



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

# IDENTIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO NOS BAIRROS ADJACENTES AO PARQUE DO COCÓ (Fortaleza-CE) E SUA INFLUÊNCIA NA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE LOCAL UTILIZANDO TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO

David Ribeiro Lino <sup>(a)</sup>, Thiago Costa dos Santos <sup>(b)</sup>, Márcio Regys Rabelo de  
Oliveira <sup>(a)</sup>, Thales Rafael Guimarães Queiroz <sup>(a)</sup>, Adunias dos Santos Teixeira <sup>(a)</sup>

<sup>(a)</sup> Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará- UFC,  
rdavid.lino@gmail.com; marcioregys@yahoo.com.br; thalesraf04@hotmail.com; adunias@ufc.br.

<sup>(b)</sup> Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal do Ceará- UFC,  
thiagoengagronomo@hotmail.com.

**Eixo:** A Climatologia no contexto dos estudos da paisagem e socioambientais.

## Resumo

O Parque do Rio Cocó sofreu ação antrópica no processo de urbanização dos bairros em sua adjacência. Este mal planejamento contribuiu com as ilhas de calor. Assim, este trabalho apresentou como objetivos analisar o uso e ocupação da cobertura do solo no entorno dos bairros adjacentes do Rio Cocó nos anos de 1996, 2014 e 2018 e sua relação com a temperatura de superfície da área de interesse. Foi realizada uma classificação das unidades de uso e cobertura do solo a partir das imagens de satélites, onde foram definidas cinco unidades. A temperatura de superfície do ano de 1996 foi estimada através da metodologia de Malaret e dos anos de 2014 e 2018 através da transformação do número digital para temperatura. Foi constatado um aumento na área urbana entre os anos de 1996 e 2018, em detrimento das demais unidades. As temperaturas das áreas urbanizadas foram superiores as demais áreas.

**Palavras chave:** urbanização, geoprocessamento, ilhas de calor.

## 1. Introdução

A maior parte dos corpos hídricos localizados em áreas urbanas no território brasileiro, como o Rio Cocó, que cruza a cidade de Fortaleza/CE, sofre grande influência das ações antrópicas. O acelerado crescimento da urbanização, sem o monitoramento por parte do poder



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

público, acarretou em um forte avanço de edificações nas áreas de várzea e nas margens do rio que conduziram a significativas mudanças no ambiente natural (FREIRE et al., 2014).

Todas essas mudanças não só alteram a paisagem local, como também, comprometem a biodiversidade, impossibilitam a navegação, inibem atividades recreativas, educativas e turísticas, inviabilizando, conseqüentemente, o desenvolvimento de práticas sustentáveis (FREIRE et al., 2014). Atualmente, mais de 50% da população mundial vivem em cidades e espera-se que a população urbana chegue a 81% em 2030. 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).

SOUZA (2004) afirma que as cidades mal planejadas sofrem graves problemas com o fenômeno denominado ilha de calor, que ocorre em locais com excessiva quantidade de construções e baixa concentração de áreas verdes onde a temperatura é mais elevada que áreas vizinhas não urbanizadas

A população da cidade de Fortaleza, localizada na região Nordeste do Estado do Ceará, vêm padecendo dos efeitos negativos do demasiado aquecimento dos seus espaços. O presente trabalho tem como objetivos principais: analisar o processo de uso da cobertura do solo no entorno dos bairros adjacentes do Rio Cocó nos anos de 1996, 2014 e 2018, utilizando imagens dos satélites: TM/LandSat-5, OLI/LandSat-8 e REIS/RapidEye. Especificamente, objetivou-se gerar mapa de uso e cobertura do solo da área de estudo, cada ano de imageamento; e quantificar e mapear a evolução da área urbana no entorno do estuário do Rio Cocó para o período de 1996/2018. Ainda, estimar a temperatura da superfície, e posteriormente; identificar a dinâmica da temperatura para o mesmo período, utilizando dados da banda térmica do LandSat-5 sensor TM, do LandSat-8 sensor TIRS e técnicas de geoprocessamento, e investigar a relação entre a temperatura da superfície e a cobertura do solo na cidade de Fortaleza/CE.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado na área onde está inserido o Parque Estadual do Cocó, localizado na porção Nordeste da cidade de Fortaleza, no Estado do Ceará (Figura 1).

