

VEGETAÇÃO URBANA E VARIABILIDADE DO CAMPO TÉRMICO EM ÁREAS SELECIONADAS DA CIDADE DE SANTA MARIA (RS)

Daniel Borini Alves
Universidade Federal de Santa Maria
danielborini.geo@gmail.com

Adriano Severo Figueiró
Universidade Federal de Santa Maria
adri.geo.ufsm@gmail.com

EIXO TEMÁTICO: CLIMATOLOGIA: POLÍTICA E CIÊNCIA

Resumo

Diante de um planeta cada vez mais urbano, muitas preocupações voltam-se para as mudanças na estrutura da paisagem urbana, visando a melhoria das condições de vida da população. Entre essas condições, destacam-se as funcionalidades ambientais, como exemplo do conforto térmico, necessário para que o urbano possa proporcionar boa qualidade ambiental e contribuir com o bem estar dos habitantes citadinos. Nesse sentido, a presente pesquisa buscou investigar as variabilidades do campo térmico em áreas selecionadas da área urbana de Santa Maria, analisando e mensurando a contribuição da vegetação na amenização das temperaturas em nível microclimático. Para isso, foram realizadas medições térmicas horárias simultâneas em quatro áreas selecionadas da área urbana local, entre as 9h e as 20:30h do dia 25 de novembro de 2011, sob condições de tempo com domínio de Massa Polar Velha, posteriormente mapeadas e analisadas. A variabilidade do campo térmico nas quatro áreas selecionadas ao longo do dia mostrou que nas diversas condições a vegetação apresenta contribuição significativa na amenização térmica, variando de acordo com a configuração em que está inserida e com o horário mensurado. Acredita-se que a partir da geração dessas informações, permite-se ao poder público agregar mais atributos para que o planejamento do desenvolvimento urbano ocorra de forma a contemplar a contribuição da vegetação na manutenção da qualidade ambiental local.

Palavras-Chave: Paisagem urbana, vegetação, campo térmico, Santa Maria.

Abstract

Faced with an increasingly urban world, many concerns turn to changes in the structure of the urban landscape, to improve living conditions of the population. Among these conditions, there are the environmental features, such as thermal comfort, necessary for the city to provide good environmental quality and contribute to the welfare of city dwellers. Accordingly, the present study sought to investigate the variability of the thermal field in selected areas of the urban area of Santa Maria, analyzing and measuring the contribution of vegetation in mitigation of microclimatic temperature level. For this, thermal measurements were performed hourly simultaneous in four areas of the local urban area, between 9am. and 8:30pm. Day 25 November 2011, under conditions of field time with Polar Old Mass, then mapped and analyzed. The variability in the thermal field in four areas throughout the day showed that the various conditions the vegetation has significant contribution to thermal softening, varying according to the configuration in which it operates and the time measured. It is believed that from the generation of such information allows the government to add more attributes to the planning of urban development to occur in order to consider the contributions of the vegetation in the maintenance of environmental quality.

Key words: Urban landscape, vegetation, thermal field, Santa Maria.

1. Introdução

Os ambientes urbanos no mundo já representam ser a principal morada do ser humano, visto que o número de pessoas que habitam em cidades supera o de habitantes que vivem em

ambientes rurais desde 2008 de acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU)¹. No Brasil, estima-se pelo IBGE que a população urbana do país representava 84% em relação à população total em 2010².

Neste panorama crescente de urbanização, é possível afirmar que muitas áreas urbanizadas revelam sinais claros de um “desenvolvimento” que não primou por relações harmoniosas entre a cidade e a natureza. Onde as condições de vida humana diminuíram significativamente, é possível observar uma negligência quanto à manutenção dos atributos naturais, os quais passaram a ser substituídos por funcionalidades essencialmente urbanas, como a circulação e a comunicação, que trouxeram as edificações, os ruídos, o concreto, o asfalto, que acabam retratando os símbolos paisagísticos urbanos da atualidade.

Camargo e Amorim (2005) atestam que a forma como se desenvolve o uso e cobertura da terra urbana de acordo com a disponibilidade do relevo, pode gerar significativas alterações no campo térmico urbano. Sendo assim, tal qual afirmam os autores, o descontrole processual em que se dá o uso desse solo, acaba gerando dificuldades técnicas de implantação de infraestrutura, produz altos custos de urbanização e gera desconforto ambiental, em nível térmico, acústico, visual ou de circulação.

Ao possibilitar a promoção de uma série de funcionalidades ambientais, Nucci (2008) destaca o papel da cobertura vegetal na qualidade ambiental urbana, ao identificá-la como um atributo muito importante, porém negligenciado, no desenvolvimento das cidades, visto que, diferentemente da terra, do ar e da água, não se demonstra como uma necessidade óbvia na cena urbana.

Diante deste cenário, torna-se necessário o desenvolvimento de investigações que discutam a forma como se procede o processo de urbanização nos municípios brasileiros, e seu reflexo na paisagem urbana, visando uma maior consideração dos atributos naturais na manutenção de determinadas funcionalidades ambientais. E é neste contexto que o presente artigo objetiva a identificação, junto a áreas selecionadas sob diferentes padrões de urbanização na área urbana de Santa Maria (RS), da contribuição da vegetação na amenização do campo térmico.

Acredita-se que a partir da geração dessas informações, permite-se ao poder público agregar mais atributos para que o planejamento do desenvolvimento urbano ocorra de forma a contemplar a contribuição da vegetação na manutenção da qualidade ambiental local.

2. Vegetação e variabilidade térmica na paisagem urbana

Como já vem sendo apresentado, existe um grande impacto da urbanização nas alterações de determinadas condições climáticas na paisagem urbana, sendo que um exemplo significativo dessas alterações está nos valores de temperatura e de concentração de poluentes, que podem estar relacionados com a degradação ambiental ocorrida em espaços urbanizados (LOMBARDO, 1985; ROCHA E FIGUEIRÓ, 2010).

¹ De acordo com os dados do “World Urbanization Prospects” da ONU. Extraído da base estatística “World Bank Staff” (WBS), no endereço <<http://databank.worldbank.org/ddp/home.do>>.

