

**ANÁLISE DA TEMPERATURA E DA UMIDADE RELATIVA DO AR NA
PRIMAVERA-VERÃO EM ARAÇATUBA/SP**

MINAKI, Cíntia – cminaki@gmail.com

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da FCT-UNESP/Presidente Prudente

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade – mccta@fct.unesp.br

Profa. Dra. do curso de Graduação e de Pós-Graduação em Geografia da FCT-UNESP, de Presidente Prudente

RESUMO. Este artigo traz a análise de episódios de transectos móveis, técnica pela qual se fez o registro da temperatura e umidade relativa do ar em dois percursos previamente selecionados (sentidos oeste-leste e sul-norte), realizados na primavera-verão de 2011/2012, em Araçatuba/SP. A pesquisa, baseada nos pressupostos teóricos do sistema clima urbano, desenvolvidos por Monteiro (1976) e propagado na climatologia contemporânea, buscou analisar a geração de um clima local na cidade, a partir das modificações decorrentes de sua urbanização. Pelas medições móveis noturnas, verificou-se uma ilha de calor com intensidade máxima de 5,9°C em Araçatuba/SP, cidade de porte médio, com aproximadamente 190.000 habitantes, conforme a estimativa do IBGE (2013). A disposição observada da ilha de calor foi a de um núcleo na área central e alinhamento a norte-nordeste da malha urbana, havendo também a formação de condições higrométricas mais secas espacialmente correspondentes. Por meio da pesquisa realizada concluiu-se que há situações propícias ao aumento da temperatura do ar em razão, sobretudo, das modificações causadas pelo homem na edificação da cidade, seu modo de vida e economia desenvolvida. Situações estas que podem se agravar, caso não ocorra medidas mitigadoras das causas do desconforto térmico.

Palavras chaves: Clima urbano, ilha de calor, transectos móveis, Araçatuba/SP.

ANALYSIS OF TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY IN THE SPRING-SUMMER IN ARAÇATUBA/SP

ABSTRACT. This paper analyzes the mobile transect episodes, a technique where the temperature and relative humidity are recorded along two previously selected routes (west-east and south-north directions), taken in the spring-summer of 2011/2012 in Araçatuba/SP. The study, based on theoretical presuppositions of the urban climate system developed by Monteiro (1976) and propagated in contemporary climatology, sought to analyze the generation of local climate in the city based on modifications resulting from its urbanization. The mobile nocturnal measurements revealed an island of heat with a maximum intensity of 5.9°C in Araçatuba/SP, a mid-sized city with approximately 190,000 inhabitants, according to IBGE (2013) estimates. The observed layout of the heat island was that of a nucleus in the central area with a north-northeast alignment following the urban grid. There was also the formation of drier, spatially corresponding hygrometric conditions. The study conducted concluded that there are ripe conditions for an increase in air temperature mainly due to modifications caused by humans in building the city, their way of life and a developed economy. These situations could get worse if mitigating measures are not taken regarding the causes of the thermal discomfort.

Key Words: Urban climate, heat island, mobile transects, Araçatuba/SP.

1. INTRODUÇÃO

Os estudos do clima urbano de que se tem registro, tiveram origem em Evelyn (1661), mas Howard (1818) é considerado o seu precursor, com uma obra na qual apontou diferenças entre a atmosfera urbana e rural em Londres. Ainda na

produção científica inglesa, destacam-se Landsberg (1956) e Chandler (1961, 1965), no século XX.

Para Carreras *et al.* (1990, p. 54), apesar dos trabalhos de Chandler terem servido de escola para as pesquisas britânicas, outras cidades europeias se beneficiaram com os estudos climáticos, tais como Paris, Roma, Viena, Plymouth, Glasgow e Birmingham. Para os autores, apesar desta grande difusão na Europa, as mais pesquisadas, em termos numéricos, foram as cidades norte-americanas e as japonesas.

Na América do Norte, Middleton e Millar (1936) estudaram o clima urbano e as ilhas de calor em Toronto. Posteriormente, Bornstein (1968) apresentou um trabalho sobre as ilhas térmicas de Nova York, complementado por estudos do vento (BORNSTEIN; LORENZEN; JOHNSON, 1972). Oke e East (1971), Oke e Maxwell (1975) enfocaram a cidade de Montreal. Oke (1978) contribuiu com os estudos de ilhas de calor, analisando as consequências da urbanização acelerada de áreas metropolitanas sobre o clima local ou regional.

Hiroshima e Tóquio foram as cidades japonesas mais estudadas, sendo que a primeira ganhou destaque nos trabalhos de Shitara (1957) e Fukuoka e Nobuyuki (1980), e a capital japonesa pormenorizada em seus aspectos climáticos por Kayane (1964) e Sasakura (1965) (CARRERAS *et al.*, 1990, p. 54).

A segunda metade do século XX caracterizou-se pela maior propagação dessa temática, mas, sobretudo, da abordagem meteorológica sem o viés geográfico. No Brasil, o surgimento de uma climatologia "científica" ocorreu com a relativa autonomia da meteorologia, principalmente a partir de práticas estrangeiras em instalar postos de observação (SANT'ANNA NETO, 2001, p. 81).

Santa'Anna Neto (2001, p. 5-6) retoma a iniciativa e contribuições anteriores publicadas sobre o clima do Brasil, mas pondera como três obras pioneiras: a de Henrique Morize em 1891, a de Frederico Draenert em 1896 e Delgado de Carvalho em 1917. Em comum, estas revelam a preocupação em tratar o clima do país em toda a sua extensão territorial, seguindo as diretrizes de Julius Hann¹ e colaborando com os trabalhos de Köppen.

Ainda segundo Santa'Anna Neto (2001, p. 6), sobre as investigações da circulação atmosférica da América do Sul, nos anos trinta do século XX, Adalberto Serra e Leandro Ratisbona publicaram trabalhos reveladores dessa dinâmica regional. O autor ainda destaca o naturalista Humboldt como um dos grandes nomes relacionados às primeiras concepções da climatologia nacional, além de Aristóteles como influenciador de estudos atmosféricos.

De Martonne (1973) descreveu em uma produção abrangente e pormenorizada, aspectos do desenvolvimento da Geografia, seus percalços ante a autonomia como ciência, reconhecendo grandes contribuições, tais como as de Varenius, Humboldt e Ritter na gênese do pensamento geográfico. Sua própria obra se traduz pelo forte conteúdo histórico e ao mesmo tempo inovador na época, no

¹ Autor de "Handbuch der Klimatologie" (1883).
Ano 9 – Vol. 13 – JUL/DEZ 2013

que se refere, sobretudo, aos temas da Geografia Física. A climatologia é tratada de forma ampla, porém mitigada por uma abordagem menos dinâmica.

O geógrafo Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro se destaca, sobretudo, com a proposição do Sistema Clima Urbano (S.C.U.), em 1976. Sob a influência de Bertalanffy (1950) e sua Teoria Geral dos Sistemas, elaborou a nível metodológico, proposta para o estudo do clima urbano combinando a escala temporal com a espacial, e o enfoque meteorológico com o geográfico.

A abrangência da metodologia e a expectativa criada em torno das discussões geográficas do clima, contribuíram para a propagação de suas ideias que orientam muitas pesquisas contemporâneas. Além da difusão do conceito de clima urbano como “[...] um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização” (MONTEIRO, 1976, p. 95).

