



# **Ilhas de calor em centros urbanos**

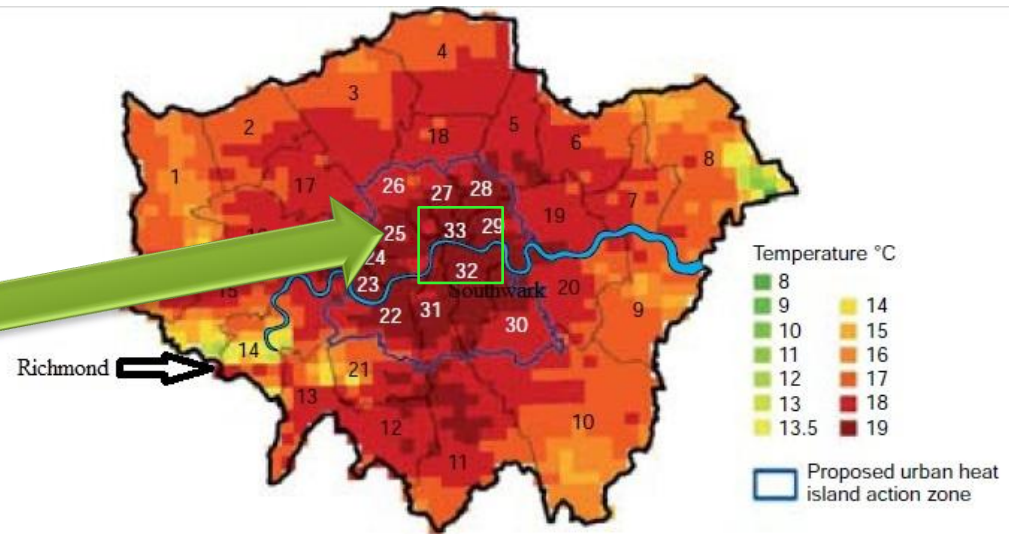
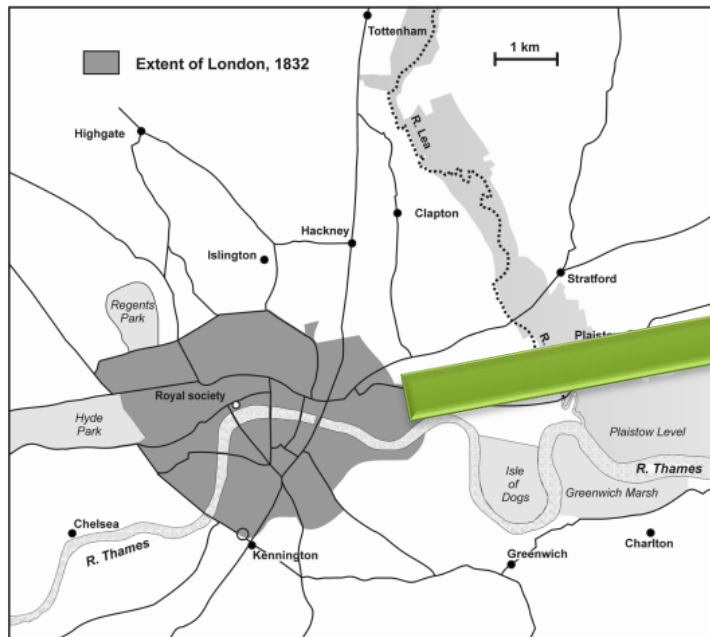


**Bruno Silva Oliveira**  
**bruno.so@dss.inpe.br**

# Introdução

- Luke Howard (séc. XIX) mediu à noite diferenças de quase 2°C entre Londres, então a maior metrópole do mundo, com mais de 1 milhão de habitantes, e três localidades rurais próximas.

Figure 1: Map of London area in 1820.<sup>5</sup>



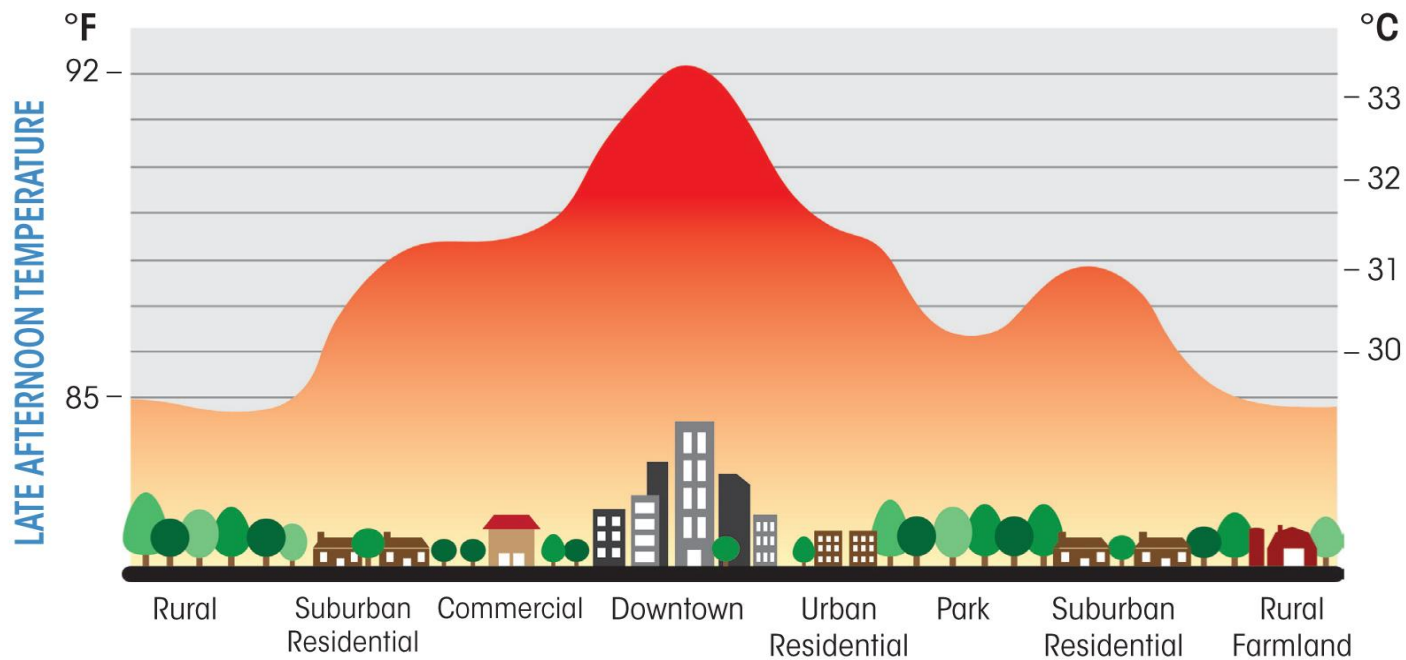
Surface temperature of London's heat island measured by satellite infrared cameras during the August 2003 heatwave. Note that this is the Greater London area  
(Source: adapted from Mayor of London, 2008)

<http://sustainablecitiesustainableworld.blogspot.com.br/2013/07/urban-heat-islands.html>

# Introdução

- **Definição:**

Ilha de calor se refere a uma anomalia térmica resultante, entre outros fatores, das diferenças de absorção e armazenamento de energia solar pelos materiais constituintes da superfície urbana. (COSTA, 2009).



# Introdução

## Fatores:

- Localização geográfica
- Estação do ano (grandes cidades)
- Crescimento Urbano desordenado
  - Cobertura da terra – edificações e asfalto
  - Cores escuras
  - Dif. Pressão atm. > instabilidade
- Poluição atmosférica
  - Veículos e indústrias
  - Transporte pelo vento
- Áreas sem vegetação arbórea