² De acordo com o Censo Demográfico de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Contextualizando com as discussões sobre a vegetação e sua contribuição na qualidade ambiental, Torre (2009) afirma que as repercussões ambientais deste elemento da paisagem dependem da densidade de árvores relacionada à área total considerada, a sua configuração espacial, sua relação com os limites do sistema e das suas próprias características fisiológicas. Junto às ações microclimáticas urbanas, um conjunto de árvores tem um maior efeito sobre a radiação solar que a arborização em linha, devido à primeira formar uma capa mais uniforme e de maiores dimensões entre o sol e as pessoas, obtendo maior sombra no centro do conjunto, produzindo menos efeitos de borda.

Em casos específicos da temperatura ambiente, o mesmo autor (*op. cit.*, 2009) afirma que a influência da vegetação pode provocar diversificações, sendo que em um grupo grande e denso de árvores é possível observar diferenças de temperatura com respeito a zonas adjacentes, urbanizadas e sem vegetação. Para isso, é necessário que a densidade da vegetação seja alta, para que a radiação solar que atinge o solo seja mínima e que o vento reduza ao máximo, já que as correntes de ar dissipam os efeitos da vegetação.

Mascaró (2005) acrescenta que as características ambiental e morfológica são as que determinam o desempenho microclimático do recinto urbano. A autora ainda aborda que as árvores, principalmente as de grande porte, agregam mais capacidade térmica quanto mais massa se inclui, aumentando sua inércia e provocando queda diurna das variações de temperatura.

Robinette (1972)³ *apud* Mascaró (2005) afirma que as árvores e os arbustos são os responsáveis pelas temperaturas mais amenas em locais com menos área edificada, além da renovação do ar gerado por parques. Contrastando com os efeitos de resfriamento, Mascaró (2005, p.41) descreve que “as árvores intercambiam calor com o ar do entorno e constituem uma fonte térmica considerável para o sítio”.

3. Materiais e método

O desenvolvimento desta investigação contou com quatro fases distintas, que marcam os passos para a obtenção dos resultados aqui apresentados.

Na primeira fase, trabalhou-se com uma revisão teórico-metodológica que envolve temas relacionados à análise climática urbana, a formação de ilhas de calor e frescor e a contribuição da vegetação na amenização térmica. Ainda nessa fase, foram analisados alguns trabalhos já realizados na área urbana de Santa Maria, que discutem a questão do campo térmico urbano a nível meso e topoclimático.

Num segundo momento, passou-se a selecionar áreas para analisar o campo térmico microclimático, usando como critério a escolha por áreas inseridas sobre diferentes padrões de urbanização, que denotam diferentes configurações da presença da vegetação. Esta fase resultou na seleção de 4 áreas, situadas em diferentes porções da área urbana, porém com tamanhos aproximados.

Numa terceira fase, estruturou-se e realizou-se as medições de temperatura a campo. Iniciou-se com a escolha da data e os horários de realização das medições, que foram baseadas nas condições de tempo semelhantes aos trabalhos já realizados a nível topo e mesoclimáticos, para que permitissem possíveis

³ ROBINETE, G. O. *Plants, people and environmental quality*. Washington, D.C.: Department of the Interior, National Park Services, 1972.

inferências das demais escalas de análise. Após isso, foram definidos dentro de cada área selecionada, a localização de dez pontos para coleta horária dos dados térmicos. Definida a equipe de trabalho, foram definidas duplas para cada área, sendo cada membro da equipe responsável por 5 pontos amostrais, a serem medidos sob orientações de proteção contra a incidência solar direta e a influência de possíveis rajadas de vento. Foram utilizados termômetros digitais *Instrutherm*, modelo *TE-400*, calibrados de acordo com o termômetro de alta precisão presente na Estação Meteorológica de Santa Maria.

Em um quarto e último momento, passou-se para a fase de elaboração dos mapeamentos e das análises dos campos térmicos. Para o mapeamento, os dados térmicos coletados na fase anterior foram lançados junto ao software *Surfer8*, o qual permite a interpolação e a geração de mapas de isolinhas. Foram gerados cinco cartogramas do campo térmico em quatro horários diferentes (9h, 12h, 16h, 19h, 20:30h) para cada área selecionada. De acordo com os condicionantes geourbanos e geocológicos a nível topo e mesoclimático, as condições do campo térmico microclimático das áreas selecionadas foram analisados centrado a discussão em torno da possível amenização térmica promovida pela presença da vegetação nestas áreas.

4. Resultados e discussões

4.1 Descrição das áreas selecionadas e do dia das medições

Tal como referido, foram selecionadas quatro áreas (**Figura 1**), situadas em diferentes locais do perímetro urbano de Santa Maria, inseridas em distintos padrões de urbanização.

A primeira delas está situada no Bairro Tancredo Neves, na área oeste de Santa Maria, onde se pode observar que no centro desta área há um fragmento de vegetação que acompanha um tributário do Arroio Ferreira, e nos seus arredores há a presença de áreas residenciais. As áreas residenciais apresentam um alto grau de edificação dos lotes, tornando a arborização pouco presente.

Constata-se ainda que o padrão de edificação das residências nesta área respeita determinado tamanho de lotes, sendo estes pequenos e pouco verticalizados, já que o surgimento das residências ocorre em função de um conjunto habitacional, com residências de tamanho padrão pouco modificadas nos últimos anos. Os espaços de circulação nesta área não apresentam fluxo contínuo de veículos, compostas na sua maioria por ruas calçadas, com exceção da Rua Marfiza Franco Rosa, que está asfaltada.

A área dois está situada nas proximidades do centro da cidade, junto ao Bairro Bonfim. O padrão de urbanização apresenta áreas de uso misto, residencial e comercial, e também a presença de uma praça arborizada (Praça dos Bombeiros). Os espaços de circulação e de veículos apresentam um fluxo alto, praticamente contínuo durante o horário comercial, aumentando ainda mais nos horários de pico.

As edificações nesta área apresentam um padrão de verticalização mais desenvolvido, onde praticamente todos os edifícios possuem mais de dois andares, tendo a presença de edifícios de mais de sete andares. A praça, apesar de relativamente pequena (aproximadamente 6.950 m²), apresenta-se em boas condições de infraestrutura física para o lazer, sendo recentemente reformada, com boa iluminação, presença de locais para sentar e playground para crianças, composta ainda de uma área bem arborizada.