A perspectiva sistêmica apresentada por este autor emerge em discussões do sistema urbano e na interpretação de conceitos subordinados a essa teoria geral. Tendo como referência Ludwig von Bertalanffy, o sistema é representado como uma entidade que pode ser explicada principalmente pela matemática. Segundo Bertalanffy (1977, p. 28), a necessidade dessa abordagem surgiu com a insuficiência da visão mecanicista e da divisão por partes no tratamento dos problemas teóricos.

Nesse sentido, a análise sistêmica é compatível com o holismo, definido por Capra (2006) como “uma compreensão da realidade em função de totalidades integradas cujas propriedades não podem ser reduzidas a unidades menores”. A palavra “holon” foi utilizada inicialmente por Arthur Koestler, em 1967², para se referir aos subsistemas que são de forma simultânea, “todos” e “partes”, assumindo uma relevância integrativa e uma autonomia individual, respectivamente (CAPRA, 2006, p. 40). Essa visão de mundo holística perpetua-se substituindo a visão cartesiana e mecanicista dos processos.

O presente trabalho, considerando as características da sociedade atual com os seus aspectos físicos, urbanos e infraestruturais, objetiva analisar a geração do clima urbano em Araçatuba /SP, a partir das modificações decorrentes de sua urbanização. De tal forma que, foram realizados transectos móveis noturnos durante a primavera-verão de 2011/2012 para verificar a existência, intensidade e disposição da ilha de calor urbana (ICU).

Araçatuba localiza-se na região noroeste paulista, distante cerca de 530 km da capital (Figura 1). Possui altitude média de 390m, variando na área urbana de 340m a 415m, e relevo plano. A população é de 183.441 habitantes (Estimativa do IBGE³, 2012), área total de 1.167,436 km², densidade demográfica de 155,54 hab/km² e cerca de 60,4 km² de malha urbana.

De acordo com os Censos de 1970 ao de 2010, ocorreu o aumento da população, mas o percentual do crescimento demográfico diminuiu nos últimos dois levantamentos (estimativas). Além disso, houve expressiva redução da população rural, respondendo à dinâmica urbana ocorrida em todo o país.

² Livro “*The ghost in the machine*” (1967).

³ Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>.

As conseqüências do crescimento que não respeitou suas características naturais, ainda geram problemas e a necessidade de se repensar a estrutura urbana, considerando as obrigatoriedades trazidas pelo Plano Diretor e as metas estabelecidas pelo planejamento local, em busca de melhor qualidade de vida. Acrescente-se a isso, a economia agropecuária combinada com o setor industrial sucroalcooleiro, responsáveis por uma série de impactos negativos a sua paisagem, tais como o desmatamento e a erosão.

Seu clima tropical caracteriza-se por duas estações do ano bem definidas, sendo o verão quente e chuvoso no período de outubro a março, e o inverno ameno e seco de abril a setembro. As médias térmicas mensais são elevadas, e o inverno é curto, com pequenas quedas de temperatura.



Figura 1 – Localização de Araçatuba no Estado de São Paulo

Amorim *et al.* (2009) considerando a localização das cidades, compararam a radiação recebida e a refletida pelos tipos de materiais usados nas edificações. A ilha de calor em Presidente Prudente/SP (clima tropical continental) intensifica o desconforto térmico, compondo um indicador de qualidade ambiental urbana, enquanto em Rennes/França (clima temperado oceânico), a ilha de calor em alguns momentos pode melhorar as condições térmicas mais severas, porém em outros, juntamente com a poluição do ar, causaria desconforto.

As mesmas cidades foram comparadas por Amorim, Sant'Anna Neto e Dubreuil (2009), utilizando medidas convencionais em pontos fixos e móveis e os dados térmicos do satélite Landsat TM. A análise da imagem de satélite permitiu observar as mudanças do uso do solo em duas décadas, e as principais fontes

de calor na cidade que possivelmente contribuem para a formação da ICU. As imagens do canal termal do Landsat 7 permite a estimativa da temperatura da superfície e não da temperatura do ar, e possuem resolução espacial de 60 metros.

Marques, Ganho e Rochette (2009) valorizaram a escala local em pesquisa prévia realizada no campo térmico de Coimbra (Portugal), comparando os espaços urbanos, peri-urbanos e rurais. A metodologia utilizada abrangeu uma rede fixa de *data loggers* e medições itinerantes de automóveis para avaliar os impactos causados pelo espaço construído e pela morfologia da cidade sobre o clima local. Houve também a definição de climatopos com base na topografia e na densidade, com o objetivo de propor algumas orientações climáticas especializadas⁴. As conclusões iniciais apontaram para a modificação do clima pelo processo de urbanização acelerado, resultando no incremento da temperatura da superfície e do ar.

Há outras contribuições a serem citadas, tais como Lombardo (1985), Monteiro (1997), Prats *et al.* (2005), Alcoforado e Andrade (2006), Stewart e Oke (2009) e Gartland (2010). Todavia, os já mencionados não encerram as orientações pelas quais se guia a presente proposta, cujos objetivos específicos retratam a preocupação em avaliar possíveis problemas na cidade, relacionados ao desconforto térmico, e formas de minimizar os seus efeitos no cotidiano das pessoas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se a metodologia do transecto móvel, adaptada de Oke e Maxwell (1975), Gómez e García (1984), Johnson (1985) e Pitton (1997). Carreras *et al.* (1990, p. 57) baseado em Martín Vide (1987), descreve que Schimidt (1930) foi o primeiro a praticá-la em Viena, sendo um “[...] instrumento verdadeiramente útil y eficaz para el estudio de las diferencias térmicas observadas entre las ciudades y sus alrededores”. Na presente pesquisa, tal técnica consistiu na realização de dois trajetos (W-E e S-N), cujos pontos iniciais e finais estiveram relativamente distantes da malha urbana.

Os percursos foram feitos com dois automóveis à velocidade de até 30 km/h, registrando-se temperaturas captadas por um sensor acoplado em uma haste, na parte externa do automóvel. O sensor ficou exposto às condições atmosféricas do lado de fora da janela do veículo, e as temperaturas armazenadas digitalmente, havendo ao final, um conjunto de dados para serem tabulados e analisados. Os trajetos realizados simultaneamente tiveram duração aproximada de 50 minutos.

Os equipamentos consistiram em três sensores digitais do tipo ThermaData Humidity – Temperatura Logger, model HTD, dois deles destinados às medidas itinerantes, programados para obter a temperatura e a umidade relativa do ar a cada 30 segundos. O uso de um terceiro sensor fixo teve como objetivo

⁴ Conforme Alcoforado *et al.* (2005, p. 54, grifo dos autores), orientações climáticas “são as medidas que possam contribuir para mitigar ou melhorar os componentes do clima urbano”.

verificar a variação da temperatura e umidade relativa do ar durante o horário dos transectos, e compará-la com as diferenças obtidas nessas medidas móveis. Se essa temperatura se manteve estável ou com baixa variação, e os transectos apontaram uma diferença significativa, pode-se afirmar que esta é resultante do clima urbano e da manifestação da ilha de calor. Caso contrário, havendo também diferença significativa nos dados desse sensor fixo, deve-se ater às mudanças de tempo local e que abrandaram a ocorrência da ilha de calor, homogeneizando as condições térmicas. Instalou-se o sensor fixo no Jardim Esplanada (Zona Sul), programado para registrar os valores de temperatura e umidade a cada 30 minutos.

Para o acesso aos dados, o conjunto dos equipamentos ainda traz um programa próprio do *logger* para a transferência das informações ao *software* do usuário.

