



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAUDE E TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
CAMPUS DE PATOS - PB**



FELIPE SILVA DE MEDEIROS

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO USO E COBERTURA DOS SOLOS DA
SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ESPINHARAS-PB/RN/PE COM ÊNFASE
EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E DE USO RESTRITO**

Patos - Paraíba – Brasil

2018

FELIPE SILVA DE MEDEIROS

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO USO E COBERTURA DOS SOLOS DA
SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ESPINHARAS-PB/RN/PE COM ÊNFASE
EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E DE USO RESTRITO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, no CSTR, campus de Patos, na Área de Ecologia, Manejo e Utilização dos Recursos Florestais, como parte das exigências para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Joedla Rodrigues de Lima.

Patos - Paraíba – Brasil

2018

M488g Medeiros, Felipe Silva de
Geotecnologias aplicadas ao uso e cobertura dos solos da sub-
bacia hidrográfica do Rio Espinharas - PB/RN/PE com ênfase em
áreas de preservação permanente e de uso restrito / Felipe Silva de
Medeiros. – Patos, 2018.
89f.; il.; color.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade
Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural,
2018.

“Orientação: Profa. Dra. Joedla Rodrigues de Lima”.

Referências.

1. Sensoriamento remoto. 2. Semiárido. 3. Drenagem. I. Título.

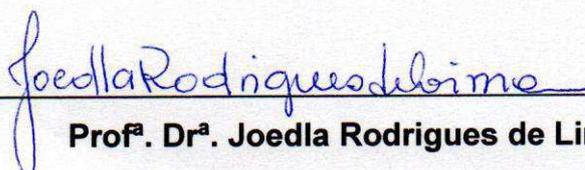
CDU 528.8

FELIPE SILVA DE MEDEIROS

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO USO E COBERTURA DOS SOLOS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ESPINHARAS-PB/RN/PE COM ÊNFASE EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E DE USO RESTRITO.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

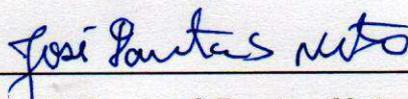
Aprovada em: 25 de maio de 2018.



Prof^ª. Dr^ª. Joedla Rodrigues de Lima

Universidade Federal de Campina Grande (CSTR/PPGCF/UFCG)

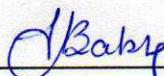
(Orientadora)



Prof. Dr. José Dantas Neto

Universidade Federal de Campina Grande (CTR/DEAg/UFCG)

(1º Examinador)



Prof^ª. Dr^ª. Ivonete Alves Bakke

Universidade Federal de Campina Grande (CSTR/PPGCF/UFCG)

(2º Examinador)

AGRADECIMENTOS

Nem mesmo as conquistas individuais podem ser alcançadas sozinhas. Por isso, agradeço primeiramente a Deus, pelos livramentos, bênçãos e sabedoria para me fazer compreender os caminhos trilhados para minha vida e por sempre me fazer acreditar que tudo é possível quando se tem dedicação e garra.

A minha família, em especial aos meus pais Cícero e Francisca; irmãos Ricelley e Carlos; avós Amélia e Francisco; Rita e Miguel (in memoriam), (ambos fonte de amor, inspiração e segurança) pelo amor gratuitamente ofertado, por toda dedicação e confiança em mim depositadas e pela contribuição para minha educação;

A minha namorada, Crisley Ryanna, pela compreensão, paciência e carinho, por estar sempre presente, incentivando-me e dando apoio em minha jornada acadêmica e, sobretudo, por todo seu amor.

A minha orientadora e amiga, Dra. Joedla Rodrigues de Lima, por sua inestimável contribuição com a pesquisa, pela confiança depositada e, principalmente, por sua paciência ao longo de toda esta caminhada.

Aos professores, Dr. Izaque Francisco Candeia de Mendonça e Dra Patrícia Carneiro Souto, por suas valiosas colaborações e amizade ao longo da pós-graduação.

Aos membros da banca examinadora, os professores Prof. Dr. José Dantas Neto, Profa. Dra. Ivonete Alves Bakke, pelas valiosas contribuições.

Aos meus amigos e colegas que me ajudaram durante esta caminhada: Lucas, Adriel, Mailson, Álvaro, Ítalo, Gabriela, William.

A todos os professores que fazem parte da UAEF e PPGCF, pelas contribuições para minha formação.

Ao secretário da pós-graduação, Paulo, por toda a ajuda e amizade ao longo desses 2 anos de mestrado.

Foram tantas horas de trabalho incessante, de dedicação e estudo, acompanhadas do convívio diário de inúmeras pessoas. A todos aqueles que porventura não tenham sido citados, mas que contribuíram de forma direta ou indireta para execução deste trabalho, meus sinceros e profundos agradecimentos.

Eternamente grato a todos vocês.

“Só eu sei cada passo por mim dado
nessa estrada esburacada que é a vida.
Passei coisas que até mesmo Deus duvida.
Fiquei triste, capiongo, aperreado.
Porém, nunca me senti desmotivado.
Me agarrava sempre numa mão amiga,
e de forças minha alma era munida.
Pois, do céu a voz de Deus dizia assim:
**- Suba o queixo, meta os pés, confie em mim,
vá pra luta que eu cuido das feridas.”**

Bráulio Bessa

Lista de Figuras

Figura 01 – APP ao longo do curso d’água com menos de 10 metros de largura. Fonte – Alencar (2016, p. 113).....	20
Figura 02 – Três situações de APP, que podem ocorrer, A e B em zona rural e C em zona urbana, onde A – lagos e lagoas naturais com área maior que 20 ha de superfície; B – lagos e lagoas naturais com área menor que 20 ha de superfície e C - Lago ou lagoa natural situada em zona urbana. Fonte – Alencar (2016, p. 124- 126), adaptado.....	21
Figura 03 – APP em topo de morro, montes, montanhas e serras. Fonte – Alencar (2016, p. 133).....	22
CAPITULO I: OBTENÇÃO DE VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ESPINHARAS, PB/RN/PE, COM EMPREGO DE GEOTECNOLOGIAS	
Figura 01 – Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental e suas 23 unidades hidrográficas. Fonte – (MMA, 2010).....	37
Figura 02 – Mapa esquemático da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu e sub-bacia do rio Espinharas, Nordeste do Brasil.....	39
Figura 03 – Confluência do rio da Cruz com o rio Farinha, no município de Patos-PB. Data: 14/02/2018.....	38
Figura 04 – Confluência do rio Espinharas com rio Piancó-Piranhas-Açu, no município de Serra Negra do Norte –RN. Data: 14/02/2018.....	38
Figura 05 – Fluxograma das etapas metodológicas	41
Figura 06 – Mapa dos municípios que estão inseridos total ou parcialmente na SBH do rio Espinharas.....	46
Figura 07— SBH do rio Espinharas, destacando a sua delimitação e ordenamento dos canais de drenagem de acordo com a classificação de Strahler (1957).....	47
Figura 08 – Classes de declividade da SBH do rio Espinharas, PB/PE/RN.....	51
Figura 09 – Mapa de Classes de Intensidade de Uso dos solos da SBH do rio Espinharas.....	52
Figura 10 – Área com intensidade de uso muito alta localizada na zona rural do município de Salgadinho-PB. Coordenadas UTM 737641.37 m N, 9213670.81 m E, Data:(14/02/2018).....	53

Figura 11 – Área com intensidade de uso do solo alta, localizada no município de Patos-PB. Coordenadas geográficas 689893.074 m N,9223544.433 m E.....	54
Figura 12 – Área com alta intensidade de uso localizado no município de Serra Negra do Norte-RN. Coordenadas UTM 679440.950 m N,9287302.387 m E, Data:(14/02/2018).....	55
Figura 13– Área com intensidade de uso alta localizada no município de Salgadinho-PB. Coordenadas geográficas 737641.37 m N, 9213670.81 m E, Data:(14/02/2018).....	55
Figura 14 – Área com baixa intensidade de uso localizada no município de Patos-PB. Coordenadas geográficas 695463.13 m N,9223544.433 9217625.31 m E.....	56
Figura 15 – Área com intensidade de uso do solo muito baixa localizado as margens do Açude da Capoeira, município de Santa Terezinha-PB. Coordenadas geográficas 674640.39 m N, 9206969.41 m E.....	57
CAPÍTULO II: COBERTURA E USO DO SOLO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ESPINHARAS, PB/RN/PE: COM ÊNFASE NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) E ÁREAS DE USO RESTRITO (AUR)	
Figura 01 –Mapa de localização da SBH do rio Espinharas, semiárido nordestino, Brasil.....	70
Figura 02 – Fluxograma das etapas metodológicas.....	72
Figura 03 – Caatinga arbustiva arbórea Aberta (CAAA) na área da SBH do rio Espinharas, no município de Salgadinho – PB nas coordenadas UTM 738469.22 m E, 9214002.98 m S. Data: (14/02/2018).....	76
Figura 04 – Caatinga arbustiva arbórea Fechada (CAAA) na área da SBH do rio Espinharas, (A) Zona rural, município de Santa Terezinha-PB coordenadas UTM 675708.52 m E, 9207883.74 m S (B) Serra das Preacas, município de Quixaba- PB nas coordenadas UTM 705204.00 m E, 9221129.00 m S. Data (14/02/2018).....	77
Figura 05 – Classe de Antropismo na área da SBH do rio Espinharas, (A) Área rural do município de Sangadinho-PB, coordenadas UTM 738184.00 m E, 9214946.00 m S, (B) Zona rural, município de Quixaba- PB nas coordenadas UTM 705204.00 m E, 9221129.00 m S. Data: (14/02/2018).....	78
Figura 06 –Corpos D’água na área da SBH do rio Espinharas, (A) Açude Capoeira, município de Santa Terezinha-PB, coordenadas UTM 676405.17 m E, 9207083.08 m	

S, (B) Barragem da Farinha, município de Patos– PB nas coordenadas UTM 694063.00 m E, 9216083.00 m S. Data:(14/04/2018).

.....76

Figura 07– (A) Inselbergs Farinha dos Gatos I e II, zona rural do município de Patos- PB, coordenadas UTM 692667.94 m E, 9217555.92 m S, (B) Área Urbana, município de São José de Espinharas– PB nas coordenadas UTM 685007.19 m E, 9242647.97 m S. Data:(14/02/2018).....80

Figura 08 – Mapa de Uso e cobertura do solo da SBH do rio Espinharas.....81

Figura 09 – Mapa das APP e AURs da SBH do rio Espinharas.....82

Figura 10 – Imagens utilizadas para verificação dos conflitos entre Mapa de Uso e Cobertura do solo e Mapa de APP e Área de Uso Restrito. A- APP de Dreno antropizadas com plantio de pastagem; B- APP de Dreno com solo Exposto e rio assoreado; C-Rio assoreado, solo exposto nas margens e áreas com agricultura; D- APP com vegetação e área urbana; E- APP de corpo D’água sem vegetação e F- APP de corpo D’água sem vegetação, Data:(14/04/2018).....85

Lista de Tabelas

CAPÍTULO I: OBTENÇÃO DE VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ESPINHARAS, PB/RN/PE, COM EMPREGO DE GEOTECNOLOGIAS

Tabela 01 – Municípios que compreendem a SBH do rio Espinharas.	45
Tabela 02 – Número e comprimento de canais, por ordem de classificação, da SBH do rio Espinharas.	48
Tabela 03 – Resultados dos parâmetros morfométricos obtidos da SBH do rio Espinharas, Paraíba, Brasil.....	49
Tabela 04 Classes de declividade e suas relativas áreas e porcentagem em relação a área da SBH do rio Espinharas, Paraíba, Brasil.....	50
Tabela 05 – Classes de Intensidade de Degradação da sub-bacia do rio Espinharas.	53

CAPÍTULO II: COBERTURA E USO DO SOLO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ESPINHARAS, PB/RN/PE: COM ÊNFASE NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) E ÁREAS DE USO RESTRITO (AURS)

Tabela 01 – Identificação das imagens orbitais com cobertura para a área de estudo.	71
Tabela 02–Uso e cobertura do solo e suas respectivas áreas e porcentagem em relação à área da SBH do Espinharas, Paraíba, Brasil.....	76
Tabela 03 APP e Áreas de Uso Restrito e suas respectivas áreas e porcentagem em relação à área da sub-bacia do rio Espinharas, Paraíba, Brasil.	82
Tabela 04 – Conflito entre as Classes de Uso e Cobertura do solo e APP e área de Uso Restrito na sub-bacia do rio Espinharas.....	83

Lista de Quadros

Quadro 01 – Características dos sensores à bordo no satélite Landsat-8.....	27
CAPÍTULO I: OBTENÇÃO DE VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ESPINHARAS, PB/RN/PE, COM EMPREGO DE GEOTECNOLOGIAS	
Quadro 01 – Classes de declividade segundo a Embrapa (1979).....	43
Quadro 02 – Nível de intensidade de uso dos solos e suas características.	44
CAPÍTULO II:– COBERTURA E USO DO SOLO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ESPINHARAS, PB/RN/PE: COM ÊNFASE NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) E ÁREAS DE USO RESTRITO (AURS)	
Quadro 01– Qualidade da classificação associada aos valores do índice Kappa.....	66
Quadro 03 – Caracterização das manchas de intensidade de uso do solo nas APP e AURs da sub-bacia do rio Espinharas.....	93

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AESA	Agência Estadual de Gestão das Águas
AM	Amazonas
ANA	Agência Nacional das Águas
APP	Área de Preservação Permanente
ASTER	<i>Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer</i>
AUR	Área de Uso Restrito
BH	Bacia hidrográfica
CAAA	Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta
CAAF	Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada
Cflo	Código Florestal Brasileiro
DD	Densidade de Drenagem
DJI	<i>Dà-Jiāng Innovations</i>
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETM	<i>Enhanced Thematic Mapper</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	Índice de Circularidade
KC	Coefficiente de Compacidade
MBH	Microbacia Hidrográfica
MDE	Modelo Digital de Elevação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MSS	<i>Multispectral Scanner System</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
OLI	<i>Operational Land Imager</i>
PB	Paraíba
PE	Pernambuco
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
RGB	<i>Red Green Blue</i>
RN	Rio Grande do Norte

SAGA	Sistema de Análise Geoambiental
SBH	Sub-bacia hidrográfica do rio Espinharas
SIG	Sistema de Informações Geográfica
SIGERH	Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídrico
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
STRM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
SUDEMA	Superintendência e Administração do Meio Ambiente
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
TIRS	<i>Thermal Infrared Sensor</i>
TM	<i>Thematic Mapper</i>
UC	Unidade de Conservação
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
UTM	Universal Transversa de Mercator
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
WGS	<i>World Geodetic System</i>
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

Sumário

1 INTRODUÇÃO	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1 A bacia hidrográfica como unidade de estudo.....	11
2.2 As Áreas de Preservação Permanente (APP) e Áreas de uso Restrito (AURs) com enfoque ecológico	12
2.3 Legislações Aplicadas às APP e AURs	13
2.4 Degradação Ambiental.....	23
2.5 O sensoriamento remoto na gestão ambiental.....	24
2.6 Satélites e o sistema LANDSAT	25
2.7 O geoprocessamento.....	27
3 REFERÊNCIAS.....	29
CAPÍTULO I: OBTENÇÃO DE VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ESPINHARAS, PB/RN/PE, COM EMPREGO DE GEOTECNOLOGIAS.	33
RESUMO.....	34
ABSTRACT	34
1 INTRODUÇÃO	35
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	36
2.1 Caracterização hidrogeográfica da área de estudo: a sub-bacia do rio Espinharas	36
2.2.2 Características geológicas e pedológicas.....	39
2.2.3 Características da vegetação.....	40
2.3 Materiais utilizados.....	41
2.4 Métodos.....	41
2.4.1 Etapas para o desenvolvimento do trabalho	41
2.4.2 Processamento MDE SRTM	42
2.5 Delimitação da Sub Bacia e variáveis morfométricas.....	42
2.6 Mapa de declividade	43
2.7 Intensidade de degradação do solo na sub-bacia hidrográfica	43
2.8 Propostas para mitigação para os tipos de degradações e níveis de intensidade de uso do solo nas APP e AUR	45
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
3.1 Delimitação da sub-bacia hidrográfica do rio Espinharas.....	45

3.2 Variáveis morfométricas.....	48
3.3 Mapa de declividade	50
3.4 Intensidade de degradação dos solos da sub-bacia hidrográfica do rio Espinharas.....	52
3.5 Medidas mitigadoras para os impactos ambientais.....	57
3.5.1 Agropecuária	57
3.5.2 Resíduos Sólidos e Líquidos.....	59
4 CONCLUSÃO.....	60
5 REFERÊNCIAS.....	61
CAPÍTULO II: COBERTURA E USO DO SOLO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ESPINHARAS, PB/RN/PE: COM ÊNFASE NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) E ÁREAS DE USO RESTRITO (AUR).....	66
RESUMO.....	67
ABSTRACT	67
1 INTRODUÇÃO	68
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	69
2.1 Caracterização da área de estudo.....	69
2.2 Materiais Utilizados	70
2.3 Métodos Aplicados.....	72
2.3.1 Processamento MDE SRTM.....	72
2.3.2 Processamento das imagens orbitais	73
2.3.3 Delimitação da área de estudo.	73
2.3.4 Caracterização da cobertura e uso do solo da SBH do rio Espinharas.	73
2.3.5 Delimitação das APP e AURs da SBH do rio Espinharas	74
2.3.6 Verificação do conflito entre as classes de uso e cobertura do solo x APP/AURs.....	75
3 RESULTADOS	75
3.1 Caracterização do uso e cobertura do solo	75
3.2 Mapeamento das APP e AUR.....	81
3.3 Conflito entre Uso e Cobertura do solo x APP e AUR.....	82
4 CONCLUSÕES	86
5 REFERÊNCIAS.....	86

MEDEIROS, F. S. **Geotecnologias aplicadas ao uso e cobertura dos solos da sub-bacia hidrográfica do rio Espinharas-PB/RN/PE com ênfase em áreas de preservação permanente e de uso restrito.** Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. CSTR/UFCG, Patos-PB. 2018. 96p.

RESUMO

Os objetivos específicos deste trabalho foram: realizar estudo morfométrico da SBH; mapear as Áreas de Preservação Permanentes (APP) e as áreas de Uso restrito (AUR) da SBH do rio Espinharas; analisar a intensidade de uso da SBH do rio Espinharas e sugerir medidas mitigadoras para a possível degradação encontrada, mapear o uso e a cobertura do solo da SBH e verificar os conflitos em APP e AUR. A área de drenagem da SBH do rio Espinharas estende-se por trinta e um (31) municípios, sendo vinte e cinco (25) no Estado da Paraíba, três (03) no Estado do Rio grande do Norte e três (03) do Estado do Pernambuco. A SBH classifica-se como uma bacia de 5ª ordem de ramificação, formando um desenho de padrão dendrítico, ocorrência comum na região semiárida. A área de drenagem é de 3.329,57 km² e 552,30 km de perímetro. De acordo com os valores do Coeficiente de compacidade (2,68) e Fator de forma (0,32), a SBH tem um formato irregular que se difere da figura de um círculo, aproximando-se de um formato alongado, sendo assim pouco propícia a inundações. O Índice de Circularidade (0,14) é considerado baixo, corroborando com a informação anterior, pois quanto mais próximo de 1,0 for o formato da SBH, mais se aproxima de um círculo. Sua altitude varia de 128 m a 1195m, com altitude média 661,6. Os dados SRTM foram úteis para definição da rede de drenagem, incluindo os dados de sensoriamento remoto para atingir melhor precisão na determinação da hidrografia. As classes de uso e cobertura do solo na SBH do rio Espinharas possui o predomínio das tipologias de Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta (CAAA) com 2.239,37 km² (68,13%), Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada (CAAF) com 203,17 km² (6,18%) da área total da SBH Verificou-se também que 752,67km² (22,90%) da área total corresponde à área antropizada. Os corpos d'água apresentaram uma área de 25,05 km² representando (0,76%) da área total da SBH representadas por barragens, açudes e barreiros. As outras tipologias encontradas foram área urbana com 44,63km² (1,36%) da área total e afloramentos rochosos ocupando 22,06 km² (0,67%) da área total da SBH do rio Espinharas. O emprego de imagens satélites, e de Sistemas de Informações Geográficas (IDRISI, QGIS GRASS) permitiu obter resultados com maior agilidade e a integração e manipulação dos dados espaciais.

Palavras-chave: Semiárido, drenagem, sensoriamento remoto.

