

---

Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim, Vincent Dubreuil, Hervé Quenol e João Lima Sant'Ana Neto

## **Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França)**

---

### **Avertissement**

Le contenu de ce site relève de la législation française sur la propriété intellectuelle et est la propriété exclusive de l'éditeur.

Les œuvres figurant sur ce site peuvent être consultées et reproduites sur un support papier ou numérique sous réserve qu'elles soient strictement réservées à un usage soit personnel, soit scientifique ou pédagogique excluant toute exploitation commerciale. La reproduction devra obligatoirement mentionner l'éditeur, le nom de la revue, l'auteur et la référence du document.

Toute autre reproduction est interdite sauf accord préalable de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France.



Revues.org est un portail de revues en sciences humaines et sociales développé par le CLEO, Centre pour l'édition électronique ouverte (CNRS, EHESS, UP, UAPV).

---

### Referência electrónica

Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim, Vincent Dubreuil, Hervé Quenol e João Lima Sant'Ana Neto, « Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França) », *Confins* [Online], 7 | 2009, posto online em 31 octobre 2009. URL : <http://confins.revues.org/index6070.html>

DOL : en cours d'attribution

Éditeur : Hervé Théry

<http://confins.revues.org>

<http://www.revues.org>

Document accessible en ligne à l'adresse suivante : <http://confins.revues.org/index6070.html>

Document généré automatiquement le 04 novembre 2009.

© Confins

Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim, Vincent Dubreuil,  
Hervé Quenol e João Lima Sant’Ana Neto

## Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França)

- 1 A expressão mais concreta da mudança do balanço de energia nos ambientes urbanos configura-se na geração das ilhas de calor. Caracterizada por uma cúpula de ar quente que cobre a cidade, a ilha de calor urbana (ICU) é a manifestação do aumento das temperaturas causado por características físicas (alta densidade de construções, concentração de materiais construtivos de grande potencial energético de emissividade e reflectância) e as atividades urbanas.
- 2 A ICU é essencialmente definida pela diferença de temperatura entre a área central da cidade e o ambiente rural ou zonas periféricas com baixa densidade de construções. Além da distinção simples urbano-rural ou centro-periferia, é principalmente uma diferença de uso e ocupação do solo. O ambiente urbano e especialmente o centro é normalmente ocupado por uma alta densidade de construções, com superfícies verticais, enquanto que o ambiente rural é ocupado por baixa densidade de construções e vegetação arbórea esparsa ou gramados.
- 3 A intensidade e a extensão espacial da ICU dependem da localização da cidade, da morfologia urbana (forma e densidade das construções), do tipo de materiais construtivos, das atividades industriais, das condições climáticas e da sucessão das situações sinóticas e tipos de tempo. A ICU é especialmente importante sob condições atmosféricas estáveis (sistema anticiclônico), que se caracterizam pela baixa velocidade do vento e pela ausência de nebulosidade (CANTAT, 2004).
- 4 O intenso processo de urbanização que ocorreu durante o século XX fez com que muitos estudos sobre a ICU fossem realizados, principalmente nas grandes cidades como, por exemplo, na Cidade do México, em São Paulo e em Paris. Foram poucos os estudos realizados em cidades médias. Neste artigo apresentam-se os resultados dos estudos sobre a ICU, em duas cidades: Rennes (França) e Presidente Prudente (Brasil). Os procedimentos da pesquisa foram semelhantes nas duas cidades. Foram utilizadas medidas convencionais em pontos fixos e móveis e dados térmicos do satélite Landsat-TM (AMORIM et al., 2008; Dubreuil et al., 2008) para determinar as mudanças do uso do solo durante os últimos vinte anos e a repartição das fontes de calor dentro das cidades na origem da formação da ICU.

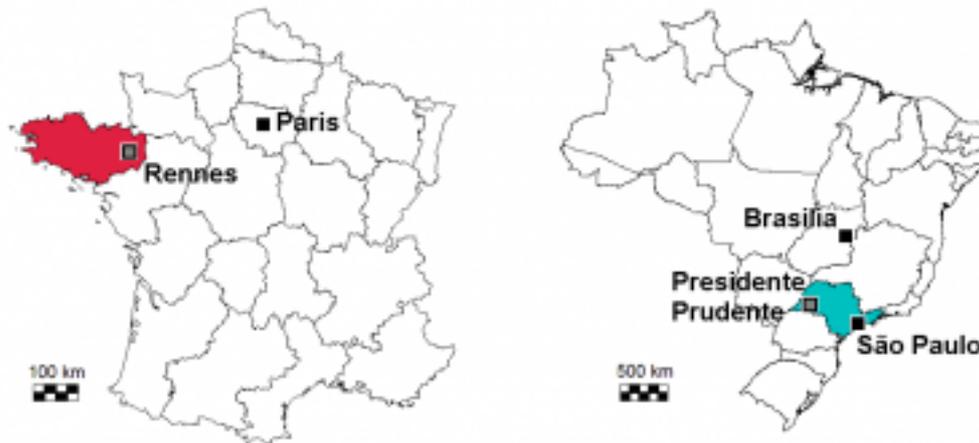
### Presidente Prudente e Rennes: duas cidades médias de tamanho similar, mas com histórias diferentes

- 5 Presidente Prudente é uma cidade de porte médio localizada no oeste do Estado de São Paulo – Brasil, próxima ao trópico de Capricórnio (22° 07’ de latitude Sul e 51° 23’ de longitude Oeste, figura 1). Fundada em 1917 é a capital regional de uma extensa área agropastoril, de aproximadamente 20.000km<sup>2</sup>. Rennes é uma cidade do oeste da França, perto do Oceano Atlântico (48°06’ de latitude Sul e 1°40’ de longitude Oeste, figura 1). Cidade antiga chamada Redones antes da colonização romana, teve seu nome modificado naquela época para Condate (nome romano do encontro dos Rios “Ille” e “Vilaine”) e depois voltou para um nome perto do antigo nome da galesa: Rennes. Atualmente Rennes é a capital administrativa da Bretanha, a primeira região francesa para a produção agrícola (27.000 km<sup>2</sup>). Com cerca de 200.000 habitantes para os dois municípios, essas duas cidades tiveram histórias diferentes, mas com

tamanhos e papéis regionais semelhantes no oeste da capital econômica dos países (300 km de Paris para Rennes, 500 km de São Paulo para Presidente Prudente). Hoje são cidades, que possuem, predominantemente, atividades comerciais, universitárias e de serviços.

