



IDENTIFICAÇÃO DE ILHAS URBANAS DE CALOR ATRAVÉS DA  
INTERPRETAÇÃO DE IMAGEM DE SATÉLITE

LÉA CRISTINA LUCAS DE SOUZA  
Universidade de São Paulo  
Escola de Engenharia de São Carlos

RESUMO

Através da interpretação de imagem de satélite (Landsat-5) são identificadas ilhas urbanas de calor e quantificados os fluxos de calor por radiação na cidade de Green Bay, WI, EUA.

Para que seja estabelecida uma relação entre as fontes e o fluxo de calor por radiação emitido ao meio urbano, a imagem é classificada, qualitativamente, por densidades e áreas não construídas.

ABSTRACT

By interpreting a satellite image (Landsat-5) some heat islands are identified and the radiant fluxes are quantified in the city of Green Bay, WI, USA.

In order to relate heat resources and their radiant flux transmitted to the urban environment, the image is also, qualitatively, classified by densities and non-constructed areas.

INTRODUÇÃO

As constantes modificações produzidas pelo homem no meio natural da superfície terrestre, gerando o processo de urbanização, têm como uma de suas diversas consequências a alteração das características climáticas do ambiente.

O emprego de materiais construtivos, em lugar do solo natural, implica na mudança das propriedades térmicas das superfícies componentes do solo terrestre e, portanto, altera as trocas térmicas entre as superfícies e o seu meio,

Devido às suas características térmicas, os materiais construtivos tendem a atingir maiores temperaturas do que os solos naturais. Em decorrência disto, as áreas urbanas apresentam condições climáticas, que revelam uma maior produção de calor nas áreas mais densamente urbanizadas, gerando o que é chamado de ilha urbana de calor.

A formação de ilhas urbanas de calor depende não **SÓ** das propriedades térmicas dos materiais, mas também da distribuição das edificações no meio urbano. Assim sendo, evidencia-se a importância do planejamento urbano para a qualidade climática do meio.

A necessidade de um planejamento urbano leva estudos de avaliação dos efeitos da urbanização no clima. Neste sentido, este trabalho procura contribuir para o desenvolvimento de métodos de identificação de ilhas de calor, através da interpretação de imagens de satélite.

A interpretação de imagens deste tipo permite a obtenção de informações importantes sobre a ocupação do solo e seu ambiente térmico urbano, servindo de ferramenta para o seu planejamento e adequação às necessidades climáticas do homem.

CARACTERÍSTICAS DO SATÉLITE

Devido à acessibilidade dos dados, o satélite gerador das imagens aqui utilizadas é o chamado Landsat-5. O Landsat-5 é um satélite lançado em abril de 1984 e que faz parte de um programa da NASA para o monitoramento de recursos globais.

Este apresenta sistemas de sensores do tipo MSS (Multispectral Scanner) e TM (Thematic Mapper), tendo sido utilizado, para este estudo, produto gerado pelo sistema TM.

Sua órbita é de 705 Km e seus dados são coletados por estações terrestres receptoras.

O Landsat-5 conta com 7 faixas espectrais, conforme indicadas na Tabela 1. Cada faixa espectral ~ representada por um canal sensor de comprimentos de onda específicos.

Através destes canais, as imagens geradas pelo satélite apresentam campos de visão característicos. Para os canais numerados de 1 a 5 e para o canal 7, a resolução do campo de visão é de 30 m. Para o canal 6, que corresponde a captação de ondas térmicas, a resolução é de 120m.

TABELA 1

Canal	Comp. de Onda ( $\mu\text{m}$ )	Faixa Espectral
1	0,45 a 0,52	Azul
2	0,52 a 0,60	Verde
3	0,63 a 0,69	Vermelho
4	0,76 a 0,90	Próximo Infrav.
5	1,55 a 1,75	Médio-Infraver.
6	10,4 a 12,5	Térmico (Infrv.)
7	2,08 a 2,35	Médio-Infraver.

TABELA 2

Ponto	Temp. (°C)
1	23,90
2	21,80
3	20,20
4	19,20
5	19,60
6	20,50
7	19,50
8	18,00
9	19,60

## DADOS UTILIZADOS

Contando-se com imagens disponíveis no Departamento de Meteorologia da Universidade de Wisconsin-Madison, a área escolhida para o desenvolvimento do método de identificação de ilhas de calor é a cidade de Green Bay,

Situada próxima à latitude 452N, Green Bay está localizada no Estado de Wisconsin, EUA, conforme mostra a Figura 1.