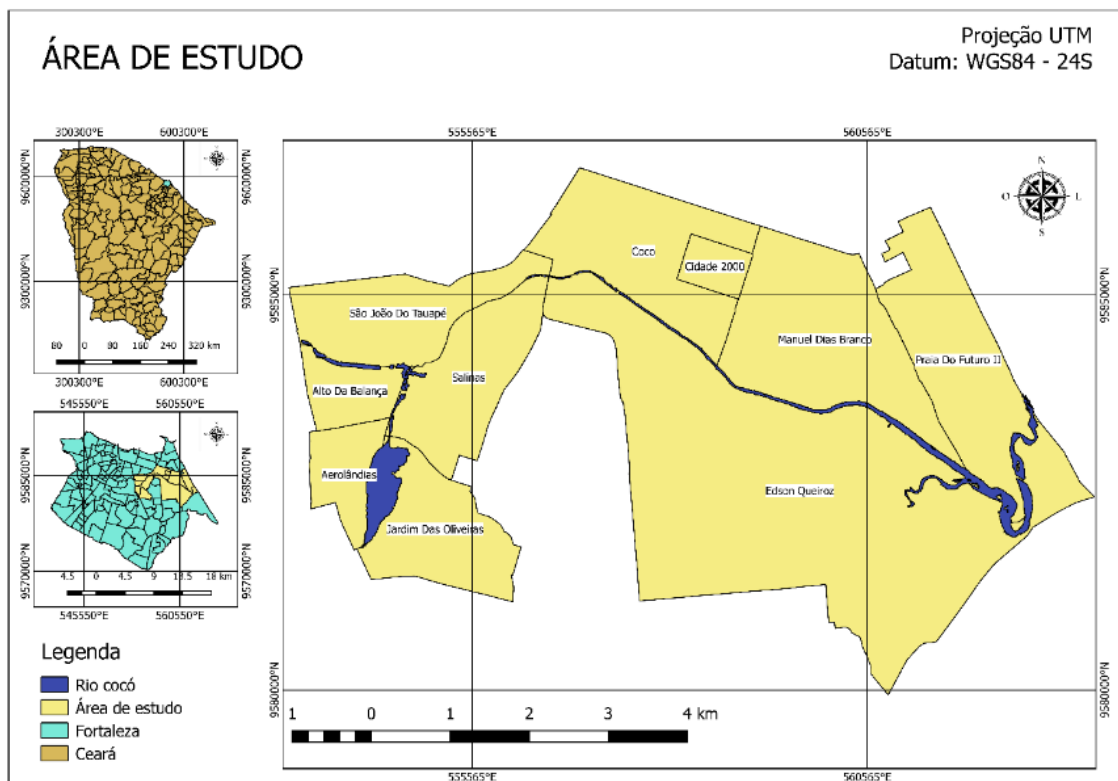


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

A área do parque está inserida apenas no Município de Fortaleza e inclui as áreas de maior fragilidade do ponto de vista ambiental, recebendo grande influência da urbanização de seu entorno.

### 2.2. Obtenção das imagens

Nesse trabalho foram utilizadas imagens dos satélites Landsat-5, LandSat-8 e RapidEye. As imagens do LandSat foram obtidas no catálogo do United States Geological



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Survey (USGS), enquanto que a imagem do RapidEye foi obtida no catálogo do Ministério do Meio Ambiente (MMA). Os critérios para seleção das imagens foram as condições meteorológicas semelhantes, mínima presença de nuvens e que correspondiam a mesma época do ano.

Foram utilizadas imagens dos anos: 1996, 2014 e 2018. Para classificação do uso e cobertura do solo, foram utilizadas imagens do visível e infravermelho próximo/médio dos sensores: TM (LandSat-5), OLI (LandSat-8) e REIS (RapidEye). Com o intuito de estimar a temperatura de superfície utilizou a imagem do infravermelho termal do sensor TIRS (banda 10) com intervalo espectral de 10.6 -11.19 $\mu$ m e o sensor TM (banda 6) com intervalo espectral de 10.4 -12.5 $\mu$ m. As características das imagens estão presentes na Tabela 1.