Utilizou-se também dois aparelhos de GPS da marca Garmin, Oregon 550t, com precisão aproximada de 10m. Seu uso permitiu a obtenção das coordenadas UTM dos pontos de passagem dos percursos e a altitude equivalente, tendo em vista que os mesmos foram programados para registrar a cada 30 segundos. Tanto os sensores quanto os aparelhos de GPS seguiram o horário local, disponibilizando dados simultâneos.

O início e o término dos trajetos ocorreram em áreas mais afastadas do limite da densa ocupação da cidade, sendo possível inferir sobre as causas das diferenças térmicas e higrométricas, tendo como parâmetro a urbanização.

A Figura 2 contém o seu traçado, sendo que em P1 (trajeto W-E) registrou-se por dia de transecto mais de 70 dados e em P2 (trajeto S-N), mais de 90. Em P1, a variação altimétrica em geral, de 345m a 410m, obteve maior nitidez pelos valores menores observados principalmente no setor leste da cidade, onde se localiza parte do Ribeirão Baguaçu. Nesse local, o caráter contínuo da malha urbana é afetado, indicando certa fragmentação espacial que pode também repercutir na análise das paisagens locais. Em P2 a altitude variou de 365m a 405m, sendo mais elevada ao norte do que ao sul. O Quadro 1 apresenta resumidamente as características físicas e urbanas dos trajetos previamente selecionados, sendo toda a extensão pavimentada.

As condições diárias do tempo foram consultadas no site do Centro de Previsão e Estudos Climáticos (CPTEC), bem como as análises das cartas sinóticas de superfície das 00Z⁵. Obteve-se os dados de direção e velocidade dos ventos da estação automática da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), fixada no *campus* de Odontologia da UNESP de Araçatuba.

Ao todo foram 12 dias de transectos entre novembro-dezembro (2011) e janeiro de 2012, sendo que as medições ocorreram sob condições variadas de tempo. Utilizou-se o SURFER⁶ para a espacialização da temperatura e da umidade relativa do ar.

⁵ Informações e imagens disponíveis no site: <http://tempo.cptec.inpe.br/bol_tecnico.shtml>.

⁶ SURFER é a marca registrada da *Golden Software*.

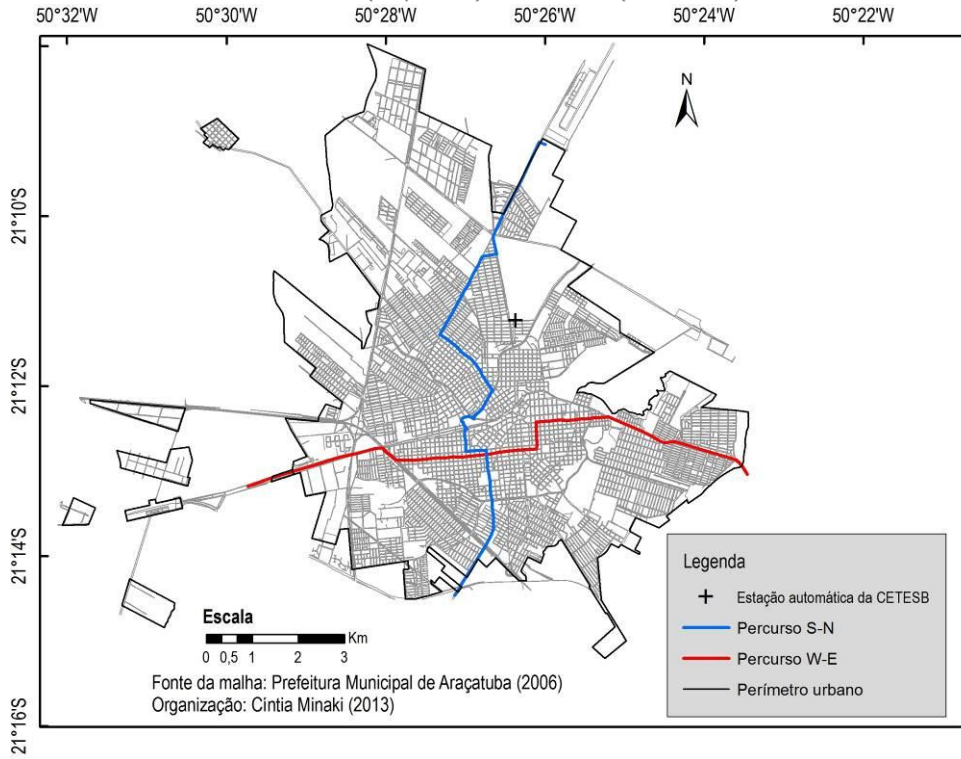


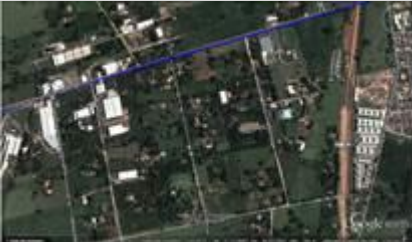









Figura 2 – Percursos dos transectos realizados na malha urbana de Araçatuba/SP
Organização: Minaki (2012).

Percurso W-E	Características urbanas	Características da vegetação	Percurso S-N	Características urbanas	Características da vegetação
<p>1,8 km iniciais Via de acesso João Cazerta</p> 	<p>Propriedades rurais; baixa edificação; início da ocupação industrial</p>	<p>Densidade baixa de vegetação arbórea; culturas agrícolas</p>	<p>0,5 km Entroncamento da Estrada Municipal de Araçatuba</p> 	<p>Baixa ocupação; entorno com propriedades rurais; culturas agrícolas</p>	<p>Densidade média de vegetação arbórea; presença de cultura agrícola e pastagem</p>
<p>1,2 km Via de acesso João Cazerta</p> 	<p>Predomínio do uso industrial; lotes grandes e espaçados; via de acesso como ponto inicial de ruas e travessas; ocupação no sentido sul da malha</p>	<p>Densidade média de vegetação arbórea</p>	<p>0,7 km Avenida Saudade até o cruzamento com a SP-300</p> 	<p>Ocupação, sobretudo, residencial a oeste; ocupação industrial a leste, no qual predomina menor densidade de edificações</p>	<p>Densidade média de vegetação arbórea; vegetação arbustiva a leste do percurso</p>
<p>1,2 km Via de acesso João Cazerta e acesso à Rua Cristiano Olsen</p>	<p>Predomínio de ocupação residencial, sobretudo, ao sul da malha, com intensa edificação; cruzamento com a SP-300 e a SP-463</p>	<p>Densidade baixa de vegetação arbórea</p>	<p>1,1 km Avenida Saudade até o cruzamento com a Avenida Joaquim Pompeu de Toledo</p>	<p>Densidade de edificação média; presença de espaços livres de edificação</p>	<p>Densidade de vegetação arbórea baixa e concentrada em espaços livres de edificação</p>

