



CLIMATOLOGIA URBANA E ILHAS DE CALOR EM ANÁPOLIS - GO

Pedro Henrique Gonçalves (1)

(1) Mestre, docente, arquiteto.ph@gmail.com, Universidade Federal de Goiás, Avenida Bom Pastor, n.º 8, Setor Areião, Cidade de Goiás / GO, (62) 98130-8040

RESUMO

O processo de urbanização promove mudanças significativas relacionadas a formação de um microclima local, sendo o efeito mais bem documentado as Ilhas de Calor, formadas pela ação de absorção e retenção de energia solar pelas superfícies construídas, onde não existe umidade disponível para dissipar o calor do sol e tendem a refleti-lo. São caracterizadas pelo aumento da temperatura de ar e de superfícies urbanas em relação ao meio rural, além de inversões térmicas, podendo se relacionar com a redução de vegetação e superfícies permeáveis, emprego de materiais de grande capacidade calorífica e alta condutividade térmica, além de geometria urbanas que aprisionam calor. Os estudos feitos em Anápolis, um dos municípios mais populosos do estado de Goiás, compara dados provenientes de estações meteorológicas localizadas no limite do perímetro urbano, em área rural e área central urbana, e posteriormente, é feita uma análise de uma área grandemente urbanizada da cidade em que se nota a formação de ilha de calor, objetivando-se detalhar a composição urbana em termos de superfície e estimar o impacto da ação antrópica de impermeabilização do solo, emprego de materiais que retêm calor e remoção da cobertura vegetal que está intimamente ligada ao conforto térmico e sensação de bem-estar.

Palavras-chave: ilhas de calor; inversões térmicas; conforto térmico.

ABSTRACT

The urbanization process promotes significant changes related to the formation of a local microclimate, with effects best documented the heat islands, formed by the action of absorption and solar energy retention by built surfaces where there is no moisture available to dissipate heat sun and tend to reflect it. They are characterized by increased air temperature and urban areas relative to rural areas as well as thermal inversions, can relate to the reduction of vegetation and permeable surfaces, use of materials of high calorific capacity and high thermal conductivity, and geometry urban heat-trapping. Studies done in Anápolis, one of the most populous cities in the state of Goiás, compares data from weather stations located in the urban area limit in rural areas and urban central area, and later, an analysis is made of a highly urbanized area city where you notice the heat island formation, aiming to detail the urban composition in terms of surface and estimate the impact of human action of soil sealing, use of materials that retain heat and removal of the vegetation which is closely linked end comfort and sense of well-being.

Keywords: heat islands; thermal inversions; thermal comfort.

1. INTRODUÇÃO

A urbanização está ocorrendo rapidamente em todo o mundo, tanto em países desenvolvidos ou menos desenvolvidos. Em 2008, havia mais de 400 cidades com mais de 1 milhão de habitantes e mais de 19 com cerca de 10 milhões de habitantes. Os países mais desenvolvidos eram cerca de 74% urbanos, enquanto 44% dos residentes de países menos desenvolvidos já viviam em áreas urbanas. Espera-se que 70% da população mundial seja urbana até 2050, e que a maior parte do crescimento urbano ocorra em países menos desenvolvidos (POPULATION REFERENCE BUREAU, 2010). Como o processo de urbanização global acelerou tanto em intensidade como em área física, existe um interesse crescente no entendimento de suas implicações na saúde humana, no funcionamento de ecossistemas, no tempo e, possivelmente, no clima como um contribuinte para o aquecimento global (IMHOFF et al., 2010).

O processo de urbanização provoca profundas mudanças ambientais, socioculturais, econômicas e políticas que tornam áreas urbanas diferentes de áreas rurais; essas alterações, para Wamsler, Brink e Rivera (2013), se manifestam no ecossistema caracterizada por traços distintivos de precipitação, vento, temperatura, qualidade do ar, umidade, radiação solar, fauna e flora, solo, água e resíduos. Trata-se de um sistema aberto, complexo e adaptativo, resultante da interferência de todos os fatores que se processam na camada de limite urbano e que agem alterando o clima em escala local que influem na qualidade de vida dos habitantes de determinado lugar (SOUZA, 2010).

