



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
NOVOS
DESAFIOS

A PRESENÇA DE ÁREAS VERDES URBANAS NA FORMAÇÃO DE ILHAS DE CALOR EM DUAS CIDADES NORDESTINAS

Rosângela, REIS¹; Cristiano, LIMA²

¹ Professora Doutora do Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas – Campus A. C. Simões. Endereço: Av. Lourival Melo Mota, s/n, Cidade Universitária. CEP 57.072-900, Maceió, Alagoas, Brasil. E-mail: rosangelareis_al@hotmail.com. Fone: +55 82 3214-1270 / +55 82 3214-1271.

² Mestrando do Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas – Campus A. C. Simões. Endereço: Av. Lourival Melo Mota, s/n, Cidade Universitária. CEP 57.072-900, Maceió, Alagoas, Brasil. E-mail: cslcristiano@hotmail.com. Fone +55 82 98184-0373

Resumo

As mudanças que ocorrem na paisagem, decorrentes da urbanização, alteram a temperatura superficial e, conseqüentemente, a temperatura do ar, o balanço de energia e o balanço hídrico urbano. Essas transformações são causadas pela retirada da vegetação original, pelo aumento da circulação de veículos e de pessoas, pela impermeabilização do solo, pelas mudanças no relevo, por meio de aterros, canalizações de rios e córregos, concentração de edificações, verticalização urbana, além do lançamento de partículas e gases poluentes na atmosfera. Nesse sentido, a diferença de temperatura de um subsistema termodinâmico em uma região urbana pode ser estimada, em uma primeira análise, a partir da comparação de temperaturas de superfícies urbanizadas com as do campo circundante. O presente estudo pretende analisar a intensidade da relação do percentual de superfícies impermeabilizadas na formação de ilhas de calor em áreas urbanas através da análise de imagens de satélites. Nesta pesquisa foram utilizadas imagens do satélite Landsat Thematic Mapper 5 para estimar as ilhas de calor em duas capitais nordestinas: Maceió e João Pessoa, sendo essa última considerada uma das mais arborizadas do Brasil. Os resultados sugerem variações de temperatura de até 5,7 °C entre áreas urbanas e áreas arborizadas. O comportamento da temperatura nas duas cidades é um importante sinal de que a gestão do solo, quando considera a importância da cobertura vegetal, influencia positivamente o clima pela redução das variações de temperatura.

Palavras-chave. ilha de calor, energia térmica, cidades nordestinas, temperatura aparente, sensoriamento remoto, uso do solo.

1. INTRODUÇÃO

As ilhas de calor urbano compreendem valores elevados de temperatura superficial local em relação às áreas rurais vizinhas. O aumento da temperatura é um dos fatores originários do desconforto térmico e consequência do fenômeno das ilhas de calor urbano. Esses fenômenos climáticos são cada vez mais frequentes, de modo especial nas grandes cidades, pois afetam, direta e indiretamente, a qualidade de vida da população que reside ou que circula nesta região (Voogt e Oke, 2003).

Yuan e Bauer (2007), afirmam que a ação antropogênica é determinante na ocorrência do fenômeno das ilhas de calor, pois o alto índice de crescimento populacional tem exigido uma demanda maior de áreas urbanizadas, e em consequência disso, tem causado a impermeabilização dessas áreas com materiais de grande capacidade de retenção de calor. Essa impermeabilização do solo afeta diretamente o ciclo hidrológico local, aumentando a velocidade do escoamento superficial e causando, com isso, a diminuição na quantidade de água retida e evapotranspirada, que é responsável pelo resfriamento do ambiente. Além disso, fatores como a poluição do ar por gases do efeito estufa, industrialização, redução de áreas verdes, emissões antrópicas de calor associadas à queima de combustíveis, entre outros, acumulam-se, afetando negativamente o clima e a precipitação locais, através de alterações no balanço de energia térmica e no ciclo hidrológico nessas regiões.