A terceira área refere-se a uma área residencial situada junto ao morro do Cerrito, no Bairro Cerrito, a centro leste da área urbana de Santa Maria. O padrão de ocupação é de lotes residenciais grandes, compostos por edificações de alto padrão econômico, com presença de pátios grandes. O conjunto de residências se situa nos arredores de duas ruas (Rua Timbaúva e Rua Sibipuruna), sendo mais densamente ocupados os arredores da primeira. As áreas de vegetação arbórea estão bem configuradas e distribuídas.

A quarta e última área selecionada corresponde a uma área de uso residencial, situada a leste da área urbana, no Bairro São José. O padrão residencial é composto por lotes pequenos e de baixo poder aquisitivo, sendo a grande maioria com presença de pátio. Observa-se ainda a presença de espaços livres associados a terrenos baldios, que apresentam áreas arborizadas. A oeste observa-se a presença de um fragmento de vegetação maior que os demais presentes nesta área selecionada.

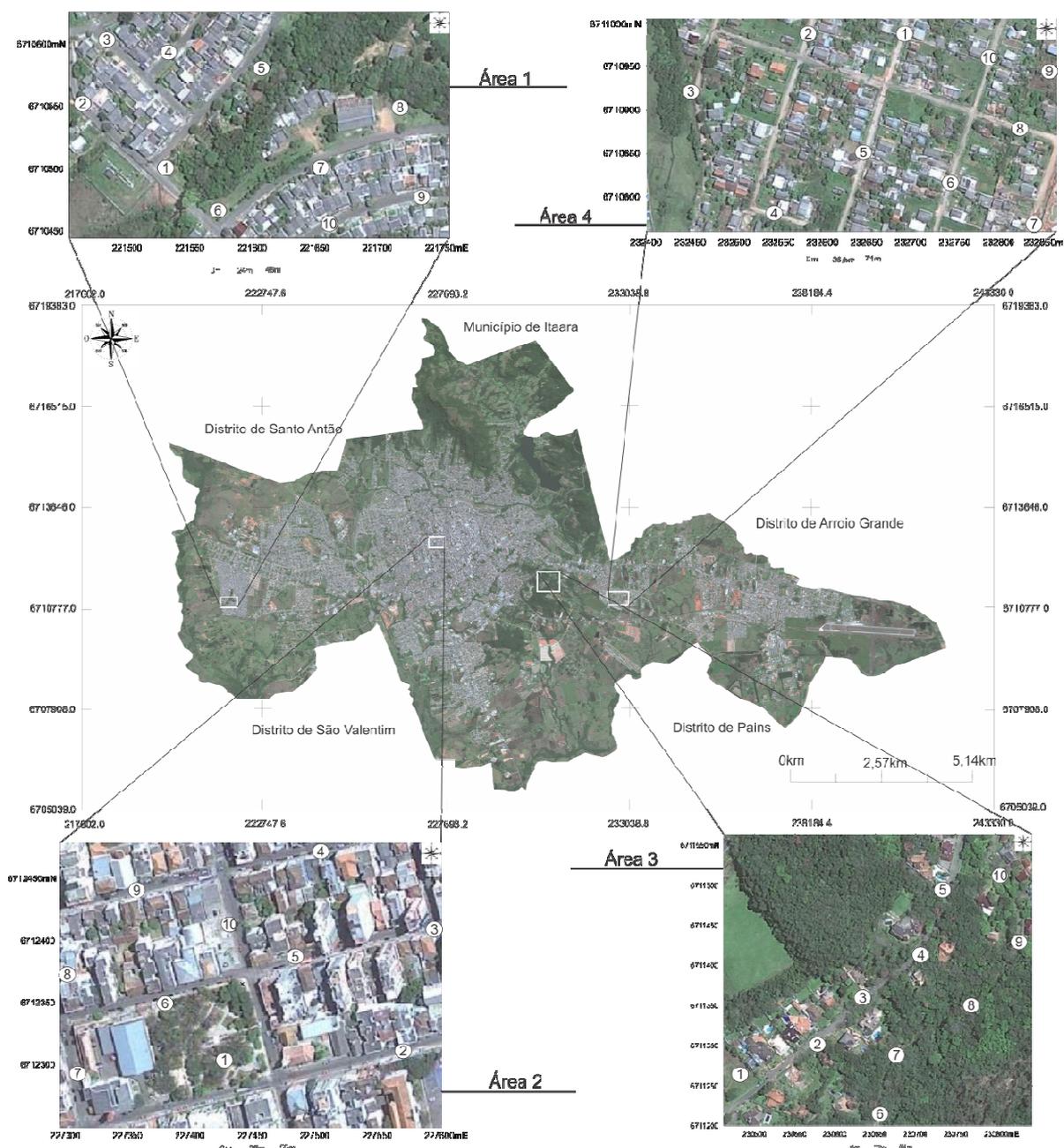


Figura 1. Localização das áreas selecionadas no perímetro urbano de Santa Maria (RS).

Fonte: Elaborado pelos autores com base na imagem *GeoEye*, de 21/09/2011, extraída do *software Google Earth*.

Nestas quatro áreas selecionadas, foram feitas análises específicas a respeito da contribuição da vegetação na variabilidade térmica, que foram relacionadas a pesquisas já existentes que abordam estas temáticas na paisagem urbana como um todo.

O dia selecionado para a realização das medições a campo foi o dia 25/11/2011, onde as condições de tempo se configuravam sob o domínio de Massa Polar Velha ou modificada, não se observando o avanço de Frentes em direção à região central do estado do Rio Grande do Sul. É importante ressaltar a vigência do horário brasileiro de verão (-2h em relação à GMT), e que os horários aqui descritos seguem este fuso.

A cidade de Santa Maria apresentou ao longo do dia o céu aberto, em que junto a Estação Meteorológica de Santa Maria⁴ registrou-se uma amplitude térmica diária de 16°C (máxima de 30,3°C e mínima de 14,3°C), onde a umidade do ar amanheceu alta (94% às 6h.) decrescendo gradualmente ao longo do dia pela influência da incidência solar (82% às 9h, 57% às 12h, 52% às 15h, 46% às 18h), e voltando a aumentar após as 19h, com 50% e logo após as 22h com 72%. Outros fatores importantes que auxiliaram no sucesso das medições foram a ausência de precipitação e a baixa intensidade do vento⁵, que somadas à alta incidência solar diária (maior durante esta estação de verão) acabaram desenvolvendo altas temperaturas na cidade.

