



UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-  
BRASILEIRA – UNILAB

ANTONIA EVERLANIA FELIX ARAUJO

MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DE UMA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO, REDENÇÃO - CE

REDENÇÃO - CE  
2016

ANTONIA EVERLANIA FELIX ARAUJO

MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DE UMA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO, REDENÇÃO - CE

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto de Desenvolvimento Rural da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Ma. Rafaella da Silva Nogueira.

REDENÇÃO - CE  
2016

**Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro- Brasileira  
Direção de Sistema Integrado de Bibliotecas da UNILAB (DSIBIUNI)  
Biblioteca Setorial Campus Liberdade  
Catalogação na fonte**

**Bibliotecário: Gleydson Rodrigues Santos – CRB-3 / 1219**

---

A658m Araujo, Antonia Everlania Felix.

Mapeamento do uso e ocupação do solo de uma Bacia Hidrográfica do Açude Acarape do meio, Redenção - CE. / Antonia Everlania Felix Araujo. – Redenção, 2016.

55 f.; 30 cm.

Monografia apresentada ao curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto de Desenvolvimento Rural (IDR) da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB.

Orientadora: Profª. Dra. Rafaella da Silva Nogueira.

Inclui figuras, gráficos, tabelas e referências.

1. Sensoriamento remoto. I. Título.

CDD 526.982

---

ANTONIA EVERLANIA FELIX ARAUJO

MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DE UMA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO, REDENÇÃO – CE

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto de Desenvolvimento Rural da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Agronomia.

Aprovada em: 30/11/2016.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup>. Ma. Rafaella da Silva Nogueira  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)  
Orientadora

---

Pesquisador Dr. Fred Denilson Barbosa da Silva  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)  
Examinador

---

Prof. Dr. Paulo Henrique Gomes de Oliveira Sousa  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)  
Examinador

Dedico a *DEUS* e a *JESUS CRISTO*.

## AGRADECIMENTOS

A DEUS e a JESUS CRISTO pelo dom da vida, e por existir nela.

A minha mãe Francisca Felix pelo incentivo aos estudos e o sacrifício em possibilitar a educação aos seus quatro filhos. Ao meu padrinho Francisco Pereira, conhecido como Chico Preto, por ter sido como um pai para meus irmãos e para mim, e pelo seu amor pela terra e a agricultura, que me fizeram amar o curso de Agronomia. Aos meus irmãos, Herlano Felix por sua vida de abdicção em prol dos seus irmãos mais novos, Sirlany Felix pela sua ajuda nos cálculos das disciplinas de exatas, Edilano Felix pela sua ajuda na utilização do ArcGis nesse TCC.

Agradeço também Ana Márcia Silva, pela amizade e pelo incentivo para que eu não desistisse do curso, a Mykaelly Moraes e seu irmão Mikeias Miranda pelo apoio durante todo esse TCC, ao Júnior Pinheiro que juntamente com a Mykaelly fizeram desses cinco anos inesquecíveis na UNILAB através de suas amizades. A Evanir Brasil e a Luzivone Silveira pela amizade durante o transcorrer do curso de Agronomia. Aos professores que marcaram minha vida estudantil e contribuíram para que eu chegasse a um ensino superior: professora Auxiliadora, da Escola Edmilson Barros em Redenção, e os professores da Escola Maria do Carmo Bezerra em Acarape, Vera Lúcia, Adalgisa Calixto, Lindalva, Socorro Sá, Luzia Vânia, Liduina Pereira, Elenilda Pinto, Marcos Milhome, Bisneto Maia, Edna Alves.

A minha orientadora a Prof<sup>a</sup>. Rafaella Nogueira da Silva por sua contribuição e orientação durante todo esse processo de execução do TCC. Aos professores que marcaram minha vida acadêmica durante esses cinco anos no curso de Agronomia: Rodrigo Azevedo, Nildo Silva, Albanise Marinho, Daniela Zuliani, Ciro de Miranda, Gorete Flores. E os meus mais sinceros agradecimentos ao professor Ribamar Furtado por todo o ensinamento que irei levar por toda a vida. Ao ex-presidente Lula por essa Universidade. E a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram com essa vitória meu muito obrigado. E a você que talvez não leia essa monografia, mas se está lendo esses agradecimentos já é alguma coisa.

“A frase ‘a pessoa se faz sozinha’ não existe, carece de veracidade. Todos nós somos feitos por outras milhares de pessoas. Cada ser que fez algo de bom para nós, ou nos disse algumas palavras de conforto ou aprovação influenciou em nossa personalidade e nossos atos. É por isso que elas se transformam em parte de qualquer sucesso nosso”.

(Autor desconhecido).

“E, se algum de vós tem falta de sabedoria, peça-a a DEUS, que a todos dá liberalmente, e o não lança em rosto, e ser-lhe-á dada”.

(Apóstolo Tiago, capítulo 1, versículo 5).

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imagem da barragem Eugênio Gudim (A), Fonte: internet 2016; e do açude Acarape do Meio (B) Fonte: Google Earth, 2016. ....	24
Figura 2: Passos para a reprojeção de imagens do satélite <i>Landsat 5 e 8</i> . ....	26
Figura 3: Etapas para a composição de bandas. ....	27
Figura 4: Etapas para a delimitação da bacia no ArcGIS. ....	28
Figura 5: Dados SRTM e imagem resultante da geração do <i>fill</i> no ArcGIS (A), seguido da imagem da direção do fluxo (B). ....	28
Figura 6: Imagens do fluxo acumulado (A), e rede de drenagens no ArcGIS (B).....	29
Figura 7: <i>Shape</i> de drenagem com a localização do ponto de exutório da bacia. ....	30
Figura 8: Extração por máscara utilizando o limite da bacia hidrográfica, (A) e (B). .	31
Figura 9: Obtenção de amostras de treinamento para classificação da imagem. ....	32
Figura 10: Classificação do uso e ocupação do solo da bacia no ano de 1991, com a rede hidrográfica da região em azul claro. ....	35
Figura 11: Classificação do uso e ocupação do solo na bacia em 2001, com a rede hidrográfica da região em azul claro. ....	36
Figura 12: Classificação do uso e ocupação do solo na bacia em 2007, com a rede hidrográfica da região em azul claro. ....	38
Figura 13: Classificação do uso e ocupação do solo na bacia em 2016, com a rede hidrográfica da região em azul claro. ....	39

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Série dos satélites <i>Landsat</i> . .....	21
Tabela 2: Características espectrais do instrumento imageador <i>Thematic Mapper</i> (TM) do Landsat 5. ....	22
Tabela 3: Características espectrais dos instrumentos imageadores <i>OLI</i> e <i>TIRS</i> do	22
Tabela 4: Ano e mês das imagens obtidas e a série do <i>Landsat</i> . ....	26
Tabela 5: Número de amostras por classe e ano. ....	33
Tabela 6: Percentual do uso e ocupação do solo nos anos de 1991 e 2001 .....	37
Tabela 7: Percentual do uso e ocupação do solo nos anos de 2007 e 2016. ....	39

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Crescimento da urbanização e recuo da vegetação.....	41
Gráfico 2: Crescimento das áreas agrícolas e recuo da vegetação. ....	41

## SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT .....	12
INTRODUÇÃO .....	13
1. REVISÃO DE LITERATURA .....	15
1.1 Bacia hidrográfica e dinâmica do uso e ocupação do solo .....	15
1.2 Geoprocessamento e sistemas de informações geográficas .....	17
1.2.1 Sensoriamento remoto.....	19
1.2.2 Satélite Landsat e seu uso para estudo temporal de bacias hidrográficas	20
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	24
2.1. Caracterização da área de estudo .....	24
2.2.1 Município de Redenção .....	25
2.2 Pré-processamento das imagens.....	25
2.3 Delimitação da bacia hidrográfica .....	27
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	35
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	46
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47

## RESUMO

O uso e ocupação inadequada do solo em bacias hidrográficas é um dos principais fatores que contribuem para a degradação ambiental. Diante desses aspectos o presente trabalho buscou mapear e classificar a dinâmica do uso e ocupação do solo de uma bacia hidrográfica do açude Acarape do Meio, localizado no município de Redenção, Ceará. Com as imagens do período seco obtidas dos satélites *Landsat 5* e *8* dos anos de 1991, 2001, 2007, 2016, e do *software* ArcGIS 10.4.1 foram classificadas cinco classes, vegetação, área urbana, nuvem, área agrícola, e água. Foi utilizada uma imagem para cada ano em estudo, sendo respectivamente os meses de julho, agosto, outubro e agosto. Durante a classificação observou-se o crescimento gradual da classe área urbana nos anos de 2001, 2007 e 2016. Quanto à classe área agrícola esta aumentou significativamente no ano de 2001, havendo em 2007 uma acentuada queda nessa classe. Em 2016 foi constatado um novo crescimento na área agrícola, porém um pouco abaixo do registrado em 1991 e 2001. A classe vegetação durante toda a série temporal apresentou recuo da sua área, enquanto a classe água em 2016 demonstrou o seu menor índice quando comparado com os anos anteriores. Logo, o mapeamento da dinâmica do uso e ocupação do solo na bacia do açude Acarape do Meio ao longo dos anos de 1991, 2001, 2007 e 2016 demonstrou que ocorreram mudanças no uso e ocupação do solo destacando-se o crescimento das áreas urbana e agrícola, e redução da vegetação existente na bacia.

Palavras-chaves: sensoriamento remoto; geoprocessamento; urbanização; degradação ambiental.

## ABSTRACT

The inadequate use and occupation of soil in river basins is one of the main factors contributing to the degradation environmental. Considering these aspects, the present study sought to map and classify the dynamics of land use and occupation of a watershed of the “Acarape do Meio” reservoir, located in the Redenção city, Ceará. With the dry period images obtained from the Landsat 5 and 8 satellites of 1991, 2001, 2007, 2016 and ArcGIS software 10.4.1 were classified five classes, vegetation, urban area, cloud, agricultural area, and water. During the classification was observed the gradual growth of the urban area class in the years 2001, 2007 and 2016. As for the agricultural class, this area increased significantly in 2001, with a sharp fall in this class in 2007. In 2016 a new growth in the agricultural area was observed, but a little below the one registered in 1991 and 2001. The vegetation class throughout the time series showed a retreat from its area, while the water class in 2016 showed its lowest index when compared to previous years. Thus, the mapping of the dynamics of land use and occupation in the Acarape do Meio basin over 1991, 2001, 2007 and 2016 showed that there were changes in land use and occupation, highlighting the growth of urban and agricultural areas and the reduction of existing vegetation in the basin.

Keywords: remote sensing; Geoprocessing; urbanization; degradation environmental.

## INTRODUÇÃO

A contínua expansão da urbanização sem planejamento e a crescente demanda por recursos naturais são fatores que contribuem para a degradação ambiental. Este cenário é reflexo do processo de ocupação das terras, pois de acordo com Queiroz (2010) historicamente as áreas próximas a corpos d'água sempre foram exploradas pela agricultura contribuindo com a formação de povoados devido à disponibilidade e proximidades dos recursos naturais.

O processo de uso ocupação urbana adotada pela sociedade atual promove vários problemas ambientais. Esses espaços ocupados são oriundos de desmatamentos de grandes áreas, resultando na impermeabilização do solo e contaminação do lençol freático. Devido a isso a degradação ambiental é bastante comum nas cidades, principalmente naquelas cortadas por importantes cursos d'água (FAUSTINO; RAMOS; SILVA 2014).

O uso inadequado do solo, como por exemplo, a retirada parcial da vegetação nativa, promove a erosão do solo e a perda da matéria orgânica. Coutinho et al. (2013) afirmam que a preservação da cobertura florestal nativa é importante pelas funções que desempenha, como a proteção dos recursos hídricos e do solo dos agentes erosivos. Pois as modificações naturais ou artificiais da cobertura vegetal das bacias hidrográficas influencia o comportamento hidrológico que refletem na disponibilidade dos recursos hídricos (TUCCI; CLARKE, 1997).

Diante do exposto é de suma importância o levantamento e monitoramento do uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas e corpos hídricos naturais ou artificiais para um diagnóstico preciso que seja correspondente a sua realidade local. Segundo Garcia (2014) o estudo do espaço geográfico e dos seus aspectos ambientais tem sido realizado por meio de novas tecnologias devido à necessidade de uma gama de conhecimentos e informações que sejam trabalhados de forma mais rápida e eficaz.

Atualmente, tecnologias de geoprocessamento e sensoriamento remoto são amplamente utilizados para fins de obtenção e tratamentos de informações da superfície terrestre. Por meio dessas ferramentas é possível então um estudo abrangente sobre o uso e ocupação de bacias hidrográficas com o intuito de incentivar políticas sustentáveis.

O levantamento dos impactos existentes nos sistemas ambientais de uma bacia hidrográfica é fundamental para a elaboração de uma série de diretrizes estratégicas para o planejamento e elaboração de projetos que promova a preservação, conservação e minimize os riscos ambientais na bacia (NETTO; SANT'ANA; PASSOS, 2012). Segundo Bacani et al. (2008) os dados de sensoriamento remoto atualmente são uma das principais fontes de informações que mantêm os bancos de dados geográficos. Esses dados ao serem associados com os sistemas de informação geográfica possibilitam análise mais integrada de ambientes naturais ou antropizados.

O uso de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento são essenciais para a elaboração do mapa do uso da terra, permitindo compreender os padrões de organização do espaço. Pois o mau uso da terra ocasiona deterioração do meio ambiente (PAULA; CABRAL; MARTINS, 2012). Nesse sentido, compreender a dinâmica de ocupação do solo e seu impacto nos processos naturais é fundamental para o desenvolvimento de ações de planejamento sócio-ambientais em bacias hidrográficas (AMARAL; RIOS, 2012). Diante desse contexto, essa pesquisa foi realizada com o objetivo de mapear a dinâmica do uso e ocupação do solo na bacia do açude Acarape do Meio localizado no município de Redenção, Ceará.