					
<p>5,6 km Rua Cristiano Olsen, Bandeirantes e Tiradentes</p> 	<p>Ocupação mista e intensa; presença de alguns espaços livres de edificação ao sul; setores antigos da cidade; centro</p>	<p>Densidade baixa de vegetação arbórea</p>	<p>3,6 km Avenida da Saudade, Cussy de Almeida Júnior, Rua Coroados, Porangaba, Avenida João Arruda Brasil e Rua Saldanha Marinho</p> 	<p>Densidade de ocupação alta; diminuição da altitude; uso misto; córrego Machado de Melo canalizado; espaços livres de edificação</p>	<p>Densidade baixa de vegetação arbórea, concentrada em espaços livres de edificação</p>
<p>1,4 km Rua dos Fundadores</p> 	<p>Zona Leste; presença do Ribeirão Baguaçu; diminuição da altitude; ocupação mais ao sul da malha; uso misto</p>	<p>Presença de mata ciliar significativa do Ribeirão Baguaçu; vegetação arbórea em crescimento nos conjuntos habitacionais</p>	<p>2 km Rua Saldanha Marinho e Avenida Prestes Maia</p> 	<p>Densidade de ocupação alta; lotes menores; uso misto</p>	<p>Densidade baixa de vegetação arbórea</p>
<p>1,7 km Rua Affonso Paula de Souza</p>	<p>Conjuntos habitacionais com predomínio de lotes menores e de pouco</p>	<p>Densidade baixa de vegetação arbórea</p>	<p>3,2 km Avenida Prestes Maia, Rua Cecília Meireles, Via José Ferreira Batista e Rodovia Olegário Ferraz</p>	<p>Diminuição da densidade de ocupação; espaços livres de edificação; condomínio</p>	<p>Densidade baixa de vegetação arbórea</p>

	espaçamento; espaços livres de edificação; ocupação mais recente			residencial verticalizado, conjuntos habitacionais	
---	--	--	---	---	--

Quadro 1 – Características dos percursos realizados em Araçatuba/SP
Organização: Minaki (2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados os resultados dos 12 episódios de transectos registrados na primavera-verão de 2011/2012, em Araçatuba/SP. Haverá referência ao resultado da espacialização das isotermas e isoígras elaboradas, com o detalhamento daquelas mais representativas.

O dia 12/12 teve influência de um sistema polar tropicalizado. Houve o predomínio de sol durante o dia, com temperaturas em ligeira elevação. Durante o transecto, observou-se a condição de calmaria e a pressão foi de 959 hPa. A maior temperatura alcançou 28,4°C e a menor 22,5°C, resultando na ilha de calor com intensidade de 5,9°C. Ambas as temperaturas extremas ocorreram no percurso W-E, que mais se aproximou do centro da cidade. Em decorrência das festas de final de ano, e o expediente prolongado do comércio local, havia significativo número de pessoas e de circulação de veículos.

Pela Figura 3, nota-se o predomínio de temperaturas elevadas, estando apenas o sudeste e o sudoeste da malha urbana com temperaturas mais amenas. A umidade relativa do ar foi inversamente proporcional à temperatura, ou seja, as áreas com temperaturas mais elevadas apresentaram-se mais secas, enquanto as áreas com as menores temperaturas estiveram mais úmidas. A diferença higrométrica foi de 30,5%.

No dia 13/12 houve a influência de um sistema frontal que avançou do sul de Santa Catarina para a região Sudeste, causando ligeira elevação da pressão, registrada às 21h no valor de 958 hPa. O dia foi ensolarado e com variação de nuvens. A temperatura máxima do transecto foi de 29°C, com diferença térmica de 3,8°C, verificando-se ventos de NNE, na velocidade de 0,7 m/s. As menores temperaturas foram registradas no início do trajeto W-E, e o trajeto S-N, no sentido inverso, registrou as menores em seus pontos finais (Rodovia Olegário Ferraz).

A célula mais aquecida formou-se no centro em direção a nordeste, havendo uma área com temperaturas menores a sudoeste e sudeste da malha urbana. A espacialização da umidade relativa do ar manteve coerência com os dados térmicos, e sua diferença foi de 28,6%.

No dia 15/12 houve 2,5 mm de precipitação, conforme as informações do Departamento de Água e Esgoto de Araçatuba (DAEA), e a atuação de um sistema polar, após a passagem da frente resultou na diminuição das temperaturas. A diferença térmica foi de 4,3°C, sendo que a temperatura máxima de 25,3°C obteve-se no trajeto S-N, e a mínima de 21°C, em W-E. Essa temperatura máxima ocorreu logo após a saída da via Nametala Rezek e entrada na Avenida da Saudade, em pontos de ocupação urbana, caracterizados pela presença de usos diversos, como comercial e de serviços (bares, marmoraria, funilaria), industrial (alimentícia/laticínio) e residencial, com baixa cobertura vegetal. Em P1, a mínima foi registrada logo no início do percurso.

A célula mais aquecida posicionou-se do centro em direção ao norte da malha urbana, estando os setores sudeste e sudoeste, com temperaturas mais

amenas. O trajeto W-E manteve-se com os valores extremos de umidade relativa do ar, com diferença de 32,1%.

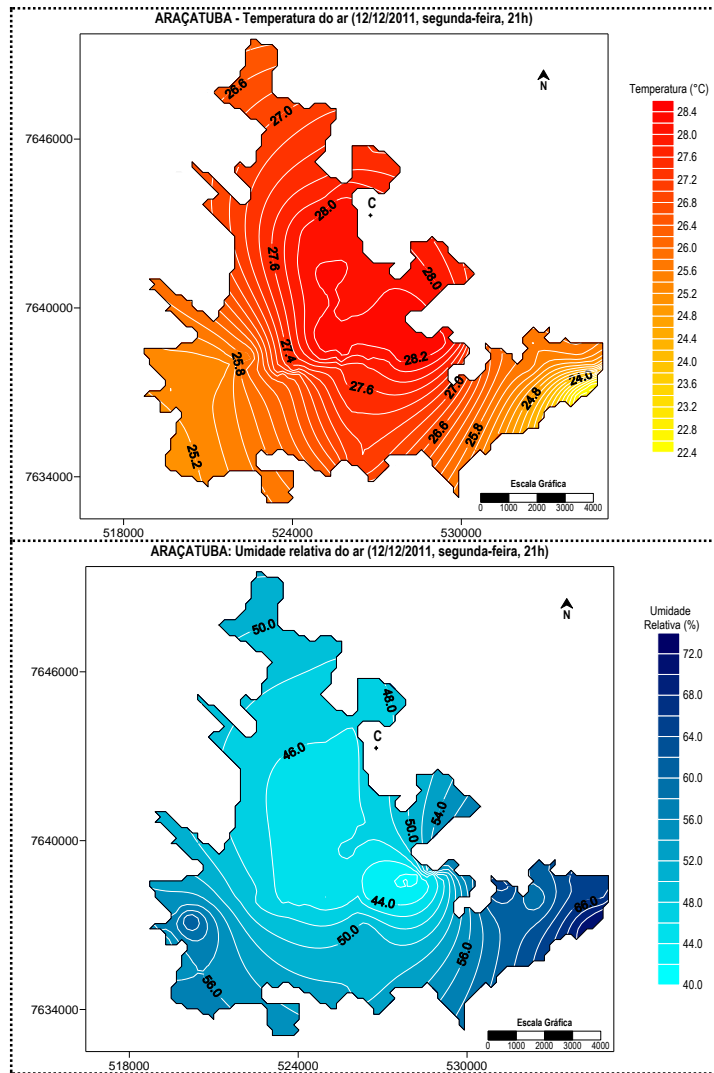


Figura 3 – Episódio 1 realizado no dia 12/12/2011, às 21h

No dia 16/12, a maior temperatura nos percursos foi 27,3°C. A região noroeste paulista permaneceu sob a atuação da massa polar, entretanto, já bastante modificada. As temperaturas aumentaram com relação ao episódio anterior, resultando na diferença de 3,8°C. Houve o registro de ventos de NNW à 0,9 m/s

Verificou-se a mesma configuração de áreas mais quentes do centro em direção a nordeste, estando o setor norte menos aquecido. A diferença higrométrica foi de 20,8%.

