



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL  
BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL

THIAGO HENRIQUE LAGOS BARRETO

DINÂMICA DE USO E COBERTURA DA TERRA EM FLORESTA TROPICAL SECA  
NO SERTÃO PERNAMBUCANO

Recife  
2019

THIAGO HENRIQUE LAGOS BARRETO

DINÂMICA DE USO E COBERTURA DA TERRA EM FLORESTA TROPICAL SECA  
NO SERTÃO PERNAMBUCANO

Monografia apresentada ao Departamento de Ciência Florestal, da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Emanuel Araújo Silva

Coorientadora: Me. Gabriela Salami

Recife

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

B273d Barreto, Thiago Henrique Lagos  
Dinâmica de uso e cobertura da terra em floresta tropical seca  
no sertão pernambucano / Thiago Henrique Lagos Barreto. – 2019.  
55 f. : il.

Orientador: Emanuel Araújo Silva.  
Coorientadora: Gabriela Salami.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade  
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciência Florestal ,  
Recife, BR-PE, 2019.  
Inclui referências e apêndice(s).

1. Sensoriamento Remoto 2. Sistemas de informação  
geográfica 3. Solo –Uso 4. Salgueiro (PE) I. Silva, Emanuel  
Araújo, orient. II. Salami, Gabriela, coorient. III. Título

CDD 634.9

**THIAGO HENRIQUE LAGOS BARRETO**

**DINÂMICA DE USO E COBERTURA DA TERRA EM FLORESTA TROPICAL  
SECA NO SERTÃO PERNAMBUCANO**

Aprovado em: 18 de janeiro de 2019.

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Dr<sup>a</sup>. Mayara Maria de Lima Pessoa**  
(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

---

**Me. Jhonathan Gomes dos Santos**  
(Universidade Federal de Alagoas)

---

**Dr. Emanuel Araújo Silva**  
(Orientador - Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Recife  
2019

## **AGRADECIMENTOS**

Antes de tudo, agradeço ao meu Senhor e também meu Salvador, Jesus Cristo, por ter me sustentado e suprido em todas as coisas.

À minha família e meus amigos, pelo apoio em todos os momentos de dificuldades.

À Hannah Azevedo, um agradecimento especial pelo esforço empreendido a mim.

Aos professores do Departamento de Ciência Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, por todo empenho em transmitir conhecimento e me tornar um profissional capaz e, em especial, ao meu orientador Emanuel Araújo Silva e a minha coorientadora Gabriela Salami.

Por fim, em especial, à pós-doutora Mayara Maria de Lima Pessoa e ao mestre Jhonathan Gomes dos Santos, por compor a mesa da banca examinadora e auxiliar no conteúdo e organização deste trabalho.

## RESUMO

Diante da degradação crescente que a Caatinga sofre nos últimos anos, principalmente em Pernambucano, este trabalho objetivou mapear o distúrbio em floresta tropical seca utilizando imagens de média resolução no município de Salgueiro-PE. Para isto, utilizou-se imagens do satélite LANDSAT 5 nos períodos de 1998 e de 2008, e do LANDSAT 8 para 2018. Todas as cenas foram georreferenciadas pelo Datum SIRGAS 2000 e as bandas utilizadas foram a 5, 4 e 3 para o LANDSAT 5, e as bandas 6, 5 e 4 para o LANDSAT 8, gerando a classificação de seis classes (florestas, agricultura, solo exposto, corpos d'água, mata ciliar e infraestrutura), utilizando o software QGIS e a função *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP). A acurácia dos mapas foi verificada pelo coeficiente de Kappa. Foi realizado o cruzamento dos mapas dos três anos para a quantificação da floresta remanescente, da expansão da floresta e do desmatamento. O índice de Kappa encontrado para 1998 foi de 0,72, para 2008 e 2018 foi acima de 0,8, indicando uma acurácia muito boa para 1998, e excelente para 2008 e 2018. Nestes 20 anos, as classes que diminuíram de tamanho foram as florestas, o solo exposto, os corpos d'água e a infraestrutura, sendo uma perca de 48,2 km<sup>2</sup>, 84,9 km<sup>2</sup>, 9,4 km<sup>2</sup> e 16,7 km<sup>2</sup>, respectivamente. Enquanto que a agricultura e a mata ciliar aumentaram 81,0 km<sup>2</sup> e 78,1 km<sup>2</sup>, respectivamente. A diminuição do solo exposto é devida, principalmente, a um período de seca extrema em 1998, onde só houve chuva nos dois primeiros meses. A diminuição das florestas se deve à diversos fatores, como o aumento populacional, extração vegetal na região, a um polo industrial de cerâmica vermelha e as transformações da Caatinga em áreas de agricultura. Quando observada as alterações que ocorreram das classes nestes 20 anos, a floresta remanescente foi de 438,1 km<sup>2</sup>, a expansão da floresta de 181,1 km<sup>2</sup> e o desmatamento de 229,5 km<sup>2</sup>, indicando uma boa capacidade de regeneração das florestas e um processo prejudicial de desmatamento neste município. Logo, conclui-se que Salgueiro sofreu intensas ações antrópicas danosas à vegetação durante 1998 e 2018, provocando o desmatamento, que proporciona problemas socioeconômicos e ambientais, mostrando, portanto, a necessidade urgente de uma ação pública eficiente.

## ABSTRACT

In view of the increasing degradation that the Caatinga suffers in recent years, mainly in Pernambucano, this work aimed to map the disturbance in dry tropical forest using medium resolution images in the city of Salgueiro-PE. For this, images of LANDSAT 5 satellite were used in the 1998 and 2008 periods, and LANDSAT 8 to 2018. All scenes were georeferenced by the Datum SIRGAS 2000 and the bands used were 5, 4 and 3 for LANDSAT 5 , and the bands 6, 5 and 4 for LANDSAT 8, generating the classification of six classes (forests, agriculture, exposed soil, water bodies, riparian forest and infrastructure) using the QGIS software and the Semi-Automatic Classification Plugin (SCP). The accuracy of the maps was verified by the Kappa coefficient. The three-year maps were crosschecked to quantify remaining forest, forest expansion and deforestation. The Kappa index found for 1998 was 0.72, for 2008 and 2018 it was above 0.8, indicating very good accuracy for 1998 and excellent for 2008 and 2018. In these 20 years, classes that declined in size were forests, exposed soil, bodies of water and infrastructure, being a perimeter of 48.2 km<sup>2</sup>, 84.9 km<sup>2</sup>, 9.4 km<sup>2</sup> and 16.7 km<sup>2</sup>, respectively. While agriculture and riparian forest increased 81.0 km<sup>2</sup> and 78.1 km<sup>2</sup>, respectively. The decrease of the exposed soil is due, mainly, to a period of extreme drought in 1998, where there was only rainfall in the first two months. The decrease of the forests is due to several factors, such as population increase, vegetal extraction in the region, an industrial pole of red ceramics and the transformations of the Caatinga in agricultural areas. When observed the changes that occurred in the classes in these 20 years, the remaining forest was 438.1 km<sup>2</sup>, the forest expansion of 181.1 km<sup>2</sup> and the deforestation of 229.5 km<sup>2</sup>, indicating a good regeneration capacity of the forests and a damaging process of deforestation in this municipality. Therefore, it is concluded that Salgueiro underwent intense anthropic actions harmful to vegetation during 1998 and 2018, provoking deforestation, which provides socioeconomic and environmental problems, thus showing the urgent need for efficient public action.

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	8
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	10
2.1	ALTERAÇÕES NO USO E COBERTURA DA TERRA.....	10
2.2	FLORESTAS SECAS – FRAGMENTAÇÃO E MUDANÇAS .....	11
2.2.1	A CAATINGA .....	11
2.2.2	DEGRADAÇÃO AMBIENTAL .....	12
2.3	USO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA SOBRE USO E COBERTURA DA TERRA .....	15
2.3.1	SENSORIAMENTO REMOTO .....	15
2.3.1.1	SATÉLITE LANDSAT.....	16
2.3.2	GEOPROCESSAMENTO .....	17
2.3.2.1	CLASSIFICAÇÃO DIGITAL DE IMAGEM .....	18
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	20
3.2	PROCEDIMENTOS PRÉ-CLASSIFICAÇÃO .....	22
3.2.1	COLETA DE DADOS E OBTENÇÃO DAS IMAGENS.....	22
3.2.2	DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO COLORIDA .....	23
3.3	ANÁLISE DOS DADOS .....	24
3.3.1	CLASSIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA .....	24
3.3.2	COMPARAÇÃO TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA .....	24
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	25
4.1	AVALIAÇÃO DA CONFIABILIDADE DA CLASSIFICAÇÃO A PARTIR DAS IMAGENS DE SATÉLITES.....	25
4.2	DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA .....	27
4.3	ALTERAÇÕES DO USO E COBERTURA DA TERRA ENTRE 1998, 2008 E 2018 .....	34
5.	CONCLUSÕES.....	40
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41
	APÊNDICES .....	47
	APÊNDICE A – Mapa hipsométrico de Salgueiro-PE .....	47
	APÊNDICE B – Mapa dos tipos de solos em Salgueiro-PE .....	48

APÊNDICE C – Mapa com a presença de terras indígenas em Salgueiro-PE.....	49
APÊNDICE D – Mapa de uso e cobertura da terra em 1998, Salgueiro-PE.....	50
APÊNDICE E – Mapa de uso e cobertura da terra em 2008, Salgueiro-PE. ....	51
APÊNDICE F – Mapa de uso e cobertura da terra em 2018, Salgueiro-PE.....	52
APÊNDICE G – Mapa das alterações dos usos e coberturas da terra entre 1998 e 2008, Salgueiro-PE.....	53
APÊNDICE H – Mapa das alterações dos usos e coberturas da terra entre 2008 e 2018, Salgueiro-PE.....	54
APÊNDICE I – Mapa das alterações dos usos e coberturas da terra entre 1998 e 2018, Salgueiro-PE.....	55

## 1. INTRODUÇÃO

Diante do processo intenso de substituição das áreas naturais por variados tipos de uso de solo e da fragmentação das áreas com cobertura vegetal, ações antrópicas têm propiciado diversos impactos nas paisagens da Caatinga (COELHO *et al.*, 2014). Dentre estas ações, observa-se, historicamente, a degradação ambiental por meio dos desmatamentos e queimadas, intimamente ligados com a substituição de espécies nativas por cultivos e pastagens, ocasionando o surgimento de pequenas e médias cidades (RIBEIRO *et al.*, 2016). Tudo isto favorece os processos erosivos no nordeste brasileiro e acelera a queda da fertilidade do solo (VANZELA; HERNANDEZ; FRANCO, 2010).

Visando a mitigação destes problemas, o estímulo à expansão de políticas públicas para uma gestão sustentável dos recursos naturais e a possibilidade da construção de um conhecimento acerca das capacidades e limitações de uma determinada região, torna-se extremamente importante o monitoramento do uso e da cobertura do solo, através de informações espaço-temporais detalhadas das transformações ocorridas na paisagem (COELHO *et al.*, 2014).

Para o monitoramento destas mudanças, as fontes usuais adotadas são levantamentos e mapas temáticos, censos oficiais e dados de sensoriamento remoto, sendo este último o mais apropriado por possuir maior confiabilidade e precisão nas informações concebidas (LOPES *et al.*, 2010); e quando associados simultaneamente com Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), podem fornecer dados preciosos acerca dos meios de degradação e contribuirem no diagnóstico dos tipos de usos e das coberturas do solo, permitindo tomadas de decisões para melhorar o gerenciamento dos recursos naturais (COELHO *et al.*, 2014). Embora tenha sido desenvolvido para mapeamento de grandes áreas, o sensoriamento remoto vem sendo bastante utilizado para solucionar problemas municipais ou de bacias hidrográficas devido à disponibilidade de informações atualizadas e à facilidade de realizar levantamentos com rapidez (DAINES, 2001).

Portanto, este trabalho teve como objetivo mapear as transformações no uso e cobertura da terra no município de Salgueiro, sertão pernambucano, com ênfase às alterações da floresta tropical seca, a Caatinga. Especificamente procurou-se:

- Mapear o uso e cobertura da terra no município de Salgueiro-PE, nos anos 1998, 2008 e 2018, utilizando imagens do Landsat 5 e 8;
- Realizar a comparação dos mapas destes anos para identificar e analisar a dinâmica que o ambiente teve durante 20 anos;

- Formar um banco de dados com informações sobre extensão e fragmentação da vegetação no município de Salgueiro-PE.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 ALTERAÇÕES NO USO E COBERTURA DA TERRA

Ao longo da história, o antropismo, que tem afetado o uso e cobertura da terra, vem promovendo a degradação ambiental no bioma Caatinga com queimadas e desmatamentos, permuta de espécies vegetais nativas por cultivos e pastagens, além do crescimento das cidades o que exige mais recursos da área (RIBEIRO *et al.*, 2016).

O uso e cobertura da terra diz respeito a três aspectos relevantes: à ação humana de construir ou inserir sobre a superfície terrestre algo (agricultura, infraestrutura, dentre outros); aos atributos físicos da superfície terrestre, seja por meio de desertos, de florestas, de campos, entre outros; e, por último, à própria camada do solo, que é passiva de decomposição da rocha-matriz, sofre influência do clima e processos físicos, químicos e biológicos, e é base onde os vegetais se desenvolvem (JESUS, 2010).

Por isso, o mal-uso do solo resultará em prejuízos para a vegetação local e a população que necessita daqueles recursos. Logo, o levantamento do processo de uso e cobertura da terra, ao retratar as formas e a dinâmica de cobertura da terra, se constitui como uma importante ferramenta de planejamento e de orientação para uma boa gestão pública, além de construir bons indicadores ambientais que avaliam a capacidade de suporte ambiental (IBGE, 2013).

Por isto, o planejamento ambiental direcionado para o ordenamento e monitoramento do uso e cobertura da terra, possibilitará o gerenciamento de recursos hídricos e bacias hidrográficas, a delimitação das reservas legais e das áreas de preservação permanente, assim como também o monitoramento da cobertura vegetal, utilizando-se da atuação de pesquisadores e produtores rurais, produzindo, portanto, medidas para a conservação do solo e também práticas agrícolas sustentáveis (DEMARCHI, PIROLI, ZIMBACK, 2011).

Entre as técnicas e tecnologias disponíveis e crescentemente utilizadas para fazer o levantamento do uso e cobertura da terra, destacam-se o Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento, utilizando a classificação digital de imagens, como uma metodologia para a elaboração de mapas (DEMARCHI, PIROLI, ZIMBACK, 2011).

Logo, de acordo com Rodrigues *et al.* (2012), é indispensável à representação e caracterização dos mapas de uso e cobertura da terra na forma digital, principalmente em países com vastas áreas como o Brasil. No sertão pernambucano ainda há muita necessidade de avaliação do uso e cobertura da terra, principalmente em municípios polos desta região, como em Salgueiro-PE.

## 2.2 FLORESTAS SECAS – FRAGMENTAÇÃO E MUDANÇAS

### 2.2.1 A CAATINGA

A área do bioma Caatinga abrange cerca de 800 mil quilômetros quadrados, corresponde à um total de 11% do território nacional, contendo os estados de Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Rio Grande do Norte, Sergipe, Bahia, Piauí, Ceará e Minas Gerais (BERNARDES, 1999; MMA, 2014). Abundante em biodiversidade, este bioma, quanto a fauna, acolhe 591 espécies de aves, 241 de peixes, 221 de abelhas, 178 de mamíferos, 177 de répteis e 79 espécies de anfíbios e, em relação a flora, apresenta 1981 espécies vegetais, nas quais possui 318 espécies endêmicas (MMA, 2018; PEREIRA, 2011).

A vegetação é bastante dinâmica e heterogênea devido aos diferentes padrões de solo e precipitação, assim este bioma também é conhecido como caatingas, possuindo nome de origem Tupi-Guarani que significa “floresta ou mata branca”, devido à vegetação na estação seca, quando boa parte das espécies possuem troncos que ficam brancos e brilhosos, além das folhas caírem (EMBRAPA, 2018a; PRADO, 2003; BERNARDES, 1999).

A Caatinga pode ser caracterizada como floresta arbórea ou arbustiva, ambas de porte baixo apresentando, geralmente, árvores com ramificações profusas, formato de pirâmide invertida, folhas pequenas e finas, perda das folhas na estação seca, sistema de armazenamento de água nas raízes, presença de espinhos e mecanismos fisiológicos adaptados às condições climáticas da região. (EMBRAPA, 2018a; PRADO, 2003; VELLOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002).

Os solos desta região apresentam uma distribuição espacial complexa por solos rasos e pedregosos até solos arenosos e profundos, podendo ser de baixa à alta fertilidade (VELLOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002).