Convém acrescentar ainda que essas condições temporais estão associadas às condições climáticas da região, levantadas por Heldwinet *al* (2009, p. 43-44), que ao seguir a classificação de Köppen identifica o clima como subtropical úmido com verões quentes, sem estação seca definida. O autor identifica Santa Maria como uma das cidades mais quentes do Rio Grande do Sul, em função do efeito de continentalidade e da baixa altitude registrada, ao estar situada na região central do estado.

4.2 Análises da variabilidade dos campos térmicos

É importante ressaltar que de acordo com os objetivos aqui traçados, de verificar a contribuição da vegetação e sua configuração na variabilidade térmica, acaba-se por centralizar a discussão em torno da possível amenização da vegetação nas áreas selecionadas em nível microclimático. Não obstante a isso, as demais variáveis geológicas e geourbanas e a variabilidade do campo térmico no âmbito topo e mesoclimático são consideradas de acordo com os resultados obtidos por Saydelles e Sartori (2005) e Costa e Werlang (2009).

Como resultado das medições realizadas a campo (**Tabela 1**), foram gerados um conjunto de cartogramas (**Figura 2**) que possibilitam a interpretação da variação do campo térmico nas quatro áreas selecionadas, em nível microclimático. Ressalta-se que alguns horários selecionados para o mapeamento e análise do campo térmico diferem dos padrões medidos nos trabalhos dos autores

⁴ Disponíveis para observação no endereço <http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/pg_automaticas.php>.

⁵ É importante ressaltar que a ausência de ventos fortes é essencial para possibilitar a observação da minimização da temperatura pela vegetação, visto que, conforme afirma Torre (2009), este acaba dissipando a umidade produzida pela evapotranspiração das plantas.

anteriormente explicitados, dada à consideração do horário de verão, mas que os mesmos permitem observar claramente a variação do campo térmico.

Horário	ÁREA 1 (temperatura do ar em °C por ponto)										ÁREA 2 (temperatura do ar em °C por ponto)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
09:00	22	22,4	22,4	23	21	21,7	23,2	22	23,3	23,1	22,1	22	22,2	22,5	22,6	22,7	22,8	23	22,9	22,7
10:30	24,6	24,5	24,8	26,6	24,3	25,2	26,4	24,5	26,7	26,8	24	25	24,1	25,1	26,4	23,9	23,8	24,9	25,9	25,1
12:00	28,1	27,5	27,3	29,9	26,9	25,8	29,1	27,3	29,7	29,9	26,4	27,7	28,6	28,7	28,5	26,9	27,5	27	27,8	27,6
14:30	31,4	32	32	34,7	30,4	29,7	32,5	30,4	31,8	31,5	30	31,7	31,5	31,7	31,6	29,9	31,1	30,4	30	31,5
16:00	31	32,4	32,3	34,5	29,5	29,7	31,5	30,5	33,2	32,6	31,9	32,2	31,3	31,3	31,4	32,2	31,3	31,6	32,2	32,5
17:30	30,9	32,8	31,8	34,7	29,4	29,8	30,9	30,4	32,1	32	32,5	32,4	31,8	33,7	29,4	31,6	32,9	30,9	32,1	32
19:00	30,4	30,3	30,3	32,3	27,4	30,1	30,7	30,4	30,5	30,1	30,2	31,6	30,4	31,4	30,9	30,6	30,7	30,9	30,9	30,5
20:30	25,4	26,9	26,8	27	23,2	25,6	27,6	24,3	27	25,7	28	29,3	29,1	29,5	29,1	28,4	29,2	29	29,3	29,2
Horário	ÁREA 3 (temperatura do ar em °C por ponto)										ÁREA 4 (temperatura do ar em °C por ponto)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
09:00	21,2	21,4	21,3	21,4	21,3	20	20,1	20,4	21,2	22,3	21,9	21,7	22	22,4	23,5	22,1	21,6	22,5	24	23,1
10:30	24,1	25,1	24,4	24,5	25,4	21,9	21,9	22,4	23,7	24,1	26,4	26,2	25,6	26,4	26,9	26,2	25,5	26,8	27	27,5
12:00	27,1	27,3	27,4	27,4	27,5	25,7	25,6	26,1	26,7	27,2	29,3	29,2	28,7	29	30,4	29,5	30	30,3	29,5	30
14:30	29,1	30,2	29,1	29,1	29,3	28,6	28	28,1	28,3	29,2	29,9	30,6	30	30	31,9	31,2	31,5	30,8	31,2	31,2
16:00	29,8	31,2	30,8	30,1	29,5	27,8	27,6	27,6	28,6	30,1	32,9	32,9	31,8	31,6	32,4	31,6	32,1	32,3	32	32,2
17:30	30,3	30,8	29,9	30	29,2	26,6	26,7	28,6	28,4	29	32,2	32	31,6	31,2	31,6	32,3	32,2	32,2	32,4	31,9
19:00	28,6	28,3	28,9	27,9	26,8	24,2	25,8	25,3	27,6	26,8	30,5	30,7	29,8	30	30,5	30,8	31,2	30,6	30,5	30,3
20:30	24,9	24,1	24,4	24,3	25,3	24,1	24,2	24,8	25,4	25,5	27,1	27,1	25,8	26,1	26,3	27,4	28,7	27,5	28	27,6

Tabela 1.Dados de temperatura do ar coletados no dia 25/11/2011.

Fonte: Elaborado pelos autores.

VEGETAÇÃO URBANA E VARIABILIDADE DO CAMPO TÉRMICO EM ÁREAS SELECIONADAS DA CIDADE DE SANTA MARIA (RS)