MEDEIROS, F. S. **Geotechnologies applied to the use and soil cover of the sub-basin of the espinharas river pb / rn / pe with emphasis on areas of permanent preservation and of restricted use.** Masters Dissertation in Forest Sciences. CSTR / UFCG, Patos-PB. 2018. 96pgs

ABSTRACT

The specific objectives of this study were: to perform a morphometric study of SBH; map the Permanent Preservation Areas (APP) and the Restricted Use Areas (AUR) of the SBH of the Espinharas river; to analyze the intensity of use of SBH of the Espinharas river and to suggest mitigating measures for the possible degradation found, to map the use and the cover of the soil in the SBH and to verify the conflicts in APP and AUR. The SBH drainage area of the Espinharas River extends through thirty-one (31) municipalities, twenty five (25) in the State of Paraíba, three (03) in the State of Rio Grande do Norte and three (03) in the State of Pernambuco. The SBH is classified as a 5th-order basin of branching, forming a pattern of dendritic pattern, a common occurrence in the semi-arid region. The drainage area is 3,329.57 km² and 552.30 km of perimeter. According to the values of the coefficient of compactness (2.68) and shape factor (0.32), the SBH has an irregular shape that differs from the figure of a circle, approaching an elongated shape, and thus is not conducive to flooding. The Circularity Index (0.14) is considered low, corroborating with the previous information, because the closer to 1.0 is the SBH format, but it approaches a circle. Its altitude varies from 128 m to 1195 m, with average altitude 661.6. SRTM data were useful in defining the drainage network, including remote sensing data to achieve better accuracy in hydrographic determination. The classes of land use and cover in the SBH of the Espinharas river have the predominance of the types of Caatinga Arbustiva Aberta Arbacirea Aberta (CAAA) with 2,239.37 km² (68.13%), Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada (CAAF) with 203.17 km² (6.18%) of the total SBH area. It was also verified that 752.67 km² (22.90%) of the total area corresponds to the anthropized area. The water bodies presented an area of 25.05 km² representing (0.76%) of the total area of the SBH represented by dams, dams and barriers. The other typologies were urban area with 44.63 km² (1.36%) of the total area and rocky outcrops occupying 22.06 km² (0.67%) of the total area of the SBH of the Espinharas river. The use of satellite images and of Geographic Information Systems (IDRISI, QGIS GRASS) allowed to obtain results with greater agility and the integration and manipulation of the spatial data.

Keywords: Semi-arid, drainage, remote sensing.

1 INTRODUÇÃO

A região semiárida brasileira, além das condições climáticas severas como o *deficit* hídrico, marcado pela irregular precipitação pluviométrica e alto grau de evapotranspiração, apresenta grande parte dos seus solos degradados, os recursos hídricos e a sua fauna e flora ameaçadas pela ação predatória do homem (ALVES; ARAÚJO; NASCIMENTO, 2009).

Para mitigar estes problemas e impulsionar o desenvolvimento de políticas públicas para uma gestão sustentável dos recursos naturais, faz-se necessário o monitoramento do Uso e Cobertura do Solo, através da análise de informações espaço-temporais da paisagem, sendo possível verificar a capacidade e limitação de uma região (Mendoza et al., 2011).

As BH da região semiárida possuem cursos d'água intermitentes e efêmeros e vegetação com alto grau de xerofilismo devido às condições ambientais. SBH do rio Espinharas, objeto dessa investigação, integra BH Piancó-Piranhas-Açu, considerada um importante sistema hidrográfico da região semiárida nordestina. Está situada no domínio do bioma Caatinga, onde predomina o clima semiárido, caracterizado pelo regime de chuvas irregular, com longos períodos de estiagem.

A área de drenagem da SBH do rio Espinharas se estende por vários municípios, sendo em sua maioria inseridos nos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte (AESAs, 2010), com pequena parcela no Estado de Pernambuco. Desempenha fundamental importância para o abastecimento humano e o desenvolvimento das atividades produtivas nos municípios de sua área de abrangência, destacando-se o município de Patos-PB como o mais representativo no ponto de vista populacional e econômico (PARAÍBA, 2006).

Com o aumento da população e o conseqüente incremento na demanda de água e de recursos naturais, torna-se urgente medidas de recuperação e preservação das BH incluindo a garantia da sustentabilidade das mais variadas formas de vida que caracterizam este ecossistema, de modo que a implantação de um plano de manejo seja indispensável para o atendimento das necessidades humanas (FERREIRA; DIAS, 2004).

É importante destacar que são encontrados poucos trabalhos a respeito da SBH do rio Espinharas, merecendo destaque o primeiro realizado na década de 1970, desenvolvido pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (BRASIL,

1973) que abordou o Inventário dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Espinharas – PB/RN, como também as pesquisas desenvolvidas por Silva (2011) e Silva et al., (2014) que trataram da alteração da cobertura vegetal entre os anos de 2000-2010, utilizando o geoprocessamento como ferramenta para o gerenciamento ambiental além da pesquisa que discutiu acerca do processo de eutrofização das águas deste rio no trecho que atravessa a área urbana do município de Patos – PB, desenvolvida por Nóbrega Netto (2010).

Os dois trabalhos mais recentes acerca do assunto foram desenvolvidos por Alves; Medeiros (2016), que pesquisaram sobre impactos ambientais e delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP) localizadas às margens do rio Espinharas no trecho urbano de Patos-PB, e Simões (2017) que estudou sobre as variáveis pluviométricas para SBH do rio Espinharas, PB/RN.

Além disso, encontram-se trabalhos que se referem a alguns afluentes da SBH, como os desenvolvidos sobre o rio Farinha (ARAÚJO, 2008, 2010), sobre a SBH do açude do Jatobá referentes à estimativa do nível de cobertura dos solos e levantamento dos remanescentes arbóreos (SOUZA et al., 2007; SOUZA, 2009) e o diagnóstico físico conservacionista (SOUZA, 2010), todos desenvolvidos na Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campus Patos-PB. Podem ser destacados trabalhos realizados na BH do Piancó-Piranhas-Açu, como na SBH do rio do Peixe, onde foi discutido sobre a degradação ambiental (BRANDÃO, 2005), o diagnóstico socioeconômico e ambiental (PEREIRA; BARBOSA, 2009) e sobre mudanças na cobertura da vegetação, detectadas por meio de imagens orbitais (CUNHA; RUFINO, 2009; CUNHA et al., 2009).

Diante do exposto, considerando-se a carência de estudos e tendo em vista a melhor visualização dos focos de degradação dos recursos naturais, o enfoque do trabalho será dado a SBH do rio Espinharas, mais precisamente nas APP e AUR, áreas definidas e protegidas pela Lei Federal nº 12.651 de 25 de maio de 2012.

Os objetivos específicos foram: realizar estudo morfométrico da SBH; (1) Mapear as APP e as AUR; (2) Analisar o estado de degradação da SBH do rio Espinharas; (3) Sugerir medidas mitigadoras para a degradação encontrada; (4) Mapear o uso e a cobertura do solo e verificar o conflito que ocorre nas APP e AUR de acordo com a legislação ambiental vigente;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A BH como unidade de estudo

A água que precipita da atmosfera ao atingir o solo escoar superficialmente para as áreas mais baixas sob a forma de filetes, em seguida, transforma-se em córregos e rios, formando uma rede de drenagem ou uma BH.

Karmann (2003) e Oliveira (2010) conceituam a BH como a porção da superfície compreendida como área de captação da água, delimitada por divisores de água, na qual toda água captada é escoada dos pontos mais altos para os mais baixos, até sair em um único ponto, denominado de exutório.

O conceito é corroborado por Oliveira (2010, p. 24) como

Bacia Hidrográfica (BH) compreende a área delimitada por um divisor de águas que drena as águas das chuvas por ravinas (grotas), canais e tributários, para um curso principal, com vazão efluente, convergindo para uma única saída e desaguando diretamente no mar. Essa feição quanto ao tamanho apresenta uma superfície maior que 3.000 km².

Vale ressaltar que a BH é admitida como unidade espacial na geografia física desde o fim dos anos 60, mas, só na última década, é que ela passou a ser integrada por profissionais de outras áreas, excepcionalmente das Ciências Ambientais, em seus estudos e projetos de pesquisas (BOTELHO; SILVA, 2007).

A Lei nº 8.171 de 17 de janeiro de 1991, que dispõe sobre a Política agrícola no Brasil descreve em seu Art. 20 que: “As BH constituem-se em unidades básicas de planejamento do uso, da conservação e da recuperação dos recursos naturais” (BRASIL, 1991).

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (Brasil, 1997) que dispõe sobre a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) trata a BH em um de seus fundamentos, como a unidade territorial para implementação da gestão dos recursos hídricos no Brasil. De acordo com o Plano Nacional dos Recursos Hídricos, a escolha dessa unidade como predecessora para gestão das águas, refere-se a própria divisão natural do território, trazendo oportunidade de integração das políticas públicas e ações regionais (BRASIL, 2004).

A BH pode ser entendida como uma célula básica de análise ambiental, pois permite conhecer e avaliar seus diversos componentes e os processos e interações

que nela ocorrem. A visão organizada e integrada do ambiente está implícita na adoção desta unidade fundamental (BOTELHO; SILVA, 2007).

As BH e SBH vêm se estabilizando como compartimentos geográficos adequados para o planejamento integrado do uso e ocupação dos espaços rurais e urbanos, tendo como objetivo o desenvolvimento sustentável e a interação das atividades econômicas com a qualidade ambiental (FERNANDES, 2002).

Estudos sobre os assuntos Erosão, Manejo e Conservação do Solo e da Água e Planejamento Ambiental, são aqueles que mais têm utilizado a BH como unidade de análise. Os dois últimos reúnem o maior número de trabalhos onde adotam a microbacia como termo específico. Os termos SBH e micro-bacias (MBH) são utilizados em trabalhos recentes. No entanto, não existe consenso sobre as suas definições, e principalmente dimensões (BOTELHO; SILVA, 2007).

O critério para diferenciar esses termos tem sido o tamanho ou o intervalo de área das mesmas. O conceito SBH

É o mesmo de bacia hidrográfica, acrescido do enfoque de que o deságue se dá diretamente em outro rio. As sub-bacias hidrográficas têm dimensões superficiais que variam entre 200 a 3.000 km². Essa área pode variar de região para região, dentro do Estado e da cartografia de apoio utilizada (OLIVEIRA, 2010 p.24).

O conceito de Microbacia Hidrográfica (MBH) segundo (OLIVEIRA, 2010, p. 25), “é o mesmo de BH, acrescido do deságue que também se dá em outro rio, porém a dimensão superficial da microbacia é menor que 200 km²”.

A subdivisão de uma BH em SBH permite uma melhor visualização dos focos de degradação dos recursos naturais, a origem e o grau de degradação existente. As suas características físicas refletem a estreita relação que há com as ações aí desenvolvidas.

2.2 As Áreas de Preservação Permanente (APP) e Áreas de uso Restrito (AUR) com enfoque ecológico

Do ponto de vista ecológico, a vegetação presente nas margens dos corpos d'água apresenta características típicas dentre as quais se destaca a resistência ao encharcamento ou excesso de água no solo. Recebe várias designações como: mata de galeria, mata ciliar, veredas, mata de várzea, floresta beiradeira.

As matas ripárias recebem esse nome porque são áreas de transição entre os ecossistemas terrestres e o aquático e recebe influência direta de ambos, como a transferência de energia e nutrientes de um ecossistema para outro. Do mesmo modo, são identificadas como zonas ripárias ou zonas-tampão, pois, quando posicionadas em áreas agrícolas, protegem ou reduzem a movimentação de sedimentos produzidos durante os processos erosivos (KAGEYAMA et al., 2001).

A mata ciliar protege o solo contra erosão através da retenção física das raízes, pela suavização do impacto da água sobre o solo, através do processo chamado de interceptação foliar e pelo recobrimento do solo por meio da formação da chamada serapilheira. Considerando todos esses fatores, subentende-se que, quanto maior o recobrimento pela vegetação, menor a perda de solo por erosão (BRASIL, 2002).

De acordo com Kajeyama et al. (2001), do ponto de vista biológico, as florestas são consideradas chave para a manutenção da biodiversidade, por serem habitat com particularidades específicas e favoráveis para algumas espécies, em alguns casos com risco de extinção, além de servir de corredores ecológicos, interligando remanescentes florestais.

Para Silva et al. (2014), uma condição fundamental para a conservação dos recursos hídricos é preservar a cobertura vegetal das margens dos rios, pois, a mesma, possui a função de manutenção e proteção das nascentes e cursos d'água, e a sua retirada descaracteriza os ambientes originais dos rios interferindo no balanço hídrico das BH.

Apesar de tantos benefícios que a mata ciliar oferece, o que ocorre em um processo histórico é a deterioração dessas áreas por alguns fatores como: desmatamento da vegetação para fins agrícolas, o empobrecimento da fauna e da flora e, por fim, a invasão desordenada sem nenhum tipo de planejamento urbanístico, drenagem ou zoneamento ambiental (ALVES; MEDEIROS, 2016).

Esse tipo de tratamento ocorre provavelmente devido à falta de consciência da população e o descaso do poder público, o qual tem a obrigação de conscientizar e fiscalizar tais ações. Para um melhor entendimento sobre o tema, é preciso conhecer as leis que discorrem sobre esses ambientes (ALVES; MEDEIROS, 2016).

2.3 Legislações Aplicadas às APP e AUR

A preocupação com o meio ambiente e com o a totalidade do planeta é mais evidente nos dias atuais. Assuntos como aquecimento global, biodiversidade, ações antrópicas, processos ecológicos, sustentabilidade, bem como a cidadania ambiental não são apenas discutidos nos meios acadêmicos, mas também nas mais diversas esferas de convívio social, incluindo os não letrados, as mídias e meios de comunicação (ALENCAR, 2016).

Desde o tempo da colonização, os portugueses demonstraram preocupação com a grande exploração que existia naquela época e, com isso, importaram suas primeiras leis ambientais de Portugal para impô-las no território brasileiro. Assim, muitos atos foram promulgados no Brasil colônia até o surgimento do primeiro Código Florestal (Cflo) Brasileiro em 1934, embora sem a efetividade pretendida (ALENCAR, 2016).

Seguindo uma ordem cronológica, os atos que foram promulgados foram:

- 1- Em 1605, foi criado o Regimento do Pau Brasil, assinado por Dom Filipe III, que tinha por objetivo proteger uma espécie da flora brasileira que vinha sendo explorada há várias décadas.
- 2- A Carta Régia de 13 de março de 1797, assinada pela rainha Dona Maria I, estabeleceu a proibição de concessão de sesmarias próximas à costa do mar ou à margem dos rios que nele desembocassem.
- 3- A Carta Régia de 11 de julho de 1799, assinada por Dona Maria I, que criou o primeiro Regimento dos Cortes de Madeira para o Brasil, em que se estabeleciam regras e condutas a serem cumpridas no trabalho de corte da madeira.
- 4- Em 1808, com a chegada da família Real portuguesa à Colônia, foi criado o Jardim Botânico do Rio de Janeiro, pelo príncipe regente Dom João VI, com o objetivo de aclimatar as espécies botânicas que representavam as especiarias de recursos faunísticos.
- 5- Em 1812, as recomendações feitas por José Bonifácio de Andrada e Silva, o Patrono da Independência, de que 1/6 das propriedades deveriam ser destinadas a preservação, é considerada a origem conceitual da figura jurídica que hoje denominamos de Reserva Legal.
- 6- O código Criminal publicado em 16 de dezembro de 1830 na época do Brasil Império, considerado o primeiro Código Criminal do Brasil, tipificou como crime o corte ilegal de madeira.
- 7- Em 1850, foi publicada a Lei nº 601, que em seu art. 2º estabeleceu que: “os que se apossarem de terras devolutas ou de alheias, e nelas derrubarem matos ou lhe puserem fogo, serão obrigados a despejo, com perda de benfeitorias, e de mais sofrerão a pena de dois a seis meses da prisão e multa de 100 reais, além da satisfação do dano causado” (ALENCAR, 2016, p. 40 - 41).

Após todos esses atos, a discussão sobre o tema só retornou em 1934, no primeiro Código Florestal Brasileiro (Cflo), o Decreto Federal nº 23. 793 de janeiro de 1934. Esse Cflo apresenta um conjunto de normas que representa a preocupação com o meio ambiente de forma mais ampla e não específica como é atualmente.

Inicialmente, as margens dos rios eram chamadas de florestas protetoras e sinalizavam o início da discussão sobre o tema, que seria inserido e discutido em 1965 denominado de Área de Preservação Permanente (APP). O primeiro Cflo código foi assinado pelo presidente da República em exercício que era Getúlio Vargas. Sua vigência foi de 31 anos, quando foi revogada pela Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, no qual, esse vigorou até 2012 (ALENCAR, 2016).

A Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, conhecida como o segundo Cflo foi assinada pelo então presidente da República, Humberto de Alencar Castelo Branco, onde a sua execução era de competência do Ministério da Agricultura, conforme artigo 22 da lei. A vigência do segundo Cflo de 1965 foi de 47 anos até ser revogado pela Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 que se encontra em vigência até os dias atuais (BRASIL, 1965).

O Art. 1º, (vetado) da Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, foi substituído pelo art. 1º- A da Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012 trazendo o novo conceito que

Esta Lei estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, Áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento da matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos (BRASIL, 2012b).

Esta mesma lei define Área de Preservação Permanente (APP) em seu Art. 3º como:

Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012b).

Para Alencar (2016), esse conceito inicial era falho, pois, para existir APP, teria que existir a associação entre florestas e cursos d'água. Se, ao invés de existir florestas, existisse um pasto, não seria considerada APP. Esse conceito só foi alterado após a publicação da medida provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, que modifica o dispositivo da Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965, o conceito de APP que engloba a área em si, como descrita a seguir.

A partir desse dispositivo, a área é protegida de forma permanente, sem interrupção, não descontínua, levando o proprietário e toda sociedade civil a criar,

manter e/ou recuperar a APP. Se ocorrer a supressão indevida da vegetação, o proprietário, possuidor ou ocupante, é obrigado a recompô-la.

No artigo 4º da Lei 12.651/2012, é considerado que são APP em zonas rurais ou urbanas: I – as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene ou intermitente, excluído os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima [...] (BRASIL, 2012a).

Para um melhor entendimento e de acordo com Villela, Mattos (1975) é preciso saber que:

Rios Perenes: corpos de água lóticos que possuem escoamento superficial durante todo o ano, onde o lençol freático mantém uma alimentação contínua e não fica abaixo do leito do curso de água mesmo durante o período de estiagem.

Rios Intermitentes: corpos de água lóticos que escoam durante as estações chuvosas e secam no período de estiagem em decorrência de o lençol freático ficar abaixo do leito fluvial.

Rios Efêmeros: corpos de água lóticos que possuem escoamento superficial apenas durante ou imediatamente após o período de precipitação, pois o lençol freático encontra-se sempre abaixo do leito fluvial. Diante disso, ao exigir-se a existência da APP de proteção hídrica, devem-se distinguir bem os cursos de água intermitente e o efêmero.

Observa-se que, mesmo depois de decorridos 72 anos, desde o primeiro Cflo, a grande maioria das cidades brasileiras, independentemente de seu porte, não reconhecem a existência ou importância das APP devido à atual situação em que elas se encontram (ALVES; MEDEIROS, 2016).

As APP deverão ser mantidas com vegetação nativa, não podendo haver manejo dessa vegetação, pelo fato de tratar-se de área destinada, exclusivamente, a manter a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012a, Art. 3º, inciso II).

Está descrito no Artigo 8º do atual Cflo que “a intervenção ou supressão da vegetação nativa somente ocorrerá em caso de utilidade pública, de interesse social ou na execução de atividades de baixo impacto ambiental previstas nesta Lei (BRASIL, 2012a). Se alguém atuar em desacordo com a legislação ambiental vigente, sofrerá as medidas cabíveis, de acordo com a Lei nº 9.605 de 1998, conhecida como

a Lei dos Crimes Ambientais, que trata da destruição e a má utilização da floresta considerada de “Preservação Permanente”. Esta lei expõe em seu art. 38:

Destruir ou danificar floresta considerada de preservação permanente, mesmo que em formação, ou utilizá-la com infringência das normas de proteção: Pena – detenção, de 1 (um) a 3 (três) anos, ou multa, ou ambas as penas cumulativamente. Parágrafo Único. Se o crime for culposo, a pena será reduzida da metade (BRASIL, 1998).

Ainda na referida lei, em seu art. 38, a preservação da floresta é considerada como um todo, ou seja, um conjunto de árvores, independentemente de sua extensão, considerando a retirada de parte ou toda da vegetação, como também o simples corte de árvores da floresta dentro da APP.

Em relação ao corte de árvores em APP, está descrito no art. 39 da referida lei que: “Cortar árvores em florestas consideradas de preservação permanente sem permissão da autoridade competente: Pena – detenção 1 (um) a 3 (três) anos, ou multa, ou ambas cumulativamente” (BRASIL, 1998).

Machado (2012, p.38) menciona que “Floresta é o trecho de vegetação dominada por árvores, que possui 3m (três metros) ou mais de altura, cujas copas se tocam ou quase se tocam”. O crime consuma-se no momento em que há o corte da árvore sem a posse do documento que dá autorização. A autorização obtida irregularmente não elimina o crime, bastando que ocorra apenas a ação que danifique a árvore.

Quanto aos tipos de APP, a Lei nº12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012b), estabelece em seu art. 4º, art. 5º e art. 6º que:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;

b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento; (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros; (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012).

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado. (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012).

§ 1º Não será exigida Área de Preservação Permanente no entorno de reservatórios artificiais de água que não decorram de barramento ou represamento de cursos d'água naturais. (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012).

§ 2º (Revogado). (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012).

§ 3º (VETADO).

§ 4º Nas acumulações naturais ou artificiais de água com superfície inferior a 1 (um) hectare, fica dispensada a reserva da faixa de proteção prevista nos incisos II e III do caput, vedada nova supressão de áreas de vegetação nativa, salvo autorização do órgão ambiental competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA. (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012).

