras de tornar pavimentos mais frescos: (1) o aumento de sua refletância solar e/ou (2) o aumento da sua capacidade de armazenar e evaporar água.

Pavimentos com refletância solar de moderados 25% ou mais podem ser considerados frescos. O aumento da refletância solar significa tornar pavimentos mais claros em sua coloração por meio do uso de ingredientes de cor mais clara em sua composição ou aplicar revestimentos mais claros sobre a superfície do pavimento. Uma vez que a coloração exerce o maior efeito sobre a refletância solar, os pavimentos de cor mais clara são normal-

PCC poroso (concreto, novo)

Descrição: o PCC poroso ou permeável é exatamente igual ao seu equivalente impermeável, só que os “finos” – pequenas partículas como areia e agregados menores – não são incluídos na mistura. Isso deixa espaços vazios entre os agregados maiores e permite o escoamento da água por entre a superfície do pavimento. Os espaços vazios podem ocupar de 10 a 25% do pavimento. Esses espaços não ficam obstruídos facilmente se seus tamanhos forem calculados corretamente. O Tráfego sobre o pavimento também ajuda a eliminar resíduos da superfície.

Construção: O concreto poroso é instalado e mantido da mesma maneira que o PCC comum.

Aplicações: Rodovias, estacionamentos e outras aplicações. É apropriado para a maior parte das superfícies desde que a base seja composta adequadamente e o concreto tenha a espessura correta. A Fig. 6.13 mostra um pavimento de concreto poroso usado em um estacionamento de Bannister Park, em Fair Oaks, na Califórnia.

Refletância solar: Os concretos permeáveis são apresentados na mesma variedade de cores que os outros tipos de pavimentos de concreto, mas sua superfície é ligeiramente mais áspera e pode diminuir sua refletância solar em até 5%. No entanto, sua habilidade de reter umidade mantém os pavimentos permeáveis mais frescos que as superfícies impermeáveis.

Custo inicial: U\$ 2,00 a 6,00 por pé quadrado para materiais e instalação. Se forem utilizados materiais altamente refletivos os custos pode dobrar. Existe



FIG. 6.13 Estacionamento com concreto poroso de Bannister Park, em Fair Oaks, Califórnia
Fonte: Youngs, 2005.

Árvores e vegetação são componentes funcionais vitais para uma cidade ou subúrbio saudável. Árvores e vegetação saudáveis trazem inúmeros benefícios, inclusive comunidades mais confortáveis, menos consumo de energia, redução da poluição do ar, menos enchentes e melhorias para o ecossistema, e ainda aumentam os valores de propriedades. Apesar de serem vistas como despesas adicionais, árvores podem realmente gerar benefícios financeiros durante suas vidas.

Sete

ARREFECIMENTO COM ÁRVORES E VEGETAÇÃO

Árvores e vegetação reduzem as ilhas de calor de duas maneiras. Primeiro, elas produzem sombras para edifícios, pavimentos e pessoas, protegendo-os do sol. Isso mantém superfícies mais frescas, reduz o calor que é transferido para o ar acima e reduz o consumo de energia dos edifícios abaixo delas. O sombreamento das árvores também mantém as pessoas mais refrescadas e confortáveis, reduzem os riscos de insolação e protegem-nas dos raios ultravioleta.

Segundo, durante o processo de fotossíntese, as árvores e vegetações utilizam um processo chamado evapotranspiração para mantê-las frescas. As plantas utilizam a energia solar para evaporar água, evitando que essa energia seja usada para aquecer a cidade. As temperaturas do ar ao redor e a sotavento de áreas bem vegetadas são mais frescas por causa da evapotranspiração.

TAB. 7.6 CUSTOS E BENEFÍCIOS ANUAIS MÉDIOS DE ÁRVORES URBANAS AO LONGO DE 40 ANOS EM TRÊS REGIÕES DA CALIFÓRNIA

	Benefícios anuais (por árvore) (U\$)	Custos anuais (por árvore) (U\$)	Valor líquido anual^a (por árvore) (U\$)
Vale de San Joaquin			
Árvore pequena	\$9 - \$12	\$4 - \$9	\$1 - \$8
Árvore média	\$37 - \$44	\$7 - \$15	\$26 - \$37
Árvore grande	\$63 - \$73	\$11 - \$21	\$48 - \$63
Inland Empire (leste de LA)			
Árvore pequena	\$15 - \$22	\$8 - \$17	-\$2 - \$14
Árvore média	\$60 - \$75	\$18 - \$27	\$63 - \$73
Árvore grande	\$97 - \$109	\$24 - \$31	\$66 - \$85
Sul da Califórnia			
Árvore pequena	\$17 - \$22	\$13 - \$21	\$1 - \$7
Árvore média	\$42 - \$48	\$16 - \$23	\$25 - \$28
Árvore grande	\$78 - \$93	\$17 - \$28	\$60 - \$68