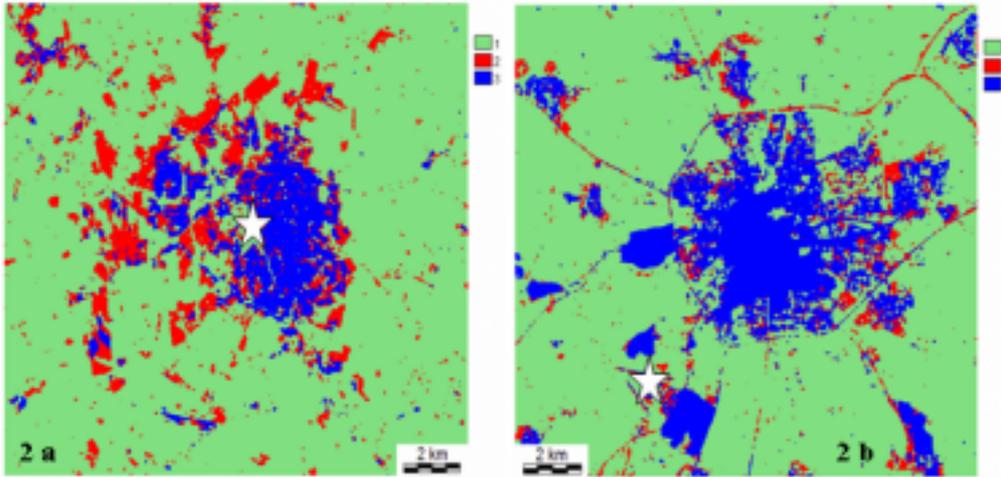
- 6 Para se fazer as comparações entre as duas cidades, utilizaram-se as imagens Landsat para mapear a evolução do uso do solo. No caso de Presidente Prudente, as imagens Landsat foram do mês de março 1988 e de março 2001 e, no caso de Rennes, de setembro 1990 e de maio de 2001. As imagens foram adquiridas no site do Global Land Cover Facility<sup>1</sup> e foram registradas às 10h30, horário local. O uso do solo das cidades foi verificado a partir de uma composição colorida de três canais (4, 5, 3) das imagens Landsat. Desta maneira, identificaram-se as diferentes paisagens intra-urbanas (MENDONÇA e DUBREUIL, 2002) das cidades estudadas. Realizou-se a foto-interpretação das composições coloridas (bandas 3, 4 e 5) para delimitar a parte urbana e a parte rural das duas cidades para cada data. Todos os canais Landsat estão disponíveis em uma resolução de 30 metros. No entanto, para este estudo optou-se também por usar a banda 6 (infravermelho termal com 60 m de resolução espacial) para mostrar a distribuição das superfícies quentes e frias nas cidades.

**Figura 1: Localização das cidades de Presidente Prudente e Rennes**



Presidente Prudente a direita, Estado de São Paulo em azul, Rennes a esquerda, Região Bretanha em vermelho

- 7 Presidente Prudente e Rennes apresentam grande diversidade de ocupação do solo. Em Presidente Prudente, segundo Amorim (2000), os bairros mais antigos (construídos entre as décadas de 1950 e 1970) são densamente construídos e com significativa cobertura vegetal arbórea nas ruas e fundos de quintais. Por outro lado, as áreas residenciais que surgiram nas décadas de 1980/1990, que são a grande maioria, apresentam-se com edificações esparsas, com gramado e vegetação arbórea. Neste grupo prevalecem os conjuntos habitacionais e loteamentos destinados a população de baixa renda com terrenos menores e materiais construtivos menos adequados ao conforto térmico e ambiental (paredes finas e coberturas de fibrocimento), pois armazenam muito calor. O uso do solo urbano é pouco diversificado predominando domicílios residenciais (87%), enquanto os usos industriais, comerciais e de serviços, respondem por apenas 13% do total. A expansão territorial urbana tem privilegiado mais o Oeste da cidade devido tanto às questões políticas e econômicas como pelas características do relevo (figura 2a). Nesta área as superfícies divisoras de água apresentam perfis convexos mais alongados, formando interflúvios mais suaves e separados entre si por vales menos estreitos, representando hoje cerca de 80% do total da malha urbana. No quadrante Leste o relevo possui declives acentuados que dificultam a expansão da malha urbana. (SUDO e LEAL, 1996)

**Figura 2: Evolução do uso do solo em Prudente Prudente (a- esquerda) e Rennes (b- direita)**

1: área rural ; 2: urbanização entre 1988 e 2001 ; 3: urbanização em 1988.

- 8 Em Rennes, segundo Guegan-Roué (1994), o centro mais antigo da cidade foi destruído por um incêndio em 1720. Hoje, tem poucas casas de madeiras anteriores a esse incêndio e a maioria do centro é da época clássica (século XVIII) com prédios de quatro a seis andares e poucos jardins no centro. Mesmo como capital da Bretanha, a cidade cresceu pouco até a metade do século XX, porque sempre teve uma rivalidade entre os portos (Brest, Lorient, Saint Malo) e, sobretudo com a outra capital mais comercial da região: Nantes. A chegada de indústrias deslocadas da região de Paris antes e depois da segunda guerra mundial e também com o desenvolvimento das universidades e das indústrias de novas tecnologias (telecomunicações, informática) provocou uma forte expansão da cidade, primeiro numa forma de grandes prédios (até 20 andares) na periferia nos anos de 1960 e, depois, uma expansão de casas individuais nos municípios vizinhos (figura 2b). No final, o crescimento da cidade de Rennes foi mais forte nos anos de 1960 e 1970, enquanto no caso de Presidente Prudente, a fase mais intensa de crescimento foi nos anos de 1980 e 1990 como mostram a figura 2 e a tabela 1.

**Tabela 1: Taxa de crescimento urbano de Presidente Prudente e Rennes entre 1988-1990 e 2001.**

	Presidente Prudente	Rennes
Superfície urbanizada em 1988-1990 (em hectares)	1965	4086
Superfície urbanizada em 2001 (em hectares)	4584	5394
Aumento da superfície urbanizada 1988-2001 (em hectares)	2619	1308
Taxa de aumento 1988-2001	+ 133 %	+ 32 %

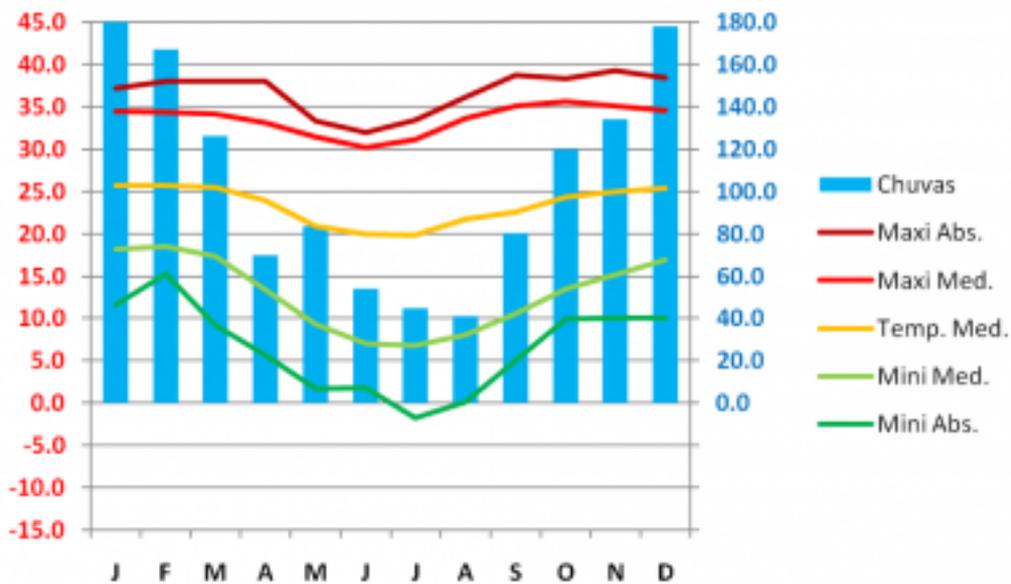
Fontes: Imagens do satélite Landsat (março de 1988 e 2001 para Presidente Prudente e setembro de 1990 e maio de 2001 para Rennes)