No dia 17/12, ainda com a atuação da massa polar tropicalizada, o gradiente térmico voltou a aumentar, sendo de 4,3°C (máxima de 29,1°C e mínima de 24,8°C, ambas registradas no trajeto W-E). As temperaturas estiveram mais elevadas, houve uma ligeira redução da umidade relativa do ar e aumento da pressão atmosférica.

As áreas mais aquecidas localizaram-se no centro em direção a nordeste, e mais uma vez, o sudoeste da malha obteve as temperaturas mais amenas. A diferença de umidade relativa foi de 20,6%, e as isoígras indicam uma zona mais seca na mesma direção da mais quente (Figura 4).

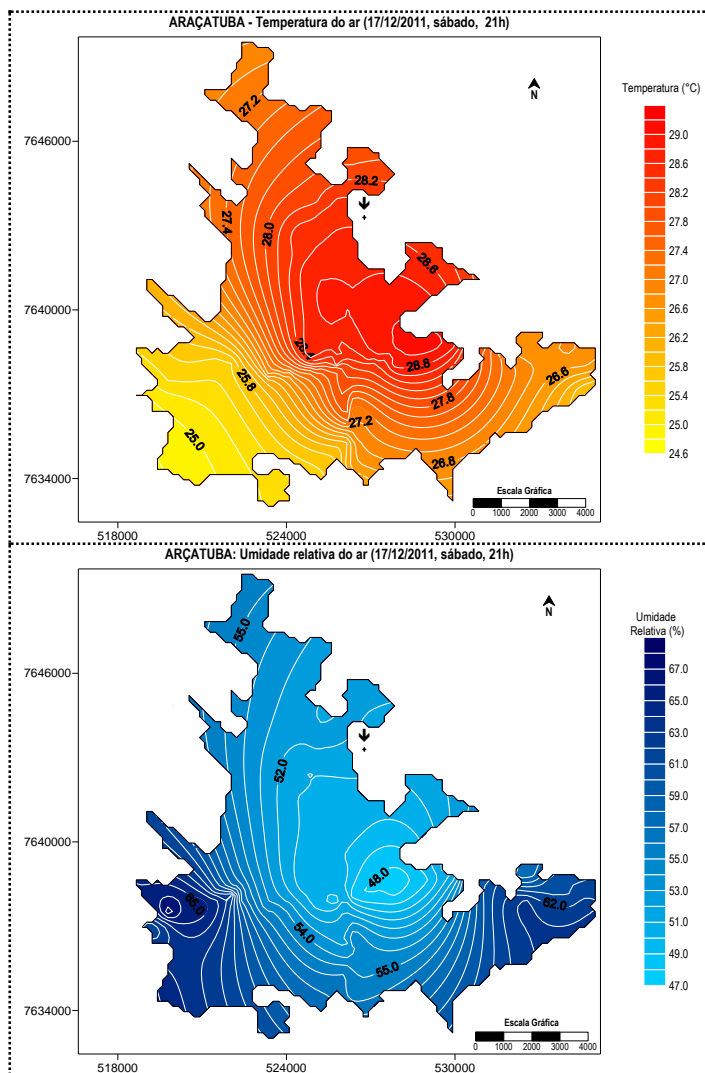


Figura 4 – Episódio 5 realizado no dia 17/12/2011, às 21h

No dia 19/12 o sistema se manteve e verificou-se a variação de nuvens. A maior temperatura do transecto foi de 29°C, com umidade relativa do ar de 72%. A diferença térmica alcançou 3,6°C. Observou-se a mesma configuração da célula mais aquecida, entretanto menos intensa, e tanto o setor sudoeste quanto o sudeste registraram temperaturas amenas. A umidade teve uma ligeira elevação em P1 (região do Ribeirão Baguaçu, Zona Leste) e a diferença foi de 24,5%.

Nos dias 22 e 23/12, a região noroeste paulista encontrou-se sob influência da massa Tropical Atlântica, responsável pela formação de tempo úmido e nebulosidade alta. As temperaturas foram elevadas bem como a umidade relativa do ar.

No dia 22/12, a maior e a menor temperatura foi verificada no trajeto S-N, sendo respectivamente de 29,7°C e 25,6°C, resultando na diferença de 4,1°C. Temperaturas maiores foram verificadas na metade do percurso até a parte norte da cidade, a exemplo da Avenida Prestes Maia, nas proximidades do Jardim Ipanema. Durante o dia houve o predomínio de sol com algumas nuvens.

Pela Figura 5 observa-se as maiores temperaturas e menores valores de umidade dispostos no centro da malha. A diferença da umidade relativa do ar foi de 16,6% e o percurso W-E manteve desde o episódio 1, o registro dos valores extremos.

No dia 23/12, as temperaturas continuaram elevadas, sendo que no percurso W-E, verificou-se a temperatura máxima de 30°C e a mínima de 26,1°C registrada em P2, resultando na diferença de 3,9°C. A configuração da célula mais aquecida incidiu sobre a área central e foi deslocada um pouco mais para o quadrante leste, pois as temperaturas nas extremidades do trajeto S-N estiveram um pouco menores do que as de W-E. A diferença higrométrica foi de 16,5%, e os valores de umidade diminuíram em relação ao dia 22. Os ventos foram de ENE, à 0,8m/s.

No dia 24/12, a área de estudo ficou sob atuação de uma frente estacionária, com o aumento da cobertura de nuvens em relação aos dias anteriores. O trajeto S-N registrou os valores máximo e mínimo de temperatura: 30,3°C e 27,1°C, respectivamente, com diferença térmica de 3,2°C. O dia se manteve ensolarado e quente, e durante o trajeto à noite, as ruas estavam bastante movimentadas. Não houve a formação intensa de uma célula mais aquecida. A diferença de umidade foi de 16%, e o trajeto S-N esteve mais seco, mas não tão diferente dos resultados obtidos no percurso W-E, configurando uma área central mais seca.

No dia 27/12 a região noroeste esteve sob influência de uma área de alta pressão (massa polar tropicalizada). A maior temperatura no transecto foi de 30,4°C, umidade relativa do ar de 79,4%, e condição de calmaria. A célula mais aquecida ocorreu no centro em direção a norte, porém mais estendida, indicando temperaturas mais elevadas em toda essa região. A diferença térmica e higrométrica foi respectivamente de 3,2°C e 16,3%.

