



Distribuição de temperatura de superfície e sua relação com indicador socioeconômico – Santos/SP

Camila Tavares Pereira ^(a), Raul Sampaio De Lima ^(b)

^(a) Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos, tavares.camila88@gmail.com

^(b) Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos, raul.sampaio12@gmail.com

Eixo: Climatologia em diferentes níveis escalares: mudanças e variabilidades

Resumo

Mudanças da cobertura da terra ocasionadas pelo crescimento urbano e atividades humanas geram condições que afetam a capacidade e a emissão térmica, modificando o clima local. Pesquisas mostram relações entre dados socioeconômicos e distribuição espacial da temperatura de superfície terrestre. Assim, o objetivo deste trabalho é explorar a correlação entre a temperatura e os dados socioeconômicos de Santos-SP. Para atingir esse objetivo, utilizamos imagens Landsat 5 TM de 2010 para estimar a temperatura da superfície terrestre. Os dados do Censo de 2010 foram utilizados para avaliar a correlação entre a temperatura e a renda familiar mensal. Os resultados mostraram moderada correlação entre essas variáveis, onde bairros com renda salarial menor apresentam elevada temperatura superficial do que os bairros mais ricos, próximos à orla. Esta realidade pode ser explicada através dos materiais construtivos, ausência de vegetação e áreas verdes, maior densidade demográfica e impermeabilização do solo.

Palavras chave: Temperatura de Superfície; Dados Socioeconômicos; Santos; LANDSAT 5.

1 Introdução

No contexto de urbanização das cidades brasileiras a partir da década de 70, Santos não foge a regra dos impactos ambientais e da segregação socioespacial causado por esta em diferentes escalas. Devido principalmente a atividade portuária e o turismo de veraneio, assim como a melhoria das vias de acesso para a Baixada Santista, ficou evidente a intensa urbanização de Santos e as consequências desta na vida da população residente. Diante de tais impactos ambientais e sociais, vale destacar alguns dos fatores que atuam diretamente na qualidade ambiental dos cidadãos como:

(...) a impermeabilização dos solos, a utilização de materiais construtivos inadequados, a retirada da cobertura vegetal original, a canalização fechada de rios e córregos, a emissão de poluentes para a atmosfera têm sido frequentes nas cidades (AMORIM, 2010, p. 72).



Essas alterações no ambiente urbano podem ocasionar no quesito climático: modificação dos balanços radioativo e energético, aumento da temperatura das superfícies e do ar (Ilha de Calor – IC), diminuição da velocidade média do vento (embora com a ocorrência de acelerações

e turbilhões em certas áreas), ampliação da poluição atmosférica, da visibilidade e aumento da precipitação convectiva (LOMBARDO, 2009).

A ilha de calor urbana corresponde a uma área na qual a temperatura da superfície é mais elevada que as áreas circunvizinhas, o que propicia o surgimento de circulação local, fenômeno que pode ter impactos diretos ou indiretos na saúde e no conforto térmico humano. Durante o inverno, nos aglomerados urbanos de latitudes médias, a ilha de calor reduz o consumo de energia e os óbitos como consequência do frio; no entanto, no verão verifica-se um aumento do stress térmico e da mortalidade dos mais idosos (LANDSBERG, 1973; TAHA, 1997; FUKUOKA, 1997). Esta situação é particularmente grave em episódios de ondas de calor, que intensificam os efeitos da poluição, nomeadamente do ozônio (O₃) troposférico, nocivo para a saúde humana (BOSCH, 2003; SHAR e JENDRITZKY, 2004; EPSTEIN e ROGERS, 2004).

Segundo Harlan et al., (2006), “a maior morbidade e mortalidade associada ao calor extremo parece ocorrer nas cidades e cair desproporcionalmente sobre os grupos marginalizados: os pobres, as minorias e os idosos”. O acesso a recursos que possam minimizar as altas temperaturas, como o ar condicionado, muitas vezes varia com a etnia e outras características socioeconômicas, colocando certos grupos em maior desvantagem (O’NEILL; ZANOBETTI; SCHWARTZ; 2005).