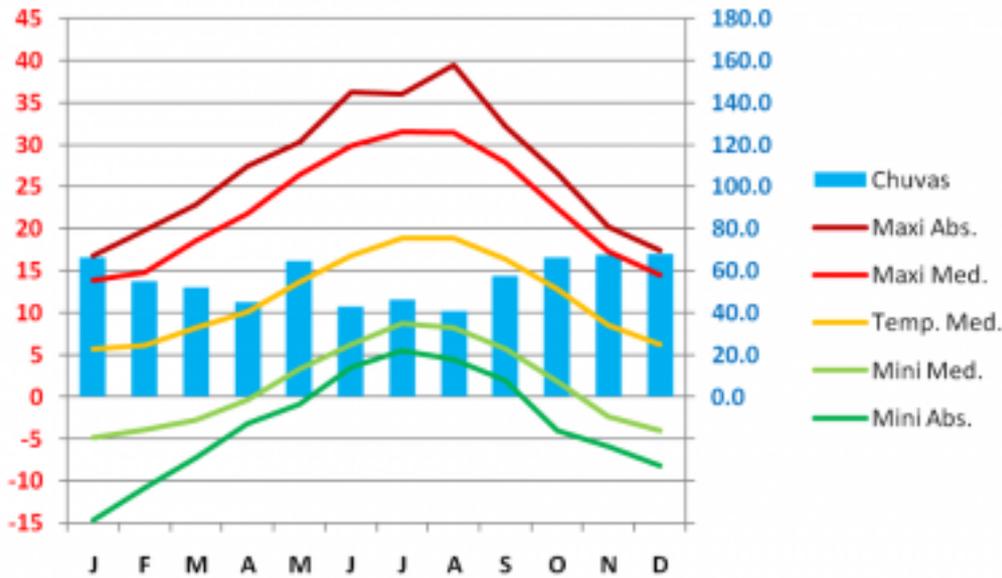
- 9 Como a expansão das duas cidades foi muito forte durante as últimas décadas, pretende-se, portanto, verificar o papel da urbanização sobre o clima local das mesmas, que mesmo com histórias diferentes foram capazes de gerar especificidades climáticas que podem interferir na qualidade de vida das pessoas, especialmente daquelas que não tem acesso a climatização de ambientes e, também, para os cidadãos de maneira geral, na medida em que as formações das ICU podem carrear para as áreas mais quentes da cidade os poluentes atmosféricos do entorno.
- 10 Antes do detalhamento intra-urbano será apresentado o clima regional de cada uma delas.

## O contexto climático e a evolução do clima em Rennes e em Presidente Prudente

- 11 Presidente Prudente insere-se no clima tropical continental sub-úmido do centro sul do Brasil e caracteriza-se por duas estações do ano bem definidas: um verão quente e chuvoso de outubro a março e um inverno ameno e seco de abril a setembro (BARRIOS e SANT'ANNA NETO, 1996). Entretanto, diante da forte irregularidade climática da região, explicada por sua localização na latitude do trópico de capricórnio, área de conflito entre os sistemas tropicais e extra-tropicais, Presidente Prudente apresenta uma variabilidade interanual bastante acentuada. De modo geral, os sistemas tropicais prevalecem na região a maior parte do ano, ora com o seu ramo atlântico, mais úmido, ora com trajetórias continentais, mais quentes e secas. No período de primavera e verão, as temperaturas diárias oscilam entre os 20°C e 32°C, com máximas absolutas próximas aos 40°C (Figura 3). Nesta época do ano concentra-se cerca de 75% da precipitação anual de 1.300mm. No outono/inverno as temperaturas decrescem ligeiramente, mas permanecem elevadas, à exceção dos episódios das invasões do anticiclone polar, quando as temperaturas mínimas oscilam entre 15°C e 20°C, com valores absolutos que podem chegar a 0°C (-1,8°C em julho de 1975), segundo os dados registrados na Estação Meteorológica de Presidente Prudente, localizada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista.

