

AValiação DO AMBIENTE TéRMICO URbANO ATRAVÉS DO GEOPROCESSAMENTO

Cláudia Cotrim Pezzuto (1); Lucila Chebel Labaki (2) Lauro L. Francisco Filho (3)

(1) Faculdade de Engenharia Civil – CEATEC – Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Brasil

(2) (3) Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – Universidade Estadual de Campinas,
Brasil

RESUMO

A pesquisa analisou o ambiente térmico urbano da cidade de Campinas, região sudeste do Brasil. O principal objetivo do trabalho foi identificar ilhas urbanas de calor e sua relação com a ocupação do solo urbano. Os dados foram coletados através de medições fixas de temperatura em uma região central da cidade com diferentes configurações de uso e ocupação do solo. A metodologia de coleta de dados foi fundamentada através do levantamento da base cartográfica e de sua análise, complementada com o reconhecimento de campo. Para auxiliar nas análises foi utilizado o uso de um programa que utiliza o Sistema de Informação Geográfica (SIG) como suporte para gerar novas informações, a partir do processamento de informações com expressão geográfica. A análise do fenômeno envolveu a inter-relação entre os parâmetros climáticos e a organização espacial urbana. Observou-se que as temperaturas máximas diurnas não sofreram grandes variações, enquanto as temperaturas noturnas apresentaram significativas variações.

Palavras-chave: clima urbano, geoprocessamento, ilha de calor

ABSTRACT

This paper describes a research about urban thermal environment in the city of Campinas, Southeast region of Brazil. The aim of the work is to identify urban heat islands and their relation with land use. Data collection was carried out through temperature measurements in fixed points in a central area of the city with different configurations. The study area was defined through field research, compilation of maps and cartographic bases and aerial photographs, so that the different urban occupation patterns could be identified. Geographical Information Systems (GIS) allowed generating new information, through processing obtained information about sectors with geographical expression. Interrelationship between climatic parameters and spatial urban organization was the basis for the analysis. Results show that maximum diurnal temperatures were not much affected by the urban configuration, which is a different behavior of nocturnal temperatures, with meaningful variation depending on the urban configuration and land use

Keywords: Urban climate, GIS, urban heat island

1. INTRODUÇÃO

Os modelos interativos têm sido utilizados como ferramenta de auxílio ao planejamento urbano e projeto e são enriquecidos pelo suporte de tecnologias provenientes do desenho assistido por computador, pelo sistema de informação geográfica e pela realidade virtual. Assim, na presente pesquisa utiliza-se do geoprocessamento como ferramenta de análise e suporte ao projeto de implantação de edifícios no meio urbano.

O geoprocessamento, também conhecido por geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informação com referência geográfica. Dentre as geotecnologias estão os GIS - Sistemas de Informação Geográfica, Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto por Satélites, Sistema de Posicionamento Global (ex. GPS), Aerofotogrametria, Geodésia e Topografia Clássica, dentre outros. O nome Sistemas de Informação Geográfica (ou Geographic Information System - GIS) é muito utilizado e em muitos casos é confundido com geoprocessamento. Enquanto o geoprocessamento é o conceito mais abrangente e representa qualquer tipo de processamento de dados georeferenciados, um SIG processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com ênfase a análises espaciais e modelagens de superfícies. (FATORGIS, 2008).

Diversos autores utilizaram o geoprocessamento como ferramenta de análise do ambiente urbano. Entre eles tem-se o trabalho de Wegner et. al. (2001) que, através do Sistema de Informação Geográfica, realizou o cruzamento do mapa de capacidade de uso das terras, com o mapa da divisão dos lotes, fornecendo como resultado a capacidade de uso das terras em cada lote. Nunes (2002) estimou o grau de aptidão de áreas do município de Presidente Prudente para instalação de aterros sanitários. Santos e Valeriano (2002) demonstraram métodos de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica para o mapeamento de áreas de proteção permanente e uso restrito, definidas pelo Código Florestal. Leal (2002) através do método de análise paisagística integrado a um Sistema de Informações Geográficas – SIG, construiu um Modelo de Valoração Paisagística. Francisco Filho (2003) avaliou a relação da violência urbana com as variáveis sócio-econômicas e sua distribuição espacial na cidade de Campinas, SP. Montanha (2006) com o objetivo de subsidiar o administrador urbano utilizou-se de ferramentas de geoprocessamento para implantação de plantas de valores genéricos.