Nota: ^a A abrangência dos valores líquidos não podem necessariamente ser calculados a partir dos benefícios e custos, uma vez que os valores representam quatro conjuntos de árvores, ao leste, ao sul e a oeste do edifício mais as árvores públicas.

Fonte: McPherson et al., 1999b, 2000, 2001.

Os custos de vida e benefícios das árvores foram avaliados em muitas outras comunidades, e uma lista de referência dos estudos é dada no Quadro 7.1 a seguir. Veja também a descrição das ferramentas para avaliar os custos e benefícios das florestas urbanas abaixo.

QUADRO 7.1 ESTUDOS DE CUSTO-BENEFÍCIO DE ÁRVORES URBANAS EM DIVERSAS COMUNIDADES

Estudo	Comunidades
Akbari, 1997	Atlanta, Chicago, Dallas, Houston, Los Angeles, Miami, Nova York, Filadélfia, Phoenix e Washington, DC
McPherson, 1998b	Sacramento, CA
McPherson et al., 1999b	Vale de San Joaquin, CA
McPherson et al., 1999a	Modesto, CA
McPherson et al., 2000	Litoral Sul da Califórnia
McPherson et al., 2001	Inland Empire, CA
McPherson et al., 2002	Oeste do Oregon e Washington
Maco e McPherson, 2003	Davis, CA

Existem várias ferramentas disponíveis para o cálculo dos custos e benefícios das árvores nas comunidades. Em primeiro lugar, o relatório “Uma abordagem prática para avaliar a estrutura, função e valor das populações de

árvores de rua em comunidades pequenas” (*A practical approach to assessing structure, function and value of street tree populations in small communities* – Maco e Mcpherson, 2003) é uma leitura útil para a compreensão dos passos necessários para calcular os custos e benefícios das árvores em sua própria comunidade.

Uma coleção de ferramentas para engenharia florestal do USDA Forest Service pode ser encontrada em <www.itreetools.org>, inclusive o programa STRATUM (USDA Forest Service, 2002) para análise de custo-benefício de árvores.

Outra ferramenta, o Programa de Inventário e Gerenciamento de Comunidades e Florestas Urbanas (Community and Urban Forest Inventory and Management Program - Pillsbury e Gill, 2003), produzido pela Urban Forest Ecosystems Institute of California Polytechnic State University, ajuda a inventariar florestas urbanas e a estimar um valor econômico para a recuperação da madeira. A documentação para o programa está disponível em <www.ufe.org/files/ufeipubs/CUFIM_Report.pdf> e os arquivos do programa estão disponíveis em <www.ufe.org/files/ufeipubs/CUFIM.zip>.

CITYgreen, da American Forests, é um programa baseado no sistema de informação geográfica (SIG) para calcular os benefícios das árvores urbanas, incluindo economia de energia, qualidade do ar, melhor controle de enchentes, armazenamento de carbono e crescimento de florestas (American Forests, 2002a). Para obter mais informações, acesse <www.americanforests.org/productsandpubs/citygreen/>.

PAISAGISMO EFICAZ PARA O ARREFECIMENTO

A seguir apresentamos os locais mais eficazes para adicionar paisagismo: em torno dos edifícios, ao longo das ruas, em estacionamento e nas áreas onde as pessoas se reúnem. Em seguida aconselhamos sobre seleção, plantio e manutenção de árvores e outros tipos de vegetação.

PAISAGISMO EM TORNO DOS EDIFÍCIOS
Os benefícios relativos do plantio de árvores decíduas em torno dos edifícios foram apresentados na Fig. 7.3 para cinco regiões climáticas dos EUA. A redução das emissões de CO₂ é resultante dos efeitos líquidos das árvores sobre o consumo anual de energia para aquecimento e arrefecimento de um edifício.

