



Universidade Federal
de Campina Grande

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR - CCTA
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - UAGRA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LUCAS MARTINS DE ARAÚJO

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SUA ASSOCIAÇÃO COM A
TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE NO MUNICÍPIO DE
POMBAL – PB

POMBAL-PB

2021

LUCAS MARTINS DE ARAÚJO

**USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SUA ASSOCIAÇÃO COM A
TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE NO MUNICÍPIO DE
POMBAL – PB**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação de Curso de
Agronomia da Universidade Federal de
Campina Grande - UFCG, Campus
Pombal, para obtenção do grau de
Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Profa. Dra. Rosilene Agra
da Silva
Coorientador: Prof. M.Sc. Diêgo Lima
Crispim

POMBAL-PB

2021

A663u

Araújo, Lucas Martins de.

Uso e ocupação do solo e sua associação com a temperatura da superfície no município de Pombal – PB . / Lucas Martins de Araújo. - Pombal, 2021.

31 f. : il. Color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2021.

"Orientação: Profa. Dra. Rosilene Agra da Silva; Coorientadora: Ms. Diêgo Lima Crispim."

Referências.

1. Sensoriamento remoto. 2. Geotecnologias. 3. Ocupação do solo. 4. Atividades antrópicas. 5. Análise ambiental. 6. Uso do solo. 7. Solo - ocupação - Pombal - Paraíba. 8. Solo - uso - Pombal - Paraíba. I. Silva, Rosilene Agra da. II. Crispim, Diêgo Lima. III. Título.

CDU 528.8(043)

LUCAS MARTINS DE ARAÚJO

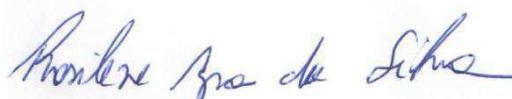
**USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SUA ASSOCIAÇÃO COM A
TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE NO MUNICÍPIO DE
POMBAL – PB**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação de Curso de
Agronomia da Universidade Federal de
Campina Grande - UFCG, Campus
Pombal, para obtenção do grau de
Bacharel em Agronomia.

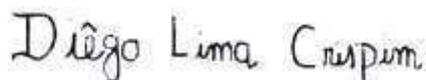
Data: 18/05/2021

Conceito: APROVADO

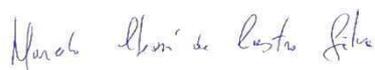
BANCA EXAMINADORA



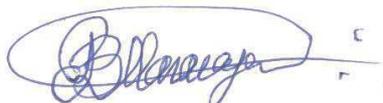
Profa. Dr.^a. Sc. Rosilene Agra da Silva
Orientadora (UAGRA/UFCG)



Prof. M. Sc. Diêgo Lima Crispim
Coorientador (PPGEC/UFPA)



Prof. D. Sc. Marcelo Cleón de Castro Silva
Examinador Interno (UAGRA/UFCG)



Prof. D. Sc. Patrício Borges Maracajá
Examinador Externo
POMBAL-PB

2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por não ter me deixado desistir e por ter abençoado a minha caminhada até aqui. Em segundo lugar, agradeço à minha família: aos meus pais – Maria Lúcia Martins Nóbrega de Araújo e Manoel Missias Dias de Araújo – por todo o apoio e dedicação ao longo desses anos; às minhas irmãs – Emmanuela Leilane Martins Nóbrega Araújo Dias, Danielle Martins Nóbrega Araújo Dias (in memorian), Moama Ayane Martins Nóbrega Araújo Dias e Bruna Martins Nóbrega Araújo Dias – por terem sido exemplos tão importantes para mim em suas vidas pessoais e profissionais; aos demais integrantes da nossa família, meus cunhados – Marcelo, Tabira e Valter – e à minha amada sobrinha, Elis Dias Cortez, por tantos sorrisos e alegrias em meio aos trabalhos e provas dos últimos três anos da graduação.

Agradeço ainda à minha esposa, Rebeca Calado Mendonça, por todo o incentivo, por não ter me deixado desistir, pela família que pudemos formar e pelo cuidado nesse primeiro ano do nosso filho, José Lucas Mendonça Martins.

Gostaria de agradecer aos mestres, que tanto me ensinaram ao longo do Curso, Prof. Patrício Maracajá, Prof. Rosilene Agra e Prof. Anielson. Não posso deixar de registrar o meu agradecimento também aos meus companheiros de luta nessa jornada – Arthur Ramon, Barrinha da Churrascaria dos Amigos, Carlos Alberto, Danilo Linhares e família, Francisco Lago, Gustavo Rolim, Iessus Baibatão, Irlan, Ítalo Ramos, Luciano Chopp, José do Bar Centenário, Mateus Lins, Mateus Xiva, Melissa Dourado, Moisés Esdras, Negão Erik, Ricardo Azevedo, Rony Kelson, Telhoça Lazer Paraíso, Tia Xica e Ulysses. E ainda aos meus amigos da cidade de Pombal, Tarcísio e família.

RESUMO

As mudanças ocasionadas no meio ambiente pelas atividades antropogênicas ocasionam impactos ambientais negativos, por exemplo, processo de erosão em solos expostos devido à retirada da cobertura florestal, alteração da temperatura da superfície e na atmosfera, entre outros. Assim, ações ocasionadas pelo homem necessitam de estudos em diferentes escalas espaciais, de modo a compreender essas mudanças no meio natural que afeta negativamente os habitantes na esfera social e econômica. O presente estudo teve como objetivo observar as mudanças no uso e ocupação do solo e associar com a temperatura de superfície (TS) do município de Pombal-PB referente ao período de 1986 a 2016. Nessa pesquisa foram usadas as bandas 3, 4 e 5 do sensor TM/Landsat 5 e as bandas 4, 5 e 6 do OLI/Landsat 8 para analisar as mudanças do uso e ocupação do solo. Para determinar a TS serão empregadas duas imagens multiespectrais (bandas do infravermelho termal), através dos sensores TIRS (Thermal Infrared Sensor), referentes às bandas 6 e 10, Landsat 5 e 8, respectivamente, nos quais possuem resoluções de 30 metros, para os anos de 1986, 1996, 2006 e 2016. Para determinar as classes de uso e ocupação do solo será aplicado o método da Máxima Verossimilhança (MAXVER). Para aferir as composições das classes determinadas pelo MAXVER, será empregado a técnica estatística, índice de Kappa (K). Os resultados que se pretende alcançar consiste em constatar se algumas classes de uso do solo se sobrepuseram a outra para o período observado. Ao mesmo tempo, observar se a dinâmica de uso do solo está relacionada com o aumento ou diminuição da temperatura de superfície.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema De Informação Geográfica. Geotecnologias. Análise Ambiental. Atividades Antrópicas.