Outros estudos discutem a importância de ferramentas de auxílio aos profissionais para análises das questões térmicas das edificações e dos espaços urbanos abertos (ELLIS e MATHEUS (2001), CASTRO (2005), FARIA (2005), SOUZA E SILVA (2006).

Tendo em vistas estas considerações, este trabalho é proposto como contribuição para análise climática do espaço urbano aberto, o que por sua vez contribuirá para o estudo do conforto térmico dos mesmo.

2. OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa é avaliar a distribuição horizontal da temperatura do ar em uma região central na cidade de Campinas, SP, e verificar a existência da ilha de calor e a relação com os diferentes usos do solo urbano.

3. METODOLOGIA

A cidade de Campinas, SP, Brasil, foi escolhida para a aplicação deste estudo. O município de Campinas está situado a sudoeste do estado de São Paulo, a 100 km da capital, nas coordenadas geográficas: Latitude S 22°53'20", Longitude O 47°04'40", ocupando um área total de 796,40 Km² (perímetro urbano 388,90 Km² e perímetro rural de 407,50 Km²) e altitude média de 680 metros. Estima-se uma população de 962.996 habitantes. Campinas possui um clima tropical de altitude, com verão quente e úmido e inverno ameno e quase seco (CAMPINAS, 2006).

Campinas caracteriza-se como pólo terciário e sede de região metropolitana. Nos últimos anos Campinas vem apresentando problemas de crescimento desordenado, aumento da densidade na área central, inchamento na periferia e problemas de infra-estrutura. É sabido que as alterações climáticas resultantes do processo de urbanização são significativas. Portanto, é de fundamental importância o conhecimento detalhado da configuração climática da cidade, visando tanto contribuições para o estudo do clima urbano quanto subsídios ao planejamento urbano da referida localidade.

Assim, para a realização deste trabalho foi delimitada uma área na região central da cidade, uma vez que ela se apresenta com uma realidade urbana complexa, com diferentes configurações de uso e ocupação do solo (figura 1). Em seguida foram eleitos os pontos, dentro da área de estudo, com o objetivo de avaliar a ocorrência de ilhas de calor em diferentes regiões da mesma. Desta forma, foram selecionados 12 pontos

fixos de medidas de temperatura, em diferentes locais da área escolhida. As coletas de dados com medidas fixas foram feitas por registros contínuos de temperatura, através de loggers instalados em locais à sombra, evitando-se o efeito de incidência direta da radiação solar, em uma altura aproximada de 1,50m a 2,00 m. Os dados foram coletados no período de inverno, em 12 dias de medições, a cada dez minutos, em condições de tempo com céu claro e ventos regionais fracos



Figura 1: Detalhe da área de estudo em relação ao limite municipal de Campinas, SP

Os pontos encontram-se bem distribuídos espacialmente e com características bem diferenciadas quanto à altura das edificações do entorno, configuração de uso do solo, proximidade de vegetação, corpo d'água, densidade construída. Eles foram posicionados após o levantamento cartográfico detalhado da área de estudo e posterior checagem de campo.

No tocante ao levantamento de dados de estações meteorológicas oficiais foram utilizados os dados da Estação Meteorológica do Centro de Pesquisa e Agricultura (CEPAGRI) da Unicamp. A partir da compilação das informações disponíveis da área de estudo, foi elaborado um banco de dados integrado ao Sistema de Informação Gráfica aplicado através do programa ArcView GIS 9.2.