§ 5º É admitido, para a pequena propriedade ou posse rural familiar, de que trata o inciso V do art. 3º desta Lei, o plantio de culturas temporárias e sazonais de vazante de ciclo curto na faixa de terra que fica exposta no período de vazante dos rios ou lagos, desde que não implique supressão de novas áreas de vegetação nativa, seja conservada a qualidade da água e do solo e seja protegida a fauna silvestre.

§ 6º Nos imóveis rurais com até 15 (quinze) módulos fiscais, é admitida, nas áreas de que tratam os incisos I e II do caput deste artigo, a prática da aquicultura e a infraestrutura física diretamente a ela associada, desde que:

I - sejam adotadas práticas sustentáveis de manejo de solo e água e de recursos hídricos, garantindo sua qualidade e quantidade, de acordo com norma dos Conselhos Estaduais de Meio Ambiente;

II - esteja de acordo com os respectivos planos de bacia ou planos de gestão de recursos hídricos;

III - seja realizado o licenciamento pelo órgão ambiental competente;

IV - o imóvel esteja inscrito no Cadastro Ambiental Rural - CAR.

V - não implique novas supressões de vegetação nativa. (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

§ 7º (VETADO).

§ 8º (VETADO).

§ 9º (VETADO). (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

Art. 5º Na implantação de reservatório d'água artificial destinado à geração de energia ou abastecimento público, é obrigatória a aquisição, desapropriação ou instituição de servidão administrativa pelo empreendedor das Áreas de Preservação Permanente criadas em seu entorno, conforme

estabelecido no licenciamento ambiental, observando-se a faixa mínima de 30 (trinta) metros e máxima de 100 (cem) metros em área rural, e a faixa mínima de 15 (quinze) metros e máxima de 30 (trinta) metros em área urbana. (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012).

§ 1º Na implantação de reservatórios d'água artificiais de que trata o caput, o empreendedor, no âmbito do licenciamento ambiental, elaborará Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório, em conformidade com termo de referência expedido pelo órgão competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, não podendo o uso exceder a 10% (dez por cento) do total da Área de Preservação Permanente. (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012).

§ 2º O Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatório Artificial, para os empreendimentos licitados a partir da vigência desta Lei, deverá ser apresentado ao órgão ambiental concomitantemente com o Plano Básico Ambiental e aprovado até o início da operação do empreendimento, não constituindo a sua ausência impedimento para a expedição da licença de instalação.

§ 3º (VETADO).

Art. 6º Consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando declaradas de interesse social por ato do Chefe do Poder Executivo, as áreas cobertas com florestas ou outras formas de vegetação destinadas a uma ou mais das seguintes finalidades:

I - conter a erosão do solo e mitigar riscos de enchentes e deslizamentos de terra e de rocha;

II - proteger as restingas ou veredas;

III - proteger várzeas;

IV - abrigar exemplares da fauna ou da flora ameaçados de extinção;

V - proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico, cultural ou histórico;

VI - formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias;

VII - assegurar condições de bem-estar público;

VIII - auxiliar a defesa do território nacional, a critério das autoridades militares.

IX - proteger áreas úmidas, especialmente as de importância internacional. (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

É importante ressaltar para o fato de que o inciso I deste artigo estabelece a norma de APP tanto para áreas rurais como para áreas urbanas, isto é, as normas foram criadas para ambas as situações. Outro ponto importante é que, para haver APP, é necessário que a água que percorre nessas áreas ocorra o ano inteiro (perene) ou parte do ano (intermitente).

Para um melhor entendimento da regra, optou-se pela ilustração das possíveis situações que poderão ser encontradas na área de estudo conforme Alencar (2016).

Observando-se a figura 01, identifica-se que todos os cursos de d'água perenes ou intermitentes com menos de 10 metros de largura terão que ter APP em ambas as margens (A = margem esquerda; B = margem direita) com no mínimo 30 metros de largura. As áreas além das APP (C e D), podem ser utilizadas para

agricultura, pecuária, e outras atividades desde que não se encaixem em outras formas de APP.

Há uma diferença entre APP localizada em área rural e APP localizada em área urbana, como descrito na alínea “a” e alínea “b”, cuja dimensão é diferenciada de acordo com a localização destes corpos d’águas.

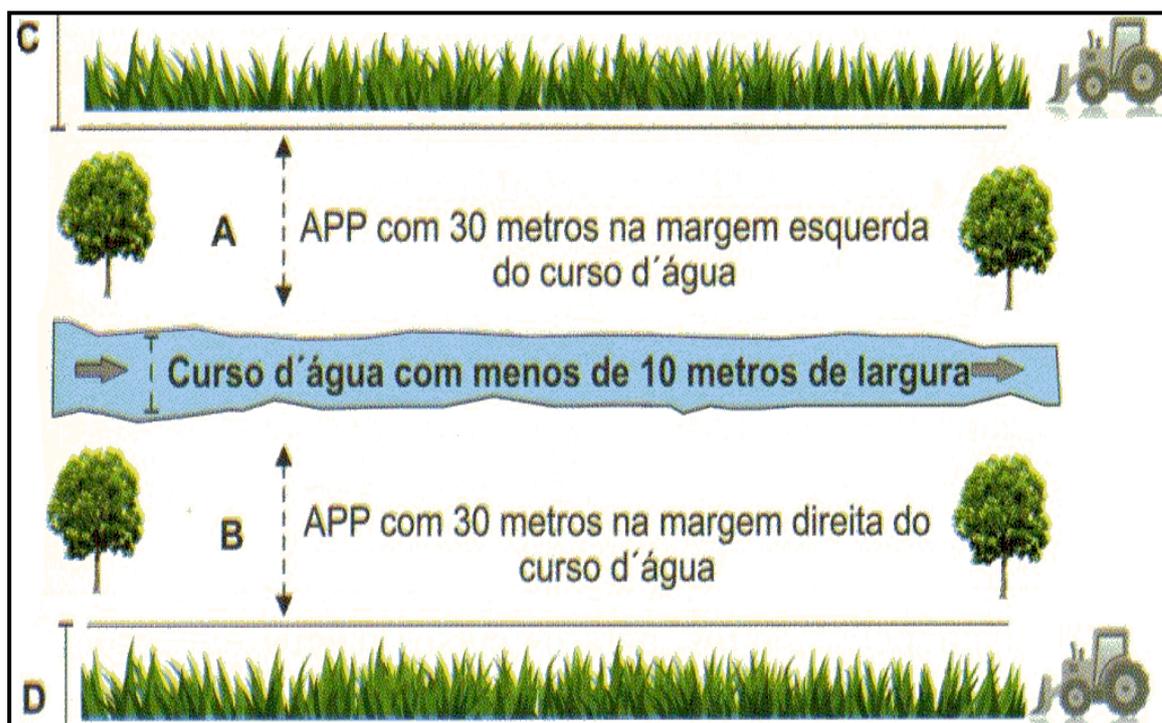


Figura 01 – APP ao longo do curso d’água com menos de 10 metros de largura. Fonte – Alencar (2016, p. 113).

Em se tratando de APP localizada as margens de reservatórios artificiais de água, decorrente de represamento ou barramento, a lei não especifica quais tipos e empreendimentos poderão ser enquadrados nesta norma, o que a torna de uma abrangência ampla.

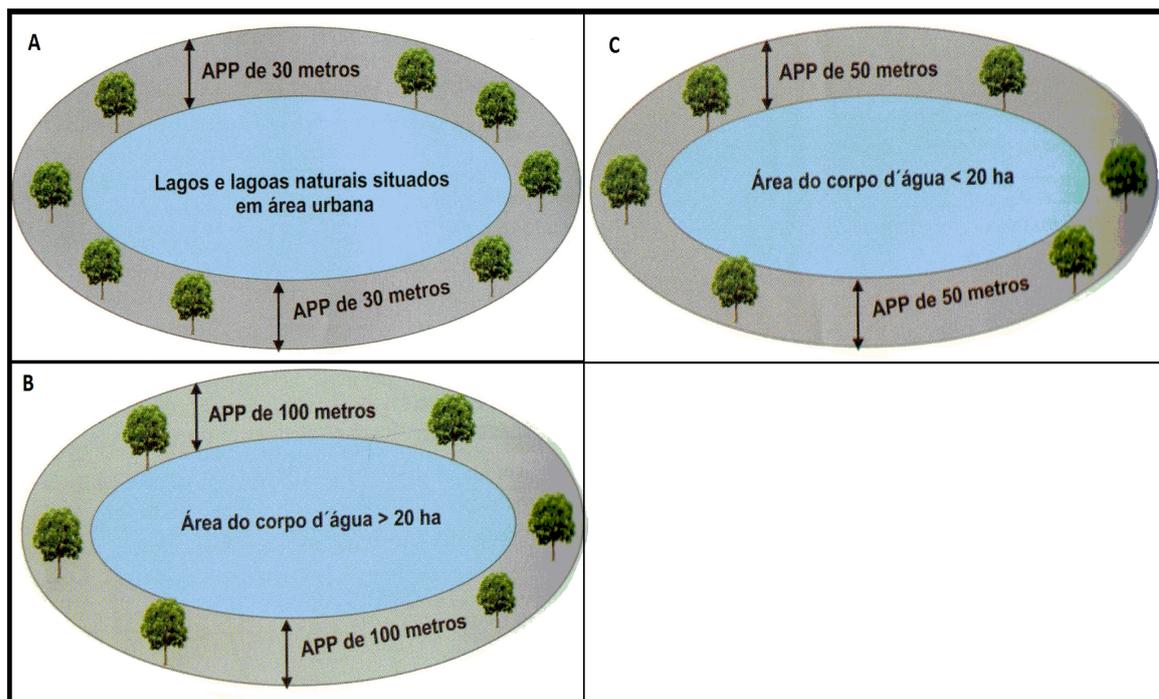


Figura 02 — Três situações de APP, que podem ocorrer, A e B em zona rural e C em zona urbana, onde A – lagos e lagoas naturais com área maior que 20 ha de superfície; B – lagos e lagoas naturais com área menor que 20 ha de superfície e C – Lago ou lagoa natural situada em zona urbana. Fonte – Alencar (2016, p. 124- 126), adaptado.

Em áreas classificadas como topo de morro não pode ocorrer a ocupação pelo fato de serem consideradas APP (figura 03). A área mais baixa ou plana não integra a APP, podendo destiná-la para pecuária, agricultura, uso alternativo do solo, sem nenhuma restrição, desde que a mesma não se enquadre em outra modalidade de APP.

Os tabuleiros ou chapadas têm como característica física a ruptura abrupta da faixa de relevo em suas delimitações. A retirada da vegetação nas proximidades destas bordas pode ocasionar a instabilidade dos mesmos ocorrendo processos erosivos ou o desmoronamento.

No caso de topo de morro, seu terço superior não deve ser desmatado na parte mediana e inferior do morro, onde ocorra declividade maior que 25°. Podem ser realizadas atividades agrícolas ou outro uso da área, desde que a área não se enquadre em outras modalidades de APP e que o uso não corresponda a novas áreas de supressão vegetal (figura 03). Importante destacar que existem as legislações estaduais e municipais que tratam da vegetação nativa, como também ambientes relacionados.

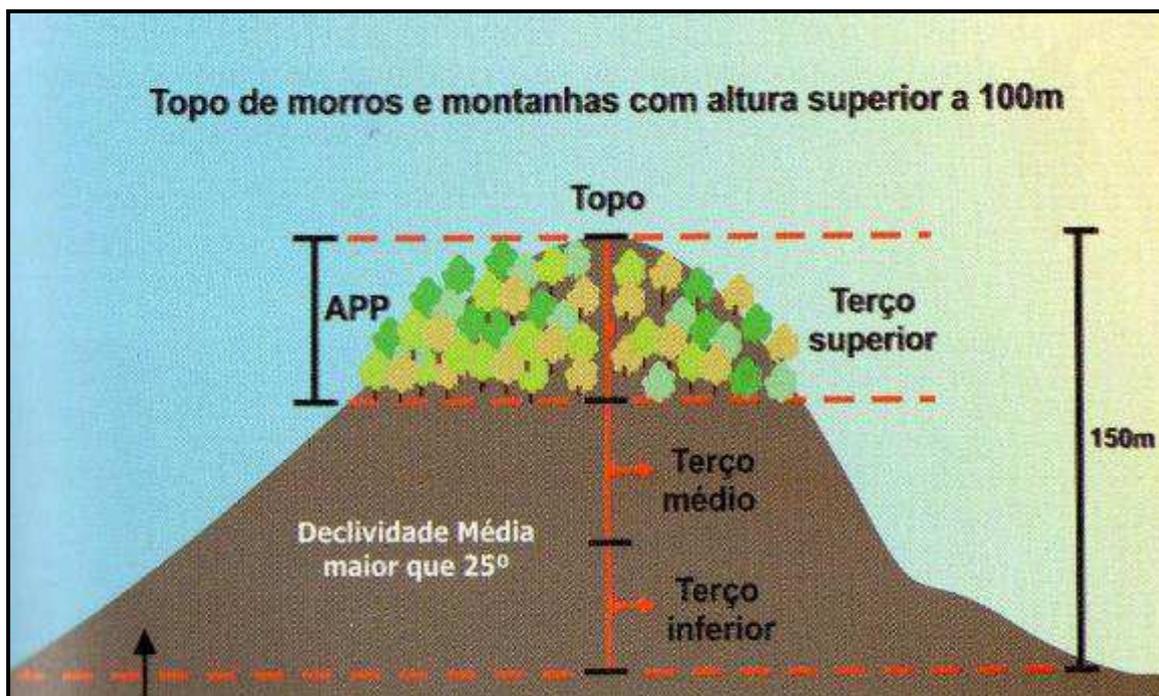


Figura 03 — APP em topo de morro, montes, montanhas e serras. Fonte — Alencar (2016, p. 133).

No estado da Paraíba, estado em que boa parte da área da SBH está inserida, o Código Florestal Estadual delibera a respeito da política florestal estadual, no qual, em seu art. 1º, pronuncia que “as florestas nativas e demais formas de vegetação natural existente no território estadual, reconhecidas como de utilidade das serras que revestem, são consideradas bens de interesse comum a todos os habitantes do estado [...]” (PARAÍBA, 1994).

Dentre os objetivos específicos da política florestal do Estado no que diz respeito à APP, está descrito no art. 3º, da Lei 6.002/94, Inc. IX, que a mesma se refere em promover a recuperação das áreas com algum tipo de degradação, especialmente aquelas inseridas nas APP, Reservas Legais, no entorno das Unidades de Conservação (UC), bem como proteger áreas ameaçadas de degradação (PARAÍBA, 1994).

As Áreas de Uso restrito (AUR) são aquelas áreas que podem ser utilizadas para atividades econômicas ou para outros fins, desde que respeitem determinadas condições impostas pela lei. As AURs estão descritas na lei 12.651, de 25 de maio de 2012 (Brasil, 2012a), considerando as seguintes modalidades:

Art. 10. Nos pantanais e planícies pantaneiras, é permitida a exploração ecologicamente sustentável, devendo-se considerar as recomendações técnicas dos

órgãos oficiais de pesquisa, ficando novas supressões de vegetação nativa para uso alternativo do solo, condicionadas à autorização do órgão estadual do meio ambiente, com base nas recomendações mencionadas neste artigo (BRASIL, 2012b).

Art. 11. Em áreas de inclinação entre 25° e 45°, serão permitidos o manejo florestal sustentável e o exercício de atividades agrossilvipastoris, bem como a manutenção da infraestrutura física associada ao desenvolvimento das atividades, observadas boas práticas agronômicas, sendo vedada a conversão de novas áreas, excetuadas as hipóteses de utilidade pública e interesse social (BRASIL, 2012b).

O uso dessas áreas localizadas nos pantanais e planícies pantaneiras é regado; tais áreas só podem ser utilizadas desde que sejam seguidas as propostas técnicas dos órgãos oficiais de pesquisa, não sendo permitidos novos desmatamentos da floresta nativa, sem autorização do órgão licenciador. As áreas situadas entre as declividades de 25° e 45° possuem restrições e só podem ser realizadas atividades visando ao manejo florestal sustentável e atividades agrossilvipastoris. O desmatamento de novas áreas só será liberado em caso de utilidade pública ou interesse social. (ALENCAR, 2016).

Portanto, a legislação ambiental tem o objetivo de proteger a vegetação nativa nas encostas acentuadas, nas nascentes, no entorno dos cursos d'água e reservatórios, garantindo a estabilização de suas margens, evitando a erosão, atuando como um filtro, além de regular o fluxo de água superficial e subsuperficial e, conseqüentemente, do lençol freático das BH.

2.4 Degradação Ambiental

O termo degradação ambiental sugere conotação negativa e seu uso na literatura moderna e científica é quase sempre ligado a transformações provocadas pelo homem. A degradação ambiental pode ser conceituada como qualquer mudança nos processos, funções ou componentes ambientais, ou como uma alteração adversa da qualidade ambiental, correspondendo a um impacto ambiental negativo (CANDIDO et al., 2010).

Grande parte dos impactos negativos, como a degradação dos solos, advindo das atividades agrícolas, encontra-se relacionada tanto à perda de habitat natural quanto ao uso abusivo de defensivos agrícolas, como pesticidas e fertilizantes. A degradação dos solos necessita de maior enfoque, pelo fato de que não é facilmente

reversível, principalmente, devido ao lento processo de formação e regeneração (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2007).

De acordo com Silva (2011), as atividades humanas (uso inadequado do solo para agricultura, práticas errôneas no manejo de solo e água, retirada da vegetação natural, desmatamento, super pastoreio, rotatividade incorreta de cultivos e práticas exploratórias) contribuem de forma direta para a degradação ambiental.

Em um contexto local, a degradação das terras agrícolas representa um dos principais problemas enfrentados pelos agricultores das regiões tropicais e subtropicais, levando a redução gradativa da qualidade do solo. No caso do semiárido, seus solos são férteis, porém rasos, isso aliado à ausência de práticas conservacionistas favorece que a erosão faça o transporte rapidamente da fina camada de solo agricultável, levando a ocupação das áreas às margens de rios e lagos ficando em desacordo com a legislação ambiental (LIMA, 2004).

2.5 O sensoriamento remoto na gestão ambiental

Para Florenzano (2007), sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, através de captação e do registro da energia que é refletida pelo alvo, fazendo com que cada alvo tenha uma assinatura espectral diferente. O termo sensoriamento remoto reporta-se a obtenção de informações, onde o contato é feito a distância, sem o contato físico, entre o sensor e a superfície terrestre.

Silva (2014), ao utilizar essa tecnologia em sua pesquisa, afirmou que o sensoriamento remoto permite a obtenção de características de um objeto ou cena por um sensor que está distante dos alvos, como as câmeras aerofotográficas, os satélites artificiais e os aparelhos de radar.

As imagens de satélites, ao cobrir a superfície terrestre, proporcionam o estudo e o monitoramento de fenômenos naturais dinâmicos do meio ambiente como, por exemplo, as queimadas e a erosão do solo. Com o uso de imagens de satélites, é possível quantificar, identificar e monitorar o crescimento de áreas desmatadas ou atingidas pelo fogo, dentre outras alterações físicas do meio. (FLORENZANO, 2007).

Segundo Silva (2009) e Duarte et al. (2009), as técnicas de sensoriamento remoto têm mostrado, nas últimas décadas, ampla utilidade para a obtenção de informações a respeito das características naturais, da utilização das terras para a

aquisição de informações sobre características ambientais e da disposição da cobertura vegetal de forma global, de forma rápida e confiável. Essas técnicas aliadas ao Geoprocessamento e o Sistema de Informações Geográficas (SIG) vem ganhando destaque no desenvolvimento de vários trabalhos de gestão ambiental.

O sensoriamento remoto é primordial nos estudos sobre o uso da terra e constatação de mudanças, pois fornece viabilidade e agilidade de manuseio de dados adquiridos pelas imagens de satélite e o processamento dessas. No entanto, mesmo sendo um método ágil, viável e de grande importância para as análises ambientais, torna-se fundamental o processamento digital de imagens, para que seus dados sejam aplicados de forma eficaz (FLORENZANO, 2007).

No Brasil, desde os anos 70, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, na cidade de Cuiabá, é responsável pela captação de imagens de toda superfície nacional. O Instituto disponibiliza gratuitamente o acervo de dados geoespaciais sobre o país, para todo o mundo. Esses dados são adquiridos via e-mail, mediante solicitação por usuários cadastrados (SILVA, 2011).

2.6 Satélites e o sistema *Landsat*

Os satélites têm uma órbita circular, quase polar e solssícrona, ou seja, o satélite se desloca em torno da terra com a mesma velocidade da terra em relação ao sol. Entre os vários satélites de sensoriamento remoto dos recursos terrestres existentes, destacam-se os americanos da série *Landsat* e os franceses da série *Spot* (FLORENZANO, 2007).

Inicialmente os três primeiros Satélites (*Landsat 1, 2 e 3*) tinham como principal sistema sensor o *Multispectral Scanner System* (MMS), no qual operava em quatro canais (dois no visível e dois no infravermelho próximo), com uma resolução espacial de 80 metros, e tinham uma frequência de passagem a cada 18 dias.

