



ANÁLISE DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE E A RELAÇÃO COM O NDVI DA ZONA URBANA DO MUNICÍPIO DO CRATO/CEARÁ 2017

Analysis of the surface temperature and the relationship with the ndvi of the urban area of the municipality of Crato / Ceará 2017

Análisis de temperatura superficial y la relación con ndvi de la zona urbana de Crato / Ceará 2017

Mayra Alves Pinheiro¹
Juliana Maria Oliveira Silva²

RESUMO

O objetivo do trabalho é analisar a relação existente entre os dados de temperatura de superfície com o índice de vegetação (NDVI) na zona urbana do Município do Crato para o mês de agosto de 2017. A distribuição da temperatura de superfície na cidade do Crato apresentou uma variação entre 22.1°C a 35.4°C. Os bairros com maiores valores de temperatura entre 32.4°C e 35.8°C, configuram-se em locais com baixa densidade vegetal, referente aos bairros do Centro, Vila Alta, Seminário, Barro Branco, Mirandão e Santa Luzia, diferente da área com menores temperaturas, entre 22.1°C a 25°C. Os valores de NDVI apresentam uma relação com a temperatura, quanto menor o índice de vegetação, maior será a temperatura. Com isso, os bairros que apresentaram menores índice de vegetação (entre 0.03 a 0.24) foram o Centro, Vila Alta, Seminário e Santa Luzia. Os bairros que tem os maiores índices de vegetação (calculado entre 0.64 a 0.85) estão os bairros mais próximos a encosta da Chapada do Araripe, como o Granjeiro, Coqueiro, Lameiro e São Gonçalo. Com relação aos resultados encontrados nos mapas de Temperatura e NDVI, pode-se dizer que área centrais da cidade do Crato apresentaram maiores valores de temperatura de superfície e menores índices de vegetação.

Palavras-chave: sensoriamento remoto; NDVI e temperatura de superfície.

ABSTRACT

The objective of this work is to analyze the relationship between the surface temperature data and the NDVI vegetation index of the urban area of the Municipality of Crato / Ceará for the month of August 2017. The surface temperature distribution in the city of Crato, has a surface temperature variation between 22.1 ° C and 35.4 ° C. The neighborhoods with thigs surface temperature values between 32.4 ° C and 35.8 ° C, are located in places with low plant density, referring to the neighborhoods of Vila Alta, Seminary, Barro Branco, Mirandão and Santa Luzia, different from the area with lower temperature, between 22.1 ° C to 25 ° C. The NDVI values influence the temperature increase, the lower the vegetation index, the higher the temperature.

¹ Bolsista de Apoio Técnico a Pesquisa 1A- CNPQ/ Universidade Regional do Cariri – URCA. Email: mayra.acops@hotmail.com

² Professora da Universidade Regional do Cariri – URCA. Email: juliana.oliveira@urca.br

Thus, the neighborhoods with the lowest vegetation index were between 0.03 and 0.24 were the Center, Vila Alta, Pimenta and Santa Luzia. The neighborhoods that have the highest vegetation indexes (calculated from 0.64 to 0.85) are the neighborhoods closest to the hillside of Chapada do Araripe, such as Granjeiro, Coqueiro, Lameiro and São Gonçalo. With respect to the results found in the maps of Temperature and NDVI, it can be said that the most central areas of the city of Crato presented higher temperature values

Keywords: remote sensing, NDVI and surface temperature.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es analizar la relación entre los datos de temperatura de la superficie y el índice de vegetación NDVI del área urbana del Municipio de Crato / Ceará para el mes de agosto de 2017. La distribución de la temperatura de la superficie en la ciudad de Crato, tiene un variación de la temperatura de la superficie entre 22.1 ° C y 35.4 ° C. Los barrios con valores de temperatura de la superficie de los muslos entre 32.4 ° C y 35.8 ° C, se encuentran en lugares con baja densidad de plantas, en referencia a los barrios de Vila Alta, Seminario, Barro Branco, Mirandão y Santa Luzia, diferentes del área con temperatura más baja, entre 22.1 ° C a 25 ° C. Los valores de NDVI influyen en el aumento de la temperatura, cuanto menor es el índice de vegetación, mayor es la temperatura. Así, los barrios con el índice de vegetación más bajo estuvieron entre 0.03 y 0.24 fueron el Centro, Vila Alta, Pimenta y Santa Luzia. Los barrios que tienen los índices de vegetación más altos (calculados de 0,64 a 0,85) son los más cercanos a la ladera de Chapada do Araripe, como Granjeiro, Coqueiro, Lameiro y São Gonçalo. Con respecto a los resultados encontrados en los mapas de Temperatura y NDVI, se puede decir que las áreas más céntricas de la ciudad de Crato presentaron valores de temperatura más altos.

Palabras clave: teledetección, NDVI y temperatura superficial.

INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto auxilia cada vez mais em análises e na aquisição de informações da superfície terrestre. Com sensores que são sensíveis a radiação é possível monitorar características térmicas da paisagem (Lima e Amorim, 2011).

Para Monteiro (2011), as técnicas do sensoriamento remoto, a partir do canal infravermelho, subsidiam o mapeamento térmico das cidades, considerado um dos pontos de partida para outros fenômenos do clima urbano.

O clima urbano, considerado como a alteração do clima local decorrente do processo de urbanização, é produto da ação do homem sobre o meio ambiente, (NASCIMENTO, 2011).