Inicialmente para a elaboração do banco de dados desta pesquisa, foi adquirido um mapa base digital, da área de estudo e inserido no programa Autocad Map. Este mapa constituiu a base para o lançamento de todas as informações da área. Posteriormente foi adquirida uma foto aérea ortorretificada e inserida também no programa. Sendo assim, através da interpretação visual e partir da digitalização da mesma, foram identificadas e delimitadas todas as informações de interesse. Desta forma, foram elaborados os seguintes mapas.

- *Mapa de Caracterização da Verticalidade*: esta classificação foi delimitada a partir da grande ocorrência das classes na área de estudo. Assim os padrões de uso do solo foram divididos em 4 (quatro) categorias: sem construção, edificações de 1 a 2 pavimentos, edificações de 3 a 6 pavimentos e mais de 6 pavimentos. Verifica-se que a ocupação horizontal (edificações de 1 a 2 pavimentos), corresponde à maior parte da área norte da região de estudo. Já na região sul e sudoeste nota-se a densa concentração de edificações de mais de 6 pavimentos. Ressalta-se que para este mapa somente foi considerada as áreas das quadras.
- *Mapa de Áreas Verdes*: Para a classificação deste mapa temático foi considerada a área útil da copa da árvore. Assim, tem-se que a cobertura vegetal apresentou-se bastante fragmentada, com grande parte, constituídas por árvores isoladas, parte de unidades de grupos de árvores (2 a 5 unidades de árvores) e pouca presença mata nativa. As matas encontram-se apenas em parte do Parque Portugal (lado norte da Área de Estudo), parte da área de fundo de vale da Avenida Orozimbo Maia (lado leste da área de estudo) e uma pequena amostra no sul da área de estudo na Avenida José de Campo Souza.

A partir de dados das variáveis do IBGE (2000) também foi elaborado o seguinte mapa:

- *Mapa de densidade populacional:* Este mapa foi elaborado a partir de um banco de dados das variáveis do IBGE (2000). Verifica-se alta densidade populacional na parte sul da área de estudo, o que era de se esperar já que é a região onde se concentra alto índice de edificações com mais de 6 pavimentos.

Utilizou-se para estas análises a metodologia adotada por Gómez et al. (1993).apud Brandão (2003), a qual estabelece as seguintes categorias: ilha de calor de fraca intensidade, quando as diferenças térmicas oscilam entre 0 e 2° C, ilha de calor moderada, quando as diferenças se situam entre 2 e 4° C, ilha de calor de forte intensidade, quando as diferenças oscilam entre 4 e 6° C e ilha de calor de intensidade muito forte, quando as diferenças ultrapassam 6° C. Desta forma, a partir do ponto onde ocorreu menor valor de temperatura, no horário analisado, foi possível obter a diferença térmica entre cada ponto analisado.

Os mapas de ocorrência de ilha de calor foram inseridos na categoria temáticos, ou seja, foram definidas as classes de informações e estas foram associadas aos polígonos. Por exemplo, as classes de informações são as categoriais de ocorrência de ilha de calor (fraca intensidade, moderada, forte intensidade, de intensidade muito forte) que são associadas ao diversos polígonos (caracterização da verticalidade, áreas verdes, densidade populacional). Desta forma, foi possível determinar as características de padrões de uso do solo onde ocorre ilha de calor na área de estudo.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Comparação dos dados do centro urbano com a estação meteorológica

Os dados obtidos com as medições dos pontos fixos foram comparados com dados registrados pela estação meteorológica do CEPAGRI (Estação Meteorológica do Centro de Pesquisa e Agricultura da UNICAMP), correspondentes ao mesmo período de observação.

A figura 2 evidencia a diferença entre as temperaturas mínimas e máximas, através da comparação da temperatura média horária do período analisado. De um modo geral observa-se que as maiores diferenças de temperaturas encontradas entre a estação meteorológica e a área urbana se referem às temperaturas mínimas. A maior diferença apresenta uma variação de aproximadamente 7 °C. Com relação aos dados de temperatura média máxima observa-se pouca variação entre os pontos. No entanto, as maiores amplitudes térmicas foram registradas na estação CEPAGRI (aproximadamente 14,00 °C), o que pode ser explicado pelo rápido resfriamento noturno da área onde se localiza a estação.