Tabela I - Características das imagens utilizadas no estudo.

Satélite	Orbita/Ponto ou ID	Data	Sensor
LandSat-5	217/063	02/07/1996	TM
LandSat-8	217/02	13/06/2018	OLI/TIRS
RapidEye	2437317	10/07/2014	REIS

### 2.3. Processamento das imagens

#### 2.3.1. Classificação das imagens

Considerando a resolução espacial de 30 m dos sensores embarcados nos satélites LandSat-5 e LandSat-6 e o tamanho da área de estudo ser aproximadamente 1 mil vezes menor do que a área de toda a cena, optou-se pela classificação de imagens não supervisionada, por razão da grande dificuldade de criar áreas de interesse para uma classificação supervisionada. Desta forma, o método utilizado foi IsoData. Para este tipo de classificação deve-se especificar o número destas classes, delimitando assim o número de classes possíveis a serem encontradas na área especificada (VENTURIERI e SANTOS, 1998). Para a classificação das imagens,



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

foram utilizados como parâmetros um mínimo de 5 classes e um máximo de 10 classes. Foram utilizadas com iterações no algoritmo, este número de iterações exige um alto nível de processamento da máquina, no entanto, para uma área pequena, este número apresentou ótima eficiência.

Para a manipulação e classificação dos dados foram utilizados os *softwares* QGIS 2.18.17 e Envi Classic 5.2. Após a classificação, foi realizado combinações de classes, que são: área urbana, solo exposto, rio, lagoas e alagadiços e vegetação. A classificação da imagem do ano de 1996 foi comparada com a classificação da imagem de 2014 e 2018. Considerando a resolução espacial de 30m do LandSat e 5m do RapidEye, é esperado uma classificação com níveis diferentes em detalhamento.

### 2.3.2. Mapeamento da temperatura de superfície

Foi realizado o cálculo da temperatura de superfície sem correção atmosférica a partir da conversão dos níveis de cinza da banda 10 (LandSat-8) em radiância espectral através da equação 1. Os dados de entrada para os dois satélites citados estão na Tabela 2.

$$L_{\lambda} = \left( \frac{L_{max\lambda} - L_{min\lambda}}{Q_{cal\ max} - Q_{cal\ min}} \right) \times (Q_{cal} - Q_{cal\ min}) + L_{min\lambda} \quad (1)$$

onde:

$L_{\lambda}$  = Radiância espectral,  $W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$ ;

$Q_{cal}$  = Valor quantizado e calibrado do pixel em nível de cinza, DN;

$Q_{cal\ min}$  = Valor mínimo do pixel em níveis de cinza, DN;

$Q_{cal\ max}$  = Valor máximo do pixel em níveis de cinza, DN;

$L_{min\lambda}$  = Radiância espectral mínima,  $W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$ ;

$L_{max\lambda}$  = Radiância espectral máxima,  $W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$ .



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Tabela II – Dados de entrada para o cálculo da radiância

	LandSat-8
$Q_{cal\ min}$	1
$Q_{cal\ max}$	255
$L_{min\lambda}$	1.238
$L_{max\lambda}$	15.303

Posteriormente a radiância espectral foi convertida em temperatura (Kelvin) a partir da equação modificada de Planck (equação 2). As constantes térmicas foram obtidas no arquivo de metadados obtidas no download das imagens no site da USGS.

$$T_{sc} = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (2)$$

onde:

$T_{sc}$  = Temperatura sem correção atmosférica, Kelvin;

$K_1$  = Constante de calibração 1 (607.76/LandSat-5 e 774.8853/LandSat-8);

$K_2$  = Constante de calibração 2 (1260.56/LandSat-5 e 1321.0789/LandSat-8);

$L_\lambda$  = Radiância espectral,  $W/m^2\ sr\ \mu m$ ).