O objetivo do trabalho é analisar a relação existente entre os dados de temperatura de superfície com o índice de vegetação NDVI da zona urbana do Município do Crato/Ceará para o mês de agosto de 2017. A área de estudo pertence a Região Metropolitana do Cariri, integrando o Triângulo CRAJUBAR, que envolve as cidades de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha. Verifica-se nessas cidades um processo de urbanização se expandindo para algumas áreas, especialmente no setor da construção civil, fato observado pelo número de loteamentos nas cidades de Juazeiro do Norte e Crato.

As árvores, isoladas ou em grupos, atenuam grande parte da radiação incidente, impedindo que sua totalidade atinja o solo ou as construções, ainda a vegetação propicia resfriamento passivo em uma área por meio do sombreamento e da evapotranspiração. Entre os atributos ambientais, destaca-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), que constitui uma importante estratégia para o monitoramento das alterações naturais ou produzidas pelo homem, nos ecossistemas (PINHEIRO et al, 2015). O uso de índices vegetativos tem sido bastante utilizado em estudos que ensejam realçar a variável vegetação, destacando-se o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI). Conforme ressalta Jesus (2005), este índice foi proposto por Rouse et al. (1973), usado para identificação da cobertura vegetal e visualização da sua evolução no tempo, em função dos ciclos fenológicos anuais.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Clima urbano

O estudo do clima urbano se baseia numa linha de pesquisa da climatologia responsável pela compreensão do clima da cidade, enfocando inicialmente uma análise espacial local (clima local) que se estende a níveis regionais (clima regional) e globais (clima zonal/global), destacando-se, em cada escala, a influência urbana (COLTRI, 2006).

Segundo Mendonça (2009, p.175), foi a partir da Revolução Industrial na Inglaterra que tiveram início os estudos sobre a qualidade do ar na cidade, enquanto no Brasil, esta preocupação foi mais recente, tendo sido a “partir da década de 1970 que os estudos do clima urbano passaram a ser desenvolvidos mais amiúde no Brasil”, estando relacionada ao período no qual a população urbana ultrapassou a rural.

No Brasil Monteiro (1976) desenvolveu todo um referencial teórico para estudos de clima urbano, conhecido como Sistema Clima Urbano (S.C.U).

O Sistema Clima Urbano (S.C.U) é composto por critérios de escolha, enunciados básicos, questões de consistências e os canais de percepção. Os critérios de escolha se referem ao emprego do pragmatismo, dinamismo, consistência, empirismo e modelismo. Os enunciados são ideias reguladoras para os estudos do clima urbano, abrangendo dez enunciados (MONTEIRO, 2011). Inserido na teoria do Sistema Clima Urbano, encontram-se três subsistemas: O termodinâmico, no tocante ao conforto térmico; o hidrodinâmico, no que tange ao impacto meteórico (chuvas intensas); e o físico-químico, que diz respeito à qualidade do ar.

Dentre os primeiros autores do Brasil a se utilizar do sensoriamento remoto aplicado ao estudo do clima urbano, destaca-se, Lombardo (1985), que investigou o fenômeno de ilhas de calor na metrópole de São Paulo com uso de dados levantados por sensores orbitais.

Lima e Amorim (2011), aplicaram as informações da temperatura da superfície adquiridas através de técnicas de sensoriamento remoto com o uso do canal termal do Landsat 7, e percebeu-se a influência e a importância da vegetação para o aumento ou não da temperatura da superfície ao analisar a classificação do índice de vegetação através do NDVI e das temperaturas apresentadas na carta de isotermas.

O processamento digital de imagens oferece diferentes possibilidades de operações matemáticas para a análise de imagens multiespectrais. Sob esta ótica o NDVI é uma “[...] técnica de sensoriamento remoto que pode ser usada como uma ferramenta para mapear a distribuição e diversidade de espécies, correlacionar e avaliar o efeito de perturbações na paisagem” (RIBEIRO, 2012, p. 07).

Nas cidades, a vegetação constitui um importante indicador de qualidade ambiental, pois garante áreas permeáveis, reduz a poluição atmosférica, contribui para a regularização do microclima urbano. (LIMA E AMORIM, 2011)

De acordo com Monteiro (1976), o clima urbano de cada cidade tem condições climáticas próprias. O mesmo autor afirma que as consequências da formação do clima urbano são diretas, acarretando às populações o desconforto térmico, a poluição do ar, os impactos pluviais e a formação das ilhas de calor.

As ilhas de calor urbanas podem ser mensuradas através da coleta de temperatura do ar, ou de superfície, mas ambas possuem métodos, formas de registro e espacialização diferentes (FIALHO et al, 2019).