Através destes dados pode-se inferir que a temperatura está relacionada ao processo de urbanização. Pela área de estudo ser urbanizada tem-se a redução da evaporação, maior rugosidade e a influência das propriedades térmicas dos edifícios e dos materiais de construção, que contribuem para o armazenamento térmico durante o dia e impedem o rápido resfriamento noturno. Em contrapartida, na área onde está localizada a estação CEPAGRI, constata-se o rápido resfriamento noturno proveniente de uma ocupação menos densa e urbanizada.

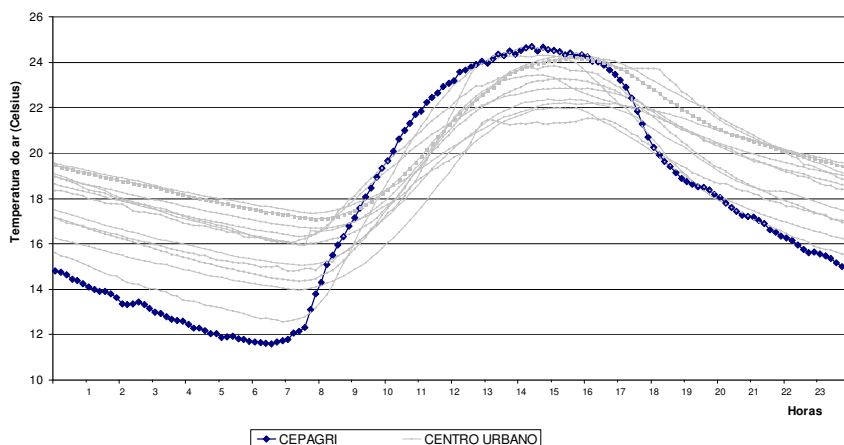


Figura 2: Temperatura do ar em função do tempo – Período de inverno. Pontos urbanos e Estação Meteorológica

4.2 Avaliação do ambiente térmico através do geoprocessamento

Para esta análise foram utilizados os dados de temperatura mínima, os quais apresentaram diferenças térmicas significativas. A figura 3 mostra as diferenças térmicas entre os pontos de medições.

Neste sentido foi utilizado o banco de dados elaborado a partir do programa ArcGIS 9.2. Desta forma, através dos cruzamentos dos dados climáticos referentes às diferenças térmicas das temperaturas mínimas, e as características dos padrões de uso do solo foi possível elaborar mapas de ocorrência de ilha de calor urbana. As figuras 4, 5 e 6 mostram a ocorrência de ilha de calor em função da caracterização da verticalidade, das áreas verdes e da densidade populacional, respectivamente.

Nota-se que o atributo que mais influenciou na ocorrência da ilha de calor foi a verticalidade, figura 4. Neste caso, a categoria ilha de calor de fraca intensidade apresentou baixo índice de edificações de mais de 6 pavimentos. Em contrapartida, observa-se um alto índice de verticalização na categoria de forte intensidade. Na categoria intermediária, intensidade moderada, nota-se claramente duas tendências: a área superior da classe com predominância de edificações de 1 a 2 pavimentos, e a área inferior com alta concentração de edificações de mais de 6 pavimentos.

Com relação às áreas verdes, figura 5, verifica-se a forte influência da mata na configuração de fraca intensidade de ilha de calor. As árvores isoladas e os agrupamentos de árvores não influenciaram na configuração da ilha de calor nas demais categorias.

Quanto à densidade populacional, figura 6, observa-se que a categoria de fraca intensidade apresentou baixa densidade populacional. Já na intensidade moderada, mais uma vez, um comportamento segregado: parte da classe com baixa densidade e outra metade com alta densidade.