Neste contexto e como exemplo, em 2010 ocorreu na cidade de Santos uma forte onda de calor na primeira semana de fevereiro que matou 32 pessoas idosas. No dia dos óbitos, os termômetros registraram 39° C e, à noite, a umidade chegou a 21% (calor seco), condição meteorológica atípica e bastante desconfortável.

Estas hipóteses direcionam o trabalho cujo objetivo foi compreender a relação entre a distribuição da temperatura de superfície, através do uso de imagens orbitais de Santos, e sua correlação com dados censitários socioeconômicos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Além de estimar a temperatura de superfície, as imagens de satélite auxiliam na compreensão da distribuição das fontes de calor dentro de uma área urbana, que levam a formação das IC.



2 Materiais e Métodos

2.1 Área de Estudo

A Baixada Santista é a área de ocupação urbana mais antiga do Estado de São Paulo e uma das primeiras do Brasil colônia. Desde seus primórdios, a região estava ligada às atividades portuárias. O processo de intensa urbanização na região da Baixada Santista está relacionado às estruturas ligadas ao Porto de Santos, as atividades referentes ao turismo de veraneio, a indústria do polo de Cubatão, a atividade da construção civil regional e a exploração de petróleo e gás provenientes da Bacia de Santos (KAWASHIMA., 2015). Estas atividades originaram uma cadeia de degradação ambiental, marcada pela poluição industrial, portuária e domiciliar, acompanhada de grande adensamento urbano na orla e surgimento de assentamentos subnormais (Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Sustentável, 2011).

A cidade de Santos está geograficamente situada no litoral centro do Estado de São Paulo ($46^{\circ}19'44,957''\text{O}$ e $23^{\circ}56'44,227''\text{S}$), um pouco ao sul do trópico de capricórnio, e configura um compartimento isolado na forma de baixada, com morros separados entre a serra e o oceano (Figura 1). Em 2016, a população estimada do município é de 434.359 habitantes (IBGE, 2016). Com relação à urbanização, ela se concentra na Ilha de São Vicente, na qual está situada parte da cidade de Santos (denominada como área insular do município), a maior parte do Porto e boa parcela das áreas residenciais de classe média (Figura 2) (SÃO PAULO, 2011).