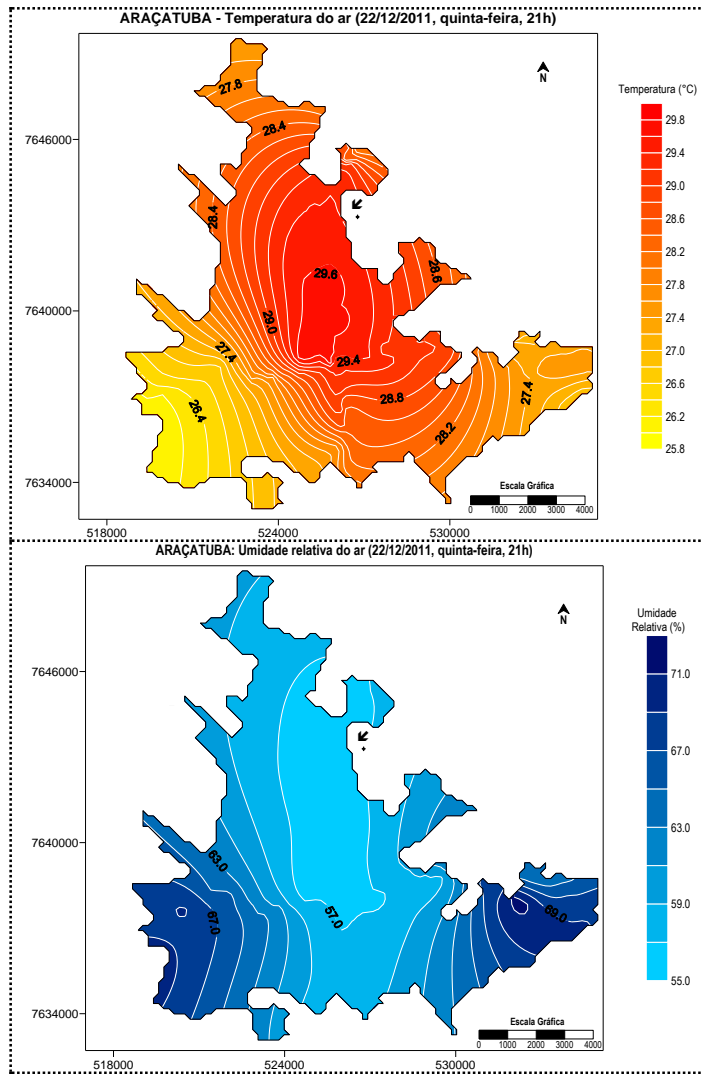


Figura 5 – Episódio 7 realizado no dia 22/12/2011, às 21h

No dia 28/12 observou-se a presença de uma área de baixa pressão próxima ao litoral paulista, e a proximidade de uma frente oclusa no Atlântico. A região foi influenciada por linhas de instabilidade. A temperatura máxima foi de 27,7°C, menor em comparação ao episódio anterior. A umidade relativa do ar foi de 73,1%, variando em torno de 10% nos transectos. Neste episódio, os ventos registrados foram de SSE, à velocidade de 2,9 m/s. A diferença térmica foi de 2,7°C, sendo os extremos de temperatura verificados no percurso S-N.

Não houve a distinção de um núcleo mais aquecido que o seu entorno. Com exceção do extremo norte e do extremo sudeste da malha urbana, as demais áreas registraram temperaturas mais quentes.

No dia 03/01 as temperaturas estiveram elevadas, a máxima registrada foi de 29,3°C e a umidade relativa do ar variou bastante, sendo a maior no valor de 79%. Houve atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), e o

registro de ventos de WSW, à velocidade de 0,8 m/s. A diferença térmica foi de 4,4°C. A célula mais aquecida formou-se na área central alinhada ao quadrante norte (Figura 6).

Com relação à umidade, foi o segundo episódio no qual o ponto mais seco ocorreu no trajeto P2, sendo a diferença de 26,6%.

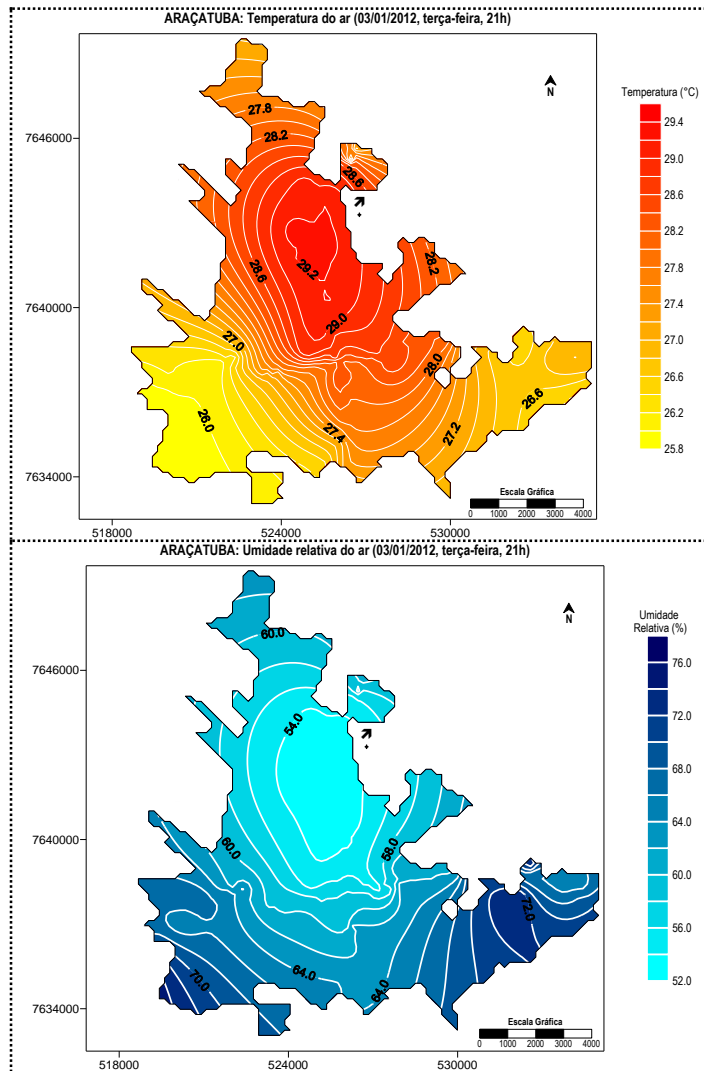


Figura 6 – Episódio 12 realizado no dia 03/01/2012, às 21h

Conclui-se que as comemorações do final de ano intensificaram o movimento das ruas centrais com o expediente prolongado do comércio, contribuindo para o registro de temperaturas mais altas no percurso W-E. Considerando todos os dados, acredita-se que a urbanização influencia a geração do clima urbano em Araçatuba.

A formação da ICU relaciona-se a vários fatores, tais como a maior inércia térmica dos materiais urbanos, que se resfriam mais lentamente que os materiais rurais, a estrutura da cidade que pode diminuir a perda de calor

sensível por processos advectivos e convectivos, e a emissão do calor produzido pelo homem e seu modo de vida (FERNÁNDEZ *et al.*, 2004, p. 642). No caso de Araçatuba, os efeitos desses fatores são mitigados principalmente, pela presença de cobertura vegetal arbórea.

Mesmo assim, observou-se a presença de uma célula mais aquecida no centro da malha urbana alinhada a nordeste, área com menor ocupação. O deslocamento da célula mais ao norte da malha urbana pode estar associado à direção dos ventos. Quanto a estes, incidiu mais os de NNE e NE, mas durante 2 dias os transectos ocorreram em condição de calmaria (Figura 7).

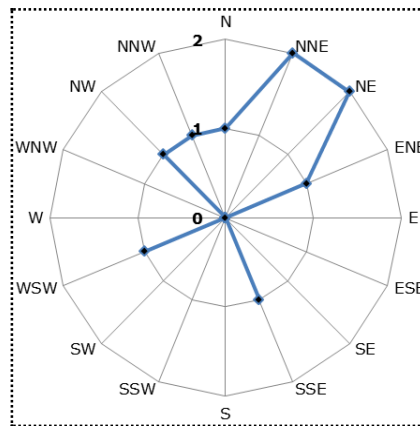


Figura 7 – Direção predominante dos ventos no trabalho de campo da primavera-verão de 2011/2012 em Araçatuba/SP

A instalação do sensor de temperatura e umidade em um ponto fixo foi importante como suporte para quantificar algumas mudanças de tempo ocorridas durante o percurso, como no episódio do dia 24/12/2011. Nos demais, a variação horária do ponto fixo durante a realização dos transectos foi de 0,3 a 0,6°C.

Com algumas exceções, o trajeto W-E teve os pontos mais úmidos e mais secos, sendo também o mais influenciado pelas condições de instabilidade. No trajeto S-N houve mais situações intermediárias do que predominantes, enquanto P1 mostrou-se com maiores contrastes em sua paisagem, sobretudo no que se refere aos fatores que proporcionam maior ou menor umidade relativa do ar.