ABSTRACT

The present study aimed to observe changes in land use and occupation and to associate with the surface temperature (ts) of the municipality of Pombal-PB for the period from 1986 to 2016. In this research, bands 3, 4 and 5 were used. TM / Landsat 5 sensor and OLI / Landsat 8 bands 4, 5 and 6 to analyze changes in land use and occupation. To determine the TS, two multispectral images (thermal infrared bands) were used, through TIRS sensors (thermal infrared sensor), referring to bands 6 and 10, Landsat 5 and 8, respectively, in which they have resolutions of 30 meters, for years 1986, 1996, 2006 and 2016. To determine the classes of land use and occupation, the maximum likelihood method (maxver) was applied. To measure the compositions of the classes determined by maxver, the statistical technique, Kappa index (k), was used. The results showed that in the surveyed time scale (1986 to 2016) that the classes of land use and occupation that showed growth were anthropized area (13.71%) and exposed soil (12.01%), in contrast, the Caatinga class thinning showed a reduction (48.76%). The results of the Kappa index indicated an excellent degree of performance for the four periods analyzed. The results showed that areas with vegetation (<28 °C) or close to bodies of water (28 to 32 °C) had the lowest average surface temperatures between the years 1986 to 2016.

Keywords: Geographic information system. Geotechnologies. Environmental analysis. Anthropic activities.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização do município de Pombal-PB	25
Figura 2. Mapa de uso e cobertura do solo (UCS) do município de Pombal - PB.....	30
Figura 3. Mapa de temperatura de superfície do município de Pombal - PB.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Critérios aplicados para determinação da temperatura de superfície (TS)	28
Tabela 2. Índice de Kappa (k) e nível de desempenho da classificação das classes de uso e ocupação do solo	29
Tabela 3. Usos e cobertura do solo e áreas em porcentagens para os anos de 1986, 1996, 2006 e 2016	29
Tabela 4. Índice Kappa e o grau de desempenho das respectivas qualidades da classificação para os períodos estudados	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
K	Kappa
MAXVER	Máxima Verossimilhança
NC	Nível cinza
PB	Paraíba
PL	Pombal
SR	Sensoriamento remoto
USGS	Serviço Geológico dos Estados Unidos
TS	Temperatura de superfície
TST	Temperatura de superfície terrestre
TIRS	Thermal Infrared Sensor

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS	19
2.1 OBJETIVO GERAL	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
3.1 GEOTECNOLOGIA	20
3.2 ATIVIDADES ANTRÓPICAS	Erro! Indicador não definido.
3.3 MODIFICAÇÕES NO USO DO SOLO	Erro! Indicador não definido.
4. MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1 TIPO DE PESQUISA	Erro! Indicador não definido.
4.2 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	25
4.2 OBTENÇÃO DAS IMAGENS DE SATÉLITE	27
4.3 DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE (TS)	27
4.4 CLASSIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Mashiki e Campos (2013) o avanço das geotecnologias, dos dados oriundos do sensoriamento remoto e o aperfeiçoamento nas resoluções das imagens de satélite atualmente, viabiliza a aquisição de várias informações do espaço terrestre. Desse modo, uma dentre as informações obtidas com as imagens de satélite é a temperatura de superfície terrestre (TST), adquirida através da captação da energia eletromagnética difundida por algum componente ou objeto.

Para Veloso et al. (2016), as geotecnologias consistem em um importante instrumento para pesquisas científicas e gestão dos recursos naturais, ao agrupar um conjunto de métodos e informações de ordem cartográfica. Assim, o sensoriamento remoto (SR) representa uma dessas técnicas, sendo relevante por abranger dados concernentes da superfície terrestre sem que ocorra um contato direto com o objeto alvo de investigação, em escalas temporais e especiais distintas, o que proporciona uma melhor efetividade na definição das características do meio ambiente.

Os métodos de sensoriamento remoto se destacam como uma importante ferramenta no monitoramento de diversos fenômenos climatológicos e meteorológicos (FERREIRA et al., 2017), e ambientais (CRISPIM et al., 2018; BEZERRA et al., 2014), viabilizando uma ajuda nas estimativas de tempo e melhor entendimento das mudanças climáticas e uso do solo, além de auxiliar de suporte na fomentação do planejamento de atividades agroecológicas (BEZERRA et al., 2014).

Segundo Veloso et al. (2016), o sensoriamento remoto consiste é um relevante instrumento na gestão de recursos naturais como, por exemplo, solo, água e vegetação. Assim, problemas relacionados a modificação do uso do solo e na cobertura vegetal pode ser identificado com a utilização dessa ferramenta. Além disso, outra relevante vantagem do sensoriamento remoto é o mapeamento de grandes e pequenas áreas com várias formas de resoluções temporais e espaciais (PONZONI et al., 2012).

Conforme Pereira et al. (2016), as alterações decorrentes das atividades antrópicas no solo e na formação florestal causam impactos ambientais, a título de exemplo, mudanças na temperatura de superfície e na atmosfera, que afetam a temperatura ambiente e do solo, na precipitação pluvial e umidade relativa do ar. Logo, os impactos ambientais que influenciam o clima requer estudos em diversas escalas e distintas maneiras de análise, como forma de entender essas modificações climáticas que atingem negativamente as pessoas na esfera econômica e social.

A modificação no uso do solo representa um dos principais responsáveis dos impactos ambientais, evidenciando as modificações da temperatura da terra, vegetação e

na paisagem local (PEREIRA et al., 2012). Uma dessas causas é resultante do uso intensivo de áreas para atividades agropecuárias como, por exemplo, na região do semiárido nordestino (COELHO et al., 2014).

Nesse contexto, a aplicação de ferramentas inseridas no sistema de informação geográficas (SIG) são relevantes para análise ambiental, como o uso e ocupação do solo e a temperatura de superfície, utilizando imagens de satélites à disposição da sociedade em plataformas governamentais e não governamentais (MASHIKI; CAMPOS, 2013). Assim, a utilização de imagens de satélites é viável observar a dinâmica do uso do solo associado a temperatura de superfície (ALMEIDA et al., 2015).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Esse estudo teve como objetivo observar as mudanças no uso e ocupação do solo e relacionar com a temperatura da superfície do município de Pombal - PB no período de 1986 a 2016.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar os tipos de classes de uso e ocupação do solo que aumentaram e diminuíram no período estudado;
- Espacializar o comportamento do uso e ocupação do solo do município de Pombal-PB para o período observado;
- Analisar a qualidade da classificação do uso e ocupação do solo por meio de um índice estatístico;
- Espacializar a temperatura de superfície terrestre do município de Pombal-PB para os anos estudados.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 GEOTECNOLOGIAS

Os métodos de processamento de informações geográficas e as geotecnologias fornecem a conexão de diferentes dados georreferenciados, permitindo uma análise multitemporal e integrada (LANG; BLASCHKE, 2009). Rosa (2005) descreve o conjunto de técnicas e tecnologias chamadas geotecnologias como ferramentas de

coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica. E destaca ainda as principais geotecnologias utilizadas: Sistemas de Informação Geográfica (SIG), cartografia digital, Sensoriamento Remoto (SR), Sistemas de Posicionamento Global (GPS) e a topografia georreferenciada.