De acordo com a classificação Köppen, esta região apresenta principalmente o clima semiárido com características extremas, como: elevadas radiação solar e temperatura média anual, baixas nebulosidade e taxas de umidade relativa, elevados índices de evapotranspiração potencial, além dos baixos níveis de precipitação pluviométrica (EMBRAPA, 2018a). Além disto, a Caatinga apresenta regiões com clima tropical chuvoso e subtropical mesotérmico (EMBRAPA, 2018a).

A cobertura vegetal nestas regiões é indispensável para preservação destes recursos, pois, possui papel fundamental na manutenção dos recursos naturais renováveis, como a manutenção do ciclo da água, aumento da porosidade e permeabilidade do solo, redução do

escoamento superficial, aumento da presença de matéria orgânica, dentre outros (MELO, SALES e OLIVEIRA, 2011).

Analizar a densidade da cobertura vegetal e sua espacialidade, é um considerável mecanismo para o desenvolvimento de estudos direcionados à análise da degradação ambiental, gestão e planejamento dos recursos naturais, compreensão dos processos hidrológicos, diagnóstico do dinamismo no espaço agrário, dentre outros propósitos, especialmente quando analisada uma bacia hidrográfica ou município como unidade espacial de análise (MELO, SALES, OLIVEIRA, 2011).

Diante disto, tem-se o dever da sua conservação, como consequência, a garantia do seu alto grau de endemismo e diversidade de espécies (QUEIROZ, 2009). A Caatinga continua passando por um imenso processo de mudança e degradação ambiental provocado pelo uso insustentável dos seus recursos naturais, acarretando a acelerada perda de espécies únicas, a eliminação de processos ecológicos chaves e a formação de extensos núcleos de desertificação em várias seções da região, sendo crucial propor mecanismos de protegê-las, sendo uma destas alternativas a elaboração de áreas de conservação, como parques, reservas e outros tipos, utilizando um bom banco de informações (LEAL; TABARELLI; SILVA, 2003; RAMOS *et al.*, 2010).

### **2.2.2 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL**

O alto grau de endemismo e a enorme diversidade biológica da Caatinga se opõem aos altos níveis de degradação ocorridos no decorrer da história, devido ao uso inadequado e insustentável dos seus recursos naturais (OLIVEIRA, 2016).

No século XVII, foi iniciada a degradação da Caatinga, ainda no Brasil Colônia, através da expansão da pecuária para o interior do país por meio do corte das árvores e do uso do fogo. Nessas áreas foram introduzidas uma grande quantidade de animais, como: bovinos, caprinos e ovinos além da capacidade de suporte das mesmas pelos criadores de gado, também foram realizadas a queima dos pastos para facilitar o brotamento (ALVES; ARAÚJO; NASCIMENTO, 2009).

De acordo com Araújo (2002), a pecuária foi introduzida na região por volta de 1635 e como havia necessidade de produção de alimentos para a população humana, com ela vieram as práticas agrícolas, constituindo-se também no desmatamento e nas queimadas generalizadas. O que aconteceu no bioma Caatinga foi a execução direta de métodos e práticas agrícolas próprias para solos de clima temperado; decorrendo na derrubada das

matas; estabelecimento de lavouras itinerantes; queima da vegetação em larga escala, expondo os solos à erosão; saqueando, dessa forma, os recursos naturais renováveis desse bioma.

A agricultura itinerante, que foi trazida para a Caatinga, deixou também um passivo de áreas degradadas, primordialmente nas encostas onde a erosão é mais abundante, modificando tanto o estrato herbáceo como o arbustivo-arbóreo (SAMPAIO, 2010).

Além do superpastoreio de ovinos, caprinos e bovinos, tenha modificado a composição florística das plantas, também tem afetado nascentes e açudes da região, tanto pelo pisoteio, causando compactação do solo e redução da sua capacidade de infiltração, quanto pela deposição dos seus dejetos e excrementos, o que causa a contaminação da água (RIBEIRO, 2014).

Nestas regiões semiáridas, utiliza-se tecnologias inapropriadas, tal como a irrigação de terras, que associadas ao superpastoreio, retirada de madeira e cultivo intensivo, são apontados como as razões primordiais da desertificação (MELO; SALES; OLIVEIRA, 2011).

A produção de lenha também tem causado redução na diversidade florística, principalmente em áreas vizinhas de grandes centros consumidores, através de cortes repetidos durante ciclos extremamente curtos (SAMPAIO, 2010).

De certa forma, o crescimento econômico da região semiárida do Brasil está baseado, principalmente, na exploração dos recursos naturais que não é um problema em si, exceto quando o uso dos recursos se faz sob um princípio de maximização dos benefícios a curto prazo, sem objetivos de sustentabilidade a longo prazo (SÁ; ANGELOTTI, 2009).

Como consequências das profundas alterações pelas quais vem passando o bioma Caatinga, pode-se destacar: 1) as grandes extensões de áreas em processo de desertificação; 2) o aumento nos processos erosivos, afetando as propriedades físicas, químicas, biológicas e econômicas do solo; 3) a salinização, causada pelos desmatamentos e culturas irrigadas, aumentando a evaporação da água; 4) a compactação dos solos; 5) o assoreamento dos mananciais, comprometendo os recursos hídricos da região; 6) a destruição da flora e da fauna, ocasionando redução na diversidade biológica e na produção primária desse bioma; 7) as implicações negativas nas condições de sobrevivência das populações afetadas; 8) incremento do êxodo rural; dentre outras (ALVES; ARAÚJO; NASCIMENTO, 2009).

Segundo Castro e Cavalcante (2011), aproximadamente 80% da Caatinga já sofreu severas alterações realizadas pelo homem, por causa da exploração predatória realizada ao

longo dos anos, que decorrem não só do avanço das atividades agropecuárias, mas também em relação ao uso da mata nativa para madeira, lenha e carvão.

Com base nos dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (2015), os resultados preliminares de monitoramentos do desmatamento do bioma Caatinga apresenta aproximadamente: 45% de Caatinga degradada, 40% de Caatinga preservada, 7,2% de solo exposto, 6,5% de lavoura e 0,7 de corpos d’água. Foram analisados, na pesquisa do INPE, as imagens de 2013 e 2014 do satélite Landsat-8 e já foi mapeada uma área de aproximadamente 90 mil km<sup>2</sup>, representando 14% dos seis Estados pertencentes ao bioma e 9,15% do total da Caatinga. Frisando que ainda faltam ser mapeados 90,85% do bioma, o que pode gerar transformações significativas nos percentuais apresentados. Estas alterações, causadas primordialmente pelo desmatamento, têm tornado a Caatinga um dos biomas mais devastados do Brasil (CASTELLETTI *et al.*, 2003).

Em grande parte dos casos, os recursos naturais da Caatinga vêm sendo explorados de forma predatória, gerando por consequência impactos provavelmente irreversíveis, como a extinção de espécies e o processo de desertificação dos solos (OLIVEIRA, 2016). Esses processos de degradação ambiental são intensificados ainda pelo ciclo de degradação social e pobreza, a degradação social contribuindo diretamente para a degradação ambiental e vice-versa (BARBOSA *et al.*, 2005).

Especificamente em Pernambuco, que é um dos Estados que compõe o semiárido com maior contingente populacional na sua porção semiárida, alcançando um percentual de 16,18% do total de residentes deste espaço geográfico, ficando atrás apenas da Bahia (29,83 %) e do Ceará (20,91%) (MEDEIROS *et al.*, 2012). Com 25,5% de sua área ambiental degradada, Pernambuco se destaca no Nordeste (SÁ; RICHÉ; FOTIUS, 2003).

Em concordância, o monitoramento do INPE (2015), no Estado de Pernambuco quanto ao uso e cobertura da terra foi distribuído com: caatinga degradada (57,29%), caatinga preservada (22,94%), solo exposto (13,47%), lavoura (5,65%) e ambiente urbano (0,53%). Ainda assim, há uma expressa parte do Estado que ainda não foi analisada, portanto, necessita-se da geração contínua de dados em Pernambuco.

## 2.3 USO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA SOBRE USO E COBERTURA DA TERRA

### 2.3.1 SENSORIAMENTO REMOTO

Inicialmente, com a primeira fotografia aérea adquirida por Daguerre e Niepce em 1839, começou a surgir o interesse de realizar levantamentos topográficos com estas fotografias (NOVO, 2010). O desenvolvimento foi tão acelerado que em 1858 o Corpo de Engenharia da França estava empregando fotografias tomadas através de balões para o mapeamento topográfico. As fotografias aéreas coloridas se tornaram acessíveis a partir de 1930, ao passo que na mesma época já se tinha iniciado os estudos para produção de filmes sensíveis à radiação infravermelha (NOVO, 2010).

Rapidamente o uso do sensoriamento remoto se evidenciou um método eficaz no estudo de regiões em processo de degradação, sendo uma das possibilidades para examinar e monitorar as mudanças ocorridas ou que ocorram futuramente (RIBEIRO *et al.*, 2016).

Para Novo (2010), o sensoriamento remoto é a manipulação conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com a finalidade de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra com base no registro e na análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o constituem em suas mais variadas manifestações.

Ao considerar o sistema de informações do sensoriamento remoto, observa-se dois grandes grupos, o de aquisição de dados e o de produção de informações, sendo o primeiro composto pela fonte de radiação, a plataforma, o sensor e o centro de dados, enquanto que o segundo é composto pelo sistema de aquisição de informações do solo para calibragem dos dados de sensoriamento remoto, o sistema de processamento de imagens e o sistema de geoprocessamento; tudo isto facilitando diversos tipos de mapeamentos, avaliações e identificações da superfície terrestre (NOVO, 2010).

Então, o sensoriamento remoto termina sendo uma ferramenta para compor uma relevante técnica do monitoramento sistemático e dinâmico da vegetação, utilizando faixas espectrais de bandas no espectro eletromagnético, índices e combinação de bandas, que evidenciam, na área de análise, a vegetação e os eventos antrópicos (RAMOS *et al.*, 2010).

### 2.3.1.1 SATÉLITE LANDSAT

Na metade da década de 60, através de projeto da Agência Espacial Americana, começou a missão da série LANDSAT, ainda conhecida como *Earth Resources Technology Satellite* (ERTS), visando observar recursos terrestre, sendo o primeiro satélite construído e lançado com este propósito (EMBRAPA, 2013). Até agora já houveram o lançamento de 8 satélites desta série, gerenciados pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e pela *U.S. Geological Survey* (USGS), sendo que o lançamento que iniciou esta série no espaço ocorreu em 1972, o segundo em 1975, o terceiro em 1978, o quarto em 1982, o quinto em 1984, o sexto foi lançado em 1993, mas não conseguiu entrar em órbita terrestre, o sétimo foi lançado em 1999 e o oitavo em 2013 (EMBRAPA, 2013). Os LANDSAT 5, 7 e 8 são bastante utilizados, pois apresentam um período em órbita recente e características específicas que os diferenciam dos demais. Ainda de acordo com a EMBRAPA (2013), estes satélites possuem tais aspectos:

- LANDSAT 5: Maior tempo em operação (28 anos);
- LANDSAT 7: Sensor ETM+ que era o mais evoluído na época, tornando esta versão mais versátil e eficiente que as anteriores, ainda melhorou a acurácia, ampliou a resolução espacial da banda 6, tornou a banda pancromática operante e permitiu a formação de composições de cores com 15 metros de resolução;
- LANDSAT 8: Instrumentos OLI (Operational Land Imager) e TIRS (Thermal Infrared Sensor), que substituíram os sensores anteriores e adicionaram duas novas bandas espectrais, uma para áreas costeiras e outra para detecção de nuvens.

No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) capta desde a década de 70 imagens de todo o território brasileiro, proporcionando um enorme acervo de dados (EMBRAPA, 2013). Estas imagens são bastante utilizadas para análises espaço-temporais do uso e cobertura da terra, cobertura vegetal e crescimento urbano (OLIVEIRA, 2014).

Devido a conservação de parâmetros técnicos entre os satélites LANDSAT 5, 7 e 8, como: iguais períodos de revisita (16 dias), mesma grade de referência (WRS-2) e igual área imageada (185x185 km por cena), as pesquisas são facilitadas e há a possibilidade de uso de dados simultâneos destes satélites usando a mesma área, como em um estudo multitemporal (EMBRAPA, 2013; SILVA, 2011).

As bandas espectrais presentes do satélite LANDSAT podem ser combinadas para alcançar uma imagem com definições específicas que facilitam a visualização dos aspectos de interesse, como, por exemplo, no LANDSAT 5, a junção das bandas 1, 2 e 3 para obter

imagem de cor normal, que possui boa penetração natural, realçando a turbidez, os sedimentos e as correntes e a vegetação possui tons esverdeados; mas se juntar as bandas 2, 3 e 4 ficará clara a diferenciação entre os recursos naturais, priorizando a vegetação e corpos d'água; contudo as bandas 3, 4 e 5 quando são combinadas proporcionam com clareza os limites entre o solo e a água; e, por fim, quando combina-se as bandas 2, 4 e 7 obtém-se maior facilidade para distinguir a umidade, tanto na vegetação quanto no solo (SANTOS; PELUZIO; SAITO, 2010; SILVA, 2011).

### **2.3.2 GEOPROCESSAMENTO**

O geoprocessamento evidencia uma disciplina do conhecimento que abrange diversas técnicas computacionais e matemáticas no tratamento de dados geográficos, influenciando variadas outras áreas, como a cartografia, o transporte, a agricultura, as comunicações, entre outras (CÂMARA; MEDEIROS, 1998). Isto ocorre, pois, esta tecnologia engloba o conjunto de procedimentos de entrada, manipulação, armazenamento e análise de dados georreferenciados (HENDGES, 2007).

Dentro desse panorama, surge a concepção de Sistema de Informação Geográfica (SIG), que é extremamente importante para apoiar a tomada de decisão por parte do usuário, sendo constituído por uma plataforma computacional conhecida como hardware, um programa com sistemas vinculados conhecido como software, os registros de informações resultantes de uma pesquisa que são conhecidos como dados, e os usuários envolvidos (FITZ, 2008). Por causa disto, Câmara e Davia (2018) declararam que o SIG é composto por 4 elementos básicos, mas extremamente importantes, que são: hardware, software, dados e profissionais.

A partir disto, surge a possibilidade de fazer análises complexas utilizando diversas fontes e gerando um banco de dados, principalmente devido ao baixo custo e à facilidade de analisar os dados (CÂMARA; MEDEIROS, 1998). Além disso, o SIG possui a capacidade de armazenar, recuperar, atualizar e corrigir as informações analisadas de maneira mais eficiente e dinâmica (CÂMARA; DAVIS, 2018). Ou seja, de acordo com Fitz (2008), o SIG possui como principais funções a aquisição e edição de dados, o gerenciamento do banco de dados, a análise geográfica de dados e a representação destes dados.

Os dados espaciais usados no SIG, que se dividem, basicamente, em vetoriais e matriciais, devem estar associados a um sistema de coordenadas (BERNARDO, 2013). O

dado vetorial baseia-se em mapas formados por pontos, linhas e polígonos usando pares coordenados (X, Y) ou (Longitude, Latitude); e o dado matricial (ou raster) fundamenta-se em uma matriz de células, conhecida como pixel, que estão associados a valores que definem uma cor para representação na tela ou para impressão (BERNARDO, 2013; CÂMARA; DAVIS, 2018).

Diante disto tudo, os softwares utilizados no SIG são produzidos com diversas funções para atender às necessidades dos profissionais, tendo, como exemplos, o SPRING, o ArcGIS, o QGIS, entre outros (BERNARDO, 2013).

### **2.3.2.1 CLASSIFICAÇÃO DIGITAL DE IMAGEM**

Para promover uma forma eficiente a identificação das formas de uso e cobertura da terra, a classificação digital de imagens é uma ótima prática usada recentemente, proporcionando, de maneira rápida e confiável, ações de planejamento regional (FERRARI, 2008). Esta técnica de classificação extrai informações em imagens para identificar padrões e objetos homogêneos, resultando numa apresentação através de classes espectrais, ou seja, transforma um enorme número de níveis de cinza em cada banda espectral em um pequeno número de classes em uma única imagem (INPE, 2018).

Em outras palavras, esta classificação associa cada pixel da imagem a um aspecto específico que descreve um objeto da realidade. Logo, cada valor numérico interligado a cada pixel, definidos pela reflectância dos materiais que compõem esse pixel, é interligado a um tipo de cobertura da superfície terrestre, seja água, vegetação, solo, entre outros, que são chamados de temas (DEMARCHI, PIROLI, ZIMBACK, 2011).