Há uma relação de transformação entre homem e clima; o homem transforma determinado espaço geográfico modificando significativamente e transformando definitivamente a paisagem, provocando uma mudança na dinâmica da atmosfera. O conforto térmico, ou seja, sensação de bem-estar experimentado pelas pessoas, aplica-se tanto em ambientes internos quanto externos, sendo o último fruto das condições ambientais, mas que podem ser alterados através da intervenção humana. (NAVA et al., 2011).

As características do tecido urbano influem em várias problemáticas relacionadas ao clima, sendo um dos principais o efeito da ilha de calor (IC). Esse fenômeno, referido como IC, foi documentado pela primeira vez por Howard em 1883, e é um fenômeno muito estudado dentro do campo de mudanças climáticas, consistindo um forte problema na caracterização da urbanização (LANDSBERG, 1981). As alterações da superfície terrestre nas cidades afetam o armazenamento e a transferência do calor e a sua partição em componentes sensíveis e latentes. Assim, os valores de temperatura do ar em áreas de elevada densidade de edifícios são geralmente mais elevados do que os do país rural circundante (VARDOULAKIS, 2013).

No Brasil, a maior parte das cidades cresceu de forma desordenada, agravando assim a deterioração do ambiente. A intensidade da ilha de calor em São Paulo, por exemplo, quantificada na década de 1980, aponta diferenças de 10°C entre áreas urbanas e rurais, particularmente em áreas mais poluídas e adensadas na cidade (LOMBARDO, 1985). Trabalhos de Krüger (2016); Oliveira Filho et al., (2015); Nakata-Osaki et al., (2015); Souza et al., (2011), Costa et al., (2010) e Viana (2008) são exemplos de trabalhos realizados no Brasil que ilustram a formação das IC influenciadas pela geometria da edificação, uso do solo, cobertura verde e, os impactos no conforto térmico nos ambientes interno e externos.

Para Gartland (2010) o fenômeno da ilha de calor trata-se de um “oásis inverso” observado em áreas urbanas e suburbanas em que o ar e a temperatura das superfícies são mais quentes em relação às áreas rurais não urbanizadas circundantes. São formadas pela ação de absorção e retenção de energia solar pelas superfícies construídas, que são, em sua maioria, de materiais escuros, impermeáveis e estanques onde não existe umidade disponível para dissipar o calor do sol e tendem a refleti-lo. Segundo Anjos (2012) as ilhas de calor podem manifestar-se em três níveis distintos em função da sua gênese, magnitude e dinâmica temporal:

- I) IC de superfície – corresponde a baixa troposfera, a camada limite onde observa-se a superfície urbana mais quente do que a superfície rural;
- II) IC da atmosfera urbana inferior (*urban canopy layer*) – entre o nível do solo e o nível médio do topo dos edifícios
- III) IC da atmosfera urbana superior (*urban boundary layer*) – que sobrepõe a anterior até a atmosfera livre.

As principais características do clima urbano onde existe ilha de calor, em geral seguem seguintes aspectos: altas temperaturas do ar, principalmente nos períodos noturnos e no início das manhãs antes do nascer do sol, baixas taxas de umidade do ar, baixa velocidade dos ventos e alto nível de radiação (Ziberna, 2006). A heterogeneidade espectral é decorrente da diversidade da paisagem urbana, que é formada por diversos materiais: concreto e asfalto nas construções e vias, telhados de diferentes materiais, solo exposto, áreas verdes, praças, árvores, etc. (IWAI, 2003). Deste modo, é necessária a utilização de instrumentos e metodologias que permitam analisar o quanto cada elemento constituinte das diferentes regiões urbanas contribui na geração das ilhas de calor.

Incorporar estudos de climatologia no processo de planejamento urbanístico podem reduzir riscos de desastres relacionados com a climática, além de oferecer estratégias para alcançar um rumo sustentável. (WAMSLER, BRINK E RIVERA, 2013). Sendo necessário entender e melhorar nosso conhecimento do fenômeno das ilhas de calor, para assim melhorar o planejamento urbano, voltado para a eficiência energética e aprimorar os padrões de qualidade de vida.