3.1.1 Geoprocessamento

Câmara e Davis (2001) definem o geoprocessamento como a área da ciência que utiliza técnicas computacionais e matemáticas para o tratamento de informações geográficas. Os autores salientam que os avanços da tecnologia da informática propiciaram o surgimento do geoprocessamento, o qual vem contribuindo progressivamente em áreas como Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional.

Segundo Miranda (2005), os SIG são ferramentas que auxiliam na avaliação das simulações de cenários e seus respectivos impactos ambientais, podendo ser utilizados com segurança na observação de mudanças geofísicas, em áreas urbanas e rurais, auxiliando na estimativa de potenciais usos, bem como a modelagem das interações dos vários componentes ambientais que formam a paisagem estudada.

O termo Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. Apresentam ampla gama de aplicações, que inclui temas como agricultura, floresta, cartografia, cadastro urbano e redes de concessionárias (água, energia e telefonia). Além das três utilizações onde os SIG são mais aplicados: ferramenta para produção de mapas; suporte para análise espacial de fenômenos; banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e; recuperação da informação espacial. De acordo com Lang e Blaschke (2009), com o geoprocessamento é possível representar e analisar situações reais e a estrutura da paisagem, avaliar intervenções, projetar cenários espaciais e realizar modelagens ambientais.

3.1.2 Sensoriamento Remoto

Sensoriamento Remoto pode ser definido como qualquer processo através do qual é coletada informação a respeito de um objeto, área ou fenômeno, sem entrar em contato com ele (ECKHARDT, 2008). O autor associa o sensoriamento remoto às interações entre os alvos da superfície terrestre e a energia eletromagnética e ressalta que os radiômetros são os equipamentos responsáveis pela medição dessa radiação.

Os sensores são dispositivos capazes de detectar e registrar a radiação eletromagnética, em determinadas faixas do espectro eletromagnético, e gerar informações que possam ser transformadas num produto passível de interpretação, seja na forma de imagem, na forma gráfica ou qualquer outro produto.

Segundo Novo (1993), toda matéria com uma temperatura absoluta acima de 0° k emite energia. Dessa forma, todo corpo com uma temperatura absoluta acima de zero absoluto pode ser considerado uma fonte emissões de radiação. O sensoriamento remoto pode ser aplicado em estudos de aspectos culturais da superfície terrestre, na avaliação de recursos hídricos e na geografia, com o monitoramento do uso da terra.

As radiações eletromagnéticas, variam de acordo com a frequência e comprimento de onda. O espectro eletromagnético, conforme Florenzano (2011), representa a distribuição da radiação eletromagnética, por regiões, segundo o comprimento de onda e a frequência, e o espectro abrange desde curtos comprimentos de onda (raios cósmicos e raios gama) até longos comprimentos de onda como as ondas de rádio e tv.

Conforme Mendes e Almeida (2013), a energia emitida por determinado corpo tem ligação, além de outros aspectos, com a sua temperatura e a emitância radiante tem relação direta não linear com a temperatura. Dessa forma, uma variação na temperatura de um objeto resulta também na variação de emissão de radiação. De acordo com Coltri (2006), estudos de clima urbano e de ilhas de calor vêm se tornando mais comuns e se tornando importantes na área do sensoriamento remoto. Isso se deve a possibilidade de percepções em diferentes escalas e a capacidade a transformação de dados do infravermelho termal em temperatura aparente de superfície.

3.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Com o desenvolvimento de suas atividades, o homem fez uso dos espaços disponíveis modificando o meio em que vive e transformando a estrutura das paisagens. No entanto, essas mudanças nem sempre ocorreram de forma síncrona com o planejamento do espaço urbano e rural, o que pode prejudicar a qualidade ambiental. Dessa forma, o conhecimento do uso e cobertura do solo se torna essencial para

caracterizar as consequências ambientais, sendo sua compreensão o princípio para o planejamento territorial (SANTOS, 2007).

Nascimento (2011) ressalta que a cobertura do solo diz respeito ao revestimento da superfície, como área urbanizada, vegetação e recursos hídricos. A classificação do uso do solo, porém, requer maior nível de detalhamento, no qual é apresentado a utilização do espaço pela comunidade, como lazer, comércio, área de mineração, entre outros. De acordo com IBGE (2013), esses conceitos são associados entre si, haja vista que o uso do solo por atividades humanas está diretamente ligado com sua cobertura.

A identificação do uso e cobertura do solo é realizada por categorias ou classes, de acordo com as características do local e os objetivos do estudo. A espacialização e quantificação das classes de uso do solo, apresentadas por mapas de uso e cobertura solo e percentual de ocupação, nessa ordem, são normalmente realizadas a partir de imagens obtidas por sensores remotos orbitais e utilizando Sistemas de Informação Geográfica (SIGs). Além disso, para projeção de cenários esses resultados são validados in loco e associados a mapeamentos anteriores e dados históricos da região. A quantidade de classes mapeadas em estudos de uso e ocupação do solo varia conforme a distribuição espacial do local. Destaca-se como principais categorias de cobertura do solo: áreas antropizadas, vegetação rala, vegetação densa, solo exposto, mata ciliar e recursos hídricos ou corpos d'água (SANTOS, 2004).

3.3 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO SOLO

O clima urbano é descrito por Nascimento (2011) como o resultado da urbanização em um clima local. A concentração de atividades antrópicas, proveniente do processo de urbanização, ocasiona a mudança no uso e cobertura do solo, principalmente pelo aumento das construções e diminuição da cobertura vegetal. Nesse contexto de mudanças, há também a geração de impactos ao meio ambiente, como a diminuição da permeabilidade do solo, aumento da temperatura e alteração na composição da atmosfera.

Conforme Santos (2007), as áreas rurais contrastam com às urbanizadas, pois devido à maior cobertura de vegetação apresentam temperaturas mais amenas. Conforme a urbanização aumenta, a tendência é de maior ocorrência de áreas cobertas

por concreto e asfalto, provocando o aquecimento urbano. Segundo Coltri (2006), essa variação de temperatura entre a área urbanizada e rural é caracterizada como uma ilha de calor urbano.

Barry e Chorley (2013) ressaltam que as intervenções antrópicas alteram os microclimas existentes, criando novas características locais. O autor cita que os impactos dessas intervenções podem ser analisados a partir de três dimensões: modificações na composição atmosférica, nas características da superfície e do balanço de calor. A atmosfera urbana é composta por diversos gases e materiais particulados, como ozônio, dióxido de enxofre, óxido de nitrogênio, poeira e hidrocarbonetos complexos. As modificações na composição atmosférica no clima urbano são atribuídas prioritariamente à poluição, que impactam na passagem de radiação e luminosidade solar, devido os núcleos de condensação que se formam. Além disso, a concentração de fumaça diminui a velocidade dos ventos em nível local e uma possível inversão térmica pode alterar demais elementos climáticos, como temperatura e umidade.