O percurso S-N registrou as maiores médias térmicas (27,7°C) e menor média de umidade relativa do ar (55,3%), considerando todos os transectos realizados. Observa-se no Gráfico 1, valores de temperatura e umidade relativa do ar de um episódio representativo deste percurso.

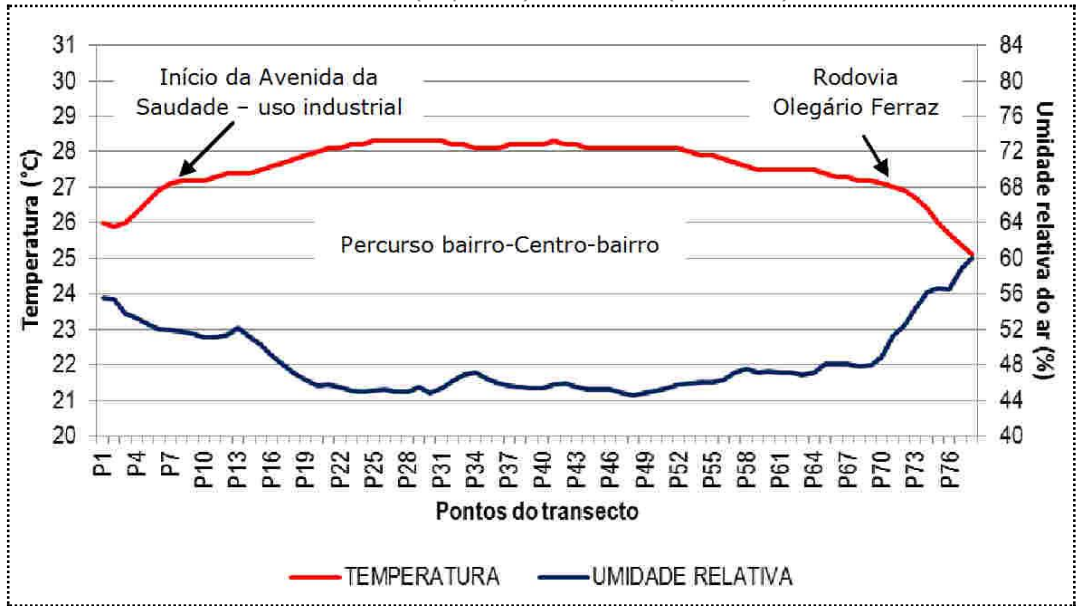


Gráfico 1 - Percurso SN no episódio do dia 12/12/2011

Por sua vez, o trajeto W-E apresentou as menores temperaturas nos pontos iniciais, com algumas exceções. À sudeste da malha urbana, a presença do Ribeirão Baguaçu, principal manancial da cidade, contribuiu para os valores de umidade mais elevados em parte dessa região (Gráfico 2). Pela Figura 8, observa-se que uma ponte foi construída para viabilizar a ligação dos bairros que cresceram e ultrapassaram essa barreira natural.

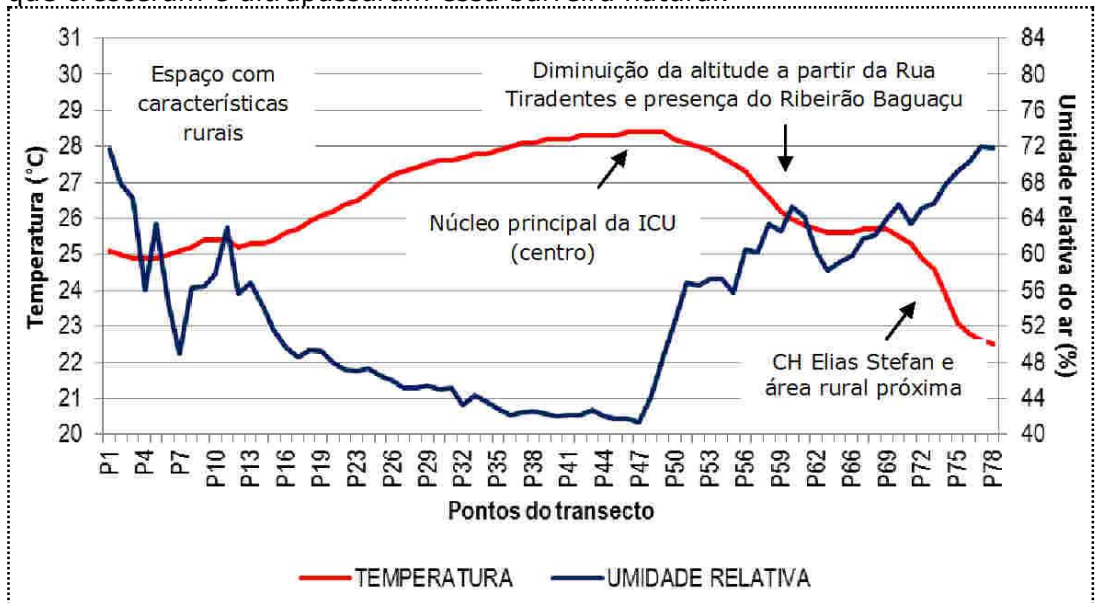


Gráfico 2 - Percurso WE no episódio do dia 12/12/2011



Figura 8 – Ribeirão Baguaçu visto da ponte da Rua dos Fundadores em Araçatuba/SP
Fonte: *Google Earth* (2013) e trabalho de campo (2012).

A porção sudoeste que na espacialização das isotermas aparece com temperaturas mais amenas em vários episódios, abrange chácaras (Califórnia, Morada dos Nobres, Machadinho), conjuntos habitacionais (Claudionor Cinti, José Saran, José Passarelli) e bairros (Jardim Jussara, Jardim Esplanada, Lago Azul) dispostos de forma menos concentrada na malha urbana, com a presença de espaços vazios dentro dos seus limites de ocupação. As chácaras possuem cobertura vegetal arbórea significativa e a presença de corpos d'água.

A tendência de crescimento da cidade direciona-se aos setores oeste, norte e noroeste, uma vez que a zona leste já se expandiu próxima do limite intermunicipal, e a sudoeste possui impedimento jurídico. Como foi observado o maior aquecimento da área norte, para o seu crescimento é imprescindível um planejamento adequado.

Ressalta-se que os transectos foram realizados em variadas condições do tempo. O programa das medições abrangeu os finais de semana e feriados, mas não ocorreu de forma ininterrupta, considerando a época do ano e a instabilidade característica da estação de verão.

4. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos, as modificações provocadas pelo crescimento da cidade de Araçatuba contribuíram para a existência de um clima urbano, sendo observada uma ilha de calor com intensidade máxima de 5,9°C. O núcleo da ICU tem origem na área central alinhada aos setores norte-nordeste, observando-se também uma ilha "seca" correspondente espacialmente.

Propõe-se medidas mitigadoras do desconforto térmico provocado pelo incremento de temperatura do ar na área central, tais como: - a manutenção dos espaços verdes com cobertura vegetal arbórea, e seu plantio também em lotes particulares, como em prédios de mais de um pavimento; - melhorar a engenharia de tráfego local, dispersando a concentração de veículos das vias centrais para as marginais; - efetivar o controle de uso do solo nas áreas ainda não adensadas; - aumentar os espaços não pavimentados em áreas públicas; - e investir de forma contínua nas campanhas de educação ambiental com a participação da população.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro e à FCT/UNESP pelo apoio institucional.