## 1. REVISÃO DE LITERATURA

### 1.1 Bacia hidrográfica e dinâmica do uso e ocupação do solo

A bacia hidrográfica é uma área definida topograficamente, sendo delimitada por divisores de água<sup>1</sup>, e drenada por um curso de água ou por um sistema de cursos de água que estejam interligados, cuja vazão efluente segue na direção de uma única saída, o exutório (GOMES, 2010). De acordo com Santana (2003) a bacia hidrográfica também é denominada de bacia de captação, pois atua como coletora de águas pluviais, ou bacia de drenagem por causa da área que é drenada pelos cursos d'água.

A definição de bacia hidrográfica está cada vez mais sendo utilizada como uma unidade de gerenciamento da paisagem na área de planejamento ambiental. O conceito de bacia hidrológica em estudo hidrológico é descrito como um conjunto de terras que são drenadas por um corpo d'água principal e seus demais afluentes, representando uma unidade mais adequada para o estudo qualitativo e quantitativo da água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes (SCHIAVETTI; CAMARGO, 2002).

Segundo Schiavetti e Camargo (2002) o conceito de bacia hidrográfica para o planejamento direcionado à conservação dos recursos naturais, está sendo ampliado, ultrapassando as definições que consideram apenas os aspectos hidrológicos, buscando envolver o conhecimento da estrutura biofísica da bacia hidrográfica, como também das mudanças do uso do solo e as implicações ambientais.

Existem diversas definições de bacia hidrográfica, que foram elaboradas ao longo do tempo. Mas entre os autores que elaboraram essas definições, existe uma enorme similaridade deste recorte espacial, baseado na área de concentração de determinada rede de drenagem. Mas há definições diferentes quando referentes às subdivisões da bacia hidrográfica (sub-bacia e microbacia) (TEODORO et al., 2007).

Santana (2003) relata que o termo microbacia apesar de difundido é uma denominação empírica, sugerindo assim que esse termo seja substituído por sub-bacia hidrográfica. Ele afirma então que cada bacia hidrográfica é interligada com

---

<sup>1</sup> Linhas que unem os pontos de cotas mais elevadas (GOMES, 2010).

outra de ordem hierárquica superior, constituindo-se, em relação à última, uma sub-bacia.

Já para Teodoro et al., (2007) *apud* Faustino (1996) a microbacia possui sua área de drenagem direta ao curso principal de uma sub-bacia, e várias microbacias formam uma sub-bacia, sendo que a área de uma microbacia é inferior a 100 km<sup>2</sup>.

A bacia hidrográfica também é compreendida como uma unidade territorial e desempenha uma função para cada espaço, isso ocorre mediante as peculiaridades ambientais e as suas formas de uso e ocupação do solo (CRISPIM, 2011). Quanto à legislação ela trata a bacia hidrográfica como uma área em que atuam as políticas públicas, além de ser uma unidade básica para a instalação de sistemas que gerenciam os recursos hídricos (BERNARDI et al., 2012).

A gestão de bacias hidrográficas deve ser realizada com vistas ao bem-estar de todos, à preservação do meio ambiente e resolução dos conflitos relacionados à questão hídrica (AMARAL; RIOS, 2012). Entretanto, o desmatamento em bacias hidrográficas, sobretudo em áreas de preservação permanente, devido à alocação de lavouras e pastagens em locais indevidos, bem como a urbanização não planejada são fatores que atingem diretamente os recursos naturais, e a qualidade de vida da população que residem em bacias hidrográficas (DILL, 2007).

Tavares et al. (2003) relatam que a crescente degradação ambiental ocorre devido às alterações não planejadas e ao manejo inadequado do uso da terra.

Ruhoff e Pereira (2004) constataram em um estudo de balanço hídrico em áreas com agricultura na Bacia do Arroio Grande que conforme variava a taxa de ocupação agrícola, também variava o balanço hídrico, pois as microbacias com maiores taxas de ocupação agrícolas apresentam os maiores volumes de perda de água. Logo, a gestão de bacias hidrográficas é fundamental para assegurar a sustentabilidade da região.

Neste sentido, pesquisas indicam que independente do uso do solo, se ela ocorrer sem planejamento adequado, poderá ocasionar impactos, como assoreamento, erosão, perdas de nutrientes, loteamento em larga escala, ausência de manejos agrícolas que podem prejudicar o curso hidrológico da bacia hidrográfica (BARBOSA, 2009).

Além disso, a perda da cobertura vegetal do solo favorece a formação de uma crosta superficial decorrente do impacto direto da chuva, o que impede a infiltração da água, e aumenta o escoamento superficial (GALINDO et al., 2008).

Esses efeitos são sentidos, progressivamente, por causa da perda das camadas mais férteis do solo, o que irá ocasionar a diminuição da produtividade das culturas e o aumento dos custos de produção, e conseqüentemente haverá maior demanda de insumos para manter a mesma produtividade anterior. E por fim tem-se o esgotamento total e o posterior abandono desse solo (MACEDO; CAPECHE; MELO, 2009).

A perda do solo e de seus elementos causam danos ambientais, como o assoreamento e a eutrofização dos cursos d'água, causando também prejuízos econômicos para o produtor e a sociedade (CARDOSO et al., 2012).

Em virtude dos impactos gerados pelo uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas é fundamental a utilização de ferramentas que possibilitem quantificar e mapear essas áreas susceptíveis a degradação para a elaboração de planos de desenvolvimento sustentável. Seabra e Cruz (2013) ressaltam que os estudos de caracterização da cobertura do solo assim como a análise de seus diferentes usos e manejos são ferramentas importantes para a compreensão das mudanças que ocorrem em determinadas áreas.

## **1.2 Geoprocessamento e sistemas de informações geográficas**

Geoprocessamento é uma linha da ciência responsável pelo estudo e processamento de informações georreferenciadas que utiliza aplicativos como SIGs (Sistemas de Informações Geográficas) como também computadores e periféricos, e dados de fontes diversas e profissionais especializados (PIROLI, 2010).

Pina e Santos (2000) relatam que o geoprocessamento emprega diversas tecnologias que permitem além do tratamento de dados geográficos a manipulação dos mesmos por meio de programas computacionais. Dentre as tecnologias de geoprocessamento destacam-se o sensoriamento remoto, os Sistemas de Posicionamento Global (GPS) e os Sistemas de Informações Geográficas.

O SIG é uma tecnologia que integra operações de bases de dados, como captura, armazenamento, manipulação, análise e apresentação dos dados. Também possibilita a seleção e busca de informações e análise estatística, permitindo conjuntamente a possibilidade de visualização e análise geográfica que os mapas oferecem (PINA; SANTOS, 2000).

Os primeiros SIGs surgiram no Canadá na década de 1960 com o objetivo de criar um inventário dos recursos naturais. Mas esses sistemas eram muito difíceis de serem usados devido à ausência de monitores gráficos com resolução alta, e os computadores eram excessivamente caros, além da necessidade da mão de obra ser bastante qualificada o que a tornava também dispendiosa (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001). Dentre os *softwares* utilizados em SIG, destaca-se o ArcGIS da ESRI (*Environmental Systems Research Institute*).

O ArcGIS é um conjunto que integra diversos *softwares* de Sistema de Informação Geográfica que foi desenvolvido pela empresa americana ESRI, que fornece ferramentas que realizam análise espacial, armazenamento, manipulação, processamento de dados geográficos e mapeamento (SILVA; MACHADO, 2010).

Esse sistema é constituído pelo *ArcCatalog* que é responsável pelo gerenciamento de dados que são trabalhados; *ArcMap* o qual permite trabalhar os dados e informações geográficas, gerar mapas, além de permitir trabalhar com outras questões que sejam relacionadas a análise espacial; *ArcToolBox* que apresenta várias ferramentas, extensões do *ArcMap*, que possibilita a realização de diversas operações mais elaboradas com dados geográficos; *ArcReader* aplicativo que possibilita a visualização e exploração de arquivos que foram desenvolvidos no *ArcMap*; *ArcScene* responsável por permitir a elaboração de dados geográficos em 3D, como também por criar vídeos e animações; e por último *ArcGlobe* que apresenta um globo da terra onde é possível navegar nas três dimensões (SILVA; MACHADO, 2010).

Dentre as características a serem ressaltadas do ArcGIS estão a simplicidade na sua manipulação, sua extrema funcionalidade, ser escalonável ao permitir que os softwares que fazem parte do ArcGIS compartilhem os mesmos aplicativos, além das interfaces e os conceitos de operação. Também é habilitado para internet o que permite a obtenção de dados geográficos, e de fácil customização (SEBEM; MONGUILHOTT, 2010).

De acordo com Zanata et al. (2012), a utilização de SIGs, aliados às técnicas de geoprocessamento, possibilitam a manipulação de um elevado número de dados e informações, além de realizar representação cartográfica. Esse sistema permite o monitoramento das áreas estudadas, sendo fundamental nas tomadas de decisões para minimizar os problemas ambientais.

Zanata et al. (2012), em seu trabalho análise do uso e ocupação do solo nas Áreas de Preservação Permanente da Microbacia Ribeirão Bonito, apoiada em Técnicas de Geoprocessamento, observaram que o uso dessas ferramentas foi eficiente no diagnóstico dos entraves ambientais das Área de Preservação Permanente (APP) do Ribeirão Bonito. Esses autores utilizaram imagens do satélite *ALOS (Advanced Land Observing satellite)* para classificação visual do uso das terras nas APPs e verificaram a ocorrência das seguintes classes: floresta (228 ha), campestre (221 ha), pastagem (109 ha), lavoura (28 ha), reflorestamento (2 ha), infraestrutura (9 ha), área degradada (3 ha), nuvem (8 ha), represas (26 ha) e área total de APP 634 hectares.

Tagliarini, Rodrigues e Garcia (2014) ao utilizarem o geoprocessamento em seu trabalho para avaliar e classificar o uso e ocupação do solo, e identificar os conflitos de uso de APPs em uma microbacia, enfatizaram a eficácia do uso dessas ferramentas no mapeamento das unidades pesquisadas. De acordo com os esses autores, é indispensável o uso do geoprocessamento na elaboração de planos de recuperação de áreas degradadas. Pois os dados obtidos, e a rapidez no mapeamento permitiu a construção de um banco de dados digital, cujos resultados demonstraram alta confiabilidade referente às APPs, e as diferentes zonas de conflito do uso da terra.

Weiss et al. (2013) afirmam que as ferramentas de classificação e mapeamento do uso do solo são cada vez mais úteis para análises das mais diversas finalidades. Pois as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto contribuem para o planejamento e controle ambiental.

### 1.2.1 Sensoriamento remoto

O termo Sensoriamento Remoto (SR) foi utilizado pela primeira vez no início da década de 1960 por Evelyn L. Pruit e colaboradores. Essa tecnologia possibilitou o levantamento de dados e monitoramento dos recursos terrestre em todo planeta (MENESES; ALMEIDA, 2012).

O sensoriamento remoto (SR) iniciou-se com a invenção da câmara fotográfica, e que até os dias atuais são responsáveis pela tomada de imagens aéreas. Os primeiros a utilizarem essa tecnologia foram os militares, que com o

desenvolvimento de uma câmera leve e com disparador automático, acoplavam a pombos que sobrevoavam as áreas ocupadas pelos inimigos, fornecendo informações importantes da posição e infraestrutura dos mesmos (FIGUEIREDO, 2005).

A tecnologia de sensoriamento remoto contribuiu para melhorar a qualidade das informações, principalmente para mensurar as áreas ocupadas pela cobertura vegetal, ou estabelecidas por ação humana, e determinar a sua distribuição geográfica (VASCONCELOS; FILHO, 2010).

Conhecer as formas de ocupação do espaço é importante para que os gestores possam através das informações obtidas tomarem as decisões mais adequadas do uso da terra, mas sendo indispensável às constantes atualizações desses dados, para que seja promovida a adequação dos usos as suas inúmeras características (PAULA; CABRAL; MARTINS, 2012). Por isso o uso de técnicas de sensoriamento remoto é essencial para a compreensão das formas de organização do espaço, permitindo a elaboração de planejamento que evite o mau uso da terra e a degradação do meio ambiente.

No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE foi o responsável pela solidificação do sensoriamento remoto como ferramenta de uso em escala nacional, tornando o Brasil o precursor da adoção dessa tecnologia no continente Sul Americano (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Atualmente, o INPE disponibiliza em seu site uma série de imagens da superfície terrestre obtidas de vários satélites, dentre eles o Landsat que estão disponíveis gratuitamente.

### 1.2.2 Satélite Landsat e seu uso para estudo temporal de bacias hidrográficas

O satélite *Landsat* (*Land Remote Sensing Satellite*) é amplamente utilizado devido a sua capacidade de obtenção e disposição de uma considerável série temporal de dados da superfície terrestre. Essa tecnologia permite a exploração dos recursos da terra, e desde 1972 já foram lançados oito satélites *Landsat* 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, e o mais recente o *Landsat* 8 (Tabela 1). Contudo, somente em 23 de julho de 1972 a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) lançou o primeiro satélite de recursos terrestres nos Estados Unidos (FLORENZANO, 2008).

Inicialmente esse satélite foi nomeado de ERTS 1 – *Earth Resources Technology Satellite*, e somente depois foi renomeado para Landsat-1 (FLORENZANO, 2008; CUNHA, 2009).

**Tabela 1:** Série dos satélites *Landsat*.

Satélites	Lançamento	Fim da atividade	Sensor
Landsat 1	23/07/1972	06/01/1978	MSS/RBV
Landsat 2	22/01/1975	27/07/1983	MSS/RBV
Landsat 3	05/03/1978	07/09/1983	MSS/RBV
Landsat 4	16/07/1982	15/06/2001	MSS/TM
Landsat 5	01/03/1984	2013	MSS/TM
Landsat 6	05/10/1993	Não alcançou a órbita	ETM
Landsat 7	15/04/1999	Operante	ETM+
Landsat 8	11/02/2013	Operante	OLI/TIRS

Fonte: Adaptado da *Landsat – Global Land-Imaging Mission*, (USGS, maio de 2013).