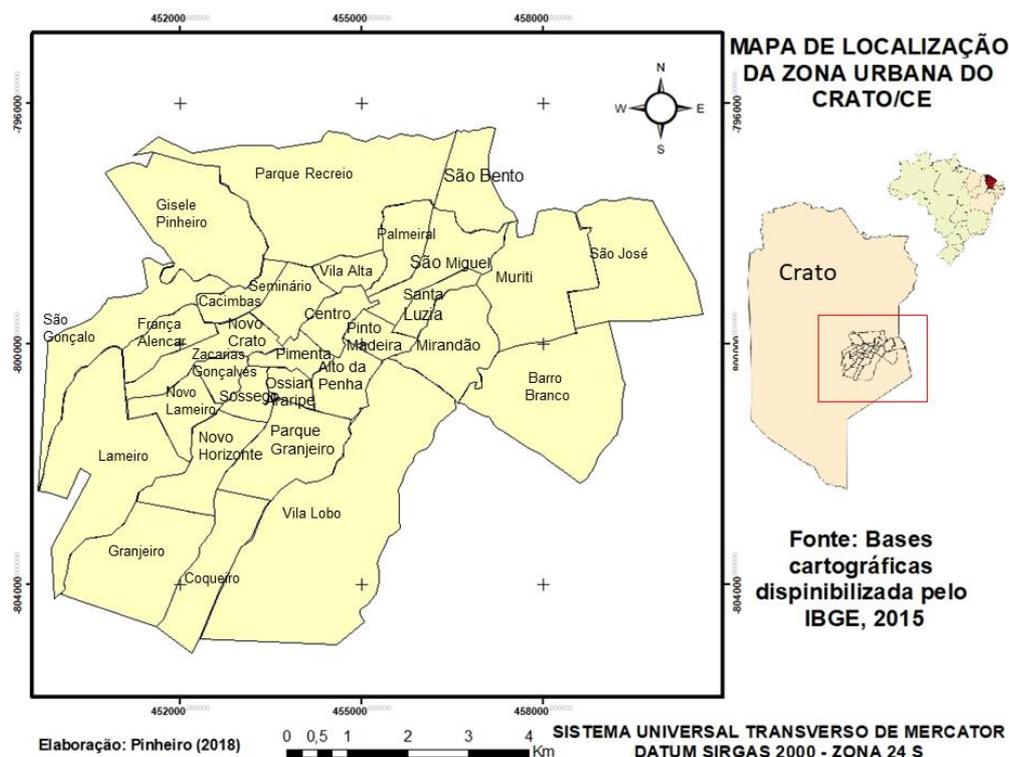
MATERIAL E MÉTODO

Área de estudo

A referida área de estudo está localizada na zona urbana do município do Crato, faz parte da região do Cariri, no extremo sul do Estado do Ceará. A sede do município do Crato apresenta como principais coordenadas geográficas: Latitude (S): 7°14'03" e Longitude (W): 39°24'34", ocupando uma área de 1.117,5 Km². Limita-se ao norte com Caririaguê e Farias Brito; ao sul com o Estado de Pernambuco e Barbalha; a leste com Barbalha, Juazeiro do Norte e Caririaguê e a

oeste com Nova Olinda, Santana do Cariri e o Estado de Pernambuco (IPECE, 2015). Ao todo a zona urbana conta com 30 bairros. (Mapa 1).

Mapa 1: Localização da Zona Urbano do Crato/Ce



Procedimentos metodológicos

As imagens utilizadas foram a do satélite Landsat 8, banda 10, adquiridas no site do Serviço Geológico Americano (www.usgs.gov) e datam de 13/08/2017. Escolheu-se este mês por apresentar uma maior disponibilidade das imagens sem nuvens. Para a geração do mapa termal com as classes de temperaturas utilizou-se a calculadora raster do software Qgis 2.8 e o plugin 'Semi-Automatic Classification' para a correção atmosférica das imagens. Convertem-se os níveis de cinza da imagem (NC) para radiância, depois para temperatura Kelvin e para graus Celsius (°C), expressa nas Equações 1 e 2 (obtidas no site do USGS), inseridas no software de mapeamento, conforme Coelho (2013) e Coelho e Correa (2013).

$L\lambda = ML * Q_{cal} + AL$ (Equação 01):

$L\lambda$ Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/($m^2 sr \mu m$)

ML - Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04

AL- Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000

Qcal - Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10

Por fim aplicou-se a equação 2 para transformar a temperatura de valor em Kelvin e depois em graus Celsius, de acordo com os procedimentos de Coelho (2013) e Coelho e Correa (2013).

$$T = K2 / \ln(\epsilon NB * K1 / L \lambda + 1) - 273.15 \quad (\text{Equação 2 conforme o site da USGS})$$

T - Temperatura efetiva no satélite

K2 Constante de calibração 2 = 1.321.08

K1 Constante de calibração 1 = 774.89

Lλ Radiância espectral em Watts/(m² sr μm)

Para o cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), utilizou-se as bandas 4 (reflectância no vermelho) e 5 (reflectância no infra-vermelho próximo). Este índice pode variar de -1 (ausência de vegetação) a +1 (alta densidade de cobertura vegetal). As informações foram processadas pelo software QGIS 2.18.