Nesta pesquisa lança-se como hipótese a possibilidade de ocorrência do fenômeno da ilha de calor em uma cidade de médio porte com adensamento não verticalizado, atribuída à caracterização dos materiais que compõem o ambiente construído, a geometria urbana e aos usos do solo. A cidade escolhida para estudo é Anápolis – GO, situa-se no Planalto Central brasileiro a 57 km da capital goiana e a 160 km da capital federal, constituindo um importante eixo econômico/populacional.

Localiza-se em uma região suavemente ondulada com cotas máximas de 1.160 metros de altitude. Sua economia vincula-se ao comércio de exportação, abastecida pelo Porto Seco, e também pelas indústrias farmacêuticas, entre outras, localizadas no Distrito Agroindustrial de Anápolis (DAIA). É uma região estrategicamente privilegiada, com rodovias federais e estaduais que ligam a cidade a todos os pontos do país. Com elevada taxa de urbanização, a maioria dos habitantes residem na zona urbana.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é investigar a possível formação da ilha de calor na cidade de Anápolis por meio de técnicas de sensoriamento remoto e analisar a relação entre a cobertura urbana e o aumento da temperatura do ar na cidade de Anápolis-GO.

3. MÉTODO

A metodologia desta pesquisa consistiu em duas etapas, sendo a primeira etapa a coleta e comparação dos dados climáticos de temperatura e umidade de três estações meteorológicas automáticas na cidade de Anápolis-GO, sendo uma na área central, uma no limite do perímetro urbano e outra na zona rural. A segunda etapa consistiu na análise das superfícies que compõem a área urbanizada de um bairro consolidado da cidade de Anápolis através de processamento digital de imagens, as áreas efetivamente ocupadas por construções ou impermeabilizadas atribuindo-as uma classificação afim de identificar a formação da ilha de calor no bairro analisado

Os dados climáticos utilizados na pesquisa foram coletados em três estações meteorológicas automáticas, mencionados anteriormente (Figura 1). A estação meteorológica A, situa-se na zona rural faz parte do conjunto de estações do Instituto de Meteorologia - IMET localizada na BAAN – Base Aérea de Anápolis, localizada na BR-414 km 4. A estação meteorológica na zona urbana (B) localiza-se na Avenida Radial Sul, nº 180 – Bairro Vila Goiás, é particular do escritório de arquitetura Urbane e possui dados obtidos em intervalos de 30 minutos e a estação meteorológica (C) situada próxima do perímetro urbano pertence a secretaria de tecnologia do estado de Goiás, localizada na UEG - Universidade Estadual de Goiás Campus Henrique Santillo, end. BR-153 nº 3.105 - Fazenda Barreira do Meio.



Figura 1: Mapa demarcando as estações

Pode-se comparar dados provenientes de um par de estações meteorológicas que, se possível, estejam e inseridas no mesmo clima, no geral; uma urbana e outra rural, sendo a urbana inserida em um local próximo das tipologias construtivas típicas da região. Também, uma investigação de dados históricos pode ser utilizada para avaliar as mudanças de intensidade de ilhas de calor ao longo do tempo que podem coincidir com a urbanização de uma região. As estações utilizadas encontram-se inseridas no mesmo macro clima, sendo a estação da área central localizada próxima às tipologias construtivas típicas da região. A partir dos dados obtidos foram analisadas duas variáveis climáticas: temperatura e umidade relativa. Inicialmente foram analisadas as variações anuais individuais de cada estação meteorológica e posteriormente foram comparados os dados mensais entre estações, demonstrados através de tabelas e gráficos.