As maiores reduções de emissões de CO₂, ou seja, os maiores benefícios de energia tendem a ocorrer quando as árvores são plantadas para o oeste e leste dos edifícios. As árvores nestes locais bloqueiam o sol da manhã e da tarde quando o sol está em seu ângulo mais baixo. Árvores para o norte tendem a economizar energia, bloqueando os ventos frios do inverno. As árvores ao sul tendem a ser menos úteis. A sombra produzida pelas árvores ao sul tende a ser muito rasa, pois o sol está diretamente em cima delas ao meio do dia. Árvores para o sul também tendem a bloquear energia solar útil durante o inverno.

Orientações para o plantio de árvores ao redor de casas e edifícios comerciais são apresentadas nas Figs. 7.8 e 7.9.

O ideal é que as árvores plantadas para proporcionar sombras no verão protejam

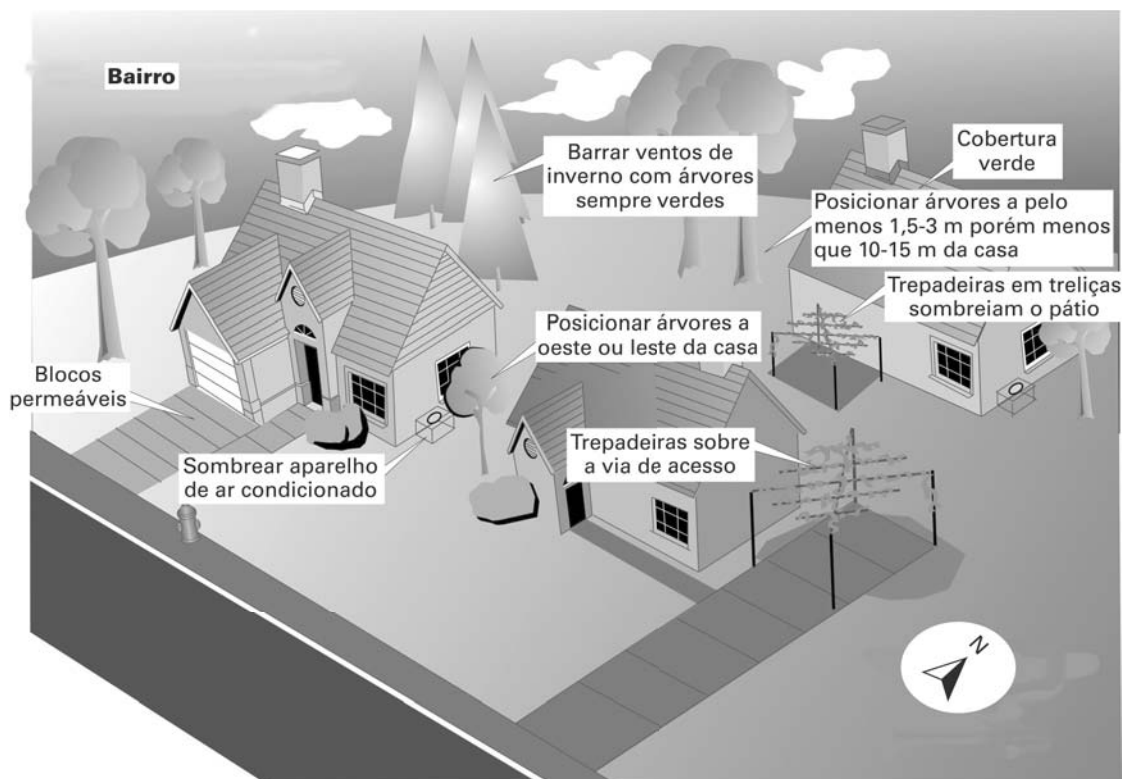


FIG. 7.8 Paisagismo eficaz para reduzir as ilhas de calor em bairros residenciais