**Figura 3 : Climograma de Presidente Prudente: valores 1969-2007**

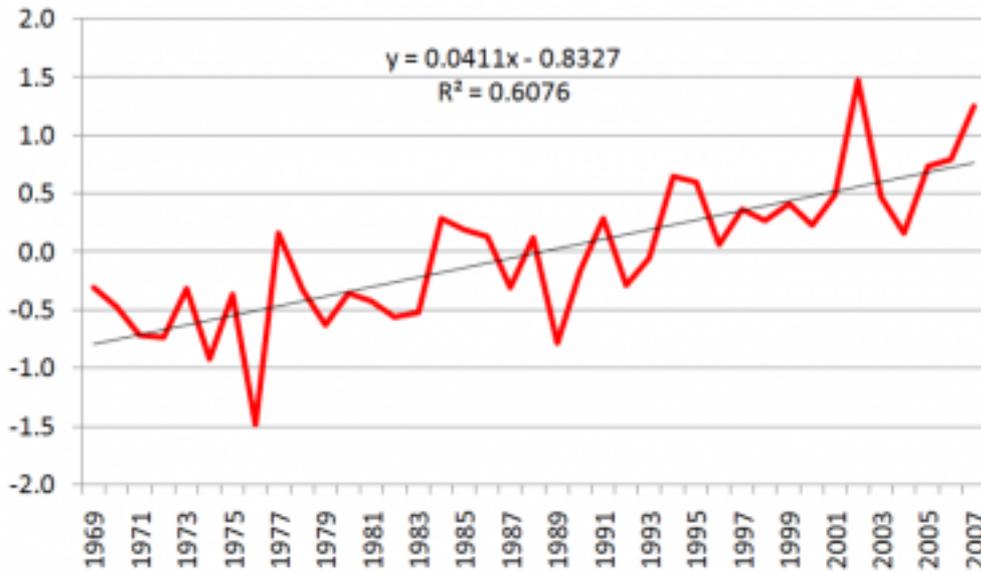


**Figura 4 : Climograma de Rennes: valores 1969-2007**

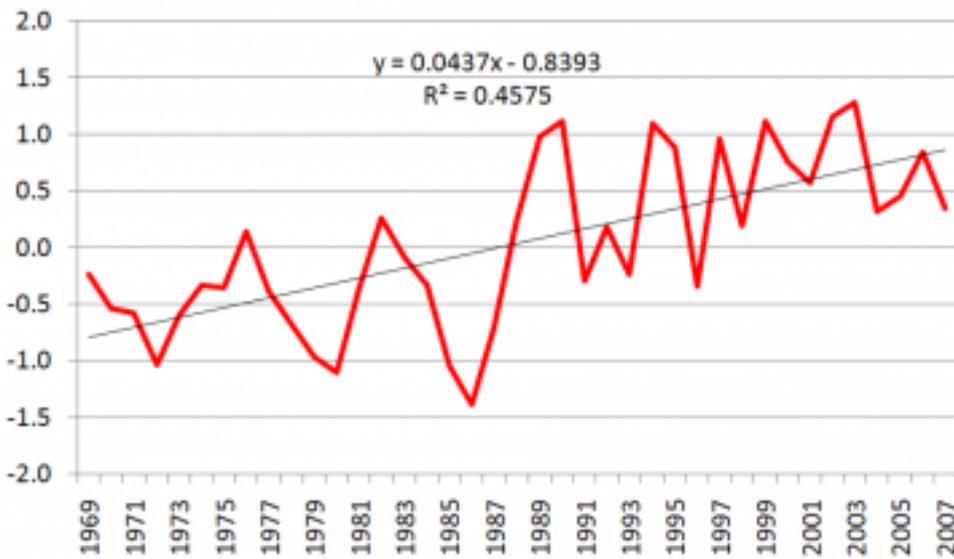
12 Rennes apresenta-se como uma cidade típica do clima temperado-oceânico do interior (DUBREUIL et al., 2008). A pluviometria não é tão importante como no litoral da região (670 mm em média contra 1100mm em Brest) com uma diminuição significativa no verão até chegar, em alguns anos, a uma seca (Figura 4). As temperaturas evidenciam os conflitos entre as massas do ar polares, predominantes no inverno e as massas do ar tropicais que explicam as amplitudes de temperaturas: a amplitude média parece limitada (5,7°C em janeiro, 18,9°C em agosto) mas os extremos podem chegar até 40°C (39,5°C em agosto de 2003, 0,2°C acima do valor máximo de Presidente Prudente em novembro de 1985) enquanto no inverno o frio pode ser muito forte também (-14,7°C em janeiro de 1985). Os tipos de tempos mostram também a forte variabilidade do clima, com freqüência das situações depressionárias (especialmente no inverno) e a diversidade das situações anticiclônicas que podem trazer tipos de tempos frios (anticiclone da Rússia) ou quentes (anticiclones do Saara). Assim, as chuvas podem acontecer durante todo o ano, mas, com freqüência mais elevada no outono e no inverno.

13 As temperaturas médias anuais (1969/2007) das duas cidades têm oscilações (entre 21°C e 24°C em Presidente Prudente e entre 10°C e 13°C em Rennes), de forma ascendente desde que a expansão da área urbana do município ultrapassou os limites da estação meteorológica. As figuras 5 e 6 mostram a evolução das temperaturas no período de registro para as duas cidades e mostram uma tendência de aquecimento de 0,41°C por década em Prudente e de 0,46°C por década em Rennes. O aumento um pouco maior em Rennes pode estar ligado com o aquecimento geral mais forte nas latitudes médias (IPCC, 2007). No caso de Rennes o aumento das temperaturas é mais forte para as temperaturas máximas (+0,59°C por década, contra +0,30°C para as mínimas médias anuais, figuras 7 e 8) enquanto no caso de Presidente Prudente o aumento das temperaturas é mais forte para as temperaturas mínimas (+0,73°C por década contra +0,28°C para as temperaturas máximas), conforme se verificou nos dados registrados nas estações meteorológicas das duas cidades.

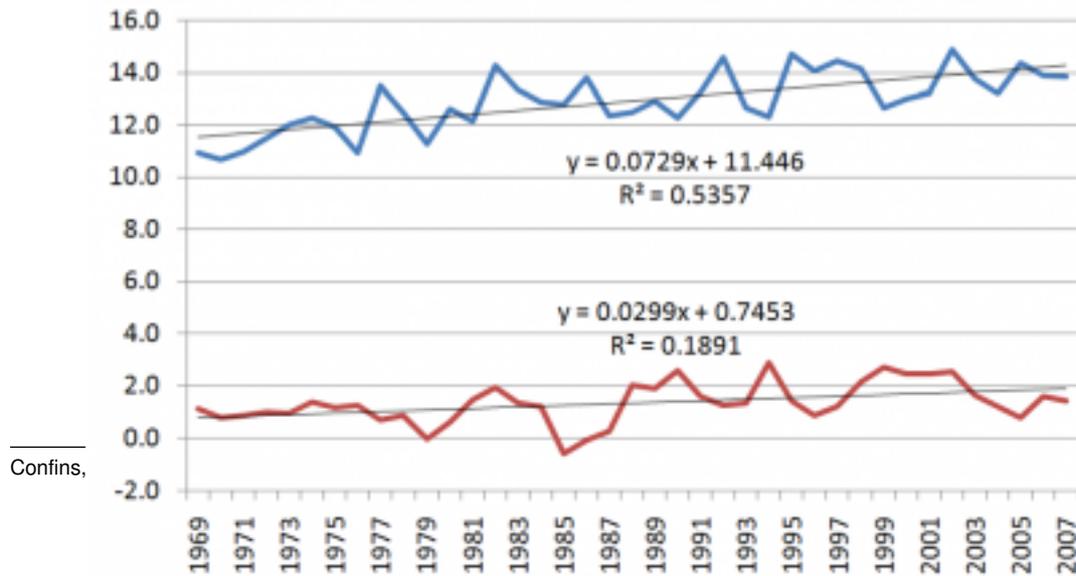
**Figura 5 : Desvios das temperaturas médias anuais de Presidente Prudente - 1969/2007**



**Figura 6 : Desvios das temperaturas médias anuais de Rennes - 1969/2007**



**Figura 7 : Evolução das temperaturas mínimas médias anuais de Rennes (vermelho) e Presidente Prudente (azul) - 1969/2007**



a evolução da temperatura em Rennes resulta não apenas das mudanças locais decorrentes do uso do solo com a urbanização, mas também de alterações globais.