Sobre as características da superfície urbana, Barbosa (2005) destaca que:

“Estes possuem propriedades físicas distintas do solo natural, apresentando menor valor de albedo, maior capacidade calorífica e valor mais elevado de condutividade térmica. Tais características resultam na modificação do balanço da radiação influenciando, sobretudo, a temperatura do ar. Pode-se ainda destacar o calor gerado pelas diversas atividades humanas na cidade. Isto constitui fator significativo na modificação do balanço de energia. O calor Antropogênico, somado aos efeitos já descritos, provoca aumento nos valores de temperatura do ar em relação aos ambientes vizinhos, concorrendo para o surgimento de características climáticas peculiares ao ecossistema urbano.” (BARBOSA, 2005, pg. 9 e 10)

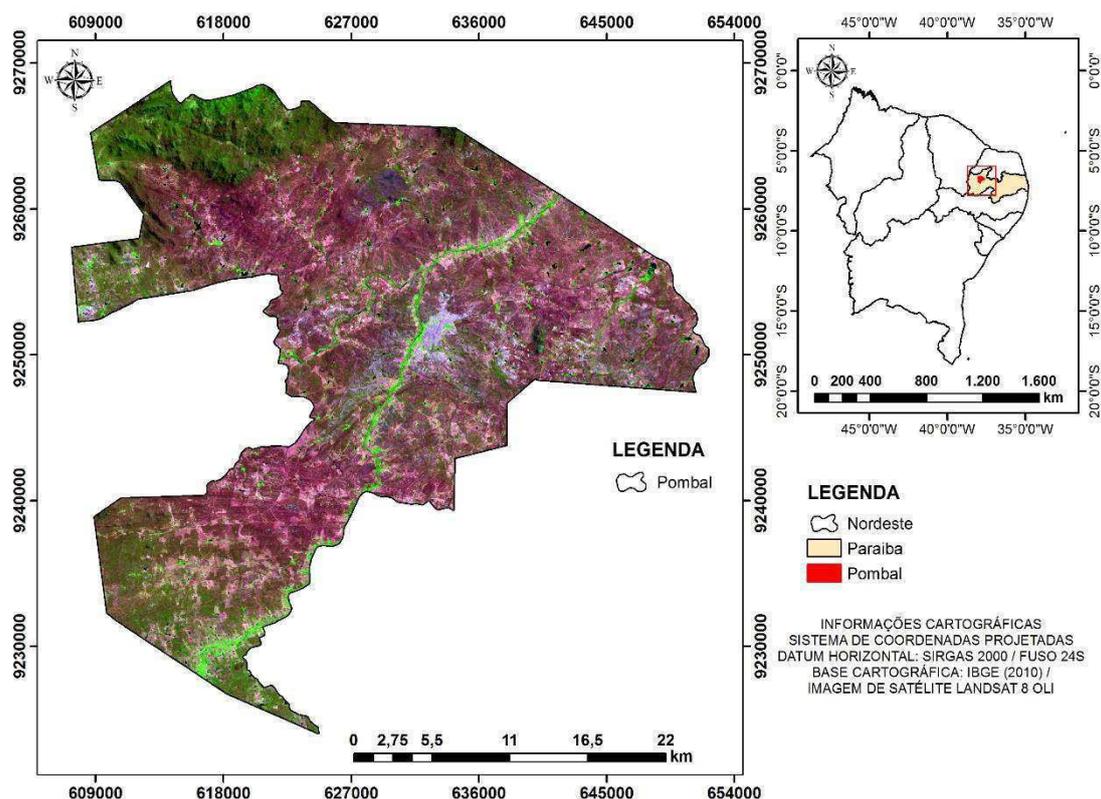
Dessa forma, considerando todos os impactos das atividades humanas nas alterações de climas e paisagens locais, fica nítida a necessidade de compreender a relação entre o espaço e as variações de temperatura (BARBOSA, 2005).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no município de Pombal-PB, no estado da Paraíba, região nordeste do país (Figura 1). Esse município encontra-se localizado na mesorregião designada Sertão Paraibano, ficando aproximadamente 371 km da capital do estado da Paraíba, João Pessoa (CRISPIM et al., 2017; IBGE, 2010). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) o número de habitantes estimado para o ano de 2019, é cerca de 32.801. A densidade demográfica para esse ano foi cerca $D=36.878$ (~36,88) para uma área territorial de 889,493 km². Além disso, esse município é o segundo maior do estado em extensão territorial (CRISPIM et al., 2017).

Figura 1. Mapa de localização do município de Pombal-PB



Fonte: Autor (2019).

Segundo informações disponibilizadas no site do Instituto Brasileiro de Gestão e Estatística (2010), as principais atividades econômicas realizadas no município de Pombal são os cultivos agrícolas (hortaliças, frutíferas, grãos e algodão arbóreo), extração de produtos vegetais (produção de carvão vegetal e extração de madeira), agropecuária, mineração, artesanato, agroindustriais de pequeno e médio porte, serviços comerciais (SOUSA et al., 2017).

Conforme a classificação de Köppen-Geiger, o município de Pombal tem dois tipos de clima, o semiárido quente (Bsh) e o Tropical quente e úmido (As) (ALVARES et al., 2013), particularizado por elevadas temperaturas, alta taxa de evapotranspiração, distribuição irregular da precipitação pluviométrica na escala espacial e temporal, com registros de períodos prolongados de estiagem.

No município de Pombal tem uma estação chuvosa bem definida, que acontece entre os meses de janeiro a maio, e uma estação seca que vai de junho a dezembro (ALVES et al., 2015). A precipitação pluvial média anual é de 800 mm (ALVES et al., 2015), com evaporação média anual de 2000 mm (BRITO et al., 2013) e temperatura mínima de 19 °C e máxima que podem atingir a 35 °C (ARAÚJO et al., 2010).

4.2 OBTENÇÃO DAS IMAGENS DE SATÉLITE

Para a confecção dos mapas temáticos foram utilizadas imagens orbitais do sensor TM referente ao satélite Landsat 5, nos quais serão escolhidas as bandas 3, 4 e 5, respectivamente, bem como imagens do sensor OLI concernentes ao satélite Landsat 8, em que serão selecionadas as bandas 4, 5 e 6. Essas imagens possuem resolução espacial de cerca de 30 metros (m), para a pesquisa do uso e cobertura do solo. Assim essas imagens dos satélites Landsat 5 e 8 serão obtidas junto a plataforma do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

Para fazer a estimativa da temperatura de superfície (TS) na localidade pesquisada, foram empregadas duas imagens multiespectrais (bandas do infravermelho termal), concernente a 6 e 10, com resolução de 30 m, dos satélites Landsat 5 e 8, através dos sensores TIRS (Thermal Infrared Sensor).

Para a seleção das imagens que foram utilizadas no estudo, será considerado um critério recomendado por Crispim et al. (2018), que no caso é baixa ocorrência de nuvens na área pesquisada. As imagens Landsat disponíveis constam a partir do ano de 1986, portanto, foram selecionadas imagens referentes ao período de estiagem no município de Pombal-PB dentro da escala temporal de 1986 a 2016 utilizando escala temporal de 10 anos.