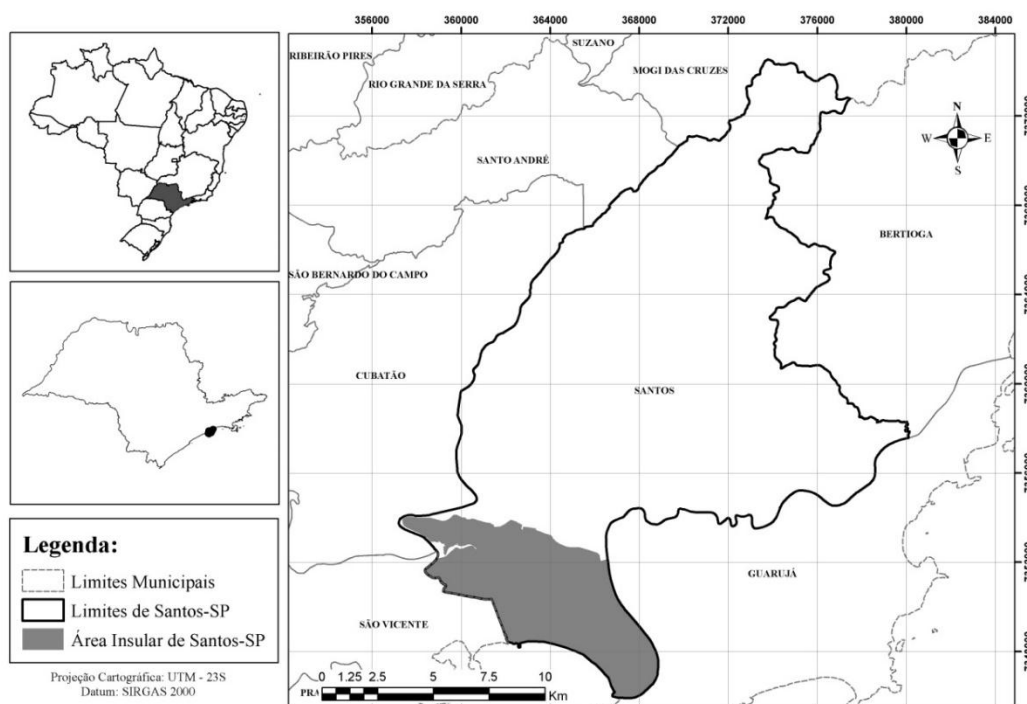




Figura 1: Localização da área de estudo, com destaque para a área insular do município de Santos.

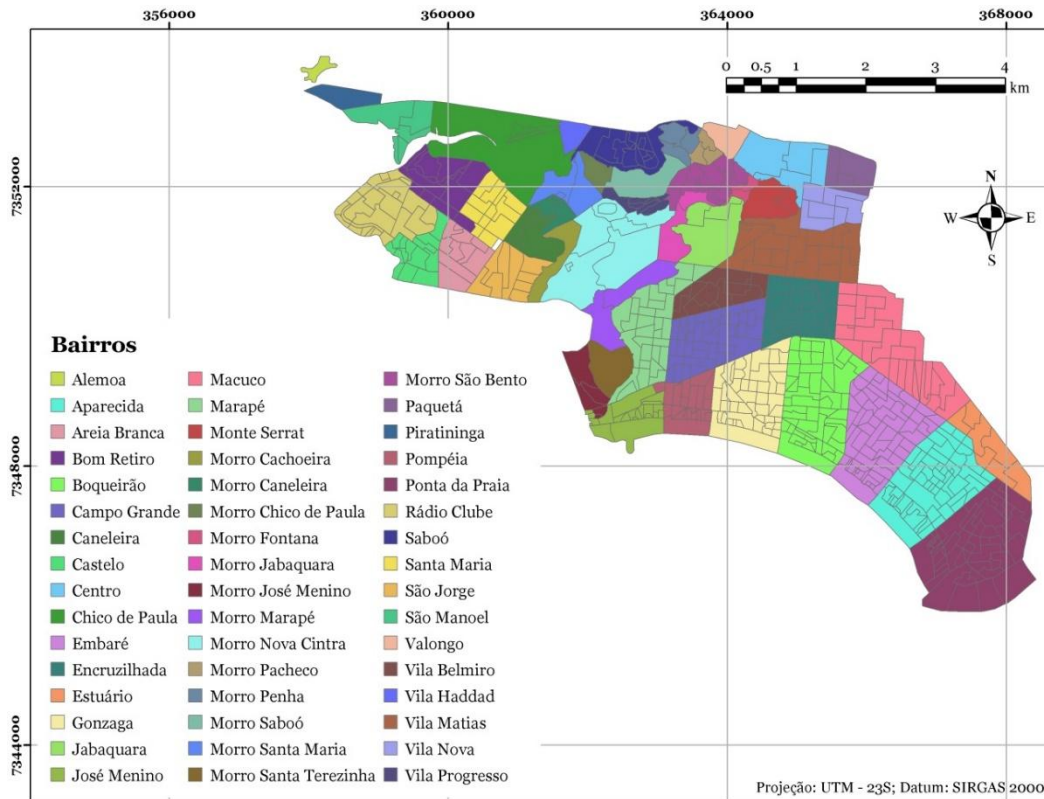


Figura 2: Localização dos bairros no município de Santos.