## O impacto das cidades sobre o clima local: ilhas de calor urbanas e distribuição interna das temperaturas

- 15 Para a verificação das temperaturas do ar intra-urbana realizaram-se medidas em transectos móveis nos percursos norte-sul (42 registros) e leste-oeste (78 registros) em dias representativos do verão e do inverno, sob condições atmosféricas estáveis (céu claro e baixa velocidade do vento). As medidas para Presidente Prudente foram realizadas em 2002, nos meses de janeiro e julho, enquanto as de Rennes, em fevereiro de 2005. Foram utilizados termômetros digitais, com os sensores presos em haste de madeira com 1,5m de comprimento, acoplados na lateral de dois veículos que saíram da periferia (rural), passando pelo centro, chegando ao extremo oposto da cidade. As medições foram efetuadas entre 20:00h e 20:45h, por se tratar do horário mais adequado uma vez que as temperaturas não experimentam mudanças rápidas. A coleta de dados com veículos requer que o tempo gasto entre a medida do ponto inicial e no ponto final do itinerário não ultrapasse uma hora, com velocidade que deve variar entre 30 e 40 km/h. Esta metodologia foi adaptada, com base nos trabalhos de Oke e Maxwell (1975); Gomez e Garcia (1984); Johnson (1985); Pitton (1997).
- 16 Os sistemas atmosféricos regionais que atuaram nos dias de levantamento de campo foram analisados por meio de cartas sinóticas de superfície disponibilizadas no *site* da Marinha do Brasil<sup>2</sup> e das imagens de satélite Goes<sup>3</sup> para o Brasil e no *site* do *Centre de Météorologie Spatiale*<sup>4</sup> de Lannion na França. Todas as situações sinóticas estavam características de situações radiativas com céu claro e vento fraco.
- 17 Os transectos mostraram que a urbanização e as características do uso do solo são responsáveis pela distribuição da temperatura do ar gerando ilhas de calor nos bairros densamente construídos e no centro. (Figuras 9 e 10). Este padrão de distribuição, entretanto, em Presidente Prudente, pode se modificar em função da direção e velocidade do vento que desloca estas ilhas de calor para outras áreas da cidade. Foram observadas ilhas de calor de forte magnitude, com diferenças entre o ponto mais quente e o ponto mais frio entre 3,6°C e 5,6°C em dias representativos do verão e de 4,9°C a 9,6°C no inverno. As diferenças foram menores nos dias com ventos um pouco mais fortes (3,0m/s a 4,0m/s). (Tabela 2).
- 18 Durante a noite a cidade gera ilhas de calor com o aumento da temperatura do meio rural e bairros menos densamente construídos em direção aos bairros densamente construídos e o centro. Além da densidade de construções os materiais utilizados também contribuem para o armazenamento do calor, além das diversas atividades urbanas, queima de combustíveis etc.

**Tabela 2 - Temperaturas máximas, mínimas e diferenças térmicas entre os pontos em Presidente Prudente.**

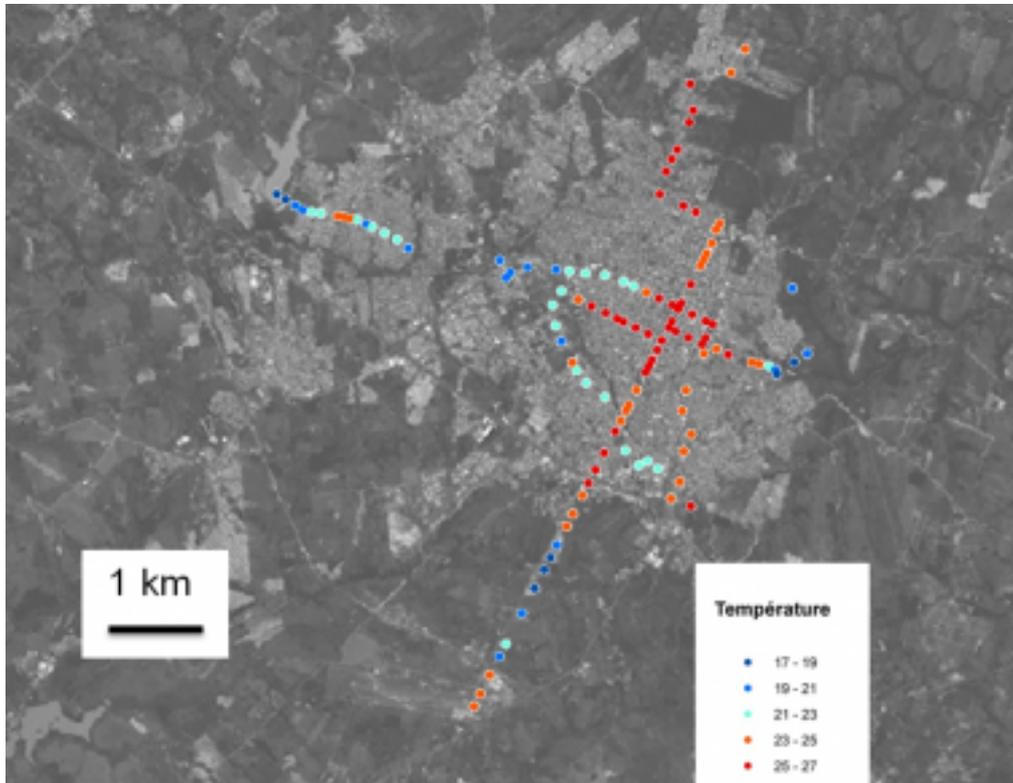
Temp.(°C)	15/01	16/01	17/01	18/01	23/01	14/07	16/07	17/07	23/07	25/07
Máxima	27,5	26,2	26,3	25,9	27,8	17,9	22,3	20,1	22,3	26,7
Mínima	21,9	22,6	21,1	21,9	24,2	11,9	14,8	14,7	17,4	17,1
Diferença	5,6	3,6	5,2	4,0	3,6	6,0	7,5	5,4	4,9	9,6

Fonte: Trabalho de Campo - Janeiro e Julho de 2002

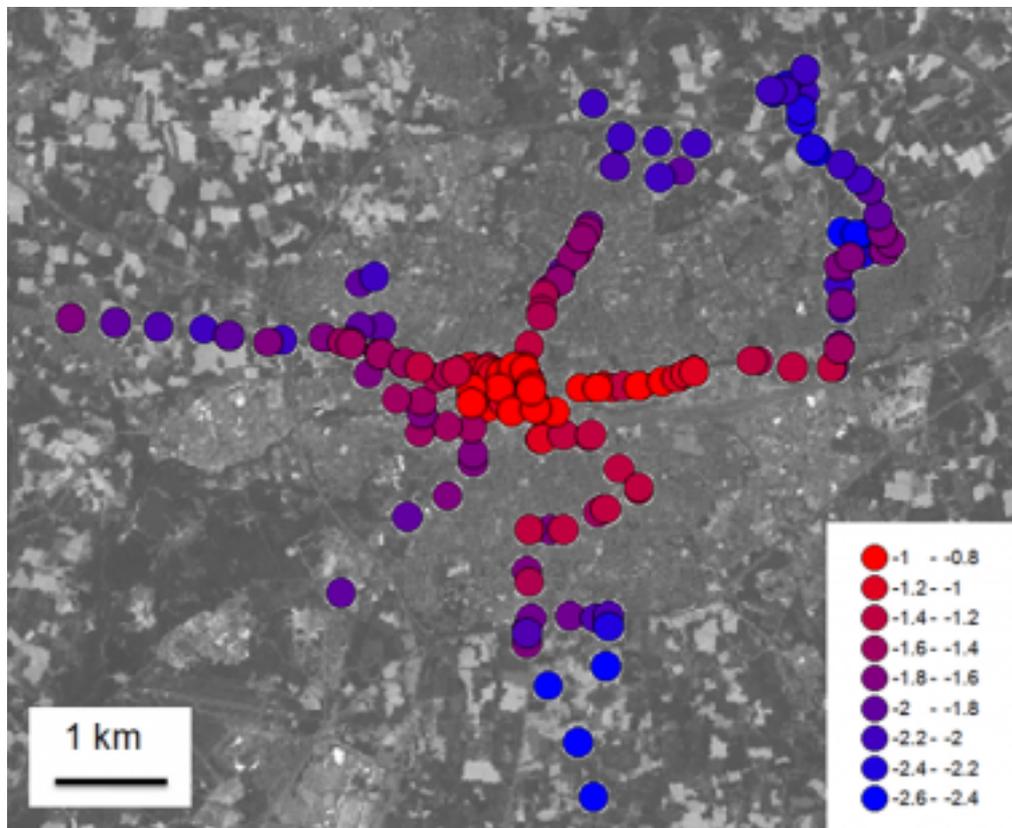
- 19 Na maioria dos estudos de ilha de calor realizados no período noturno, o centro da ilha é bem definido e freqüentemente está localizado no centro da cidade com maior densidade de construções ou nos bairros industriais (MENDONCA e DUBREUIL, 2002).
- 20 Em Presidente Prudente, contudo, foram detectadas pelo menos duas células separadas da ilha de calor, que podem ser diretamente atribuídas às causas urbanas :