Outro fator responsável pelas alterações no balanço de energia térmica é a mudança dos materiais constituintes da superfície terrestre urbana, que resulta também em mudanças na forma da reflexão de radiação eletromagnética e emissividade. Isto ocorre porque os parâmetros físicos dos materiais utilizados em construções são diferentes dos parâmetros físicos próprios da vegetação. A condutividade térmica, a densidade e a capacidade térmica são alguns dos parâmetros responsáveis por essa mudança na resposta espectral de uma região.

Uma ferramenta essencial para a observação dessas mudanças na resposta espectral de uma área é o sensoriamento remoto. Esta tecnologia permite obter imagens - e outros tipos de dados - da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície. O seu desenvolvimento traz benefícios para várias áreas do conhecimento como: telecomunicações, previsão do tempo e clima, meio ambiente, medicina, indústria, entre outras (Florenzano, 2011).

No que toca ao meio ambiente, a utilização de imagens de satélite permite enxergar detalhes das mudanças de uso e cobertura do solo de uma posição privilegiada. Proporciona, ainda, uma visão de conjunto e permite a análise de imagens de diferentes datas em áreas de grande extensão.

Isso, por sua vez, implica no conhecimento mais detalhado das mudanças de cobertura e de uso do solo, dos níveis de erosão do solo, da disposição irregular de resíduos, das mudanças de temperaturas superficiais em determinadas áreas, entre outros aspectos, ao longo do tempo.

Essas informações, quando identificadas adequadamente, têm significativa relevância no momento da elaboração de um planejamento mais eficaz (por parte do governo ou

empresas) e para a diminuição de impactos negativos, o que resulta diretamente numa tomada de decisão mais coerente para o sucesso das metas propostas.

O aumento populacional nas cidades é resultado de um conjunto de fatores relacionados ao modo de produção agrícola e à estrutura fundiária rural, que favorecem um fluxo positivo da migração campo-cidade, além de fatores de natureza político-social (Lodder, 1977). Assim, a grande quantidade de pessoas expostas a estes impactos negativos nos grandes centros urbanos é um dos fatores para o agravamento das consequências desses eventos.

O aumento populacional traz consigo a necessidade de desenvolvimento, e com isso, os impactos ambientais negativos são praticamente inevitáveis. A demanda crescente por áreas destinadas a fins habitacionais e industriais tem feito crescer o número de áreas urbanizadas, ou seja, áreas impermeabilizadas, modificando o balanço local de energia térmica, ciclo hidrológico, aumentando a produção de resíduos sólidos, a poluição hídrica e lançamento de gases nocivos à saúde humana. Lucas et al. (2007), afirmam que os problemas ambientais têm sido agravados pelo aumento da população e o consequente incremento das atividades industriais nas últimas décadas.

Um dos resultados da urbanização é a alteração no balanço hidrológico. Essa alteração tem significativo potencial de gerar instabilidades climáticas, que podem resultar em alterações no regime de chuvas da bacia e aumentar significativamente a intensidade das precipitações. Essa alteração pode ser originada pela formação de ilhas de calor, as quais ocorrem devido à poluição do ar, queima de combustíveis fósseis, redução das áreas verdes, uso de materiais com alta absorção de calor, fatores topográficos, configuração e densidade urbanas, entre outros. (Yuan e Bauer, 2007)

O aumento do volume de água em áreas urbanas reflete-se na necessidade de aumento da capacidade exigida pelos canais, pois o escoamento passa a se projetar com maior velocidade (em um menor intervalo de tempo), evidenciando uma vazão com pico mais acentuado. É possível notar que, neste caso, as infiltrações antes existentes ajudavam a atenuar (amortizar) o volume escoado, fator que pode ser determinante para o surgimento de inundações (Tucci e Clarke, 1997).