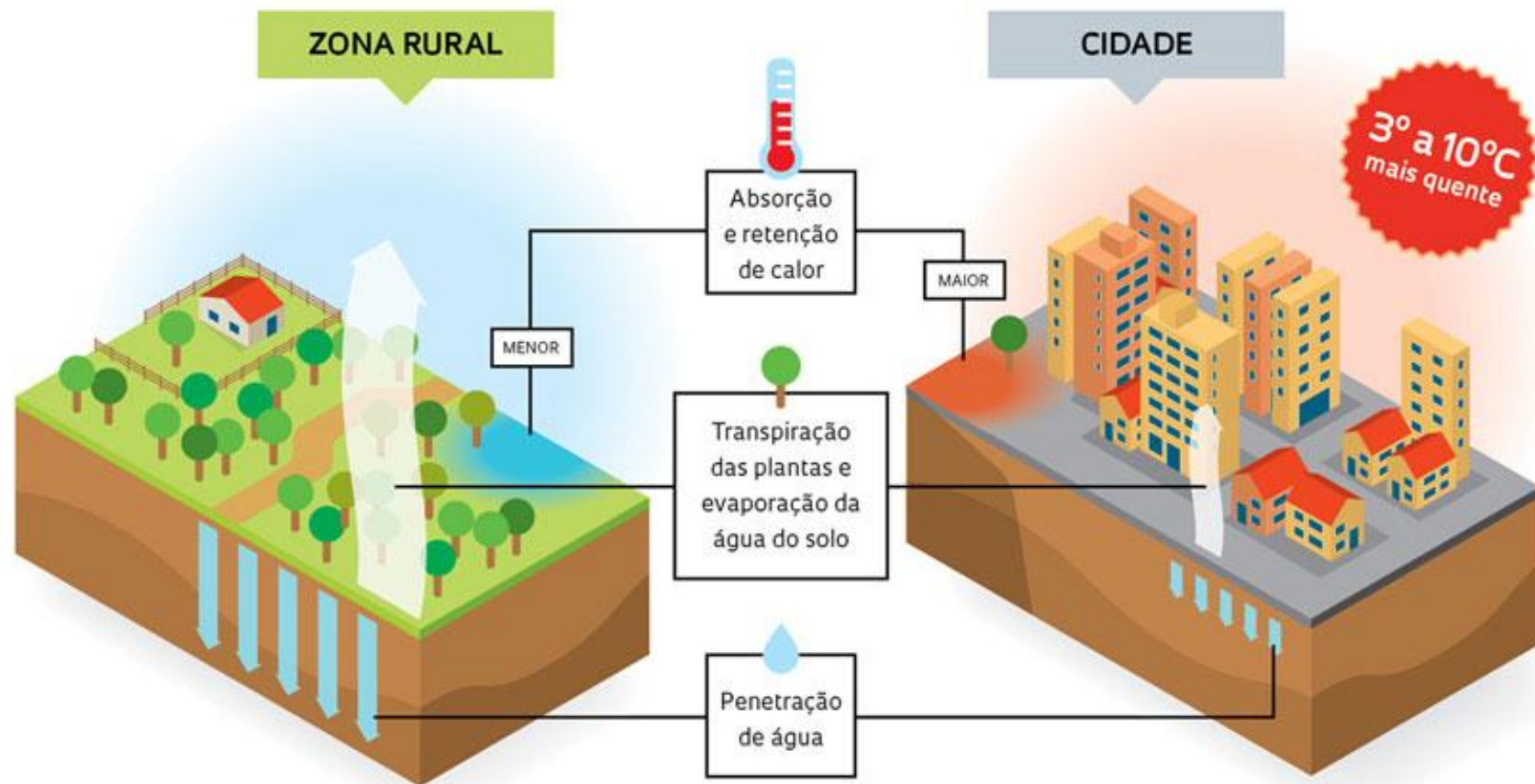


# Ilhas de Calor

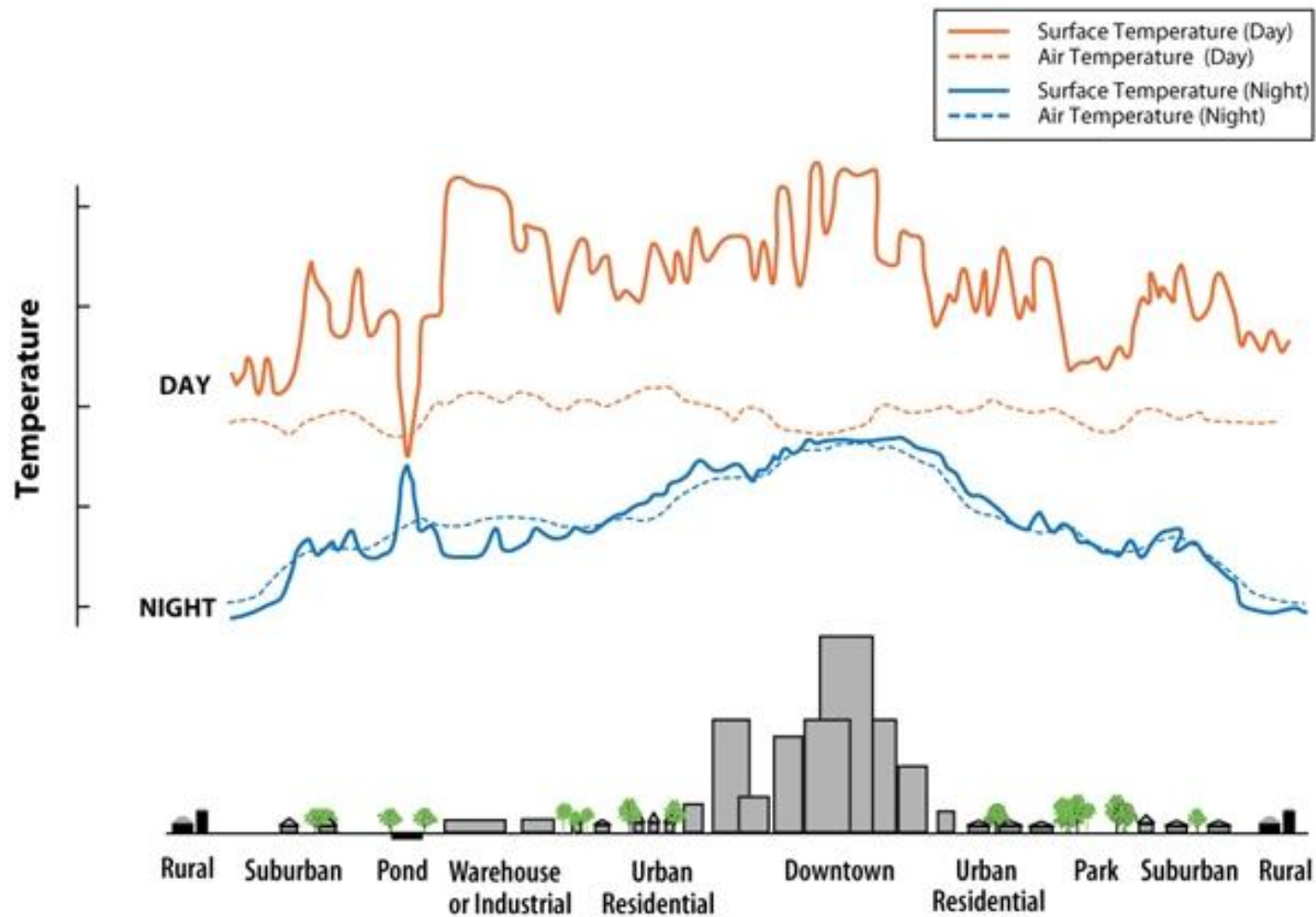
Fatores que favorecem as ilhas de calor	Consequências
Redução nas áreas vegetadas	Reduz o efeito natural de resfriamento por sombras e evapotranspiração
Propriedades dos materiais urbanos	Contribui para a absorção da radiação solar de ondas curtas, aquecendo as superfícies além da temperatura do entorno rural
Geometria urbana	Altura e espaçamento dos edifícios afetam a quantidade de radiação recebida e emitida pela superfície urbana
Emissão de calor antropogênica	Contribui com o aquecimento do ar
Condições meteorológicas	Céu limpo e ventos calmos podem favorecer a formação de ilhas de calor
Localização geográfica	Proximidade a grandes corpos d'água e terreno montanhoso pode influenciar padrões de vento e a formação de ilhas de calor

# Introdução

## Por que ocorre o efeito ilha urbana de calor

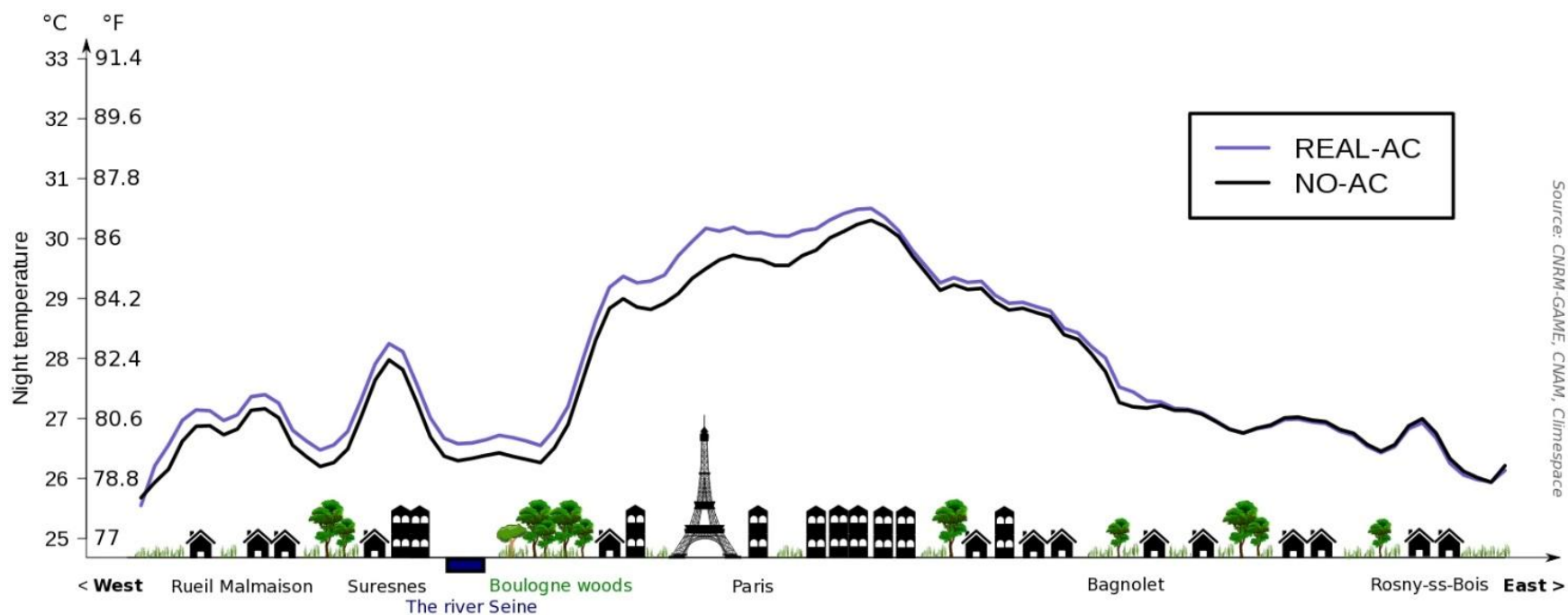


# Ilhas de Calor



# Ilhas de Calor

## Ilha de calor com e sem ar condicionado



Source: CNRM-GAME, CNAM, Climatespace



# Ilhas de Calor

- Alteração nos parâmetros físicos, químicos e biológicos

Superfície	Range (%)	Albedo típico (%)
Água	5-10	7
Solo escuro úmido	5 - 15	10
Solo argiloso úmido	10 - 20	15
Solo arenoso úmido	20 - 30	25
Areia seca	30 - 40	35
<b>Asfalto</b>	<b>5 - 10</b>	<b>7</b>
<b>Concreto</b>	<b>15 - 35</b>	<b>20</b>
Vegetação baixa verde	10 - 20	17
Vegetação seca	20 - 30	25
Floresta conífera	10 - 15	12
Floresta decidual	15 - 20	17
Gelo marinho	25 - 40	30
Neve	70 - 90	80