4.3 DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE (TS)

Para definição da TS na área pesquisa foi realizada a mudança do nível de cinza (NC) para radiância, por conseguinte, a temperatura será determinada em Kelvin, segundo as equações (1) e (2), conforme metodologia empregada por Chander et al. (2009). Os sensores termais estão fixos para captar a radiação e são bastante usados para determinação da TS (GUSSO; FONTANA; GONÇALVES, 2007).

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

Em que: L_{λ} é a radiância espectral do sensor de abertura em Watts/(m² sr μ m); M_L consiste no fator multiplicador do redimensionamento da banda termal; Q_{cal} representa o valor quantizado calibrado pelo pixel na banda termal; A_L é o fator de redimensionamento aditivo particular da banda termal (CRISPIM et al., 2018). Assim,

posteriormente, a mudança dos valores concernentes a radiância, foi aplicada a equação (2), com o propósito de obter a temperatura na escala (Kelvin).

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} - 273,15 \quad (2)$$

Em que: T – retrata a temperatura efetiva do satélite em Kelvin; K1 e K2 consistem em constantes de conversão térmica para os satélites landsat 5 e 8, de modo respectivo; L_λ – representa a radiância termal superficial em Watts/ (m² sr μm); - 273,15 – é a conversão da temperatura em Kelvin para graus Celcius. Na Tabela 1, é exibido as constantes de calibração para os satélites Landsat 5 e 8, de modo respectivo.

Tabela 1. Critérios aplicados para determinação da temperatura de superfície (TS)

Parâmetros	Landsat 5	Landsat 8
ML	0,055	0,00033420
AL	1,18243	0,10000
Qcal	Banda 6	Banda 10
K1	607,76	774,8853
K2	1260,56	1321,0789

Fonte: Adaptado de Coelho e Correa (2013).

4.4 CLASSIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Na etapa para determinação da classificação do uso e ocupação do solo, foi realizada a composição falsa cor RGB 5, 4, 3 e 6, 5, 4 para imagens de satélites Landsat 5 e 8, respectivamente. Para a classificação do uso e ocupação do solo foi aplicada a técnica Máxima Verossimilhança (MAXVER), na qual se baseia na classificação, pixel a pixel da imagem, usando somente a informação espectral de cada pixel para identificar áreas homogêneas, em que se faz o procedimento de extração de informação em imagens para identificar elementos e objetos similares (BENTES et al., 2017).

O processo citado é aplicado no SR para representar lugares da superfície terrestre que estão associados aos objetivos da pesquisa. Logo, nesse estudo foram trabalhadas as seguintes classes de uso do solo: afloramento rochoso; área antropizada; caatinga densa; caatinga rala; corpo d'água; mata ciliar e solo exposto.

Para verificar a acurácia da classificação do uso e cobertura solo foi utilizado como critério o índice de Kappa (K), bastante aplicado em diversas pesquisas, a título de exemplo, (SANTOS et al., 2019; CRISPIM et al., 2018; QUEIROZ et al., 2017).

Esse índice estatístico demonstra a probabilidade de um pixel ser classificado acertadamente com relação à classificação incerta. Desse modo, os valores do índice de Kappa adquiridos nessa pesquisa foram contrastados segundo a classificação proposta por Santos et al. (2019), conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Índice de Kappa (k) e nível de desempenho da classificação das classes de uso e ocupação do solo

Índice de Kappa (K)	Nível de desempenho
$K \leq 0,2$	Ruim
$0,2 < K \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < K \leq 0,6$	Bom
$0,6 < K \leq 0,8$	Muito bom
$K \geq 0,8$	Excelente

Fonte: Adaptado de Santos et al. (2019).

A posteriori, para analisar os resultados a serem alcançados através da classificação foram construídos mapas em um software SIG, construídos pela análise em tela de cena determinada. Desse modo, serão elaborados mapas referentes aos respectivos anos estudados (1986, 1996, 2006 e 2016) conforme definição de escolha das imagens Landsat anteriormente justificada.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 3, são apresentados os resultados alcançados para cada classe de uso e ocupação do solo, para os respectivos anos estudados. Assim, observa-se que a classe com maior área de abrangência em todos os anos pesquisados no município de Pombal-PB foi a caatinga rala, essa classe no ano de 1986 tinha uma área de 578,41 km², representando cerca de 65,10%, enquanto em 2016 essa classe teve uma redução de sua área, com 433,25 km², representando aproximadamente 48,76% do total da área territorial, indicando uma diminuição entre 1986 a 2016 de 16,34%. Constata-se, na Tabela 3, que a classe corpos d'água, apresentou um aumento para o período analisado, visto que em 1986, sua área era de aproximadamente 10,17 km², em contrapartida, no ano de 2016 passou para 20,42 km², mostrando um crescimento de 10,25 km² (50,22%).

Tabela 3. Usos e cobertura do solo e áreas em porcentagens para os anos de 1986, 1996, 2006 e 2016

Classe	1986		1996		2006		2016	
	Área (km ²)	(%)	Área (km ²)	(%)	Área (km ²)	(%)	Área (km ²)	(%)
Afloramento rochoso	61,37	6,91	43,28	4,87	35,93	4,04	23,22	2,61
Área antropizada	84,47	9,51	239,64	26,97	186,63	21,01	121,8	13,71
Caatinga densa	109,11	12,28	74,13	8,34	120,36	13,55	139,96	15,75
Caatinga rala	578,41	65,10	454,00	51,10	396,3	44,61	433,25	48,76
Corpos d'água	10,17	1,14	15,34	1,73	14,32	1,61	20,42	2,3
Mata ciliar	31,37	3,53	32,16	3,62	31,97	3,60	43,11	4,85
Solo exposto	13,56	1,53	29,91	3,37	102,94	11,59	106,69	12,01
TOTAL	888,45	100	888,45	100	888,45	100,00	888,45	100