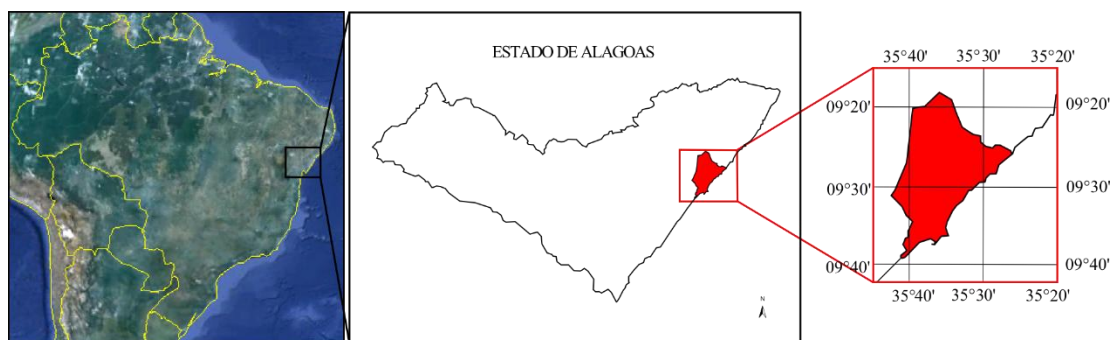
Desse modo, este trabalho teve como objetivo identificar as diferenças do comportamento térmico a partir da urbanização, com a consequente formação de ilhas de calor em cidades nordestinas, de modo a contribuir na reflexão sobre a gestão do uso do espaço urbano em prol da melhoria da qualidade de vida da população.

2. ÁREA, MATERIAIS E MÉTODOS

As mudanças de reflexão e de emissão locais em duas cidades com diferentes estágios de urbanização foram estimadas em duas etapas. Na primeira etapa, foram analisadas as diferenças de temperatura entre áreas rurais e urbanas em cada cidade, com a formação, consequentemente, de ilhas de calor. Na segunda etapa foram analisadas as diferenças de temperatura entre a área urbana das duas cidades. O mapa de temperaturas foi obtido através do processamento da banda do infravermelho termal, do satélite Landsat-5 Thematic Mapper (TM).

2.1 Localização da área

A cidade de Maceió, segundo dados de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), possui população de 932.748 habitantes, densidade demográfica de 1.854,12 hab/km² e área aproximada de 503,069 km². Está localizada entre a latitude 9° 39'



57" Sul e longitude 35° 44' 07" Oeste, como pode ser visto na Figura 1, junto às margens do Oceano Atlântico e do complexo lagunar Mundaú - Manguaba.

Figura 1. Localização de Maceió/AL. WGS84 - UTM 25 S. (Modificado de Google Earth, 2012).

Maceió possui clima quente e úmido com temperatura média anual de 25,4 °C, variação anual de 3,4 °C entre os valores médios mensais das temperaturas médias de 26,7 °C em fevereiro e 23,7 °C em julho (máximas médias de 30,2 °C e mínima média 21,1 °C), e uma alta umidade relativa média (78 %). Está sob influência alternada dos ventos alísios de Sudeste, mais frequentes (de velocidade fraca a moderada) e os ventos de retorno do Nordeste nos meses mais quentes (janeiro, fevereiro e março). O valor médio mensal da velocidade de vento é de 2,8 m/s, podendo chegar a valores absolutos mais intensos de 10 m/s na direção Nordeste. A pluviosidade média anual é de 1.654 mm, com meses mais chuvosos de abril a julho (Barbirato et al., 2001).

A cidade de João Pessoa está localizada à longitude Oeste de 34° 47' 30" e à latitude Sul de



7° 09' 28", conforme a Figura 2.

Figura 2. Localização de João Pessoa/PB. WGS84 - UTM 25 S. (Modificado de Google Earth, 2012).

Também banhada pelo Oceano Atlântico, a capital de Paraíba possui, segundo dados de 2010 do IBGE, uma população total de 723.515 habitantes, densidade demográfica de 3.421,30 hab/km² e área territorial de aproximadamente 211,474 km². Assim como Maceió,

possui clima quente e úmido com temperatura média anual de 26,1 °C, sendo 15 °C e 38 °C, a menor e a maior temperatura, respectivamente, já registrada. Sua umidade média anual é de 80 % entre os meses de maio e julho, podendo atingir até 87 % nos meses chuvosos e 68 % tem período mais seco.