Segundo a classificação climática de Köppen, baseada em dados mensais pluviométricos e termométricos, Santos recebe a classificação Af, caracterizada pelo clima tropical chuvoso (com pluviosidade média acima dos 284 mm no mês de janeiro e temperatura máxima anual de 34,4°C), sem estação seca (pluviosidade mínima em torno dos 93 mm, em agosto). A precipitação e temperatura média anual da cidade são de 2.143,1 mm/ano e 24,6°C, respectivamente (CEPAGRI, 2016).

2.2 Metodologia

Foi utilizada a imagem do satélite LANDSAT 5, órbita 219, ponto 77, datada de 4 de maio de 2010, mesmo ano em que foi realizado o último Censo Demográfico. As bandas 2 a 7 do satélite passaram por correção atmosférica simples (DOS1), por meio do complemento Semi-AutomaticClassificationPlugin (CONGEDO, 2016).

A temperatura da superfície da data selecionada foi estimada através do complemento Land SurfaceTemperaturePlugin (ISAYA NDOSSI e AVDAN, 2016) no software QGIS 2.16.1., que permite a utilização de parâmetros atmosféricos para estimar de forma mais precisa a temperatura de superfície.



Os indicadores socioeconômicos utilizados na análise são apresentados e descritos na Tabela 1. Com base nas informações disponibilizadas do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010), foram estimados os indicadores para os setores censitários que compõem a área insular do município.

Tabela 1: Relação dos indicadores analisados e as variáveis do Censo Demográfico de 2010 referentes a eles (incluindo as planilhas em que estão disponíveis).

| Planilha | Variável (is) | Indicador |
|----------------|---------------|--|
| Arquivo Básico | V005 | Valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes (com e sem rendimento) |
| | V007 a V009 | Pessoas de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal maior que 10 salários mínimos |

Para avaliar a relação entre a distribuição da temperatura de superfície e os indicadores socioeconômicos, foi utilizada a análise de correlação, que quantifica a intensidade de relação entre duas variáveis, tomando como base os valores médios e máximos de temperatura para cada setor censitário. Essa relação foi medida pelo coeficiente de correlação de Spearman (r_s), que assume valores entre -1 e 1. Quanto mais próximo desses valores, mais forte é a relação entre as variáveis; quanto mais próximo de zero, menor o grau de relação entre elas.

3 Resultados e Discussão

Enquanto a população de mais baixa renda reside na Zona Noroeste do município de Santos, no trecho da ilha onde esta estabelece divisas com o rio Casqueiro e com o município de São Vicente e próximo as áreas portuárias (ZÜNDT, 2006), a população com maior poder aquisitivo (rendimento mensal acima de R\$ 4.500) concentra-se próxima a orla (Figura 3a e 3b). Vale ressaltar que este último dado reflete o novo “boom” imobiliário de Santos, focado na construção de enormes prédios de alto padrão, o que, inclusive, acarreta problemas na circulação local dos ventos e se vincula à exacerbação de calor urbano nas áreas próximas a estas construções (GABRIEL; NUNES; ORSINI; 2012).