# Ilhas de Calor

- Alteração nos parâmetros físicos, químicos e biológicos

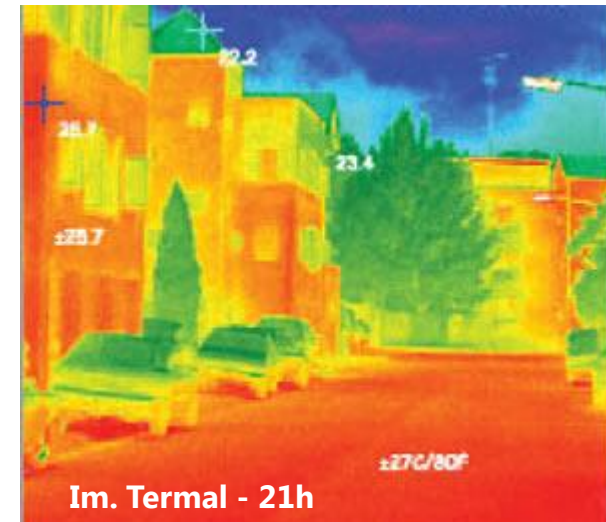
	Superfície	Albedo	Emissividade
	<b>Ruas com asfalto</b>	<b>0.05 - 0.10</b>	<b>0.95</b>
Paredes	Concreto	0.10 - 0.35	<b>0.70 - 0.90</b>
	Tijolos	0.20 - 0.40	<b>0.90 - 0.92</b>
	Pedras	0.20 - 0.35	<b>0.85 - 0.95</b>
	Madeira		<b>0.90</b>
Telhados	Piche e cascalho	0.08 - 0.18	<b>0.92</b>
	Telhas	0.10 - 0.35	<b>0.90</b>
	Ardósia	0.1	<b>0.90</b>
	Sapé, folhagem	0.15 - 0.20	
	Chapa ondulada	0.10 - 0.16	0.13 - 0.28
Janelas	Vídras claros - ângulo < 40°	0.08	0.87 - 0.94
	Vídras claros - ângulo > 40°	0.09 - 0.52	0.87 - 0.92
Pinturas	Branca	0.50 - 0.90	0.85 - 0.95
	Verde	0.20 - 0.35	0.85 - 0.95
	Preta	0.02 - 0.15	0.90 - 0.98



# Ilhas de Calor

- Alteração nos parâmetros físicos, químicos e biológicos

Material	Densidade	Calor específico	Capacidade de calor	Condutividade Térmica	Taxa de difusão térmica
	$\text{kg m}^{-3} \times 10^3$	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1} \times 10^3$	$\text{J m}^{-3} \text{K}^{-1} \times 10^6$	$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$	$\text{m}^2 \text{s}^{-1} \times 10^{-6}$
Solo arenoso seco	1.60	0.80	1.28	0.30	0.24
Solo argiloso saturado	2.00	1.55	3.10	1.58	0.51
<b>Concreto denso</b>	<b>2.40</b>	<b>0.88</b>	<b>2.11</b>	<b>1.51</b>	<b>0.72</b>
<b>Tijolo</b>	<b>1.83</b>	<b>0.75</b>	<b>1.37</b>	<b>0.83</b>	<b>0.61</b>
Aço	7.85	0.50	3.93	53.30	13.60
Madeira	0.32	1.42	0.45	0.09	0.20
Água	1.00	4.18	4.18	0.57	0.14

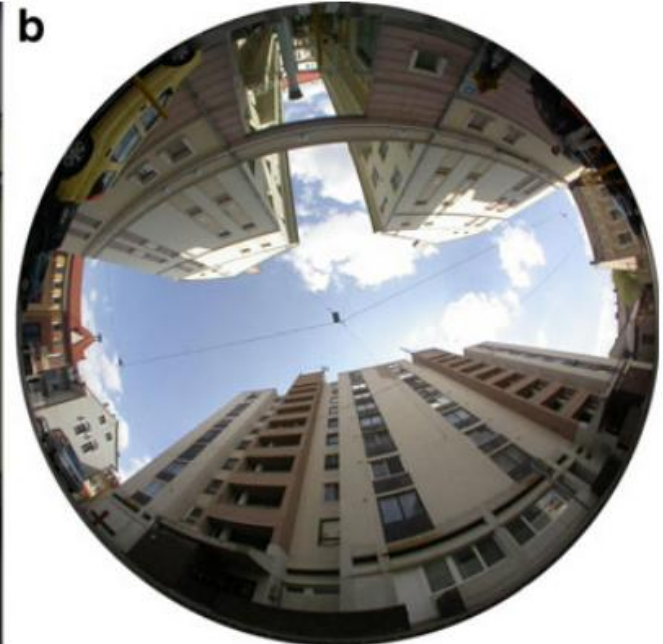




# Ilhas de Calor

## Quantidade de céu aberto (SVF - sky view factor)

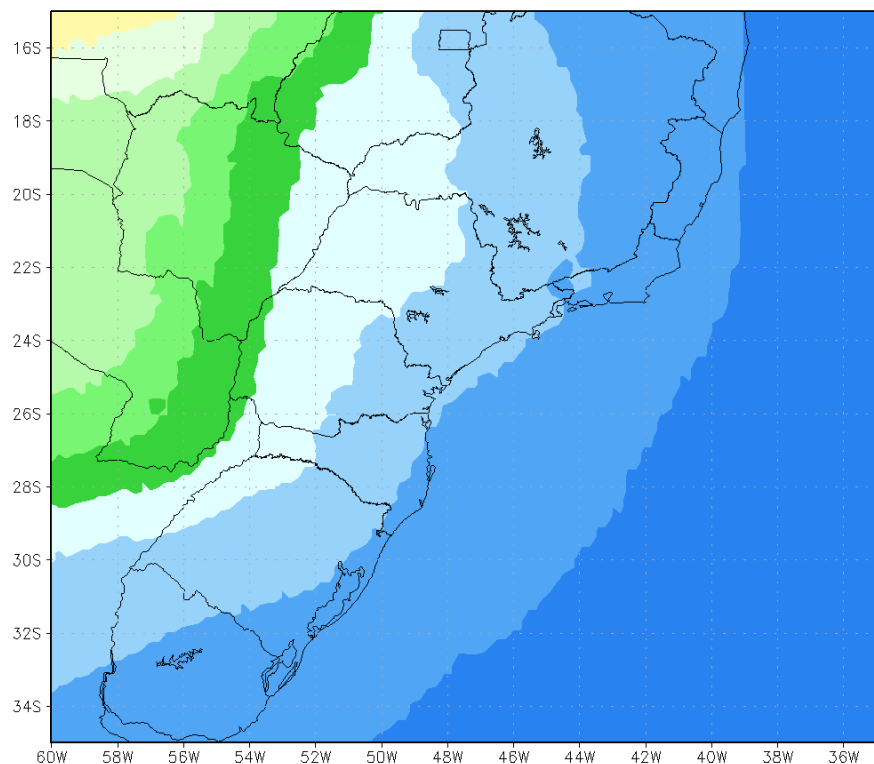
- É a fração do céu visível do solo
- Relacionado com a geometria das edificações
- Espaços abertos têm maior SVF, resultando em melhor perda de calor durante a noite





# Ilhas de Calor

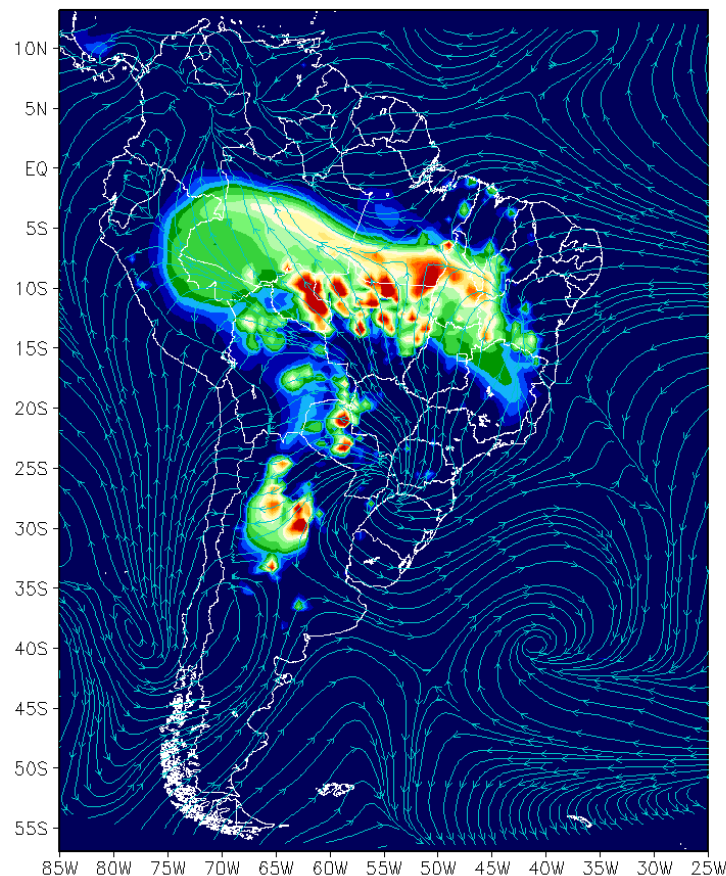
- **Poluição atmosférica : Antropogênica e pelas queimadas**