2.2 Materiais

Os dados espaciais foram obtidos através do catálogo de imagens disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A partir daí foi adquirida para Maceió a cena de órbita 214 e linha 67, com data de origem em 17 de março de 2011 e registro às 12h19, do Landsat 5 TM, contendo a cidade de Maceió e cidades vizinhas, sendo esta a cena de melhor qualidade no que se refere ao menor percentual de área coberta por nuvens. Da mesma forma, foi adquirida uma imagem da cidade de João Pessoa com órbita 214 e linha 65 datada de 08 de outubro de 2010 e registro às 12h18, do mesmo satélite.

Nesse estudo não foi possível a obtenção de imagens do satélite sobre as duas cidades no mesmo período, devido às condições desfavoráveis de cobertura de nuvens. Contudo, analisando a série temporal de dados de temperatura do ar nas duas cidades (Tabela 1), foi possível verificar que existem semelhanças no comportamento da temperatura nos meses de obtenção das imagens.

Tabela 1. Série temporal de valores de temperatura do ar (°C) de Maceió e de João Pessoa referente aos meses de março e de outubro entre 2001 e 2013 (Modificado de Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2015).

mês/ano	Maceió João Pessoa		mês/ano	Maceió João Pessoa	
mar/2001	30 - 32	30 - 32	out/2001	28 - 30	28 - 30
mar/2002	30 - 32	28 - 30	out/2002	28 - 30	28 - 30
mar/2003	30 - 32	30 - 32	out/2003	28 - 30	30 - 32
mar/2004	30 - 32	30 - 32	out/2004	28 - 30	30 - 32
mar/2005	30 - 32	30 - 32	out/2005	28 - 30	30 - 32
mar/2006	30 - 32	30 - 32	out/2006	28 - 30	30 - 32
mar/2007	28 - 30	30 - 32	out/2007	28 - 30	28 - 30
mar/2008	30 - 32	30 - 32	out/2008	30 - 32	30 - 32
mar/2009	30 - 32	30 - 32	out/2009	30 - 32	30 - 32
mar/2010	32 - 34	32 - 34	out/2010	30 - 32	30 - 32
mar/2011	32 - 34	30 - 32	out/2011	32 - 34	28 - 30
mar/2012	30 - 32	30 - 32	out/2012	28 - 30	28 - 30
mar/2013	32 - 34	30 - 32	out/2013	28 - 30	28 - 30
	MÉDIA	31 31	MÉDIA	30 30	

As cidades de Maceió e de João Pessoa foram analisadas através das bandas 1, 2 e 3 da faixa do visível do Landsat 5 (comprimento de onda entre 0,45 m e 0,69 m) e da imagem termal, na banda 6, (comprimento de onda entre 10,4 m e 12,5 m) a fim de verificar a existência de similaridades nas duas imagens.

2.3 Métodos

Foi utilizado o método para a estimativa da temperatura superficial aparente de Chander e Markham (2003), representada pela seguinte expressão (equação 1):

$$T = \frac{K_2}{\left(\frac{K_1}{L_6} - 1\right)} \quad (1)$$

de modo que $K_2 = 1260,56$ (Kelvin) e $K_1 = 607,76$ ($W \cdot m^{-2} \cdot Sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$), são constantes de calibração; e a radiação é dada pela equação 2:

$$L_6 = a_6 + \left(\frac{b_6 a_6}{255}\right) \cdot DN \quad (2)$$

em que ' $a_6 = 1,2378$ ' e ' $b_6 = 15,303$ ', ambos em ($W \cdot m^{-2} \cdot Sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$), são os coeficientes de calibração espectral do sensor da banda termal (banda 6), segundo Chander & Markham (2003); e DN, o número digital, nesse caso, o valor obtido na banda termal.