Foi colocado em operação um novo sistema sensor após o lançamento do *Landsat – 4*, O *Thematic Mapper* (TM). Esse sensor registrava dados em sete canais ou bandas espectrais (três no visível, um no infravermelho próximo, dois no infravermelho médio, e um no infravermelho termal) com uma resolução espacial de 30 metros. O *Landsat – 5* possui a mesma configuração do antecessor, o *Landsat – 6*, não conseguiu atingir a sua órbita e foi declarado perdido posteriormente. No *Landsat – 7*, o sensor TM foi substituído pelo ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper, Plus*),

(FLORENZANO, 2007). Atualmente encontram-se em operação o Landsat-7 (em condições precárias) e o Landsat-8, o qual é o mais moderno.

Lançado em fevereiro de 2013, o satélite *Landsat-8* apresenta órbita praticamente polar, posicionando-se de maneira heliossíncrona a uma altitude de aproximadamente 705 km. Nesse satélite, existem dois sensores embarcados: o OLI (*Operational Land Imager*) e o TIRS (*Thermal Infra Red Sensor*). Como pode ser observado no Quadro 01, os sensores a bordo do satélite *Landsat-8* possuem faixa de imageamento de 170 km norte-sul por 185 km leste-oeste, uma resolução temporal de aproximadamente 16 dias, resolução espacial de 30m para as bandas do visível, 15m para banda pancromática e 100m para as bandas termais (TIRS).

De acordo com Alvarenga; Moraes (2014), as imagens advindas dos sensores instalados no satélite *Landsat-8* trazem inovações importantes para usuários que demandam de mapeamentos em mesoescala. Os sensores OLI e TIRS apresentam resolução espectral melhor que seus antecessores; além disso, foram adicionadas duas bandas espectrais: *a new coastal* (banda 1), projetada especificamente para estudos dos recursos hídricos e investigação da zona costeira, e um novo canal infravermelho (banda 9) para detecção de nuvens.

No satélite *Landsat-8*, foi também adicionada uma banda de garantia de qualidade (Banda QA) que apresenta informações sobre a presença de nuvens, água e neve. Foram criadas bandas espectrais para o comprimento de onda antes coberto por uma única banda nos sensores TM e ETM a partir do sensor termal TIRS (USGS, 2013). Essas adições provocam mudanças nos intervalos dentro do espectro dos canais de todas as bandas. Outra inovação de relevância é a resolução radiométrica, uma vez que as imagens dos satélites anteriores possuíam 8 *bits*. De acordo com a USGS (2013), os sensores OLI e TIRS possibilitam um melhor desempenho radiométrico (16 bits), proporcionando uma maior caracterização de alvos de uma imagem e diminuindo para a diminuição do efeito de sombras.

Quadro 01 – Características dos sensores à bordo no satélite *Landsat-8*.

Satélite Landsat-8	
Características	Sensores
	<i>Operational land imager</i> (OLI) Bandas 1 a 9 e <i>thermal infrared Sensor</i> (TIRS) Bandas 10 e 11
Largura de Faixa	170 x 185 km
Bandas Espectrais/ Resolução espacial	Banda 1 Coastal aerosol (0,43-0,45 μm) - 30m; Banda 2 Blue (0,45-0,51 μm) - 30m; Banda 3 Green (0,53-0,59 μm) - 30m; Banda 4 Red (0,64-0,67 μm) - 30m; Banda 5 Near infrared NIR (0,85-0,88 μm) - 30m; Banda 6 SWIR 1 (1,57-1,65 μm) - 15m; Banda 7 SWIR 2 (2,11-2,29 μm) - 30m; Banda 8 Panchromatic (PAN) (0,50-0,68 μm) - 15m Banda 9 Cirrus (1,36-1,38 μm) - 30m; Banda 10 Thermal Infrared TIRS 1 (10,6-11,19 μm) - 100m; Banda 11 Thermal Infrared TIRS 2 (11,5-12,51 μm) - 100m;
Resolução Radiométrica	16 Bits
Projeção	Projeção UTM, Datum WGS 1984
Revista	16 dias
Órbita	Heliossícrona (altitude 705 km)

Fonte – (USGS, 2013).

Em relação ao erro de posicionamento, as novas imagens do satélite Landsat-8 apresentam erro de 12 metros para o sensor OLI onde antes era de 60 a 80 metros. No caso das cenas, todas as imagens são ortorretificadas e, de acordo com a USGS (2013), o processo de correção geométrica aplicado consiste na aquisição de pontos de controle a partir das bases de dados disponíveis pelo projeto *Global Land Surveys 2000*.

O sensoriamento remoto é uma tecnologia que, ao integrar-se com o geoprocessamento, promove consideráveis avanços no desenvolvimento de pesquisa, facilitando a interatividade com outras áreas de conhecimento, tornando-se essencial para a obtenção de resultados e análises mais precisas.

2.7 O geoprocessamento

Com o avanço da tecnologia, mais precisamente a partir da metade do séc. XX, foi possível armazenar em banco de dado, as informações coletadas sobre fenômenos naturais que ocorrem na superfície do planeta. A partir disso, foi possível

representarem-nas em ambiente computacional e realizar a confecção de mapas cartográficos de forma automatizada.

Alguns conceitos são utilizados para Geoprocessamento: como um conjunto de técnicas e metodologias de armazenamento, processamento, automação e utilização de imagens para tomada de decisões. Pode também ser considerado como uma ferramenta interdisciplinar, que permite a união de diferentes disciplinas científicas para o estudo de fenômenos ambientais (PONTES, 2002).

De acordo com Moreira (2011), o Geoprocessamento utiliza técnicas matemáticas e computacionais para tratar a informação geográfica, ou extrair informações quando observada por um sistema sensor muito útil em diversas áreas de conhecimento, ultrapassando os limites da cartografia e geodésica.

As atividades que circundam o geoprocessamento são efetuadas por sistemas específicos para cada aplicação. Esses sistemas são chamados de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e, na maioria das vezes, confundido com o geoprocessamento. Porém, o geoprocessamento é um termo mais abrangente e representa qualquer tipo de dado georreferenciado, enquanto que o SIG é um software que processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) (MOREIRA, 2011).

O grande responsável pela introdução do geoprocessamento no Brasil, nos anos 1980, foi Jorge Xavier da Silva, professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que orientou um grupo de pesquisadores responsáveis pelo desenvolvimento do Sistema de Análise Geoambiental – SAGA, que tem como especialidade a análise geográfica e que tem obtido êxito nos estudos e pesquisas.

Vale ressaltar que essa tecnologia vem sendo bastante utilizada como ferramenta de gestão de BH, recursos hídricos e recursos naturais, auxiliando no processo de tomada de decisão e planejamento para o correto uso e ocupação da terra, sobretudo em áreas de mananciais e recursos hídricos.

A partir dessas pesquisas, pode-se pensar em uma mudança de paradigma, que atualmente está mais discutida entre as entidades, órgãos e organizações governamentais e não governamentais que é o desenvolvimento sustentável ou sustentabilidade. Com base nisso, é pertinente uma pesquisa acerca do assunto para encaixá-lo no contexto da SBH do rio Espinharas (ALVES; MEDEIROS, 2016).

3 REFERÊNCIAS

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Mapa interativo. AESA, 2010.

ALENCAR, G. V. **Novo código florestal brasileiro: ilustrado e de fácil entendimento**. Vitória, ES: Ed. do Autor, 2016. 318 p.

ALVARENGA, A. S; MORAES, M. F. Processamento digital de imagens LANDSAT – 8 para obtenção dos índices de vegetação NDVI e SAVI visando a caracterização da cobertura vegetal no município de Nova Lima – MG. In: **Revista MundoGeo**, 77, jul./ago., 2014.

ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**.v.22, n3, p 126-135, junho/setembro 2009.

ALVES, J. B.; MEDEIROS, F.S. Impactos Ambientais e Delimitação da Área de Preservação Permanente no Rio Espinharas no trecho urbano de Patos-PB. **Revista Redes**. v. 21, nº 2, p. 207-130, maio/ago. 2016.

ARAÚJO, I. P. **Diagnóstico das fontes de abastecimento hídrico na Microbacia Hidrográfica do Rio Farinha/PB**. Monografia de Especialização (Educação Ambiental e Sustentabilidade). - Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande. CD-ROM. Patos – PB: UFCG – CSTR, 2008.60f. il.

ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 320p.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 280p. Cap. 6. p. 153-192.

BRANDÃO, M. H. M. **Índice de degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio do Peixe-PB**. 2005. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

BRASIL. **Decreto no 23.793, de 23 de janeiro de 1934**. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/d23793.htm>. Acesso em 28/06/2016, às 16h29min.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Biodiversidade brasileira: avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. Brasília. Projeto de conservação e de utilização sustentável da diversidade biológica brasileira, PROBIO, 2002. 404p. (Série Biodiversidade, 5).

_____. Política Agrícola. **Lei nº 8.171 de 17 de janeiro de 1991**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8171.htm>. Acesso em 15/06/2018 às 17h00min.

_____. Lei dos Crimes Ambientais. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Disponível e: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm>. Acesso: 28/06/2018 às 15h24min.

_____. Política Nacional dos Recursos Hídricos. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.HTM>. Acesso em: 30/06/2016, às 12h11min.

_____. Código Florestal. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/l4771.htm>. Acesso em 28/06/2018 as 15h26min.

_____. Código Florestal Atual. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012a**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 28/06/2018 às 15h36min.

_____. Alteração da Lei Nº 12.651 de 25 de maio de 2012. **Lei nº 12.727 de 17 de outubro de 2012b**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm>. Acesso em 28/06/2018 às 15h30min.

_____. **Plano nacional de recursos hídricos: iniciando um processo de debate nacional**. Brasília: MMA/SRH, 52 p. 2004.

_____. Ministério do Interior; Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Departamento de Recursos Naturais. Divisão de Hidrogeologia. **Inventário dos Recurso Hídricos da Bacia do Rio Espinharas – PB/RN**. Recife: Divisão de Documentação, 1973. 60p.

CANDIDO, H. G.; GALBIATTI, J. A. PISSARRA, T. C. T.; MARTINS FILHO, M. V. Degradação ambiental da bacia hidrográfica do rio Uberaba: Uma abordagem metodológica. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n.1, p.179-192, jan/fev. 2010.

CUNHA, J. E. B. L. RUFINO, I. A. A. Identificação das mudanças na cobertura vegetal da bacia de São João do Rio do Peixe por meio de imagens do Landsat-5 TM. In: **XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 22 a 26 de novembro de 2009, Campo Grande – MS.

DUARTE, C. C., SOUZA, S. F. GALVÍNCIO, J. D. MELO, I. D. F. Detecção de mudanças na cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Tapacurá – PE através da Análise por Componentes Principais. In: **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 5765-5772.

FERREIRA, D. C; DIAS, H.C.T. Situação atual da mata ciliar do ribeirão São Bartolomeu em Viçosa-MG. *Revista Árvore*. 2004.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 128p. 2007.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B.; OLIVEIRA, R. E.; MORAIS, L. F. D. **Restauração da mata ciliar - manual para recuperação de áreas ciliares e microbacias**. Rio de Janeiro: Semads, 104 p.: il. 2001.

LIMA, J. R. **Sociedade, energia e ambiente semiárido: estudo da Bacia Hidrográfica do Açude Sumé**. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, SP; 205p. 2004.

MACHADO, P. A. L. **Legislação Florestal (Lei 12.651/2012) e Competência e licenciamento ambiental (Lei complementar 140/2011)**. São Paulo: Cicacor Editorial, p. 110. 2012.

MENDOZA, M. E.; GRANADOS, E. L.; GENELETTI, D.; PÉREZ-SALICRUP, D. R.; SALINAS, V. Analysing land cover and land use change process at watershed level: A multitemporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975-2003). **Applied Geography**, v.31, p.237-350, 2011.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**, 4. ed. atualizada e ampliada. Viçosa: Ed. UFV, 422p. 2011.

NÓBREGA NETTO, J. G. **A eutrofização das águas no rio Espinharas no perímetro urbano da cidade de Patos-PB**. 2010.72 f. Monografia. (Graduação em Geografia) - Faculdades Integradas de Patos, Patos, 2010.

OLIVEIRA, J. B. de. **Bacias hidrográficas: aspectos conceituais, uso manejo e planejamento**. Fortaleza: Governo do Estado do Ceará / Secretaria dos Recursos Hídricos. – (Série: Tecnologias e Práticas Hidroambientais para Convivência com o Semiárido - Vol.1). 267 p. 2010.

PARAÍBA, **Código Florestal. Lei nº 6.002 de 29 de dezembro de 1994**. Dispõe sobre a Política Florestal do Estado.

PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente – SECTMA. **PERH-PB: plano estadual de recursos hídricos: resumo executivo & atlas** / Governo do Estado da Paraíba; Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente, SECTMA; Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. – Brasília, DF: Consórcio TC/BR – Concremat, 2006. 112p.: il.

PEREIRA, R. A.; BARBOSA, M. F. N. Diagnóstico socioeconômico e ambiental de uma microbacia hidrográfica no semiárido paraibano. In: **Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal**, v. 6, n. 1, p. 137-153, jan/abr, 2009.

PONTES, P. R. B. Gis e geoprocessamento. Sorocaba: Facens, 2002.

SILVA, R. M.P. **Alteração da cobertura vegetal na sub-bacia do Rio Espinharas no período 2000-2010: o geoprocessamento como ferramenta para o**

gerenciamento ambiental. Patos, PB. 143p. Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Campina Grande. Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais. Patos, 2011.

SILVA, R. M. P.; LIMA, J. R.; MENDONÇA, I. F. C. Alteração da Cobertura vegetal na sub-bacia do Rio Espinharas no período de 2000-2010. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** Campina Grande, v.18, n.2, p. 202 – 209, 2014.

SILVA, M. K. A. **Análise geoambiental das bacias hidrográficas federais do cerrado mineiro.** 200 f.: il.. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2009.

SIMÕES, E. M. **Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) associada às variáveis pluviométricas para sub-bacia do rio Espinharas.** Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. CSTR/UFCG, Patos - PB. 75p. 2017.

SOUZA, P. F.; LIMA, J. R.; ARRUDA, P. M.; MENDONÇA, I. F. C.; SILVA, J. A.; NÓBREGA, A. M. F. Estimativa do nível de cobertura dos solos e levantamento dos remanescentes arbóreos na bacia hidrográfica do açude Jatobá-PB. In: **Revista Pesquisa.** Campina Grande, v.1, n.1, p.129-135, 2007.

SOUZA, P. F. **Análise da vegetação de um fragmento de caatinga na microbacia do açude Jatobá – Paraíba.** Patos – PB: CSTR/UFCG. Monografia (Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Campina Grande / Centro de Saúde e Tecnologia Rural, 38 p.:il. 2009.

SOUZA, A. T. A. **Diagnóstico físico - conservacionista da bacia 139 hidrográfica do açude Jatobá, Patos - PB.** Patos – PB: CSTR, UFCG, Monografia (Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Campina Grande / Centro de Saúde e Tecnologia Rural. 23p. 2010.

USGS. UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. *Landsat Project Description.* 2013. Disponível em: <<https://landsat.usgs.gov/landsat-project-description>>. Acesso em: 06/05/2018.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada.** McGraw-Hill, São Paulo. 245 p. 1975.

CAPÍTULO I

OBTENÇÃO DE VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ESPINHARAS, PB/RN/PE, COM EMPREGO DE GEOTECNOLOGIAS

OBTENÇÃO DE VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS E INTENSIDADE DE USO DO SOLO, SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ESPINHAS, PB/RN/PE, COM EMPREGO DE GEOTECNOLOGIAS

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma caracterização morfométrica da Sub-bacia hidrográfica (SBH) do rio Espinharas, a intensidade de uso dos solos e a proposição de medidas mitigadoras para os principais problemas identificados nas viagens de campo. Utilizou-se dados do projeto Shuttle Radar Topography Mission (STRM) processados em Sistema de Informações Geográficas (SIG), QGIS e GRASS. A área de drenagem da SBH do rio Espinharas corresponde a 3.329,57 km² e 552,30 km de perímetro, estende-se por trinta e um (31) municípios, abrangendo os estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Pernambuco. A SBH classifica-se como uma bacia de 5ª ordem de ramificação, padrão dendrítico. De acordo com os valores do Coeficiente de compactidade (2,68) e Fator de forma (0,32), a SBH tem um formato alongado, pouco propícia a inundações. O Índice de Circularidade (0,14) é baixo. A altitude da SBH varia de 128 m a 1195m, com altitude média 661,6 m. Quanto à intensidade de uso dos solos predominou a baixa intensidade de uso, seguido da intensidade média-alta, significando que a maior parte dos solos, se encontra em repouso, embora com características de solos degradados, devido à utilização agrícola anterior. Os principais problemas identificados nas viagens de campo relacionam-se ao uso incorreto das áreas de preservação permanente, deposição irregular de resíduos sólidos e líquidos e desmatamento.

Palavras-chave: QGIS, GRASS, caatinga, semiárido.

OBTAINING MORPHOMETRIC VARIABLES AND INTENSITY OF USE OF SOIL, HYDROGRAPHIC SUB-BACIA OF RIO ESPINHAS, PB / RN / PE, WITH USE OF GEOTECHNOLOGIES

ABSTRACT

The objective of this study was to perform a morphometric characterization of the sub-basin (SBH) of the Espinharas river, the intensity of land use and the proposition of mitigating measures for the main problems identified in the field trips. Data from the Shuttle Radar Topography Mission (STRM) data processed in Geographic Information System (GIS), QGIS and GRASS were used. The drainage area of the SBH of the Espinharas river corresponds to 3,329,57 km² and 552,30 km of perimeter, extends through thirty-one (31) municipalities, covering the states of Paraíba, Rio Grande do Norte and Pernambuco. SBH is classified as a 5th order branching basin, dendritic pattern. According to the values of the coefficient of compactness (2.68) and shape factor (0.32), the SBH has an elongated shape, which is not conducive to flooding. The Circularity Index (0.14) is low. The altitude of the SBH varies from 128 m to 1195 m, with an average altitude of 661.6 m. As for the intensity of land use, the low intensity of use prevailed, followed by medium-high intensity, meaning that most soils are at rest, although with degraded soil characteristics, due to previous agricultural use. The

main problems identified in the field trips are related to the incorrect use of permanent preservation areas, irregular deposition of solid and liquid waste and deforestation.

Keywords: QGIS, GRASS, caatinga, semi-arid.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a caracterização morfométrica de Bacias Hidrográficas (BH) pode ser feita com a integração de informações de relevo em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), podendo ser de forma manual ou automática (CARDOSO et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2010). As informações sobre altimetria são representadas pelo Modelo Digital do Terreno (MDE) que pode ser classificado como qualquer representação digital de uma variação contínua do relevo no espaço, na qual, os dados altimétricos correspondem tanto à superfície do solo quanto aos elementos presentes sobre a superfície (vegetação, edificações) (RIBEIRO; FERREIRA, 2014).

A fonte de dados utilizada é proveniente da missão denominada de “*Shuttle Radar Topography Mission*” (SRTM), um projeto internacional liderado pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e a *National Geospatial Intelligence Agency* (NGA), que teve como objetivo a obtenção de informações de relevo numa escala global da superfície da Terra (USGS, 2016), gerando dados de elevação de alta resolução, tornando possível analisar, comparar e atualizar informações de uma determinada área, tais como: parâmetros morfométricos, controle de enchentes, modelagem de drenagem, conservação do solo, reflorestamento entre outros (JPL, 2016).

A caracterização morfométrica de BH é de grande importância para estudos hidrológicos e ambientais, sendo ainda mais relevante quando o ambiente em questão está passando por alterações antrópicas em parte de seu curso d’água, ocasionando interferências no equilíbrio do ecossistema local.

Outro fator que vem corroborar para tais estudos é que a preservação da cobertura vegetal é condição fundamental para a conservação dos recursos hídricos, por desempenhar a função de proteger e manter as nascentes e cursos d’água.

Silva et al., (2014) reforçam que a retirada da vegetação, além de descaracterizar o ambiente original, interfere no balanço hídrico das bacias

hidrográficas, comprometendo a oferta de água e a sustentabilidade das mais variadas formas de vida, notadamente no semiárido nordestino.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma caracterização morfométrica da SBH do rio Espinharas, analisar a intensidade de uso dos solos e sugerir medidas mitigadoras para as áreas com maior intensidade de uso, com auxílio de ferramentas geoespaciais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização hidrogeográfica da área de estudo: a sub-bacia do rio Espinharas

O Plano Nacional de Recursos Hídricos sub-divide a Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental em 23 bacias (Figura 01), com destaque para a bacia do rio Piancó-Piranhas-Açu, considerada a maior unidade dessa região hidrográfica.

Conforme a Resolução nº 2, de 05 de novembro de 2003, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba, a bacia do rio Piranhas é formada por quatro SBH: Espinharas, Seridó, do Peixe e do Piancó, ressaltando que as duas últimas estão totalmente inseridas em território paraibano e as duas primeiras, com áreas de drenagem presentes nos Estados do Rio Grande do Norte e Paraíba (AESA, 2009).

A SBH do rio Espinharas se estende sobre uma superfície de cerca de 3.330 km² e é circundada a sudeste pelas SBH do rio Taperoá e a sudoeste pela do rio Pajeú, um dos afluentes do rio São Francisco, a SBH do rio Piancó e a Região Hidrográfica do Médio Piranhas, a oeste, e a SBH do rio Seridó, a leste. Sua área está limitada entre as coordenadas 643003 e 733003 Easting e 9300000 e 9100000 Northing (Figura 02).