Como dados de referência da superfície terrestre, são extraídas de LATHROP (1985), temperaturas de superfície da água da baía contígua a cidade considerada, chamada pelo mesmo nome (Green Bay), e que faz parte do Lago Michigan, entre os Estados de Wisconsin e Michigan.

Estes dados de temperatura (Tabela 2) correspondem à mesma ocasião da passagem do satélite sobre Green Bay, servindo, portanto, como pontos de controle para a interpretação da imagem.

O estudo limita-se à cidade de Green Bay, devido às dificuldades de obtenção simultânea de dados térmicos e imagem de satélite específicos para o território brasileiro. No entanto a técnica aqui desenvolvida poder ser aplicada em estudos posteriores para áreas e cidades no Brasil.

## PROCESSAMENTO E INTERPRETAÇÃO DA IMAGEM

Para o processamento da imagem e sua posterior interpretação são utilizadas rotinas do programa de computador ERDAS, instalado no laboratório de Sensoriamento Remoto da Universidade de Wisconsin-Madison.

O primeiro passo para a identificação ilhas de calor é obter a relação entre as temperaturas de superfície da água e os valores de "pixel" (pontos da imagem). Utiliza-se para isso a imagem adquirida pelo canal térmico, que capta comprimentos de onda de 10.4 a 12.5  $\mu\text{m}$ .

O canal térmico fornece imagens a partir da radiação térmica emitida pelos objetos. Como o comportamento da água em relação à emissão de radiação é semelhante ao de um corpo negro (radiador ideal), a emissividade da água do lago é considerada igual à de um corpo negro ( $\epsilon = 1$ ). Assim, o fluxo de radiação emitido pelos pontos de controle da água podem ser calculados pela fórmula (LILLESAND/KIEFER, 1987):

$$Q = \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4$$

onde:

Q = fluxo de radiação em  $\text{W/m}^2$

$\sigma$  = constante de Stefan-Boltzmann  
( $5,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ )

T = diferencial de temperatura K

$\epsilon$  = emissividade da superfície

Aplicando-se, portanto, a fórmula acima, obtém-se os valores de radiação para cada ponto de controle e seus respectivos valores de "pixel" na imagem (Tabela 3).

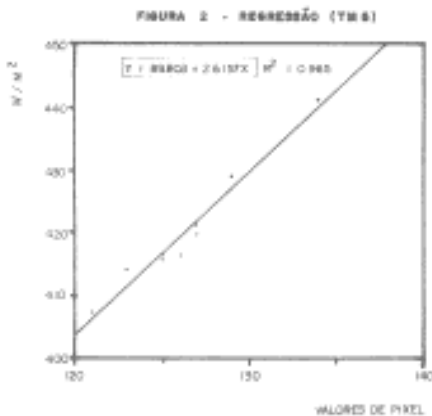
Segundo a NASA (1984), o satélite é calibrado para que forneça uma resposta linear. Por isso conhecendo-se o fluxo de radiação e o valor de "pixel" para cada um destes pontos de controle, é possível estabelecer uma regressão linear, para que se conheça a relação entre o fluxo de calor por radiação e os valores de "pixel" em qualquer ponto da imagem.

Esta regressão é representada pela Figura 2.

TABELA 3

Temp(°C)	W/m <sup>2</sup>	Pixel
23,90	441,45	134
21,80	429,10	129
20,20	419,86	127
19,20	414,16	123
19,60	416,44	125
20,50	421,58	127
19,50	415,87	125
18,00	407,41	121
19,60	416,44	126

Para a interpretação da imagem sabe-se ainda que, quanto mais densa a área e mais materiais construtivos apresenta, maior o fluxo de calor emitido ao meio. Desta forma, quanto mais densa a área, maior o número de “pixels” registrados na imagem.



A imagem do canal térmico (Foto 1), no entanto, requer um processamento para que se torne mais compreensível e permita a identificação dos diversos ambientes térmicos. Esta técnica é chamada de classificação digital da imagem e implica na divisão dos “pixels” em classes.