2.3.1 Análises

As cidades de Maceió e de João Pessoa foram analisadas através das bandas 1, 2 e 3 da faixa do visível do Landsat 5 (comprimento de onda entre 0,45 m e 0,69 m) e da imagem termal, na banda 6, (comprimento de onda entre 10,4 m e 12,5 m) a fim de verificar a existência de similaridades nas duas imagens.

Para analisar a diferença das temperaturas de superfície em áreas urbanizadas e não urbanizadas, foram selecionadas algumas regiões nas cidades de Maceió e João Pessoa, e em seus entornos.

Nessas imagens foram selecionadas três pequenas áreas de Maceió e de João Pessoa, e em regiões vizinhas, para analisar a frequência de temperaturas através de histogramas e verificar o comportamento da variação de temperatura em cada uma delas. Essas subáreas são regiões com maior densidade de área construída ou com predominância de cobertura vegetal. Elas foram denominadas de M1, M2 e M3, para Maceió, e J1, J2 e J3 para João Pessoa (Figura 3).



Figura 3. Localização das subáreas utilizadas para a construção do histograma (Modificado de <http://www.inpe.br>, 2012).

3 RESULTADOS

A partir da metodologia adotada e utilizando-se o software Idrisi, obteve-se a imagem que se refere à temperatura aparente da superfície terrestre de Maceió e de João Pessoa. A representação de temperatura aparente é dada em graus Celsius, relacionada à escala de cores do lado direito de cada imagem. Essa escala representa a temperatura da área interna aos polígonos como pode ser visto na **Error! Reference source not found.**

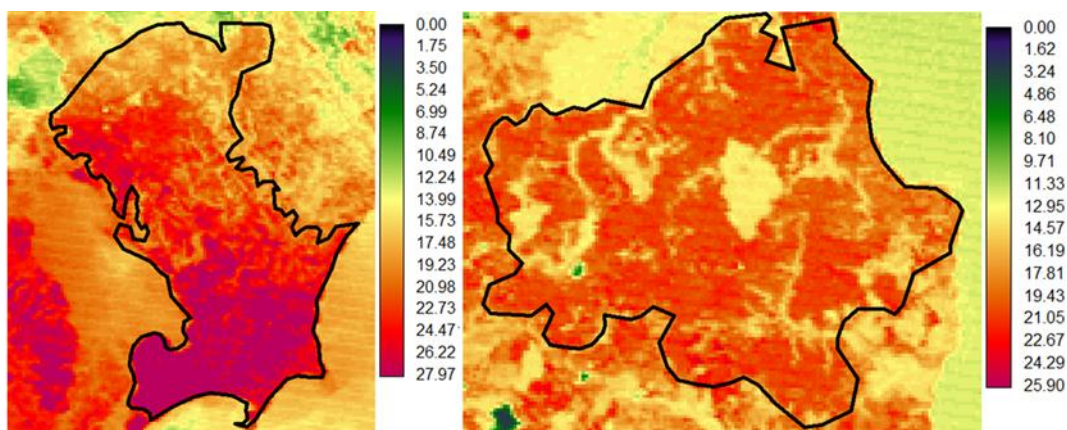


Figura 4. Temperatura aparente de Maceió e de João Pessoa obtida pelo método de Chander e Markham (2003) (Autor, 2015).

A partir das imagens de temperatura aparente da superfície foram geradas imagens classificadas de acordo com os intervalos de temperatura menores que 17 °C, entre 17 °C e 20 °C, entre 20 °C e 23 °C, entre 23 °C e 26 °C, e entre 26 °C e 29 °C, como podem ser observados na (**Error! Reference source not found.**).