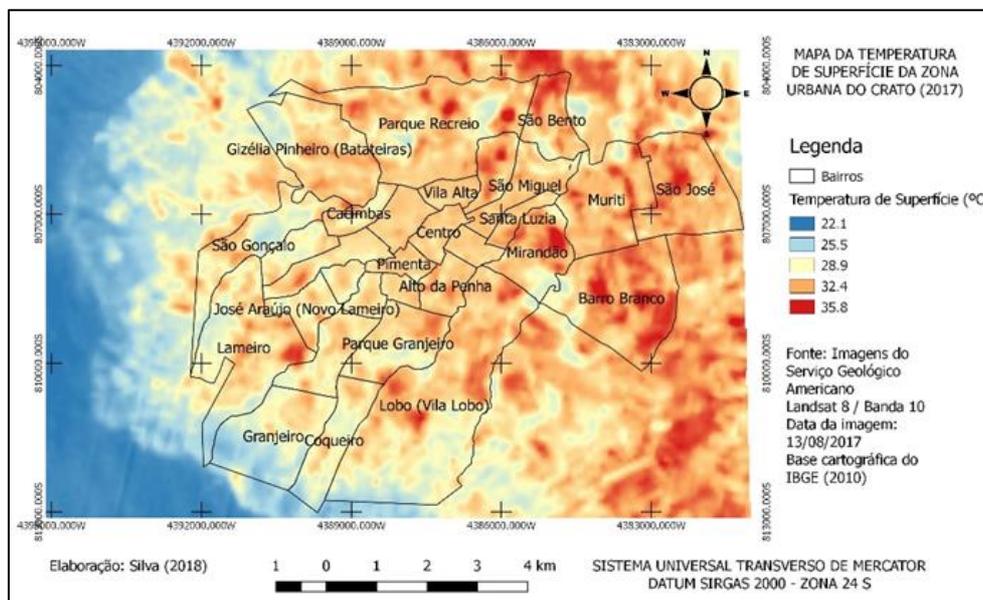
$$NDVI = \frac{(IVP - Ver)}{(IVP + Ver)}$$

Em que IVP representa a energia na região do infravermelho próximo; e Ver, a energia refletida na região do vermelho do espectro eletromagnético. (MOREIRA, 20011)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados do mapa de distribuição da temperatura de superfície na cidade do Crato (mapa 2), tem uma variação entre 22.1°C a 35.4°C. Os bairros que apresentam valores mais suaves de temperatura são: Granjeiro, Coqueiro e Lameiro, já os que apresentaram maiores valores foram: Centro, Vila Alta, Seminário, Barro Branco, Mirandão e Santa Luzia.

Mapa 2: Estimativa da temperatura de superfície da zona urbana do Crato

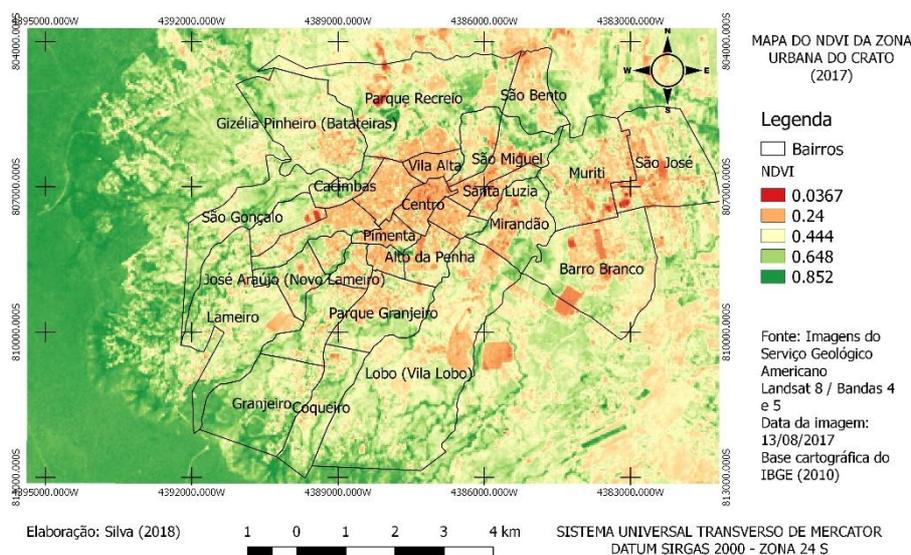


Os bairros com maiores valores de temperatura da superfície entre 32.4°C e 35.8°C, configuram-se em locais com baixa densidade vegetal, referente aos bairros do centro, diferente da área com menor temperatura, entre 22.1°C a 25°C, mais distantes do centro.

Os valores do NDVI variam de -1 a +1. Quanto mais próximo de 1, maior a densidade da cobertura vegetal, ou seja, ela apresenta-se em seu estágio denso, úmida e bem desenvolvida (COSTA et al., 2007).

As áreas com ausência de vegetação, na parte central da cidade, representadas pela cor “vermelha” do mapa de NDVI, influenciam no aumento da temperatura (mapa 3), quanto menor o índice de vegetação, maior será a temperatura. Com isso, os bairros que apresentaram menores índice de vegetação estão entre 0.03 a 0.24 foram o Centro, Vila Alta, Pimenta e Santa Luzia. Os bairros que tem os maiores índices de vegetação (calculado entre 0.64 a 0.85), estão os bairros mais próximos a encosta da Chapada do Araripe, como o Granjeiro, Coqueiro, Lameiro e São Gonçalo.

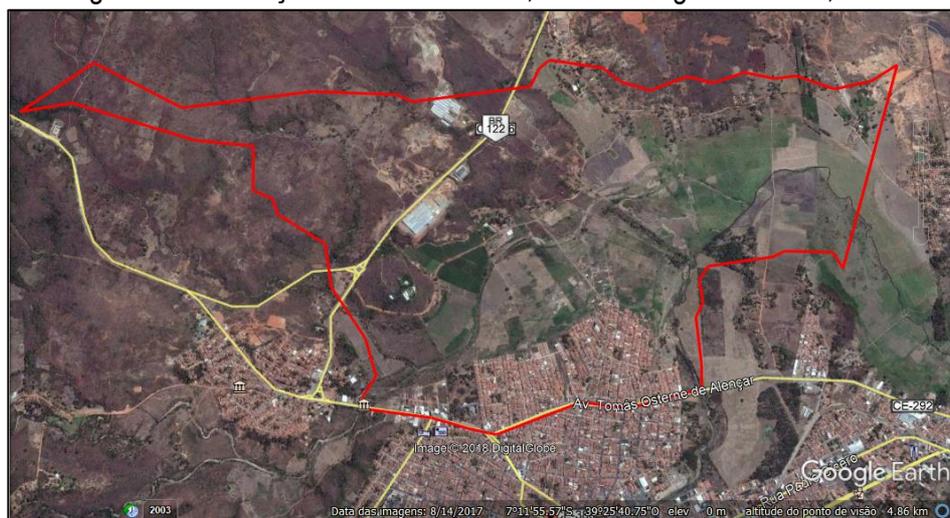
Mapa 3: Mapa do NDVI da Zona Urbana do Crato. 2017