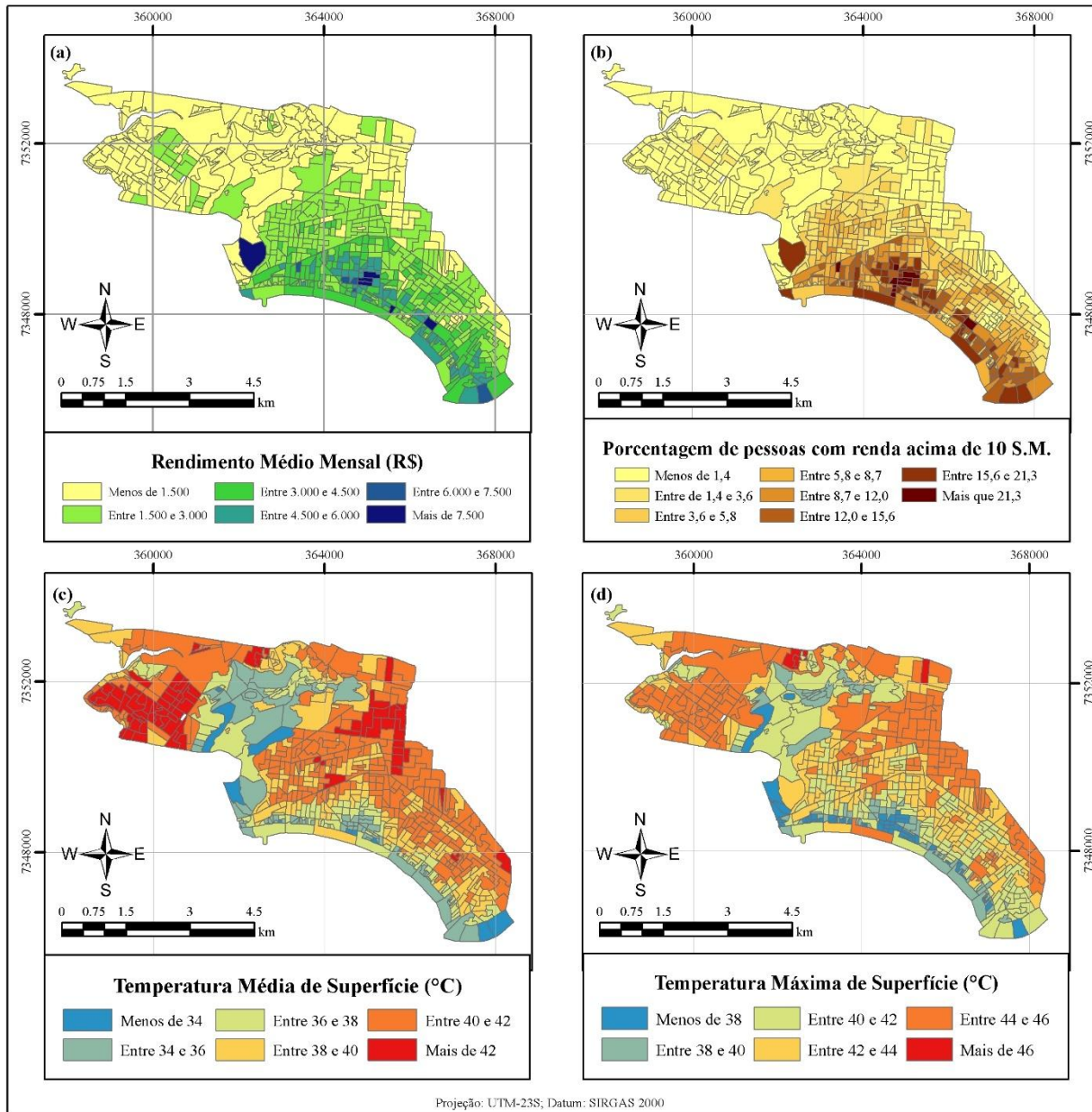


Figura 3: Dados Censitários relacionados com a temperatura de superfície. 3a. Distribuição espacial do rendimento médio mensal por setor censitário. 3b. Distribuição espacial do rendimento acima de 10 salários mínimos por setor censitário. 3c. Distribuição espacial da temperatura média de superfície por setor censitário. 3d. Distribuição espacial da temperatura máxima de superfície por setor censitário.

Esses dados corroboram com os mapas de temperatura de superfície (Figura 3c e 3d), visto que próximo à orla a temperatura média e máxima são mais amenas (entre 34° e 38°C, respectivamente), devido ao “efeito de sombra” dos grandes edifícios, da brisa marítima e possivelmente das áreas verdes. Em contraste, podemos observar um aumento desta temperatura nos bairros de classe média (entre 40° e 44°



C) que estão atrás destes investimentos de alto padrão, como na Aparecida, Campo Grande e porções do Boqueirão, Embaré e Gonzaga (Figura 6).