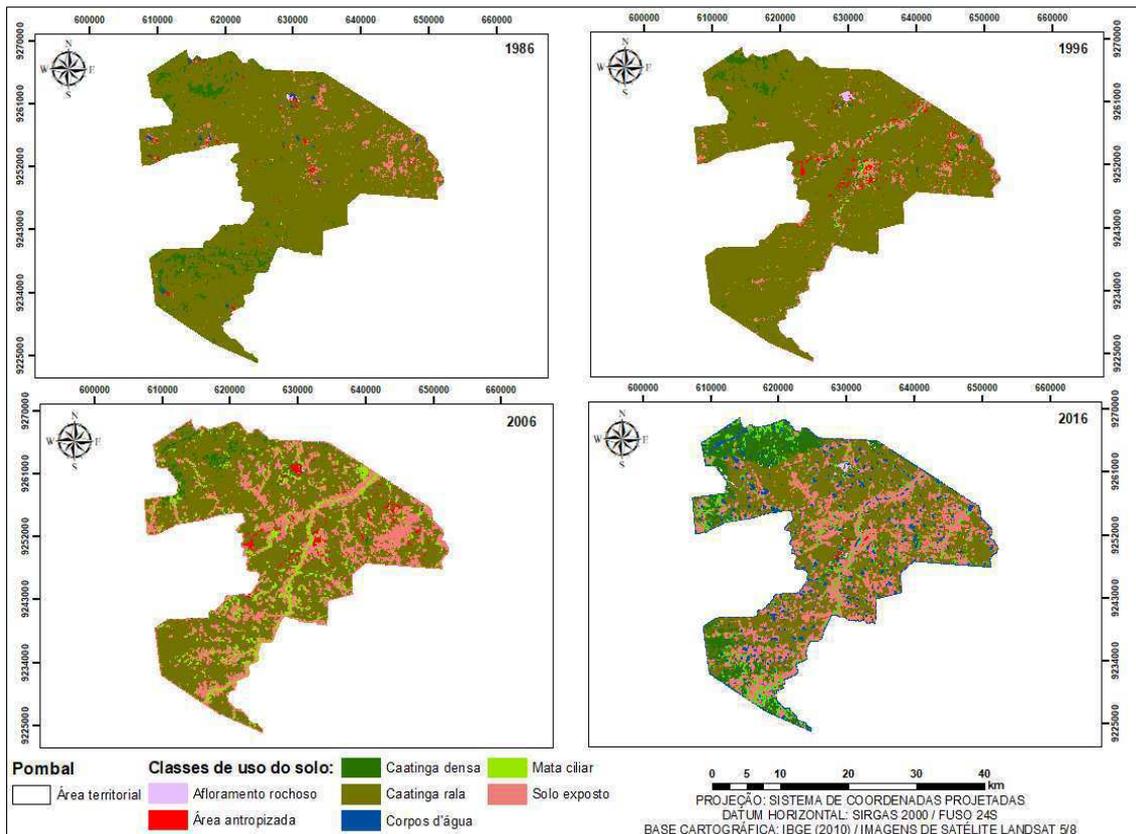
Fonte: Dados da pesquisa (2020).

O aumento da classe corpos d'água na área de estudo pode estar ligado a construção de pequenos e médios reservatórios hídricos na região do Semiárido brasileiro, consistindo em uma das primeiras opções políticas de combate ou amenização dos efeitos ocasionados pelo fenômeno climatológico e social da seca, consolidando em uma cultura de infraestrutura hídrica.

Segundo Pereira Neto et al. (2017), a construção de reservatórios de água na região do Semiárido brasileiro foi um dos primeiros sistemas de engenharia hídrica para combater ou amenizar os efeitos ocasionados pela seca. Além disso, consiste em uma alternativa política de enfrentamento aos efeitos produzidos pela seca, bem como é sistema de engenharia mais antigo introduzido no interior do Semiárido, direcionado para atender as necessidades elementares das atividades humanas, dessedentação de animais e atividades econômicas.

Para estudar o comportamento das classificações das imagens foi necessário realizar a elaboração de mapas de referências, em que foram confeccionados através da análise em tela da área estudada, utilizando imagens de satélites para os respectivos anos analisados (Figura 2). Deste modo, foram definidas sete classes de uso e cobertura do solo. Logo, nota-se por meio da espacialização das classes de uso e ocupação do solo, uma modificação na dinâmica das classes pesquisadas entre os anos de 1986 e 2016, em que se verificou uma mudança nas classes solo exposto e corpos d'água, nas quais apresentaram um crescimento de 87,29% e 50,19%, respectivamente.

Figura 2. Mapa de uso e cobertura do solo (UCS) do município de Pombal - PB



Fonte: Autores (2020).

O crescimento da classe solo exposto deve estar associado a remoção da cobertura florestal e a queima de restos vegetais. Para Crispim et al. (2018), o desmatamento e a queimada ocasionam graves problemas ao meio ambiente como, por exemplo, a diminuição da fertilidade do solo, erosão do solo, assoreamento dos corpos d'água, redução da biodiversidade da flora e fauna, etc. Além disso, o uso insustentável, a exploração predatória e o manejo inapropriado dos recursos naturais causam instabilidade no equilíbrio ambiental, ocasionando efeitos negativos na condição de vida da população.

De Almeida et al. (2010), realizaram um estudo nas comunidades rurais São João e Areia Branca no município de Pombal-PB, nos quais constataram que o desmatamento e a queimada eram práticas comuns nas parcelas de terras dos entrevistados. Além disso, a população entrevistada tinha como principal fonte de renda a pecuária e atividade agrícola. Tal afirmação é corroborada por Almeida et al. (2015), que verificaram uma mudança da cobertura vegetal por atividades agropecuárias, aumentando as áreas com solo exposto e o crescimento de atividades antrópicas.

Os resultados obtidos nesse estudo quanto ao crescimento da classe área antropizada também foram observados no estudo realizado por Crispim et al. (2018) no

município de Baixo — CE, localizado no Semiárido nordestino, nos quais constataram um crescimento constante dessa classe entre os anos de 1986 a 2016. Além disso, destacaram que o aumento da classe área antropizada poderia estar ligado a utilização inadequada dos recursos naturais e que vários habitantes dependiam de recursos florestais para assegurar sua sobrevivência ou atender suas necessidades elementares.

A Tabela 4 mostra os valores obtidos para o coeficiente de Kappa e o grau de desempenho dos mapas temáticos que foram confeccionados, empregando o método de Landis e Koch (1997), através da aplicação do método de classificação supervisionada, máxima verossimilhança para às quatro cenas estudadas, conforme empregados em diversos estudos (CRISPIM et al., 2018; BRASILEIRO et al., 2016). Assim, constata-se que a classificação realizada para os quatro anos analisados (1986, 1996, 2006 e 2016) alcançaram um índice de Kappa excelente, tornando válido a opção pelo classificado da Máxima Verossimilhança para esse modo de análise (CRISPIM et al., 2018).