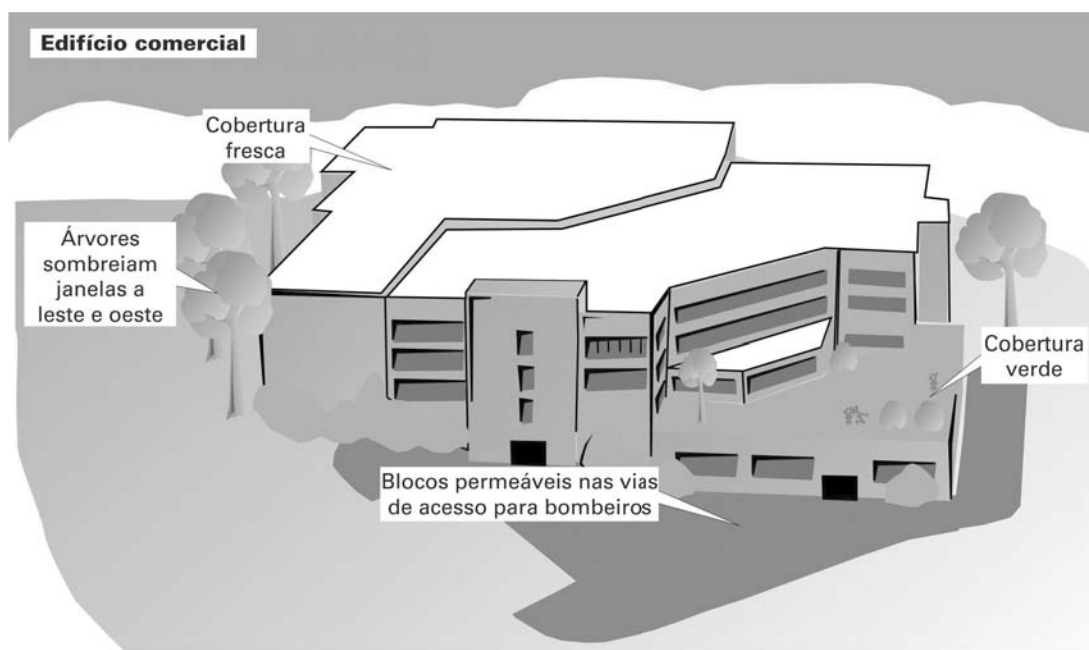


FIG. 7.9 Paisagismo eficaz para reduzir a ilha de calor em torno de edifícios comerciais

Comunidades podem tornar-se as mais habitáveis com o emprego de estratégias para mitigar ilhas de calor. A aplicação disseminada de coberturas e pavimentos frescos e o plantio de árvores e vegetação em um bairro podem torná-lo mais saudável, mais bonito e menos dispendioso para operar e manter.

Este capítulo descreve os sete principais benefícios que a redução da ilha de calor pode trazer a uma comunidade.

Oito

BENEFÍCIOS DA MITIGAÇÃO DAS ILHAS DE CALOR PARA AS COMUNIDADES

- * redução de temperaturas;
- * economia de energia;
- * melhoria da qualidade do ar;
- * conforto humano e melhorias para a saúde;
- * redução de enchentes;
- * manutenção e redução de resíduos;
- * benefícios estéticos.

REDUÇÃO DE TEMPERATURAS

Os materiais de construção, tradicionalmente utilizados na maioria das cidades atualmente ficam muito quentes sob o sol do verão. Medidas de mitigação de ilhas de calor reduzem as temperaturas de superfícies de coberturas e pavimentos. A Fig. 8.1 mostra o quão quente estas superfícies podem ficar, em comparação com suas contrapartes frescas. Sem sombra, materiais de construção podem se aquecer a até 90°C e pavimentos podem chegar a 70°C. Coberturas e materiais

Este capítulo descreve os passos que uma comunidade pode seguir para desenvolver e executar um plano de ação para a mitigação da ilha de calor. Aqui nós apresentamos seis passos para estimular a mitigação de ilhas de calor: motivar; investigar; educar; demonstrar; legislar; e iniciar.

As três principais estratégias de mitigação da ilha de calor, coberturas frescas, pavimentos frescos e árvores e vegetação, estão longe de serem práticas padrão na indústria da construção. Por exemplo, nos EUA,

Nove

PLANO DE AÇÃO PARA UMA COMUNIDADE FRESCA

coberturas frescas são instaladas em menos de 10% das coberturas (Hinojosa e Kane, 2002); pavimentos frescos, com exceção de pavimentos de concreto, são quase inexistentes, e o concreto cobre menos de 25% das superfícies pavimentadas (USDOT, 2000; Hawbaker, 2002). O plantio de árvores e vegetação foi adotado com um pouco mais de sucesso, mas ainda há um déficit estimado de 634,4 milhões de árvores urbanas nos EUA (American Forests, 2002).

A principal razão pela qual essas medidas não são amplamente adotadas é a falta de conhecimento sobre ilhas de calor em geral, e essas medidas e principalmente os benefícios que essas medidas podem trazer. A educação e a construção de uma rede de apoio devem ser o ponto central para qualquer iniciativa de mudança de sucesso. Embora seja tentador para um pequeno grupo de pessoas partir

diretamente para a elaboração de portarias e legislações, esses esforços serão muito melhor sucedidos se um trabalho suplementar for feito primeiro.