- Primeiramente, observou-se uma célula maior de ar mais quente localizada na zona central em direção a porção norte e sul da cidade, onde estão localizados os bairros mais antigos e densamente construídos. À medida que a densidade de construções diminui, verificou-se a queda na temperatura em direção ao meio rural. Este padrão se assemelha com o modelo de Oke (1978).
  - A segunda célula localizou-se na porção oeste da cidade, onde se encontram dois conjuntos habitacionais densamente construídos. As temperaturas nesta célula, embora também elevadas em comparação a outros pontos da cidade, foram de 1° a 2°C mais baixas em relação ao centro. Assim, além da temperatura ser ligeiramente mais baixa do que no centro da cidade, seu tamanho foi bem menor em relação ao centro e seu entorno. Sob condições de calmaria e velocidade do vento de 0,5m/s, entre as células da porção oeste e a da área central, mesmo estando inserido na malha urbana, foram observadas temperaturas mais baixas. Esta configuração evidencia as ilhas de frescor e de calor, mostrando heterogeneidades internas das ilhas de calor, que não devem ser tomadas apenas do ponto de vista da comparação urbano-rural.
- 21 O intervalo das temperaturas mais baixas entre as duas principais células de temperaturas mais elevadas, foi quebrado no dia 17/07, devido à presença de ventos fracos de sudeste, entre 1m/s às 20:00h e 3 m/s às 21:00 horas. O movimento do ar foi suficiente para homogeneizar as temperaturas mais elevadas por toda a porção oeste da cidade, independentemente da densidade de construções. O calor produzido na área mais densamente construída foi distribuído pelo vento predominante de Sudeste e apenas o meio rural e os bairros localizados a Leste do centro da cidade tiveram temperaturas mais baixas neste dia.

**Figura 9 : Ilha de Calor Urbano em Presidente Prudente durante a noite de 25 de julho de 2002 (transectos térmicos, imagem Landsat no fundo em cinza)**



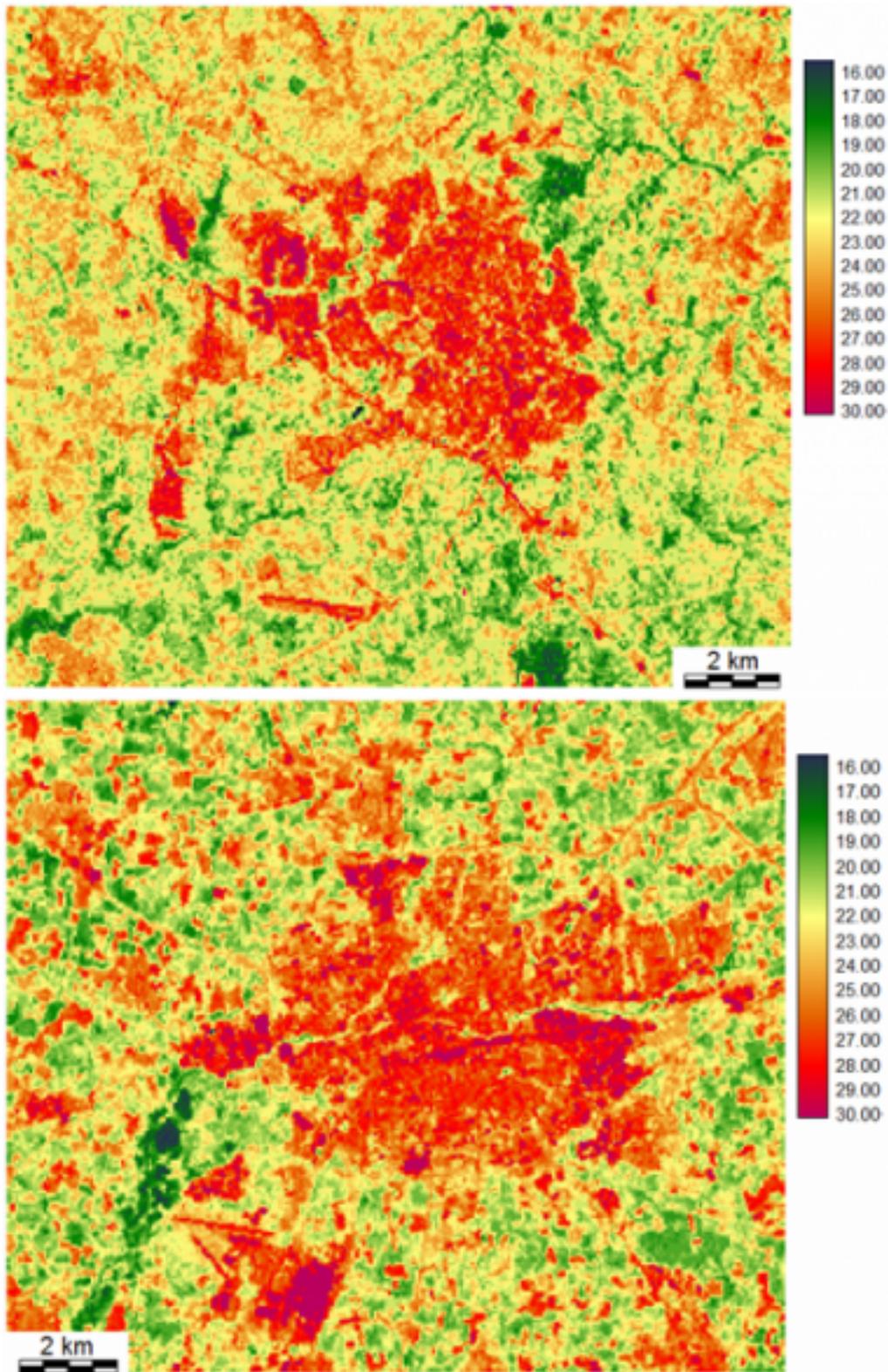
**Figura 10 : Ilha de Calor Urbano em Rennes durante a noite de 28 de fevereiro de 2005 (transectos térmicos, imagem Landsat no fundo em cinza)**



22 Os dados do canal 6 de Landsat-7 (resolução espacial de 60 metros) foram convertidos para uma temperatura superficial considerando um valor fixo da emissividade de 1. Pixels digitais Confins, 7 | 2009

foram convertidos (no software IDRISI) em temperaturas usando elementos fornecidos com a calibração da imagem. Nenhuma correção atmosférica foi aplicada a estas imagens. Consideramos que as mudanças no uso da terra entre 2001 e 2002 foram pequenas e que as características do tempo na data da imagem (massa polar no ambiente tropical resultou em leve vento e céu claro), são típicas de situações propícias à formação de ilha de calor urbano. (Figura 11)