O principal rio da SBH é o Espinharas, formado pela confluência dos rios da Cruz e Farinha na área urbana do município de Patos-PB (Figura 03). O rio da Cruz nasce no município de Imaculada-PB e segue no sentido sudoeste-nordeste em direção ao município de Patos-PB.



Figura 03 – Confluência do rio da Cruz com o rio Farinha, no município de Patos-PB. Data: 14/02/2018.



Figura 04 – Confluência do rio Espinharas com rio Piacó-Piranhas-Açú, no município de Serra Negra do Norte –RN. Data: 14/02/2018.

O rio Farinha nasce no município de Salgadinho-PB onde percorre em torno de 70 km, até encontrar com o rio da Cruz, para formar o rio Espinharas. Na divisa dos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, o rio Espinharas deságua no rio Piranhas, (Figura 04) município de Serra Negra do Norte-RN, próximo ao município de Jardim de Piranhas-RN e o município de São Bento-PB.

2.2.1 Características climáticas

De acordo com Alvares et al., (2014) na área da SBH estudada, são caracterizados os climas Bsh e Aw'. O tipo Bsh define-se como um clima quente e seco, com chuvas de verão e com média pluviométrica anual em torno de 500 mm e temperatura média anual de 26°C; o tipo Aw está presente na porção centro ocidental da sub-bacia, apresentando clima quente e semiúmido com chuvas de verão - outono, com média pluviométrica em torno de 500 mm, temperatura média anual de 27 °C e estende-se pela porção sudeste da sub-bacia (AESAs, 2010b; PARAÍBA, 2006).

A taxa de evapotranspiração situa-se entre 2000mm a 2500mm anuais, e a umidade relativa do ar varia de 55% a 75% (AESAs, 2010b; PARAÍBA, 2006). O índice de aridez da área de estudo situa-se entre 0,20 e 0,50 (PARAÍBA, 2011). O seu período chuvoso compreende os meses de fevereiro a maio. Os principais sistemas que provocam as chuvas no estado da Paraíba são a Zona de Convergência Intertropical e os Vórtices Ciclônicos em Ar superior e são responsáveis por aproximadamente 80% do total precipitado na região da área estudada (AESAs, 2010a, 2010b).

2.2.2 Características geológicas e pedológicas

Na região em que está inserida a SBH do rio Espinharas, ocorre o predomínio de rochas cristalinas e, em menor proporção, as áreas sedimentares. O embasamento cristalino conta com uma cobertura fina de sedimentos arenosos ou areno-argilosos. Isso somado com a aridez do clima da região possibilita a ocorrência de diversas classes de solo, que, em sua maioria, são jovens e pouco evoluídos (SILVA, 2011).

Os solos são em geral pouco profundos, pedregosos, de origem cristalina e muito vulneráveis à erosão, com predominância dos seguintes tipos Luvisolo crômico e Neossolo Litólico (SANTOS et al., 2013).

Com relação à erodibilidade desse solo, é importante considerar que existe uma correlação entre a velocidade da água e a cobertura do solo, pois o impacto das gotas de chuva desagrega-o, transporta-o e deposita-o nos leitos dos recursos hídricos, assoreando-os. Portanto, a cobertura do solo é um elemento importante na tardança do processo de assoreamento dos rios, lagos e açudes. Com base nisso, é viável afirmar que o processo de erosão dos solos, na região semiárida, vem comprometendo seus recursos hídricos superficiais, além da perda da camada agricultável do solo que é muito fina (PARAÍBA, 2006).

2.2.3 Características da vegetação

A vegetação presente na área de estudo é composta por espécies lenhosas de pequeno porte, dotadas de espinhos e, geralmente, caducifólias que perdem suas folhas no período seco, com a presença marcante de cactáceas e bromeliáceas (SILVA, 2014).

De acordo com SUDEMA (2004), a Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta (CAAA) está presente na maior parte da área estudada, caracterizada por vegetação rala com alguns indivíduos arbóreos com altura média de 3m, com existência de vegetação herbácea e cactácea, estando com alto grau de degradação nas áreas de relevo mais plano. Conforme Silva (2011), predominam nessa área as espécies *Herissantia crispera* (L.) Briz. (malva-branca), *Pavonia cancellata* (L.) Cav. (malva-rasteira), compondo o estrato herbáceo; cactáceas como *Pilosocereus* (facheiro), *Cereus giganteus* Engelm (mandacaru), *Pilosocereus gounellei* (xique-xique) e bromeliáceas, como a *Bromélia laciniosa* Mart ex Schultze F. (macambira), *Bromelia karatas* (banana-de-raposa).

A vegetação é classificada como Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada (CAAF) e é encontrada nas encostas dos morros e montanhas (AES, 2010a). Essa vegetação tem como características a predominância de indivíduos arbóreos como, por exemplo, *Apidosperma pyriforme* Mart (pereiro), *Miracodruon urudeuva* Alemão (aroeira), *Bauhinia forficata* Linn (mororó), *Tabebuia impertiginosa* (pau d'arco), *Combretum leprosum* Mart (mufumbo), *Cnidoscolus phyllacanthus* (favela), *Jatropha pohliana* Muell Arg. (pinhão bravo), *C. blanchetianus* Baill (marmeleiro), *Caesalpinia ferrea* Mart (jucá), *Caesalpinia pyramidales* Tull21 (catingueira), *Piptadenia stipulaceae* (Benth) (jurema branca), *Mimosa tenuiflora* (Willd) (jurema preta),

Anandenanthera columbrina (Vell) (angico), citadas por Souza et al., (2007), em estudo desenvolvido na área.

2.3 Materiais utilizados

- Cartas Planialtimétricas da SUDENE, editada em 1985 e digitalizada em 1996; folhas de Pombal – PB (SB.24 – Z – A – VI), Serra Negra do Norte – RN (SB.24 – Z – B – IV), Piancó – PB (SB.24 – Z – C – III) e Patos-PB (SB.24 – Z – D – I).
- MDE SRTM abrangendo as cenas 07_w038_1arc_v3.tif.aux; s08_w038_1arc_v3.tif.aux;
- *Softwares* QGIS incluindo complementos e GRASSGIS.
- Imagens de satélite *Landsat 8*, resolução 30m, bandas 2, 3 e 4, de órbita, ponto 216/064, 215/065 e datas 06/08/2017, 15/08/2017 respectivamente.

2.4 Métodos utilizados

2.4.1 Etapas para o desenvolvimento do trabalho

A realização da pesquisa compreendeu as etapas descritas a seguir:

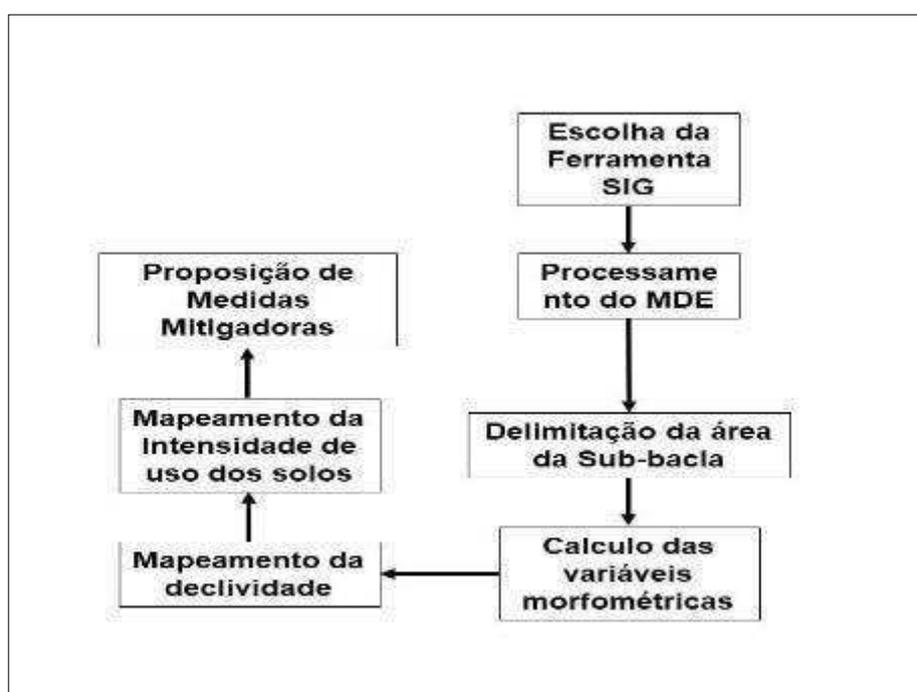


Figura 05 — Fluxograma das etapas metodológicas.

Para o desenvolvimento do trabalho proposto, foi importante uma revisão bibliográfica para aprofundamento e contextualização de alguns conceitos como: BH, bioma caatinga, sensoriamento remoto, geoprocessamento e mapa de uso do solo.

O segundo passo consistiu na seleção do *software* utilizado no processamento dos dados. Uma limitação foi o custo envolvido na aquisição dos mesmos, entretanto programas “*open source*”, a exemplo dos SIG’ QGIS e GRASS, *softwares* indicados para processamento, permitiram a análise e visualização dos dados e foram utilizados para extração das características morfométricas.

2.4.2 Processamento do MDE SRTM

O MDE SRTM foi adquirido em formato GeoTIFF a partir do *Earth Explore* do site da USGS contendo os dados correspondentes às cenas 07_w038_1arc_v3.tif.aux; s08_w038_1arc_v3.tif.aux com resolução de 1 arc de segundo, que corresponde a aproximadamente 30 metros, referenciadas ao DATUM WGS84.

O modelo foi utilizado para extração das características morfométricas, posteriormente as APP dos cursos d’água e de topo de morro com o auxílio das ferramentas QGIS e complementos, sendo que o processamento dos dados contidos no MDE compreendeu as seguintes etapas:

- Composição de mosaico das STRM (Raster > miscelânea > mosaico);
- Reprojecção do mosaico para coordenadas planas, referenciadas ao Datum Sirgas2000, Zona 24 Sul (Raster > Projeções > Reprojeter);
- Recorte envolvendo a área de estudo (Vetor > Ferramenta de geoprocessamento > recortar);
- Preenchimento de regiões sem dados no MDE SRTM utilizando módulo “*r.fillnulls*”, que opera com algoritmo *Spline* Regularizadora de Tensão – (MITASOVA; MITAS, 1993), implementando no SIG GRASS .

2.5 Delimitação da Sub Bacia e variáveis morfométricas

A delimitação da sub bacia iniciou-se com a obtenção dos atributos hidrológicos no SIG QGIS, na qual foram executados pelo complemento do GRASS

“*r.watershed*” (NETELER, 1998). Esse módulo deriva mapas de acumulação de fluxo, direção de drenagem, localização da drenagem e limite da BH.

Em seguida, foram gerados o mapa de direção de fluxo e a rede de drenagem, com um “*Thershold = 5000*” (Limiar) e selecionado o algoritmo “*Single Flow Direction*”, e inserido no algoritmo “*r.water.outlet*” para delimitação da SBH a partir do ponto considerado como exutório nas coordenadas UTM E=679171.64 e N=9288383.11 anteriormente escolhido sobre o mapa “*Stream*”. Para a confecção do mapa da rede de drenagem e direção de fluxo foram utilizados os módulos “*r.stream*” para decorrentes determinações: (1) hierarquização da rede de drenagem, pelo algoritmo “*r.stream.order*” (2) cálculo da área da SBH, número e comprimento de rios de cada ordem e densidade de drenagem, utilizando o algoritmo “*r.stream.stats*”.

2.6 Mapa de declividade

Para geração dos mapas de declividade, executou-se o módulo “*r.slope.aspect*”, iniciando pela declividade em porcentagem.

O mapa de declividade foi submetido ao algoritmo “*r.reclass*” para compartimentar o resultado em classes, constituindo seis temas, em intervalos distintos com valores em porcentagem como sugerido pela EMBRAPA (1979), conforme Quadro 1.

Quadro 01 – Classes de declividade, segundo a Embrapa (1979).

Declividade (%)	Classes
0 - 3	Plano
3 - 8	Suave ondulado
8 - 20	Ondulado
20 - 45	Fortemente ondulado
45 - 75	Montanhoso
> 75	Fortemente montanhoso

2.7 Intensidade de uso dos solos da SBH

Com o auxílio do mapa de cobertura, foi realizada uma pré-análise dos diferentes padrões de cobertura do solo. Após o pré-processamento das imagens, foram realizadas classificações visuais e supervisionadas. Para o método visual, a primeira etapa foi o processamento das imagens. A segunda etapa consistiu na

representação vetorial de cada tema identificado, rasterizando sobre uma máscara antecipadamente gerada com definição do polígono da bacia.

Os temas escolhidos para mapa de uso foram baseados em amostragem de campo, sendo selecionadas previamente na imagem três amostras para classe temática. Para a classificação automática, foi usado o método verossimilhança (Maxlike). Foram verificadas 10 amostras de cada classe, tendo em vista o treinamento com base na rotulação formulada na interpretação visual da imagem e conhecimento correlato da área de estudo.

Esta classificação, com relação ao semiárido nordestino, comporta-se de maneira peculiar, tendo em vista a realidade das áreas utilizadas para agricultura, que, devido ao manejo incorreto, apresentaram-se com vários graus de degradação. Para a classificação da intensidade de uso do solo, foram empregados seis (06) níveis de intensidade, variando de muito alta à intensidade muito baixa conforme metodologia adaptada de Lima (2004) (Quadro 02). Após a classificação dos níveis de cobertura dos solos, ocorreu o cruzamento com os dados de campo, para posterior caracterização das diferentes manchas de intensidade de uso dos solos da SBH do rio Espinharas.

Quadro 02 –Nível de intensidade de uso dos solos e suas características.

Intensidade de uso dos solos	
Nível	Características
Intensidade muito alta	Alto grau de desmatamento com solos expostos, pedregosos, com erosão e inaptos para agricultura
Intensidade Alta	Alta densidade populacional, presença de minifúndios, vegetação semiaberta e baixa densidade, presença de plantas invasoras de áreas abandonadas e em regeneração.
Intensidade média alta	Agricultura
Intensidade média	Manchas de Caatinga arbustiva arbórea aberta intercalada com rochas numa área de relevo ondulado
Intensidade baixa	Área de Caatinga arbustiva arbórea e áreas em repouso devido à baixa produtividade
Intensidade muito baixa	Área de caatinga arbórea fechada (T4) e solo encoberto com material orgânico

Fonte – Adaptado de Lima (2004).

2.8 Propostas para mitigação para os tipos de degradações e níveis de intensidade de uso do solo nas APP e AUR

Para a elaboração das propostas, tomou-se como base vários documentos sobre avaliação de impactos ambientais existentes em nível de bacia, principalmente o Guia de Proteção Ambiental do Ministério Federal de Cooperação Econômica e Desenvolvimento da Alemanha (BMZ) (ALEMANHA, 1996) e o Livro de Consulta para Avaliação Ambiental do Banco Mundial (BANCO MUNDIAL, 1991); (BANCO MUNDIAL 1992).

Os temas discutidos e as propostas apresentadas têm relação direta com os problemas ambientais identificados nas atividades de campo com referência à área da SBH do rio Espinharas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Delimitação da SBH do rio Espinharas

A área de drenagem da SBH do rio Espinharas estende-se por trinta e um (31) municípios, sendo vinte (25) no Estado da Paraíba, três (03) do Estado do Rio grande do Norte e três (03) do Estado do Pernambuco (Tabela 01).

Tabela 01 — Municípios que compreende a SBH do rio Espinharas.

Município	Área (km ²)	Área (%)	População	Região geográfica intermediária	Região geográfica imediata
Areia de Baraúnas-PB**	95,61	2,87	1.908	Patos	Patos
Assunção-PB	6,23	0,19	3.732	Campina Grande	Campina Grande
Brejinho-PE	3,73	0,11	7.464	Serra Talhada	Afogados da Ingazeira
Cacimba de Areia-PB*	235,48	7,07	3.673	Patos	Patos
Cacimbas-PB**	72,25	2,17	7.035	Patos	Patos
Catingueira-PB	0,47	0,01	4.905	Patos	Patos
Desterro-PB	0,2	0,01	8.196	Patos	Patos
Imaculada-PB**	95,85	2,88	11.659	Patos	Patos
Ipueira-RN	0,79	0,02	2.190	Caicó	Caicó
Itapetim-PE	0,19	0,01	13.932	Serra Talhada	Afogados da Ingazeira
Junco do Seridó-PB	2,01	0,06	6.934	Campina Grande	Campina Grande
Mãe D'água-PB*	178,69	5,37	4.044	Patos	Patos
Malta-PB	18,28	0,55	5.679	Patos	Patos
Maturéia-PB*	80,74	2,42	6.283	Patos	Patos
Passagem-PB*	114,64	3,44	2.338	Patos	Patos
Patos-PB**	508,28	15,27	104.716	Patos	Patos
Paulista-PB	2,58	0,08	12.117	Patos	Pombal
Quixaba-PB**	106,87	3,21	1.834	Patos	Patos

Salgadinho-PB**	155,24	4,66	3.752	Patos	Patos
Santa Luzia-PB	13,89	0,42	15.145	Patos	Patos
Santa Teresinha-PB**	248,05	7,45	4.612	Patos	Patos
Santa Terezinha-PE	0,54	0,02	11.411	Serra Talhada	Afagados da Ingazeira
São Bento-PB	0,49	0,01	32.651	SPB	Catolé do Rocha – São Bento
São Joao Do Sabugi-RN	13,39	0,40	6.174	Caicó	Caicó
São Jose De Espinharas-PB**	709,83	21,32	4.738	Patos	Patos
São Jose Do Bonfim-PB*	153,84	4,62	3.411	Patos	Patos
São Mamede-PB	1,32	0,04	7.794	Patos	Patos
Serra Negra Do Norte-RN**	400,19	12,02	8.083	Caicó	Caicó
Taperoá-PB	18,82	0,57	15.190	Campina Grande	Campina Grande
Teixeira-PB**	89,37	2,68	14.739	Patos	Patos
Vista Serrana-PB	1,71	0,05	3.675	Patos	Patos
Total	3329,57	100,00	340.014	-	-

* Municípios (04) com área territorial totalmente inserida na área de drenagem da sub-bacia do rio Espinharas.

** Municípios (10) com parcela significativa do seu território na área de drenagem da sub-bacia do rio Espinharas.

Os municípios que possuem maior área inserida na Sub-bacia são: São José de Espinharas-PB, abrangendo uma área de 709,83 km² (21,32%) seguida pelo município de Patos-PB com 508,09 km² (15,27%). Alguns municípios possuem a inserção na sub-bacia quase inexpressiva. São eles: Santa Terezinha-PE com 0,54 km² (0,02%), São Bento-PB com 0,49 km² (0,01%), Ipueira-RN 0,79 km² (0,02%), Itapetim-PE 0,19 km² (0,01%), Desterro-PB com 0,2 km² (0,01%) e Catingueira-PB 0,47 (0,01 km²) (Figura 06).

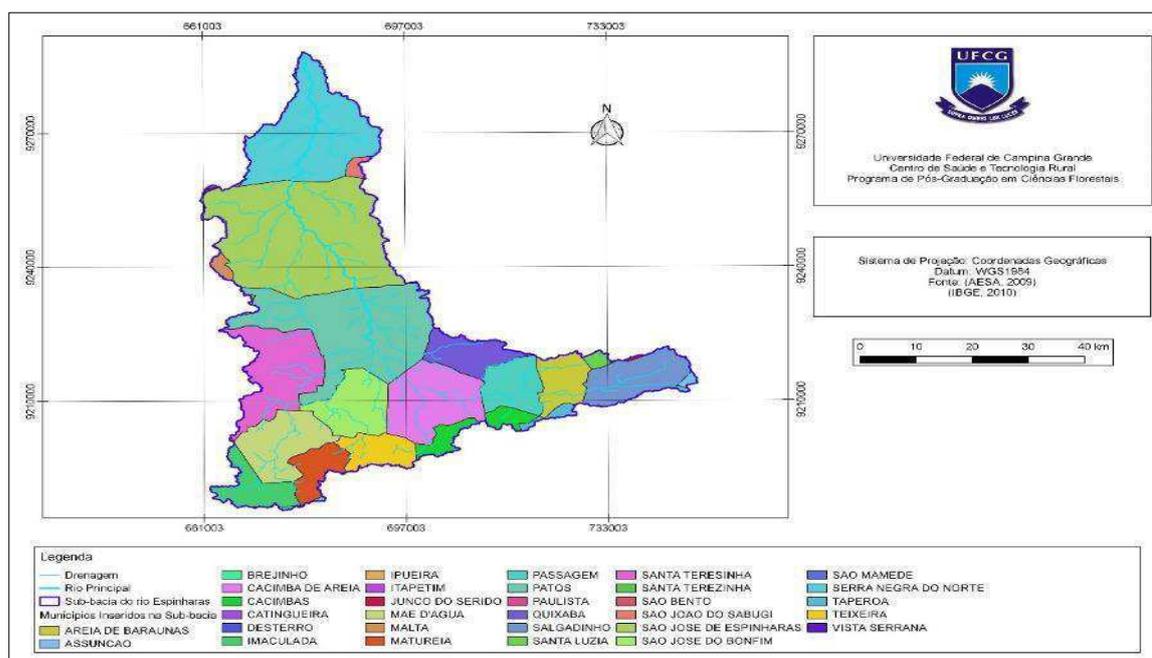


Figura 06 - Mapa dos municípios que estão inseridos total ou parcialmente na SBH do rio Espinharas.