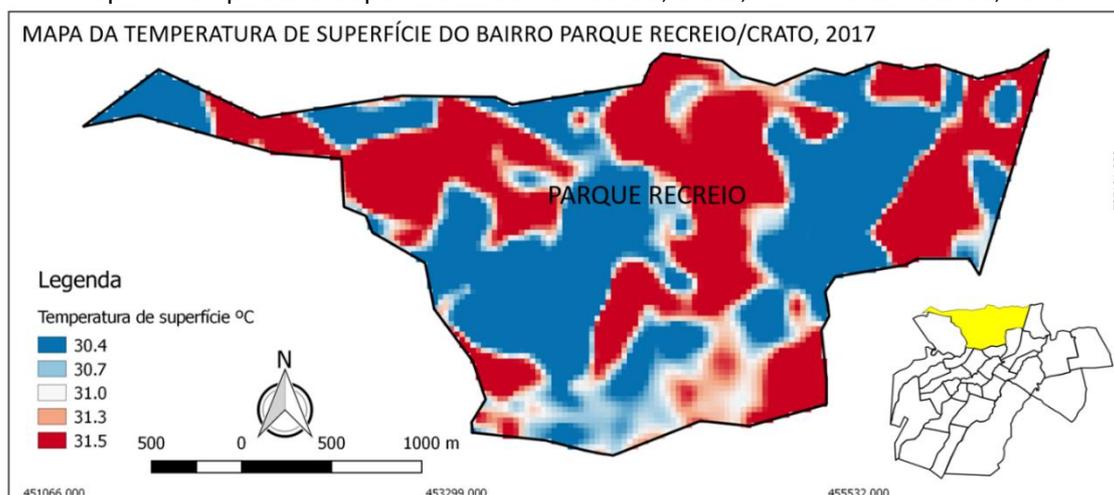
Apesar dos bairros Granjeiro e Lameiro apresentarem índice de vegetação superiores a outros bairros e temperaturas mais amenas, identificam-se áreas avermelhadas / alaranjadas no mapa com valores entre 32,4°C-35°C, representando setores do bairro onde a presença de solo exposto é maior, o que acaba ocasionando valores elevados de temperatura. Essas áreas de solo exposto correspondem a alguns setores de loteamento, sem cobertura vegetal, com NDVI em torno de 0.24.

De acordo com os dados apresentado no mapa 4 de variação de temperatura no bairro Parque Recreio, verificou-se uma temperatura de mínima de 30.4°C, enquanto que a máxima ficou em torno de 31.5°C, no período de agosto de 2017. Ao se fazer uma comparação com o mapa 5 de NDVI do bairro Parque Recreio onde o grau de vegetação varia entre 0.08 a 0.29, fator que contribuiu para o aumento da temperatura são o solo desnudo, área de pastagem, áreas residenciais, no bairro está estalado uma Cerâmica, como isso apresentando outro importante fator para a falta de vegetação e aumento da temperatura no bairro. (Figura 1). O uso do solo no meio urbano, na visão de Lombardo (1997), diretamente relacionado às atividades do ser humano, torna a cidade um fator modificador do clima regional, definindo condições do clima local.

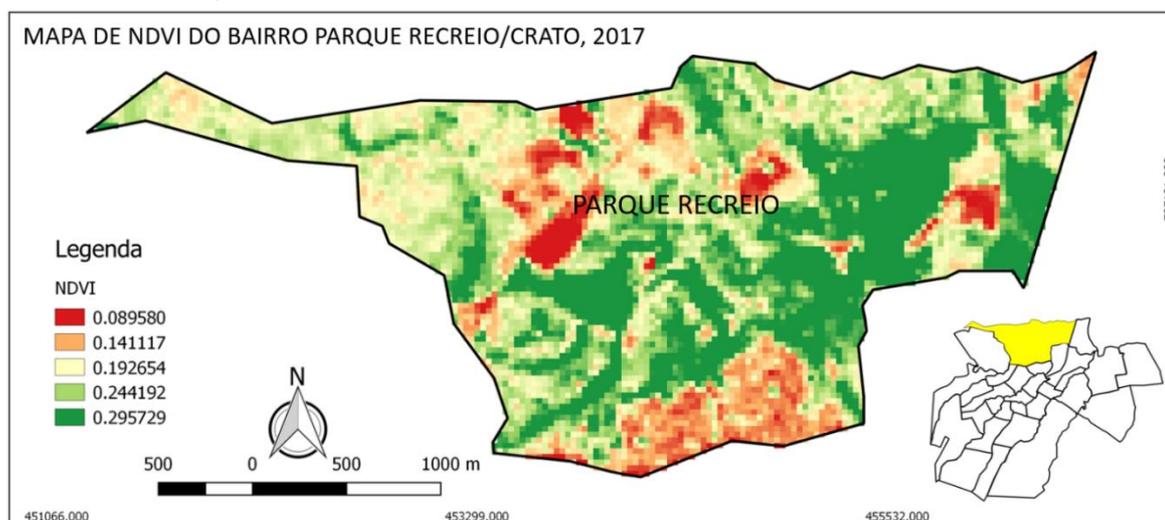
Figura 2: Delimitação do bairro Recreio, Fonte: Google Earth Pro, 2017