A segunda parte do estudo consistiu na análise das superfícies que compõe uma área urbanizada da cidade. O bairro Vila Goiás (Figura 2), que compreende uma área de 223.827 m², foi selecionado como local de estudo pois oferece um cenário urbanizado consolidado, bairro onde é localizado a estação B, apresentando também a presença hidrográfica e área não edificante de mata ciliar. A análise do bairro foi feita através do sensoriamento remoto da área estudada a partir do software geotécnico Multispec, versão 3.4, desenvolvido pela *Purdue Research Foundation*, um sistema de processamento interativo de análise de dados de imagens multiespectral e hiperespectral, que auxilia e fornece subsídios para a confirmação ou negação da hipótese lançada.



Figura 2 - Imagem satélite do objeto de estudo

Os dados foram analisados quanto os atributos de cobertura vegetal (copas de árvores; gramíneas; solo exposto) em relação às áreas impermeáveis (asfalto e demais áreas pavimentadas; telhas cerâmicas) para que fosse possível descrever a área de estudo e identificar os tipos de superfícies, analisar a porcentagem de área de absorvância e emissividade, e sua influência na formação do microclima urbano. A criação de superfícies-tipo auxilia na identificação dos principais materiais de superfícies existentes no local de estudo, além de permitirem agregar superfícies semelhantes que conseqüentemente podem apresentar albedos semelhantes. Através dos dados obtidos com o software é possível caracterizar a fração de área de superfícies artificiais e de vegetação urbana, tratando-se de um método para identificar a distribuição e composição dos diversos tipos de cobertura do solo. Por fim buscou-se entender se como a morfologia dessa porção da cidade é facilitadora do aprisionamento de calor

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados alcançados nas duas etapas da pesquisa. A primeira etapa consistiu nas análises das temperatura e umidade de três estações meteorológica na cidade de Anápolis. Os dados climáticos coletados das estações A e C possuem um intervalo temporal de 15 anos, já os dados da estação B são de apenas 3 anos (2013, 2014 e 2015). Sendo assim foi escolhido o ano de 2013 como ano de referência para a comparação já que o mesmo apresentou o menor número de dados inexistentes entre as três estações.

A Figura 3 ilustra a temperatura média externa anual das três estações, pode ser observado que há uma constância na variação entre 3 a 4°C superior no meio urbano ao longo dos meses do ano, isto porque o processo da urbanização promove, entre outras práticas, a pavimentação do solo com materiais que absorvem calor durante o dia e o emitem à noite. O concreto e o asfalto, largamente utilizados como material de revestimento de pisos, por exemplo, chegam a altas temperaturas em dias ensolarados. As massas edificadas e as superfícies pavimentadas da estrutura urbana contribuem para o aumento da temperatura no meio urbano, através das propriedades físicas dos materiais de superfície, as quais são expressas pelo albedo, absorção e emissividade, calor específico, capacidade térmica e condutividade térmica.

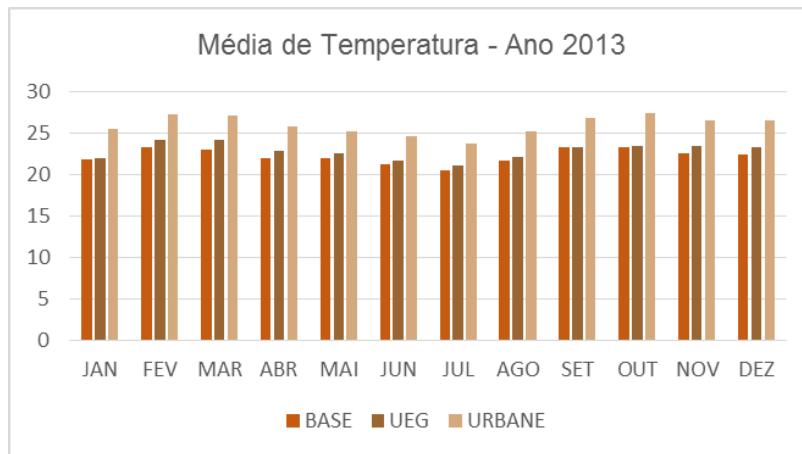


Figura 2 - Comparativa entre dados de temperatura das Estações Meteorológicas

Segundo Gonçalves (2009) há uma relação entre altas temperaturas e as áreas onde o crescimento urbano é mais intenso, como também em regiões com altas densidades demográficas e pouca vegetação, já que o desmatamento também favorece o aumento da temperatura na cidade devido à retirada de árvores que são filtros naturais da radiação solar.