CO emitido para a atmosfera

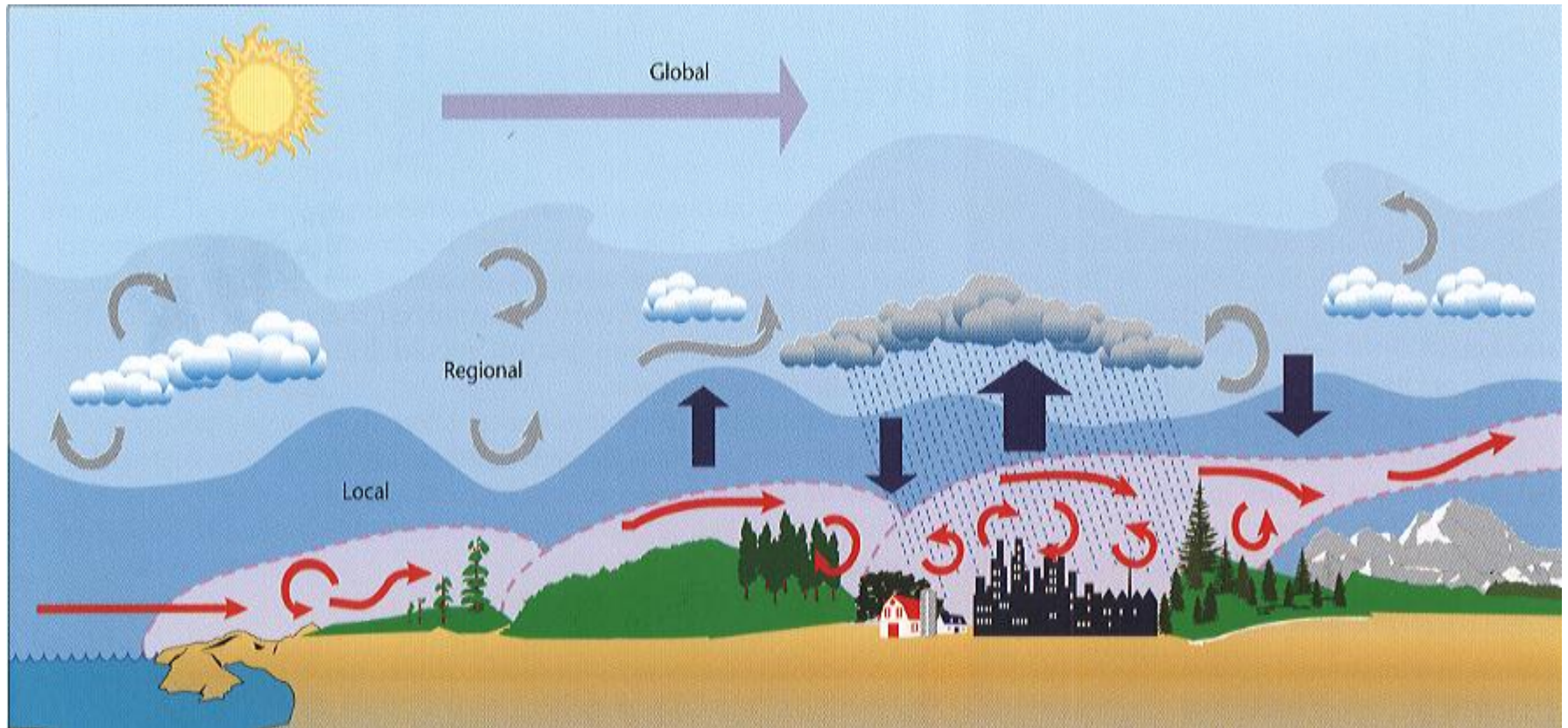
2012-10-16-10:38

CO Concentracao ppvb  
21Z02SEP2002



# Ilhas de Calor

- Mudanças na estrutura da atmosfera



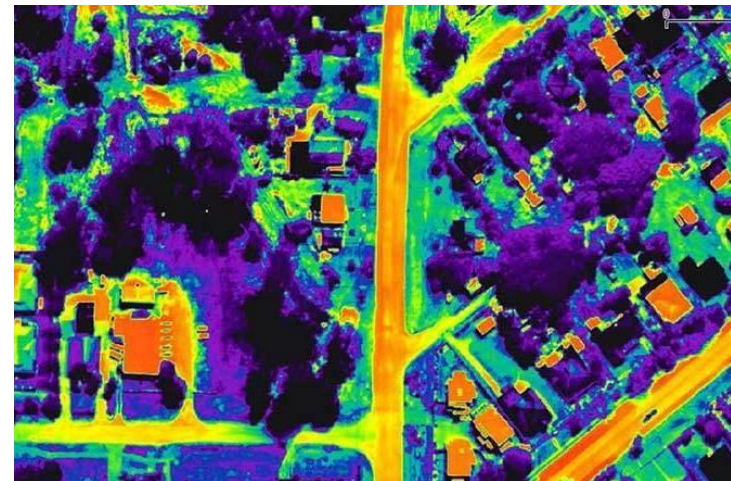
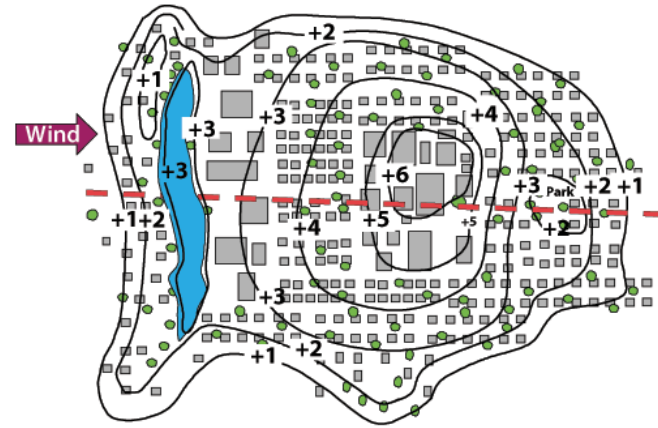


# Ilhas de Calor

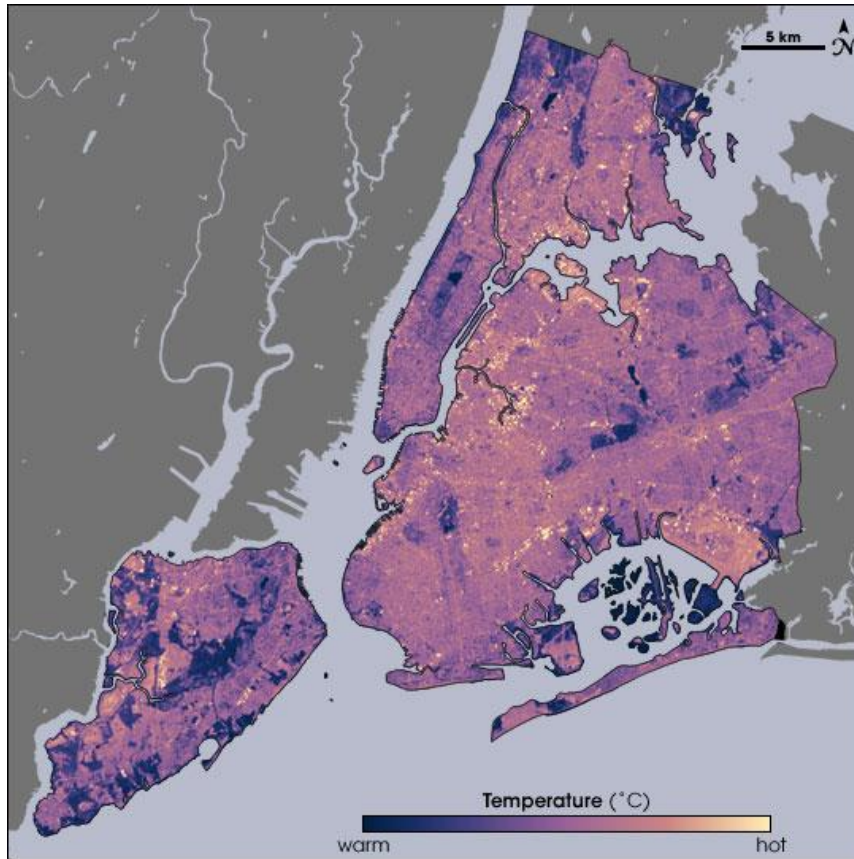
## Identificação ilhas de calor

- Métodos diretos e indiretos
- Modelagem numérica
- Estimativas baseadas em modelos empíricos
- **Sensoriamento Remoto**