Um método bastante utilizado de classificação de imagens, do tipo pixel-pixel, de treinamento supervisionado, é o da máxima verossimilhança (MaxVer), que usa dado espectral isoladamente de cada pixel para encontrar área homogêneas (DEMARCHI, PIROLI, ZIMBACK, 2011). Este método leva em consideração a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, usando parâmetros estatísticos e ajuste segundo uma distribuição gaussiana (INPE, 2018).

Contudo, segundo Ferrari (2008), decisões mais efetivas precisam de mapas de conhecimento acurado. Logo, de acordo com o mesmo autor, parâmetros eficientes são cruciais, sendo o índice de Kappa um dos mais utilizados.

A equação que fornece o valor do índice de Kappa é:

**Equação 1:** Fórmula do índice de Kappa.

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ij} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}$$

Em que: r = Número de classes, xij = Número de elementos classificados corretamente; xi+ = Total de elementos classificados para uma categoria i; x+i = Total de elementos de referência amostrados para uma categoria i; N = Número total de amostras.

O valor obtido deste coeficiente Kappa irá variar entre -1 e 1, sendo o valor 1 o maior valor de concordância, logo, haverá uma concordância perfeita entre a imagem e o dado de referência. Logo, a qualidade da classificação pode ser alterada de acordo com o coeficiente Kappa (Tabela 1).

**Tabela 1:** Qualidade da classificação segundo intervalos do coeficiente Kappa.

Coeficiente Kappa	Qualidade da classificação
<0,00	Péssimo
0,00 – 0,20	Ruim
0,21 – 0,40	Razoável
0,41 – 0,60	Boa
0,61 – 0,80	Muito Boa
0,81 – 1,00	Excelente

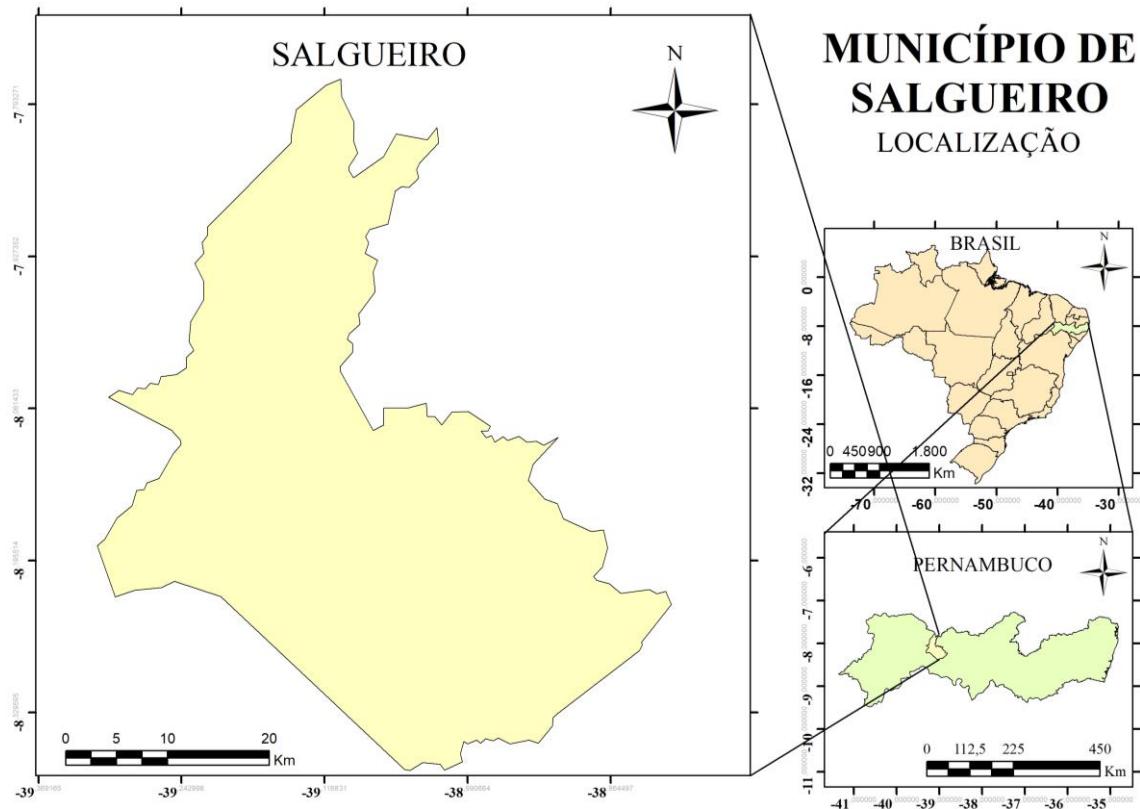
Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Pela Lei Provincial nº 580, de 30 de abril de 1864, Salgueiro é elevada à condição de município de Pernambuco (PREFEITURA DE SALGUEIRO, 2018), tem sua área urbana localizada na latitude  $-8^{\circ}04'27''$  e na longitude  $-39^{\circ}07'09''$  (Figura 1), com uma altitude de 420 metros a nível do mar (PREFEITURA DE SALGUEIRO, 2018), enquanto que o município como um todo possui variação de altitude de 300 metros até mais que 800 metros (Apêndice A). Este município se encontra na Microrregião de Salgueiro e na Bacia Hidrográfica do Rio Terra Nova, fazendo divisa com Verdejante e Mirandiba à leste, com Serrita, Parnamirim e Terra Nova à oeste, com Cabrobó, Belém de São Francisco e Carnaúbeira da Penha à sul, e, por fim, com Cedro e o estado do Ceará à norte.

**Figura 1:** Mapa de localização de Salgueiro-PE.



Fonte: Autor (2018).

De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2018a), Salgueiro apresenta uma área total de 1.686,81 Km<sup>2</sup> em 2017, com uma população estimada de 60.604 pessoas em 2018, porém, no último censo elaborado por este instituto este município teve um total de 56.629 pessoas em 2010, tendo, então, uma densidade de 33,57

habitantes por Km<sup>2</sup> neste mesmo ano (Tabela 2). O Produto Interno Bruto mais recente de Salgueiro foi elaborado em 2015, sendo R\$ 744.427x10<sup>3</sup>, e R\$ 12.455 per capita. Boa parte da receita obtida pelo município, cerca de 69,40% é oriunda de fontes externas.

**Tabela 2:** Dados do IBGE de Salgueiro-PE.

	Valores
Área (km <sup>2</sup> em 2017)	1.686,81
População Estimada (2018)	60.604,00
Densidade (Hab.km <sup>2</sup> em 2010)	33,57
IDH (2010)	0,669
PIB (R\$ x10 <sup>3</sup> em 2015)	744.427,52
PIB/Capita (R\$ em 2015)	12.455,06
Receita Oriundas de Fontes Externas (% em 2017)	69,40
Ruminantes (2017)	68.361,00
Áreas de Florestas (km <sup>2</sup> em 2017)	250,62
Áreas Agrícolas (km <sup>2</sup> em 2017)	209,68

Fonte: IBGE (2018).

De acordo com a Prefeitura de Salgueiro (2018), as atividades econômicas predominantes neste município é a agricultura e o comércio varejista, tendo a cebola, tomate, algodão herbáceo, milho, banana, feijão, arroz e manga como os principais produtos agrícolas, sendo, no total, uma área de 209,7 Km<sup>2</sup> de agricultura em 2017 de acordo com o IBGE (2018a). Em 2017, Salgueiro possuía um total de 68.361 ruminantes.

Os tipos de solos que ocorrem no município de salgueiro são predominantemente arenosos, pedregosos e rochosos (PREFEITURA DE SALGUEIRO, 2018), possuindo os seguintes tipos de solos: Luvissolo Crômico, Neossolo Litólico, Neossolo Regolítico e Neossolo Quartzarênico (Apêndice B). O Luvissolo Crômico possui cores vermelhas ou amarelas bastantes fortes, com caráter eutrófico e com presença de minerais primários facilmente intemperizáveis, além de ocorrer restritivamente no nordeste do Brasil, na área semiárida, devido a elevada restrição hídrica, sendo, por fim, solos rasos, não ultrapassando 1 metro de profundidade (EMBRAPA, 2018b). O Neossolo Litólico é um solo raso, não ultrapassando 0,5 metros, associado a relevos mais declivosos e, por isso, há bastante limitação quanto ao uso (EMBRAPA, 2018c). Já o Neossolo Regolítico é um solo pouco desenvolvido, não hidromórfico, com textura geralmente arenosa e com alta erodibilidade (EMBRAPA, 2018d). Por fim, o Neossolo Quartzarênico é um solo profundo e arenoso, tendo pouca matéria orgânica, fósforos e micronutrientes, possui perfil uniformemente amarelado

abaixo do horizonte A, e estão presentes em relevos planos ou suavemente ondulados (EMBRAPA, 2018e).

Ainda de acordo com a Prefeitura de Salgueiro (2018), o clima em Salgueiro é na classificação de Köppen semiárido quente, com temperatura média anual de 25°C, com precipitação pluviométrica de 450 a 600 milímetros por ano, além de relevo variando entre montanhoso e plano com frequência. Tudo isto provoca dois tipos distintos de áreas: uma delas com períodos de seca com chuvas escassas e, quando há chuvas, são mal distribuídas, além de vegetação xerófita e rios temporários; e outra delas com alta altitude, temperatura amena e bons índices pluviométricos (PREFEITURA DE SALGUEIRO, 2018).

Há ainda a presença da terra indígena Atikum no sul do município (Apêndice C). Estas terras se localizam na Serra do Umã, principalmente no município de Carnaubeira da Penha-PE, com uma área total de cerca de 153 Km<sup>2</sup> e um total de 3.582 índios em 2009, de acordo com Gaspar (2009). Segundo o mesmo autor, a reserva só foi criada em 1949 e os índios tem a agricultura como principal atividade, chegando a abastecer cidades vizinhas, porém, estes indígenas não conservam muitos traços de sua cultura, até sua língua nativa não sobreviveu, exceto por algumas palavras e rituais mantidos pelos anciãos.

### **3.2 PROCEDIMENTOS PRÉ-CLASSIFICAÇÃO**

#### **3.2.1 COLETA DE DADOS E OBTENÇÃO DAS IMAGENS**

Por meio do catálogo do site do USGS (2018) foram obtidas as imagens do satélite LANDSAT 5 e LANDSAT 8 (Tabela 3).

**Tabela 3:** Dados dos períodos e satélites utilizados.

Data	Satélite	Sensor	Órbita	Ponto
21 de outubro de 1998	LANDSAT 5	TM	214	66
14 de setembro de 2008	LANDSAT 5	TM	214	66
28 de outubro de 2018	LANDSAT 8	OLI	214	66

Fonte: Autor (2018).

Os arquivos shapefile com os limites dos municípios, as áreas urbanas, os rios principais, os tipos de solos e as terras indígenas foram obtidos do site do Forest GIS (2018). Quanto ao Modelo Digital de Elevação (MDE) foi obtido no site Topodata (2018). As imagens dos satélites foram escolhidas em função do período com menor presença de nuvens. Todas as imagens e arquivos shapefile foram disponibilizados gratuitamente.

As cenas obtidas foram georreferenciadas mediante o sistema de coordenadas Datum SIRGAS 2000. Para processamento de todas as imagens e shapefiles neste trabalho, utilizou-se o software QGIS 2.18.3.

Para embasar e situar a área de estudo com mais informações, foram confeccionados mapas utilizando arquivos shapefile. Para isto, os shapefile das feições de interesse foram recortados usando o limite do município de Salgueiro-PE como camada de corte, proporcionando a criação dos mapas contendo a localização de Salgueiro-PE (Figura 1), os tipos de solos mais comuns (Apêndice B) e a presença da terra indígena Atikum (Apêndice C).

Posteriormente, o Modelo Digital de Elevação (MDE) foi recortado pela área do município e então, tratado, separando a altitude em seis classes, baseados na altitude máxima e mínima: De 300 a 400 metros, de 400 a 500 metros, de 500 a 600 metros, de 600 a 700 metros, de 700 a 800 metros, e acima de 800 metros. Depois foi adicionado um efeito de sombreamento no MDE e sobreposta sobre classes para melhor visualização do relevo, finalizando, assim, o mapa hipsométrico (Apêndice A).

### **3.2.2 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO COLORIDA**

Para os fins deste trabalho, visando obter um melhor realce das feições de interesse em ambas as imagens, favorecendo o processo de identificação e análise destas feições, foi utilizada, para as imagens do LANDSAT 5, as bandas 5, 4 e 3, sendo correspondente ao infravermelho médio (1,55-1,75  $\mu\text{m}$ ), ao infravermelho próximo (0,76-0,90  $\mu\text{m}$ ) e ao vermelho (0,63-0,69  $\mu\text{m}$ ), respectivamente, todas com uma resolução espacial de 30 metros. Já para as imagens do LANDSAT 8, usou-se as bandas 6, 5 e 4, sendo equivalente ao infravermelho de ondas curtas (1,57-1,65  $\mu\text{m}$ ), ao infravermelho próximo (0,845-0,885  $\mu\text{m}$ ) e ao vermelho (0,640-0,670  $\mu\text{m}$ ), respectivamente. Todas as bandas possuem uma resolução espacial de 30 metros.

Houve a necessidade de realizar o corte da área de Salgueiro-PE em todas as imagens do LANDSAT sobrepondo o arquivo em formato shapefile do município obtida do Forest GIS.

### **3.3 ANÁLISE DOS DADOS**

#### **3.3.1 CLASSIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA**

Os mapas de uso e cobertura da terra foram elaborados por meio da classificação Máxima Verossimilhança (MaxVer), utilizando o complemento Semi-Automatic Classification Plugin (SCP), escolhendo vinte amostras por cada uma das seis classes seguintes: Floresta, Agricultura, Solo Exposto, Corpos D'Água, Mata Ciliar e Infraestrutura.

#### **3.3.2 COMPARAÇÃO TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA**

Posteriormente estes mapas foram cruzados mediante a utilização da opção Land Cover Change do SCP, estabelecendo as seguintes classes: 1. Floresta Remanescente, áreas em que as florestas nativas não sofreram alterações; 2. Expansão da Floresta, áreas em que o uso do solo fora convertido em floresta nativa; 3. Desmatamento, áreas em que as florestas nativas foram substituídas por outros usos do solo; e 4. Outros Usos, áreas ocupadas por outros tipos de usos, como agricultura, corpos d'água e infraestrutura. Por fim, a acurácia foi medida pelo coeficiente de Kappa.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 AVALIAÇÃO DA CONFIABILIDADE DA CLASSIFICAÇÃO A PARTIR DAS IMAGENS DE SATÉLITES

Através das matrizes que foram geradas (Tabela 3, 4 e 5) pode-se observar a quantidade de pixels que não atenderam as classes desejadas, assim como a formulação do índice de Kappa.

**Tabela 4:** Matriz de Confusão de 1998, Salgueiro-PE.

Matriz de Erros de Classificação de Salgueiro-PE, 1998							
	Floresta	Agricultura	Solo Exposto	Corpos D'Água	Mata Ciliar	Infraestrutura	$\Sigma$ Linha
Floresta	38.645	2.770	29	15	0	24	41.483
Agricultura	714	27.310	5.450	0	6	43	33.523
Solo Exposto	2	6.027	10.692	0	0	58	16.779
Corpos D'Água	547	0	0	368	0	7	922
Mata Ciliar	0	0	1	0	697	4	702
Infraestrutura	68	1.146	1.157	0	14	828	3.213
$\Sigma$ Coluna	39.976	37.253	17.329	383	717	964	96.622
Cálculo do Índice de Kappa das amostras adquiridas							
$\Sigma$ Linha = $\Sigma$ Coluna	96.622						
$\Sigma$ Linha <sup>2</sup>	3,138E+9						
$\Sigma$ Diagonal	78.540						
Índice Kappa	0,7152						
			$K = \frac{(96.662 \times 78.540) - 3,138E+9}{(96.622)^2 - 3,138E+9}$				

Fonte: Autor (2018).

O desempenho das classes mapeadas está descrito na tabela 6, mostrando uma acurácia geral de 81,29% para 1998, 94,14% para 2008 e 90,62% para 2018. Além disso, o índice Kappa superou os 70% ou 0,70 em 1998 e os 80% ou 0,80 em 2008 e 2018, sendo considerado muito bom para 1998 e como excelente para os demais anos de acordo com a metodologia de Landis e Koch (1977), dando confiabilidade aos mapas gerados e possibilitando a quantificação das classes de uso e cobertura da terra e as análises espaço-temporais.