MOTIVE

Um programa de comunidade fresca bem sucedido envolve os membros da comunidade, os educa e os motiva, e usa sua energia e conhecimentos. Para um bom começo do seu programa, os seguintes passos são altamente recomendados:

FORME UMA ORGANIZAÇÃO

Um programa de comunidade fresca precisa de uma base de operações e de pessoal. Programas de comunidade fresca bem sucedidos vêm sendo operados a partir de organizações sem fins lucrativos ou de divisões governamentais de meio ambiente e energia. Por exemplo, o Sacramento Cool Community Program (Programa de Comunidade Fresca de Sacramento) foi um projeto sem fins lucrativos da Sacramento Tree Foundation, o programa de Salt Lake City foi parte da Agência de Serviços de Energia do Estado de Utah e o Los Angeles Cool Community Program (Programa de Comunidade Fresca de Los Angeles) foi criado dentro do Departamento de saúde ambiental de Los Angeles.

Mesmo que um programa possa certamente funcionar por conta própria, há certas vantagens em fazer parte de uma organização maior. Primeiro, a organização pode estar disposta a assumir um compromisso com o pessoal e financiar um novo programa, pelo menos até que tenha seu próprio financiamento ou talvez até um determinado momento no futuro. Segundo, uma organiza-

ção maior já tem legitimidade e conhecimento sobre a comunidade, colaboradores experientes e alianças com outros grupos da comunidade. Terceiro, a importante logística de espaço e equipamentos para operação são geralmente fornecidos e as despesas gerais de pessoal podem ser cobertas.

Dependendo dos níveis de financiamento, um escritório de comunidade fresca é normalmente operado por um líder do programa em tempo integral e alguns colaboradores ou estagiários em meio período. Para realmente progredir em questões da comunidade fresca, recomenda-se que um programa seja operado por pelo menos um líder de projeto em tempo integral, que não tenha outras atribuições conflitantes.

ENCONTRE PARCEIROS

Um programa de comunidade fresca será mais eficaz se operar com outros parceiros da comunidade local para supervisionar, planejar e participar nos trabalhos. Esses parceiros podem fazer parte de uma comissão diretora e/ou de grupos de trabalho relacionados a vários projetos. É importante ter parceiros que representem o governo local, a indústria, organizações sem fins lucrativos e associações de bairro para manter a comunidade ciente de seu progresso e para envolver todos os setores nessa empreitada. Busque parceiros dos seguintes locais:

DO GOVERNO LOCAL E DISTRITOS ESCOLARES:

- ✱ instalações ou serviços gerais;
- ✱ transporte;
- ✱ obras públicas;
- ✱ especialistas em árvore;
- ✱ serviços públicos de eletricidade e água.



FIG. 9.3 *Participantes ganhando experiência prática no workshop Ecohouse Living (Vivendo em uma Casa Ecológica) em Berkeley, Califórnia*
Fonte: Dig City Coop.

ENCONTRE PROJETOS DE DEMONSTRAÇÃO EXISTENTES

É possível que já existam diversas boas demonstrações de tecnologias frescas em sua comunidade. Coberturas frescas com pequena inclinação já foram instaladas na maioria das comunidades. Exemplos bem sucedidos de paisagismo em torno de edifícios, ao longo de ruas, em estacionamentos, em pátios de escolas e parques podem ser encontrados em qualquer comunidade. Pode haver uma ou duas coberturas verdes ou algumas instalações de pavimentos frescos ou permeáveis. Em casos raros, coberturas frescas com grande inclinação podem estar em uso em algumas casas.

Pesquise, investigue e documente o maior número de projetos frescos locais que puder. Aborde os proprietários dos edifícios e empreiteiros envolvidos em cada projeto fresco para saber se eles podem compartilhar as informações do projeto. Tente obter informações sobre os procedimentos de instalação, manutenção, custos, economia de energia e outros benefícios percebidos. Se os projetos não funcionam bem, aprenda com os erros deles. Se os projetos são bem sucedidos e podem oferecer informações valiosas, use-os para demonstrar a tecnologia fresca.

Se não há um determinado tipo de projeto em sua comunidade, procure fora de sua comunidade.

Junte todas as informações que puder sobre os custos do projeto, instalação e manutenção, e o desempenho em longo prazo.