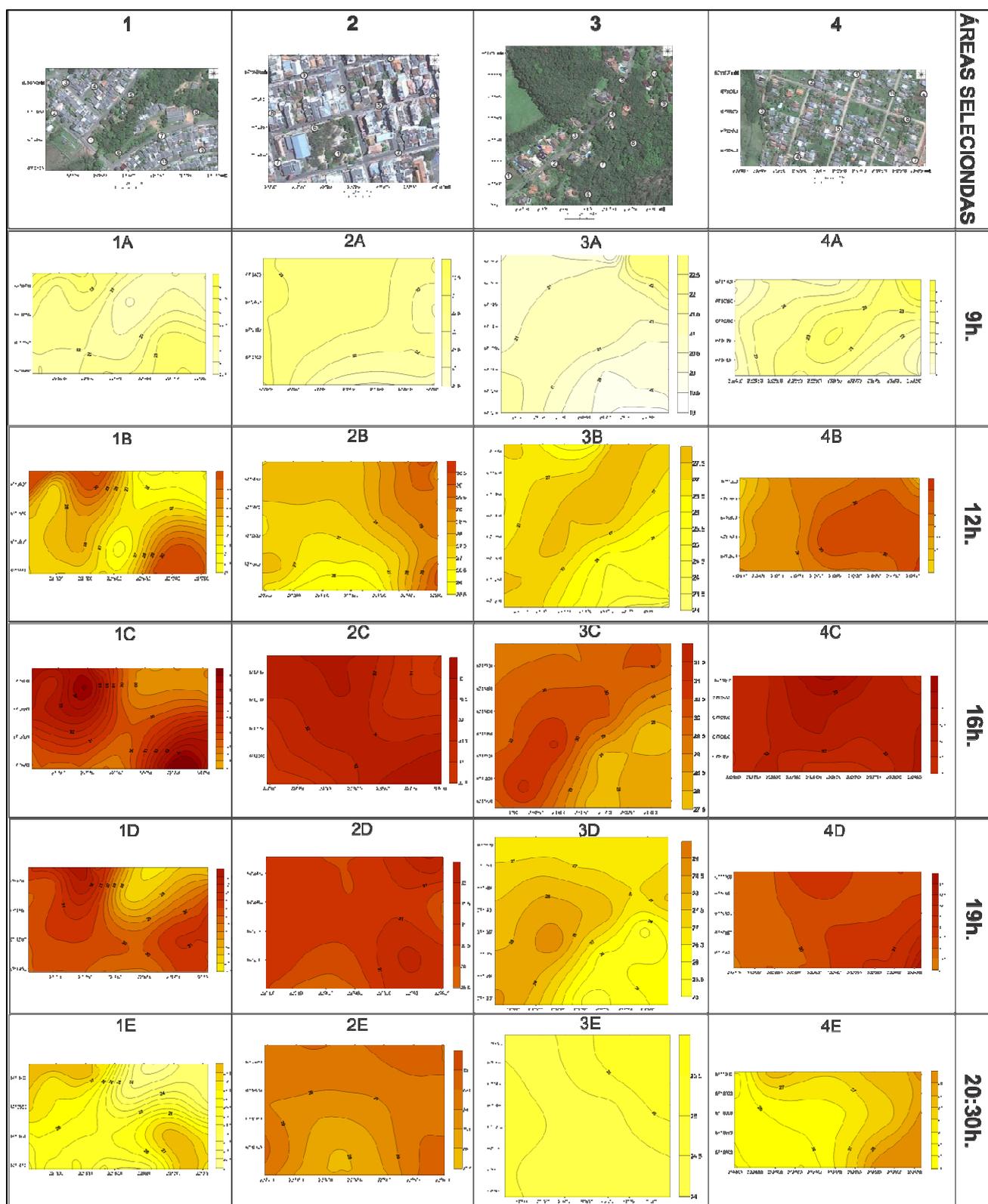


Figura 2. Variação do campo térmico nas quatro áreas selecionadas no dia 25/11/2011.

Fonte: Elaborado pelos autores junto ao software Surfer8, com edição gráfica no software Corel Draw X5. As imagens iniciais das áreas foram extraídas do software Google Earth, e correspondem a imagem GeoEye de 21/09/2011.

Analisando as quatro áreas selecionadas, observa-se que as médias gerais (**Figura 3**) dos pontos medidos por horário em cada área selecionada mostram que apesar de todas as áreas apresentarem a mesma tendência de aumento das temperaturas até por volta das 16h com a diminuição nas horas seguintes, influenciada pela variação da incidência solar, as quatro áreas apresentaram temperaturas médias distintas ao longo do dia. Em destaque no gráfico observa-se a Área 3 (A3), em que as médias em todos os horários foram inferiores as demais médias nas demais áreas selecionadas. As demais áreas marcaram às 9h praticamente os mesmos valores médios (22,4°C na A1, 22,6°C na A2 e 22,5°C na A4), mas que foram se diversificando ao longo do dia, com destaque para as 21h, em que a A2 apresentou a maior média do horário (29°C), se diferenciando em 3°C da A1 e 1,8°C da A4.

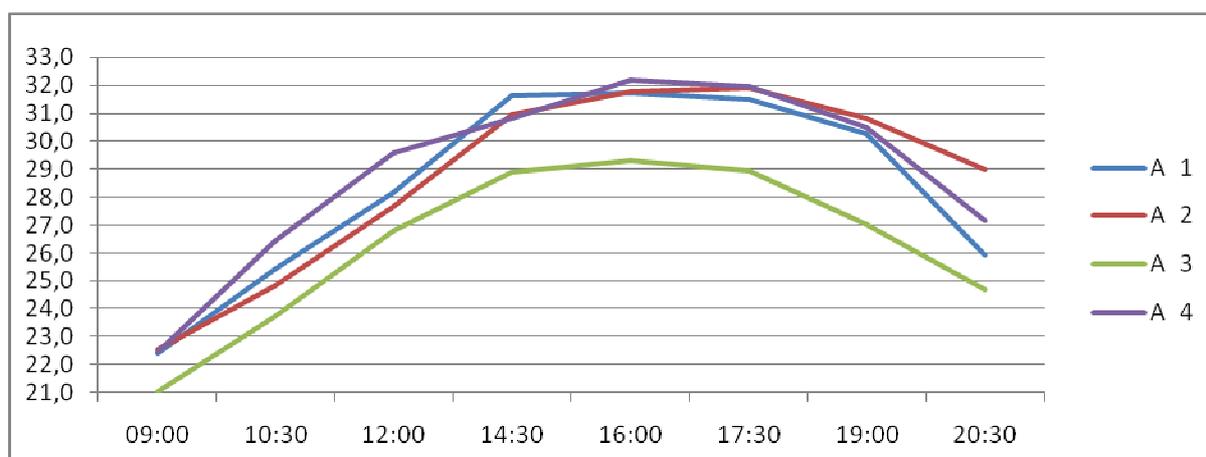


Figura 3. Gráfico das médias dos pontos mensurados por horário nas quatro Áreas (A1,A2,A3 e A4).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na “Área1” as condições microclimáticas mostram o campo térmico com uma variação entre a área vegetada e as áreas de habitação já às 9h Os pontos mais próximos das áreas densamente arborizadas, pontos 1, 5, 6 e 8 marcaram, respectivamente, 22°C, 21°C, 21,7°C e 22°C, e diferem em média aproximadamente 1,5°C dos pontos mais inseridos junto às áreas residenciais, pontos 3, 4, 9 e 10, que apresentaram, respectivamente, 22,4°C, 23°C, 23,3°C e 23,1°C. Essa diferenciação fica evidente ao observarmos o “cartograma 1A”, que mostra a área central vegetada com as cores mais amenas que indicam as temperaturas menores, crescendo de forma gradual em direção às áreas residenciais à margem direita e esquerda do tributário do Arroio Ferreira. Apesar de ser um canal de água pouco expressivo, acredita-se que esta variação desde este horário é também influenciada diretamente pela umidade do ar maior nas proximidades deste tributário.