Os sete municípios restantes possuem uma pequena parcela do seu território, inserida na área de drenagem da SBH em estudo e fazem parte de outras SBH.

Sobrinho et al., (2010) observaram que a delimitação automática de bacias tem uma subjetividade menor e que mesmo utilizando “*softwares*” diferentes, os resultados são mais próximos quando comparados aos métodos manuais que dependem da percepção humana.

A Figura 07 apresenta a SBH do rio Espinharas com a sua rede de drenagem ordenada de acordo com (Strahler,1957). A SBH é formada por canais intermitentes e efêmeros, que são regimes de fluxo de ocorrência típica na região em que se insere. A bacia se classifica como de 5ª ordem de ramificação, formando um desenho de padrão dendrítico, também de ocorrência comum na região estudada. A área de drenagem é de 3.267,16 km² e 552,30 km de perímetro.

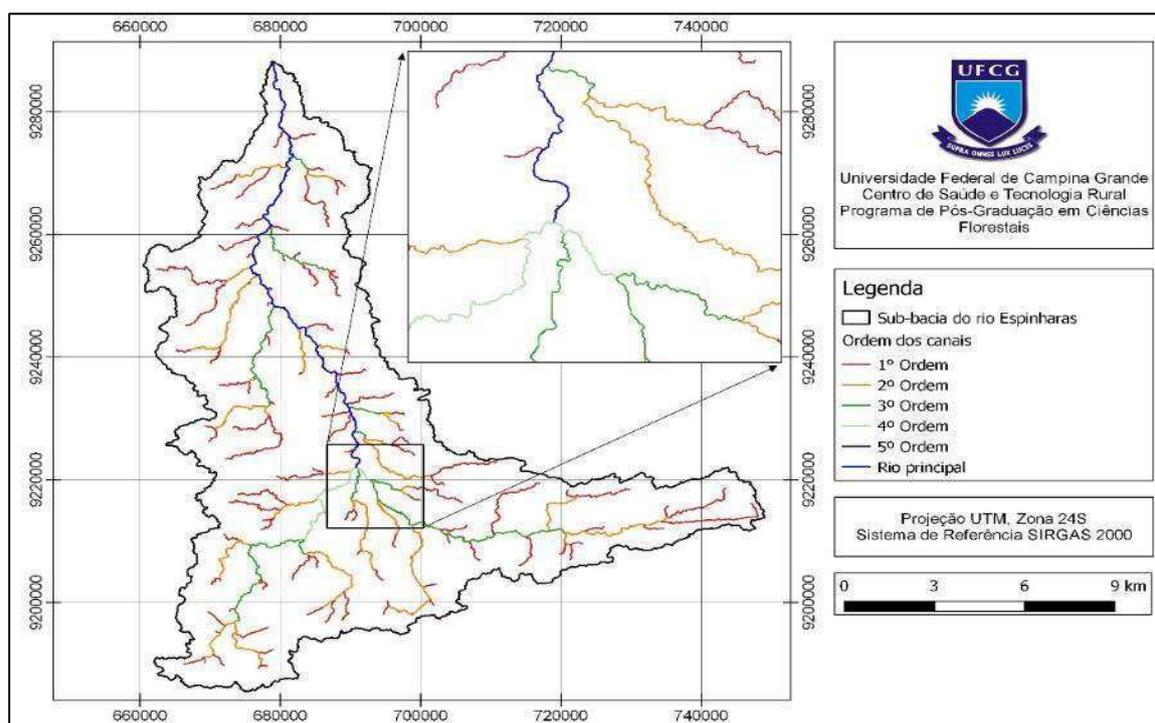


Figura 07 – SBH do rio Espinharas, destacando a sua delimitação e ordenamento dos canais de drenagem de acordo com a classificação de Strahler (1957).

Em suma, a delimitação de BH e a geração da rede de drenagem através do SRTM mostram-se acurados e compatíveis com aqueles obtidos por métodos manuais, que expedem maior tempo no seu processamento e têm menor detalhamento na sua configuração (SOBRINHO et al., 2010).

Verifica-se na Tabela 02, que os canais de drenagem de 1ª ordem aparecem em maior número, na qual corresponde a 45,5% do total e, pode-se conferir na figura 08, que se localizam nas áreas de maiores altitudes, nascentes ou cabeceiras, onde o relevo é mais dissecado.

Tabela 02 - Número e comprimento de canais, por ordem de classificação, da SBH do rio Espinharas.

Ordem	Número de canais	Comprimento total (km)	%
1	94	452,2	45,5
2	26	267,3	26,9
3	10	147,3	14,8
4	2	27,7	2,8
5	1	98,5	9,9
Total	133	993,0	100,0

A tabela 02 exhibe os dados sobre número e comprimento total de canais, por ordem de classificação. De acordo com Landau; Guimarães (2011), após analisarem a drenagem obtida por 3 diferentes fontes (ASTER, TOPODATA e SRTM), observou-se que os dados SRTM apresentaram dados insatisfatórios, devido à resolução espacial ser de 90 m, não identificando os pequenos rios tributários, enquanto que as redes de drenagem obtidas de dados ASTER e TOPODATA obtiveram melhores resultados, pois sua resolução é de 30 m.

Entretanto, os dados SRTM podem ser utilizados para delimitação de SBH e em diversos outros estudos hidrológicos. A limitação deste procedimento é que pode ocorrer variações na obtenção da rede de drenagem, diferenciando-o da realidade. Neste cenário, é recomendada a comparação com outros dados de sensoriamento remoto ou carta topográficas para efetuar eventuais correções (OLIVEIRA et al 2010).

3.2 Variáveis morfométricas

A tabela 03 apresenta os resultados dos parâmetros morfométricos encontrados para a SBH do rio Espinharas. De acordo com os valores do Coeficiente de compacidade (2,68) e Fator de forma (0,32), a SBH tem um formato irregular que difere da figura de um círculo, aproximando de um formato alongado, sendo assim pouco propícia a inundações. Mesmo assim no ano de 2009 ocorreram vários pontos de inundações e desabamentos, resultando em inúmeras famílias desabrigadas, no

município de Patos-PB, onde choveu aproximadamente 300 mm em 6 horas, (NASCIMENTO; LIRA, 2013).

Tabela 03 - Resultados dos parâmetros morfométricos obtidos da SBH do rio Espinharas, Paraíba, Brasil.

Características Geométricas		
Parâmetros	Valores	Unidades
Área da sub-bacia (A)	3267,16	km ²
Perímetro (P)	552,30	km
Coeficiente de Compacidade (Kc)	2,71	Adimensional
Fator de forma (F)	0,31	Adimensional
Índice de circularidade (IC)	0,13	Adimensional
Índice de sinuosidade	0,96	Adimensional
Padrão de drenagem	Dendrítico	
Características da Rede de Drenagem		
Comprimento total dos canais	993,00	km
Comprimento do canal principal	98,5	km
Ordem da bacia (Strahler 1957)	5	
Densidade de drenagem (Dd)	0,30	km/km ²
Características do Relevo		
Declividade mínima	1	%
Declividade média	16,7	%
Declividade máxima	68	%
Altitude mínima	126	m
Altitude média	477	m
Altitude máxima	1197	m
Amplitude altimétrica	950	m

O Índice de Circularidade (0,14) é considerado baixo, corroborando com a informação anterior, pois de acordo com Christofolletti (1974), quanto mais próximo de 1,0 for o formato da SBH mais se aproxima de um círculo. De acordo com Villela; Matos (1975); Cardoso et al., 2006; Andrade et al., 2008 em bacias de formato circular, há maior possibilidade de inundação ao ocorrer chuvas intensas, em toda sua extensão diferentemente do comportamento de bacias alongadas.

O formato alongado é menos propício a enchentes em situações normais de precipitação, como também é baixa a possibilidade de ocorrência de chuvas cobrindo simultaneamente toda sua extensão, inclusive, os rios tributários, pois a enxurrada atinge o rio principal em vários pontos (FRAGA et al., 2014).

Silva et al., (2010) estudando a morfometria da bacia do açude de Soledade-PB e Marinho; Silva (2016) ao realizarem a análise morfométrica das bacias urbanas afetadas por inundações em Manaus-AM, encontraram valores semelhantes e, segundo os autores, valores de índice de circularidade abaixo de 0,51 favorecem o escoamento superficial de forma rápida sobre as bacias.

Feitosa et al., (2011) ao estudarem a bacia do rio Pajeú, PE e Silva et al., (2010) ao estudar a bacia do Açude Soledade-PB, ambas com características climáticas semelhantes, concluíram que o formato alongado da bacia propicia o processo de escoamento das águas pluviais para o canal principal tornando pouco vulnerável à inundação.

3.3 Mapa de declividade

A Tabela 04 apresenta os valores de declividades correspondentes às respectivas classes de relevo, área correspondente e percentual. A altitude da SBH varia de 126 m a 1197 m, com altitude média 477. A declividade média foi de 3,5% sendo uma característica peculiar da SBH estudada, onde predomina o relevo suave ondulado e ondulado.

Tabela 04 - Classes de declividade e suas relativas áreas e porcentagem em relação a área da SBH do rio espinharas, Paraíba, Brasil.

Declividade (%)	Classes	Área (km ²)	Área (%)
0-3	Plano	382,6	11,7
3-8	Suave ondulado	1427,0	43,7
8-20	Ondulado	875,0	26,8
20-45	Fortemente ondulado	454,9	13,9
45-75	Montanhoso	118,2	3,6
>75	Fortemente montanhoso	9,4	0,3
Total	-	3267,2	100,0

Como pode ser observado na (Figura 08) a classe suave ondulado, e ondulado com 43,7% e 26,9% respectivamente, são as classes mais representativas da SBH onde, ao longo dos períodos de maiores índices pluviométricos, essas áreas se tornam menos propícias a sofrerem inundações. Além da declividade, a impermeabilização e o acúmulo de fluxo são características que interferem diretamente no risco de alagamento. Portanto, o uso e ocupação da terra, como

também as características de relevo podem convergir para um cenário vulnerável ao alagamento. As classes menos representativas foram: Forte montanhoso, Montanhoso, plana e forte ondulado com 0,3%, 3,6%, 11,7% e 13,9% respectivamente da área da SBH.

As classes de declividade mais elevadas foram identificadas nas áreas representadas pelas serras do Planalto da Borborema, onde predomina um relevo que varia de ondulado a forte montanhoso (Figura 08).

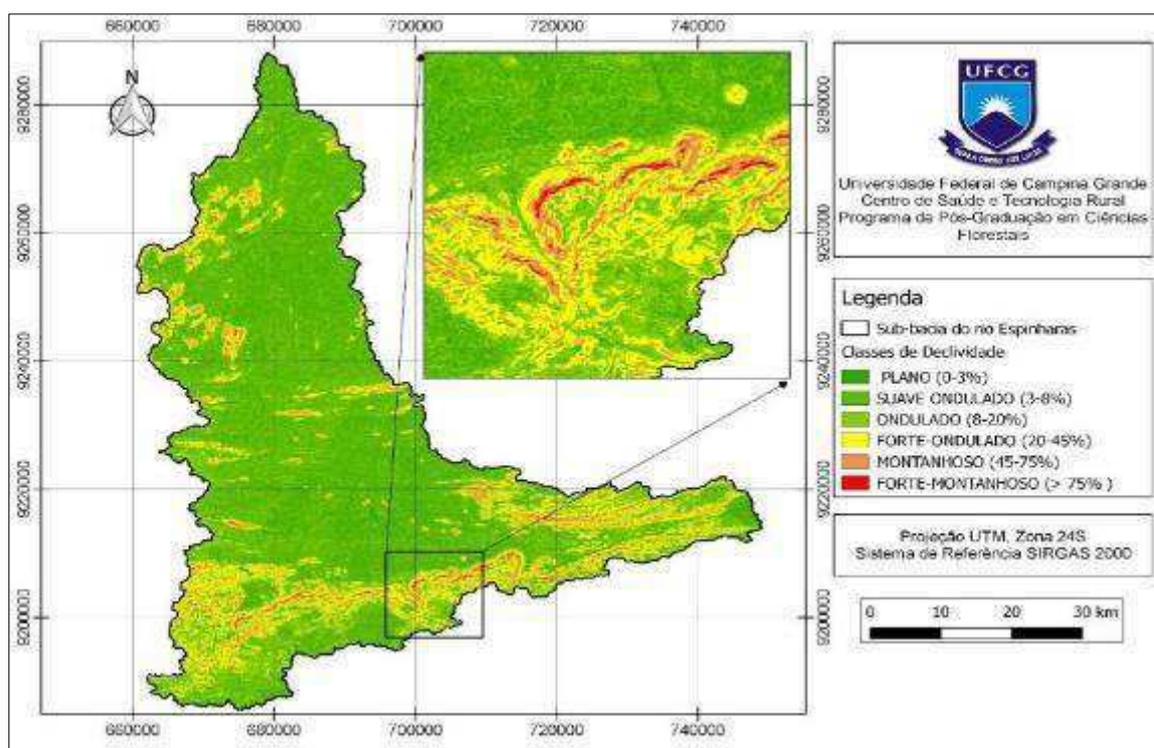


Figura 08 – Classes de declividade da SBH do rio Espinharas, PB/PE/RN.

Felipe et al., (2013) reiteram que o relevo é de fundamental importância nas ações de planejamento e gestão na preservação da BH. Para Ribeiro; Perreira (2013), a ausência da cobertura vegetal, a classe de solo; intensidade de chuvas, associada à maior declividade, acarreta maior velocidade de escoamento, que resulta em menor quantidade de água armazenada no solo, em enchentes mais pronunciadas, expondo à bacia ao fenômeno da degradação. A velocidade do escoamento da água influi no pico de enchentes, no processo de infiltração e na suscetibilidade à erosão dos solos, justificando a adoção de medidas de proteção do solo e de diminuição da velocidade.

Na SBH estudada, 44% da área tem seu relevo variando de ondulado à montanhoso, exigindo medidas de conservação dos solos.

A identificação dos parâmetros de declividade de uma BH é fundamental para o seu planejamento ambiental, seja para observar a legislação, seja para garantir o equilíbrio das intervenções do homem na área estudada com o ambiente natural. Além do mais, este fator desempenha papel importante na distribuição de água entre o escoamento superficial e subterrâneo (SOARES et al., 2016).

3.4 Intensidade de uso dos solos da SBH do rio Espinharas

Em relação ao semiárido nordestino, esta classificação porta-se de maneira peculiar, tendo em vista que as maiores intensidades de uso dos solos correspondem a áreas anteriormente utilizadas para a agricultura e que, devido ao manejo incorreto, encontram-se com variados graus de degradação.

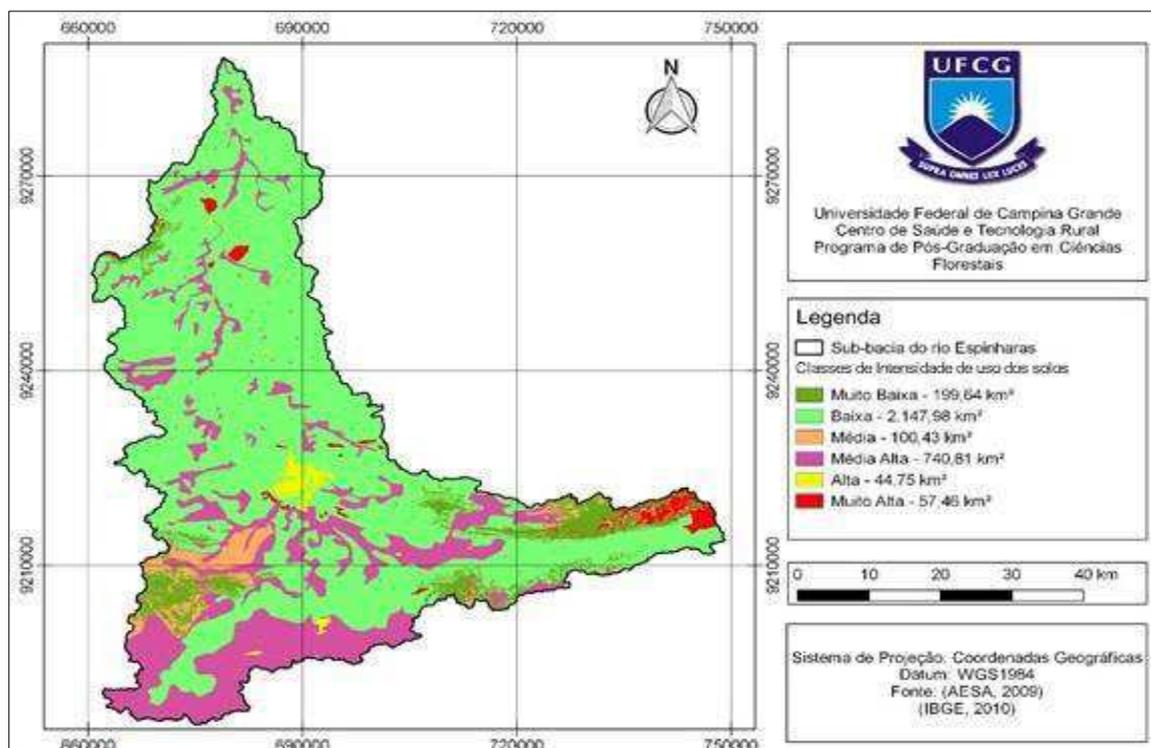


Figura 09 – Mapa de Classes de Intensidade de Uso dos solos da SBH do rio Espinharas.

De acordo com a (Tabela 05), (Figura 09), observou-se em termos percentuais o grau de incidência dos diferentes níveis de intensidade de uso dos solos.

Tabela 05 – Classes de Intensidade de uso dos solos da SBH do rio Espinharas.

Classes	Intensidade de uso dos solos	
	Área (km ²)	% em relação a área da bacia
Muito Baixa	199,64	6,07
Baixa	2.147,98	65,27
Média	100,43	3,05
Média Alta	740,81	22,51
Alta	44,75	1,36
Muito Alta	57,46	1,75
Total	3.291,08	100

As áreas com Intensidade muito alta caracterizam-se por alto grau de desmatamento, solos expostos, pedregosos, com erosão e inaptos para agricultura e geralmente com exploração de minério. Estas áreas correspondem a 57,46 km² (1,75%) e estão localizadas a sudeste SBH do rio Espinharas (Figura 10) caracterizada pelo forte antropismo com trechos altamente degradados. A Figura 12 mostra a intensidade de uso dos solos muito alta, localizado na zona rural do município de Salgadinho-PB



Figura 10 – Área com intensidade de uso muito alta localizada na zona rural do município de Salgadinho-PB. Coordenadas UTM 737641.37 m N, 9213670.81 m E, Data:(14/02/2018).

As áreas de intensidade alta com 44,75 km² (1,36%) caracterizam-se por alta densidade populacional, presença de minifúndios, vegetação semiaberta e com predomínio de *Mimosa tenuiflora* (Willd) (Jurema), *Herissantia crispa* (L.) Briz. (Malva) e *Senna obtusifolia* (Mata-pasto), além de plantas invasoras de áreas abandonadas, representadas pela presença de *Prosopis juliflora* (Algaroba) principalmente nos baixios aluvionais (Figura 11). Estas áreas estão mais próximas das sedes dos municípios e que, de acordo com Lima (2004), são áreas que apresentam intensidade de uso dos solos, devido à maior pressão sobre os recursos naturais pela população.



Figura 11 – Área com intensidade de uso do solo alta, localizada no município de Patos-PB. Coordenadas geográficas 689893.074 m N, 9223544.433 m E.

A classe de intensidade média alta corresponde a uma área de 740,81 km² (22,51%). São áreas onde se desenvolve agricultura e localizam-se em torno dos reservatórios e ao longo dos cursos de rios, onde a umidade é maior. A Figura 12 mostra a intensidade de uso dos solos ao longo do rio Espinharas, município de Patos-PB.



Figura 12 – Área com intensidade média alta de uso localizado no município de Serra Negra do Norte-RN. Coordenadas UTM 679440.950 m N,9287302.387 m E, Data:(14/02/2018).



Figura 13– Área com intensidade de uso média localizada no município de Salgado-PB. Coordenadas geográficas 737641.37 m N, 9213670.81 m E, Data:(14/02/2018).

As áreas com intensidade média possuem uma área de 100,43 km² (3,05%) e são caracterizadas por manchas de vegetação arbórea intercalada com rochas numa área de relevo ondulado (Figura 13), onde está localizada a sudoeste da SBH do rio Espinharas.

As áreas com classe de baixa intensidade de uso possuem a maior representação nesta bacia, abrangendo uma área de 2.147,98 km² (65,27 %). Esta classe apresenta média homogeneidade no espaçamento da vegetação de porte arbustivo/arbóreo e são áreas em repouso devido à baixa produtividade que apresentam. A Figura 14 representa a classe de baixa intensidade de uso dos solos, mostrando o Inselbergue Pedro Augustinho, localizado na zona rural do município de Patos-PB.