Figueiredo (2005) relata que os primeiros satélites possuíam sensores *Multispectral Scanner System* (MSS), sendo capazes de coletar imagens separadas em bandas espectrais no formato digital, cobrindo a cada imagem uma área de 185 km x 185 km, e a cada 18 dias ocorria à repetição.

A série de satélites *Landsat* evoluiu nos últimos anos, principalmente os sistemas de sensores, enquanto os primeiros satélites eram equipados com os sensores MSS (*Multispectral Scanner System*), o *Landsat 7* é equipado com os sensores ETM (*Enhanced Thematic Mapper*) e PAN (Pancromático)<sup>2</sup> (FIGUEIREDO, 2005).

O *Landsat 6* foi o único de toda a série que não operou, por não alcançar a órbita no seu lançamento em 1993. Dentre a série destaca-se a longevidade do *Landsat 5*, que ultrapassou a expectativa de vida útil de três anos, ficando operante por 29 anos, sendo desativado por problemas no giroscópio em 2013.

O *Landsat 5* fornecem imagens com apenas 7 bandas enquanto que o *Landsat 8* fornece imagens com 11 bandas sendo a banda 8 pancromática 15 m, bandas 1-7 e 9 multiespectral 30 m, e 10-11 termal de 100 m (Tabelas 2 e 3).

<sup>2</sup> Banda mais larga que incorpora as faixas espectrais mais estreitas (FIGUEIREDO, 2005 p. 3).

**Tabela 2:** Características espectrais do instrumento imageador *Thematic Mapper* (TM) do Landsat 5.

<b>Bandas</b>	<b>Comprimento de onda (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Resolução (m)</b>
Banda 1 – Visível	0,45 – 0,52	30
Banda 2 – Visível	0,52 – 0,60	30
Banda 3 – Visível	0,63 – 0,69	30
Banda 4 – Infravermelho Próximo	0,76 – 0,90	30
Banda 5 – Infravermelho Próximo	1,55 – 1,75	30
Banda 6 – Termal	10,40 – 12,50	120
Banda 7 – Infravermelho Médio	2,08 – 2,35	30

Fonte: Adaptado de *Landsat 5 History*, (USGS, 2016).

A plataforma do *Landsat 8* utiliza dois instrumentos imageadores: *Operacional Terra Imager – OLI* e *Thermal Infrared Sensor – TIRS*. O *OLI* consiste em nove bandas multiespectrais com resolução de 30 metros, já as faixas térmicas obtidas através do instrumento *TIRS* fornecem as temperaturas da superfície, sendo esses dados coletados no pixel de 100 metros (SANTOS, 2013).

Na atualidade a resolução espectral obtida pelos sensores imageadores ultrapassam centenas de bandas, e a resolução espacial de diversas imagens é maior que um metro, o que permite a sua aplicação em áreas de levantamento de recursos naturais, geração de mapas temáticos, monitoramento ambiental, detecção de desastres naturais, desmatamentos, previsões das safras, cadastramento multifinalitários, cartografia de precisão, defesa e vigilância, dentre outras aplicações (MENESES; ALMEIDA, 2012).

**Tabela 3:** Características espectrais dos instrumentos imageadores *OLI* e *TIRS* do *Landsat 8*.

<b>Bandas</b>	<b>Comprimento de onda (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Resolução (m)</b>
Banda 1 – Costeira/Aerossol	0,43 – 0,45	30
Banda 2 – Azul	0,45 – 0,51	30
Banda 3 – Verde	0,53 – 0,59	30
Banda 4 – Vermelho	0,64 – 0,67	30
Banda 5 – Infravermelho Perto (NIR)	0,85 – 0,88	30
Banda 6 – SWIR 1	1,57 – 1,65	30
Banda 7 – SWIR 2	2,11 – 2,29	30
Banda 8 – PAN	0,50 – 0,68	15
Banda 9 – Cirrus	1,36 – 1,38	30
Banda 10 – Termal Infravermelho (TIRS) 1	10,60 – 11,19	100
Banda 11 – Termal Infravermelho (TIRS) 2	11,50 – 12,51	100

Fonte: Adaptado do *Processamento Digital*, (2013).

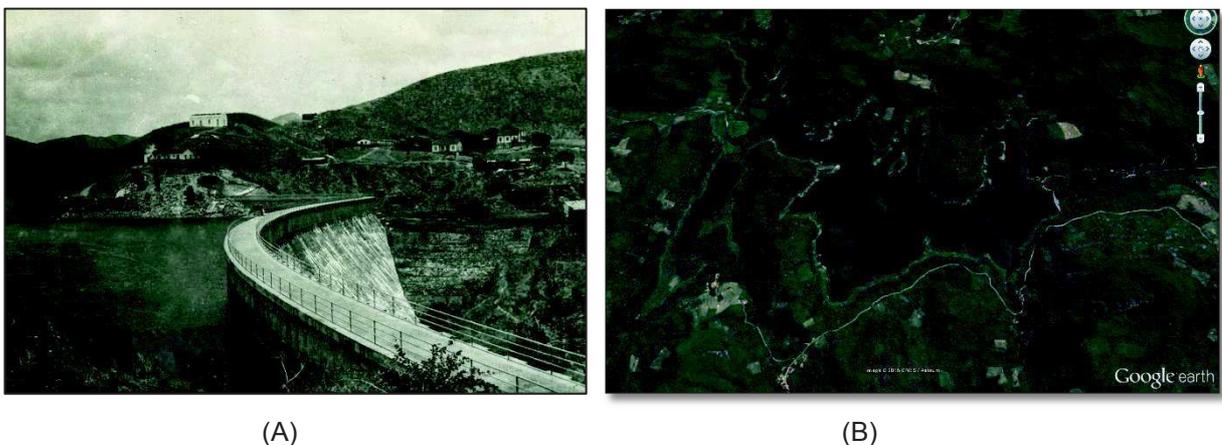
Com as informações obtidas pelos satélites é possível mapear e classificar a cobertura do solo baseado nas características de reflectância dos objetos que são imageados. O comportamento espectral dos alvos está relacionado com o processo de interação entre a superfície e a radiação eletromagnética, dependendo do comprimento da onda da radiação incidente, como também das propriedades da superfície, havendo então uma reflexão diferente (CUNHA, 2009).

A adoção de tecnologias como imagens capturadas por satélites possibilita o desenvolvimento de políticas ambientais de preservação e manejo sustentável para o mapeamento e monitoramento de áreas que compreendem as bacias hidrográficas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização da área de estudo

O açude Acarape do Meio está inserido na região serrana do município de Redenção, Ceará a 75 km da capital (Figura 1). Sua construção iniciou-se em 1909 finalizando em 1924 com a construção da barragem do rio Pacoti com a finalidade de abastecer a cidade de Fortaleza na época (COGERH, 2008).



**Figura 1:** Imagem da barragem Eugênio Gudim (A), Fonte: internet 2016; e do açude Acarape do Meio (B) Fonte: Google Earth, 2016.

O rio Pacoti que deságua no açude Acarape do Meio que tem sua nascente na serra de Baturité no município de Pacoti. O curso do rio tem cerca de 118 km e sua bacia abrange as cidades de Mulungu, Palmácia, Pacoti, Baturité, Redenção, Acarape, Maranguape, Guaiúba, Pacatuba, Pacajus, Horizonte, Itaitinga e Eusébio, e Aquiraz, integrando a bacia metropolitana de Fortaleza, desembocando entre os municípios de Fortaleza e Aquiraz (CRISPIM, 2011).

O espelho d'água do açude ocupa uma área de 220 hectares, com a capacidade de armazenar 31,5 milhões de metros cúbicos (COGERH, 2008, *apud* CEARÁ, 2007). Mas de acordo com levantamentos baltimétricos realizados no reservatório Acarape do Meio nos anos de 1997 e 2011 a capacidade do açude que era de 34,1 hm<sup>3</sup> na cota 131,3 m, indicaram que capacidade diminuiu para de 31,43 hm<sup>3</sup> e 29,67 hm<sup>3</sup> respectivamente (MAMEDE; SOUSA; NASCIMENTO, 2014). Esse levantamento demonstrou a diminuição da capacidade de armazenamento do reservatório Acarape do Meio.

Com a construção dos açudes Gavião e Riachão para abastecer Fortaleza e outras cidades da região metropolitana, o Acarape do Meio passou a atender a demanda dos municípios de Redenção, Acarape, Barreira, Guaiúba, Pacatuba, e o distrito industrial de Maracanaú.

### 2.2.1 Município de Redenção

O município de Redenção em que está situado o açude Acarape do meio está localizado no Maciço de Baturité a 60 km de Fortaleza, e segundo o IBGE (2016) ocupa uma área de 225,306 km<sup>2</sup>. O município perfaz limites com os municípios de Palmácia e Guaiúba ao Norte, Aracoiaba ao Sul, Acarape e Barreira ao Leste, e Pacoti e Baturité ao Oeste (IPECE, 2016).

Sua população é de 26.415 habitantes segundo os dados do censo demográfico realizado pelo IBGE em 2010, e estimada em 27.358 para o ano de 2016 (IBGE, 2016). A economia do município tem como base a agricultura, com cultivos de banana, cana-de-açúcar, milho e feijão, e a pecuária com a criação de bovinos, suínos, caprinos e avícolas.

O clima local é tropical semiárido brando, tropical quente úmido, tropical quente subúmido e clima tropical subquente subúmido com uma pluviometria média para o ano de 2015 variando entre 1000 a 1200 mm (IPECE, 2015; IPECE 2016). E segundo o Mapa Geológico publicado no site do IPECE (Instituto de Pesquisa e Estratégia e Econômica do Ceará) o solo do município de Redenção é constituído por rochas metamórficas, mas com presença de rochas ígneas intrusivas e cobertura sedimentar recente (IPECE, 2016).

A vegetação presente é composta por Floresta subcaducifólia tropical pluvial (mata seca), e Floresta subperenifólia tropical plúvio-nebular (matas úmidas e serranas) (IPECE, 2016).

## 2.2 Pré-processamento das imagens

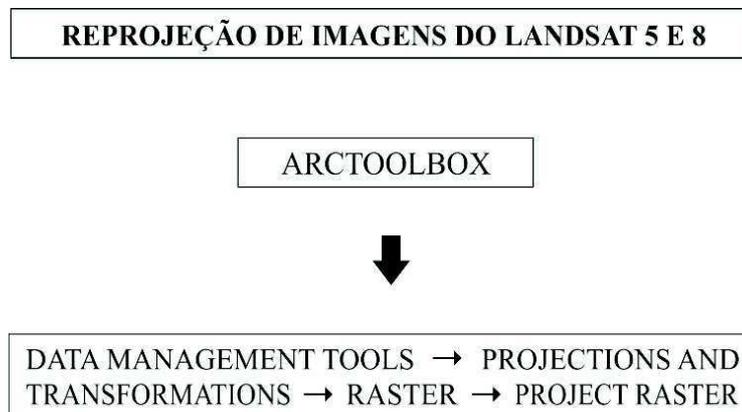
As imagens do *Landsat 5* e *8* foram obtidas no site da *United States Geological Survey* – USGS entre junho e setembro de 2016. Foram utilizadas quatro imagens, referentes aos anos de 1991, 2001, 2007 e 2016 sendo os meses de julho, agosto, outubro, e agosto respectivamente (Tabela 4). As imagens

selecionadas foram referentes ao período seco de cada ano para a visualização do uso da terra e possíveis modificações ao longo do tempo.

**Tabela 4:** Ano e mês das imagens obtidas e a série do *Landsat*.

Ano	Mês	Série Landsat
1991	Julho	Landsat 5
2001	Agosto	Landsat 5
2007	Outubro	Landsat 5
2016	Agosto	Landsat 8

Devido a projeção das imagens do *Landsat 5* e *8* obtidas na USGS serem para o Hemisfério Norte 24 foi necessário fazer a reprojeção para o Hemisfério Sul 24 (Figura 2). Após a reprojeção das imagens do *Landsat 5* e *8* foi realizada a composição 3, 2, 1 RGB cores verdadeiras para identificação das classes de uso e ocupação do solo (Figura 3). Para melhorar a visualização das imagens foi realizado o ajuste do histograma, e depois a composição de bandas.