O cálculo da temperatura de superfície para a banda 6 (LandSat-5) foi realizado utilizando a metodologia proposta por Malaret et al. (1985), que converte o número digital de cada pixel nos respectivos valores de temperatura, em Kelvin, empregando-se, para tanto, uma fórmula baseada em um modelo de regressão quadrática, o qual encontra-se referenciado pela Equação 3.

$$T = 209,831 + 0,834 \cdot DN - 0,0013 \cdot DN^2 \quad (3)$$

onde:

T = Temperatura sem correção atmosférica, Kelvin;

DN = Número digital de cada pixel.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

As temperaturas resultantes foram convertidas para graus Celsius (°C) com a subtração do valor da temperatura do ponto de congelamento da água ao nível do mar, que equivale a 273,15 K. As imagens de temperatura de superfície foram classificadas e foi aplicada uma escala cromática de falsa-cor às imagens resultantes, com o intuito de melhor identificar o comportamento da temperatura dos alvos nas imagens.

### 3. Resultados e Discussão

Para os mapas de 1996 (Figura 2a), 2014 (Figura 2b) e 2018 (Figura 2c) foram definidas 5 unidades de uso e cobertura do solo: área urbana; solo exposto; rio; lagoa e alagadiços; vegetação.

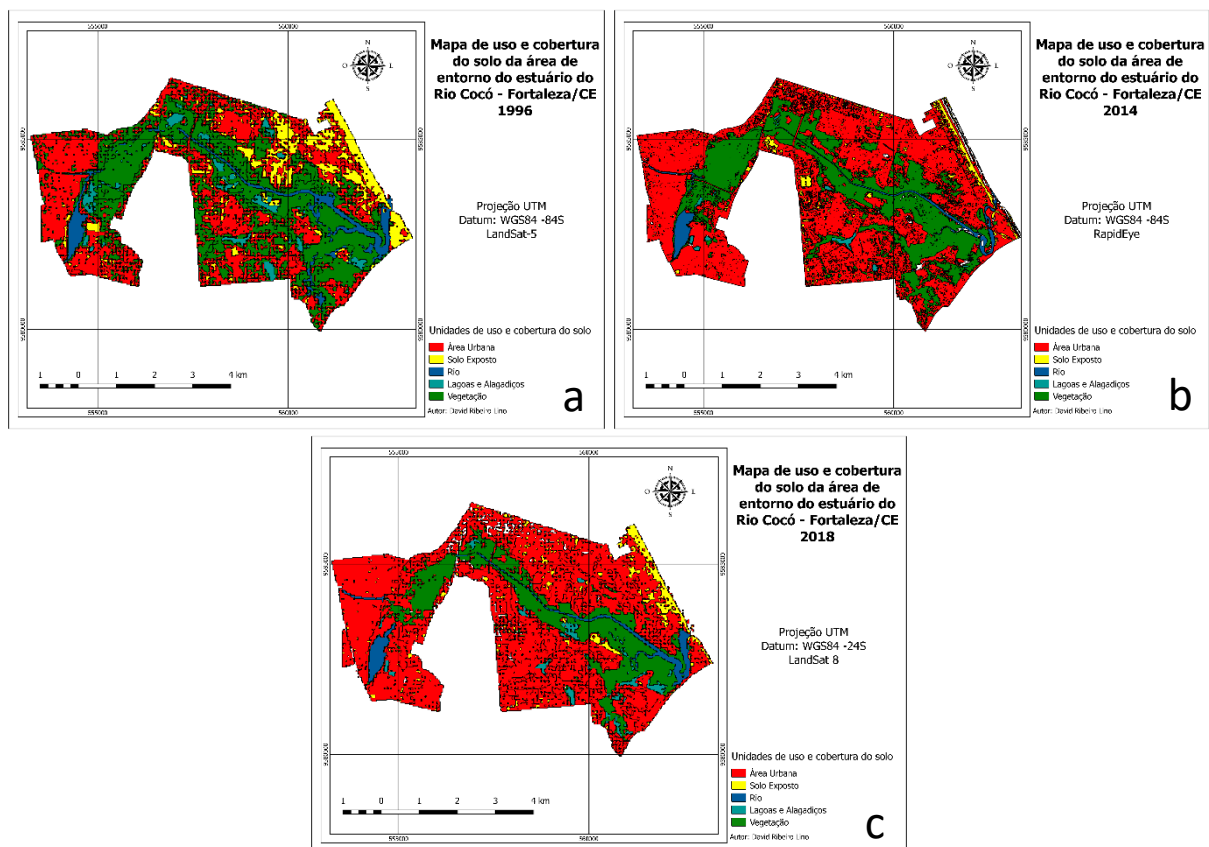


Figura 2 – Mapa de uso e cobertura do solo nos anos de 1996, de 2014 e de 2018.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

As mudanças que ocorreram nos bairros localizados entorno do estuário do Rio Cocó podem ser constatadas a partir das mudanças nas áreas das unidades de uso e cobertura do solo nos anos de 1996, 2014 e 2018, encontra-se na Tabela 3.