Contudo, podemos observar que nas regiões em que se concentra a população de baixa renda e maior número de assentamentos subnormais (Zona Noroeste e áreas portuárias) há um aumento significativo da temperatura de superfície (máxima entre 44° e 46° e média de 42°). Essa realidade pode estar relacionada a diferentes alterações do espaço, como o tipo de material (paredes finas e coberturas de fibrocimento, ou asbestos), impermeabilização do solo, ausência de vegetação e áreas verdes, efeito da barreira dos prédios na orla sobre a brisa, bloqueando e influenciando no aumento da temperatura, fatores que favorecem a formação e intensificação das Ilhas de Calor. Situações estas que agravam a qualidade ambiental dos cidadãos, pois as construções nestes bairros que utilizam materiais inadequados tanto do ponto de vista da qualidade de vida, quanto da eficiência térmica, podem causar desde stress térmico a situações de insalubridade, que se manifestam na forma de enfermidades como doenças respiratórias e do aparelho circulatório (AMORIM; SANT'ANNANETO e DUBREUIL; 2009).

Para avaliar a relação entre os valores socioeconômicos analisados e a temperatura de superfície registrada, foi calculado o coeficiente de correlação de Spearman (r_s). Os valores da correlação são mostrados na tabela 2. Nota-se que a correlação entre as variáveis é superior a 0,4 (indicando moderada correlação entre temperatura de superfície máxima e renda familiar mensal). O sinal negativo indica que a relação entre as variáveis é inversa, i.e. aumentando a temperatura, diminuirá a renda familiar mensal.

Tabela 2: Coeficiente de correlação de Spearman (r_s) da relação entre as variáveis de temperatura de superfície e indicadores socioeconômicos

| Variáveis | Temperatura média | Temperatura máxima |
|--|-------------------|--------------------|
| Rendimento Médio Mensal | -0,386 | -0,411 |
| Porcentagem da população com mais de 10 anos com rendimento acima de 10 SM | -0,421 | -0,441 |

Análises que relatam a segregação socioespacial devido a processos de intensa urbanização e desigualdade socioeconômica tem como consequência a formação de classes mais vulneráveis às condições climáticas e ambientais. Este estudo condiz com outras pesquisas em diferentes regiões, como Amorim; Sant'Anna Neto e Dubreuil (2009) em Presidente Prudente, Harlanet al (2006) em Phoenix, e Hass et al (2016) em Knoxville.

Além disso, cabe analisar o papel dos órgãos e políticas públicas que possam vir a interferir com medidas e estratégias para mitigar tais situações em que as populações com baixa renda e marginalizados se encontram. Visto que, apesar do clima urbano não ser considerado entre os mais importantes no quesito de



qualidade ambiental pela população (BORJA; 2009), este interfere na saúde dos que residem em áreas sobreaquecidas, além de gerar também um maior gasto de energia na tentativa de manter a temperatura do local mais amena. Em síntese,

nota-se que o clima urbano não é um indicador frequentemente utilizado na abordagem da qualidade ambiental, o que aumenta a perspectiva de inseri-lo nas metodologias, já que um dos seus subtemas, o conforto térmico, quando não proporcionado à população pode afetá-la intensamente, principalmente a de baixa renda. Isso porque, esta classe terá mais dificuldades em adquirir conforto por meio de recursos tecnológicos (MINAKI; 2014; p.47).