**Figura 2:** Passos para a reprojeção de imagens do satélite *Landsat 5* e *8*.

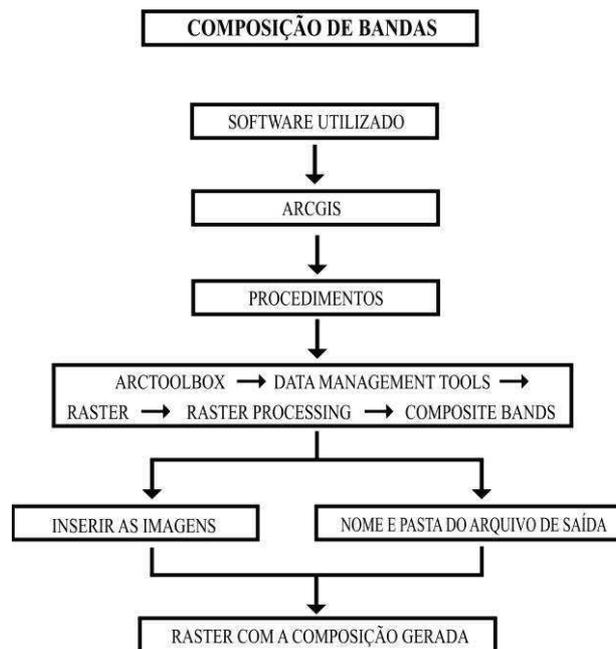


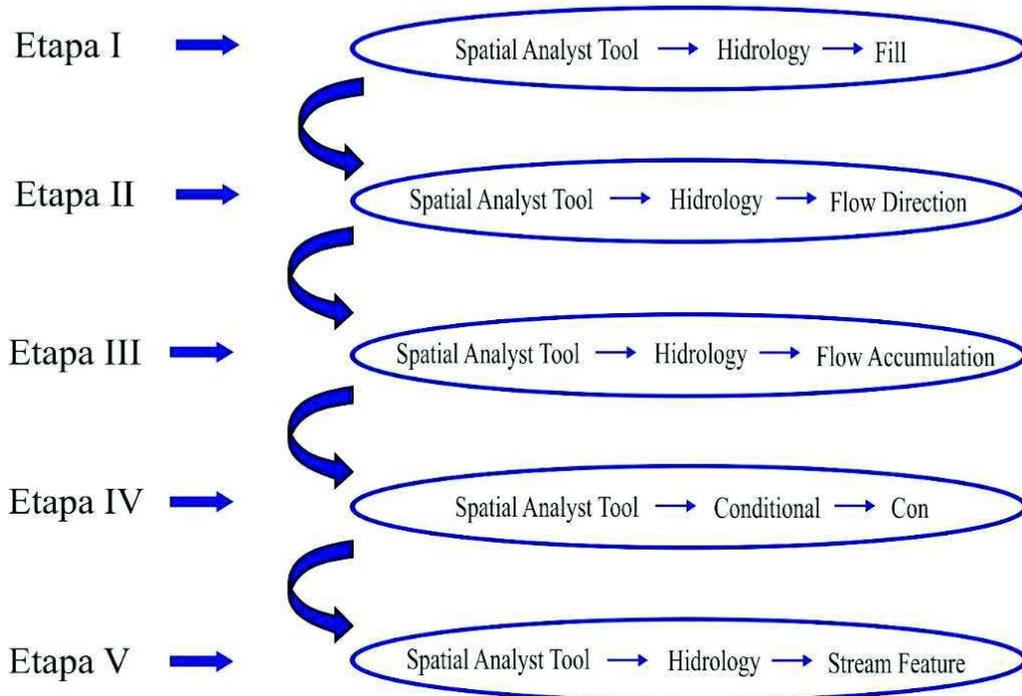
Figura 3: Etapas para a composição de bandas.

Com a realização da composição de bandas foi iniciado o processo para a delimitação da área da bacia através da rede hidrográfica do Modelo Digital de Elevação (MDE).

### 2.3 Delimitação da bacia hidrográfica

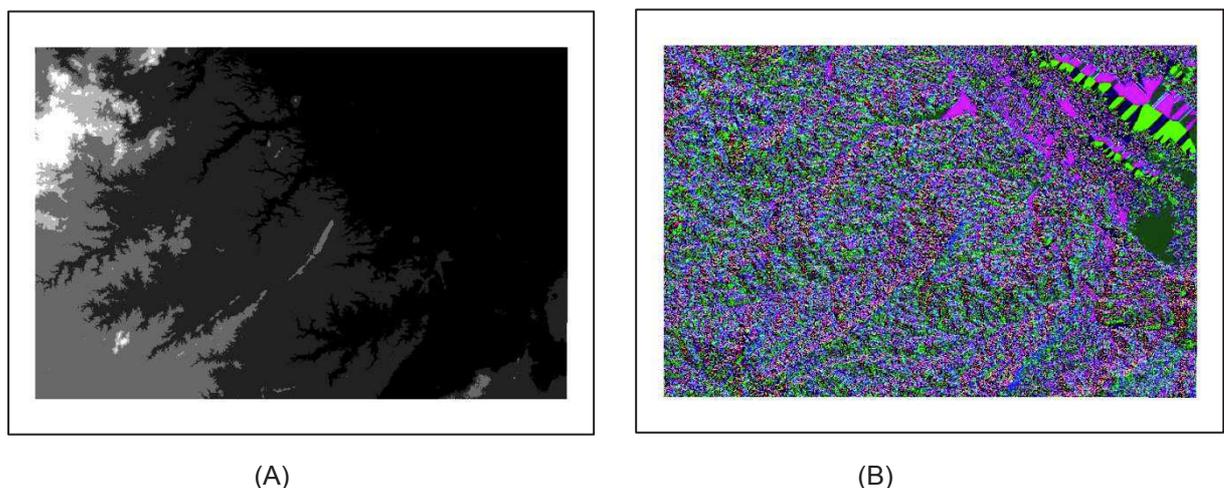
A rede hidrográfica foi obtida por meio do Modelo Digital de Elevação (MDE) com resolução espacial de 90 m e escala 1:250.000, proveniente da missão SRTM (*Shuttler Radar Topography Mission*) realizada pela NASA no ano de 2000. A geração da rede de drenagem das bacias hidrográficas foi determinada por meio do Sistema de Informação Geográfica, utilizando-se o *software* ArcGIS 10.4.1 e a extensão *Hidrology* desenvolvido pela *Environmental System Research Institute* (ESRI).

Também foi necessário fazer a reprojeção da referência espacial de GCS\_WGS\_1984 para WGS\_1984\_UTM\_Zona\_24S. Ao selecionar o arquivo a ser processado para a delimitação da bacia foram seguidas as seguintes etapas no *ArcToolbox* do *ArcMap* para a obtenção do material para a delimitação da bacia (Figura 4).



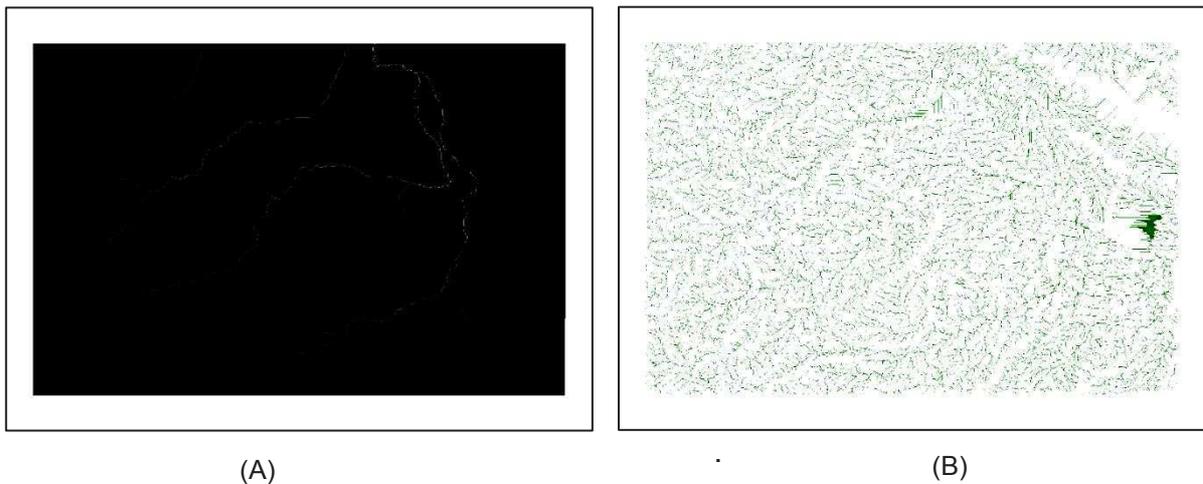
**Figura 4:** Etapas para a delimitação da bacia no ArcGIS.

Na etapa I denominada “*Fill*” (preenchimento) foi inserida a imagem SRTM no “*Input surface raster*”, e na caixa do “*Output surface raster*” manteve-se a discriminação. Logo após a execução dessa etapa foi gerado a primeira imagem. Na etapa II foi gerado um raster com a direção do fluxo, denominado “*Flow Direction*”, e para isso foi inserido no “*Input surface*” raster o arquivo “*Fill*” gerado no passo anterior (Figura 5).



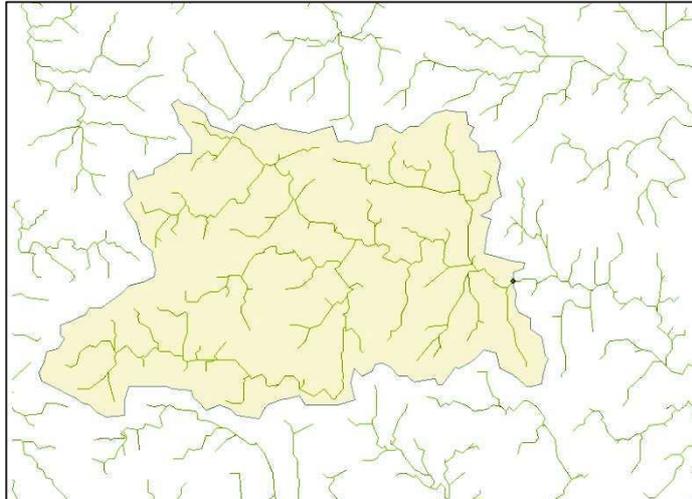
**Figura 5:** Dados SRTM e imagem resultante da geração do *fill* no ArcGIS (A), seguido da imagem da direção do fluxo (B).

Na etapa III “*Flow Accumulation*” foi gerado o fluxo acumulado, no campo *Input* inseriu-se o arquivo “*Flow Direction*”. Observou-se o fluxo acumulado nitidamente em contraste com o fundo negro. Na etapa IV “*Con*”, gerou-se um raster com as drenagens extraídas, para isso foi necessário inserir o arquivo “*Flow Accumulation*” no “*Input*” (Figura 6). No campo “*Input true*” raster digitou-se o número 1. E na “*Expression*” (*optional*) foi digitado a fórmula  $value > 100$  para bacias pequenas.



**Figura 6:** Imagens do fluxo acumulado (A), e rede de drenagens no ArcGIS (B).

Na etapa V foi gerado um *shape* de drenagem, e em seguida foi marcado o ponto da localização do exutório da bacia, para isso foi aberta a caixa de ferramentas *ArcCatalog* com o botão direito do mouse seguindo os passos: *New* → *Shapefile*. Com a janela “*Create New Shapefile*” aberta foi nomeado o ponto do exutório, enquanto no campo “*Feature Type*” foi escolhido o “*Shape Point*” (Figura 7).

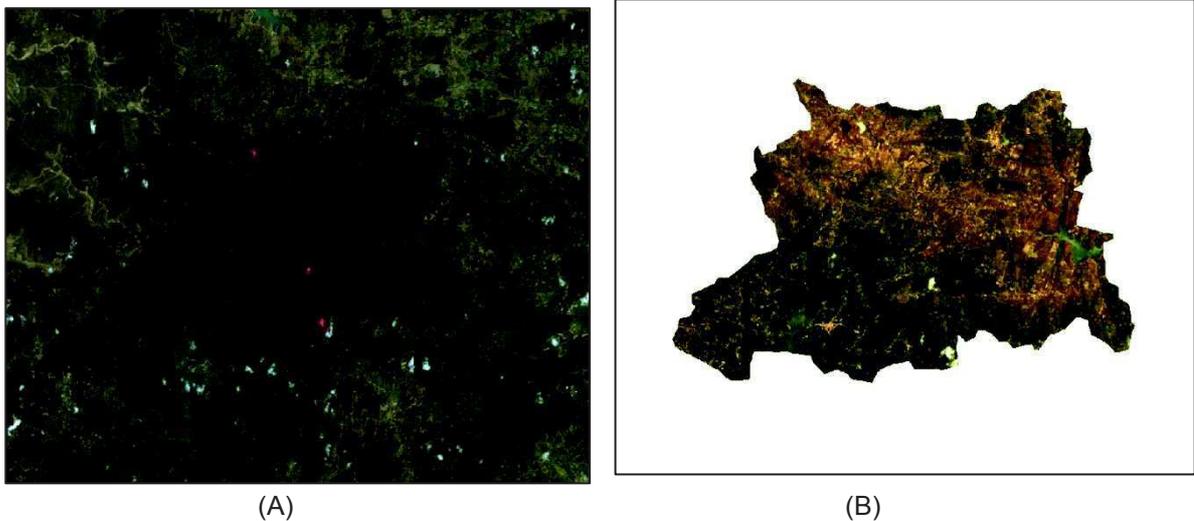


**Figura 7:** Shape de drenagem com a localização do ponto de exutório da bacia.

Durante o processo de localização do ponto do exutório utilizou-se as coordenadas do açude Acarape do Meio do *Google Earth*. Após a obtenção do ponto do exutório o limite da bacia do açude foi gerado e utilizado para o recorte das imagens que foram reprojatadas e compostas nas etapas anteriores.

Com a delimitação da bacia foi realizada logo em seguida a extração por máscara, as ferramentas para a extração foram: “*Spatial Analyst Tools*” → “*Extract by Mask*”. Com o recorte da área novamente foi feita a combinação das bandas em 3, 2, 1 seguida novamente da correção das cores no histograma (Figura 8). O limite e as etapas de extração utilizado na primeira imagem também foram aplicados nas demais imagens.

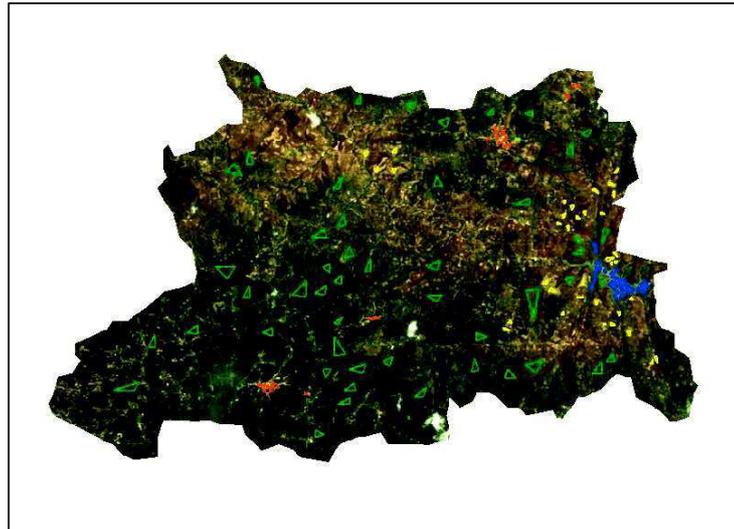
A identificação do uso e ocupação do solo foi feita através da análise visual das imagens para a sua classificação com a ferramenta polígono para a obtenção de amostras das classes a serem classificadas, e por último o modo classificação “*Maximum Likelihood Classification*” (Máxima Verossimilhança) do *ArcMap* no *ArcGis* 10.4.1.