Mapa 4: Temperatura Superfície do bairro Recreio, Crato, 2017. Fonte Autoras, 2018

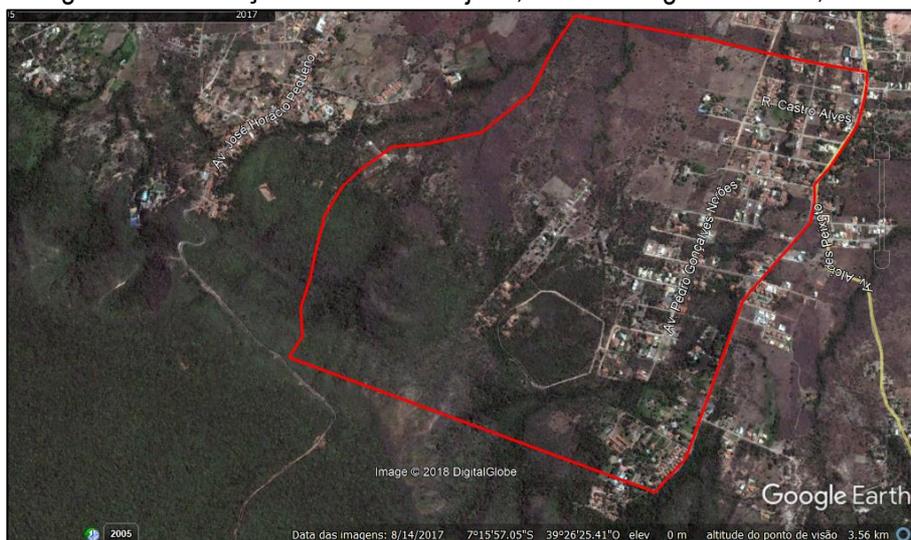


Mapa 5: NDVI do bairro Recreio, Crato, 2017. Fonte Autoras, 2018

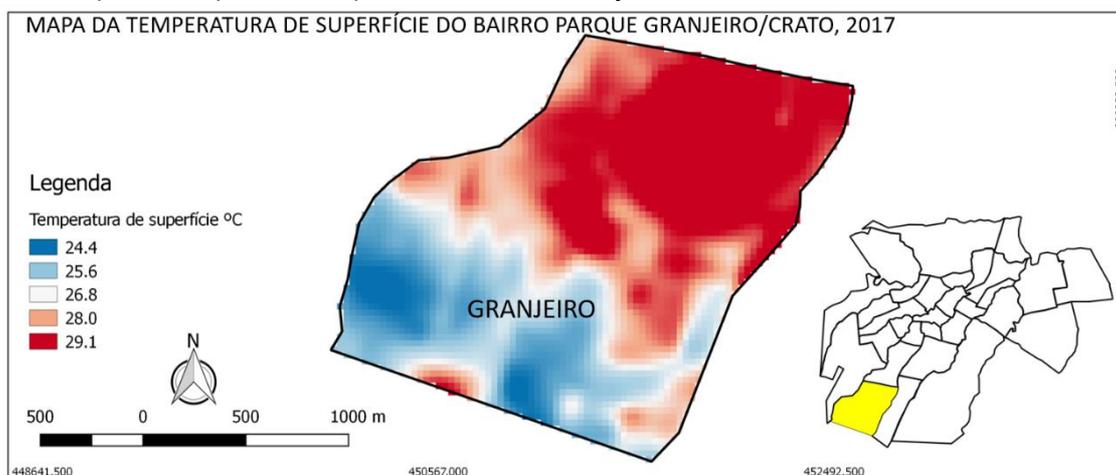


Os mapas 6 e 7 ilustram os valores de temperatura e NDVI do bairro Granjeiro, do período de agosto de 2017, a mínima de temperatura registrada foi de 24.4 °C restrita no topo e encosta da Chapada e a máxima de 29.1°C na área mais residencial do bairro, valores estes que assemelha bastante com o grau de vegetação medido pelo NDVI, onde o bairro apresentou variações entre 0.20 a 0.38, fatores bastante influenciado pelos loteamentos ou solos sem cobertura vegetal que existem próximo a encosta a umidade presente na área está associada às fontes que aflora no topo da Chapada do Araripe (Figura 2). Com isso Albuquerque et al, (2016) aborda que as áreas com vegetação são responsáveis, entre outros aspectos, pela melhoria do conforto ambiental, atuando na redução da temperatura e da poluição sonora, contribuindo, ainda, para estabilidade emocional e conforto psicológico, além de proporcionar ambientes para lazer, descanso e recreação.