**Figura 11 : imagens térmicas Landsat de 2001 de Presidente Prudente (em cima) e Rennes (em baixo)**



- 23 Acima de tudo, é importante lembrar que as imagens por satélite são úteis para estimar a temperatura da superfície, dependendo do tipo de uso e ocupação do solo. Trata-se apenas

- indiretamente da temperatura do ar ligada às medidas em abrigos por meio do balanço da energia local. No entanto, imagens de satélite podem ajudar a compreender a distribuição das fontes de calor dentro de uma área urbana que levam à formação da ICU.
- 24 A estrutura térmica da área urbana interpretada na imagem tratada do Landsat 7, traduz a ocupação atual, a densidade de construções e a arborização. Nos bairros densamente construídos, principalmente nos conjuntos habitacionais com coberturas de fibrocimento e com pequena quantidade de vegetação arbórea nas ruas e fundos de quintais, as temperaturas detectadas na superfície foram as mais elevadas, atingindo 25°C. Nos bairros com terrenos maiores, em que as edificações não ocupam toda a área e, com a presença de vegetação arbórea esparsa, as temperaturas foram menores (21°C). Nos parques e demais áreas verdes urbanas, as temperaturas variaram entre 19 e 21°C, em função do tipo de vegetação mais rasteira ou arbórea. Em Rennes, além do centro da cidade, os bairros mais quentes (acima de 28°C) são os bairros industriais (com prédios com coberturas de fibrocimento) nas saídas sul, norte, oeste e leste da cidade.
- 25 A localização das temperaturas mais elevadas mostrou-se diretamente relacionada à densidade de construções. O excesso noturno de calor, foi atribuído à liberação do calor estocado durante o dia pelas edificações, conforme se observa na imagem tratada do canal termal do Landsat 7. A diminuição na densidade de construção produz um efeito pronunciado no que se refere à quebra de continuidade da distribuição das temperaturas mais elevadas. Os limites das áreas construídas em direção ao rural, definiram claramente o limite da ilha de calor. Porém, as áreas intra-urbanas com menor densidade de construções, estiveram sujeitas a temperaturas mais elevadas, por ocasião de brisas provenientes do quadrante Leste, onde se localizaram, habitualmente, no período noturno, as temperaturas mais elevadas.
- 26 Em noites sem nebulosidade, como as observadas neste estudo, no ambiente rural os fundos de vales foram favoráveis às temperaturas mais baixas, como se observou nas porções sul, oeste e leste da mancha urbana de Presidente Prudente. Os córregos localizados no ambiente urbano, em sua maioria, foram canalizados. No período noturno, os pontos com altitudes mais baixas, não provocaram a “quebra” da ilha de calor principal encontrada na cidade. Até mesmo o Parque do Povo em Presidente Prudente, onde o Córrego do Veado foi canalizado e a área foi coberta por vegetação rasteira e arbórea, o intenso fluxo de veículos e o uso do solo nas avenidas que margeiam o fundo de vale (comercial e residencial), fizeram com que as temperaturas permanecessem elevadas.
- 27 Em pesquisa realizada anteriormente, Amorim (2000), mostrou que no verão as magnitudes mais fortes das ilhas de calor (entre 4°C e 6°C) durante o dia foram observadas principalmente entre 10h e 16h, coincidindo com os horários de maior insolação e maior aquecimento diurno e intensificando assim o desconforto térmico presente no verão das cidades tropicais. Nos outros horários (7h, 8h, 9h, 17h e 18h), foram freqüentes ilhas de calor de média magnitude (entre 2°C e 4°C), mas, também foram registradas, em alguns dias, ilhas de calor de forte magnitude, embora com menor freqüência.
- 28 Naquela pesquisa, no verão os principais responsáveis pelas maiores diferenças entre os pontos mais quentes foram às áreas densamente construídas e com pequena quantidade de vegetação. A presença da arborização nas ruas e fundos de quintais exerceu papel fundamental nesta estação, pois as áreas densamente arborizadas e, em alguns casos, com alta densidade de construções tiveram as temperaturas mais baixas, mas as áreas densamente construídas e com pouca vegetação ou com poucas construções, e também sem vegetação, tiveram as temperaturas mais altas. Assim, pode-se afirmar que a presença da vegetação tem papel fundamental para amenizar as altas temperaturas durante o dia, fato também observado na imagem tratada do Satélite Landsat 7 (Figura 11), mas no período noturno, conforme se verificou nesta pesquisa, a presença da vegetação nas ruas e fundos de quintais não contribuiu para amenizar as altas temperaturas em áreas densamente construídas. As temperaturas

mais baixas foram observadas nos bairros periféricos pouco construídos, nas áreas rurais e fundamentalmente nos fundos de vale do meio rural próximo à cidade.

## Considerações finais

29 A evolução da urbanização das cidades de Rennes e Presidente Prudente, mesmo com histórias e climas diferentes, mostra que esse processo tem um papel muito forte para explicar o aquecimento observado nessas regiões evidenciando a complexidade das interações climáticas locais, regionais e globais. Nesse contexto, o uso das imagens de satélite foi decisivo não só para mostrar as mudanças do uso do solo, mas também para evidenciar as fontes de calor (confirmadas com os transectos térmicos) dentro das cidades na origem da formação da ICU.

30 Assim, verificou-se que em cidades de médio porte de climas tropical continental e temperado-oceânico, a produção do clima urbano resultou da interação entre a radiação recebida e a refletida pelos tipos de materiais construtivos das edificações nos diferentes tipos de uso do solo que armazenam o calor durante o dia e são liberados nas primeiras horas após o por do sol. Como as cidades tropicais são naturalmente quentes, estas ilhas de calor são responsáveis pela intensificação do desconforto térmico e, portanto, podem ser consideradas como um indicador de qualidade ambiental urbana. Em cidades de latitudes médias, o ICU poderia aparecer como uma maneira de melhorar as condições térmicas, mas, na realidade, o impacto sobre a vegetação, por exemplo, é ainda pouco conhecido (MIMET et al., 2005), além disso, durante condições extremas como as canículas ou episódios de intensa poluição do ar (BESANCENOT, 2002) na França a intensidade da ICU a noite é também uma causa da intensificação do desconforto térmico que gerou uma mortalidade importante.

## Agências Financiadoras da Pesquisa:

31 **FAPESP** – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – Brasil: Proc. 2005/55505-3 – Projeto Temático.