**Figura 8:** Extração por máscara utilizando o limite da bacia hidrográfica, (A) e (B).

Com o recorte da bacia realizado foi iniciado então a classificação pelo método supervisionado no ArcGIS, utilizando a ferramenta polígono para coletar as amostras na bacia em estudo (Figura 9). Para realizar esse método de classificação supervisionada no ArcGIS foi necessário realizar diversos treinamentos no “*Training Sample Manager*”, para selecionar várias amostras de cinco classes, vegetação, área urbana, nuvem, área agrícola, e água.

Após esse procedimento selecionou-se o método de classificação por Máxima Verossimilhança. De acordo com Ribeiro, Baptista e Bias (2007) esse método de classificação é o mais tradicionalmente usado para a obtenção de classes informacionais das imagens dos sensores remotos. Mas é importante que o usuário conheça previamente a área em estudo, como também a distribuição das classes, para que a classificação e a obtenção das amostras seja a mais eficiente possível (RIBEIRO; BAPTISTA; BIAS, 2007 *apud* CRÓSTA, 1993).



**Figura 9:** Obtenção de amostras de treinamento para classificação da imagem.

Inicialmente para determinar o número de classes e de amostras foram realizados diversos testes iniciais para diminuir o erro na classificação das imagens, e para isso foram feitas várias repetições da coleta de amostras das classes no “*Training Sample Manager*”, sendo ajustado o número das classes e suas respectivas amostras durante o processo de classificação. Durante essa etapa foi observado a necessidade de aumentar e diminuir o número das classes e amostras até alcançar um índice adequado a ser aplicada a todas as imagens do *Landsat 5* e *8*.

O número de classes e amostras foi definido após esse processo de repetições de coleta de amostras no “*Training Sample Manager*” o que permitiu determinar o número de quatro a cinco classes de uso e ocupação do solo na bacia do açude Acarape do Meio, bem como o número de amostras a ser utilizado na classificação (Tabela 5). Ao total foram 607 amostras distribuídas em cinco classes para os anos 1991, 2001, 2007 e quatro classes para o ano de 2016 devido à ausência de nuvens neste último.

**Tabela 5:** Número de amostras por classe e ano

Classes	1991	2001	2007	2016
Vegetação	50	50	50	50
Área Urbana	28	28	28	28
Nuvem	5	5	5	0
Área Agrícola	35	35	35	35
Água	35	35	35	35
Total	153	153	153	148

A vegetação foi à classe que mais foram coletadas amostras, isso devido à facilidade no seu reconhecimento na imagem analisada. A área urbana inicialmente pretendeu-se utilizar o mesmo número de amostra aplicada nas classes área agrícola e água, mas devido o resultado final apresentar erro no reconhecimento da área urbanizada foi necessário diminuir o número de amostras após tentativas anteriores de aumentar o número de amostras demonstrarem uma maior margem de erro, pois a baixa resolução das imagens dificultou a análise para essa classe.

A classe de nuvens foi a que apresentou o menor número de amostras de treinamento isso porque dependendo do ano a área de nuvem era bastante reduzida, o que impossibilitava a coleta de amostras superior a cinco. Quanto à classe agrícola essa foi aplicada o mesmo número de amostras que a classe referente à água.

Durante os testes para a escolha do melhor número de amostras para água e área agrícola, valores superiores a trinta e cinco induziam as classes ao erro da mesma forma que ocorria com a área urbana quando ultrapassava o valor de vinte e oito amostras.

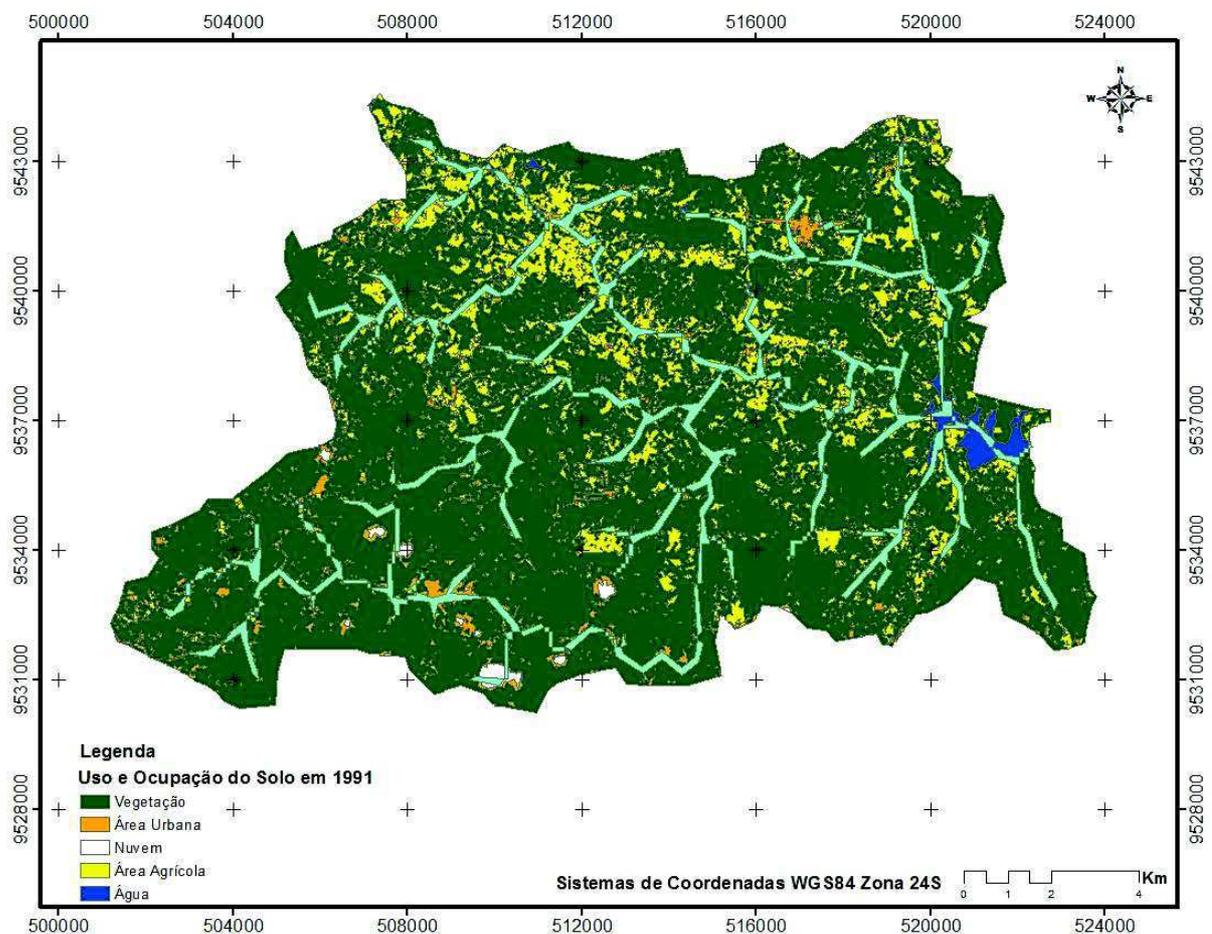
Dentre os principais erros que ocorreram foi à indução da classificação em colocar como área urbanizada a margem do açude e as pequenas ilhas do mesmo e a sua área seca ocasionada pela estiagem, sendo esse último quesito referente à imagem do ano de 2016.

Durante o processo de classificação foram observadas as imagens do *Google Earth* atual e históricas, para reconhecer e comprovar as áreas classificadas. Como foi observado que o padrão da localização do uso e ocupação do solo, principalmente quando referente à agricultura permaneceram quase o mesmo nas proximidades do açude, foi possível classificar essa classe com maior abrangência e facilidade quando comparado com a classe de urbanização.

Com a classificação realizada foi possível fazer a conversão de raster para polígono em *conversion tools > from raster > raster to polygon*. Tal conversão foi realizada devido à necessidade de obtenção dos cálculos de área de cada classe. Após a conversão foi aplicada a ferramenta *dissolver* para agrupar os polígonos da mesma classe. Com os atributos dissolvidos foi possível então calcular a área equivalente de cada classe do uso e ocupação do solo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na classificação da imagem referente ao ano de 1991 observou-se a presença de áreas agrícolas distribuídas em toda a bacia, porém concentradas na extremidade norte, e com ocorrência em áreas próximas ao açude Acarape do Meio (Figura 10). As áreas urbanas em cor laranja indicam sua localização em extremidades opostas na bacia.



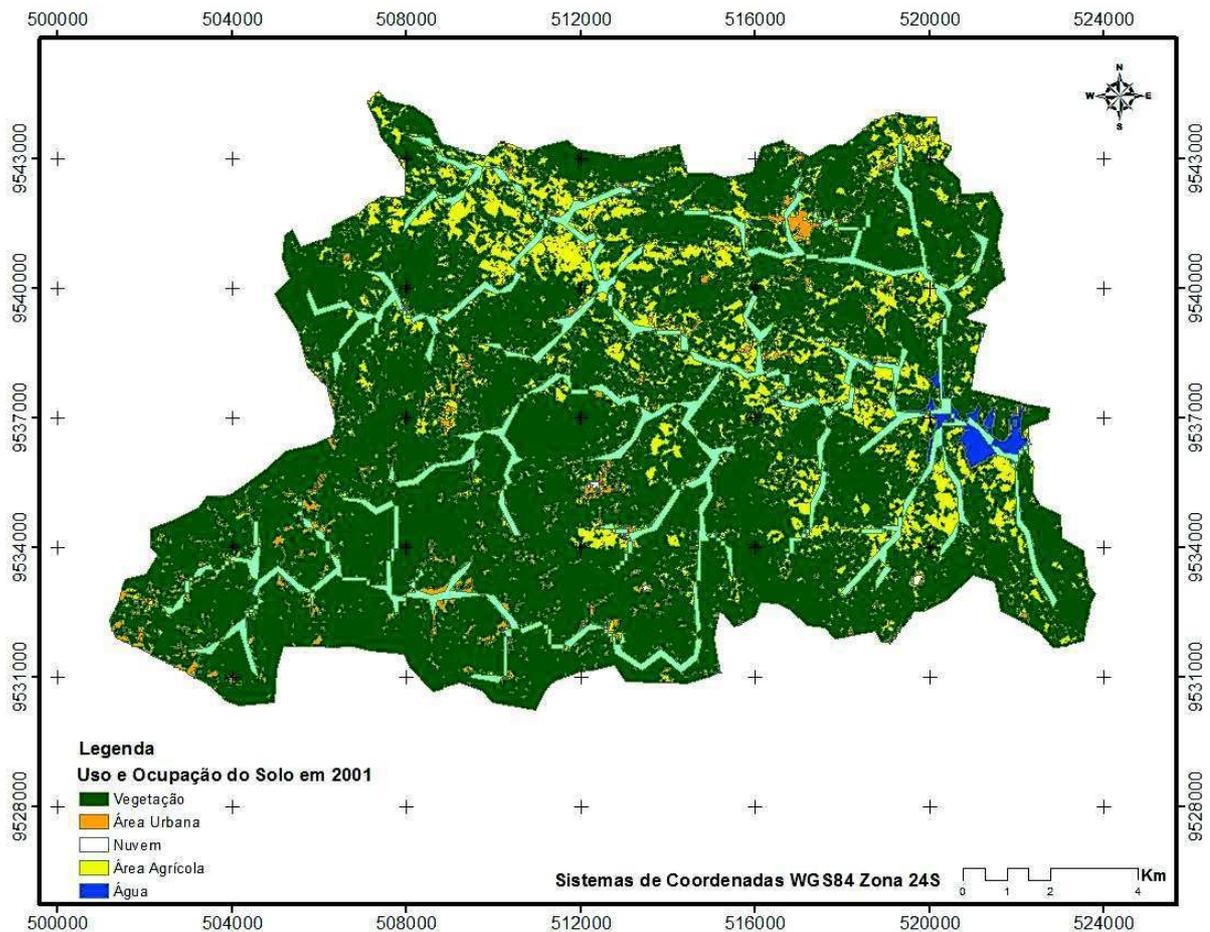
**Figura 10:** Classificação do uso e ocupação do solo da bacia no ano de 1991, com a rede hidrográfica da região em azul claro.

Destacado em azul está à classe água, a qual evidencia o açude Acarape do Meio. Visivelmente pode-se afirmar que o açude está com a sua cota de armazenamento elevada. A quantificação do número da área ocupada com as classes classificadas no mapa, e a sua porcentagem total para cada uma delas no ano de 1991 estão dispostas na tabela 6. Nessa tabela se percebe que o maior

número de uso e ocupação da terra por ação humana está nas atividades agrícolas, com um percentual de 13,95% para o ano de 1991.

Neste sentido, Mamede, Sousa e Nascimento (2014) ao realizarem uma pesquisa sobre o índice de erosão na bacia relatam que no início da década de 90 houve um aumento nas atividades agrícolas na bacia. Eles perceberam essa mudança ao comparar com o ano de 1985 em que a área se encontrava mais preservada.

Em 2001 observou-se um gradativo aumento das áreas agrícolas em comparação com o ano de 1991 (Tabela 6). Verificou-se no mapa que as áreas de maior concentração de atividades agrícolas permanecem ao norte da bacia e próximo ao açude Acarape do Meio. Sendo essa transformação acompanhada do crescimento da classe urbana e da redução da vegetação (Figura 11).



**Figura 11:** Classificação do uso e ocupação do solo na bacia em 2001, com a rede hidrográfica da região em azul claro.