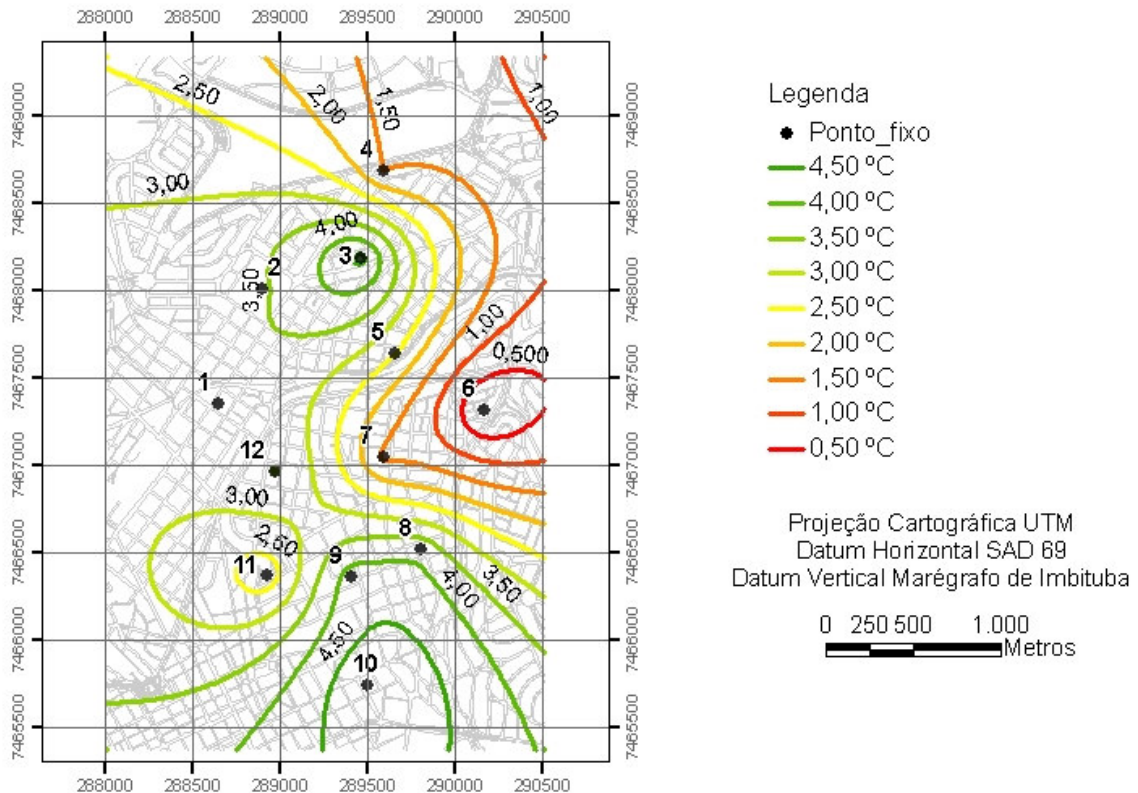


Figura 3: Mapa de diferenças térmicas: temperaturas mínimas (período de inverno)