Em relação a umidade externa do ar (Figura 4), em um primeiro momento, pode-se observar que nos meses de junho a outubro há uma baixa na umidade relativa do ar que está relacionada com os meses em que há menor precipitação, caracterizando a época de clima quente e seco da região. Comparando os dados entre as estações verifica-se que a estação na zona urbana (B) apresenta um índice inferior de umidade em comparação às estações A e C, fato que pode ser explicado devido a um índice de vegetação inferior às demais áreas. A diferença do índice de umidade não se mostrou expressivo na zona urbana, talvez pelo fato que a estação B encontra-se próxima a um fundo de vale com a presença de mata ciliar e um córrego (Figura 2).

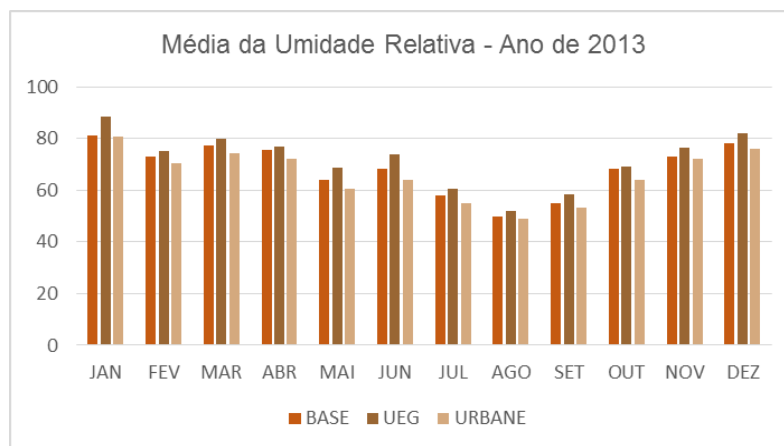


Figura 4 - Comparativa entre dados de umidade das Estações Meteorológicas

Segundo Gonçalves (2009) a umidade relativa do meio rural é maior se comparada ao meio urbano onde há grandes áreas impermeabilizadas do solo, que fazem a chuva escoar com maior rapidez e não retém água, diminuindo assim a evapotranspiração, a qual tem efeito de resfriamento da superfície da Terra. A impermeabilização do solo e a drenagem subterrânea fazem com que as precipitações escoem com maior velocidade, diminuindo assim a absorção de água pelo solo, acelerando o processo de evaporação, modificando o balanço hídrico da superfície urbana e consequentemente diminuindo a umidade relativa na cidade.

A segunda etapa do trabalho consistiu na análise de um bairro já consolidado na cidade de Anápolis através do sensoriamento remoto. Com relação à modelagem que permitiu a aferição dos índices de permeabilidade e

a caracterização dos materiais que compõem o ambiente construído da Vila Goiás, o resultado da estatística Kappa foi de 93,4% com uma variância de 0.000002. Esta medida de concordância tem como valor máximo o 1, onde este valor 1 representa total concordância e os valores próximos e até abaixo de 0, indicam nenhuma concordância. Sendo assim o resultado obtido pelo processamento da imagem no *software* Multispec demonstra um alto índice de aceitação dos resultados extraídos da análise espectral. A Figura 5 ilustra a imagem do bairro Vila Goiás após seu processamento, categorizando e quantificando as áreas pré-estabelecidas na metodologia.