Vale ressaltar que as áreas de morros (região dos Morros da Cachoeira, José Menino, Marapé, Caneleira, Santa Terezinha, Nova Cintra, Jabaquara, Monte Serrat, Fontana, São Bento, Chico de Paula, Santa Maria, Vila Progresso e Saboó), por conter um espaço significativo de vegetação (própria mata nativa) e estar em maior altitude, apresentam temperatura média de superfície mais amena (entre 34° e 36°). Contudo, a realidade destas habitações agrava outros impactos ambientais que interferem na qualidade de vida destas populações, como o escorregamento de encostas, deterioração do solo, poluição da água, desmatamento, além da infraestrutura inadequada ou ausente (saneamento básico, escolas, postos de saúde).

4 CONSIDERAÇÕES

O modo como ocorreu o processo de urbanização de Santos acarretou em diversos problemas tanto de cunho ambiental, como social. Construções em áreas inadequadas, ampliação portuária, grandes edifícios próximos a orla, desmatamento, intenso fluxo de pessoas e veículos, poluição atmosférica, impermeabilização do solo, modificam a paisagem e a dinâmica do clima urbano.

A resposta térmica obtida através das imagens Landsat5 indica que fatores socioeconômicos estão relacionados com a distribuição da temperatura máxima de superfície. Esta realidade pode ser explicada através dos materiais construtivos de grande potencial energético de emissividade e refletância que tem menor valor de custo, ausência de vegetação e áreas verdes, maior densidade demográfica e impermeabilização do solo. São nessas áreas que a população de baixa renda ou marginalizadas residem, devido a fatores como a extensão territorial, a supervalorização de terrenos próximos a orla, que acarretam na configuração de uma segregação socioespacial do ambiente construído, em detrimento de áreas inapropriadas e/ou periféricas.



Destaca-se que o aumento da temperatura de superfície nestas áreas também está relacionada a deterioração da qualidade ambiental, pois interfere no conforto térmico e nas doenças influenciadas pelo clima, visto que parte desta população carece de meios que possam amenizar a temperatura interna do ambiente.

Para finalizar, ressaltamos a importância de políticas públicas, comunidade e órgãos institucionais do município de Santos para a elaboração de estratégias de planejamento urbano que constem no Plano Diretor, visando a mitigar e amenizar tal situação. Segundo o site da Prefeitura de Santos foi aprovado o Plano Municipal de Mudanças Climáticas. Muitas cidades brasileiras (principalmente as capitais) vêm aderindo a elaboração de tais planos, contudo por serem recentes (a maioria a partir de 2009, devido a Política Nacional de Mudanças Climáticas) não há estudos que apresentem a real efetividade na mitigação de impactos ocasionados pelas mudanças climáticas, entre eles a intensificação de Ilhas de Calor, nestes planos.

3. Bibliografia

- AMORIM, M. C. C. T. Os climas urbanos de cidades pequenas e média do oeste do estado de São Paulo/Brasil. In: CUNHA, Lúcio; PASSOS, Messias Modesto dos; JACINTO, Rui (Org.). As novas geografias dos países de língua portuguesa: paisagens, territórios, políticas no Brasil e em Portugal. Guarda -Portugal: Centro de Estudos Ibéricos, v. 1, p. 115-136, 2010.
- AMORIM, M. C. C. T.; JOÃO LIMA SANT'ANNA NETO, J. L.; DUBREUIL, V. Estrutura térmica identificada por transectos móveis e canal termal do Landsat7 EM cidade tropical. *Revista de Geografia Norte Grande*, 43: 65-80; 2009.
- BORJA, PATRÍCIA CAMPOS. Metodologia para a avaliação da qualidade ambiental urbana em nível local. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 26., 1998, Lima. Anais... Lima: AIDIS, 1998. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org>>. Acesso em: 5 mai. 2009.
- BOSCH, X. European heatwave causes misery and deaths. *The Lancet*, 362: 543. 2003.
- CONGEDO, L. Semi-Automatic Classification Plugin Documentation: Release 5.0.2.1. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>>. Acesso: 28 set. 2016.
- EPSTEIN, P. R.; ROGERS, C. Inside the Greenhouse, the impacts of CO₂ and climate change on public health in the inner city. Report from Center for Health and Global Environment Harvard Medical School: 28.2004.
- FUKUOKA, Y. Biometeorological studies on urban climate. *Int. Journal Biometeorology*, 40: 54-57. 1997.
- GABRIEL, G. H; NUNES, L. H; ORSINI, J. A. M. Diversidade Socioespacial na Região Metropolitana Da Baixada santista (RMBS) – SP. *REVISTA GEONORTE*, Edição Especial 2, V.2, N.5, p.342 – 354, 2012.
- HARLAN, S.L.; BRAZEL, A.J.; PRASHAD, L.; STEFANOV, W.L.; LARSEN, L. Neighborhood microclimates and vulnerability to heat stress. *Soc. Sci. Med.* 2006, 63, 2847–2863.
- HASS, A. L., ELLIS, K. N., MASON, L. R., HATHAWAY, J. M., HOWE, D. A. Heat and Humidity in the City: Neighborhood Heat Index Variability in a Mid-Sized City in the Southeastern United States. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2016.
- IBGE. Censo Demográfico. 2010. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm>. Acesso em: 16 nov. 2016.