Técnica de medida indireta para estimar temperatura da superfície

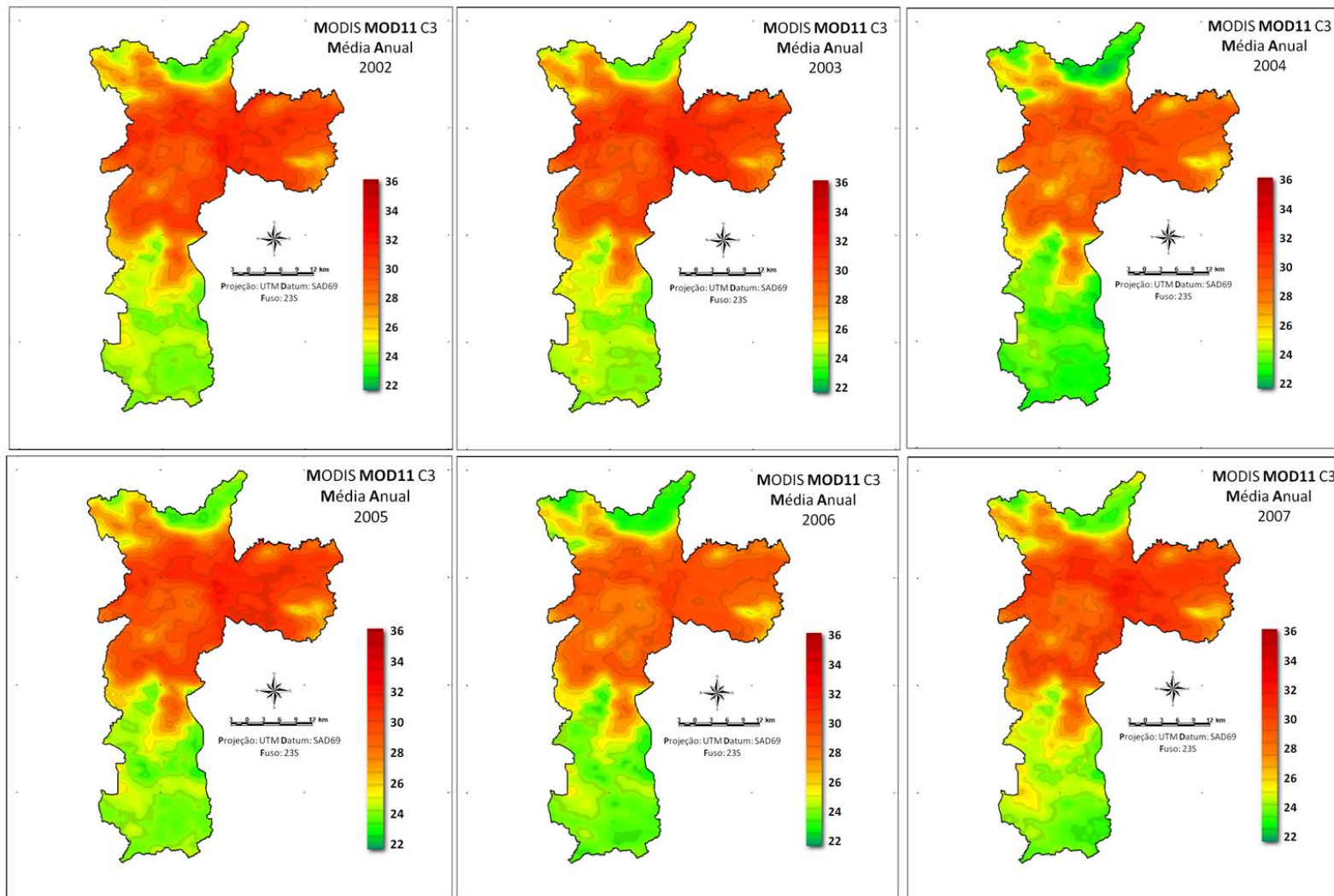


# Ilhas de Calor



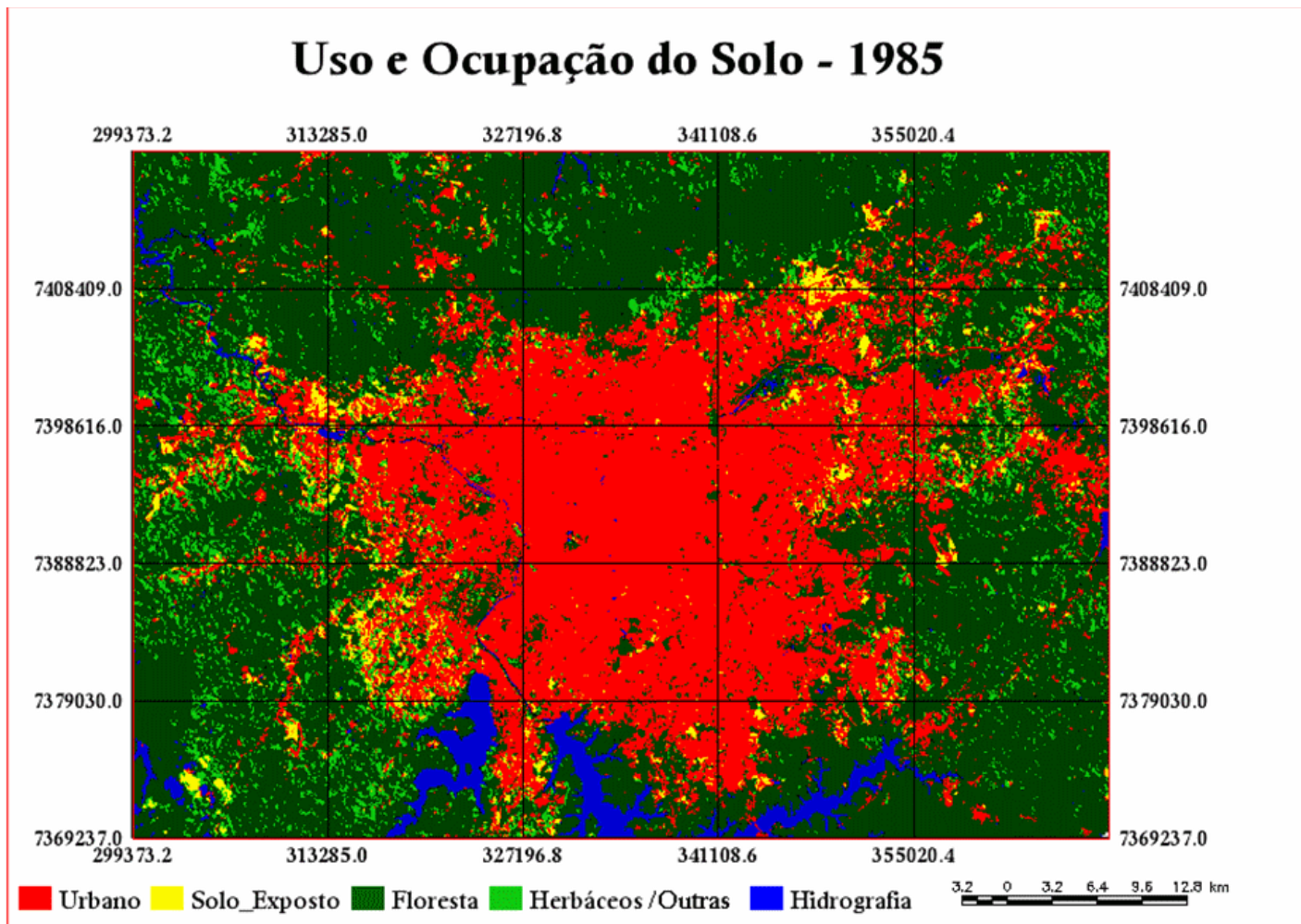


# Ilhas de Calor



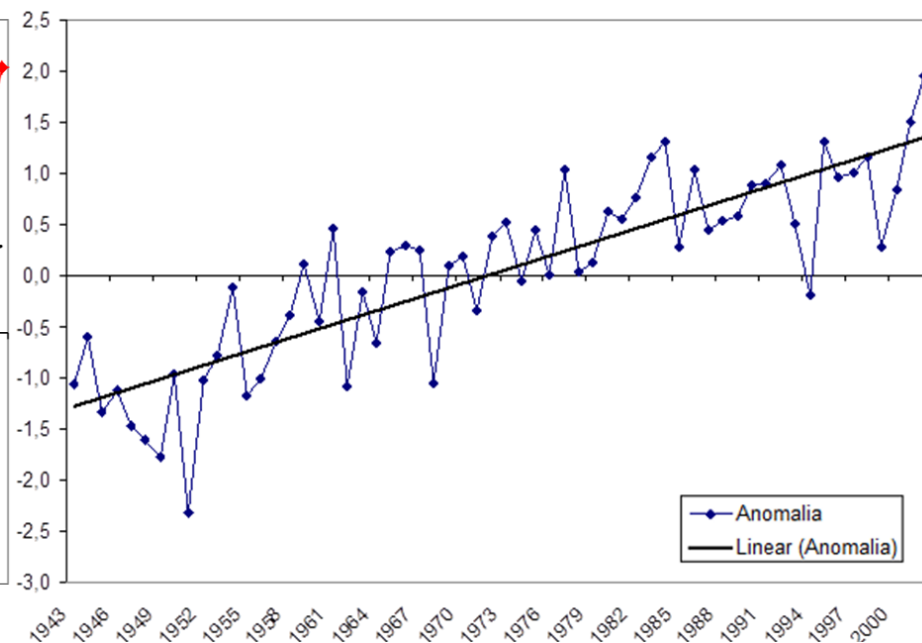
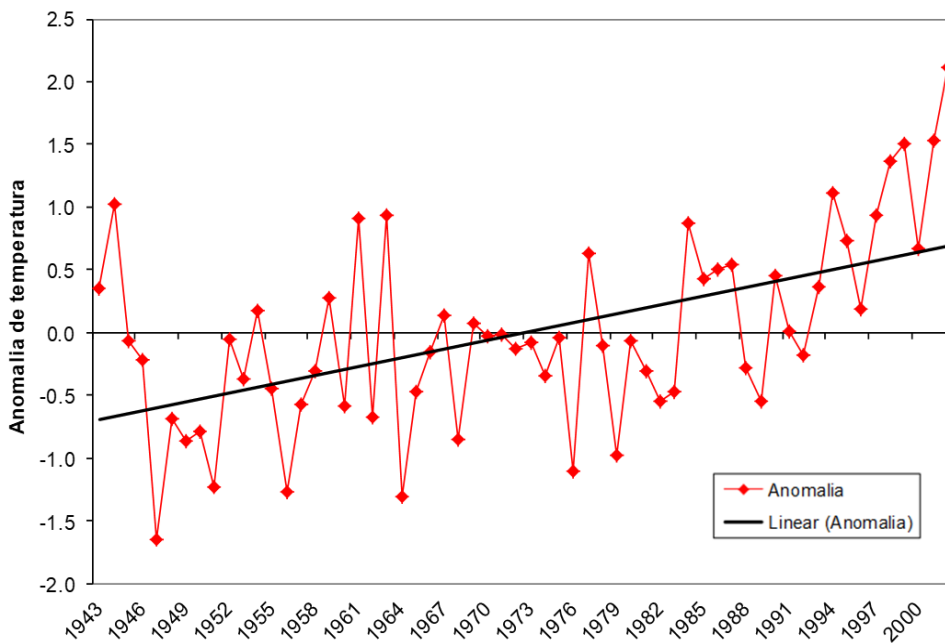
# Ilhas de Calor

- Expansão Urbana em áreas arborizadas



# Ilhas de Calor

## Anomalia de temperatura máxima e mínima anual para São Paulo

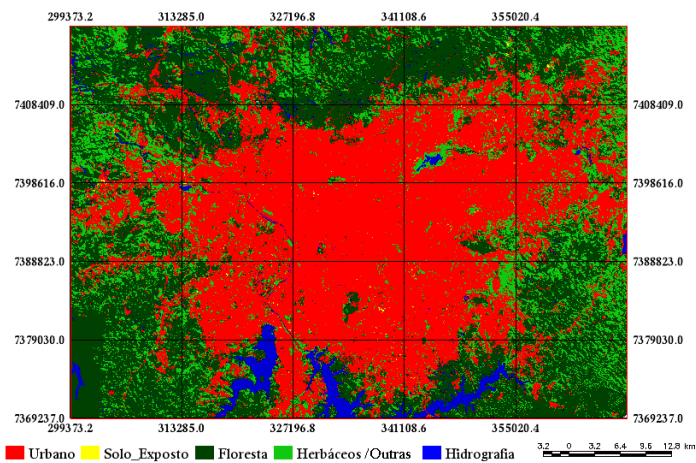


Fonte: Francisco de Assis Diniz, INMET

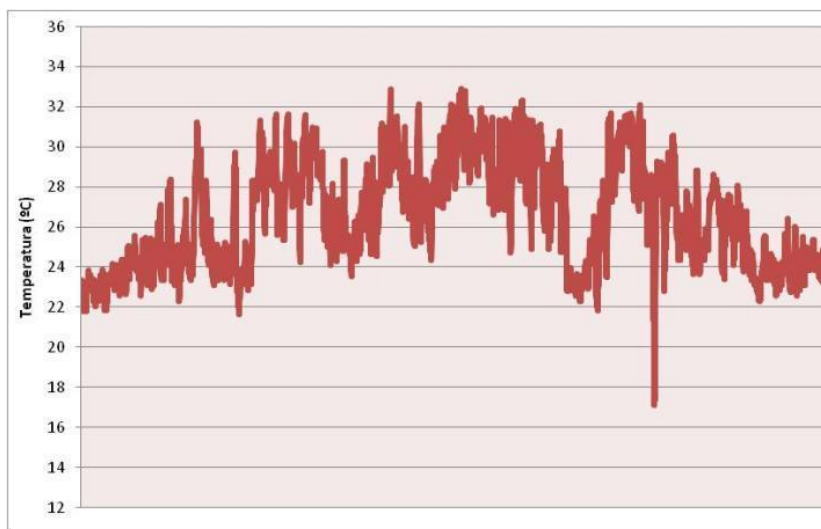
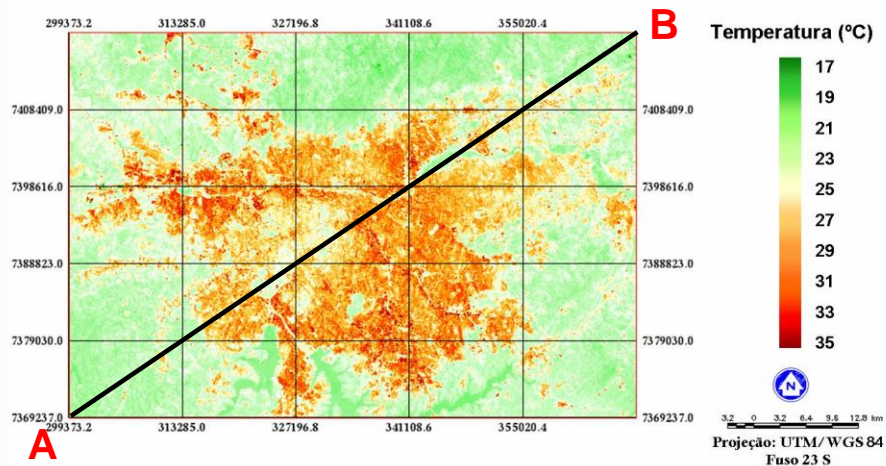