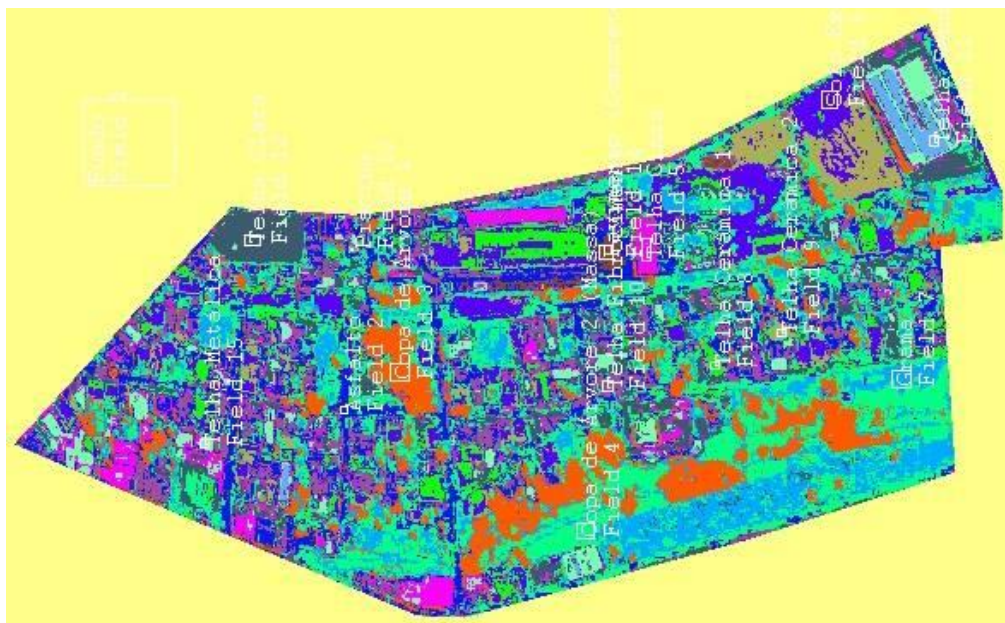


Figura 5 - Imagem gerada pelo MultiSpec©

A Tabela 1, separa os dados totais de toda a área analisada, ilustrando as áreas encontradas, suas porcentagens do total e o número de amostras encontradas. Dos dados obtidos nota-se que todas as classes obtiveram um alto índice de precisão de análise, reforçando o resultado da estatística Kappa.

Tabela 1: Resultado do Sensoriamento Remoto

Classificação	Precisão de análise	Classes	Amostra de Números	Porcentagem (%)	Área (m ²)
Área Permeável	91,2%	Copa de Árvore	8.549.067	33,67%	75.363
	99,8%	Solo exposto	2.158.789	8,50%	19.025
	93,5%	Gramma	2.456.844	9,68%	21.666
Subtotal			13.164.700	51,85%	116.054
Área Impermeável	82,2%	Asfalto	2.862.166	11,27%	25.225
	83%	Área pavimentada	271.037	1,07%	2.395
	90,4%	Telha Clara	5.804,692	22,86%	51.167
	92,2%	Telha Cerâmica	2.205.712	8,68%	19.428
	98%	Telha Metálica	1.065,137	4,19%	9.378
	88,6 %	Piscina	18.368	0,08%	179
Subtotal			12.227.112	48,15%	107.773
Total			25.391.812	100%	223.827 m ²

Para fins de análise, algumas categorias foram agrupadas em superfícies-tipo como é ilustrado na Tabela 1, os dados foram combinados para mostrar proporções de superfícies de ambientes construídos (edifícios e outras superfícies impermeáveis) e superfícies de evapotranspiração (árvores, arbustos e grammas). A classe

copas de árvores é por si só suficiente para determinar a fração de vegetação na área urbana, no entanto, para medidas de mitigação seria necessário compreender o que existe abaixo das copas de árvores, fora do dossel urbano; assim também acontece com as superfícies-tipo de pavimentação em que superfícies de áreas pavimentadas de estacionamento podem se confundir com as superfícies de manta asfáltica ou com as de calçadas que poderiam ser de concreto mais claro; o mesmo se aplica às coberturas claras que podem variar entre telhas de fibrocimento e lajes impermeabilizadas. A criação de superfícies-tipo auxilia na identificação dos principais materiais de superfícies existentes no local de estudo, além de permitirem agregar superfícies semelhantes que conseqüentemente podem apresentar albedos semelhantes.