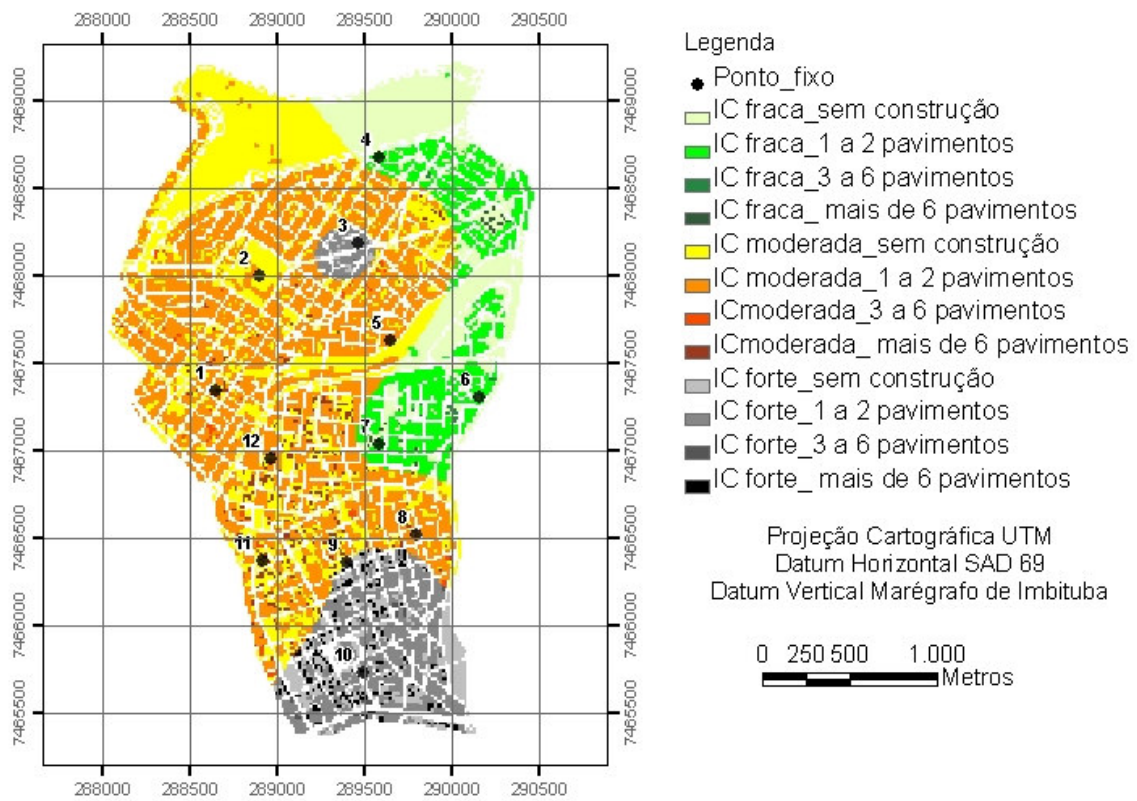


Figura 4: Mapa temático de ocorrência de ilha de calor em função da caracterização da verticalidade