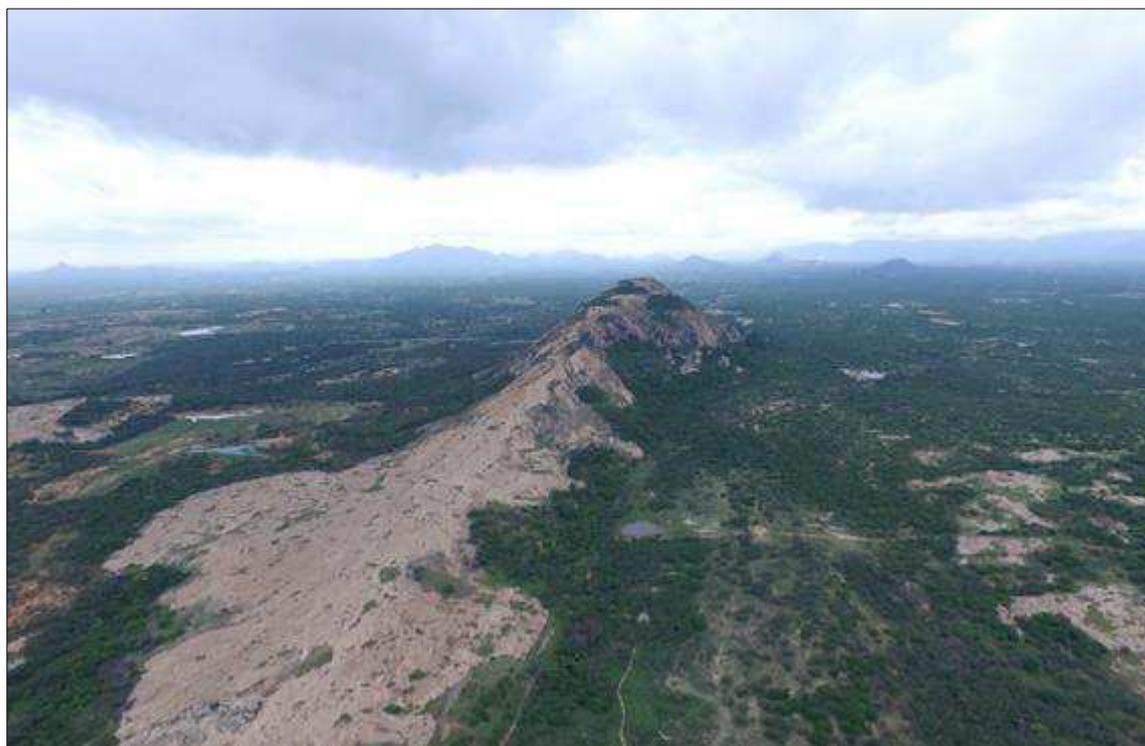


Figura 14 – Área com baixa intensidade de uso localizada no município de Patos-PB. Coordenadas geográficas 695463.13 m N,9223544.433 9217625.31 m E.

A classe de intensidade muito baixa é formada por áreas de vegetação densa, com solo encoberto com detritos orgânicos e herbáceas. Esta classe representa uma área de 199,64 (6,07%). A Figura 15 demonstra a intensidade de uso dos solos muito baixa, localizada às margens da Barragem da Capoeira, zona rural do município de Santa Terezinha-PB. Esta área é considerada preservada, devido ao difícil acesso, estando localizada em uma área declivosa e distante da área urbana do município mais próximo.



Figura 15 – Área com intensidade de uso do solo muito baixa localizado as margens do Açude da Capoeira, município de Santa Terezinha-PB. Coordenadas geográficas 674640.39 m N, 9206969.41 m E.

3.5 Medidas mitigadoras para os problemas ambientais identificados

3.5.1 Agropecuária

A SBH do rio Espinharas apresenta várias inconformidades de impactos ambientais gerados principalmente pelo mau planejamento de uso da área e desrespeito à legislação; dentre elas, podemos citar agropecuária, com a bovinocultura, suínocultura e caprinocultura e a produção vegetal através da agricultura de subsistência e pastagem.

Estas atividades são geralmente desenvolvidas nas Áreas de Preservação Permanente (APP) ou Áreas de Uso Restrito (AUR), contrariando a Legislação ambiental vigente, Lei Nº 12.651 de 25 de maio de 2012 (Código Florestal) e a Lei nº 12.727 de 17 de outubro de 2012 (BRASIL 2012a, 2012b).

A adoção de medidas e práticas para a conservação do solo dessas áreas é fundamental para se manter a qualidade ecológica destes recursos a longo prazo. A não observância deste equilíbrio na formulação dos sistemas agropecuários tem sido

responsável pela quebra do equilíbrio e contínua degradação deste recurso, principalmente devido à perda de solo pela erosão nas áreas de cultivo.

A Lei Federal Nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991, dispõe sobre a Política Agrícola e sobre o disciplinamento e fiscalização do uso racional do solo e da água, como também da fauna e da flora (BRASIL, 1991). O objetivo da Conservação dos solos é combater a erosão e evitar o seu empobrecimento através da utilização de técnicas, tais como manejo adequado, rotação de culturas, adubação de reposição, manutenção dos níveis desejáveis de matéria orgânica, influenciando na sua fertilidade.

A execução de práticas conservacionistas é considerada um grande recurso ao alcance do agricultor para atenuar os problemas de fertilidade do solo, que juntamente com a escolha da cultura ideal em relação às características ambientais locais são métodos básicos para uma prática de agricultura sustentável (BANCO DO NORDESTE, 1999).

Entre as medidas atenuantes a serem tomadas para evitar a degradação dos solos, de acordo com (BANCO DO NORDESTE, 1999), podem-se citar:

- Manter o solo com cobertura podendo ser vegetal cobertura viva ou mortas (restos de culturas, serrapilheira) buscando a incrementação dos níveis de matéria orgânica do solo;
- Implementar o processo de rotação de culturas com a utilização de diversas culturas e época de descanso;
- Divisão da área agrícola em pequenas parcelas e a integração de árvores e arbustos na agricultura e na pecuária (agrossilvipastoril);
- Formação de faixas de proteção contra a erosão, utilizando a prática de curvas em nível e terraços;
- Reflorestamento de terras mais pobres, com espécies nativas adotando medidas de controle de erosão;
- Manutenção das áreas de matas ciliares e de vegetação nativa, dentro dos limites legais;
- Restringir o acesso de animais nas páreas de florestas nativas (Reserva Legal, APP e AUR) nas propriedades rurais;
- Evitar o desmatamento e as queimadas, quando necessário, buscar o licenciamento no órgão ambiental competente;

A ocupação das APP da vegetação ripária por atividades agropecuárias é uma das principais causas da perda dos serviços ambientais prestados por este ecossistema. A proximidade extrema das áreas de cultivo junto aos corpos d'água potencializa os efeitos negativos da erosão sobre a disponibilidade de água no córrego, ao mesmo tempo em que reduz sua capacidade de vazão, a qualidade e a quantidade de água disponível para consumo. No semiárido nordestino, essas áreas são utilizadas pelos pequenos agricultores que fazem seus cultivos temporários, devido à presença de umidade por mais tempo (SARCINELLI et al., 2008).

Neste caso, faz-se necessário que pesquisas embasem políticas públicas efetivas que favoreçam práticas agropecuárias menos impactantes permitindo os agricultores patronais ou familiares que possam, ao mesmo tempo, prover sua subsistência, manter-se na atividade e agir como amigo do meio ambiente, permitindo que as gerações futuras também possam sobreviver no semiárido.

3.6.2 Resíduos Sólidos e Líquidos

De acordo com Medeiros (2015), a poluição dos rios está cada vez mais visível devido à presença de resíduos e líquidos onde produz sucessivos processos de deterioração e elevada perda de quantidade de água.

De acordo com Mucellini e Bellini (2008), a cultura e os hábitos de um povo caracterizam a forma de uso do meio ambiente, a produção de resíduos e a forma de como estes produtos são tratados. Eles podem resultar em um amontoado de lixo sem qualquer planejamento e em ambientes inadequados como terrenos baldios, margens de rios e lagos, açude e até mesmo as calçadas em logradouros públicos.

O problema da disposição irregular de resíduos sólidos e líquidos é cultural e educacional. Em relação aos resíduos sólidos, o que falta de fato é um trabalho de conscientização e educação ambiental.

Para os problemas verificados quanto à disposição de irregular resíduos sólidos e líquidos nos cursos de água, sugere-se com base no documento do Banco do Nordeste (1999):

- Mapear e caracterizar a situação ambiental da região, particularmente a nível de SBH, diagnosticando os níveis de contaminação de águas subterrâneas e superficiais, do solo e do ar;

- Estabelecer um serviço eficiente de coleta, minimizando os pontos de descargas clandestinos considerando os hábitos socioculturais da população para a definição do plano de coleta;
- Utilizar sistemas comunitários de coleta, com o uso de terrenos apropriados para receberem o material reciclável e resíduo da construção;
- Elaborar projetos de gerenciamento de resíduos sólidos, considerando os projetos de aterros sanitários e áreas específicas para a implantação das etapas de reciclagem e compostagem;
- Execução efetiva da política de saneamento básico de todas as cidades inseridas na SBH do rio Espinharas evitando o despejo de esgoto “*in natura*” nos rios, eliminando a séria poluição destes mananciais;
- A implantação do sistema de Aterro Sanitário, inserindo os catadores de resíduos sólidos, como categoria profissional, a logística reversa e a responsabilidade compartilhada nas cidades que fazem parte da SBH do rio Espinharas;
- Obrigar as indústrias a realizarem o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) antes da disposição final do resíduo;
- Realizar a desobstrução das calhas dos rios, principalmente em áreas urbanas, atentando para a proteção das margens destes mananciais para minimizar o assoreamento e, conseqüentemente, o risco de enchentes e inundações. Além disso, criar projetos de recuperação das matas ciliares através da implantação de Projetos de Recuperação da Áreas Degradadas -PRAD.

É preciso ações conjuntas envolvendo os poderes públicos e a sociedade civil organizada voltadas para a consecução dos objetivos do desenvolvimento sustentável, com especial atenção à redução dos impactos que assolam o rio Espinharas e toda área de contribuição, que se revertam para sua recuperação e/ou restauração.

4 CONCLUSÃO

Os dados SRTM foram úteis na definição da rede de drenagem, porém informações adicionais como dados de sensoriamento remoto devem ser utilizadas para garantir melhor precisão na determinação da hidrografia.

Os softwares QGIS e GRASS foram ferramentas capazes de realizar as principais operações sobre o MDE, para extração das informações físicas da SBH do rio Espinharas. O emprego dessas ferramentas com o sensoriamento remoto orbital, associado ao SIG IDRISI, permitiram identificar as intensidades de usos dos solos.

A análise possibilitou o conhecimento das características de relevo, tais como: declividade, orientação das vertentes e hipsometria, bem como os principais índices morfométricos da SBH do rio Espinharas.

A baixa intensidade de uso dos solos preponderou nesta sub-bacia e resulta de áreas anteriormente utilizadas geralmente na cultura do algodoeiro e abandonadas para recuperação, a área de alta intensidade de uso, localiza-se na área urbana do município de Patos-PB.

Os principais problemas ambientais identificados nas viagens de campo corresponderam ao uso de áreas de preservação para cultivos agrícolas temporários, deposição irregular de resíduos sólidos e líquidos e áreas desmatadas.

5 REFERÊNCIAS

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Plano Estadual dos Recursos hídricos do Estado da Paraíba. Relatório Final.** Ano hidrológico 2008-2009. 2009.

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Mapa interativo.** AESA, 2010a.

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Relatório anual sobre a situação dos recursos hídricos no Estado da Paraíba: ano hidrológico 2008-2009.** AESA, 2010b.

ALEMANHA. Ministério Federal de Cooperação Econômica e Desenvolvimento (BMZ). **Guía de protección ambiental: material auxiliar para la identificación y evaluación de impactos ambientales.** Eschborn: (GTZ) GmbH, 1996. Tomo I, 613p.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, 711–728, 2014.

ANDRADE, N. L. R.; XAVIER, F. V.; ALVES, E. C. R. F.; SILVEIRA, A.; OLIVEIRA, C. U. R. Caracterização morfométrica e pluviométrica da bacia do rio Manso, MT. **Geociências**, v. 27, n. 2, p. 237-248, 2008.

BANCO MUNDIAL. **Libro de consulta para evaluación ambiental: lineamientos para evaluación ambiental de los proyectos energéticos e industriales.**

Washington, v.3. 233p. 1992.

BANCO MUNDIAL. **Libro de consulta para evaluación ambiental: lineamientos sectoriales.** Washington, v.2. 276p. 1991.

BANCO DO NORDESTE. **Manual de Impactos Ambientais: orientações básicas de aspectos ambientais de atividades produtivas.** Fortaleza: Banco do Nordeste, 297p. 1999.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Termos de referência para a elaboração do plano de recursos hídricos da bacia do rio Piranhas-Açu.** Versão aprovada pela CTPlém 27 de setembro de 2010.

BRASIL. Código Florestal Atual. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012a.** Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 28/06/2018 às 15h36min.

BRASIL. Alteração da Lei Nº 12.651 de 25 de maio de 2012. **Lei nº 12.727 de 17 de outubro de 2012b.** Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm>. Acesso em 28/06/2018 às 15h30min.

BRASIL. Política Agrícola. **Lei nº 8.171 de 17 de janeiro de 1991.** Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8171.htm>. Acesso em 15/06/2018 às 17h00min.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *Revista Árvore*, v. 30, n.2, p. 241 – 248, 2006.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**, 2.ed. São Paulo, Edgard Blucher, 188 p. 1980.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos.** Rio de Janeiro, 83p. 1979.

FRAGA, M. S.; FERREIRA, R. G.; SILVA, F. B.; VIEIRA, N. P. A.; SILVA, D. P.; BARROS, F. M.; MARTINS, I, S, B. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Catolé Grande, Bahia, Brasil. **Nativa**, v. 2, n. 4, p. 214-218, 2014.

FEITOSA, A.; SANTOS, B dos.; ARAÚJO, M, do S, B, de. Caracterização Morfométrica e identificação de Áreas Susceptíveis a Erosão na Bacia do Rio Pajeú, PE: o Estudo de Caso da Bacia do Rio Pajeú/PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 04, n. 4, p. 820-836, dez. 2011.

FELIPE, A. C.; CAMPOS, S.; PARIZOTO, N. M. S. F.; NARDINI, R. C.; TRAFICANTE, D. P. Geoprocessing applied in morphometric of the Ribeirão do Veado watershed – Piratininga (SP), seeking the conservation of the water

resources. Brazilian **Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v.6, n.2, p.89- 95, 2013.

JPL – JET PROPULSION LABORATORY. **Shuttle Radar Topography Mission**. 2016 Disponível em: < <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>> Acesso em: 20/05/2016, às 10h43min.

LANDAU, E. C.; GUIMARAES, D. P. Análise comparativa entre os modelos digitais de elevação ASTER, SRTM e TOPODATA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011.

LIMA, J. R. **Sociedade, energia e ambiente semiárido: estudo da Bacia Hidrográfica do Açude Sumé**. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, SP; [s. n.], 205p. 2004.

MARINHO, R. R.; SILVA, E. C. M. Análise morfométrica de áreas afetadas por inundação urbana em Manaus (AM). **Caminhos da Geografia**. Uberlândia. v. 17, n. 59, p162-176, 2016.

MEDEIROS, F. S. **Impactos ambientais e delimitação da área de preservação permanente no Rio Espinharas no trecho urbano de Patos-PB**. (Monografia) Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CSTR – Patos, 88f.: il. color. 2015.

MITASOVA, H.; MITAS, L. Interpolation by regularized Spline with tension: I. Theory and implementation. In: **Mathematical Geology**. v. 25. p. 641–655, 1993.

MUCELIN, C. A., BELLINI, L. M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 20 (1), p. 111-124, 2008.

NASCIMENTO, P. J. A.; LIRA, R. T. M. Uma abordagem sobre o desenvolvimento urbano da cidade de Patos, Estado da Paraíba. **RBDGP**, Pombal – Paraíba, Brasil, v. 1, n. 2, p. 10-16, 2013.

NETELER, M. **Introduction to GRASS GIS software**, 2 ed., Hannover - Germany. (A GRASS beginners tutorial in English language), 1998.

OLIVEIRA, P. T. S. DE; ALVES SOBRINHO, T.; STEFFEN, J. L.; RODRIGUES, D. B. B. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 8, p. 819-825, 2010.

PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente – SECTMA. **PERH-PB** : plano estadual de recursos hídricos : resumo executivo & atlas / Governo do Estado da Paraíba; Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente, SECTMA; Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. – Brasília, DF: Consórcio TC/BR – Concremat, 112p.: il. 2006.

PARAÍBA. **Programa de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca no estado da Paraíba**: PAE -PB. João Pessoa: Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia. Superintendência de Administração do Meio Ambiente, p. 137: .il. 2011.

RIBEIRO, H. J.; FERREIRA, N. C. Análise comparativa de redes hidrológicas geradas a partir de superfícies hidrologicamente consistentes. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 20, n. 4, p. 784-805, 2014.

RIBEIRO G.F., PEREIRA S.Y. Análise morfométrica da bacia hidrográfica Vargens de Caldas, Planalto de Poços de Caldas, MG. **Terræ**, p 15-20. 2013.

SARCINELLI, O.; MARQUES, J. F.; ROMEIRO A. R. Custo de adequação ambiental das áreas de vegetação ripária: estudo de caso na microbacia do Córrego Oriçanguinha, SP. *Revista Informações Econômicas*, v. 38, n. 10, p. 70-79, 2008.

SILVA, R. M.P. **Alteração da cobertura vegetal na sub-bacia do Rio Espinharas no período 2000-2010: o geoprocessamento como ferramenta para o gerenciamento ambiental**. – Patos-PB. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Campina Grande, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, 2011.

SILVA, R. M. P.; LIMA, J. R.; MENDONÇA, I. F. C. Alteração da Cobertura vegetal na sub-bacia do Rio Espinharas no período de 2000-2010. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.18, n.2, p. 202 – 209, 2014.

SOARES, L. S.; LOPES, W. G. R.; CASTRO, A. C. L.; ARAUJO, G. M. C. Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 31, p. 82-100, 2016.

SOBRINHO, T. A.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B.; AYRES. F. M. Delimitação Automática de Bacias Hidrográficas utilizando dados SRTM. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n 1, p. 46-57, jan/fev. 2010.

SOUZA, P. F.; LIMA, J. R.; ARRUDA, P. M.; MENDONÇA, I. F. C.; SILVA; J. A; NÓBREGA, A. M. F. Estimativa do nível de cobertura dos solos e levantamento dos remanescentes arbóreos na bacia hidrográfica do açude Jatobá-PB. In: **Revista Pesquisa**. Campina Grande, v.1, n.1, p.129-135, 2007.

SUDEMA – Superintendência de Administração do Meio Ambiente. **Atualização do diagnóstico florestal do Estado da Paraíba**. João Pessoa: SUDEMA, 268p. 2004.

STRAHLER, A. N. **Quantitative analysis of watershed geomorphology**. *Transactions of American Geophysical Union*, v.38, p.913-20,1957.

USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global**. 2016.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. McGraw-Hill, São Paulo. 245 p. 1975.

CAPÍTULO II

COBERTURA E USO DO SOLO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ESPINHARAS, PB/RN/PE COM ÊNFASE EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) E ÁREAS DE USO RESTRITO (AUR)

COBERTURA E USO DO SOLO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ESPINHARAS, PB/RN/PE COM ÊNFASE NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) E ÁREAS DE USO RESTRITO (AUR)

COVERAGE AND USE OF THE SOIL OF THE HYDROGRAPHIC SUB-BOWL OF RIO ESPINHARAS, PB/ RN/ PE WITH EMPHASIS IN AREAS OF PERMANENT PRESERVATION (APP) AND AREAS OF RESTRICTED USE (AUR)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi realizar uma caracterização da cobertura e uso do solo Sub-Bacia Hidrográfica (SBH) do rio Espinharas com ênfase nas Áreas de Preservação Permanente (APP) e Áreas de Uso restrito (AUR). A SBH rio Espinharas está inserida na Depressão Sertaneja Setentrional, possui uma das paisagens mais típicas do semiárido nordestino, composta pela extensa planície, relevo predominante suave-ondulado, elevações residuais (inselbergs). Para as análises, foram utilizadas imagens multiespectrais dos satélites *Landsat 8 OLI*, das órbitas e pontos 215/65, 216/64, bandas 3,4 e 5. A delimitação da sub-bacia iniciou-se com a obtenção dos atributos hidrológicos no Software QGIS. Para a identificação das áreas de conflitos de uso do solo nas APP e AUR, utilizou-se a álgebra de mapas realizando uma sobreposição do mapa de uso e cobertura do solo com o Mapa das APP e AUR, utilizando *Software SIG Idrisi*. As classes de uso e cobertura do solo na SBH do rio Espinharas possui o predomínio das tipologias de Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta (CAAA) com 2.239,37 km² (68,13%), Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada (CAAF) com 203,17 km² (6,18%) da área total da SBH. Verificou-se também que 752,67km² (22,90%) da área total corresponde a antropismo. Os corpos d'água apresentaram uma área de 25,05 km² representando (0,76%) da área total da SBH, representadas por barragens, açudes e barreiros. As outras tipologias encontradas foram área urbana com 44,63km² (1,36%) da área total e afloramentos rochosos, ocupando 22,06 km² (0,67%) da área total. As imagens de satélites permitiram ter uma visão clara, abrangente e atual do uso e cobertura da terra da SBH do rio Espinharas. A discriminação, o mapeamento e quantificação das áreas de uso e cobertura da terra através da classificação em tela pelo Sistema de Informações Geográficas (IDRISI, QGIS GRASS) permitiu obter resultados com maior agilidade quanto à integração e manipulação das áreas. Os dados obtidos auxiliarão planos de recuperação e ordenamento da área, visto que uma parte da SBH está descumprindo a legislação ambiental vigente.