# Ilhas de Calor

Uso e Ocupação do Solo - 2003



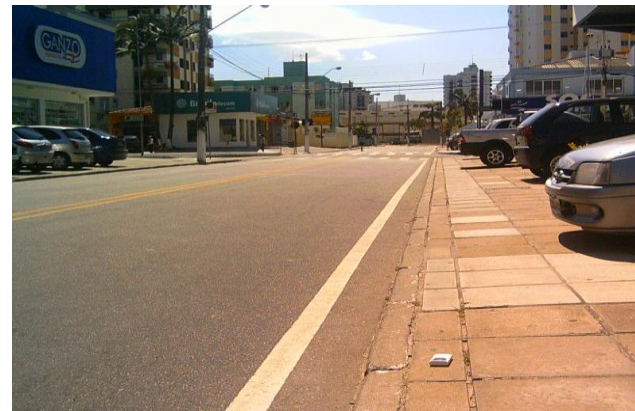
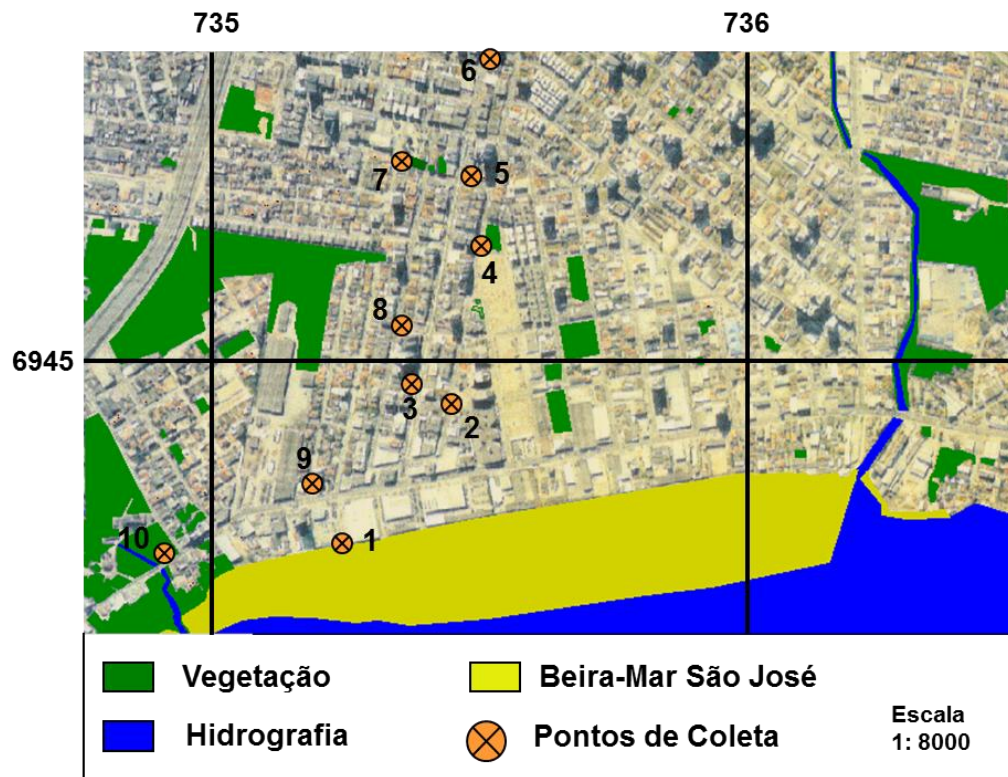
Campo Térmico para a Região Central de São Paulo para o dia 02/02/2003





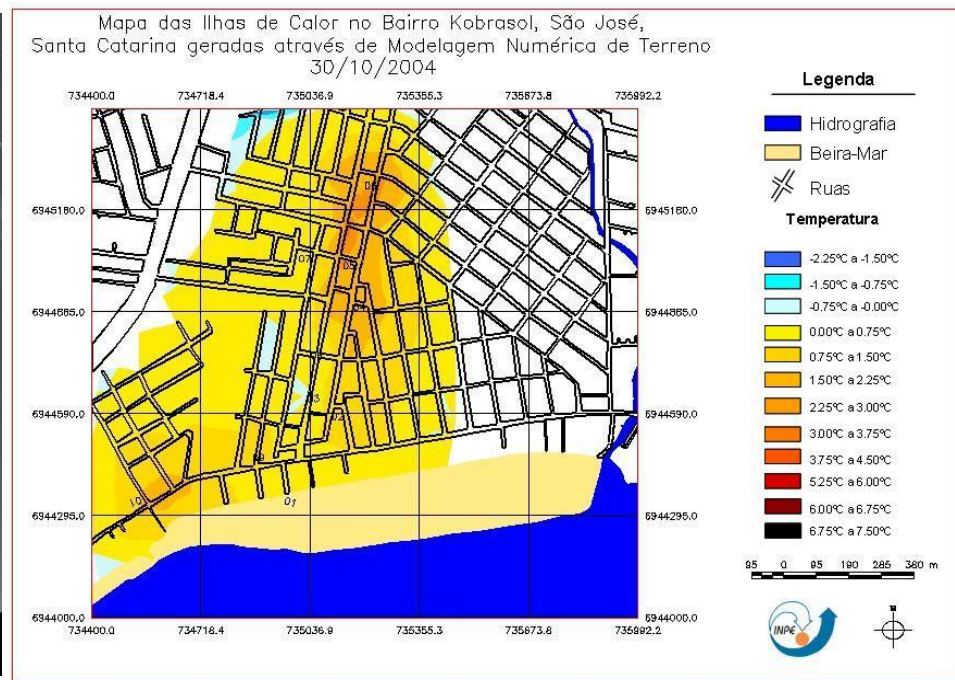
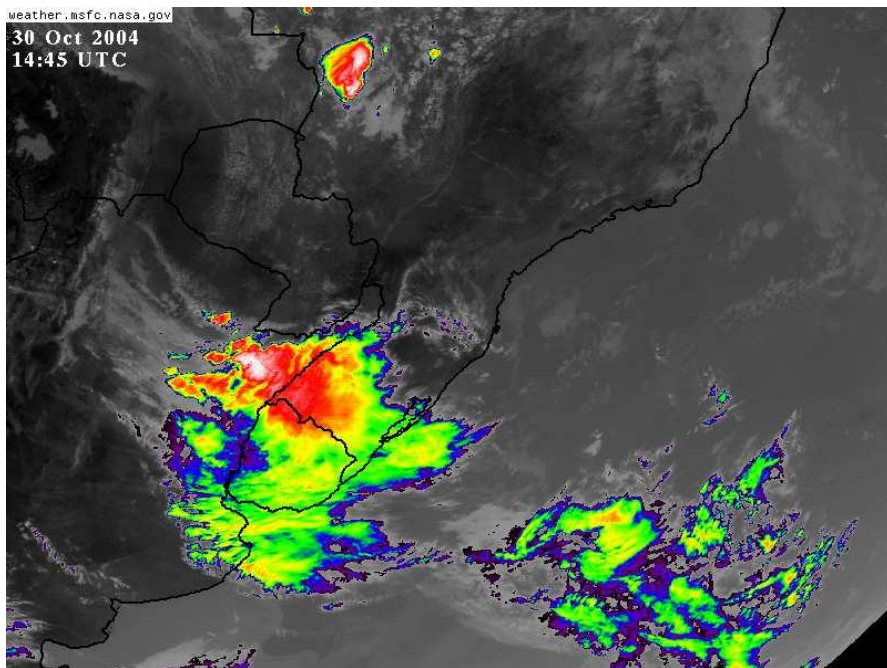
# Ilhas de Calor

- Exemplo: Florianópolis (SC)



# Ilhas de Calor

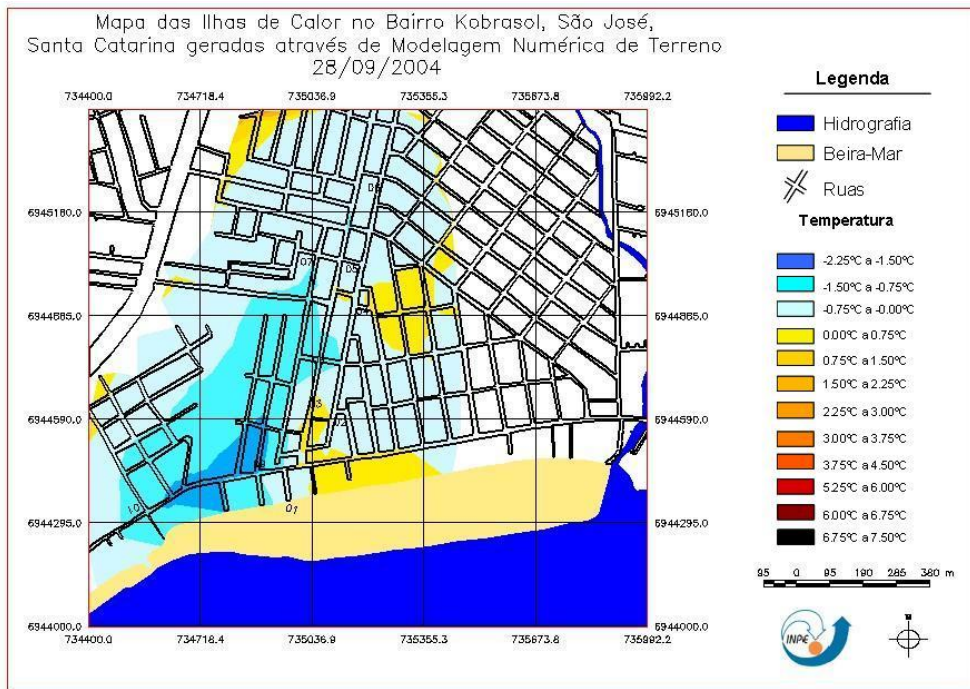
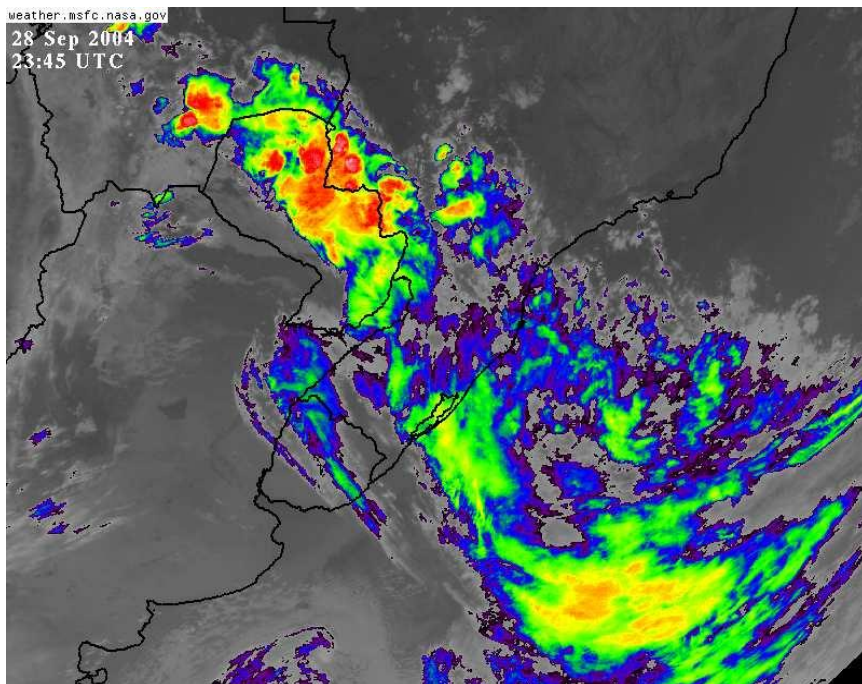
- Exemplo: Florianópolis (SC)