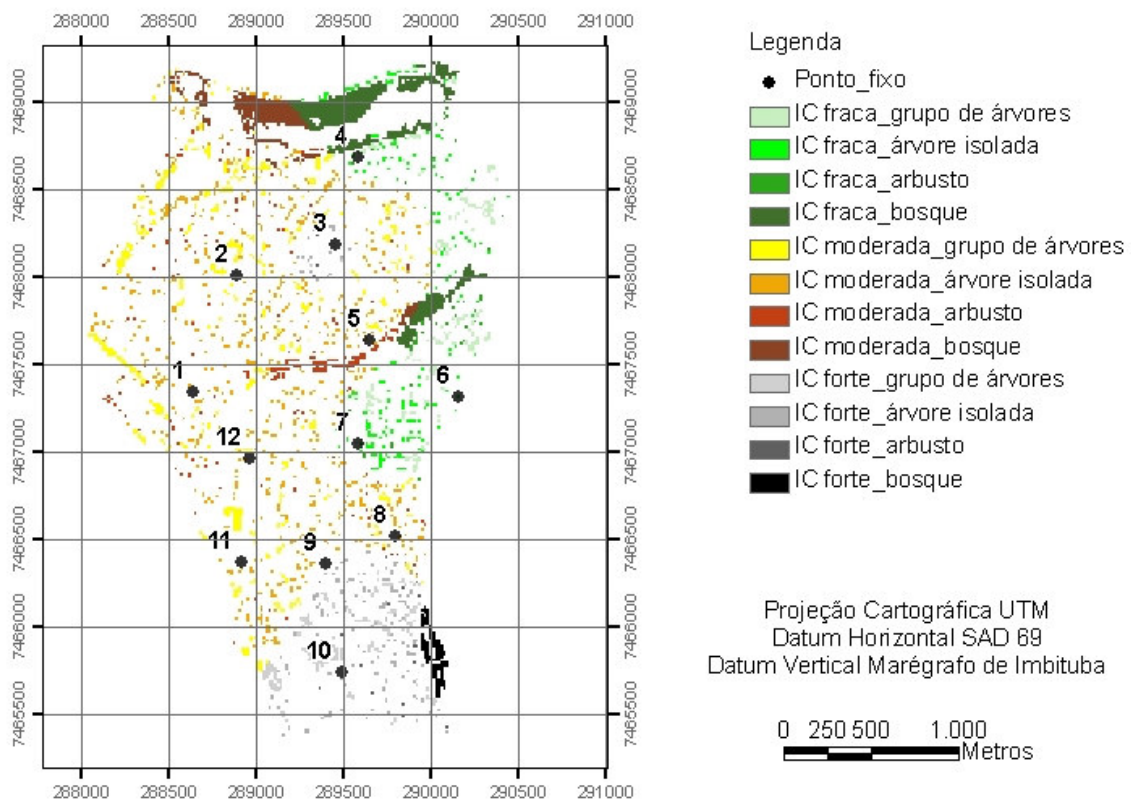


Figura 5: Mapa temático de ocorrência de ilha de calor em função das áreas verdes

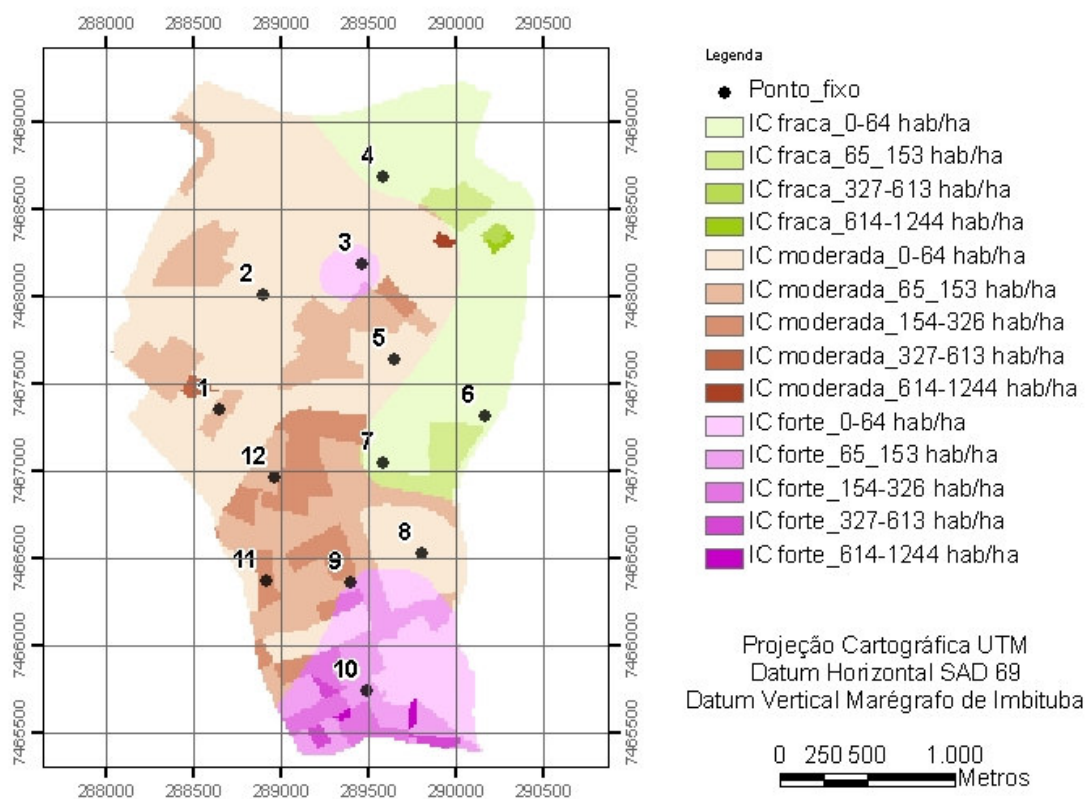


Figura 6: Mapa temático de ocorrência de ilha de calor em função da densidade populacional