**Tabela 5:** Matriz de Confusão de 2008, Salgueiro-PE.

Matriz de Erros de Classificação de Salgueiro-PE, 1998							
	Floresta	Agricultura	Solo Exposto	Corpos D'Água	Mata Ciliar	Infraestrutura	$\Sigma$ Linha
Floresta	107.001	996	2	72	45	126	108.242
Agricultura	3.085	16.229	86	0	6	56	19.462
Solo Exposto	0	755	4.251	0	52	241	5.299
Corpos D'Água	1.157	0	0	1.109	10	3	2.279
Mata Ciliar	1.173	0	13	0	2.818	13	4.017
Infraestrutura	181	55	75	44	62	2.029	2.446
$\Sigma$ Coluna	112.597	18.035	4.427	1.225	2.993	2.468	141.745
Cálculo do Índice de Kappa das amostras adquiridas							
$\Sigma$ Linha = $\Sigma$ Coluna	141.745						
$\Sigma$ Linha <sup>2</sup>	1.215E+10						
$\Sigma$ Diagonal	133.437						
Índice Kappa	0,8432						

Fonte: Autor (2018).

**Tabela 6:** Matriz de Confusão de 2018, Salgueiro-PE.

Matriz de Erros de Classificação de Salgueiro-PE, 1998							
	Floresta	Agricultura	Solo Exposto	Corpos D'Água	Mata Ciliar	Infraestrutura	$\Sigma$ Linha
Floresta	60.416	513	0	34	40	62	61.065
Agricultura	536	35.268	271	0	50	623	36.748
Solo Exposto	0	3.961	2.964	1	0	1.923	8.849
Corpos D'Água	99	0	0	3.196	2	0	3.297
Mata Ciliar	1.624	175	0	0	1.128	7	2.934
Infraestrutura	97	1.028	167	63	5	6.050	7.410
$\Sigma$ Coluna	62.772	40.945	3.402	3.294	1.225	8.665	120.303
Cálculo do Índice de Kappa das amostras adquiridas							
$\Sigma$ Linha = $\Sigma$ Coluna	120.303						
$\Sigma$ Linha <sup>2</sup>	5.232E+9						
$\Sigma$ Diagonal	109.022						
Índice Kappa	0,8496						

Fonte: Autor (2018).

**Tabela 7:** Desempenho das classes mapeadas conforme a classificação realizada a partir das imagens de satélite em 1998, 2008 e 2018, Salgueiro-PE.

Classes	1998		2008		2018	
	Acurácia do Produtor	Acurácia do Usuário	Acurácia do Produtor	Acurácia do Usuário	Acurácia do Produtor	Acurácia do Usuário
Florestas	96,67	93,16	95,03	98,85	96,25	98,94
Agricultura	73,30	81,47	89,98	83,39	86,14	95,97
Solo Exposto	61,70	63,72	96,02	80,22	87,13	33,50
Corpos D'Água	96,08	39,91	90,53	48,66	97,02	96,94
Mata Ciliar	97,21	99,29	94,15	70,15	92,08	38,45
Infraestrutura	85,89	25,77	82,21	82,95	69,82	81,65
Acurácia Geral	81,29		94,14		90,62	
Estatística Kappa	71,52		84,32		84,96	

Fonte: Autor (2018).

#### 4.2 DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA

Em 1998 se destacaram as florestas e a agricultura em áreas totais, com 667,6 km<sup>2</sup> e 633,5 km<sup>2</sup> respectivamente (Tabela 8). Demonstrando que há praticamente a mesma área de Caatinga e de agricultura (Figura 2), confirmando a ênfase deste município em agricultura como base para a economia local. Observa-se também uma grande área de solo exposto neste ano, um total de 220,4 km<sup>2</sup>, podendo ser devido à uma agricultura tradicional, à um período intenso de seca ou até a uma extração vegetal, seja através de carvão vegetal, lenha ou madeira em toras.

**Tabela 8:** Classes de uso e cobertura da terra no ano de 1998, 2008 e 2018, Salgueiro-PE.

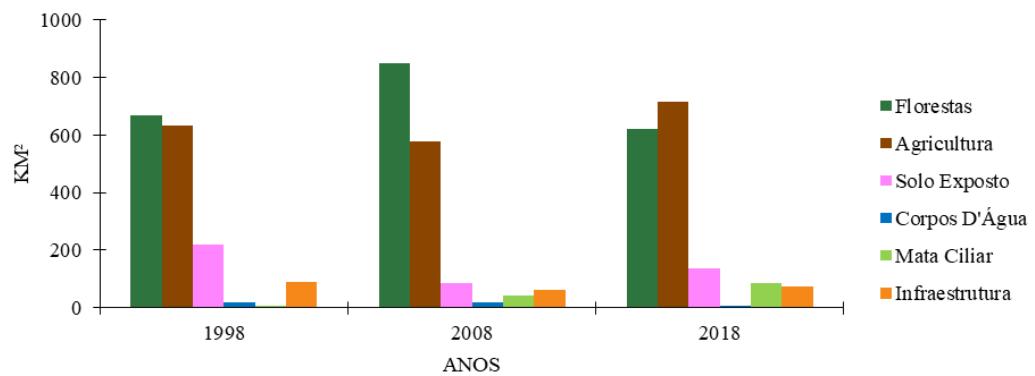
Classes de Uso	Outubro de 1998		Setembro de 2008		Outubro de 2018	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%
Florestas	667,6	40,83	851,1	52,06	619,4	37,89
Agricultura	633,5	38,75	576,2	35,25	714,6	43,71
Solo Exposto	220,4	13,48	87,0	5,32	135,5	8,29
Corpos D'Água	17,1	1,04	17,7	1,08	7,7	0,47
Mata Ciliar	7,7	0,47	42,8	2,62	85,8	5,25
Infraestrutura	88,5	5,41	60,0	3,67	71,8	4,39
Total	1.634,85	100,00	1.634,85	100,00	1.634,85	100,00

Fonte: Autor (2018).

De acordo com dados da Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC (2018), no ano de 1998 só houve chuva nos meses de janeiro e fevereiro (Figura 3), com 146,6 mm no

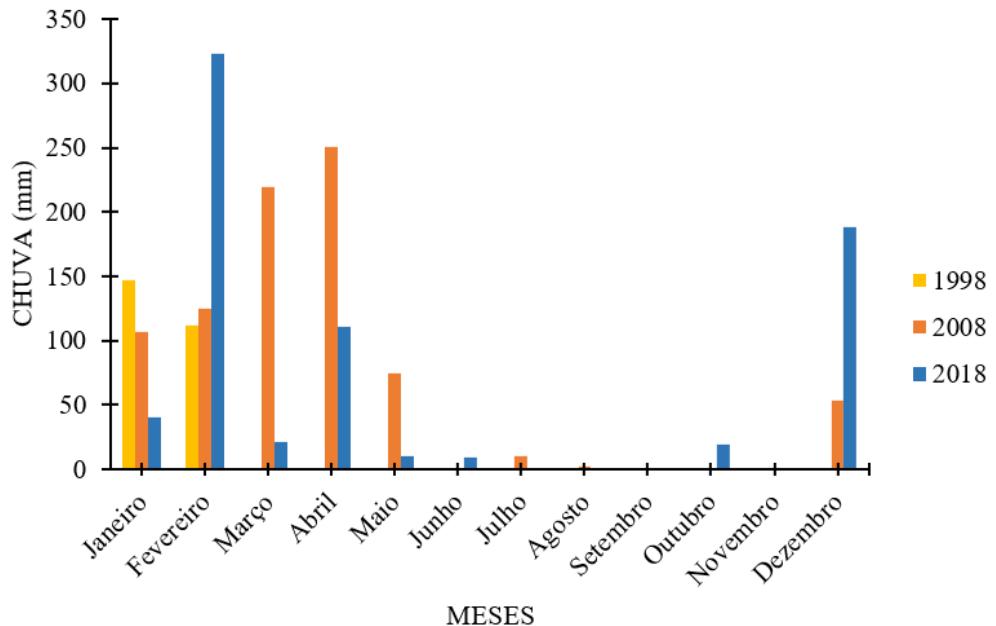
primeiro mês e 112,1 no segundo mês, com isto, instalou-se um período de seca no restante do ano, auxiliando na existência de uma área maior de solo exposto.

**Figura 2:** Classes de usos e coberturas da terra em 1998, 2008 e 2018, Salgueiro-PE.



Fonte: Autor (2018).

**Figura 3:** Pluviometria de Salgueiro-PE nos anos de 1998, 2008 e 2018.



Fonte: APAC (2018).

Além disso, Salgueiro faz parte de um dos polos das indústrias de cerâmica vermelha de Pernambuco (ALMEIDA, 2010). De acordo com a Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH (2010), estas indústrias trazem um grande impacto ambiental, pois utilizam da argila como matéria-prima principal, que é removida com retroescavadeiras que deixam áreas de solo exposto, além de favorecer o desmatamento das florestas nativas para explorar as áreas com a presença de argila e também para utilização da lenha nos fornos das indústrias no processo de queima da cerâmica.

Nota-se também que em 1998 há presença mínima de mata ciliar, 7,7 km<sup>2</sup>, e a presença de 88,5 km<sup>2</sup> de infraestrutura. Todas estas informações de 1998 podem ser observadas no apêndice D.

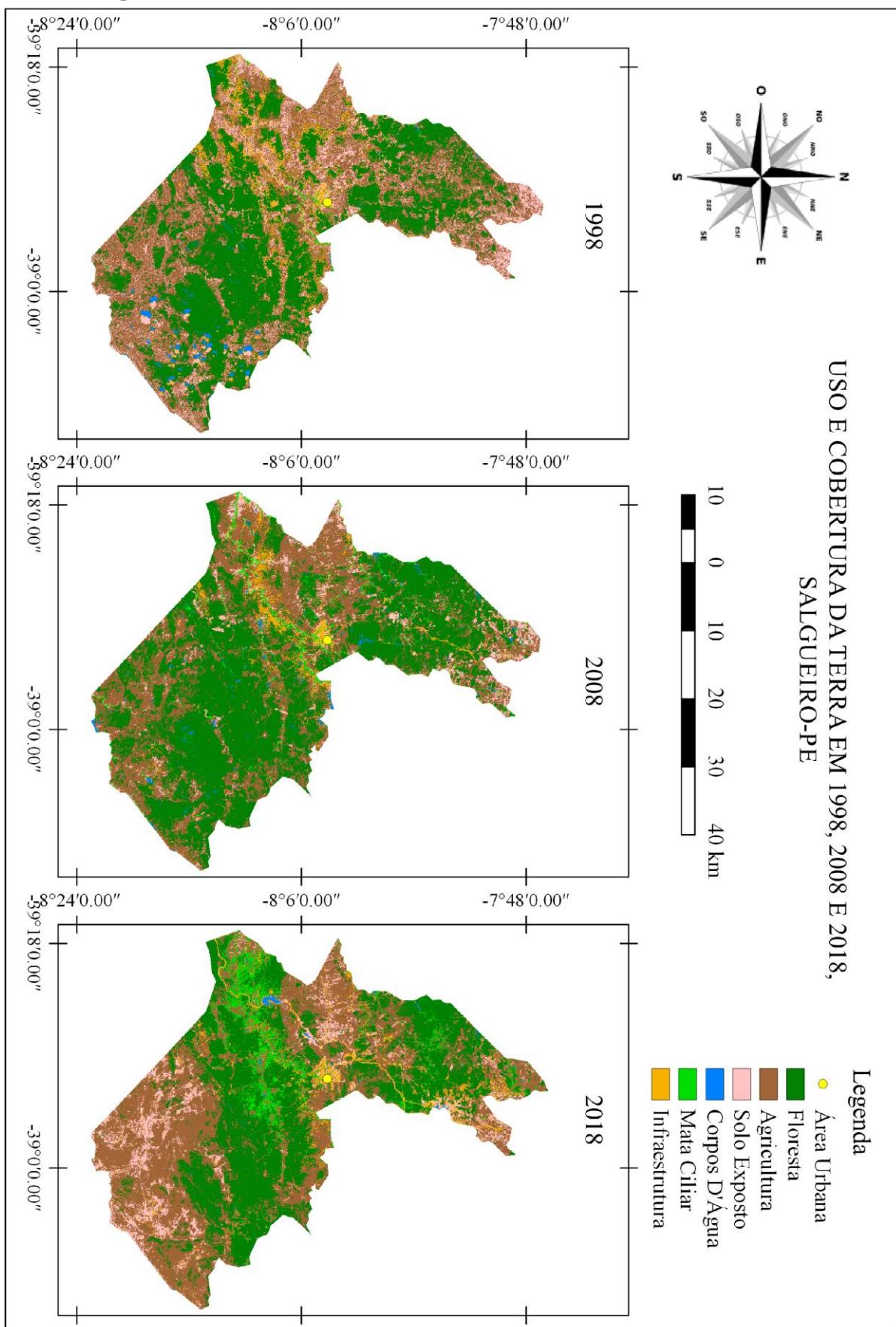
Quando observado o ano de 2008 (Apêndice E), há um acréscimo importante na área de florestas, chegando a 851,1 km<sup>2</sup>, e um decréscimo da área de agricultura para 576,2 km<sup>2</sup>. Apesar do solo exposto ainda continuar como a terceira classe de maior representatividade, apresenta uma área muito menor que em 1998, 87 km<sup>2</sup>. Há grande possibilidade de que a área de solo exposto em 1998 tenha sido devido a um período de seca forte, conforme constatado por Soares e Nóbrega (2009) ao avaliar a microrregião do Pajeú-PE que é vizinha do município de Salgueiro, e também pode ter sido devido à uma agricultura tradicional irresponsável.

Ainda de acordo com os dados de 2008, houve um decréscimo na classe de infraestrutura, devendo ser pelo fato da confusão no momento da classificação, misturando algumas classes, conforme a matriz de confusão de ambos os anos (Tabela 3 e 4), que refletiu em um Kappa de 0,7152 em 1998 e de 0,8432 em 2008.

Já em 2018 observa-se visivelmente a substituição das áreas com florestas por agricultura e exposição do solo (Apêndice F e Figura 4). No semiárido brasileiro, a agricultura é a principal renda das famílias, de modo que quando há um aumento populacional em um município desta região, a agricultura e o solo exposto tende a crescer, caso não haja algum fator externo tão extremo que dificulte este crescimento (SILVA *et al.*, 2016).

Baseado no censo do IBGE (2018b) população de Salgueiro tem aumentado ao longo do tempo, mostrando a ligação do aumento populacional com o aumento da agricultura e solo exposto. Este acréscimo é de cerca de 6.329 habitantes ou 16,23% a cada 10 anos (Tabela 9), sendo, portanto, um dos possíveis fatores que influenciou no aumento da área de agricultura e solo exposto.

**Figura 4:** Mapa do uso e cobertura da terra em 1998, 2008 e 2018, SALGUEIRO-PE.



Fonte: Autor (2018).

**Tabela 9:** Evolução populacional de Salgueiro-PE.

Anos	População (Censo)	Aumento populacional	
		Habitantes	%
1970	31.314	9.125	29,14
1980	40.439	6.772	16,75
1991	47.211	4.360	9,24
2000	51.571	5.058	9,81
2010	56.629	6.329	16,23

Fonte: IBGE (2018b).

Um outro fator que pode ter comprometido a continuação das áreas de floresta em 2018, é a extração vegetal de carvão vegetal, lenha e madeira em toras. De acordo com os dados do IBGE (2018c), entre 2007 a 2017 em Salgueiro, houve uma produção média de 91 toneladas de carvão vegetal, 26.995 m<sup>3</sup> de lenha e 147 m<sup>3</sup> de madeira em tora (Tabela 10).

A produção de carvão vegetal, de lenha e de madeira em tora passou por um período de crescimento até os anos de 2011 a 2013 (Tabela 10), onde começou a haver um decréscimo desta exploração vegetal, contudo, ainda assim, toda esta exploração pode ter afetado a exposição de solo exposto, assim como ter sido reflexo de um processo de transformação de áreas florestais em áreas agrícolas (IBGE 2018c).

**Tabela 10:** Produção de carvão vegetal, de lenha e de madeira em tora de 2007 a 2017, Salgueiro-PE.

Anos	Produção de Carvão (ton.)	Produção de Lenha (m <sup>3</sup> )	Madeira em tora (m <sup>3</sup> )
2007	82	26.000	150
2008	84	27.500	150
2009	83	27.000	100
2010	90	30.000	150
2011	97	32.500	165
2012	100	30.000	175
2013	100	30.000	166
2014	93	25.000	150
2015	88	22.800	142
2016	90	23.000	140
2017	90	23.150	125
Média	91	26.995	147

Fonte: IBGE (2018c).