# Ilhas de Calor

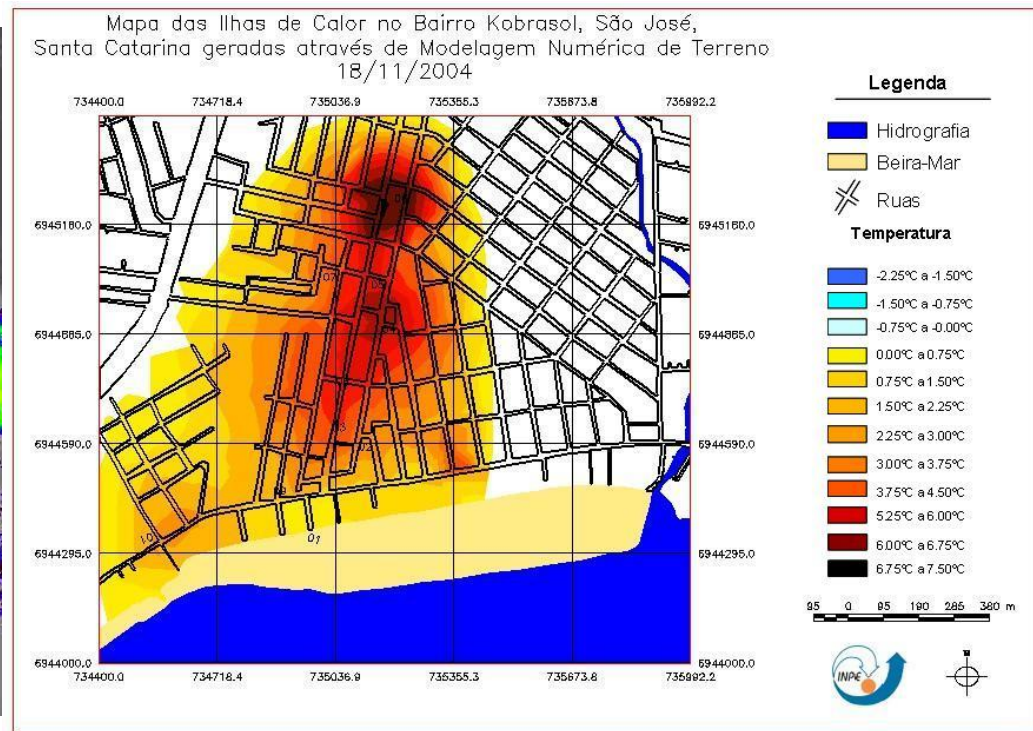
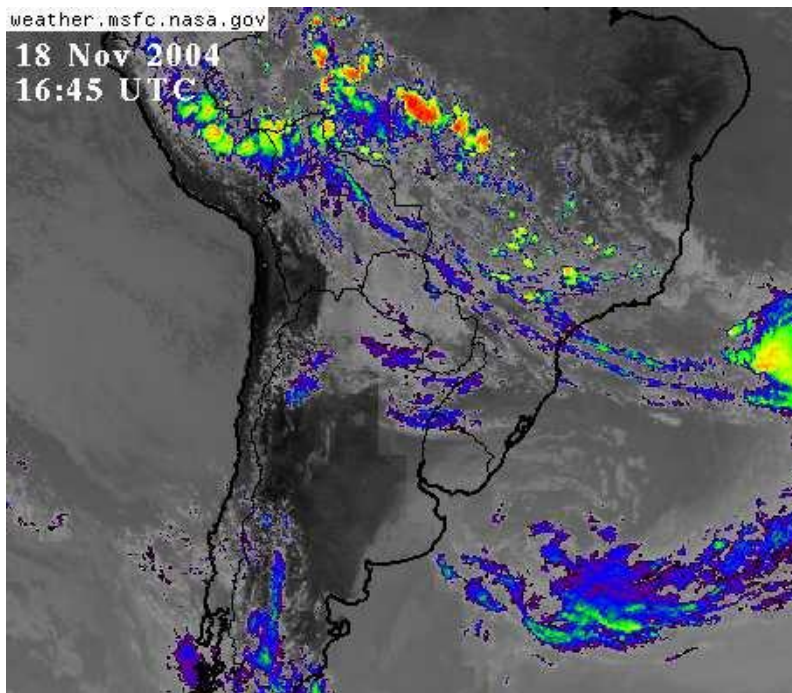
- Exemplo: Florianópolis (SC)





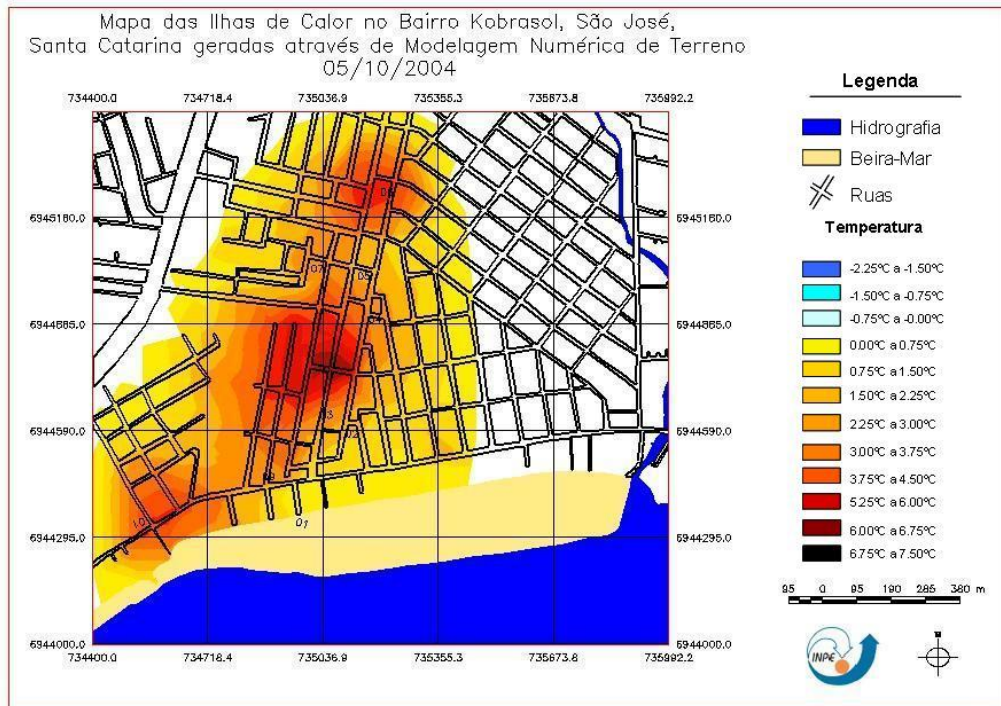
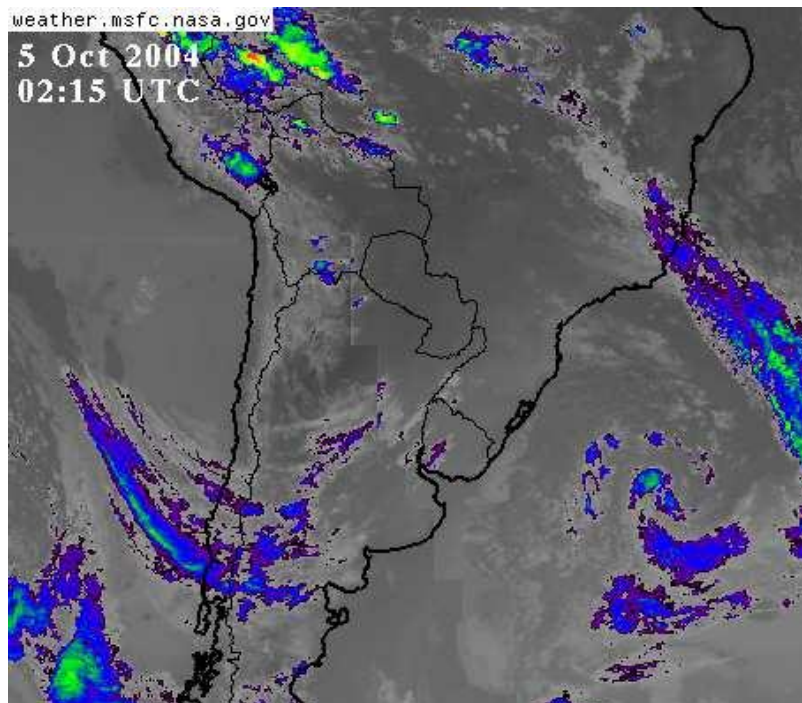
# Ilhas de Calor

- Exemplo: Florianópolis (SC)



# Ilhas de Calor

- Exemplo: Florianópolis (SC)