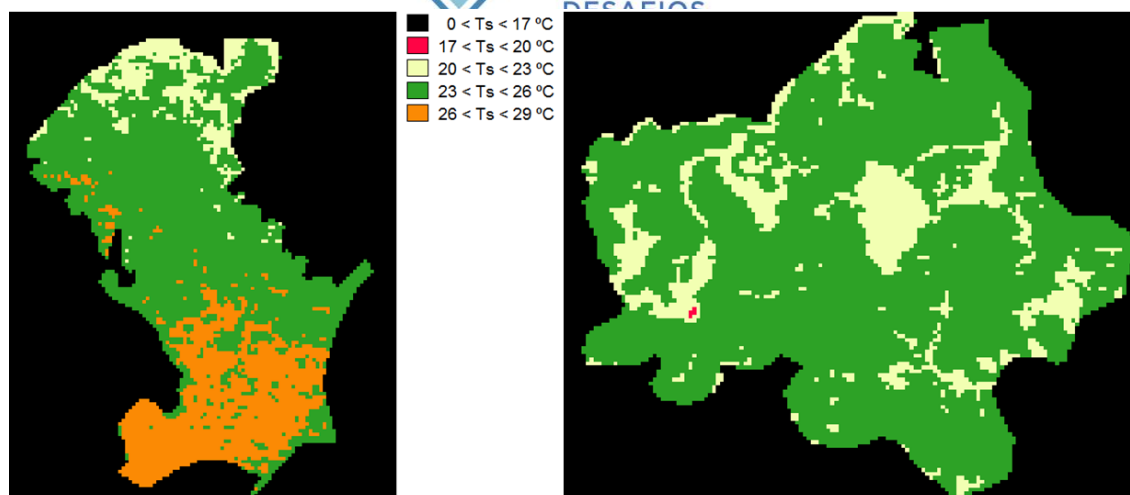


Figura 5. Classes de temperatura aparente pelo método de Chander e Markham (2003) para: A) Maceió e B) João Pessoa (Autor, 2015).

As estatísticas apresentadas na **Error! Reference source not found.** representam o comportamento da temperatura nos polígonos definidos na metodologia (**Error! Reference source not found.**).

Tabela 2. Estatísticas das temperaturas superficiais de cada subárea.

Subáreas	Descrição da área	Temperaturas			Desvio padrão (°C)
		Máxima (°C)	Média (°C)	Mínima (°C)	
J1	Parque arborizado próximo ao centro da cidade	27,09	22	17,42	0,166
J2	Região próxima do centro da cidade	27,09	24,44	17,42	0,230
J3	Região arborizada próxima ao estuário	27,09	21,83	17,42	0,303
M1	Região próxima ao centro da cidade	29,88	26,62	19,52	0,433
M2	Região mais distante do centro da cidade	29,88	25,39	19,52	0,551
M3	Região com predominância de cobertura vegetal	29,88	20,91	19,52	0,498

Com os dados obtidos foi possível constatar a ocorrência de altas temperaturas aparentes em áreas mais urbanizadas, que correspondem às subáreas M1 e J2, em Maceió e João Pessoa, respectivamente

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados mostram que, de acordo com a aplicação do método de Chander e Markham (2003), os valores de temperatura em Maceió são mais altos em relação aos de João Pessoa (**Error! Reference source not found.**). Essa diferença pode ser vista com a escala de cores das figuras que representa a temperatura da área interna aos polígonos. Em Maceió, observam-se valores de temperatura aparente de cerca de 28°C nas áreas mais quentes, que são as mais urbanizadas. A temperatura aparente em João Pessoa apresenta

valores menores. Algumas áreas mais quentes chegam a ter cerca de 26 °C. Esse comportamento indica que os menores valores de temperatura aparente de João Pessoa provavelmente estão relacionados aos materiais constituintes desse espaço urbano.

De acordo com a classificação, João Pessoa (Figura 5 B)) apresentou predominância de temperaturas entre 23 °C e 26 °C em toda a sua extensão de área. Em contrapartida, Maceió (Figura 5 A)) apresentou predominância da mesma faixa de valores (23 °C a 26 °C) nas regiões mais afastadas do centro da cidade, onde se concentra maior área com cobertura vegetal. Na região mais urbanizada, predominaram os valores entre 26 °C e 29 °C.