Tabela III – Comparação das unidades de uso e cobertura do solo para os anos de 1996, 2014 e 2018.

Unidades de uso e cobertura do solo	Ano					
	1996		2014		2018	
	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
Área Urbana	14.475	<b>41.19%</b>	22.121	<b>62.94%</b>	24.429	<b>69.51%</b>
Solo Exposto	3.617	<b>10.29%</b>	1.469	<b>4.18%</b>	1.863	<b>5.30%</b>
Rio	1.847	<b>5.26%</b>	0.917	<b>2.61%</b>	1.302	<b>3.70%</b>
Lagoas e Alagadiços	1.347	<b>3.83%</b>	0.235	<b>0.67%</b>	0.888	<b>2.53%</b>
Vegetação	13.86	<b>39.44%</b>	10.404	<b>29.60%</b>	6.664	<b>18.96%</b>
Total	35.146	<b>100.00%</b>	35.146	<b>100.00%</b>	35.146	<b>100.00%</b>

Como parâmetro de comparação, as áreas das unidades do mapa da 1996 e 2018 apresentaram uma maior concordância na evolução das áreas de unidade e cobertura do solo, isto é explicado porque estes sensores possuem a resolução espacial, visto que cada pixel possui uma área de 900m<sup>2</sup> enquanto que a área do pixel no RapidEye são 25 m<sup>2</sup>, resultando é um maior nível de detalhamento. No mapa de 2014, apresentou valores crescente da área urbana e valores decrescentes para as demais unidades de uso e cobertura do solo, este mesmo comportamento apresentou o ano de 2018 em comparação ao ano de 1996 (Figura 3). A pesar da invasão da área urbana nas unidades de vegetação, esta por sua vez apresentou ampliação sobre as áreas de rio, lagoas e alagadiços, resultado do acumulo de plantas sobre a superfície d'água ou assoreamento, provocado pela eutrofização e erosão nestes corpos d'água (Figura 3).





XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019



Figura 3 - Evolução das unidades de uso e cobertura do solo nos anos de 1996, 2014 e 2018.

A área urbana foi a unidade que apresentou a mudança mais acentuada entre 1996 e 2018, durante o período analisado a malha urbana cresceu 9,95 km<sup>2</sup>. A ampliação da área urbana se deu a partir de seu avanço sobre as unidades de uso e cobertura do solo, como as unidades de vegetação, de solo exposto, de rio e de lagoas e alagadiços.

Como pôde ser observado, entre as 5 unidades de uso e cobertura do solo mapeadas entre 1996 e 2018 a área urbana foi a única que apresentou crescimento. O incremento verificado na área urbana se deu à custa da redução nas áreas das demais unidades. Na Figura 4 pode ser observado o crescimento da área urbana em relação às outras unidades no decorrer do período analisado.

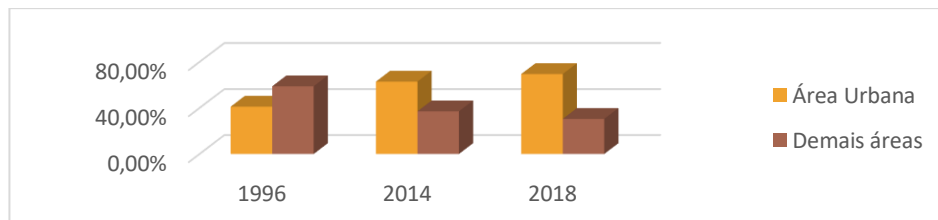


Figura 4 – Comparação entre a evolução da área urbana e das demais unidades de uso e cobertura do solo.