A imagem adquirida contém uma faixa representativa para seus valores de “pixel” e que podem ser divididos em grupos que são chamados de classes. No caso deste estudo, o agrupamento de pixels é feito por técnica de classificação não-supervisionada, na qual os “pixels” são agrupados em classes por distribuição de probabilidade. Assim sendo, para um certo número de “pixel” é atribuída uma determinada cor.

Deste procedimento, resultam várias classes de “pixel”, que permitem a identificação das ilhas de calor na cidade de Green Bay.

As oito classes encontradas para esta imagem apresentam valores de “pixel” que podem então ser relacionados aos respectivos fluxos de radiação, através da curva de regressão linear. Os resultados correspondentes a cada classe podem ser encontrados na Tabela 4.

TABELA 4

Classe	Pixel	W/m <sup>2</sup>
1	<134	<440
2	135-137	441-450
3	138-141	451-460
4	142-145	461-470
5	146-149	471-480
6	150-153	481-490
7	154-157	491-500
8	>158	>501

A foto 2 apresenta a imagem classificada e as respectivas ilhas de calor identificadas.

Para simples comparação em termos de temperaturas, estes fluxos de radiação emitidos por cada uma das classes encontradas podem ser tratados como sendo gerados por um corpo negro, e suas temperaturas corresponderiam às apresentadas na Tabela 5.

Foto 1

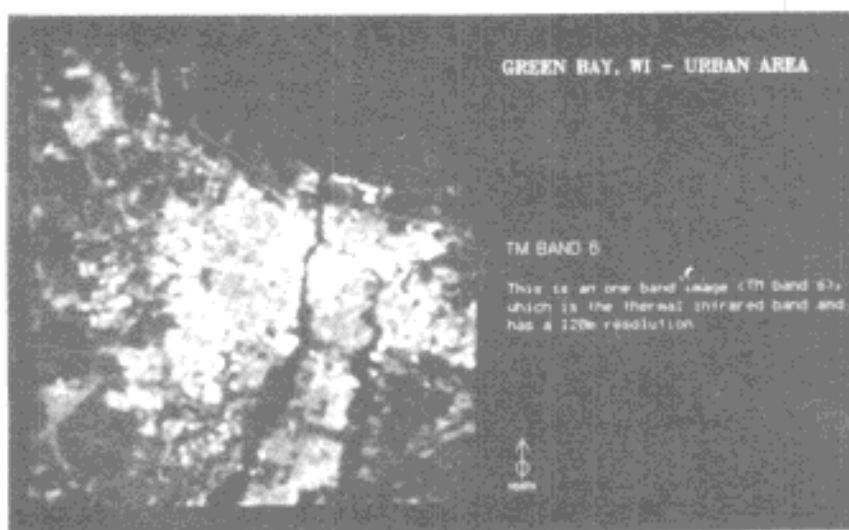


Foto 2

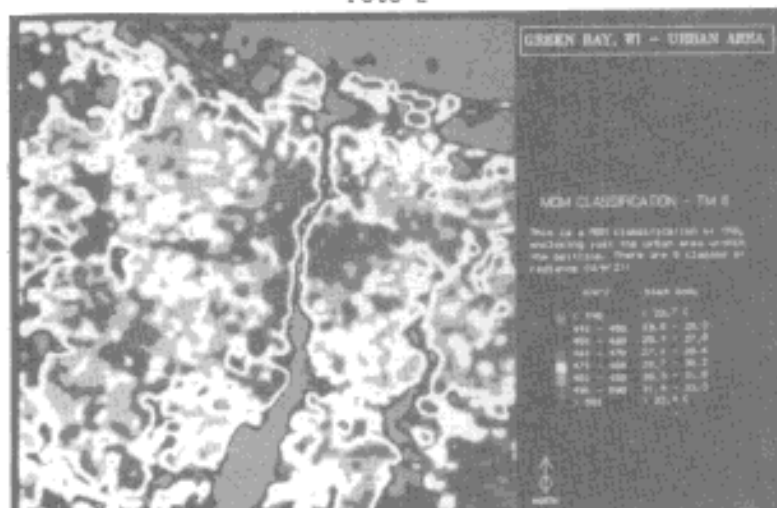


TABELA 5

W/m <sup>2</sup>	Corpo Negro (°C)
<440	<23,7
441-450	23,8-25,3
451-460	25,4-27,0
461-470	27,1-28,6
471-480	28,7-30,2
481-490	30,3-31,8
491-500	31,9-33,3
>501	>33,4

Comparando-se as duas imagens classificadas, os fluxos de calor por radiação podem ser relacionados às densidades urbanas, quantificando-se assim o calor emitido ao meio.