Às 12h, com o aumento da incidência solar e o aquecimento da temperatura atmosférica, observa-se que a tendência do aquecimento das áreas residenciais prossegue, sendo que os pontos 4 e 10 já registram temperatura próxima dos 30°C, enquanto os pontos mais próximos da área vegetada apresentam temperaturas abaixo dos 27,3° (ponto 8), com os pontos 1, 5 e 6 registrando, respectivamente, 28,1°C, 26,9°C e 25,8°C. O “cartograma 1B” mostra claramente essa acentuação do quadro já visível às 9h.

Às 16h foram registradas as maiores temperaturas do dia nesta área (34,5°C no ponto 4 e 33,2°C no ponto 9), tornando o quadro de maior aquecimento das áreas mais distantes do fragmento de vegetação maior ainda, como pode ser observado no “cartograma 1C”. Oito dos dez pontos mensurados apresentaram temperaturas superiores a 30°C, sendo que apenas os pontos 5 e 6 apresentaram, respectivamente, 29,4°C e 29,7°C.

Às 19h as temperaturas ainda permaneciam altas, com a média dos pontos mensurados registrando 30,6°C. Porém, como pode ser observado no “cartograma 1D”, há uma diminuição da concentração térmica junto às áreas residenciais, impulsionado pela diminuição do grau de incidência da radiação solar.

As medições das 20:30h mostram que com o pôr do sol as temperaturas diminuíram significativamente, todas abaixo dos 27,6°C. Seguindo o panorama dos demais horários, o contraste entre as áreas mais próximas do fragmento de vegetação e as áreas residenciais ainda prosseguia, sendo que as temperaturas registradas nos pontos 1, 5, 6 e 8 apresentaram, respectivamente 25,4°C, 23,2°C, 25,6°C e 24,3°C, enquanto nos pontos 3, 4, 9 e 10 marcaram, respectivamente, 26,8°C, 27°C, 27°C e 25,7°C. O “cartograma 1E” mostra esta amenização geral das temperaturas em relação aos horários anteriores, ao mesmo tempo em que ainda denota o contraste entre as temperaturas marcadas nas áreas residenciais mais distantes e mais próximas da área vegetada.

De forma geral, observa-se na “Área 1” que ao longo do dia as temperaturas registradas próximas das áreas residenciais altamente edificadas apresentaram temperaturas superiores as observadas próximo da área vegetada. A média de todas as medições por ponto mostra os pontos 1, 5, 6 e 8 (mais próximos da área vegetada) medindo, respectivamente 28°C, 26,5°C, 27,2°C e 27,5°C, enquanto a média dos pontos mais inseridos junto às áreas edificadas mediram em média 28,5°C, 30,3°C, 29,3°C e 29°C nos pontos 3, 4, 9 e 10. A média dos pontos nas áreas edificadas (28,5°C) mostra que a vegetação, com influência da umidade do tributário do Arroio Ferreira, contribui para a amenização da temperatura pela vegetação, em média 1,2°C, visto que a média dos pontos mais próximos do fragmento foi 27,3°C. Saydelles e Sartori (2005) apresentam em suas análises mais abrangente situação muito semelhante à encontrada nesta área em nível microclimático, onde os autores destacam o Conjunto Habitacional Tancredo Neves com o registro de altas temperaturas também influenciado pelo alto adensamento de edificações e a morfologia suave e baixa altimetria que favorecem a incidência solar direta.

Na “Área 2”, às 9h as temperaturas nos 10 pontos mensurados não apresentaram variações significativas, com amplitude máxima de 1°C nas medições realizadas (22°C no ponto 2 e 23°C no ponto 8). Entre os demais pontos a variação foi decimal, tornando o campo térmico bem mais homogêneo, sendo possível observar no “cartograma 2A” apenas um leve aquecimento de leste para oeste. Os valores de temperatura do ar medidos nos pontos da Praça dos Bombeiros (pontos 1 e 6) apresentaram temperaturas de 22,1°C e 22,7°C, respectivamente, que não diferem significativamente das demais medições da área.

Às 12h, no “cartograma 2B” o aumento da incidência solar apresenta temperaturas mais amenas nas medições junto a praça dos bombeiros (26,4°C no ponto 1 e 26,9°C no ponto 6), sendo observado um aquecimento gradual em direção à leste do cartograma, em direção à região mais altamente edificada, com construções verticalizadas. Os pontos mais a leste (2, 3, 4 e 5) apresentaram, respectivamente, 27,7°C, 28,6°C, 28,7°C e 28,5°C. Às 16h observa-se que o aquecimento que antes aparecia a leste do cartograma, se

intensificou e se alastrou por toda a área, sendo que todas as temperaturas superaram os 31°C. Observa-se que o comportamento do campo térmico, no “cartograma 2C”, apresenta significativo aquecimento geral da área selecionada, sem significativas variações. Esse panorama prossegue nas medições das 17:30h, onde inclusive alguns pontos apresentaram temperatura do ar maior que as medidas as 16h. (pontos 1, 2, 3, 4 e 7), registrando até mesmo a máxima diária junto ao ponto 4 (33,7°C).

Às 19h, no “cartograma 2D”, observa-se que com a diminuição da incidência solar, tal como na “Área 1”, as temperaturas começam a diminuir e o campo térmico reduz as variabilidades espaciais, com o maior distanciamento entre as isotermas. Porém, nesse caso, observa-se um campo térmico ainda muito aquecido no seu conjunto, reflexo da evolução do quadro das 16h. Próximo à Praça dos Bombeiros já se observa novamente uma leve amenização das temperaturas.