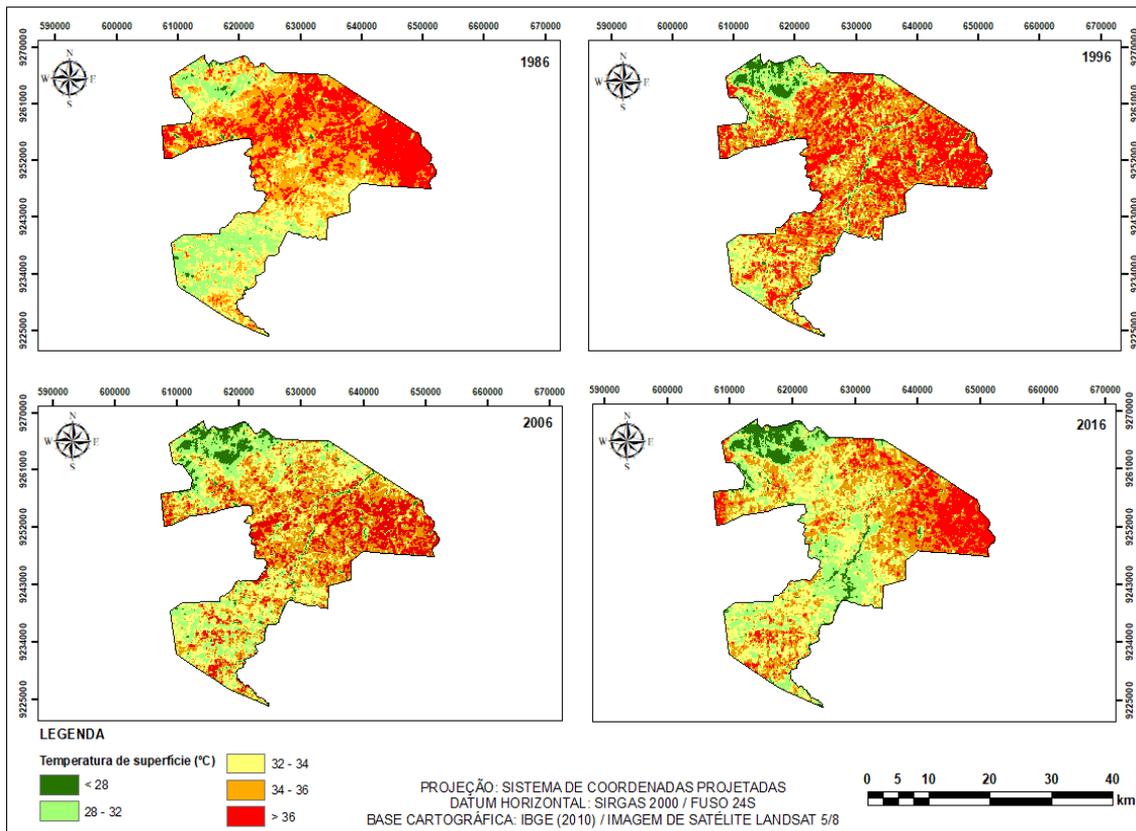
Tabela 4. Índice Kappa e o grau de desempenho das respectivas qualidades da classificação para os períodos estudados

Período	Índice de Kappa	Grau de desempenho do mapa temático
28/08/1986	0,96	Excelente
20/07/1996	0,96	Excelente
25/09/2006	0,87	Excelente
22/08/2016	0,94	Excelente

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Na Figura 3 é apresentado os mapas com o comportamento da temperatura de superfície para o período pesquisado, em que se constatou que a TS no município de Pombal - PB foi sendo reduzida nos anos estudados, em especial, referente ao ano de 2016. Além disto, pode-se concluir que as áreas com os menores registros de TS estão associadas as classes de corpos d'água, mata ciliar e Caatinga (densa e rala). Além disso, percebe-se visualmente pelos mapas temáticos, que os locais com maiores temperaturas foram em áreas de afloramento rochoso, área antropizada e solo exposto.

Figura 3. Mapa de temperatura de superfície do município de Pombal - PB



Fonte: Autores (2020).

Para Oliveira et al. (2013), em locais com solos desnudos, ou seja, solo exposto, à temperatura de superfície é alta devido à maior incidência de radiação solar, uma vez que a retirada da cobertura vegetal deixa o solo desprotegido, colaborando para elevação da temperatura do solo, e conseqüentemente, temperaturas elevadas na superfície. Deste modo, na medida em que um local com formação florestal vai sendo diminuído, acontece um aumento contínuo da temperatura de superfície (BEZERRA et al., 2018; PAVÃO et al., 2015), enquanto em áreas com maior cobertura florestal diminui a absorção de calor na superfície, apresentando menor temperatura (CRISPIM et al., 2018).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, constatou-se então que para o uso e ocupação do solo na área de abrangência e nos anos estudados que houve aumento considerável de área de solo exposto e área antropizada, por fatores já evidenciados.

Além disso, os mapas temáticos de uso e cobertura do solo mostraram uma mudança na dinâmica do território do município de Pombal – PB, em que se verificou um aumento inicial na área antropizada e redução nos últimos 10 anos analisados; e aumento dos corpos d'água entre os anos de 1986 e 2016 praticamente dobrou.

No que se refere à temperatura de superfície (TS), observou-se que as modificações na dinâmica do território do município de Pombal - PB, estão associadas com o aumento da (TS), visto que as áreas com menores temperaturas foram nas Caatinga densa e rala, corpos d'água e mata ciliar, com temperaturas variando entre 28°C e 32 °C, enquanto os locais com as temperaturas mais elevadas foram registradas em locais antropizados e solo exposto, com temperatura superior a 36 °C.

Diante dos dados tabulados e expostos então, foi possível entender o quanto a interferência humana afetou o cenário do município em estudo, bem como o quanto as atividades e o uso e ocupação do solo refletiu na variação das temperaturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. D. S.; MELO, W. F.; ANDRADE, A. B. A.; SALDANHA, H. G. A. C.; RODRIGUES, L. M. S. (2015). Modelagem da dinâmica de uso e ocupação da terra no município de Pombal–PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n.1, p. 276 – 282, 2015.

ALVARES, C. A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, M. de F. A.; ALVES, L. R. A.; SARMENTO, E. B.; LIMA, G. A.; CRISPIM, D. L. Análise da precipitação pluvial de Pombal-PB relacionada com sistemas

atmosféricos atuantes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n.2, p. 169 - 175, 2015.

ARAÚJO, M. L. M. N. de; REINALDO, L. R. L. R.; SOUSA, J. da S.; ALMEIDA, P. G. de; ALVES, L. de S.; WANDERLEY, J. A. C. Impactos Ambientais nas Margens do rio Piancó Causados pela Agropecuária. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 13-33, 2010.

BARBOSA, R. V. **Áreas verdes e qualidade térmica em ambientes urbanos: estudo em microclimas de Maceió (AL)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Hidráulica e Saneamento. São Carlos: Universidade de São Carlos, 2005.

BARRY, Roger G.; CHORLEY, Richard J. **Atmosfera, tempo e clima**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BENTES, A. L. de S. et al. DINÂMICA DO USO DO SOLO NA ILHA DE CARATATEUA, BELÉM, PARÁ. **Revista Agroecossistemas**, v. 9, n. 2, p. 360-369, 2018.

BEZERRA, J. M.; MOURA, G. B. de A.; SILVA, B. B. da; LOPES, P. M. O.; SILVA, E. F. de F. Parâmetros biofísicos obtidos por sensoriamento remoto em região semiárida do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.73–84, 2014.

BEZERRA, P.E.S.; MORAES, E.T.I.de; SOARES, I.R.da C. Análise da Temperatura de Superfície e do Índice de Vegetação no Município de Belém na Identificação das Ilhas de Calor. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 70, p. 803-818, 2018.

BRASILEIRO, F. G.; OLIVEIRA, C. M. M.; RODRIGUES, R.; DELGADO, R. C. Classificação de imagem orbital pelo método máxima verossimilhança em Quixeramobim, Ceará, Brasil. **Revista Geografica Acadêmica**, v. 10, n. 1, p. 81-92, 2016.

BRITO, M. E. B. et al. Crescimento, fisiologia e produção do milho doce sob estresse hídrico. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p.1244-1254, 2013.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. Introdução à Ciência da Geoinformação. 2 a ed.rev. São José dos Campos: INPE, 2001.