A tendência dos fluxos de radiação em relação aos valores de "pixel" produzidos para a área urbana é representada pela Figura 3.

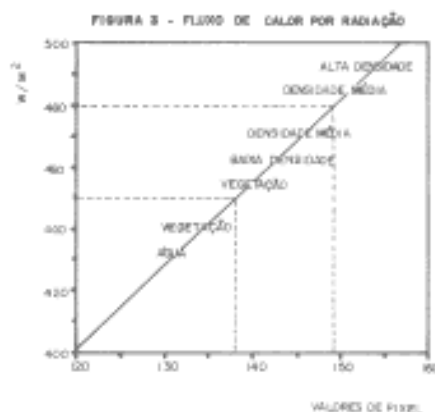
No sentido de se relacionar as ilhas de calor com suas respectivas fontes geradoras, torna-se ainda necessária a interpretação da Imagem produzida pelos sensores de ondas visíveis (resolução de 30m), já que a imagem térmica não permite uma clara definição da malha urbana porque apresenta resolução de 120m.

Assim sendo, são utilizadas imagens dos canais 3, 4 e S. 0 canal 3 apresenta maiores valores de "pixel" para a água e superfícies asfálticas, enquanto que os canais 4 e 5 apresentam maiores valores de "pixel" para a vegetação. Desta forma, a utilização dos 3 canais, simultaneamente, permite estabelecer uma boa definição da área urbana.

Do mesmo modo que a imagem térmica, a combinação dos 3 canais em uma só imagem ; classificada, para a obtenção de classes de densidades urbanas. São estabelecidas, assim, 5 classes:

- altas densidades
- densidades médias
- baixas densidades
- áreas não construídas
- corpos d'água

A Foto 3 representa estas classes de densidades.



#### CONCLUSÃO

Embora o método baseie-se em simplificações, acredita-se que o emprego desta técnica permite a obtenção de dados para a análise dos efeitos da urbanização no clima.

Pode-se observar, por exemplo, que as densidades mais altas revelaram uma produção, de cerca de 30 W/M2 a mais do que a superfície da água. Este tipo de quantificação pode levar ao crescimento planejado da cidade e o uso apropriado de formas e materiais construtivos, em termos de conforto térmico urbano.

As áreas urbanas apresentam uma grande variedade de tipos de superfície e cada uma com suas características térmicas específicas, o que torna a análise quantitativa do ambiente térmico uma tarefa complexa.

Foto 3



Neste sentido, o uso de imagens obtidas por sensoriamento remoto revela-se de grande importância, uma vez que facilita esta análise quantitativa, tornando-se uma ferramenta para os planejadores urbanos.

WATANABE, H./YODA, H/OJIMA, H. Urban Environmental Design of Land Use in Tokyo Metropolitan Area. Energy and Buildings, USA (15 16):133-137, 1990/91.

Pela falta de dados existentes para que se estabelecesse pontos de controle dentro da área urbana, neste trabalho são adotados dados de temperatura da superfície da água. No entanto, para futuros estudos, resultados mais precisos podem ser encontrados através da obtenção de dados de temperatura e emissividade dos materiais dentro da própria área urbana.

Outro procedimento que permite o aprimoramento do método é o levantamento de ocupação do solo urbano, para que seja estabelecida uma melhor relação entre densidades e fluxos de calor emitidos ao meio.

Apesar da área estudada não se tratar de área em região brasileira, o método pode ser igualmente empregado em posteriores pesquisas para cidades brasileiras.

#### BIBLIOGRAFIA

- LATHROP JR, Richard G. Use of Thematic Mapper Data to Assess Water Quality in Southern Green Bay and Central Lake Michigan. University of Wisconsin-Madison, 1985, 78p.
- LILLESAND, T.M./KIEFER, R.W. Remote Sensing and Image Interpretation. New York, 1987, 721p.
- NASA, 1984. USA. A Prospectus for Thematic Mapper Research in the Earth Sciences. NASA Technical Memorandum: 86149. USA, 1984, 65p