Às 20:30h, já com o sol tendo se posto, apesar das temperaturas permanecerem altas, o campo térmico (“cartograma 2E”), mostra que há uma amenização das temperaturas, principalmente nas proximidades da praça. Os pontos 1 e 6 apresentaram, respectivamente, 28°C e 28,4°C, situados junto a praça foram os únicos que mediram abaixo dos 29°C, sendo a temperatura máxima medida junto ao ponto 4 (29,5°C).

Percebe-se que a “Área2” apresentou um campo térmico aquecido durante grande parte do dia, em que as superfícies aquecidas refletiram em um aumento da temperatura das 9h até por volta das 17:30h, e que esse aquecimento foi amenizado de forma lenta, pois às 20:30h a média térmica dos pontos mensurados ainda permanecia em 29°C, visto que as 16h esta média fora 31,8°C. Em comparação com a variação das medições na “Área1” (média de 31,7°C as 16h e 26°C as 20:30h), observa-se que a “Área 2” teve um prolongamento do período de aquecimento, muito em função do padrão de urbanização de edificações de alta densidade. Há de se considerar que esta área selecionada se diferencia das demais também em função do grande fluxo de veículos e pessoas, e que esse fator certamente é influente no prolongamento do aquecimento. Em relação aos arredores dessa área selecionada, tanto Costa e Werlang (2009) quanto Saydelles e Sartori (2005) encontraram um grande aquecimento durante o dia, que acaba refletindo no âmbito microclimático como se pode observar, sendo que os autores também justificam esse fato principalmente em relação ao índice de impermeabilidade das edificações.

A Praça dos Bombeiros, bem arborizada, refletiu em uma amenização térmica em pelo menos 3 dos 5 horários mapeados, às 12h, às 19h e às 20:30h (cartogramas 2B, 2D e 2E). Pela manhã, às 9h (cartograma 2A) como havia uma amenização geral das temperaturas, não se observou maiores efeitos da vegetação, enquanto às 16h (cartograma 2C) no período de registro das maiores temperaturas diárias, junto à praça não se observaram temperaturas menores. Acredita-se que esse último fato apontado refira-se justamente ao pequeno tamanho da praça, que acabou sendo “influenciada” pelas temperaturas altas ao seu redor, sem capacidade de exercer uma funcionalidade ambiental mais efetiva nesse horário. É importante registrar ainda, que apesar de bem arborizada, grande parte do solo da praça encontra-se impermeabilizado, o que também influencia na menor contribuição térmica do fragmento arborizado.

A “Área 3” foi a que registrou a menor temperatura diária entre todas as medições, junto ao ponto 6 (20°C), sendo que seu campo térmico as 9h (“cartograma 3A”) mostra maior homogeneidade das temperaturas. Já pela manhã as temperaturas a sudeste do cartograma, área bem arborizada e com menor

avanço das edificações, já apresentam menores temperaturas, como a temperatura anteriormente citada (do ponto 6) e os 20,1°C marcados junto ao ponto 7, que diferem dos pontos situados nas áreas residenciais mais ocupadas que marcaram 21,2°C (ponto 1), 21,4°C (ponto 2) e 21,3°C (ponto 3).

Às 12h (“cartograma 3B”), o campo térmico ainda apresenta a mesma tendência, de um maior aquecimento da região central mais ocupada em comparação às áreas periféricas a sudeste e a noroeste, que apresentam temperaturas menores. Os pontos 6 e 7 (25,7°C e 25,6°C) se diferenciaram em cerca de 1,5°C dos pontos 9 e 10 (26,7°C e 27,2°C), situados mais a nordeste do cartograma.

Esse cenário se intensifica às 16h, onde se registram as temperaturas mais acentuadas do dia (31,2°C no ponto 2 e 30,8°C no ponto 3), tornando o campo térmico (“cartograma 3C”) com as temperaturas maiores se concentrando novamente junto a área residencial e diminuindo em direção às áreas vegetadas a noroeste e a sudeste. É relevante observar que a temperatura máxima dessa área é 2,5°C menor do que a máxima medida na “Área 2” e 3,5°C menor do que a máxima medida na “Área 1”.

Às 19h o campo térmico (“cartograma 3D”) já se demonstrava muito menos intenso com um maior distanciamento entre as isotermas, ainda denotando as maiores temperaturas junto à região com maior densidade de residências. A temperatura média das medições, de 27°C, já aponta para essa redução térmica diferenciada das duas outras áreas selecionadas supracitadas, que apresentaram médias de 30,3°C (Área 1) e 30,8°C (Área 2).

Às 20:30h a configuração do campo térmico (“cartograma 3E”) já demonstrava-se muito amenizada, influenciada pela dissipação da amenização térmica da vegetação com o aumento da evapotranspiração após o pôr do sol. Com isso, a temperatura média dos pontos mensurados nessa área passou a ser 24,7°C, a menor entre todas as médias do horário nas demais áreas selecionadas.

É importante destacar que por ser a “Área 3” uma área muito mais arborizada que as demais áreas selecionadas, observa-se claramente na comparação com os cartogramas das demais áreas, que esta área apresentou um padrão térmico mais baixo em relação às demais. As próprias áreas de ocupação residencial maior junto a “Área 3” (que apresentaram as maiores temperaturas dentro da área ao longo do dia) apresentam temperaturas mais baixas que as temperaturas encontradas nas demais áreas residenciais mensuradas nas outras áreas. Como está situada em uma região mais alta que as demais áreas selecionadas, acredita-se que as condições de altitude também tenha influenciado na diminuição dessas temperaturas, visto que a variação de altitude entre os pontos mensurados na área 1 (mais baixa) foi de cerca de 70m em relação aos pontos da área 3 (mais alta).

Na última área selecionada, a “Área 4”, às 9h, o campo térmico (“cartograma 4A”) já demonstrava um maior aquecimento da porção central em direção ao nordeste do cartograma, formando um eixo de maiores temperaturas. A temperatura nos pontos 9 e 10, mais a nordeste, apresentaram, respectivamente, 24°C e 23,1°C, e contrastam com a medida no ponto 3 (22°C), que está mais próximo do maior fragmento arbóreo da área.