COELHO, A. L. N.; CORREA, W. de S. C. Temperatura de Superfície Celsius do Sensor TIRS/Landsat-8: metodologia e aplicações. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 7, n. 1, p. 31-45, 2013.

COELHO, V. H. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDA, C. das N.; LIMA, E. R. V. de; RIBEIRO NETO, A.; G. S. S. de MOURA..Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.64-72, 2014.

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.** 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CRISPIM, D. L.; BEZERRA, P.E.S.; RODRIGUES, R.S.S.; VIEIRA, A.S. DE A.; PEREIRA, F.V. DE S.; FERNANDES, L.L. Uso e ocupação do solo e sua associação com a temperatura da superfície terrestre no município de Baixio – CE. **REVISTA GEONORTE**, [S.l.], v. 9, n. 33, p. 126-140, 2018. Disponível em: <http://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/4643>. Acesso em: 24 nov. 2020.

CRISPIM, D. L.; OLIVEIRA, A. M. M. de; CHAVES, A. D. C. G.; COELHO, L. F. de O.; ANDRADE, S. O. Análise físico-química das águas de três poços amazonas no centro da cidade de Pombal-PB. **Revista Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 21, n. 2, p. 155 – 163, 2017.

DE ALMEIDA, P. G.; REINALDO, L. R. L. R.; DE SOUSA ALVES, L.; DA SILVA SOUSA, J.; MARACAJÁ, P. B.; WANDERLEY, J. A. C.; DOS SANTOS, D. P. Impactos ambientais causados pela agricultura e a pecuária nas propriedades São João e Areia Branca, Pombal–PB. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 34-63, 2010.

ECKHARDT, Rafael Rodrigo. **Geração de Modelo Cartográfico Aplicado ao Mapeamento das Áreas Sujeitas a Inundações Urbanas na Cidade de Lajeado/RS.** Dissertação (Mestrado em Sensoriamento) – Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2008.

GUSSO, A.; FONTANA, D. C.; GONÇALVES, G. A. Mapeamento da temperatura da superfície terrestre com uso do sensor AVHRR/NOAA. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.2, p.231-237, 2007

FERREIRA, B.; ZIMMERMANN, D. M.; CRISPIM, L. C.; M. F. FLACH; VIEIRA, C. A. O..Análise sazonal das temperaturas superficiais do estado de Santa Catarina entre os anos de 2000 e 2010. Congresso Brasileiro de Cartografia, 17., 2017, Rio de Janeiro. **Anais[...]**. Rio de Janeiro: SBC, 2017. p. 933-937.

FLORENZANO, Teresa Galloti. **Iniciação em Sensoriamento Remoto.** 3ª ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2011.

IBGE, IBDGEE. **Manual Técnico de Uso da Terra.** 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010.** Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/pombal/pa_norama. Acesso em: 10 dez. 2019.

LANDIS, R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p.159-174,1977.

LANG, Stefan; BLASCHKE, Thomas. **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MASHIKI, M. Y.; CAMPOS, S..Influência do uso e ocupação do solo na temperatura aparente da superfície no município de Botucatu/SP. **Energ. Agric.**, v. 28, n.3, p.143-149, jul.-set., 2013.

MENDES, C. A. B.; CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em Recursos Hídricos: Princípios, Integração e Aplicação**. 2ª Ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, 2005.

NASCIMENTO, Diego Tarley Ferreira; OLIVEIRA, Ivanilton José de. **Análise da evolução do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia/GO (1986-2010)**. 2011.

NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1993.

OLIVEIRA, A.S.; NOGUEIRA, M.C.J.A.; SANCHES, L.; NOGUEIRA, J.S. Variáveis meteorológicas e cobertura vegetal de espécies arbóreas em praças urbanas em Cuiabá, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n.2, p. 389-400, 2013.

PAVÃO, V.M., QUERINO, C.A.S., BENEDITTI, C.A., PAVÃO, L.L., QUERINO, J.K.A.S., BIUDES, M.S. Temperatura E Albedo da superfície por Imagens Tm Landsat 5 em diferentes usos do Solo no sudoeste da Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Climatologia**, n.1, v. 16, p. 169-183, 2015.

PEREIRA, C. C.; MARIANO, Z. F.; WACHHOLZ, F.; CABRAL, J. B. P. Análise da temperatura de superfície e do uso da terra e cobertura vegetal na bacia Barra dos Coqueiros. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v.2, n.5, p.1243 –1255, 2012.

PEREIRA, B. W. D. F.; MACIEL, M. D. N. M.; OLIVEIRA, F. D. A.; ALVES, M. A. M. D. S.; RIBEIRO, A. M.; FERREIRA, B. M.; RIBEIRO, E. G. P. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 2, p. 472-485, 2016.

PEREIRA NETO, M. C. Perspectivas da açudagem no semiárido brasileiro e suas implicações na região do Seridó potiguar. **Sociedade & Natureza**, v. 29, n. 2, p. 285-294, 2017.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E.; KUPLICH, T.M. **Sensoriamento Remoto No Estudo da Vegetação**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 176p.

QUEIROZ, T. B.; SOUSA, R. dos S.; BALDIN, T.; BATISTA, F. de J.; MARCHESAN, J.; PEDRALI, L. D.; PEREIRA, R. S. Avaliação do desempenho da classificação do uso e cobertura da terra a partir de imagens Landsat 8 e Rapideye na região central do Rio Grande do Sul. **Geociências**, v. 36, n. 3, p. 569 -578, 2017.

ROSA, Roberto. **Geotecnologias na Geografia Aplicada**. Revista do Departamento de Geografia. Uberlândia, out. 2005, p. 81-90.

SANTOS, RF dos. **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: MMA, 2007.

SANTOS, A.S.R.M.; MAURO, T.L.; SOUZA, L.A.; SENIGALIA, R.L.C.; CASTRO, D.A.; SANTOS, E.S. Métodos de classificação supervisionada aplicados no uso e ocupação do solo no município de Presidente Médice–RO. **Biodiversidade**, v. 18, n. 1, p. 150-159, 2019.

SILVA, E. B. da.; MACÊDO, K. G. de.; FEITOSA, A. K.; ARAÚJO NETO, J. R. de. Variação espacial da precipitação das cidades do centro do sul do estado do Ceará, Brasil. **Revista Perspectiva Online**, v.6, n.16, p. 27-33, 2016. Disponível em:< http://www.seer.perspectivasonline.com.br/index.php/exatas_e_engenharia/article/view/640/834>. Acesso em: 22 nov. 2020.

SOUSA, J. A.; SOUSA, R. F.; LIMA, R. R.; SOUSA, J. F. A.; ARAUJO, T. S.; SOUSA, E. P.; LIMA, J. P. R. Levantamento pluviométrico da região geoadministrativa de Pombal. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 11, n.01, p.126 - 129, jan-dez, 2017.

VELOSO, G. A.; FERREIRA, M. E.; ROSA, R.; DA SILVA, B. B. Determinação do albedo de superfície em áreas irrigadas do projeto Jafba (Minas Gerais), mediante imagens landsat 5-TM. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 35, n.1, p. 126-146, 2016.