Ao tomar como referência a área de Salgueiro em porcentagem, cerca de 1,72% de Pernambuco (IBGE, 2018a), e comparando com a média da produção de carvão vegetal, de lenha e de madeira em tora de Pernambuco e do Sertão Pernambucano (IBGE, 2018c), nota-se

que mesmo Salgueiro possuindo uma média abaixo do esperado (Tabela 11), ainda assim passou por um período de transformação intensa da paisagem local.

**Tabela 11:** Média da produção de carvão, de lenha e de madeira em tora do estado de Pernambuco, do Sertão Pernambucano e de Salgueiro, entre 2007 e 2017.

	Pernambuco	Sertão Pernambucano	Salgueiro
Produção Carvão (t)	8.448	6.246	91
Produção de Lenha (m <sup>3</sup> )	1.918.828	1.174.312	26.995
Madeira em tora (m <sup>3</sup> )	27.812	6.242	147
Área Absoluta (km <sup>2</sup> )	98.311	32.450	1.687
Área (%)	100,00	33,01	1,72
	Produção Carvão (t)	2.788	145
Média esperada	Produção de Lenha (m <sup>3</sup> )	633.357	32.927
	Madeira em tora (m <sup>3</sup> )	9.180	477

Fonte: IBGE (2018c).

O que ocorreu em Salgueiro-PE se expande para outros municípios no semiárido pernambucano, como Floresta, que foi analisado por Silva *et al.* (2013), que observaram que entre 1987 a 2008 houve um aumento da área de agricultura e de solo exposto, exercido pela ação humana e provocando consequências negativas na qualidade de vida da população. Analisando também outros estados, no semiárido sergipano entre 1992 e 2013, a ação antrópica foi tão intensa tanto a Caatinga da região quanto a regeneração natural foi diminuindo ao longo deste período, principalmente entre 2003 e 2013 em que o desmatamento foi de cerca de 3.000 km<sup>2</sup> (FERNANDES *et al.*, 2015).

Quando observada uma bacia hidrográfica do semiárido pernambucano, bacia hidrográfica do riacho São Paulo-PE, entre 1991 e 2010, nota-se a mesma transição progressiva da Caatinga pela agricultura, tornando cada vez mais a paisagem devastada, heterogênea e fragmentada (COELHO *et al.*, 2014).

Nota-se também que em certas áreas que eram classificadas como florestas, passaram a ser classificadas como mata ciliar (Figura 4), isto talvez se deve ao fato da agricultura e desmatamento ter diminuído a densidade destas áreas, transformando assim estas áreas com feições mais próximas as de mata ciliar. Como observado por Coelho *et al.* (2014), a bacia hidrográfica do riacho São Paulo-PE entre 1991 e 2010 passou por um processo de transição de Caatinga densa para Caatinga aberta devido as etapas que ocorrem quando o propósito final da transição é a agricultura.

Quanto aos dados, as áreas de florestas assumem uma área de 619,4 km<sup>2</sup>, enquanto que a agricultura supera as florestas com 714,6 km<sup>2</sup>, e o solo exposto e a mata ciliar aumentaram para 135,5 km<sup>2</sup> e 85,8 km<sup>2</sup>, respectivamente (Tabela 8).

Ao analisar a tabela 12, nota-se as mudanças que ocorreram nestas classes entre 1998, 2008 e 2018. Destaca-se então dois aumentos de classes entre 1998 e 2008, um com dados absolutos, as florestas aumentaram 183,6 km<sup>2</sup>, e outro com dados percentuais, a mata ciliar aumentou 451,95%. Neste mesmo período, destaca-se o decréscimo de 60,51% do solo exposto, já comentado anteriormente.

**Tabela 12:** Comparação do aumento ou da diminuição das classes entre os anos de 1998, 2008 e 2018. Números positivos representam acréscimo e número negativos representam decréscimo.

Classes de Uso	Entre 1998 e 2008		Entre 2008 e 2018		Entre 1998 e 2018	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%
Florestas	183,6	27,50	-231,7	-27,23	-48,2	-7,22
Agricultura	-57,3	-9,05	138,3	24,00	81,0	12,79
Solo Exposto	-133,4	-60,51	48,4	55,64	-84,9	-38,53
Corpos D'Água	0,6	3,69	-10,0	-56,37	-9,4	-54,76
Mata Ciliar	35,0	451,95	43,1	100,74	78,1	1007,99
Infraestrutura	-28,5	-32,24	11,9	19,80	-16,7	-18,83

Fonte: Autor (2018).

Examinando as mudanças entre 2008 e 2018, há a ênfase no crescimento contínuo da mata ciliar que aumentou 100,74%, enquanto que o solo exposto também aumentou, 55,64%, juntamente com a agricultura, 24% ou 138,3 km<sup>2</sup>. Nestes anos foi observado que as florestas sofrem diminuição de 231,7 km<sup>2</sup>, enquanto que os corpos d'água também diminuiu sua área em 56,37%.

Diante do crescimento da agricultura e dos dados da tabela 11, mesmo os dados comparativos da média da extração vegetal de Salgueiro tendo se mostrado abaixo da média esperada, ainda assim, esta extração muito provavelmente produziu um impacto enorme no desmatamento do município.

Contudo, quando verificadas as mudanças no prazo de 20 anos segundo este presente trabalho, de 1998 a 2018, observou-se que o saldo das florestas foi negativo, perdendo 48,2 km<sup>2</sup>, a agricultura aumentou 81 km<sup>2</sup>, o solo exposto diminuiu 84,9 km<sup>2</sup> e a mata ciliar aumentou 78,1 km<sup>2</sup>. É importante ressaltar que em porcentagem, o aumento da mata ciliar foi de 1007,99%, enquanto que os corpos d'água diminuíram 54,76%, indicando que este aumento provavelmente está intimamente ligado com as áreas de florestas que foram

diminuídas corroborando com os dados produzidos na bacia hidrográfica do riacho São Paulo-PE por Coelho *et al.* (2014).

Estas transformações que ocorreram nestas seis classes são facilmente observadas na figura 2, notando-se que o crescimento das florestas e da agricultura são inversamente proporcionais: enquanto uma aumenta, a outra diminuirá; diferentemente do crescimento da agricultura e do solo exposto que são diretamente proporcionais: enquanto uma aumenta a outra classe também aumentará. Esta última relação se deve, principalmente, pelas etapas da agricultura, que possuem períodos de pousio e períodos de preparo da terra para o próximo ciclo de plantio, expondo o solo (SILVA *et al.*, 2013).

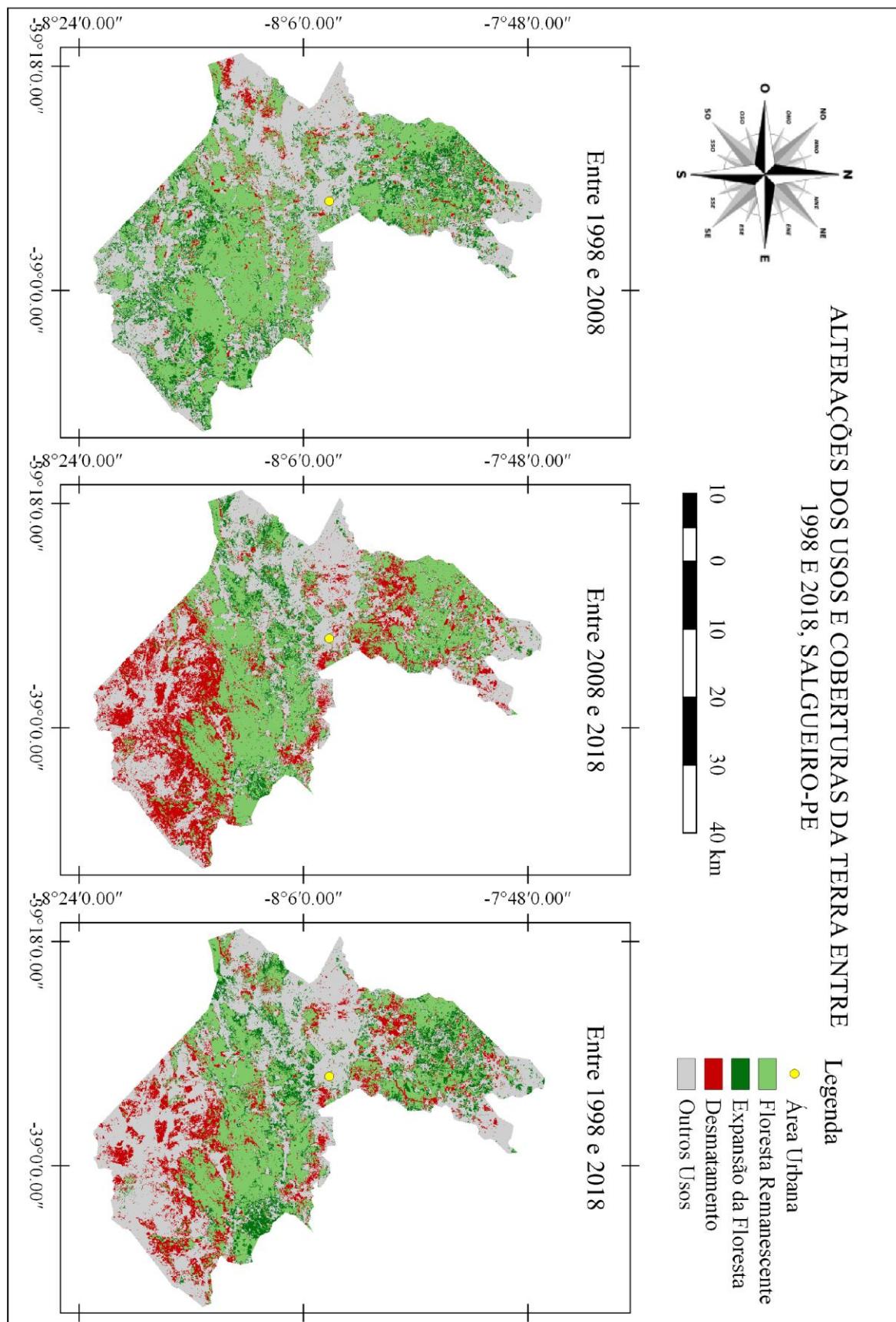
#### **4.3 ALTERAÇÕES DO USO E COBERTURA DA TERRA ENTRE 1998, 2008 E 2018**

Para melhor analisar e entender as alterações que ocorreram, foi realizado o cruzamento dos mapas de uso e cobertura da terra de 1998, 2008 e 2018, gerando três mapas que facilitam a visualização destas mudanças e estão apresentados nos apêndices G, H e I, e foram apresentados juntos na figura 5.

Sabendo-se que em 1998 a área de floresta era de 667,6 km<sup>2</sup>, a área de floresta remanescente, que não sofre alteração para alguma outra classe, tem diminuído ao longo destes últimos 20 anos (Tabela 13). Como observado anteriormente, a área de floresta aumentou em 2008 comparado à 1998, contudo isto se deve principalmente pela expansão da própria floresta, ou seja, devido a áreas que anteriormente possuíam outro tipo de uso, principalmente as áreas de solo exposto, que se classificava assim devido à seca extrema de 1998.

Mesmo tendo uma boa expansão da floresta entre 1998 e 2008, ainda assim esta expansão diminuiu entre 2008 e 2018, sendo menor que a metade que tinha se expandido entre 1998 e 2008 (Tabela 13). Porém a floresta remanescente continuou diminuindo entre 2008 e 2018.

**Figura 5:** Mapa das alterações dos usos e coberturas da terra entre 1998 e 2018, SALGUEIRO-PE.



Fonte: Autor (2018).

**Tabela 13:** Alterações nos usos e coberturas da terra entre 1998, 2008 e 2018, Salgueiro-PE.

Classes de Uso	1998 e 2008		2008 e 2018		1998 e 2018	
	Área (Km <sup>2</sup> )	%	Área (Km <sup>2</sup> )	%	Área (Km <sup>2</sup> )	%
Floresta Remanescente	594,1	36,34	507,0	31,01	438,1	26,80
Expansão da Floresta	257,0	15,72	111,9	6,85	181,1	11,08
Desmatamento	73,5	4,49	344,1	21,05	229,5	14,04
Outros Usos	710,2	43,44	671,8	41,09	786,1	48,09
Total	1.634,8	100,00	1.634,8	100,00	1.634,8	100,00

Fonte: Autor (2018).

Isto demonstra uma tendência forte do desmatamento presente em Salgueiro. O desmatamento representava nos primeiros 10 anos apenas cerca 4,5%, enquanto que nos últimos 10 anos apresentou um crescimento exponencial de 344,1 km<sup>2</sup>, ou seja, 21,05% das transformações que aconteceram neste período (Tabela 13). Se esta tendência permanecer, o município terá diversos problemas ambientais, econômicos e sociais. De acordo com Silva *et al.* (2016), o desmatamento pode ocorrer por diversos motivos, entre eles o uso da madeira para lenha e carvão vegetal, a própria agricultura de manejo inadequado, entre outros, provocando a aceleração do processo de desertificação, escassez hídrica, alterações no clima da região, consequentemente prejuízos socioeconômicos. Além disso, Gonçalves *et al.* (2018) observaram como a saúde das pessoas é afetada devido ao desmatamento, chegando a afetar até o plantio de plantas medicinais e povos indígenas. De acordo com Santos; Silva e Oliveira (2009), todos esses fatores juntos chegam a afetar até o êxodo rural, diminuindo a população local, como observado na tabela 9, em que a taxa de crescimento populacional de Salgueiro a cada 10 anos tem diminuído.

No município de Exu-PE, entre os anos de 2006 a 2016, houve um desmatamento semelhante, só que em uma taxa de desmatamento de 0,6% ao ano da Caatinga devido ao avanço da agricultura (SILVA *et al.*, 2016). Porém, este avanço sobre a floresta local é forte também em todo território pernambucano, com maior ênfase na zona da mata, como notou NETO *et al.* (2011) ao analisar a bacia hidrográfica do rio Natuba-PE, que apresentou em 2011 apenas 11,85% da floresta local, sendo todo o restante da área da bacia coberta quase em sua totalidade por algum tipo de agricultura, seja a cana-de-açúcar, policultura, horticultura, etc.

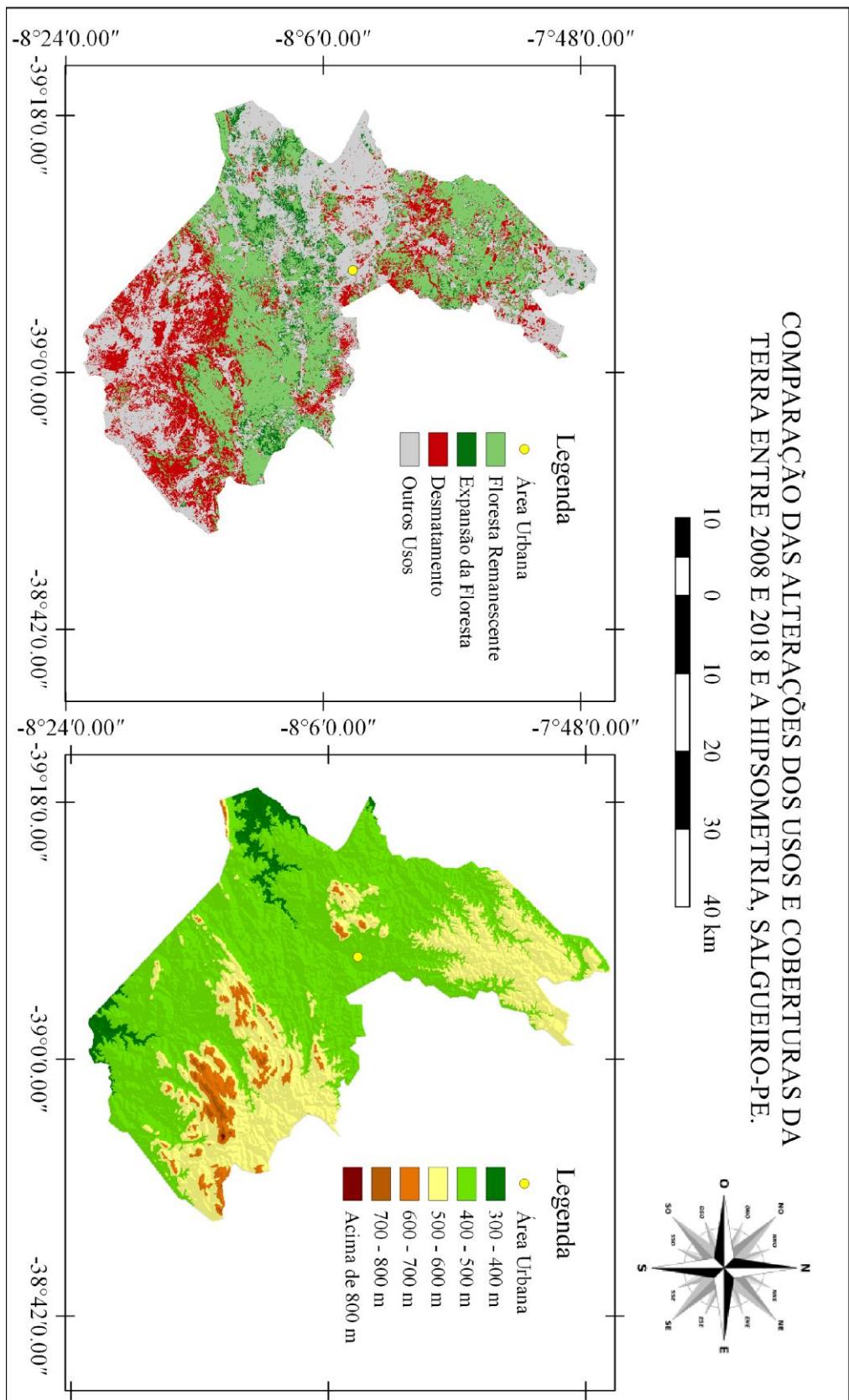
Então, os problemas causados pelo desmatamento acabam sendo de gestão pública, envolvendo a dinâmica da economia local e regional, necessitando de práticas que visam o desenvolvimento sustentável e o combate a perda da cobertura florestal (BATISTA; ALMEIDA; MELO, 2009; SILVA *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2016).