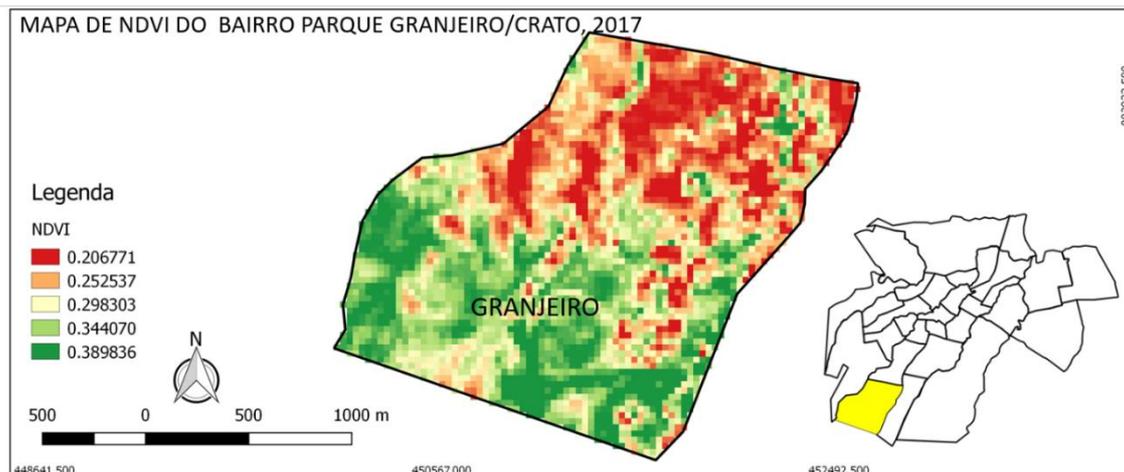
Figura 3: Delimitação do bairro Granjeiro, Fonte: Google Earth Pro, 2017



Mapa 6: Temperatura Superfície do bairro Granjeiro/Crato, 2017. Fonte: Autoras, 2018



Mapa 7: NDVI do bairro Granjeiro/Crato, 2017. Fonte: Autoras, 2018



Com relação aos valores obtidos, Holben apud Silva (2014) considera que os valores negativos ocorrem quando a reflectância no visível é maior que no infravermelho, como no caso da água. Rochas e solo exposto podem obter resultados próximos à zero por possuírem reflectâncias similares e os valores mais elevados estão atrelados à vegetação de maior vigor.

Santos (2011) adverte que nas últimas décadas o sistema atmosférico urbano é um dos mais alterados pela mudança do uso e cobertura do solo urbano, redução das áreas verdes, ações antropogênicas diversas, adensamento urbano etc.

Com relação aos resultados encontrados nos mapas de Temperatura e NDVI, pode-se dizer que área mais centrais da cidade do Crato apresentaram maiores valores de temperatura, tal fato está vinculado a necessidade de presença áreas verdes, concentração populacional e de comércio. Também, outros fatores podem contribuir nas condições climáticas de uma cidade. Com esta perspectiva, Gomes e Soares (2004, p. 28) relacionam fatores degradantes de um ambiente, comumente encontrados nas cidades, como: “[...] sujeira; trânsito; concentração populacional demasiada; construções desordenadas; ausência de elementos naturais como solo permeável, água e vegetação; bem como os diversos tipos de poluição em todas as suas dimensões são considerados”. Diferente dos bairros que apresentaram maiores índice de vegetação e consequentemente menos valores de temperatura, bairros mais próximos a encosta da Chapada do Araripe, mas, mesmo assim os bairros que apresentaram valores. Assim, o clima urbano, especialmente a distribuição da temperatura intraurbana, que além do desconforto térmico e de problemas relacionados à saúde, tem se mostrado como um indicador de exclusão social e espacial (Amorim, Dubreuil, Quenol, Sant’Anna Neto, 2009)

As áreas com vegetação são responsáveis, entre outros aspectos, pela melhoria do conforto ambiental, atuando na redução da temperatura e da poluição sonora, contribuindo, ainda, para estabilidade emocional e conforto psicológico, além de proporcionar ambientes para lazer, descanso e recreação. (ALBUQUERQUE e LOPES, 2016).

A vegetação atua diretamente na melhoria do conforto ambiental. Neste sentido, Dacanal; Labaki e Silva (2010, p. 116) afirmam que “o elemento vegetação aparece como parte integrante do projeto urbano, reconhecendo-se sua importância na alteração das condições microclimáticas e, conseqüentemente, no desempenho térmico das construções”

Para Mascaró et al. (2000), o uso da vegetação é um recurso eficiente contra o calor nas cidades tropicais úmidas, pois, além de fornecer sombreamento, permite a passagem da brisa local e absorve de maneira eficaz a radiação térmica de onda longa sobre as folhas refrescadas pela evaporação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabe-se que o clima urbano é resultante da modificação da superfície urbana, então, conhecer o comportamento térmico dos diferentes materiais construtivos é essencial para se trabalhar em prol de uma cidade mais agradável para os cidadãos. Vale destacar a importância do sensoriamento remoto no entendimento e estudo do clima urbano principalmente pelos diferentes usos e coberturas da terra, sendo as árvores grandes aliadas na diminuição do calor garantindo um conforto térmico para cidade.

O processo de urbanização que resulta na modificação da superfície, por meio da cobertura vegetal, do clima, do relevo que pode ocasionar movimento de massa principalmente quando o processo de urbanização carece de planejamento adequado ao ambiente que a cidade está inserida.