**Tabela 6:** Percentual do uso e ocupação do solo nos anos de 1991 e 2001

Classe	1991		2001	
	(ha)	%	(ha)	%
Vegetação	16779,29	81,68	16717,88	81,39
Área Urbana	621,57	3,03	652,47	3,18
Nuvem	82,28	0,40	22,25	0,11
Área Agrícola	2866,08	13,95	2972,37	14,47
Água	192,40	0,94	176,09	0,85
Área total	20541,62	100	20541,06	100

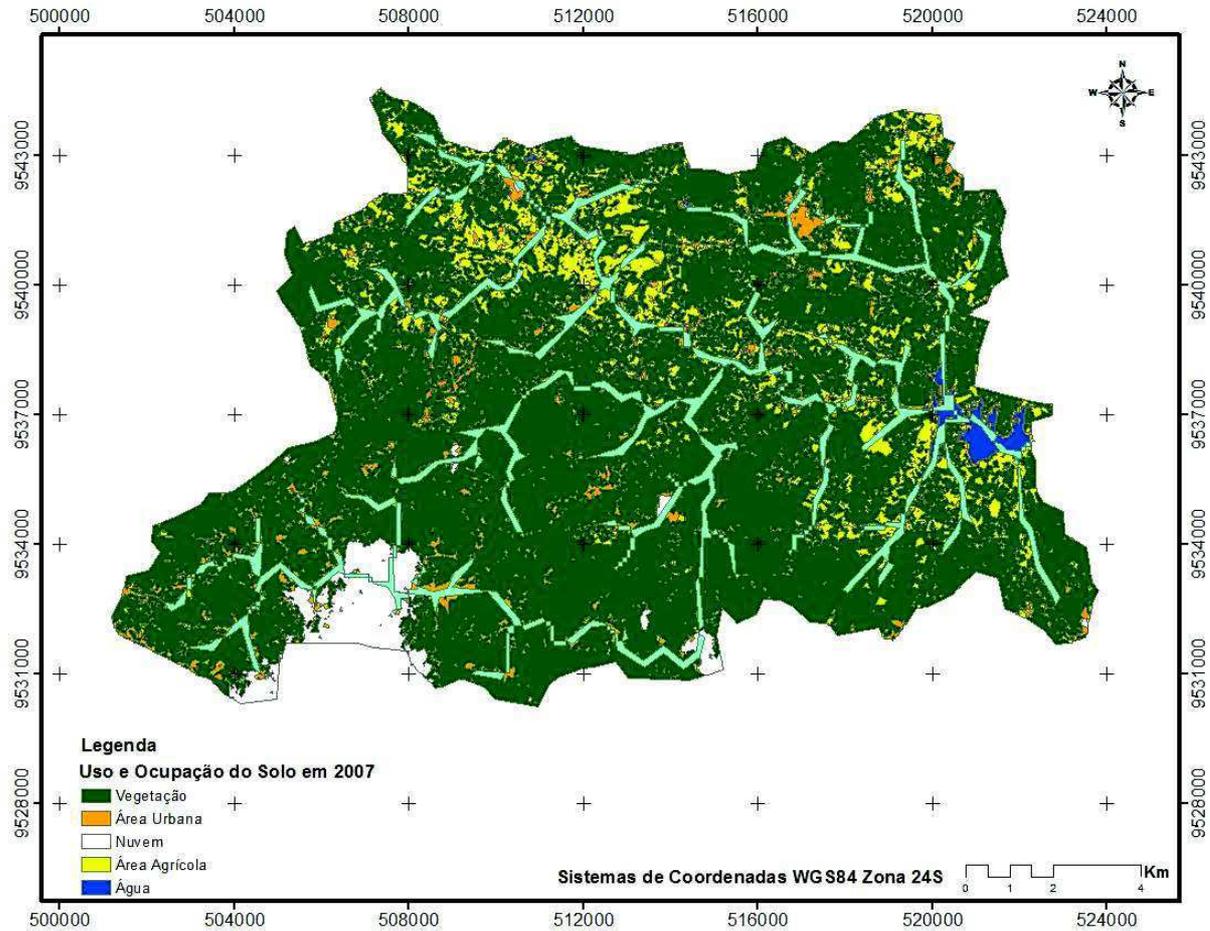
Além da área de vegetação outra classe que reduziu em 2001 foi a de água, provavelmente devido ao aumento da área urbana e agrícola em relação a 1991, pois é nítida a concentração das atividades agrícolas em alguns pontos da bacia.

Apesar do mapa de 2001 haver uma maior concentração de área agrícola, seu percentual é apenas relativamente superior quando comparado com o ano anterior em estudo. O percentual de água teve uma pequena diminuição no ano de 1991 para 2001, e a presença de nuvem foi bem inferior quando comparado com os mesmos anos.

Segundo Mamede, Sousa e Nascimento (2014) as taxas de assoreamento eram menos elevadas entre 1985 e os primeiros anos de 1990, e mais elevadas entre o período de 1995 até 2005 devido ao elevado crescimento das atividades agrícolas nos primeiros anos desse segundo período. Tais resultados estão de acordo com o crescimento da área agrícola em 2001.

Na classificação da imagem do ano de 2007 percebeu-se um elevado crescimento da urbanização sobre a área da bacia, consecutivamente houve também uma redução da classe agrícola comparado com os dois anos anteriores classificados e da diminuição da área de vegetação (Figura 12). Claramente essa mudança exemplifica a transformação do uso e ocupação do solo na bacia.

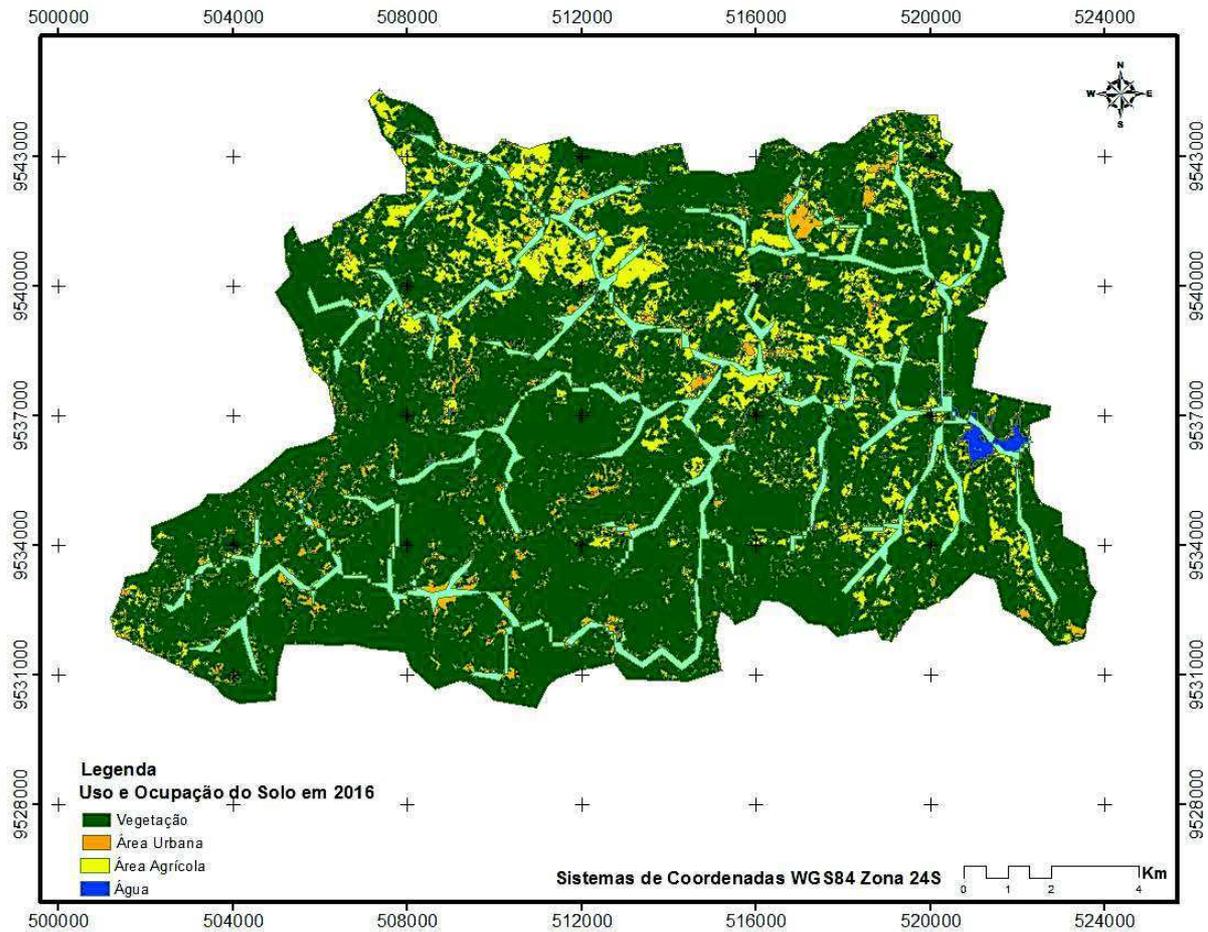
Segundo Sebusiani e Bettine (2011), normalmente o processo de uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas ocorre de maneira espontânea, e raramente é baseado em questões ambientais. Diante disso certamente pelo salto no crescimento urbano na bacia do açude Acarape do Meio, possivelmente não houve planejamento.



**Figura 12:** Classificação do uso e ocupação do solo na bacia em 2007, com a rede hidrográfica da região em azul claro.

Na classificação da bacia do ano de 2016, constatou-se um aumento das áreas agrícolas e urbana em relação ao ano de 2007, enquanto que a categoria água reduziu a metade demonstrando a elevada limitação de água que a região está enfrentando atualmente (Figura 13).

Durante a análise do ano de 2016 observou-se que o crescimento da área agrícola e da área urbana foi acompanhado da diminuição da vegetação na bacia. Havendo uma diferença nas classes agrícola e urbana de 2007 para 2016, sendo que nesse último um aumento considerável na área agrícola quando comparado com 2007, mesmo sendo o quinto ano de estiagem no estado do Ceará (Tabela 7).



**Figura 13:** Classificação do uso e ocupação do solo na bacia em 2016, com a rede hidrográfica da região em azul claro.

**Tabela 7:** Percentual do uso e ocupação do solo nos anos de 2007 e 2016.

Classe	2007		2016	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Vegetação	16688,74	81,25	16623,70	80,93
Área Urbana	896,38	4,36	987,64	4,81
Nuvem	666,91	3,25	-	-
Área Agrícola	2119,79	10,32	2834,64	13,80
Água	169,04	0,82	95,02	0,46
Área total	20540,87	100	20541	100

Mas um fator de extrema relevância e que teve influência da estiagem sobre a bacia é a diminuição da classe água no ano de 2016. A diferença é tão significativa que o açude Acarape do Meio que se localiza na bacia está reduzido a menos da metade da sua capacidade, o que pode ser observado pela imagem, e comprovado

com dados no próprio site da COGERH (Companhia de Gestão de Recursos Hídricos) que informa que o açude atingiu 19,49% no último dia 13/11/2016.

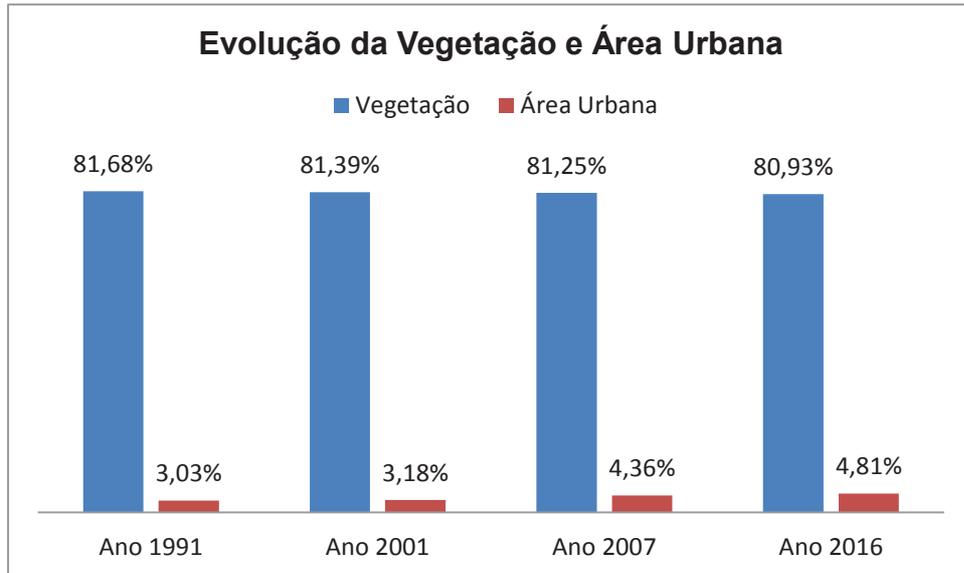
Quanto à classe vegetação classificada nas quatro imagens, é necessário ressaltar que isso não significa ser essa classe referente apenas à vegetação nativa. Essa classe insere toda vegetação nativa, arbustiva e de origem antrópica. Isso foi necessário devido às imagens e, principalmente, pelo método utilizado não permitir uma visualização e classificação com definições de classes diferentes para vegetação. Mas apesar disso a classificação permitiu verificar o aumento da ocupação urbana, diminuição da vegetação e da água e o aumento da área agrícola, mesmo em período de estiagem na região.

Ainda sobre a classe vegetação é importante considerar que a área da bacia por se localizar na região serrana do Maciço de Baturité, detém alguns produtores de lavouras permanentes como o de bananeira. O que caracteriza uma vegetação antrópica que devido às imagens utilizadas apresentarem baixa resolução o método utilizado “Máxima Verossimilhança” agrupou toda a vegetação em uma única classe.