Pode-se observar que o desmatamento que ocorreu, foram nas áreas de menores altitudes (Figura 6), indicando que as áreas de maiores altitudes tendem a ser mais difíceis de se ocupar pela agricultura ou algum tipo de infraestrutura.

Apesar da floresta encontrada em cima de morro ter se mantida em razão da dificuldade de acesso, de certa forma, de acordo com a Lei Federal nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012), no artigo 4º, inciso IX, áreas de topos de morros, montanhas, montes e serras com no mínimo 100 metros de altura e inclinação a 25º, são consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP) e devem ser obrigatoriamente preservadas. Contudo, ao longo do tempo, de acordo com Silveira (2010), o processo de uso e cobertura da terra praticamente não prioriza os aspectos ecológicos, logo, quando as áreas de menores altitudes forem desmatadas, a tendência é que as áreas de APP de morros sejam afetadas pela supressão indiscriminada. Corroborando com esta perspectiva, Batista; Almeida e Melo (2009) observaram que na microbacia do riacho Maracajá-PB, áreas de APP estavam com a classe de solo exposto, principalmente as áreas envoltas das nascentes e as próprias matas ciliares.

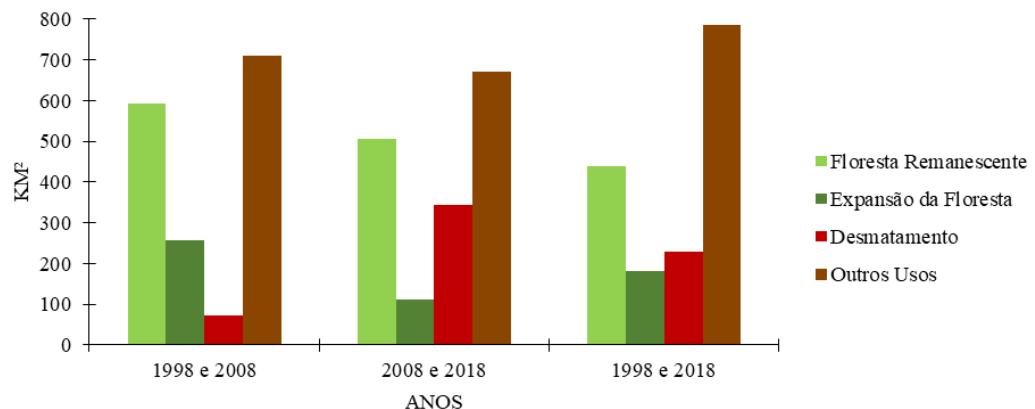
No cruzamento dos mapas de uso e cobertura da terra de 1998 e 2018, observa-se como as alterações ocorreram nestes 20 anos, demonstrando a baixa porcentagem de floresta remanescente e o alto nível de desmatamento. Por fim, nota-se uma relação inversa das florestas remanescentes com o desmatamento.

**Figura 6:** comparação das alterações dos usos e ocupações da terra entre 2008 e 2018 e a hipsometria, Salgueiro-PE.



Fonte: Autor (2018).

**Figura 7:** Alterações dos usos e coberturas da terra entre 1998 e 2008, 2008 e 2018, e 1998 e 2018, Salgueiro-PE.



Fonte: Autor (2018).

## 5. CONCLUSÕES

Por meio dos dados obtidos observa-se que o município analisado sofreu intensas ações antrópicas prejudiciais que afetaram no uso e cobertura da terra durante o período desta análise, principalmente entre os anos de 2008 a 2018, com a floresta da Caatinga tendo a maior parte transformada em agricultura ou solo exposto, promovendo, assim, a degradação.

Apesar de ainda haver uma boa cobertura vegetal remanescente e com um bom potencial de haver regeneração natural expandindo as áreas de florestas, o crescimento acelerado do desmatamento é preocupante e requer a tomada de decisão rápida para a proteção da Caatinga presente em Salgueiro. Caso esse impacto na vegetação nativa continue neste ritmo, comprometerá ainda mais as condições socioeconômicas e ambientais da região.

Visando a minimização dos impactos negativos deste processo no município, há a necessidade de uma gestão pública florestal rápida e eficiente que possa gerir e explorar sustentavelmente a região, desenvolvendo a economia e a qualidade de vida, com um mínimo de impacto ambiental possível.

O banco de dados criado poderá servir de base para futuras ações públicas e pesquisas que aprimorem o conhecimento e o desenvolvimento de Salgueiro-PE.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE – CPRH. **O setor ceramista e o meio ambiente**: guia prático para o licenciamento ambiental. Recife: CPRH, 2010. 17p.
- AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA – APAC. **Monitoramento pluviométrico**. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>>. Acesso em: 28 nov. 2018.
- ALMEIDA, M. A. F. **Diagnóstico da indústria cerâmica vermelha, do município do Paudalho, no Estado de Pernambuco**. 2010. 121 f. (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.
- ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 126 – 135, 2009.
- ARAÚJO, Q. R. (Org.) **500 anos de uso do solo no Brasil**. Ilhéus, Bahia: Editus, 2002. 605p.
- BARBOSA, M. R. V. *et al.* Estratégias para conservação da biodiversidade e prioridades para a pesquisa científica no bioma Caatinga. In: ARAÚJO, F. S.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V. (Orgs.). **Análise das variações da biodiversidade do bioma Caatinga**: suporte a estratégias regionais de conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005, p. 416 – 429.
- BATISTA; A. N. C.; ALMEIDA, N. V.; MELO, J. A. B. Utilização de imagens CBERS no diagnóstico do uso e ocupação do solo na microbacia do riacho Maracajá, Olivedos, PB. **Caminhos de Geografia**, v. 10, n. 32, p.235 – 244, dez. 2009.
- BERNARDES, N. As caatingas. **Estudos Avançados**, v.13, n.35, p.69 – 78, 1999.
- BERNARDO, N. M. R. **Análise de fragilidade ambiental com técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas aos municípios de Petrópolis e Teresópolis, Rio de Janeiro**. 2013. 117 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2013.
- BRASIL. Lei nº 12.625, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa**, Brasília, DF, 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)>. Acesso em: 03 dez. 2018.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C. **Fundamentos de Geoprocessamento**. Disponível em: <<https://www3.ufpe.br/latecgeo/images/PDF/g1.pdf>>. Acesso em: 05 de out. 2018.
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. Princípios básicos em geoprocessamento. In: CAVALIERI, A. *et al.* **Sistemas de Informações Geográficas**: Aplicações na agricultura. Brasília: Serviço de Produção de Informação, 1998, p.3 – 12.
- CASTELLETTI, C. H. M.; *et al.* Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In: SILVA, J. M. C., M., TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. (Eds.)

**Biodiversidade da Caatinga:** áreas e ações prioritárias para a conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2003, p. 91 – 100.

CASTRO, A. S.; CAVALCANTE, A. **Flores da Caatinga.** Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. 116p.

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

DAINENSE, R. C. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao estudo temporal do uso da terra e na comparação entre classificação não-supervisionada e análise visual.** 2001. 210 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo – SP usando imagens landsat-5. **RA E GA**, Curitiba, p.234-271, 2011.

EMBRAPA. **Árvore do conhecimento:** bioma caatinga. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma\\_caatinga/Abertura.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/Abertura.html)>. Acesso em: 08 de ago. 2018a.

EMBRAPA. **Luvissolo crômico.** Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONT000gn230xhm02wx5ok0liq1mqv181o7y.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xhm02wx5ok0liq1mqv181o7y.html)>. Acesso em: 28 de nov. 2018b.

EMBRAPA. **Neossolo litólico.** Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html)>. Acesso: 28 de nov. 2018c.

EMBRAPA. **Neossolos regolíticos.** Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONT000gn230xhp02wx5ok0liq1mqq4c4en9.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xhp02wx5ok0liq1mqq4c4en9.html)>. Acesso: 28 de nov. 2018d.

EMBRAPA. **Neossolo quartzarênico.** Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqtarta66.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqtarta66.html)>. Acesso: 28 de nov. 2018e.

EMBRAPA. **LANDSAT,** 2013. Disponível em: <[https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao\\_landsat.html](https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_landsat.html)>. Acesso em: 05 de out. 2018.

FERNANDES, M. R. M.; MATRICARDI, E. A. T.; ALMEIDA, A. Q.; FERNANDES, M. M. Mudanças do uso e de cobertura da terra na região semiárida de Sergipe. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 4, p. 472 – 482, out. 2015.

**FERRARI, R. Modelagem dinâmica do uso e cobertura da terra da Quarta Colônia – RS.** 2008. 131 f. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

**FITZ, P. R. Geoprocessamento sem complicações.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 249p.

**FOREST GIS. Download de shapefiles.** Disponível em: <<http://forest-gis.com/download-de-shapefiles/>>. Acesso em: 05 de out. 2018.

**GASPAR, L. Índios Atikum,** 2009. Disponível em: <[http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar/index.php?option=com\\_content&view=article&id=650&Itemid=1](http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar/index.php?option=com_content&view=article&id=650&Itemid=1)>. Acesso em: 28 de nov. 2018.

**GONÇALVES, G. M. S.; SILVA, E.; SCOTT, R. P.; GURGEL, I. G. D.; COSTA, A. M.** A transposição do rio São Francisco e a saúde do povo Pipipã, em Floresta, Pernambuco. **Saúde Soc.**, v. 27, n. 3, p. 909 – 921. 2018.

**HENDGES, E. R. Modelos estocásticos da dinâmica da paisagem florestal e simulação de cenários para o Estado do Rio Grande do Sul no período de 1988 a 2020.** 2007. 101 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Cidades: Salgueiro.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/salgueiro/panorama>>. Acesso em: 05 out. 2018a.

**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. População presente e residente, por sexo.** Disponível em: <<https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?no=6&op=1&vcodigo=CD77&t=populacao-presente-residente-sexo-dados-universo>>. Acesso em: 05 out. 2018b.

**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura - PEVS.** Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?edicao=18032&t=downloads>>. Acesso em: 05 out. 2018c.

**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Manual técnico de uso da terra.** 3 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p.

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. Classificação de imagens.** Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>>. Acesso em: 05 out. 2018.

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. INPE Nordeste mapeia desmatamento da Caatinga,** 2015. Disponível em: <[http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod\\_Noticia=3895](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=3895)>. Acesso em: 09 ago. 2018.

JESUS, J. R. P. **Análise da Dinâmica do Uso e Ocupação do Solo no Município de São Gonçalo do Rio Abaixo/MG – 1988 a 2009**. 2010. 37 f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) – Departamento de Cartografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

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

LEAL, I. R.; SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; LANCHER Jr., T. E. L. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v.1, n.1, p. 139 – 146, jul. 2005.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. da. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003.

LOPES, F.; MIELNICZUK, J.; OLIVEIRA, E. S.; TORNQUIST, C. G. Evolução do uso do solo em uma área piloto da região Vacaria, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 10, p.1038 – 1044, 2010.

MEDEIROS, S. S. CAVALCANTE, A. M. B.; MARIN, A. M. P.; TINÔCO, L. B. M.; SALCEDO, I. H.; PINTO, T. F. **Sinopse do censo demográfico para o semiárido brasileiro**. Campina Grande: INSA, 2012. 103p.

MELO, E. T.; SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J. G. B. de. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús-CE. **RA TE GA**, Curitiba, p.520 – 533, 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Caatinga**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>>. Acesso em: 08 ago. 2018.

NETO, M. V. B.; SILVA, C. B.; ARAÚJO FILHO, J. C.; ARAÚJO, M. S. B.; BRAGA, R. A. P. Uso da terra na bacia hidrográfica do rio Natuba, Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, p. 961 – 973. 2011.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto**: Princípios e aplicações. São Paulo: Edgar Blucher, 2010. 388p.

OLIVEIRA, F. G.. **Análise temporal da cobertura florestal e da paisagem do município de Palotina – PR, utilizando imagens do LANDSAT 5 e LANDSAT 8**. 2014. 60 f. Monografia (Bacharel em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2014.

OLIVEIRA, P. D. M. **Desmatamento nas Caatingas pernambucanas**: uma análise da supressão de vegetação autorizada pelo Estado. 2016. 126 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

PEREIRA, M. S. **Manual técnico**: Conhecendo e produzindo sementes e mudas da caatinga. Fortaleza: Associação Caatinga, 2011. 60p.

PRADO, D. E. As Caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R., TABARELLI, M. e SILVA, J. M. C. **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife, Editora Universitária. p. 3 – 74, 2003.

PREFEITURA DE SALGUEIRO. **História de Salgueiro**. Disponível em: <[http://www.salgueiro.pe.gov.br/munic\\_numeros.htm](http://www.salgueiro.pe.gov.br/munic_numeros.htm)>. Acesso em: 04 de out. 2018.

QUEIROZ, L. P. **Leguminosas da Caatinga**. UEFS. Feira de Santana. 467p. 2009.

RAMOS; R. R. D.; LOPES, H. L; MELO Jr., J. C. F.; CANDEIAS, A. L. B; SIQUEIRA FILHO, J. A. Aplicação do Índice da Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na avaliação de áreas degradadas e potenciais para unidades de conservação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 3., 2010, Recife. **Anais...** Recife, 2010. p. 1 – 6.

RIBEIRO, A. S. **Estado de conservação das nascentes do alto trecho do rio Pajeú, Pernambuco, Brasil**. 2014. 202 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

RIBEIRO, E. P.; NÓBREGA, R. S.; MOTA FILHO, F. O.; MOREIRA, E. B. Estimativa dos índices de vegetação na detecção de mudanças ambientais na bacia hidrográfica do rio Pajeú. **Geosul**, Florianópolis, v. 31, n. 62, p.59 – 92, 2016.

RODRIGUES; C. T. A. ALMEIDA, A. Q.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, C. A. A.; NUNES, E. O. S. Mapeamento do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio Pajeú –PE. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 12., 2012, Recife. **Anais...** Recife, 2012.

SAMPAIO, E. V. S. B. Caracterização do bioma Caatinga: características e potencialidades. In: GARIGLIO, M. A; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. (Orgs.). **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010, p. 29 – 48.

SANTOS, A. R.; PELUZIO, T. M. O.; SAITO, N. S. **Spring 5.1.2**: passo a passo. CAUFES. Alegre. 155p. 2010.

SANTOS, M. J.; SILVA, B. B.; OLIVEIRA, E. M. Analogia entre desmatamento e êxodo rural no Nordeste do Brasil. **Qualitas Revista Eletrônica**, v. 8, n. 1, p. 1 – 14. 2009.

SÁ, I. B.; ANGELOTTI, F. Degradação ambiental e desertificação no Semi-Árido brasileiro. In: ANGELOTTI, F.; SÁ, I. B.; MENEZES, E. A.; PELLEGRINO, G. Q. (Ed.). **Mudanças climáticas e desertificação no Semi-Árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2009. cap. 4, p. 53 – 76.