No ano de 1996, a temperatura de superfície da área apresentou variação em função das unidades de uso e cobertura do solo. Nas áreas em que se encontra o rio e vegetação as temperaturas são menores em relação as áreas urbanizadas e com solo exposto (Figura 5a). Em



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

2014 e 2018 constatou-se um aumento da área urbanizada, nestas áreas a temperatura da superfície aumentou em relação as áreas não urbanizadas e ao ano de 1996 (Figura 5bc).

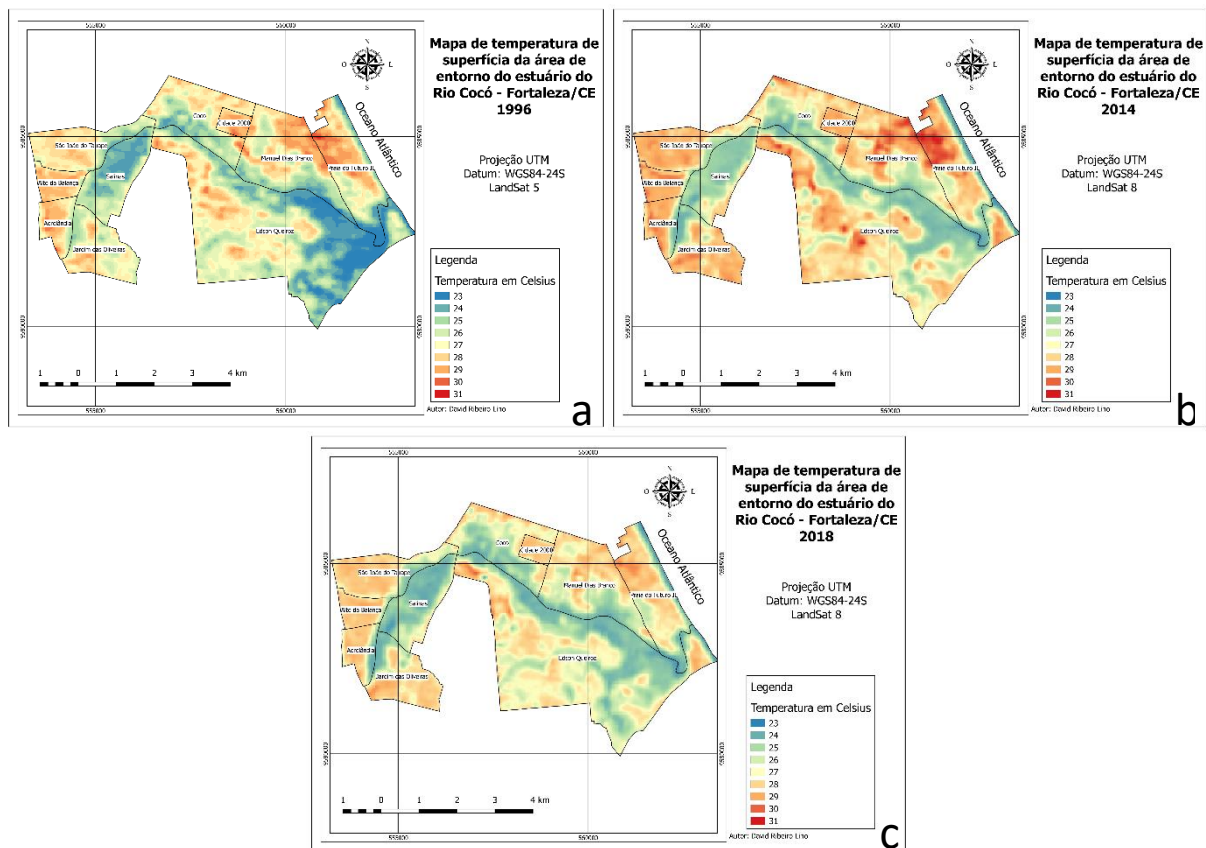


Figura 5 - Temperatura de Superfície, sem correção atmosférica e composição colorida para o Landsat-8, nos anos de 1996, de 2014 e de 2018.

Na Tabela 4 tem-se as temperaturas mínimas e máximas para os anos de 1996, 2014 e 2018. Entre o ano de 1996 e 2018, a temperatura mínima na área de estudo aumentou  $2.84^{\circ}\text{C}$  enquanto que a temperatura máxima reduziu  $0.61^{\circ}\text{C}$ . A média de temperatura no ano de 2018, na região, aumentou  $0.84^{\circ}\text{C}$  em comparação ao ano de 1996.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Tabela IV – Temperaturas nos anos de 1996, 2014 e 2018.