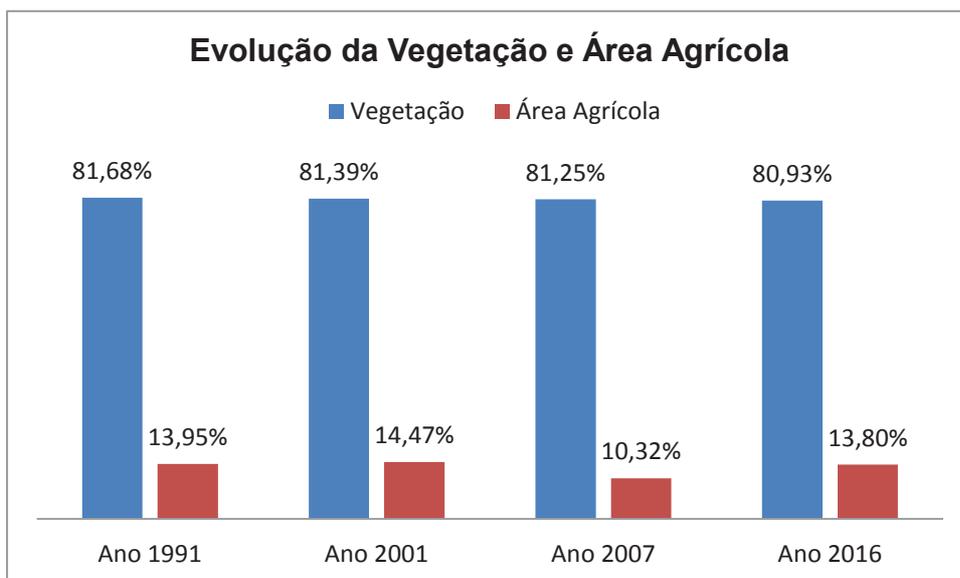
Considerando todos os dados obtidos na classificação dos quatro anos da série temporal, verificou-se a evolução gradativa da urbanização de 1991 para 2001, e acentuada quando comparasse esses respectivos anos com o cenário de 2007 e 2016.

A primeira classe correspondente à vegetação teve um recuo durante os anos classificados, e as áreas urbanas expandiram consideravelmente (Gráfico 1). Com todas as informações obtidas foi possível fazer uma sintetização comparativa em gráficos da evolução e ocupação do solo dos anos em estudo, usando como base de comparação a classe vegetação em todos.

Além do crescimento da urbanização que influenciou no recuo da vegetação, a pressão das áreas agrícolas também teve um papel fundamental nesse decréscimo, pois acompanhou a queda da área de vegetação nos anos de 2001, e 2016 (Gráfico 2).



**Gráfico 1:** Crescimento da urbanização e recuo da vegetação.



**Gráfico 2:** Crescimento das áreas agrícolas e recuo da vegetação.

Apesar de haver o crescimento da área agrícola nos anos de 2001 e 2016 quando comparado com o ano de 1991, no ano de 2007 houve um efeito contrário com a diminuição desta classe. Ocorrendo uma queda de 3,63% e 4,15% em relação a 1991, e 2001 respectivamente. Enquanto que em 2016 a área agrícola voltou a crescer em 3,48% quando comparado a 2007, mesmo com o estado enfrentando uma seca, que perdura há cinco anos.

Possivelmente por ser uma região com chuvas regulares quando equiparado com outras regiões do estado, o Maciço de Baturité no qual está inserida a bacia do açude Acarape do Meio propicia melhores condições para o desenvolvimento da agricultura mesmo que seja de forma tradicional em sistema de sequeiro.

Ao comparar com estudos de outros autores que fizeram análise temporal de bacia hidrográfica, observa-se que a vegetação natural tende algumas vezes a diminuir. Isso é observado no estudo temporal realizado por Faustino, Ramos e Silva (2014), na bacia do Rio Doce no Rio Grande do Norte. Eles ao utilizarem imagens do satélite *Landsat 1* para o ano de 1977 e do *Landsat 7* para o ano de 2001, constataram a diminuição da cobertura vegetal e a ampliação das áreas de impermeabilização dos solos.

De acordo com a classificação das imagens em 1977 cerca de 23% da bacia era coberta por vegetação natural, enquanto no ano de 2001 esse valor recuou para 12% da área. No período de 1977 até 2001 houve um aumento significativo de solo exposto, ocasionado pelo desmatamento e ocupação antrópica em vários pontos da bacia (FAUSTINO; RAMOS; SILVA, 2014). Esses resultados demonstram o quanto o estudo temporal possibilita verificar as mudanças em uma bacia hidrográfica, da mesma forma como ocorreu na bacia do Açude Acarape do Meio em que se observou o recuo na vegetação nos anos de 2001, 2007, e 2016.

Em relação a outras mudanças na paisagem no mesmo intervalo de tempo Faustino, Ramos, e Silva (2014) verificaram que enquanto em 1977 o campo antropizado era apenas de 68%, em 2001 passou a ser de 71% da área da bacia, havendo então um acréscimo de 3%. Quanto ao solo exposto, que antes era apenas de 6% passou a ser de 7%, e os corpos d'água que representavam 3% da área em 1977 reduziram para 1% em 2001. Essas mudanças mostram o quanto à ação antrópica pode impactar ao longo do tempo.

Em outro trabalho temporal sobre o uso e ocupação da terra no rio Vieira em Montes Claros, Minas Gerais, nos anos de 1990, 1995, 2000, e 2005, Barros et al., (2013), identificaram com base na classificação das imagens do satélite *Landsat-5 TM* pelo *software* ArcGIS 10.0 as classes área urbana, vegetação, área agrícola/pastagem e solo exposto. Enquanto a área urbana e solo exposto expandiram no decorrer dos anos, as outras duas classes de uso e ocupação regrediram. Os autores afirmam que o crescimento da classe do solo exposto é

causado pelo aparecimento de novas áreas na bacia em estudo, como também pelo uso inadequado do solo.

Mas diferentemente desse trabalho em que houve um recuo na classe área agrícola, na bacia do açude Acarape do Meio houve um aumento seguido de diminuição da área agrícola nos anos de 2001 e 2007 respectivamente, mas tornando a crescer em 2016. Mas igualmente como foi verificado nessa pesquisa de Barros et al., (2013) houve também um aumento da área urbana e recuo na vegetação na bacia do açude Acarape do Meio.

Seabra e Cruz (2013) também constataram as mudanças na cobertura e uso do solo em uma bacia hidrográfica do Rio São João localizada no Estado do Rio de Janeiro nos anos de 1985, 1995 e 2010. Mas ao contrário do que normalmente acontece em áreas de bacias à vegetação natural da área em estudo teve um significativo aumento entre 1995 e 2010, e um recuo nas áreas de pastagem e vegetação secundária.

Coelho et al. (2014) ao realizar um estudo da dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do riacho São Paulo localizada na região semiárida do Estado de Pernambuco, verificaram através de três imagens de satélites dos anos de 1991, 2000 e 2010, a substituição das áreas de vegetação de caatinga aberta por áreas de pastagem/agricultura. Enquanto que em 1991 a área de caatinga aberta era de 47% da superfície da bacia, em 2000 ela reduziu 2%. Já a classe de caatinga densa em 1991 era de 45% em 2000 ela passou para 33%, apresentando um recuo de 12%. A área agrícola e atividades agropecuárias ocupavam apenas 7% da bacia em 1991, e em 2000 passou a ocupar 21%.

Ao se avaliar essas classes no ano de 2010 a classe composta pelas atividades agrícolas e agropecuárias continuou crescendo, ocupando 36% da área da bacia do riacho de São Paulo, nesse mesmo ano foi verificada a queda das classes caatinga aberta e densa para 39 e 21% da bacia, respectivamente. A mata ciliar e água em 1991 representavam 1% da área da bacia, mantendo-se inalterada no ano de 2000, mas em 2010 houve um aumento de 4%, atingindo então 5% da área. Esse crescimento foi maior quando referente à área de mata ciliar, isso devido ao aumento da população da vegetação da algaroba (*Prosopis juliflora*) (COELHO et al., 2014).

Esses dados obtidos por Coelho et al. (2014) se assemelha com o da classe vegetação da bacia Acarape do Meio, pois também diminuiu com o decorrer dos anos em estudo.

Lago et al. (2012) ao avaliarem o uso e ocupação das terras e a adequação do seu uso na microbacia do Ribeirão Extrema no Distrito Federal observaram que a área da microbacia era destinada principalmente para fins de atividades agrícolas. A agricultura correspondia a 29,16%, solo em pousio sem palhada 52,21%, solo com pousio com palhada 4,37%, somando no final 85,74% da área. Quanto ao Cerrado ocupava uma área de 5,99%, reflorestamento 0,37%, e a Mata de Galeria 7,9%, totalizando 14,26% das áreas da microbacia em estudo.

Como foi observado nesse trabalho, na bacia do açude Acarape do Meio a classe área agrícola também apresentou valores altos de uso e ocupação do solo.

Weiss et al. (2013) ao utilizarem imagens do *Landsat 5* para mapear o uso e ocupação do solo no litoral sul do Rio Grande do Sul conseguiram classificar em sete classes de uso e ocupação, água (42,01%), solo exposto (20,02%), areia (2,16%), florestamento (1,86%), vegetação (2,54%), banhado (4,11%), e campo (27,27%). Os autores incluíram nas classes solo exposto e campo plantação de arroz, campos usados para a agropecuária, e plantações em geral. Logo a degradação é evidenciada pelos baixos índices de áreas de vegetação nativa e alta de solo exposto.

Vanzela, Hernandez e Franco (2010) concluíram em seu trabalho que áreas ocupadas com matas são importantes, pois favorecem o aumento da vazão específica em virtude da cobertura do solo. O que possibilita a infiltração da água no solo reduzindo o escoamento superficial, além de contribuir na qualidade da água. Quanto às áreas habitadas, urbana, rural, ou agricultadas, e as matas degradadas, contribuem na redução da vazão específica e da qualidade da água devido à alteração do escoamento superficial.

Possivelmente a diminuição da classe água na bacia do açude Acarape do Meio também tem como causa a diminuição progressiva da sua vegetação além do período de estiagem.

Percebe-se em boa parte desses trabalhos a mudança do uso e ocupação do solo, principalmente em relação à diminuição da vegetação e aumento das áreas agrícolas. Mas quanto aos dados sobre a bacia do Acarape do Meio, exposto nos

gráficos anteriores referentes ao ano de 2007 em que houve a diminuição da área agrícola, pode-se apenas fazer conjecturas de possíveis causas.

Dentre elas refere-se à expansão urbana em 2007 que direta ou indiretamente pode ter impactado na área agrícola, com a ocupação dessas áreas pela urbanização, sendo por isso que em 2016 houve a diminuição da área de vegetação para abertura de novas áreas agrícolas e a continuação da expansão urbana.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento da dinâmica do uso e ocupação do solo na bacia do açude Acarape do Meio, demonstrou que ao longo da série histórica dos anos de 1991, 2001, 2007 e 2016, ocorreram mudanças no uso e ocupação do solo. Dentre essas transformações destacou-se o crescimento das áreas urbana e agrícola. Sendo que o ano de 2001 apresentou a maior porcentagem na concentração de área agrícola na bacia, e 2007 a menor porcentagem.

Outro aspecto relevante foi à diminuição da classe água no ano de 2016 que alcançou o menor valor quando comparado com os anos anteriores, essa queda tem como uma das causas o período de estiagem que o estado do Ceará enfrenta bem como a redução da vegetação na bacia, o que possivelmente diminuiu a infiltração e retenção de água no solo. E mesmo com a retomada do crescimento da área agrícola em 2016, esse continuou abaixo dos valores apresentados nos anos de 1991, e 2001.

A classificação supervisionada por Máxima verossimilhança apesar de ser bastante citada na literatura científica, quando aplicada em imagens de baixa resolução requer do pesquisador um conhecimento prévio do local de estudo, visando evitar erro na amostragem das classes para posterior classificação da imagem.

Diante desse cenário, estudos mais aprofundados sobre o uso e ocupação do solo da bacia do açude Acarape do Meio serão de muito proveito no intuito de verificar e classificar a vegetação predominante na área, de forma a auxiliar os gestores públicos e assegurar a adoção de medidas de recuperação da vegetação e manejo adequado do solo que visem garantir a sustentabilidade da região.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, Amaral Borges; RIOS, Aila de Souza. Geoprocessamento: Mapeamento do Uso e Ocupação do Solo no Alto Curso do Rio Piedade. **Revista de Geografia – PPGeo**. [S.l.] v. 2, n. 1, p. 1-8, 2012. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/revistageografia/files/2012/10/GEOPROCESSAMENTO-MAPEAMENTO-DO-USO-E-OCUPAÇÃO-DO-SOLO-NO-ALTO-CURSO-DO-RIO-PIEDADE.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

BARBOSA, José Eduardo do Couto. **Uso do solo e impactos socioambientais nas bacias hidrográficas dos rios Camanducaia e Jaguary**. 2009. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada ao Manejo dos Recursos Naturais). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. p. 4. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/ecologia/files/2009/11/JoseEduardodoCoutoBarbosa-Dissertacao.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2016.

BACANI, Vitor Matheus et al. Sensoriamento remoto e SIG aplicados à avaliação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica. **Revista Mercator**. Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 119-135, mai./ago. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/mercator/v14n2/1984-2201-mercator-14-02-0119.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2016.

BARROS, Kelly de Oliveira. et al., Análise temporal das classes de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Rio Vieira, Montes Claros, Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**. Pouso Alegre, v. 5, n. 2, p. 43-54, ago. 2013. Disponível em: <<https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/441/483>>. Acesso em: 23 out. 2016.

BERNARDI, Ewerthon Cezar Shiavo et al., Bacia hidrográfica como unidade de gestão ambiental. **Revista Disciplinarum Scientia**. Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 159-168, 2012. Disponível em: <[http://sites.unifra.br/Portals/36/Tecnologicas\\_2012-2/04.pdf](http://sites.unifra.br/Portals/36/Tecnologicas_2012-2/04.pdf)>. Acesso em: 08 nov. 2016.

CARDOSO, Dione P. et al. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 16, n. 6, p. 632-638, jun./ 2012. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br/revista/v16n06/v16n06a07.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2016.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à ciência da geoinformação**. INPE, São José dos Campos, 2001. 345 p. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 28 dez. 2016.

COELHO, Victor H. R. et al. 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 jan. 2014. Disponível em <<http://www.agriambi.com.br/revista/v18n01/v18n01a09.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2016.