A técnica resulta na seleção de pixels onde é possível visualmente identificar tipos diferentes de superfícies, de modo que os resultados são obtidos em porcentagens. A vista superior mostra que as proporções do uso da área são: 51,85% da área é coberta por áreas permeáveis (vegetação e solo exposto), enquanto superfícies artificiais (pavimentações e telhados) cobrem 48,15% da área. A taxa de massa arbórea na região é alta, copas de árvores cobrem 33,67% da área devido o objeto de estudo caracterizar uma região de fundo de vale em que está presente um curso d'água e a mata ciliar que caracteriza uma massa de vegetação significativa. Terra seca compõe 8,50% do total e áreas com grama 9,68%.

Pistas de rolamento e áreas de estacionamento cobrem 11,27%; passeios públicos e demais áreas pavimentadas 1,07%; enquanto telhados cobrem 35,73% (telha clara 22,86%, telha cerâmica 8,68% e telha metálica 4,19%) e piscinas apenas 0,08% da área. As áreas impermeáveis caracterizam-se por superfícies claras e escuras, as superfícies escuras (asfalto, regiões pavimentadas e cobertura cerâmica), apresentam pontos negativos como a alta absorção de radiação solar dada a grande capacidade calorífica, enquanto superfícies claras (telhas sanduíches, de fibrocimento e lajes impermeáveis) são bem reflexivas. O albedo de superfícies impermeáveis é aumentado com o uso de materiais reflexivos de cobertura (revestimento branco, telhados de cores claras) e também para materiais de pavimentação (concreto de cor clara ou com agregados de pigmento branco). Árvores adicionais como meio de mitigação podem ter um impacto significativo no arrefecimento, além de melhorar a qualidade do ar.

A maioria dos sistemas de classificação do uso/cobertura da terra é especialmente estimado, com uma grande margem de erro, quando se trata da variação de usos de trechos semelhantes; principalmente porque árvores produzem sombra em ruas, estacionamentos e calçadas, assim, uma vez que fosse produzida uma análise no sub-dossel urbano é estimado que as porcentagens de superfícies pavimentadas aumentariam significativamente.

Através dos gráficos gerados pela comparação entre os dados das estações meteorológicas entende-se que o adensamento urbano caracterizado por geometrias que barram os ventos e aumentam a taxa de absorção do calor; aumento do albedo dada a constante impermeabilização do solo; além da ação antrópica de remoção de vegetação e conseqüente redução da evapotranspiração há uma diminuição significativa da umidade relativa do ar. Pode-se observar que as temperaturas de ar no meio urbano são mais elevadas em relação as áreas mais afastadas, que juntamente com o aquecimento das superfícies artificiais caracterizam a formação de ilhas de calor urbana.

Outro fator que também pode colaborar tanto na formação da ilha de calor, no bairro analisado, são as dinâmicas urbanas, especialmente o uso e ocupação do solo e suas reverberações nos fluxos e mobilidade. O que se observa na área estudada, mesmo por apresentar um uso do solo majoritariamente residencial, possuindo poucos exemplares institucionais e comerciais, a localização do bairro dentro da malha urbana da cidade faz com que o bairro se torne uma zona de ligação entre os demais bairros, aumentando o fluxo de automóveis podendo se relacionar com a provável formação da ilha de calor devido ao maior lançamento de calor e gases poluentes no ar.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho se concentrou na identificação da formação de um microclima local em áreas urbanizadas em detrimento de áreas afastadas, no perímetro urbano e em meio rural, e na caracterização do tecido urbano de

Anápolis em termos de superfície, tomando por objeto de estudo o bairro Vila Goiás.

Para estimar o impacto que a vegetação, ou ausência dela, e a geometria urbana e sua materialidade tem sobre a formação de um microclima é essencial caracterizar com precisão os vários tipos de superfícies urbanas. Através desse tipo de levantamento obtém-se dados de como estão distribuídas as superfícies-tipo e a composição do tecido ou cobertura do solo.