Observa-se uma diferença de cerca de 1° entre as temperaturas dos polígonos de Maceió em relação às dos de João Pessoa. O desvio padrão maior para a cidade de Maceió, chegando a 0,551 °C, indica que existe uma amplitude maior na variação da temperatura entre regiões mais e menos urbanizadas nessa cidade. Em João Pessoa, o maior valor de desvio padrão é de 0,303 °C. Isso significa que a variação de temperatura aparente que ocorre em Maceió pode ser de até cerca de 80% maior em relação à que ocorre em João Pessoa.

A partir dos dados gerados pelo histograma também foi possível verificar a temperatura predominante em cada subárea, de modo que as temperaturas mais altas correspondem às áreas mais urbanizadas, enquanto que as temperaturas mais baixas correspondem às áreas com predominância de vegetação, como podem ser vistos na (Tabela 2).

A média aritmética total da temperatura superficial média nas subclasses de João Pessoa foi 22,75 °C. Porém, de acordo com a literatura, a temperatura média anual do ar nessa cidade é 26,1 °C. Em Maceió, a média aritmética total da temperatura superficial média nas subclasses foi 24,30 °C, enquanto a temperatura média anual do ar em Maceió é 25,4 °C. Dessa forma, o método proposto para a estimativa da temperatura superficial subestimou a temperatura do ar em ambas as cidades.

A temperatura aparente média variou de 20,91 a 26,62 °C em Maceió, entre a região com predominância de cobertura vegetal e a região próxima ao centro da cidade. Ocorreu, portanto, uma diferença de 5,71 °C entre essas regiões, que correspondem às subáreas M3 (Região com predominância de cobertura vegetal) e M1 (Região próxima ao centro da cidade).

Em João Pessoa, a temperatura aparente média variou de 21,83 a 24,44 °C, entre a região com predominância de cobertura vegetal e a região próxima ao centro da cidade. A diferença de temperatura foi de apenas 2,61 °C entre essas regiões, que correspondem às subáreas J3 (Região arborizada próxima ao estuário) e J2 (Região próxima ao centro da cidade).

Esse comportamento é típico em locais com formação de ilhas de calor. Porém, fatores como a configuração, densidade e rugosidade urbana, direção e velocidade dos ventos e topografia local podem interferir na temperatura do ar variando a intensidade do calor sensível. Em Maceió são maiores as variações de temperatura superficial, o que pode tornar mais evidente a diferença de calor sensível entre as subáreas, e também reforçar a formação de ilhas de calor.

Barbirato et al. (2001) afirmam em seu estudo que as temperaturas (do ar) mais altas da cidade de Maceió foram observadas onde há maior exposição ao sol durante todo o dia, maior massa edificada e maior verticalização, ocorrendo o contrário em áreas com solo não pavimentado e com exposição favorável à ventilação.

Em João Pessoa as variações de temperatura são menores, embora ocorram diferenças de temperatura entre a área urbana e a área arborizada. Apesar de a temperatura aparente ter relação direta com o tipo de material constituinte das edificações e com a radiação solar, a arborização mais intensificada em João Pessoa pode ser um dos fatores responsáveis pela menor variação da temperatura aparente.

A estimativa da temperatura superficial utilizando imagens do Landsat 5TM foi utilizada também na cidade de Campina Grande por Cunha et al. (2009), que comparou as temperaturas obtidas no ano de 1984 com imagens do ano de 2007. Cunha et al. (2009) observou que houve um aumento significativo da temperatura na região em que houve aumento na urbanização ao longo do tempo. Essa diferença variou em um intervalo de 8° C a 10° C.

Também Mashiki (2012), quando fez a identificação de ilhas de calor e a influência do uso e ocupação do solo na temperatura aparente da superfície no município de Botucatu/SP, observou que as áreas urbanas da cidade apresentaram temperatura em torno de 32° C, contra 23° C de temperatura em região de mata nativa e 33,6° C de temperatura em solo exposto. Esse último valor se aproxima dos valores encontrados na classe urbana. De acordo com o autor, isso implica na necessidade de um planejamento de implantação de cobertura vegetal com o objetivo de amenizar o efeito da absorção de calor dos materiais constituintes da construção urbana, já que as diferentes coberturas do solo influenciaram diretamente na temperatura aparente observada nas imagens.