COGERH. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará . **Açude Acarape do Meio: Inventário Ambiental**. 2008. Disponível em: <[http://www.hidro.ce.gov.br/arquivos/inventarios\\_synced\\_201605/Inventario Ambiental do Acude Acarape do Meio-abr 2008.pdf](http://www.hidro.ce.gov.br/arquivos/inventarios_synced_201605/InventarioAmbiental%20do%20Acude%20Acarape%20do%20Meio-abr%202008.pdf)>. Acesso em: 10 maio 2016.

COUTINHO, Luciano Melo. et al., Usos da terra e áreas de preservação permanente (app) na bacia do Rio da Prata, Castelo – ES. **Revista Floresta e Ambiente**. v. 20, n. 4, p. 425-434, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/floram/v20n4/a01v20n4.pdf> >. Acesso em: 07 maio 2016.

CUNHA, Kalorey Lima. **Uso de imagens landsat e cbers no mapeamento da suscetibilidade à erosão na região de primavera do leste – MT**. 2009. 147 f. Dissertação. (Mestrado em Física Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. p. 7-19.

CRISPIM, Andréia Bezerra. **Sistemas ambientais e vulnerabilidades ao uso da terra no vale do rio Pacoti - CE: subsídios ao ordenamento territorial**. 2006. 201 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza. p. 26-53. Disponível em: <[http://www.uece.br/mag/dmdocuments/andrea\\_dissertacao.pdf](http://www.uece.br/mag/dmdocuments/andrea_dissertacao.pdf)>. Acesso em: 11 set. 2016.

DILL, Paulo Roberto Jaques. **Gestão ambiental em bacias hidrográficas**. 2007. 128 f. Tese. (Doutorado em Engenharia de Água e Solo) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp068796.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2016.

FAUSTINO, Aline Berto; RAMOS, Fernanda Faria; SILVA, Sebastião Milton Pinheiro da. Dinâmica temporal do uso e cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Doce (RN) com base em Sensoriamento Remoto e SIG: uma contribuição aos estudos ambientais. **Revista Sociedade e Território**, Natal, v. 26, n. 2, p.18-30, dez. 2014.

FIGUEIREDO, Divino. **Conceitos básicos de sensoriamento remoto**. 2005. 32 p. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos\\_sm.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2016.

FLORENZANO, Teresa Galloti. **Os satélites e suas aplicações**. 1º ed. São José dos Campos, São Paulo: SindCT, 2008. 52 p.

GARCIA, Yara Manfrin. **Conflitos de uso do solo em apps na bacia hidrográfica do córrego barra seca (pederneiras/sp) em função da legislação ambiental**. 2014. 141 f. Dissertação. (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu. p. 5. Disponível em: <<http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq1089.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2016.

GALINDO, Izabel Cristina de Luna et al. Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba, PE. **Revista Brasileira de**

**Ciência do Solo**, Viçosa, v.32. n. 3, p. 1283-1296, mai./jun., 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n3/a36v32n3.pdf>>. Acesso em: 07 maio 2016.

GOMES, Marco Antonio Ferreira. **Manejo de bacias hidrográficas em áreas de afloramento do aquífero Guarani: subsídio à gestão de recursos hídricos subterrâneos**. In: \_\_\_\_\_; PESSOA, Maria Conceição Peres Young. Planejamento ambiental do espaço rural com ênfase para microbacias hidrográficas: manejo de recursos hídricos, ferramentas computacionais e educação ambiental. 1ª ed. Brasília, DF, 2010. p. 275.

IBGE | **Cidades** | **Ceará** | **Redenção**. 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=231160>>. Acesso em: 05 dez. 2016.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Caracterização Territorial: Mapa Geológico Simplificado do Ceará**. Disponível em: <<http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/142x.htm>>. Acesso em: 14 out. 2016.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará **Caracterização Territorial: Precipitação Pluviométrica - 2015**. Disponível em: <<http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/143x.htm>>. Acesso em: 14 out. 2016.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Caracterização Territorial: Tipos Climáticos**. Disponível em: <<http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/126x.htm>>. Acesso em: 14 out. 2016.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Caracterização Territorial: Unidades Fitoecológicas**. Disponível em: <<http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/125x.htm>>. Acesso em: 14 out. 2016.

LAGO, Wendel N. M. et al. Ocupação e adequação do uso das terras na microbacia do Ribeirão Extrema, Distrito Federal – Parte I. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 16, n. 3, p. 289-296, mar./ 2012. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br/revista/v16n03/v16n03a09.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2016.

LANDSAT - **A Global Land-Imaging Mission**. 2013. Disponível em: <<https://pubs.usgs.gov/fs/2012/3072/fs2012-3072.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2016.

LANDSAT 5 History. 2013. Disponível em: <[http://landsat.usgs.gov/about\\_landsat5.php](http://landsat.usgs.gov/about_landsat5.php)>. Acesso em: 08 nov. 2016.

LANDSAT-8: **Novas Combinações de Bandas e Informações Técnicas**. 2013. Disponível em: < <https://landsat.usgs.gov/landsat-5-history> >. Acesso em: 17 set. 2016.

MACEDO, José Ronaldo de; CAPECHE, Cláudio Lucas; MELO, Adoildo da Silva. **Recomendações de manejo e conservação de solo e água**. Niterói: Programa Rio Rural, 2009. p. 6. Disponível em: <[http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/20Conservacao de solo.pdf](http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/20Conservacao%20de%20solo.pdf)>. Acesso em: 07 maio 2016.

MAMEDE, George Leite; SOUSA, Débora Carla Barboza de; NASCIMENTO, Jairo Lima do. **Estimativa da variabilidade interanual da produção de sedimentos usando SIG: estudo de caso da bacia do açude Acarape do Meio**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 11., 2014, João Pessoa. ABRH, 2014. 14 p. Disponível em: <[https://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/966eab012f6b8fe887cbafb031327016\\_cdb8a0c3be5ba98765ef2136cec7c48d.pdf](https://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/966eab012f6b8fe887cbafb031327016_cdb8a0c3be5ba98765ef2136cec7c48d.pdf)>. Acesso em: 30 out. 2016.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília, 2012, 276p.

NETTO, Liana Gomes; SANT'ANA, Lucas C. F.; PASSOS, Messias Modesto dos. Um diagnóstico preliminar da análise integrada da paisagem na bacia hidrográfica

do Ribeirão Maringá. **Revista Geonorte**: edição especial, [S.l.], v. 3, n. 4, p. 1292-1305, 2012. Disponível em: [periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/download/2023/1897](http://periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/download/2023/1897). Acesso em: 14 de nov. de 2016.

PAULA, Makele Rosa de; CABRAL, João Batista Pereira; MARTINS, Alécio Perini. Uso de Técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento na Caracterização do Uso da Terra da Bacia Hidrográfica da Uhe Caçu – GO. **Revista Geonorte**: edição especial, [S.l.], v. 4, n. 4, p. 1492-1490, 2012. Disponível em: [http://www.agrolink.com.br/downloads/USO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO NA CARACTERIZAÇÃO DO USO DA TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DA UHE CAÇU – GO.pdf](http://www.agrolink.com.br/downloads/USO_DE_TÉCNICAS_DE_SENSORIAMENTO_REMOTO_E_GEOPROCESSAMENTO_NA_CARACTERIZAÇÃO_DO_USO_DA_TERRA_DA_BACIA_HIDROGRÁFICA_DA_UHE_CAÇU_-_GO.pdf)>. Acesso em: 08 maio 2016.

PINA, Maria de Fátima de; SANTOS, Simone M. **Conceitos Básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia Aplicados à Saúde**. Brasília: OPAS, 2000, p. 14-15.

PIROLI, Edson Luís. **Introdução ao Geoprocessamento**. Unesp: Campus Experimental de Ourinhos, São Paulo, 2010. p. 5. Disponível em: [http://vampira.ourinhos.unesp.br:8080/cediap/material/livro\\_introducao\\_ao\\_geoprocessamento.pdf](http://vampira.ourinhos.unesp.br:8080/cediap/material/livro_introducao_ao_geoprocessamento.pdf) >Acesso em: 23 out. 2016.

QUEIROZ, Pedro Henrique Balduino de. **Planejamento ambiental aplicado a um setor do médio curso da bacia hidrográfica do rio Pacoti-CE**. 2010. 208 f. Dissertação. (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. p. 38. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/9024>>. Acesso em: 21 nov. 2016.

RIBEIRO, Rômulo José da Costa.; BAPTISTA, Gustavo Macedo de Mello; BIAS, Edilson de Souza. Comparação dos métodos de classificação supervisionada de imagem máxima verossimilhança e redes neurais em ambiente urbano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XIII., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p 5471-5478. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/10.03.11.59/doc/5471-5478.pdf>>. Acesso em: 06 nov. 2016.

RUHOFF, Anderson Luis; PEREIRA, Rudiney Soares. Gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas: representações computacionais do ciclo hidrológico em Sistemas de Informações Geográficas. **Revista Geosul**, Florianópolis, v. 19, n. 38, p. 185-205, jul./dez., 2004. Disponível em: <http://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/1267/Gest%C3%A3o%20de%20recursos%20h%C3%ADdricos%20em%20bacias%20hidrogr%C3%A1ficas....pdf?sequence=1>. Acesso em: 31 out. 2016.

SANTANA, Derli Prudente. **Manejo integrado de bacias hidrográficas**. 1 ed. Sete Lagoas Minas Gerais, EMBRAPA Milho e Sorgo, 2003. p. 28-32-34. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/docume30ID-TUSBRYuXa7.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

SANTOS, Jorge. **LANDSAT 8: Download de imagens dos sites Earth Explorer e GLOVIS**. 2013. Disponível em: <[http://www.processamentodigital.com.br/wp-content/uploads/2013/08/20130531\\_Landsat8\\_download\\_USGS.pdf](http://www.processamentodigital.com.br/wp-content/uploads/2013/08/20130531_Landsat8_download_USGS.pdf)>. Acesso em: 25 out. 2016.

SEABRA, Vinícius da Silva; CRUZ, Carla Madureira. Mapeamento da dinâmica da cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do Rio São João, RJ. **Revista Soc. & Nat.**, Uberlândia, v. 25, n. 2, p. 411-426, mai/ago. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sn/v25n2/a15v25n2.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2016.

SEBEM, Elódio; MONGUILHOTT, Michele. **Curso de Cartografia Básica, GPS e ArGis**. Santa Maria: Colégio Politécnico da UFSM, 2010. p. 180. Disponível em: <[http://200.132.36.199/ppgap/downloads/Curso\\_Cartografia\\_Basica\\_GPS\\_ArcGIS.pdf](http://200.132.36.199/ppgap/downloads/Curso_Cartografia_Basica_GPS_ArcGIS.pdf)>. Acesso em: 08 nov. 2016.

SEBUSIANI, Helena Rennó Viana; BETTINE, Sueli do Carmo. Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, SP, v. 7, n. 1, p. 256-285, jan/abr. 2011. Disponível em:

<<http://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/366/236>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

SILVA, Vanessa Cecília Benavides; MACHADO, Patrícia de Sá. **INICIANDO NO ARCGIS**. 2010. p. 5. Disponível em: <<https://unibhgeografia.files.wordpress.com/2011/04/apostila-arccgis-prof-patricia.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2016.

SCHIAVETTI, Alexandre; CAMARGO, Antonio F. M. **Conceitos de Bacias Hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus, BA: Editus, 2002. p.17.

TAVARES, Arthur Costa Falcão, et al., Expectativa de degradação dos recursos hídricos em microbacias hidrográficas com auxílio de sistemas de informação geográfica. **Revista Acta Scientiarum Agronomy**, [S.l.], v. 25, n. 2, p. 417-424, 2003. ISSN: 1679-9275. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/2052/1608>. Acesso em: 14 abr. 2016.

TAGLIARINI, Felipe de Souza Nogueira; RODRIGUES, Mikael Timóteo; GARCIA, Yara Manfrin. Uso de técnicas de geoprocessamento para o diagnóstico da ocupação do solo em áreas de preservação permanente de uma microbacia hidrográfica. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [S.l.], v. 10, n. 2, p. 313-325, nov. 2014. ISSN 1980-0827. Disponível em: <[http://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum\\_ambiental/article/view/880/904](http://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/880/904)>. Acesso em: 26 mar. 2016.

TEODORO, Valter Luiz Iost et al. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista UNIARA**, Araraquara, SP, v. 11, n. 1, p. 136-156, jan./jun. 2007. Disponível em: < <http://www.revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/236/191>>. Acesso em: 03 dez. 2016.

TUCCI, Carlos E. M.; Clarke, Robin T. Impactos das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, v.

2, n. 1, p. 135-152, jan./jun. 1997. Disponível em: <<http://rhama.net/download/artigos/artigo22.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2016.

VANZELA, Luiz S.; HERNANDEZ, Fernando B. T.; FRANCO, Renato A. M. Influência do uso e Ocupação do solo nos recursos hídricos do Corrêgo Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 55-64, ja./ 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n1/v14n01a08.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2016.

VASCONCELOS, Brychtn Ribeiro de. FILHO, Antonio Conceição Paranhos. Sensoriamento remoto na cobertura do solo da bacia hidrográfica do Rio Amanbaí – MS. *In*: CONGRESSO SOBER, 48., Campo Grande: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2010. p. 6.

WEISS, Carlos Vinicius da Cruz et al. Mapeamento do uso e ocupação do solo utilizando imagens de satélite do sensor TM/Landsat 5 no litoral sul do Rio Grande do Sul, Brasil. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 9209-9215. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0552.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2016.

ZANATA, Juliana Marina et al. Análise do Uso e Ocupação do Solo nas Áreas de Preservação Permanente da Microbacia Ribeirão Bonito, Apoiada em Técnicas de Geoprocessamento. **Revista Geonorte**. v. 2. n. 4, p. 1262-1272, 2012. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/viewFile/2185/2055>>. Acesso em: 27 mar. 2016.