As áreas verdes urbanas, além de protegerem o solo contra processo erosivos, pode facilitar infiltração das águas e reduzindo o escoamento superficial, controlam a poluição atmosférica e melhoram, também, as condições climáticas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio do CNPq pelo financiamento do Projeto Universal edital 01/2016 (processo nº:427168/2016-3) “Geotecnologias aplicada ao estudo do Sistema Clima Urbano (S.C.U) da zona urbana do Município do Crato/Ceará”.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M. M. ; LOPES, W. G. R. INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO EM VARIÁVEIS CLIMÁTICAS: ESTUDO EM BAIROS DA CIDADE DE TERESINA, PIAUÍ. R. Ra'e Ga – Curitiba, v. 36, p 38 - 68 , Abr/2016

AMORIM, M. C. C. T., DUBREUIL, V., QUENOL, H., SANT'ANNA NETO, J. L. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). *Confins* (Paris), v.7, p.1-16, 2009. <http://confins.revues.org/index6070.html>.

COELHO, A.L.N ; CORREA, W. S. C. Temperatura de superfície celsius do sensor tirs/landsat-8: metodologia e aplicações. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 7, p. 31-45, 2013.

COELHO, A.L.N. Distribuição das Classes de Temperatura de Superfície a Partir da Faixa do Infravermelho Termal do Sensor TM/Landsat-5 no Município de Vitória (ES). In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto SBSR, 2013, Foz do Iguaçu PR. Anais do 16o Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu, PR, 13 - 18 de abril de 2013, 2013. v. 1. p. 826-833.

COSTA, F. H. dos S., FILHO, C. R. de S., RISSO, A. Análise temporal de NDVI e mapas potenciais naturais de erosão na região do Vale do Ribeira, São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007. Anais. Florianópolis, INPE, 2007. CD-ROM.

COLTRI, Priscila Pereira. Influência do uso e cobertura do solo no clima de Piracicaba, São Paulo: análise de séries históricas, ilhas de calor e técnicas de sensoriamento remoto. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.

DACANAL, C; LABAKI, L; SILVA, T. M. L. Vamos passear na floresta! O conforto térmico em fragmentos florestais urbanos. *Ambiente Construído*. Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 115-132, abr./jun. 2010.

FIALHO, Edson Soares; FERNANDES, Ludmilla Alves; CORREA, Wesley de Souza Campos. CLIMATOLOGIA URBANA: CONCEITOS, METODOLOGIAS E TÉCNICAS. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], jun. 2019. ISSN 2237-8642. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/65748>>. Acesso em: 27 julho. 2019. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v1i0.65748>.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Perfil Básico Municipal-Crato. Fortaleza. Disponível em: <www.ipece.ce.gov.br>. Acesso em: 14 jul. 2018

JESUS, Silvia Cristina de; BRAGA, Roberto. Análise espacial das áreas verdes urbanas da estância de águas de São Pedro. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 18, n. 16, p. 207-224, out. 2005

GOMES, Marcos Antônio Silvestre; SOARES, Beatriz Ribeiro. Reflexões sobre qualidade ambiental urbana. *Estudos Geográficos*, Rio Claro, v. 2, n. 2, p. 21-30, jul-dez. 2004.

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

MASCARÓ, J. L.; MASCARÓ, L.; SOUTO, A. E.; SKOWRONSKI, A.; SOUZA, L. R.; LOPES, V. P. C. Arborização Urbana: Aspectos Ambientais, Energéticos e de Harmonia com a Infra-Estrutura Urbana. In: ENCONTRO NACIONAL DE

PAISAGISMO EM ESCOLAS DE ARQUITETURA E URBANISMO NO BRASIL. 5., 2000. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: FAUFRJ, 2000.. 1 CD

MENDONÇA, Francisco. O estudo do clima urbano no Brasil: evolução, tendências e alguns desafios. In: MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo; MENDONÇA, Francisco. Clima Urbano. São Paulo: Contexto, p 175-192, 2009.

MONTEIRO C. A de F. Teoria e clima urbano. Série Teses e Monografias, São Paulo:USP/Igeog, n 25. 1976.

MONTEIRO, C. A. F. MENDONÇA, F. Clima Urbano. São Paulo: Contexto, 2011. 2ª edição.

MOREIRA, M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicações. 4. Ed.atual e ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011. 422p.

NASCIMENTO, D. T. F. Emprego de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento na análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia-GO (1986/2010). 2010. 98 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2011.

PINHEIRO, M. A.; REIS, E. M. ; NASCIMENTO, J. S. ; SILVA, J.M.O . Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), na microbacia o rio Salamanca, Barbalha Ceará. In: XVI Simpósio de Geografia Física e Aplicada. Territórios Brasileiros: Dinâmicas, potencialidades e vulnerabilidades. Teresina-PI, 2015

RIBEIRO, E. A. W. Operações aritméticas com o Spring para o estudo da vegetação. Presidente Prudente: Azimute, v. 1, 2012

Rouse, J.W.; Haas, R.H.; Schell, J.A.; Deering, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In Earth Resources Tecnology Satellite - 1 Symposium, 3, 1973. Proceedings. Washington, 1973, v.1, Sec. A, p. 309-317

SANTOS J. S. Campo térmico urbano e a sua relação com uso e cobertura do solo em uma cidade tropical úmida. Campina Grande: UFCG. 108 p. Tese de Doutorado. 2011.

SILVA, G.F.G. Análise de Sensibilidade do NDVI na parametrização da Modelagem Atmosférica para a região Oeste do Pará. 2014. 114 p. Dissertação de Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém, 2014