ISAYA NDOSSI, M.; AVDAN, U. Application of Open Source Coding Technologies in the Production of Land Surface Temperature (LST) Maps from Landsat: A PyQGIS Plugin. *Remote Sensing*, v. 8, n.5, p. 413, 2016.

KAWASHIMA, R. S.; ALMEIDA, C. M.; GIANNOTTI, M. A.; QUINTANILHA, J. A. Análise das mudanças temporais de cobertura da terra na região portuária da Baixada Santista-SP e a proposição de modelos de dinâmica espacial. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)*, 17., 2015, João Pessoa. Anais... São José dos Campos: INPE, 2015. Artigos, p. 1082-1089. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00076-8. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0199.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2016.

LANDSBERG, H. The meteorological utopian city. *Bulletin American Meteorological Society*, 54 (2): 86-89. 1973.

LOMBARDO, M. A. Análise das mudanças climáticas nas metrópoles o exemplo de São Paulo e Lisboa. In: CORTEZ, ATC., ORTIGOZA, SAG (Org.). *Da produção ao consumo: impactos socioambientais no espaço urbano* [online]. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 146 p. ISBN 978-85-7983-007-5, p. 111 – 146.

MINAKI, CINTIA. O clima urbano como indicador de qualidade ambiental: estudo de caso da paisagem urbana de Araçatuba/SP. Tese de Doutorado. UNESP. Presidente Prudente - SP. 2014

O'NEILL, M.S.; ZANOBETTI, A.; SCHWARTZ, J. Disparities by race in heat-related mortality in four U.S. cities: The role of air conditioning prevalence. *J. Urban Health*; 2005, 82, 191–197.

OKE, T.R. 1987. *Boundary Layer Climates*, 2nd ed. Methuen, London, 435 p.

PREFEITURA DE SANTOS. MEIO AMBIENTE. Disponível em <http://www.santos.sp.gov.br/?q=noticia/890213/comiss-o-vai-elaborar-plano-de-adapta-o-mudan-clim-tica>. Acesso em 25/11/2016.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Caracterização Socioeconômica de São Paulo Região Metropolitana da Baixada Santista, 2011. Governo do Estado de São Paulo. Disponível em: http://www.planejamento.sp.gov.br/noti_anexo/files/uam/trabalhos/RMBS.pdf.

SHAR, C., JENDRITZKY, G. Hot news from summer 2003. *Nature*, 432: 559-560. 2004.

TAHA, H. Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration and anthropogenic heat. *Energy and Buildings*: 25: 99-103. 1997.

ZÜNDT, C. Baixada Santista: uso, expansão e ocupação do solo, estruturação de rede urbana regional e metropolização. 2006.