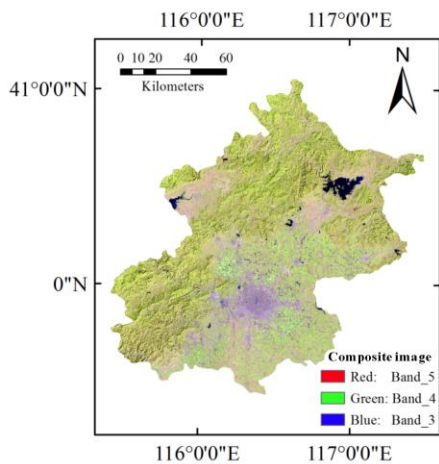
Geração de ilhas de calor ocorre quando há estabilidade atmosférica



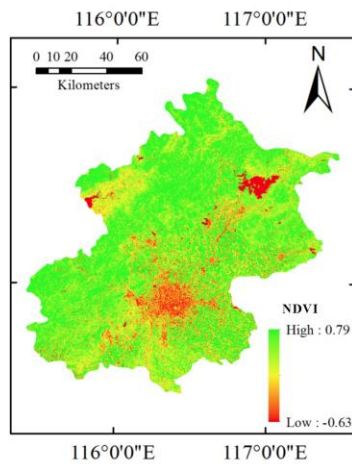
# Ilhas de Calor

- Exemplo: Beijing - China

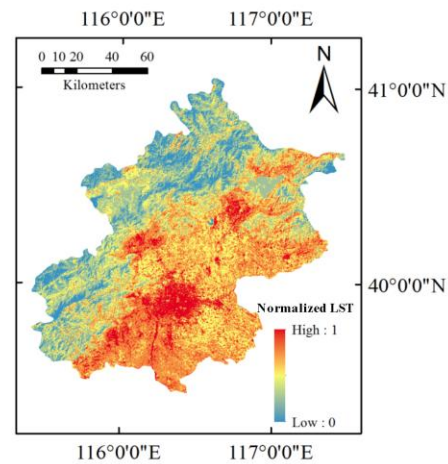
1995



(a)

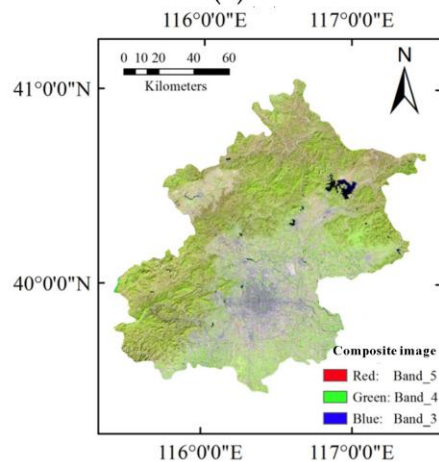


(b)

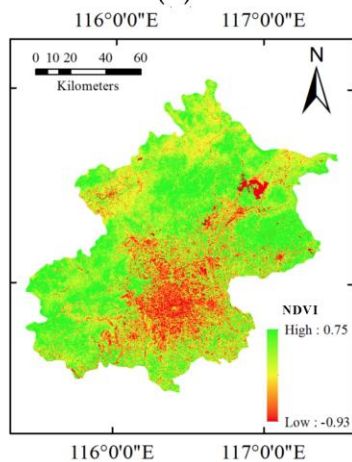


(c)

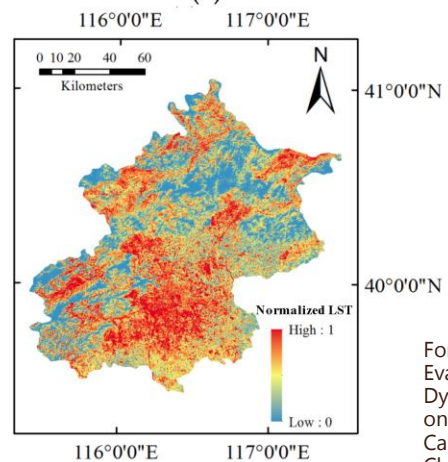
2009



(d)



(e)



(f)

Fonte – Chen et al. (2017) Evaluation of Urbanization Dynamics and its Impacts on Surface Heat Islands: A Case Study of Beijing, China. Remote Sensing.



# Ilhas de Calor

- **Soluções**
  - Green roof/wall





# Ilhas de Calor

- **Soluções**
  - Green roof/wall





# Ilhas de Calor

- **Soluções**
  - Green roof/wall





# Ilhas de Calor

- Soluções



# Ilhas de Calor

- **Soluções**
  - Criar mais áreas verdes nas cidades

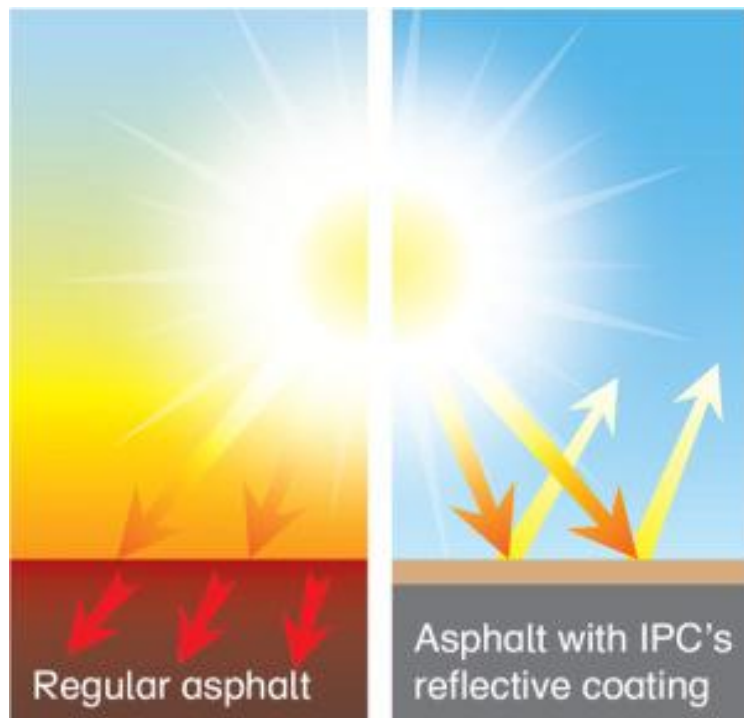




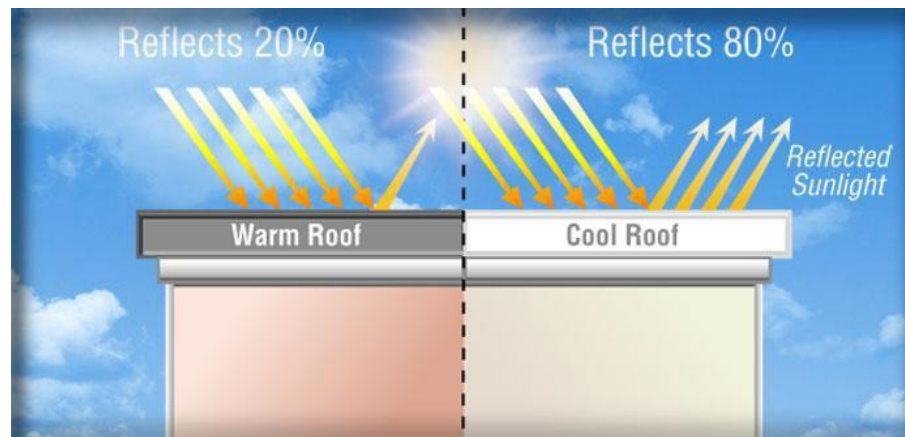
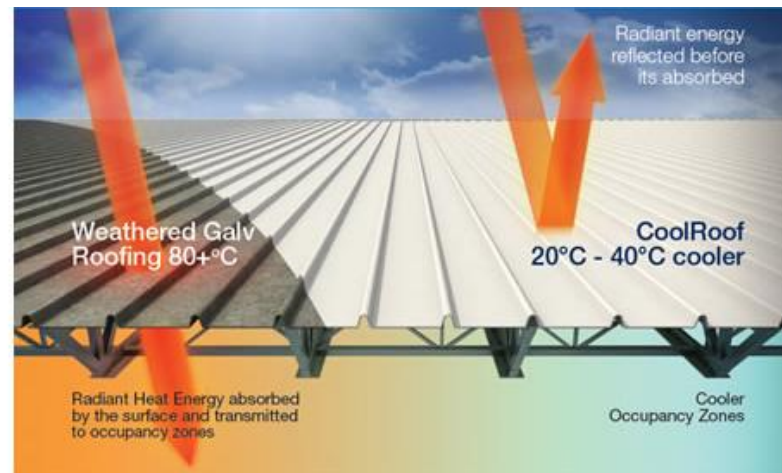
# Ilhas de Calor

- **Soluções**

- Materiais que favoreçam o aumento do albedo



<http://hubss.com/products/streetbond-coatings-for-asphalt/streetbondsr/>



**Problem:** Roofs absorb heat energy and become very hot. **Solution:** Increase roof reflectivity/emissivity.  
Source: Heat Island Group, Lawrence Berkley National Lab.



# Ilhas de Calor

- Soluções



# Ilhas de Calor

- Soluções





# Ilhas de Calor

- **Soluções**

- Aumentando o albedo, a superfície absorverá menos calor e assim transmitirá menos calor ao ambiente
- Redução no consumo de energia e emissão de gases de efeito estufa

Além disso:

- Maior eficiência – ar condicionado
- Planejamento urbano – áreas verdes/ espaçamento entre edifícios. Menor densidade demográfica e demanda de transporte por população
- Aumentar evapotranspiração plantando mais árvores / reduzir área impermeável
- Mudança no estilo de vida para usar menos energia



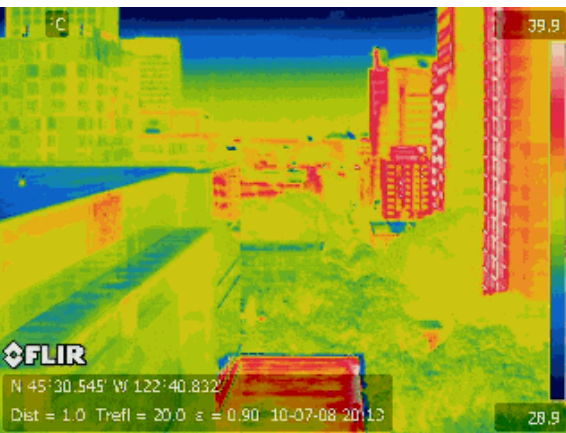


# Obrigado!

Bruno Silva Oliveira  
bruno.so@dsr.inpe.br









ou-cant-stand-