Às 12h, o aquecimento antes mais restrito aos setores nordeste e central do campo térmico (“cartograma 4B”) agora ocupa praticamente a metade leste do cartograma, que se demonstra gradualmente aquecida em relação a metade oeste. Mais próximo da área do fragmento de vegetação a temperatura é de 28,7°C (ponto 3), enquanto os pontos 7, 8 e 10, mais a leste, apresentam temperaturas superiores a 30°C.

Às 16h o quadro de aquecimento do campo térmico (“cartograma 4C”) se assemelha com o ocorrido no campo térmico da “Área 2” no mesmo horário, onde as temperaturas subiram em todos os setores do cartograma, com praticamente todas as temperaturas superando os 30°C (apenas os pontos 1, 3 e 4, que mediam, respectivamente, 29,9°C, 30°C e 30°C não superaram esta marca), enquanto os pontos 9 e 10 apresentaram a mesma temperatura, de 31,2°C. É importante ressaltar que ao sudeste do cartograma estava sendo realizada uma obra de construção de um conjunto residencial, que gerava um fluxo constante de veículos de carga e descarga e levantamento de poeira em suspensão. Acredita-se que esse fator também influenciou para o aumento das temperaturas a sudeste do cartograma.

Às 19h (“cartograma 4D”) ocorre a amenização das temperaturas, como nas demais áreas selecionadas nesse horário, seguindo o panorama de maior aquecimento da metade leste em relação à outra metade do cartograma. Próximo da área com presença do fragmento arbóreo se identificou novamente temperaturas mais amenas, sendo que o ponto 3 apresentou 29,8°C, enquanto os demais tiveram temperaturas superiores a 30°C, com máxima de 31,2 no ponto 7.

O “cartograma 4E” acaba denotando a amenização geral das temperaturas às 20:30h, sendo a média de temperaturas registradas 27,2°C. Ainda há uma leve tendência de aquecimento em direção a leste do cartograma, com maior intensidade em direção a sudeste. O ponto 7, mais a sudeste, registrou 28,7°C, enquanto o ponto 3, mais a leste, registrou 25,8°C.

Há um fator muito interessante que é possível observar no gráfico apresentado anteriormente, em relação ao que atestam Saydelles e Sartori (2005) sobre a influência do movimento aparente do sol no aumento das temperaturas nos bairros a leste pelo período matutino. Como a “Área 4” é a única entre as áreas selecionadas que está situada na área leste do município, se pode observar que este fator é preponderante para que a média das temperaturas dessa área até o meio dia se torne superior às demais, ratificando a observação dos autores. Após o meio dia, observa-se que o aquecimento térmico geral começa a preponderar, que apesar da leve amenização se prolonga até por volta das 19h. Destaca-se que em pelo menos três dos cinco cartogramas é possível observar que mais próximo da área com o fragmento arbóreo mais significativo da área há uma amenização térmica.

5. Conclusões

Compreender o funcionamento da paisagem urbana é um desafio difícil, mas extremamente relevante de ser estudado no âmbito científico, visando o desenvolvimento de melhores instrumentos e estratégias para planejar o crescimento urbano de acordo com pressupostos que visem o bem viver da população. Neste sentido, alguns atributos relacionados à qualidade ambiental são essenciais, e ao serem promovidos pelos atributos naturais, tornam a sua conservação necessária.

Que a vegetação contribui com uma série de funcionalidades ambientais já apontam uma série de autores, mas acredita-se que estudos como este, aplicado à realidade local, permitindo mensurar e analisar a real contribuição nesta escala de análise, permite construir um corpo argumentativo capaz de mobilizar de forma mais influente o poder público local, visando auxiliar no permanente processo de planejamento.

A variabilidade do campo térmico nas quatro áreas selecionadas ao longo do dia mostrou que nas diversas condições a vegetação apresenta contribuições na amenização térmica, variando de acordo com a configuração em que está inserida e o horário mensurado. A área três, inserida junto a uma região muito arborizada apresentou temperaturas significativamente menores que as demais, retratando a sua contribuição. E até mesmo na área dois, inserida nas proximidades do centro urbano altamente edificado, apresentou que uma praça de pequeno porte é capaz de auxiliar na amenização térmica em grande parte do dia.

Observados os benefícios discutidos, mensurados e comprovados da vegetação arbórea na amenização térmica em áreas urbanas, considera-se essencial para a melhoria da qualidade ambiental de Santa Maria que sejam implantadas novas áreas verdes, estabelecendo critérios para que a disposição correta de árvores possa maximizar os seus efeitos positivos.

6. Referências

CAMARGO, C. E. S.; AMORIM, M. C. C. T. **Qualidade ambiental e adensamento urbano na cidade de Presidente Prudente (SP)**. Scripta Nova – Revista Eletrônica de Geografia e Ciências Sociais, Universidade de Barcelona, v. IX, n. 194 (46), ago. 2005.

COSTA, E. R. da; WERLANG, M. K. **O campo térmico-higrométrico intra-urbano e a formação de ilhas de calor e frescor urbanas em Santa Maria-RS**. Dissertação (Mestrado em Geografia e Geociências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2009.

HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; STRECK, N. A. **O clima de Santa Maria**. Ciência&Ambiente. Santa Maria, n. 38, jan.-jun. 2009. p.43-59.

LOMBARDO, M. A. **Ilhas de calor nas metrópoles: O exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985.

MASCARÓ, L. **Vegetação Urbana**. 2ª ed. Porto Alegre: Mais Quatro. 2005. 204p.

NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP)**. 2ª ed. Curitiba: O Autor, 2008. 142p. Disponível em: <<http://www.geografia.ufpr.br/laboratorios/labs>>. Acesso em 10 ago. 2009.

ROCHA, J.R.; FIGUEIRO, A. S. **Poluição do ar no bairro centro de Santa Maria/RS: Variáveis geourbanas e geoecológicas.** Mercator – Revista de Geografia da UFC, Fortaleza, n. 18., p. 105-120, 2010.

SAYDELLES, A. P.; SARTORI, M. G. B. **Estudo do campo térmico e das ilhas de calor urbano em Santa Maria – RS.** Dissertação (Mestrado em Geografia e Geociências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2005.

TORRE, J. M. O. dela. **Ciudad, vegetacion e impacto climático:** El confort en los espacios urbanos. Barcelona: Erasmus Ediciones, 2009.