O método de análise através da caracterização superficial por fração de área se mostrou uma ferramenta útil, sendo positivo sua utilização na quantificação e identificação dos materiais que compõe a superfície do bairro estudada. A experiência da análise através do sensoriamento remoto pode ser aplicada em outras cidades que tem interesse na implementação de estratégias de redução de ilhas de calor, na modelagem dos seus aspectos meteorológicos e de qualidade do ar. Aprofundando as discussões sobre a qualidade e gestão do ambiente urbano.

Sabe-se que a paisagem urbana está intimamente relacionada com a produção de um microclima local que pode influir negativamente no conforto térmico das cidades, na qualidade do ar, além de produzir impactos posteriores como aumento do consumo de energia pelos edifícios. A gestão de uso da terra pode facilitar a adaptação às alterações climáticas e minimizá-las; uma das medidas de mitigação mais conhecidas é a inserção de espaços verdes no meio urbanizado; que tem importância reconhecida pelos benefícios sociais e econômicos, pois aumentam a salubridade, saúde humana e o bem-estar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COSTA, Douglas F. da; SILVA, Hélio R.; PERES, Leonardo de F.. **Identificação de ilhas de calor na área urbana de Ilha Solteira - SP através da utilização de geotecnologias**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 974-985, Oct. 2010.
- GARTLAND, Lisa. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. Tradução Sílvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. p. 248.
- GONÇALVES, Carlos Eduardo Cavalheiro. **Ruas confortáveis, rua com vida. Proposição de diretrizes de desenho urbano bioclimático para vias públicas**. Av. Juscelino Kubistcheck, Palmas – TO. 2009. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília - UnB. Programa de pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Brasília.
- LANDSBERG, H.E. **The Urban Climate**. Academic Press, New York. 1981.
- MHOFF, M.L.; ZHANG, P.; WOLFE, R.E.; BOUNOUA, L. Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA. *Remote Sensing of Environment*, New York, v.114, p.504-513, 2010.
- NAKATA-OSAKI, C. M.; SOUZA, L. C. L. de; RODRIGUES, D. S. Impacto da geometria do cânion urbano na intensidade de ilha de calor noturna: análise através de um modelo simplificado adaptado a um SIG. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 16, n. 3, p. 73-87, jul./set. 2016.
- NAVA, Aira; SOUZA, Débora M; NERY, Jonas T. Análise do conforto térmico no município de ourinhos – SP. In: IX Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica - Climatologia e Gestão do Território. **Anais**. Fortaleza. 2010.
- OLIVEIRA FILHO, Paulo Costa de et al. **Análise da Influência do Uso da Terra no Microclima Urbano: Caso Irati-PR**. *Floresta Ambient., Seropédica*, v. 22, n. 4, p. 465-471, dez. 2015.
- KRUGER, Eduardo Leite. Efeitos da ilha de calor nos níveis de conforto em ambientes externos e internos para as condições climáticas de Curitiba. *Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro*, v. 21, n. 3, p. 459-467, Sept. 2016.
- Population Reference Bureau**, 2010. <<http://www.prb.org/Educators/TeachersGuides/HumanPopulation/Urbanization.aspx>>.
- ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Arquitetura Bioclimática do Espaço Público**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2007.
- SANTOS, Rosângela Maria dos. **Morfologia Urbana e Conforto Térmico**. Disponível em:<http://www.fau.usp.br/docentes/deprojeto/c_deak/AUP823/6talun/2004/santos/index.html>. Acessado em: 21 de dezembro de 2015.
- SOUZA, M.B. **Clima Urbano: Aspectos teóricos e metodológicos**. Departamento de Geografia – FFLCH/USP, p. 1–28, 2010.
- SOUZA, Lea Cristina Lucas de et al. Fator de visão do céu e intensidade de ilhas de calor na escala do pedestre. *Ambient. constr.* (Online), Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 155-167, Dec. 2010.
- VIANA, Simone Scatolon Menotti; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Caracterização do clima urbano em Teodoro Sampaio/SP: uma introdução. *Soc. nat.* (Online), Uberlândia, v. 20, n. 2, p. 19-42, Dec. 2008.
- WAMSLER, C.; BRINK, E.; RIVERA, C. **Planning for climate change in urban areas: from theory to practice**. *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, p. 68-81, 2013.