SÁ, I. B.; RICHÉ, G. R.; FOTIUS, G. A. As paisagens e o processo de degradação do semiárido nordestino. In: SILVA, J. M. C. *et al.* (Orgs.). **Biodiversidade da caatinga**: áreas e ações prioritárias para a conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente e Universidade Federal de Pernambuco, 2003, p.18 – 36.

SILVA, D. G.; ARRUDA, Í. R. P.; SILVA; M. L. G.; FERREIRA, P. S.; GOMES, V. P. Análise espaço-temporal do uso e cobertura da terra no município de Exu, PE. **Clio Arqueológica**, v. 31, n. 3, p. 193 – 210. 2016.

SILVA, E. A.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; SÁ, I. B.; DUARTE, S. M. A. Dinâmica do uso e cobertura da terra do município de Floresta, PE. **Floresta**, v. 43, n. 4, p. 611 – 620, out. / dez. 2013.

SILVA, E. A. **Mapeamento do uso e cobertura vegetal do município de Floresta-PE**. 2011. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Departamento de Ciência Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.

SILVEIRA, K. A. **Conflitos socioambientais e participação social**: Uma análise dos conflitos socioambientais no Complexo Industrial Portuário de Suape, Pernambuco. 2010. Dissertação (Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais) – Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

SOARES, D. B.; NÓBREGA, R. S. Detecção de tendências na ocorrência de veranicos na microrregião do Pajeú – PE. **Revista de Geografia**, v. 26, n. 3, p. 263 – 275, set. / dez. 2009.

TOPODATA. **Banco de dados geomorfométricos do Brasil**. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>>. Acesso em: 05 de out. 2018.

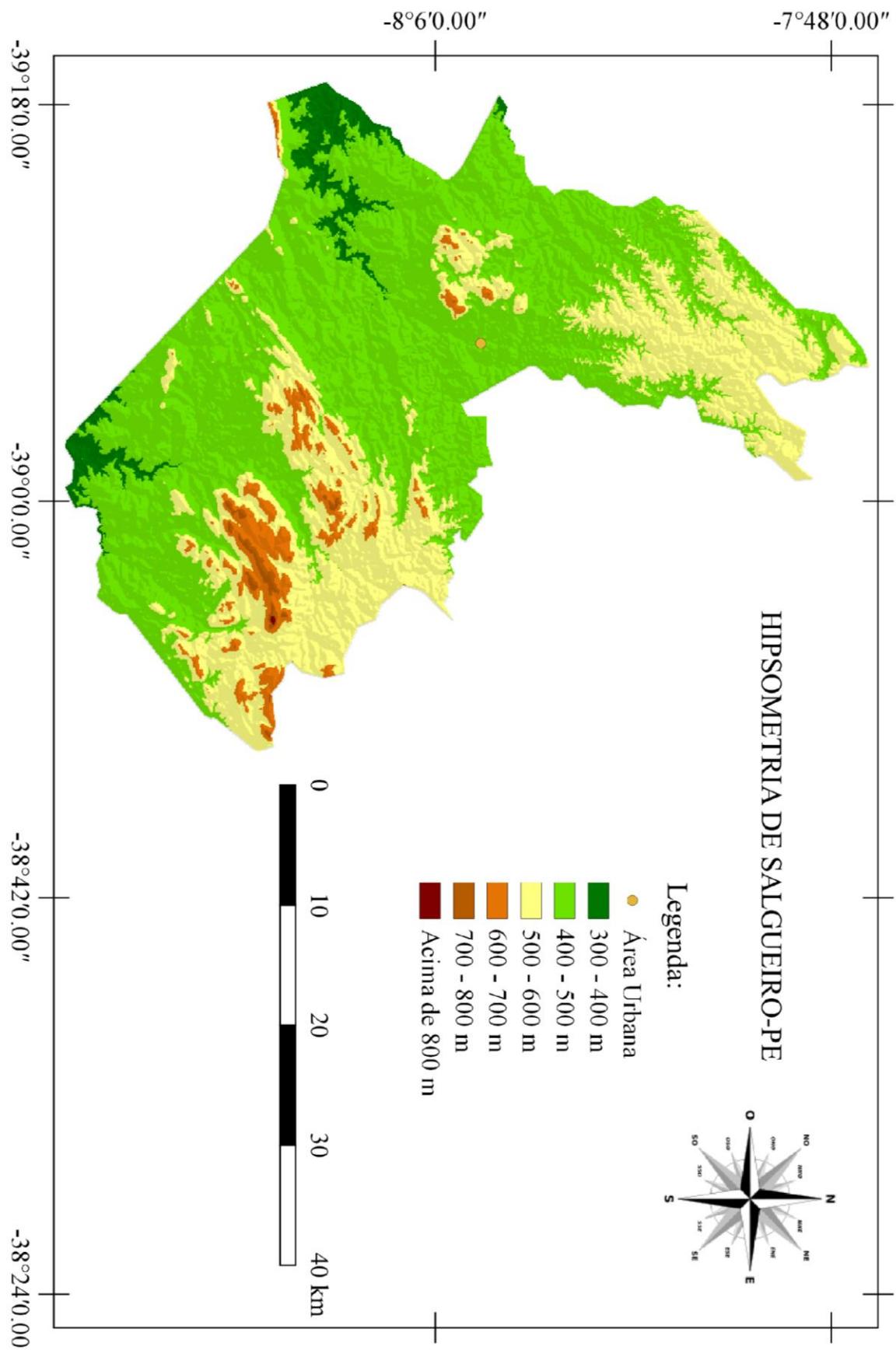
USGS. **EarthExplorer**: Home. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 05 de out. 2018.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 1, p.55 – 64, 2010.

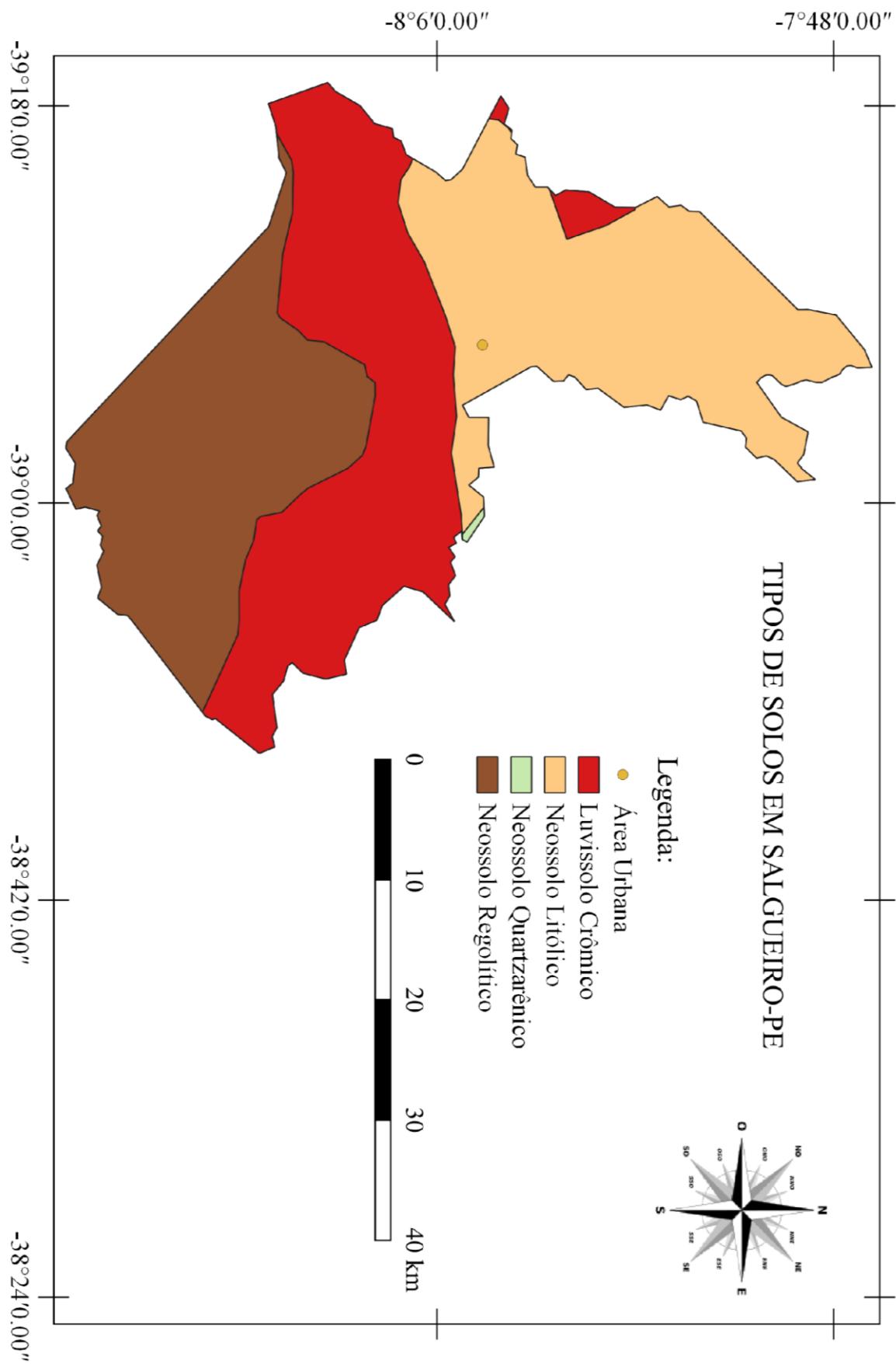
VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C. **Ecorregiões**: propostas para o Bioma Caatinga. Recife: Associação Plantas do Nordeste, 2002. 76p.

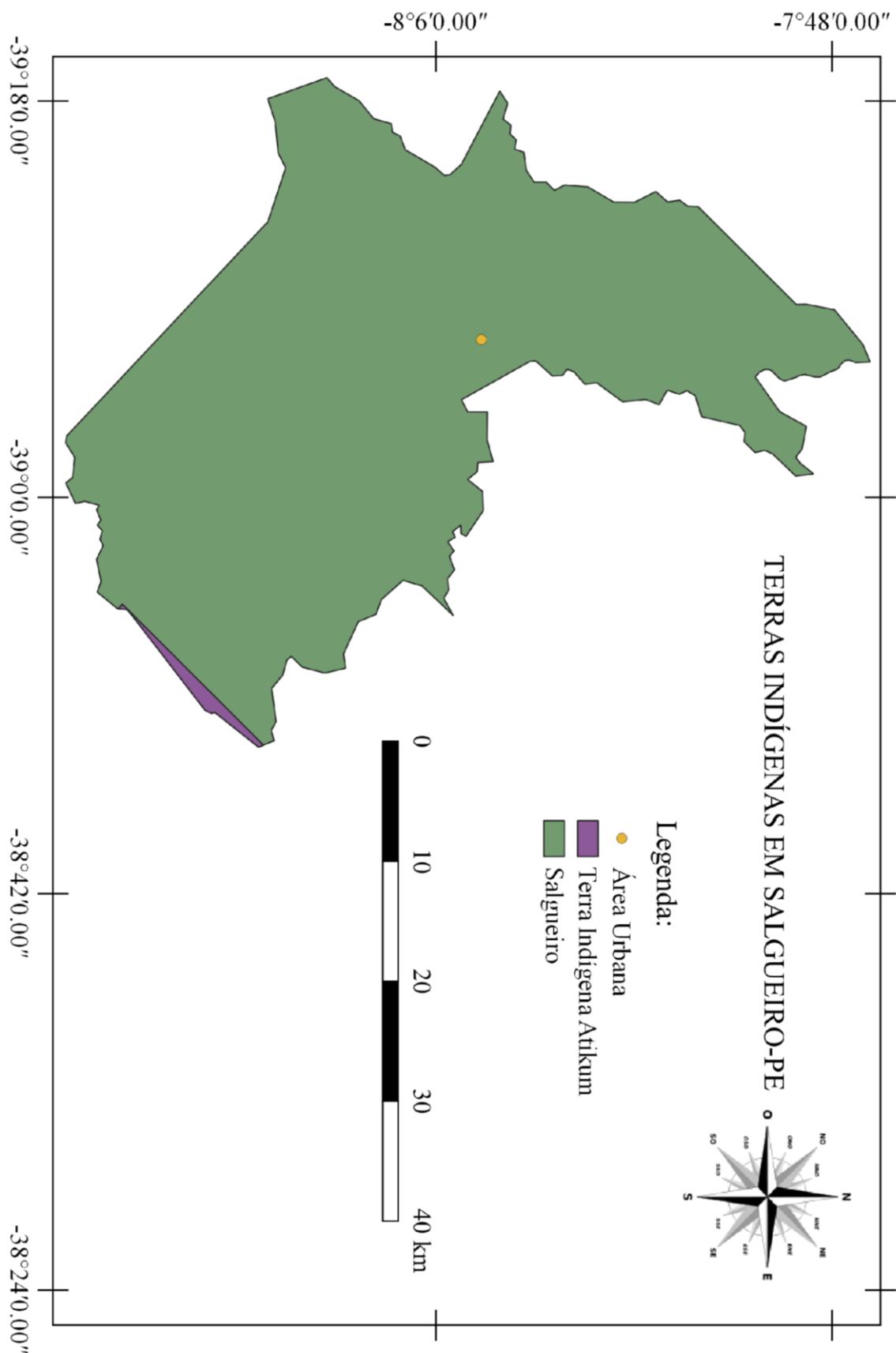
## APÊNDICES

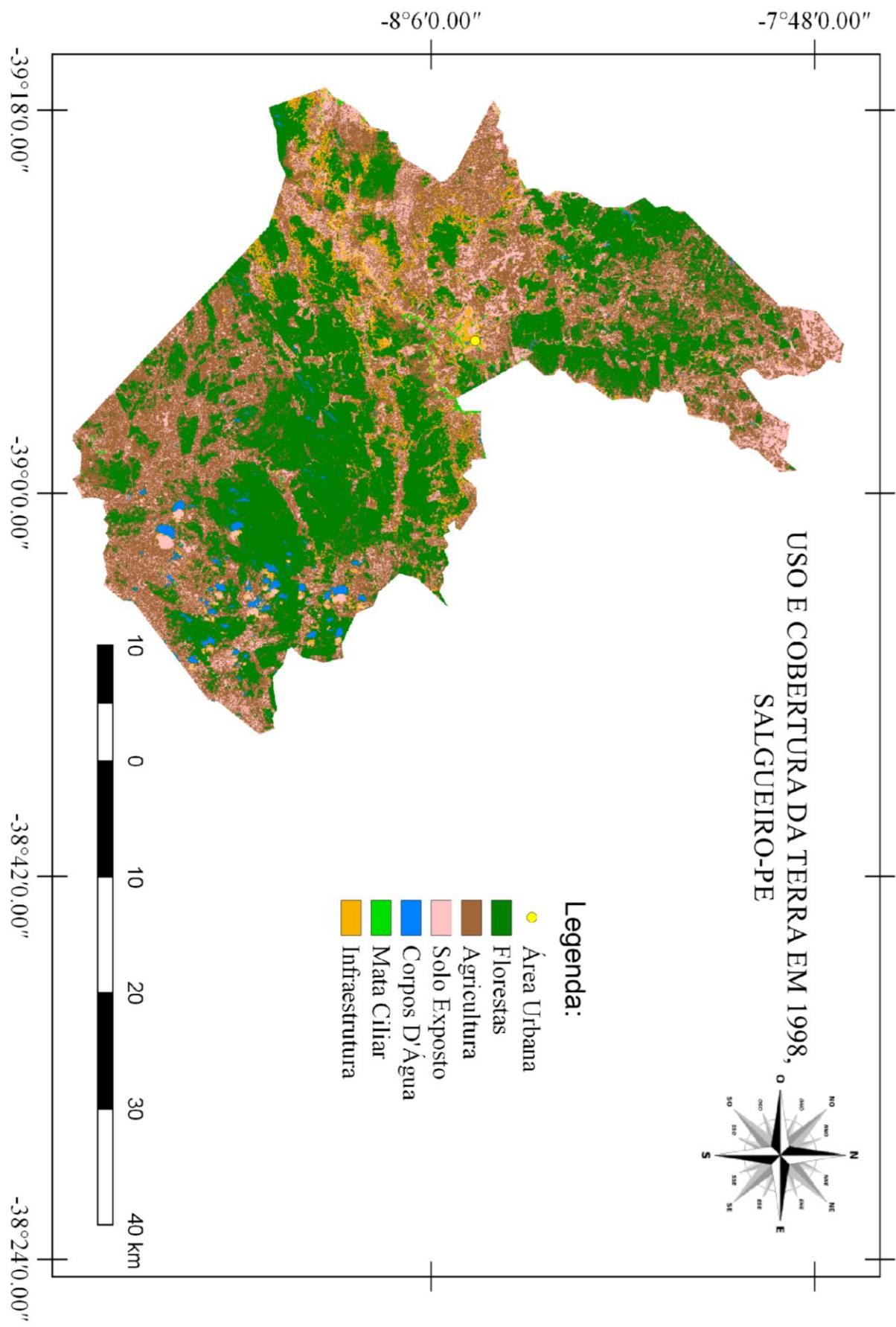
### APÊNDICE A – Mapa hipsométrico de Salgueiro-PE.