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do geoprocessamento como ferramenta de análise do ambiente térmico urbano foi de fundamental importância em todas as fases da pesquisa, pois permitiu manusear os dados coletados com rapidez e flexibilidade.

Assim, a partir das diferenças térmicas do período de inverno foi possível elaborar mapas temáticos de ocorrência de ilha de calor associados às características dos padrões de uso do solo urbano. Verificou-se que o atributo urbano que mais influenciou na ocorrência de ilha de calor foi a verticalidade.

Também se constatou que as temperaturas mínimas do ar dos pontos urbanos foram sempre superiores às temperaturas da estação meteorológica rural circunvizinha (estação CEPAGRI, UNICAMP), comprovando a influência da urbanização no clima local. Desta forma observou-se que as alterações climáticas provocadas pela urbanização são significativas para a região de estudo.

6. REFERÊNCIAS

- CAMPINAS, Plano Diretor 2006. Prefeitura Municipal de Campinas, 2006.
- CASTRO, E. B. P. **Método de auxílio à concepção arquitetônica baseado na análise multicritério e em dados simulados dos comportamentos da edificação**. 2005, 198 f., Tese (doutorado): Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós Graduação de Engenharia, Rio de Janeiro., ELLIS, M. W. MATHES, E. H. A new simplified thermal design tool for architects. **Building and Environment**. 2001 n.36 . pp. 1009-1021.
- FARIA, J. R. G. Cálculo da temperatura do ar na camada intra-urbana a partir de balanço unidimensional de energia com entrada de dados via imagens de satélite. In: 1º CONGRESSO LUSO BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO REGIONAL INTEGRADO SUSTENTÁVEL - PLURIS, Anais...São Carlos, 2005.
- FATORGIS. Definições técnicas. Periódico (on line). Disponível em: <http://fatorgis.com.br/geotecnologias.asp>, 2008
- FRANCISCO FILHO, L. L. **Distribuição espacial da violência em Campinas, uma análise por geoprocessamento**. 2003. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências, Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- GOMEZ, A. L. et al. **El clima de la ciudades españolas**. Madrid, Editora Cátedra, 1993, 267 p. apud BRANDÃO, A. M. P. M. O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro, In: MONTEIRO, C. A. F. , MENDONÇA, F. Clima urbano, 2003, p. 121 –154.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Base de informações por setor censitário: censo demográfico 2000/ resultados do universo, Rio de Janeiro, 2002.
- LEAL, C. T. **A valoração paisagística aplicada ao planejamento ambiental urbano**. 2002. Dissertação (mestrado). Curso de Pós-Graduação em Agronomia do Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

- MONTANHA, E. P. **Geoprocessamento e planta de valores genéricos - Uma discussão das tendências e vantagens da associação dessa tecnologias.** 2006. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação de Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- SANTOS, J. S. M., VALERIANO, D. de M. Metodologia para detecção de áreas em transgressão a normas do Código Florestal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL . Itajaí – SC (2002).
- SOUZA, I. C. L ; SILVA, A. N. R. Applying GIS tools for analysing urban thermal environment. . In: 23TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE – PLEA, Anais... Geneva, Switzerland,Switzerland,,2006.
- WEGNER, I. R. WEBER, E, HASENACK, H. Aplicação de SIG na análise da variação na qualidade das terras em diferentes lotes de um assentamento da reforma agrária. In site do Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://delmonio.ecologia.ufrgs.br/labgeo/artigos/hulha.pdf>. (2001)