5 CONCLUSÕES

A partir dos resultados analisados, observou-se que a cidade de Maceió possui as maiores variações de temperatura entre áreas com predominância de vegetação e área urbanizada. Essa variação compreende o intervalo de 20,91 e 26,62 °C (variação de 5,7 °C) pelo método de Chander e Markham (2003). Observou-se ainda, que na cidade de João Pessoa, a variação é menor e está situada no intervalo de 21,83 a 24,44 °C (variação de 2,6 °C) pelo método de Chander e Markham (2003).

O comportamento da temperatura nas duas cidades é um importante sinal de que a gestão do solo, quando considera a importância da cobertura vegetal, influencia positivamente o clima, diminuindo as variações de temperatura. Nesse sentido, tal fato pode justificar a menor variação de temperatura em João Pessoa e a maior variação em Maceió, já que em João Pessoa a cobertura vegetal é mais intensa.

A prática de implantação de cobertura vegetal na gestão do uso do solo é uma forma de reduzir a quantidade de calor absorvido e liberado pelos materiais utilizados na construção urbana. Consequentemente, esta prática ameniza as variações de temperatura, melhorando assim, a qualidade de vida pelo conforto térmico disponibilizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

a. Livro

Florenzano, T. G. (2011). Iniciação em Sensoriamento Remoto, Oficina de Textos, São Paulo - SP, pp. 9.

b. Artigo de revista científica

Sholtz M., Martin R.J. (1997). Ecological equilibrium on biological activated carbon. Water Research 31(12), 2959-2968.

Chander, G., Markham, B. (2003). Revised Landsat-5 TM radiometric calibration producers and postcalibration dynamic rangers, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v.41, núm. 11, pp. 2674-2677.

Heitzmann JR., J.F. (1999). Alteração na composição do solo nas proximidades de depósitos de resíduos domésticos na bacia do Rio Piracicaba. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), Brasil, pp. 66.

Lodder, C. A. (1977). O processo de crescimento urbano no Brasil, Pesquisa e planejamento econômico-PPE, v. 70, núm. 2, Rio de Janeiro-RJ, Brasil, pp. 459-475.

Lucas, A., Rodríguez, L., Villaseñor, J., Fernández, F.J. (2007). Fermentation of agro-food wastewaters by activated sludge. Water Research: A Journal of the International Water Association (IWA), v. 41, pp. 1635-1664.

Malaret, E., Bartolucci, L. A., Lozano, D. F., Anuta, P. E. e McGillen, C. D. (1985). LANDSAT 4 and LANDSAT 5 thematic mapper data quality analysis. Photogrammetric: Engineering and Remote Sensing, v. 51, núm. 9, pp. 1407-1416.

Tucci, Carlos E. M. e Clarke, Robin T. (1997). Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 2, núm. 1, pp. 135 - 152.

Voogt, J. A. e Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban areas. Remote Sensing of Environment, 86, pp. 370 - 384.

Voogt, J.A. e Oke, T.R. (1998). Effects of urban surface geometry on remotely-sensed surface temperature. International Journal of Remote Sensing, v. 19, núm. 5, pp. 895-920.

Voogt, James A. (2002). Urban Heat Island: Causes and consequences of global environmental change. Encyclopedia of Global Environmental Change, v. 3, pp. 660-666.

Yuan, Fei e Bauer, Marvin E. (2007). Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. Remote Sensing of Environment, v. 106, pp. 375-386.

c. Artigo em actas de congresso (ou equiparado)

Barbিরato, G. M. Et al. (2001). Comparação entre escalas climáticas de análise urbana. In Anais do VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, São Pedro-SP, Brasil, Nov. pp. 2-4.

e. Sítios na Internet (institucionais ou pessoais)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). Sinopse do Censo Demográfico 2010. <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse.pdf> (acesso em 13 de outubro de 2011).