5. REFERÊNCIAS

- BORNSTEIN, R. D. Observations of the urban heat island effect in New York City. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, 1968.
- BORNSTEIN, R. D.; LORENZEN, Arndt; JOHNSON, D.S. Recent observations of urban effects on winds and temperatures in and around New York City. **American Meteorological Society**, Boston, 1972.
- CARVALHO, C. M. D. de. **Météorologie du Brésil**. Londres: John Bale, Sons & Danielson, 1917. 528 p.
- CHANDLER, T. J. The changing form of London's heat island. **Geography**, Londres, 1961
- DRAENERT, F. M. **O clima do Brazil**. Rio de Janeiro: Typographia C. Schmidt, 1896. 63 p.
- FUKUOKA, Y.; NOBUYUKI, T. Urban climate and quality of Hiroshima City. **Japanese Progress in Climatology**, Tóquio, 1980.
- GÓMEZ, A. L.; GARCÍA, F. F. La isla de calor en Madri: avance de un estudio de clima urbano. **Estudios Geográficos**, Madri, v. 45, n. 174, p. 5-34, enero-marzo 1984.
- JOHNSON, D. B. Urban modification of diurnal temperature cycles in Birmingham, U.K. **Journal of Climatology**, Chichester, 1985.

- KAYANE, I. Temperature increase due to the expansion of urban area in Tokyo. **Tokyo Journal of Climatology**, Tóquio, 1964.
- MARTÍN VIDE, J. Acerca de la medición y la experimentación en Geografía Física. Un ejemplo climatológico: la "isla de calor". **Notes de Geografía Física**, 1987. p. 15-16.
- MIDDLETON, W. E. K.; MILLAR, F. G. Temperature profiles in Toronto. **Royal Astronomical Society Journal**, Toronto, 1936.
- MORIZE, H. **Esboço da climatologia do Brazil**. Rio de Janeiro: Observatório Astronômico, 1889.
- OKE, T. R.; EAST, C. The urban boundary layer in Montreal. **Boundary layer Meteorology**. Dordrecht, 1971.
- OKE, T. R.; MAXWELL, G. B. Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver. **Atmospheric Environment**, London, 1975.
- PITTON, S. E. C. **As cidades como indicadores de alteração térmica**. 1997. 272 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SASAKURA, K. On the distribution of relative humidity I Tokyo and its secular change in the heart of Tokyo. **Tokyo Journal of Climatology**, Tóquio, 1965.
- SHITARA, H. Effects of buildings upon the winter temperature in Hiroshima City. **Geographical Review of Japan**, Tóquio, 1957.

5.1 REFERÊNCIAS CONSULTADAS

- ALCOFORADO, Maria João; ANDRADE, Henrique. Nocturnal urban heat island in Lisbon (Portugal): main features and modeling attempts. **Theoretical and applied climatology**, n. 84, p. 151-160, 2006.
- ALCOFORADO, Maria João; LOPEZ, António; ANDRADE, Henrique; VASCONCELOS, João. Orientações climáticas para o ordenamento em Lisboa. **Relatório do Centro de Estudos Geográficos**, 4. Lisboa: Universidade de Lisboa, 2005. 83 p. Disponível em: <http://pdm.cm-lisboa.pt/pdf/RPDMlisboa_avaliao_climatica.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2013.
- AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade; DUBREUIL, Vincent; QUENOL, Hervé; SANT'ANNA NETO, João Lima. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). **Confins**, 7, p. 1-16, 2009. Disponível em: <<http://confins.revues.org/6070>>. Acesso em: 30 abr. 2011.
- AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade; SANT'ANNA NETO, João Lima; DUBREUIL, Vincent. Estrutura térmica identificada por transectos móveis e canal termal do Landsat 7 em cidade tropical. In: **Revista de Geografia Norte Grande**, Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile, n. 43, p. 65-80, set. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.cl>>. Acesso em: 05 nov. 2009.
- BERTALANFFY, Ludwig von. **Teoria Geral dos Sistemas**. Tradução: Francisco M. Guimarães. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 1977. 351 p.
- CAPRA, Fritjof. **O ponto de mutação**. Tradução: Álvaro Cabral. São Paulo: Cultrix, 2006. 445 p.
- CARRERAS, Carles; MARÍN, Mercedes; VIDE, Javier Martín; MORENO, María del Carmen; SABÍ, Joan. Modificaciones térmicas en las ciudades. Avance sobre la isla de calor em Barcelona. **Document's D'anàlisi Geogràfica**, n. 17, p. 51-77, 1990.

DE MARTONNE, Emmanuel. **Tratado de Geografia Física**. 7. ed. Tradução: Rafael Candel Vila e Joaquina Camas de Candel. Barcelona: Editorial Juventud, 1973. 520 p.

FERNÁNDEZ, Felipe; MONTÁVEZ, Juan Pedro; GONZÁLEZ-ROUCO, Jesús Fidel; VALERO, Francisco. Relación entre la estructura espacial de la isla térmica y la morfología urbana de Madri. In: GARCÍA CODRON, J. C. *et al.* **El clima, entre el mar y la montaña**. Santander: Asociación Española de Climatología y Universidad de Cantabria, série A, n. 4., 2004. p. 641-650.

GARTLAND, LISA. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. Tradução: Sílvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 248 p.

LOMBARDO, Magda Adelaide. **Ilha de calor nas metrópoles**: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985. 244 p.

MARQUES, David; GANHO, Nuno; ROCHETTE, A. M. O contributo de estudos climáticos à escala local para o ordenamento urbano – O exemplo de Coimbra (Portugal). In: CONGRESSO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 1., CONGRESSO LUSÓFONO DE CIÊNCIA REGIONAL, 2., CONGRESSO DE GESTÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA, 3., CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 15, 2009, Cidade da Praia, Cabo Verde. **Anais...** Cabo Verde: Redes e Desenvolvimento Regional, 2009. p. 3394-3415.

MONTEIRO, Ana. **O clima urbano do Porto**: contribuição para a definição das estratégias de planeamento e ordenamento do território. Fundação Calouste Gulbenkian, Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica, 1997. 485 p.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. 181 p. (Séries Teses e Monografias, 25).

NUCCI, João Carlos. Origem e desenvolvimento da Ecologia e da Ecologia da Paisagem. **Revista Eletrônica Geografar**, Curitiba, v.2, n.1, p. 77-99, jan-jul. 2007. Disponível em: <<http://www.ser.ufpr.br/geografar>>. Acesso em: 22 jan. 2010.

_____. **Qualidade Ambiental e Adensamento**: um estudo de Planejamento da Paisagem do distrito de Santa Cecília (MSP). 2. ed. Curitiba: Edição do Autor, 2008. 150p.

OKE, Timothy R. **Boundary layer climates**. London: Methuen; New York: Wiley, 1978, 372 p.

PRATS, José María Cuadrat; VICENTE-SERRANO, Sérgio M.; SÁNCHEZ, Miguel Anjel Saz. Los efectos de la urbanización em el clima de Zaragoza (España): la isla de calor y sus factores condicionantes. **Boletín de la A.G.E.**, n. 40, p. 311-327, 2005.

SANT'ANNA NETO, João Lima. **História da climatologia no Brasil**: gênese, paradigmas e a construção de uma geografia do clima. 2001. 162 f. Tese (Livro docência) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente.

STEWART, Iain; OKE, Timothy R. Classifying urban climate field sites by "local climate zones": the case of Nagano, Japan. **The seventh International Conference on Urbane Climate**, Yokohama, p. 1-5, 2009.