Ano	Temperatura em Celsius		
	Mínimo	Máximo	Média
1996	23.11	29.65	25.95
2014	23.62	30.39	27.49
2018	25.95	29.04	26.79

Na Figura 6, tem-se o mapa da diferença de temperatura entre os anos de 2018 e 1996, as cores mais quentes expressam as áreas onde ocorreram um aumento de temperatura, enquanto que as cores mais frias expressam as áreas onde ocorreram uma redução de temperatura. Na região de vegetação a temperatura não apresentou variações expressivas, enquanto que nas regiões que houve uma expansão da área urbana é possível perceber este aumento.

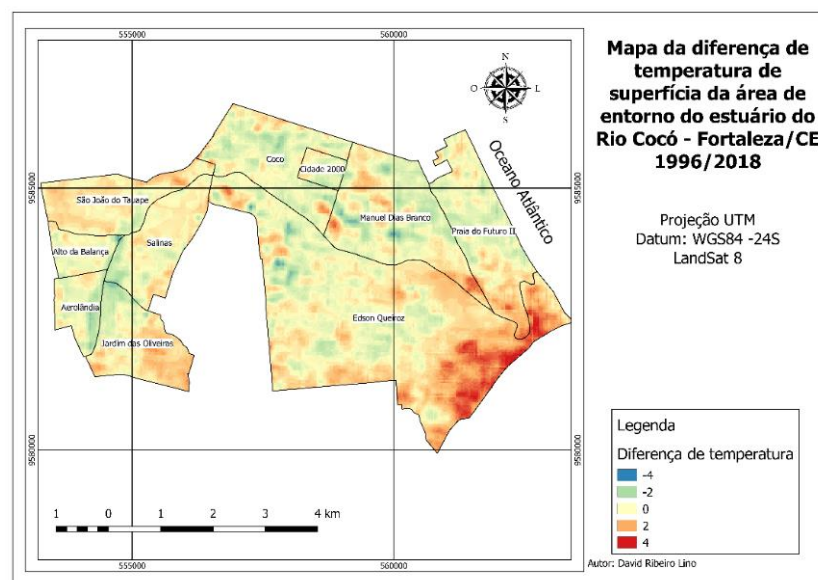


Figura 6 – Diferença de temperatura de superfície entre os anos de 1996 e 2018.

O fato de a classe urbanização apresentar temperaturas mais elevadas no período de 2014 e 2018 resulta da substituição das superfícies naturais como, como água, vegetação e solo



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

nu, por materiais, como concreto e asfalto, resultando na diminuição da cobertura vegetal e alterando expressivamente as propriedades térmicas, aerodinâmicas, radiativas e impermeabilidade da área urbana (OKE & MAXWELL, 1975).

#### **4. Conclusão**

Foi possível constatar a evolução urbana ocorrida nos bairros localizados no entorno do estuário do Rio Cocó no decorrer de 22 anos. Entre as unidades de uso e cobertura do solo mapeadas, a única que apresentou crescimento foi a área urbana. Em 1996 a temperatura de superfície da área foi menor do que a temperatura dos anos de 2014 e 2018.

#### **5. Referências Bibliográficas**

IMHOFF, 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.

FREIRES, Eduardo Viana et al. Análise socioambiental do entorno do estuário do Rio Cocó–Fortaleza/Ceará. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 1487-1511, 2014.

OKE, Timothy R.; MAXWELL, G. Brett. Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver. **Atmospheric Environment** (1967), v. 9, n. 2, p. 191-200, 1975.

MALARET, Erica. Landsat-4 and Landsat-5 Thematic Mapper data quality analysis. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 51, p. 1407-1416, 1985.

VENTURIERI, Adriano; SANTOS, JR dos. Técnicas de classificação de imagens para análise de cobertura vegetal. **Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura**, v. 2, p. 351-371, 1998.

SOUZA, L. C. L. Ilhas de calor. **Jornal Unesp**, São Paulo, v.18, n.186, p.11, 2004.