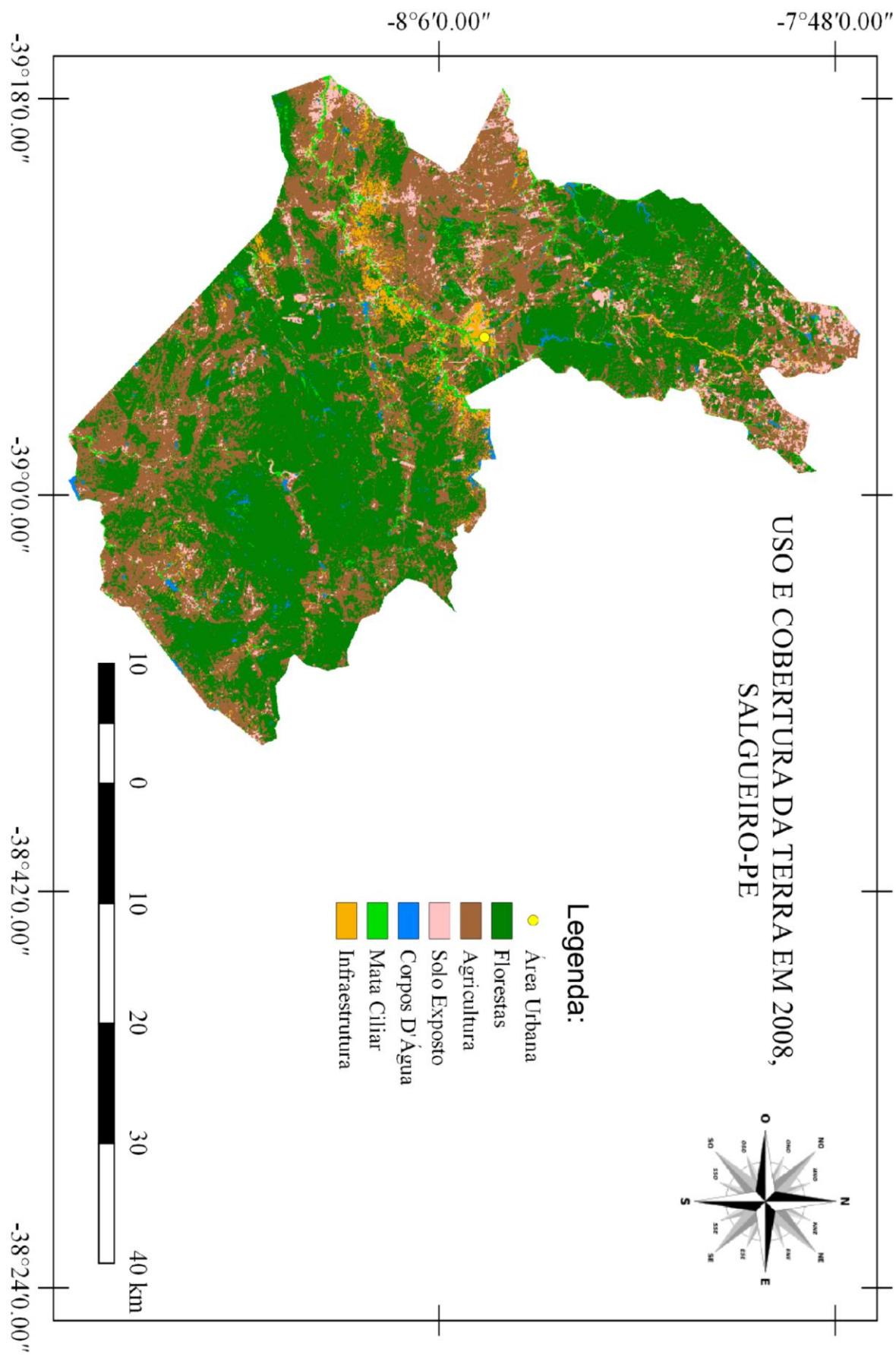


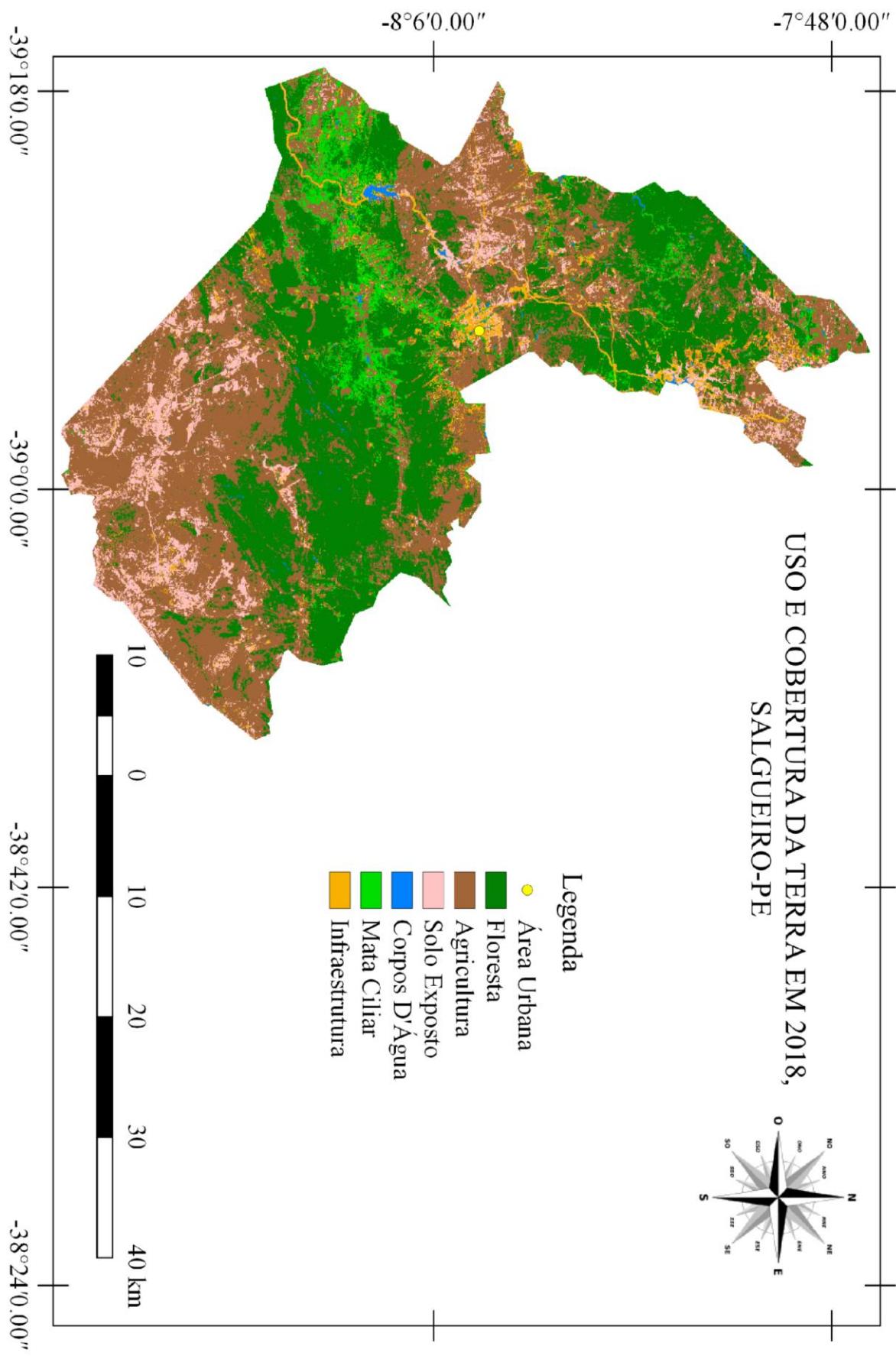
**APÊNDICE B – Mapa dos tipos de solos em Salgueiro-PE.**



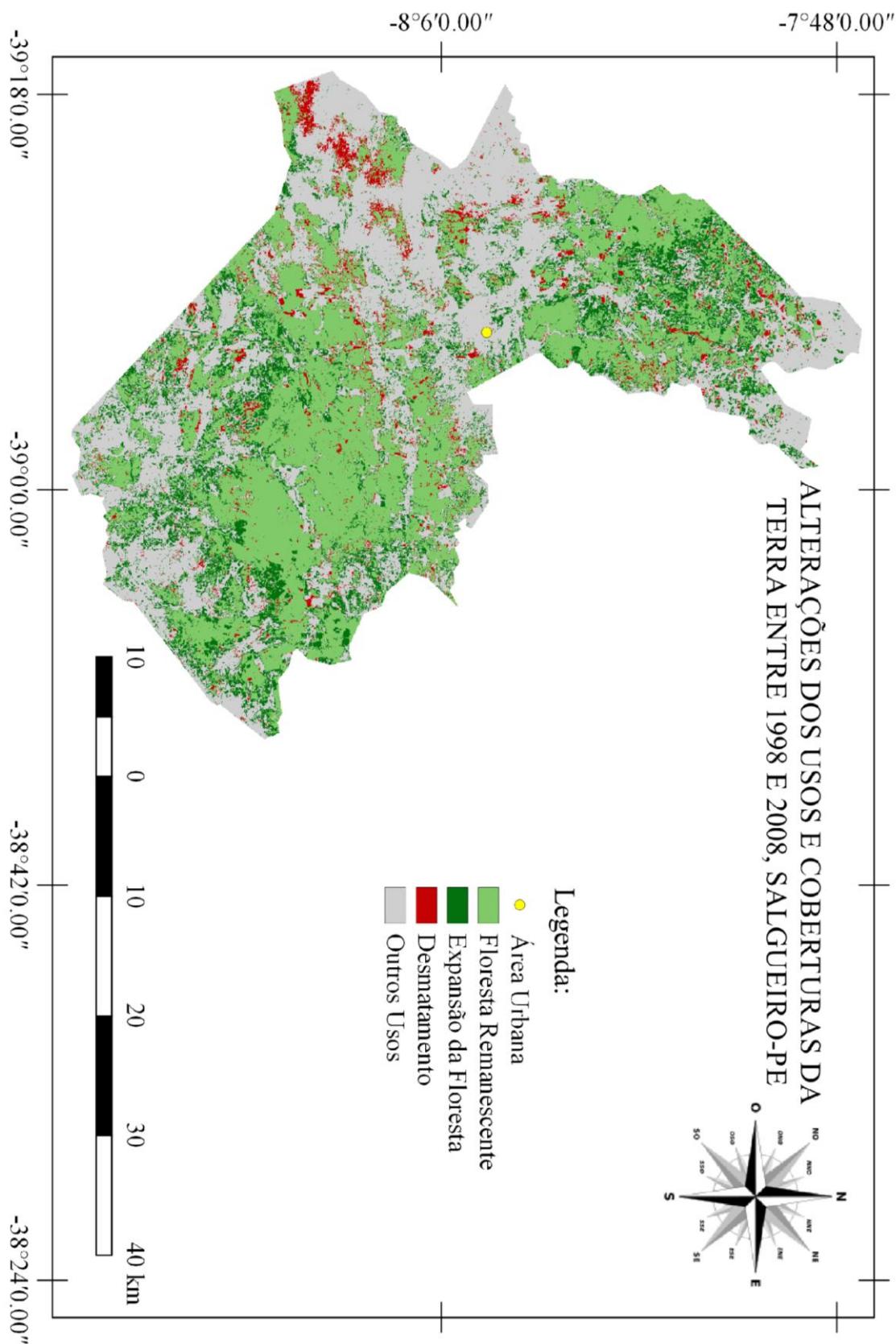
**APÊNDICE C** – Mapa com a presença de terras indígenas em Salgueiro-PE.

**APÊNDICE D** – Mapa de uso e cobertura da terra em 1998, Salgueiro-PE.

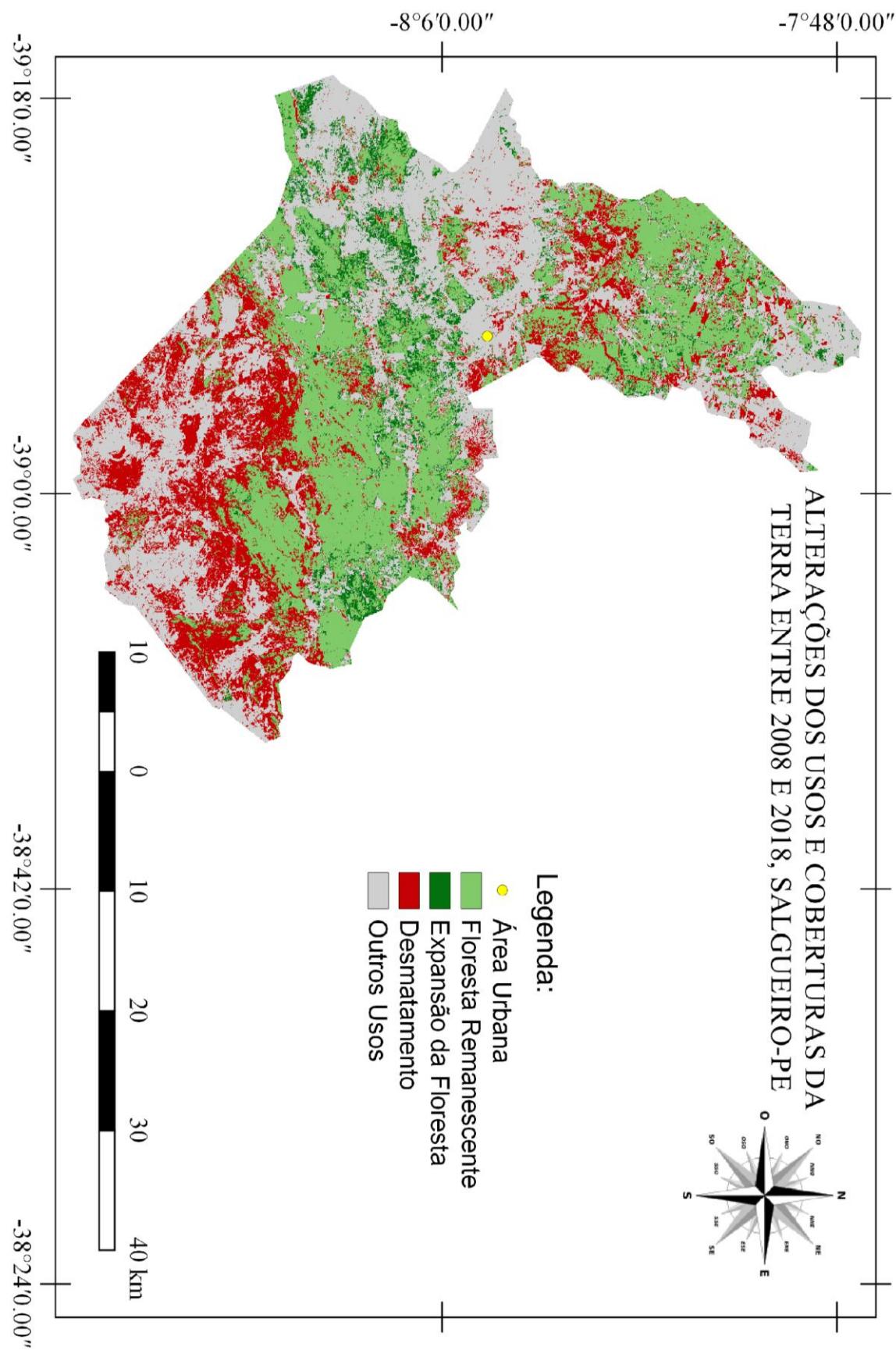
**APÊNDICE E – Mapa de uso e cobertura da terra em 2008, Salgueiro-PE.**

**APÊNDICE F – Mapa de uso e cobertura da terra em 2018, Salgueiro-PE.**

**APÊNDICE G** – Mapa das alterações dos usos e coberturas da terra entre 1998 e 2008, Salgueiro-PE.



**APÊNDICE H** – Mapa das alterações dos usos e coberturas da terra entre 2008 e 2018, Salgueiro-PE.



**APÊNDICE I** – Mapa das alterações dos usos e coberturas da terra entre 1998 e 2018, Salgueiro-PE.