32 **CNPq** – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil: Proc. 476092/2006-0 – Edital Universal

---

## Bibliografia

- AMORIM, M. C. C. T. *O clima urbano de Presidente Prudente /SP*. São Paulo, 2000. 374p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- AMORIM M.C.C.T., SANT'ANNA J.L., DUBREUIL V. Analyse de la structure thermique du climat urbain de Presidente Prudente, São Paulo - Brésil, à partir du canal thermique de Landsat-6 et des mesures de surface. *XXIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, Montpellier, septembre 2008, p.87-92.
- BARRIOS, N. A. Z., SANT'ANNA NETO, J. L. A circulação atmosférica no extremo oeste paulista. *Boletim climatológico*, Presidente Prudente, v.1, n.1, p.8-9, março 1996.
- BESANCENOT, JP. Vagues de chaleur et mortalité dans les grandes agglomérations urbaines, “*Environnement, risques et santé*”, vol 1, n°4, septembre-octobre 2002.
- CANTAT O. L'îlot de chaleur urbain parisien selon les ‘types de temps’. *Norois*, 191, p.75-102.
- DUBREUIL V., QUENOL H., PLANCHON O., CLERGEAU H. Variabilité quotidienne et saisonnière de l'îlot de chaleur urbain à Rennes: premiers résultats du programme ECORURB. *XXIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, Montpellier, septembre 2008, p.221-227.
- GOMEZ, A. L., GARCIA, F. F. La isla de calor en Madrid: avance de un estudio de clima urbano. *Estudios Geográficos*, 45, n.174, p.5-34, enero-marzo 1984.
- GUEGAN-ROUE A. La dynamique spatiale de l'agglomération rennais: La télédétection: un outil d'analyse et de gestion de l'espace. –*Thèse de Doctorat de Géographie* de l'Université de Rennes 2, 1994, 359 p.

- IPCC, 2007 : *Changements Climatiques 2007 : Rapport de synthèse*. Disponible à : [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_fr.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_fr.pdf) (consulté en septembre 2008); 114 p.
- JOHNSON, D. B. Urban modification of diurnal temperature cycles in Birmingham, U. K. *Journal of climatology*. v. 5, p. 221-225, 1985.
- MENDONÇA F., DUBREUIL V. L'étude du climat urbain au Brésil: Etat actuel et contribution de la télédétection ; in « *Environnement et télédétection au Brésil* » DUBREUIL (dir.), Presses Universitaires de Rennes, 2002, p.135-146.
- MENDONÇA F., DUBREUIL V. Apport des données Landsat-7 pour la thermographie de surface de l'agglomération urbaine de Curitiba, Brésil ; *Actes du XVIII colloque de l'Association Internationale de Climatologie* (Gênes, Italie, septembre 2005), p.109-112.
- MIMET A., DUBREUIL V., QUENOL H., ROZE F., CLERGEAU P. Dynamique de la végétation en relation avec la température dans l'agglomération rennaise ; *Actes du XVIII colloque de l'Association Internationale de Climatologie* (Gênes, Italie, septembre 2005), p.81-84
- Moisselin, J.-M., Schneider, M., Canellas, C., Mestre, O. Changements Climatiques en France au 20e siècle. étude des longues séries de données homogénéisées françaises de précipitations et températures, *La Météorologie*, 38, 2002, p. 45-56.
- OKE, T. R. *Boundary Layer Climates*. London: Methuen & Ltd. A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York, 1978, 372p.
- OKE, T. R., MAXWELL, G.B. Urban heat island dynamics en Montreal and Vancouver. *Atmospheric Environment*, v.9, p.191-200, 1975.
- PITTON, S. E. C. *As cidades como indicadores de alterações térmicas*. São Paulo, 1997. 272p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- SUDO, H., LEAL, A. C. Aspectos geomorfológicos e impactos ambientais da ocupação dos fundos de vales em Presidente Prudente-SP. *Revista Natureza*, Uberlândia, p.362-367, 1996.

---

### Notas

- 1 <http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>
- 2 [www.mar.mil.br](http://www.mar.mil.br)
- 3 <http://satelite.cptec.inpe.br/imagens/>
- 4 [www.satmos.meteo.fr](http://www.satmos.meteo.fr)

---

### Para citar este artigo

Referência electrónica

Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim, Vincent Dubreuil, Hervé Quenol e João Lima Sant'Ana Neto, « Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França) », *Confins* [Online], 7 | 2009, posto online em 31 octobre 2009.  
URL : <http://confins.revues.org/index6070.html>

---

### Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim

Professora Doutora do Curso de Graduação e de Pós-Graduação em Geografia Universidade Estadual Paulista - UNESP Faculdade de Ciências e Tecnologia – Presidente Prudente –  
Brasil [mccta@fct.unesp.br](mailto:mccta@fct.unesp.br)

### Vincent Dubreuil

Professeur de Géographie Université Européenne de Bretagne, France Université Rennes 2, CNRS, COSTEL-LETG UMR-6554, FR/IFR CAREN [vincent.dubreuil@univ-rennes2.fr](mailto:vincent.dubreuil@univ-rennes2.fr)

### Hervé Quenol

Chargé de Recherches CNRS Université Européenne de Bretagne, France Université Rennes 2, CNRS,  
COSTEL-LETG UMR-6554, FR/IFR CAREN herve.quenol@univ-rennes2.fr

**João Lima Sant’Ana Neto**

Professor Titular do Curso de Graduação e de Pós-Graduação em Geografia Universidade  
Estadual Paulista - UNESP Faculdade de Ciências e Tecnologia – Presidente Prudente –  
Brasil joaolima@fct.unesp.br

---

*Direitos de autor*

© Confins

---

*Sumário / Résumé / Abstract*

Este trabalho teve como objetivo analisar e comparar as características térmicas do clima urbano em duas cidades de médio porte: Rennes (França) e Presidente Prudente (Brasil), por meio de registros da temperatura do ar (pontos fixos e medidas itinerantes) e dados térmicos de superfície obtidos pelo tratamento de imagens do satélite Landsat 7. Verificou-se o aumento das temperaturas, ligeiramente maiores em Rennes, do que em Presidente Prudente e a geração de ilhas de calor urbanas (ICU), decorrentes do processo de urbanização nas duas cidades.

**Palavras chaves :** clima urbano, sensoriamento remoto, mudanças climáticas, Presidente Prudente, Rennes

**Caractéristiques des îlots de chaleur urbains dans des villes de taille moyenne: exemples de Presidente Prudente (Brésil) et Rennes (France)**

Cet article a pour objectif d’étudier les caractéristiques du climat dans deux villes moyennes (Rennes en France et Presidente Prudente au Brésil) à partir de trois types de mesures de températures : des mesures réalisées dans des stations fixes, des mesures itinérantes et des données de températures de surface obtenues à partir d’images du satellite Landsat 7. On montre que l’augmentation des températures est légèrement plus importante à Rennes qu’à Presidente Prudente ainsi que le développement d’îlots de chaleur urbains (ICU) résultant de l’extension de la tache urbaine des deux agglomérations.

**Mots clés :** climat urbain, télédétection, changements climatiques, Presidente Prudente, Rennes

This paper aims to analyze and compare thermal characteristics of urban climate of two middle size cities: Rennes (France) and Presidente Prudente (Brazil), by registering air temperature (network points and mobile transect) and surface data obtained by using Landsat7 satellite thermal images. Results shows that temperature grows faster in Rennes than Presidente Prudente and urban heat island generation (UHI) by different cities urbanization processes.

**Keywords :** urban climate, remote sensing, climate change, Presidente Prudente, Rennes

**Índice geográfico :** Presidente Prudente, Rennes