Palavras-chave: Áreas de Preservação Permanente, Áreas de Uso restrito

ABSTRACT

The objective of this work was to characterize the coverage and use of the Sub-Basin Hydrographic Basin (SBH) of the Espinharas river, with emphasis on Areas of Permanent Preservation (APP) and Areas of Restricted Use (AUR). The SBH Espinharas river is part of the Northern Sertanea Depression. It has one of the most typical landscapes of the northeastern semi-arid region, composed by the extensive plain, predominantly soft-wavy relief, and inselbergs. For the analysis, multispectral

images of the Landsat 8 OLI satellites from the orbits and points 215/65, 216/64, bands 3,4 and 5 were used. The delineation of the sub basin was started with the hydrological attributes obtained in the QGIS Software. In order to identify the areas of land use conflicts in APP and AUR, map algebra was used to map the land use and cover maps with the APP and AUR maps, using SIG Idrisi Software. The classes of land use and cover in the SBH of the Espinharas river have the predominance of the types of Caatinga Arbustiva Aberta Arbacirea Aberta (CAAA) with 2,239.37 km² (68.13%), Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada (CAAF) with 203.17 km² (6.18%) of the total SBH area. It was also verified that 752.67km² (22.90%) of the total area corresponds to anthropism. The water bodies presented an area of 25.05 km² representing (0.76%) of the total area of the SBH represented by dams, dams and barriers. The other typologies were urban area with 44.63 km² (1.36%) of the total area and rocky outcrops, occupying 22.06 km² (0.67%) of the total area. The satellite images allowed to have a clear, comprehensive and current view of the use and land cover of the SBH of the Espinharas river. Discrimination, mapping and quantification of land use and land cover areas through the Geographical Information System (IDRISI, QGIS GRASS) classification allowed us to obtain results with greater agility regarding the integration and manipulation of the areas. The data obtained will help recovery and planning of the area, since a part of SBH is not complying with the current environmental legislation.

Keywords: Permanent Preservation Areas, Areas of Restricted Use

1 INTRODUÇÃO

O histórico de ocupação do Brasil ocorreu em boa parte sem planejamento, marcada pela exploração intensiva dos recursos naturais, visando à exportação, com ênfase no aspecto econômico, desrespeitando o social e ambiental.

Entretanto, a partir da última década do século passado, a compreensão de que se faz necessário aliar a sustentabilidade ao desenvolvimento exige novas posturas em relação à tais explorações, atualmente representadas pela Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, mais conhecida como — "Lei das águas" que institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos e Cria o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGERH) e a Lei 12.651 de 25 de maio de 2012 que dispõe sobre a preservação da vegetação nativa e determina quanto à presença de Áreas de Preservação Permanente (APP) e de Uso Restrito (AUR).

Outro fator que vem corroborar é que a preservação da cobertura vegetal é condição fundamental para a conservação dos recursos hídricos, pois ela desempenha também a função de proteger e manter as nascentes e cursos d'água.

Silva et al (2014) reforçam que a sua retirada descaracteriza os ambientes originais bem como, interfere no balanço hídrico das BH, comprometendo a oferta de água e a sustentabilidade das mais variadas formas de vida, notadamente no semiárido nordestino.

O planejamento integrado da BH é uma das principais técnicas de gestão de determinada unidade territorial tendo em vista o aspecto socioeconômico-ambiental. Para isso, devem utiliza-se indicadores para sistematicamente reduzir conflitos socioambientais, realizar ações de recuperação, preservação, conservação e manejo dos ecossistemas naturais, considerando como ponto imprescindível a qualidade de vida da sociedade (SOARES et al., 2016).

Contudo, ao estudar as BH, torna-se cada vez mais necessária a análise e caracterização das Áreas de Preservação Permanente (APP) e AUR. Para Boin (2005), a quantidade e qualidade dos recursos hídricos sofre a influência dos conflitos entre uso e ocupação destas áreas, onde se destaca a importância do cumprimento da legislação.

Para tal gerenciamento, as ferramentas na área das geotecnologias permitem fazer uma análise integrada do ambiente de forma a entender como questões relacionadas às alterações ambientais se comportam no espaço. Esse é um dos pontos fortes, permitindo que o ambiente seja estudado em partes e entendido como um todo (PIRES et al., 2012).

O uso integrado dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e Sensoriamento Remoto, sobretudo as imagens de satélite de alta resolução espacial, tendo como referência os aspectos técnicos e legais, pode permitir, inclusive ao poder público, verificar a exequibilidade dos projetos de desenvolvimento locais com base na legislação ambiental e na ocorrência do uso inadequado da terra.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi caracterizar a cobertura e uso do solo da SBH do rio Espinharas com ênfase nas APP e AUR.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

A SBH rio Espinharas está inserida na Depressão Sertaneja Setentrional, onde possui uma das paisagens mais típicas do semiárido nordestino que são, a

extensa planície, relevo predominante suave-ondulado, elevações residuais (Inselbergs) (VELLOSO et al., 2002) (Figura 01).

Inserese mais especificamente, nas regiões intermediárias de Patos e Campina Grande (PB), Caicó (RN), Serra Talhada (PE) (IBGE, 2017), (Figura 01).

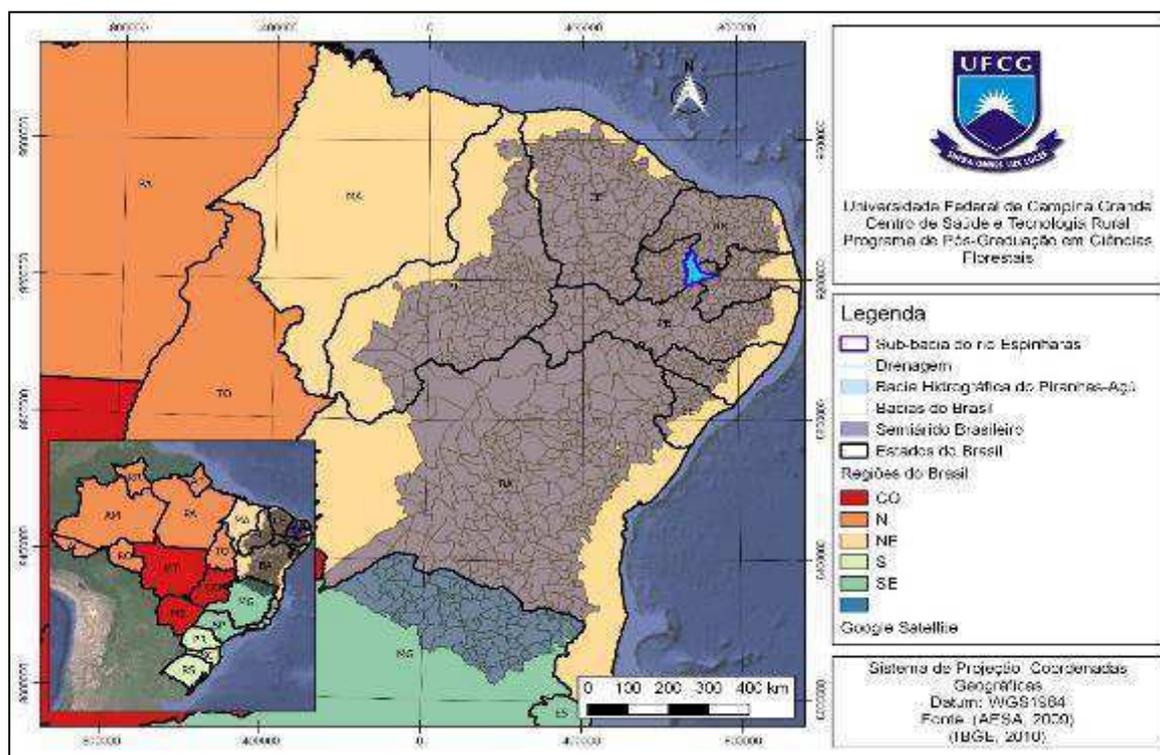


Figura 01 — Mapa de localização da SBH do rio Espinharas, semiárido nordestino, Brasil.

De acordo com Alvares et al., (2014) na área da SBH estudada, são caracterizados os climas como Bsh e Aw'. O tipo Bsh define-se como um clima quente e seco, com chuvas de verão e com média pluviométrica anual em torno de 500 mm e temperatura média anual de 26°C; o tipo Aw' está presente na porção centro ocidental da SBH apresentando clima quente e semiúmido com chuvas de verão - outono, com média pluviométrica em torno de 500 mm e temperatura média anual de 27 °C e estende-se pela porção sudeste da sub-bacia (AESA, 2010; PARAÍBA, 2006).

2.2 Materiais Utilizados

- Cartas Planialtimétricas da SUDENE, editada em 1985 e digitalizada em 1996; folhas de Pombal – PB (SB.24 – Z – A – VI), Serra Negra do Norte – RN (SB.24 – Z – B – IV), Piancó – PB (SB.24 – Z – C – III) e Patos-PB (SB.24 – Z – D – I).

- MDE SRTM abrangendo as cenas 07_w038_1arc_v3.tif.aux; s08_w038_1arc_v3.tif.aux
- Softwares QGIS mais complementos e GRASSGIS e IDRISI.
- Imagens de satélite Landsat 8, Sensor OLI, resolução 30m, bandas 3,4 e 5.
- VANT (Drone Phantom 3, marca DJI).

Para o desenvolvimento do trabalho proposto, foi importante uma revisão bibliográfica para aprofundamento e contextualização de alguns conceitos como BH, bioma caatinga, sensoriamento remoto, geoprocessamento, mapa de uso do solo.

Tabela 01 – Identificação das imagens orbitais com cobertura para a área de estudo.

Satélite	Sensor	Órbita/Ponto	Data
LANDSAT 8	OLI	216/064	06/08/2017
LANDSAT 8	OLI	215/065	15/08/2017

A realização da pesquisa compreendeu as seguintes etapas, visualizadas no fluxograma da Figura 02. O segundo passo consistiu na seleção do *software* a ser utilizado no processamento dos dados, uma limitação é o custo envolvido na aquisição dos mesmos, entretanto uma forma alternativa é a utilização de programas “*open source*”, a exemplo dos SIG QGIS e GRASS, indicados para processamento, análise e visualização dos dados, e utilizados neste trabalho. tornando esse tipo de operação, antes onerosa, muito mais econômica. O Modelo foi utilizado para extração das características morfométricas em ambiente SIG com auxílio das ferramentas QGIS e GRASS.

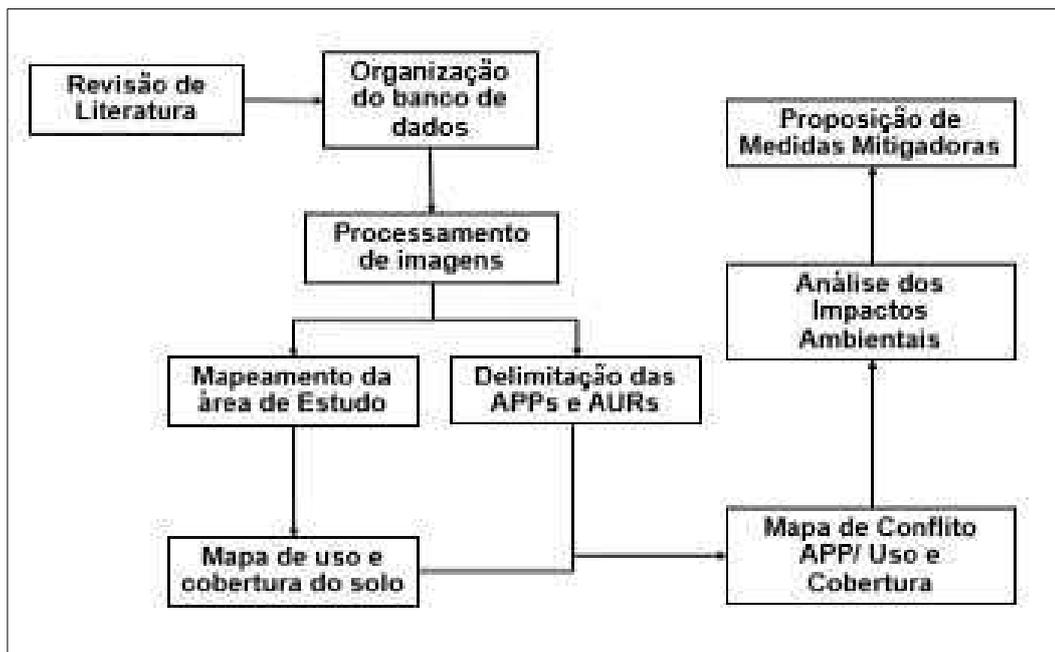


Figura 02 — Fluxograma das etapas metodológicas.

2.3 Métodos aplicados

2.3.1 Processamento MDE SRTM

O MDE SRTM foi adquirido em formato GeoTIFF a partir do site Earth Explore da USGS contendo os dados correspondentes às cenas 07_w038_1arc_v3.tif.aux; s08_w038_1arc_v3.tif.aux com resolução de 1 arc de segundo, que corresponde a aproximadamente 30 metros, referenciadas no *Datum* WGS84.

O Modelo foi utilizado para extração das APP dos cursos d'água e de topo de morro com o auxílio das ferramentas QGIS e complementos, sendo que o processamento dos dados contidos no MDE compreendeu as seguintes etapas:

- Composição de mosaico das STRM (Raster > miscelânea > mosaico);
- Reprojecção do mosaico para coordenadas planas, referenciadas ao *Datum* Sirgas2000, Zona 24 S (Raster > Projeções > Reprojeter);
- Recorte envolvendo a área de estudo (Vetor > Ferramenta de geoprocessamento > recortar);
- Preenchimento de regiões sem dados no MDE SRTM utilizando módulo “*r.fillnulls*”, que opera com algoritmo *Spline* Regularizadora de Tensão – (MITASOVA; MITAS, 1993), implementando no SIG GRASS .

2.3.2 Processamento das imagens orbitais

Foram utilizadas imagens multiespectrais dos satélites LANDSAT 8 OLI, órbita e pontos 215/65, 216/64. As datas das imagens de satélites foram selecionadas correspondente ao período seco, e que apresentassem menor interferência de nuvens buscando proporcionar uma melhor avaliação do uso e cobertura do solo, através do contraste entre a vegetação e solo (SILVA, 2011).

Segundo Silva (2011), para realizar o Georreferenciamento das imagens orbitais, se adota o *Datum* horizontal SIRGAS 2000 e o Sistema de Projeção UTM, utilizando-se pontos de controle no terreno (PC), tendo como base interseções entre estradas, estradas e caminhos, confluências de rios e outros pontos de amarração confiáveis e reconhecíveis, tanto nas imagens orbitais quanto nas imagens do Google Earth 6.0.2.2014. Com isso as imagens serão corrigidas geometricamente aplicando-se a reamostragem pelo método do vizinho mais próximo.

2.3.3 Delimitação da área de estudo.

A delimitação da SBH iniciou-se com a obtenção dos atributos hidrológicos no Software QGIS, na qual foram executados pelo complemento do GRASS “*r.watershed*” (NETELER, 1998). Esse módulo deriva mapas de acumulação de fluxo, direção de drenagem, localização da drenagem e limite da SBH.

2.3.4 Caracterização da cobertura e uso do solo da SBH do rio Espinharas.

Após o pré-processamento das imagens, foram realizadas classificações visuais e supervisionadas. Para o método visual, a primeira etapa foi o processamento das imagens, onde consistiu na mosaicagem > reprojeção para o *Datum* SIRGAS 2000, Zona 24Sul > Composição colorida RGB nas bandas 3,4 e 5.

A segunda etapa consistiu na representação vetorial de cada tema identificado, rasterizando sobre uma máscara antecipadamente gerada com definição do polígono da bacia.

Os temas escolhidos para mapa de uso foram baseados em amostragem de campo, sendo selecionadas previamente na imagem três amostras para classe

temática. Para a classificação automática, foi usado o método verossimilhança (Maxlike). Foram verificadas 10 amostras de cada classe, tendo em vista o treinamento com base na rotulação formulada na interpretação visual da imagem e conhecimento correlato da área de estudo.

A partir da sobreposição das duas classificações, foi gerada uma imagem híbrida com a qual criou-se o mapa de uso e cobertura do solo com as seguintes tipologias: Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta (CAAA) – com predomínio de ervas, arvoretas e árvores esparsas e Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada (CAAF) com a presença de arbustos e árvores com altura variando de 6 a 8 m (SUDEMA, 2004), Área antropizada Área Urbana, Corpos D'água e Afloramento rochoso. Em seguida, calculou-se os valores de área, de cada categoria de uso do solo.

Após a imagem classificada, utilizou-se a estatística Kappa para avaliar a concordância entre os resultados observados e os classificados em uma tabela de contingência (matriz de erro). De acordo com Landis; Koch (1977), os valores de Kappa são equivalentes à qualidade de classificação (Quadro 01).

Durante os trabalhos de campo, verificou-se a “verdade terrestre”, onde foram analisadas, em especial, as áreas com possíveis erros de classificação.

Quadro 01– Qualidade da classificação associada aos valores do índice Kappa.

Índice Kappa	Qualidade
≤0,00	Péssima
0,01 a 0,20	Ruim
0,21 a 0,40	Razoável
0,41 a 0,60	Boa
0,61 a 0,80	Muito Boa
0,81 a 1,00	Excelente

Fonte – Landis; Koch (1977).

2.3.5 Delimitação das APP e AUR da SBH do rio Espinharas

Para geração de APP nas margens de drenos, foram considerados os drenos perenes e intermitentes, conforme legislação em vigor, com canais bem definidos (LIMA, 2008), a partir da quinta e quartas ordens na hierarquia dos drenos. Em

sequência, foram geradas as faixas marginais no módulo “*buffer*” do QGIS de acordo com a medida média da largura do leito regular do rio.

Para as áreas localizadas em topo de elevações (topo de morros, montes montanhas ou serras) com inclinação superior a 25° da elevação ou (área igual ou maior que 100 metros), são consideradas as (AUR), e empregou-se o MDE SRTM, seguindo-se os seguintes passos:

- Análise do MDE (Raster>Análise>MDE Modelos de Terreno), com isso foi obtida a inclinação do terreno em graus;
- Para delimitação das áreas (Menu Raster> Converter> Raster para vetor > Poligonizar).

2.3.6 Verificação do conflito entre as classes de uso e cobertura do solo x APP/AUR

Para identificar as áreas de conflitos de uso do solo em APP e AUR, utilizou-se a álgebra de mapas realizando uma sobreposição do mapa de uso e cobertura do solo com o Mapa das APP e AUR. Os procedimentos foram realizados no Software SIG IDRISI, através do módulo “CROSSTAB”.

Após a sobreposição desses mapas, as áreas foram devidamente quantificadas e caracterizadas quanto ao uso e cobertura do solo levando em conta a legislação ambiental vigente, executando as funções de cálculo de área, pela ferramenta “Área do menu “*Database Query*”, pertencente ao módulo *Analysis* do IDRISI.

3 RESULTADOS

3.1 Caracterização do uso e cobertura do solo

A validação da classificação de uso do solo (Maxlike) apresentou Índice Kappa de 0,8852 (88,52%), considerada no intervalo de qualidade excelente conforme classificação utilizada.

Como se podem observar, as classes de uso e cobertura do solo na SBH do rio Espinharas mostra o predomínio das tipologias de Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta (CAAA) com 2.239,37 km², representando (68,13%) da área total,

caracterizada por uma vegetação rala com alguns indivíduos arbóreos com altura média de 3m, com presença de cactáceas e vegetação herbácea encontrando-se, na maioria das vezes, com alto grau de degradação, localizada em grande parte nas áreas mais planas e também nas áreas com declividade forte ondulado (Tabela 02, Figura 03).

Tabela 02–Uso e cobertura do solo e suas respectivas áreas e porcentagem em relação a área da SBH do Espinharas, Paraíba, Brasil.

Uso e Cobertura	Área (km ²)	Área (%)	Figuras
CAAA*	2239,37	68,13	03
Área antropizada	752,67	22,90	05
CAAF*	203,17	6,18	04
Área Urbana	44,63	1,36	07
Corpos d'água	25,05	0,76	06
Afloramento rochoso	22,06	0,67	07
Total	3286,95	100	

* CAAA – Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta

*CAAF – Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada



Figura 03 – Caatinga arbustiva arbórea Aberta (CAAA) na área da SBH do rio Espinharas, no município de Salgadinho – PB nas coordenadas UTM 738469.22 m E, 9214002.98 m S. Data: (14/02/2018).

Outra tipologia com a presença de vegetação encontrada é a Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada (CAAF) com 203,67 km² (6,18%) da área total da SBH. Nesta tipologia, ocorrem com mais frequência as árvores e arbustos, encontrados nas áreas de maior declividade como encostas dos morros e montanhas, em que se

registra a presença de uma vegetação mais densa, com menos herbáceas e cactáceas (Figura 04).

Sabe-se que a cobertura vegetal é importante no controle da erosão, enchentes e na recarga do lençol freático. Foi verificado “in loco” o uso dessas áreas, para a retirada de madeira e para atividade pecuária extensiva, contribuindo para uma maior degradação das mesmas (ASSIS, 2015).

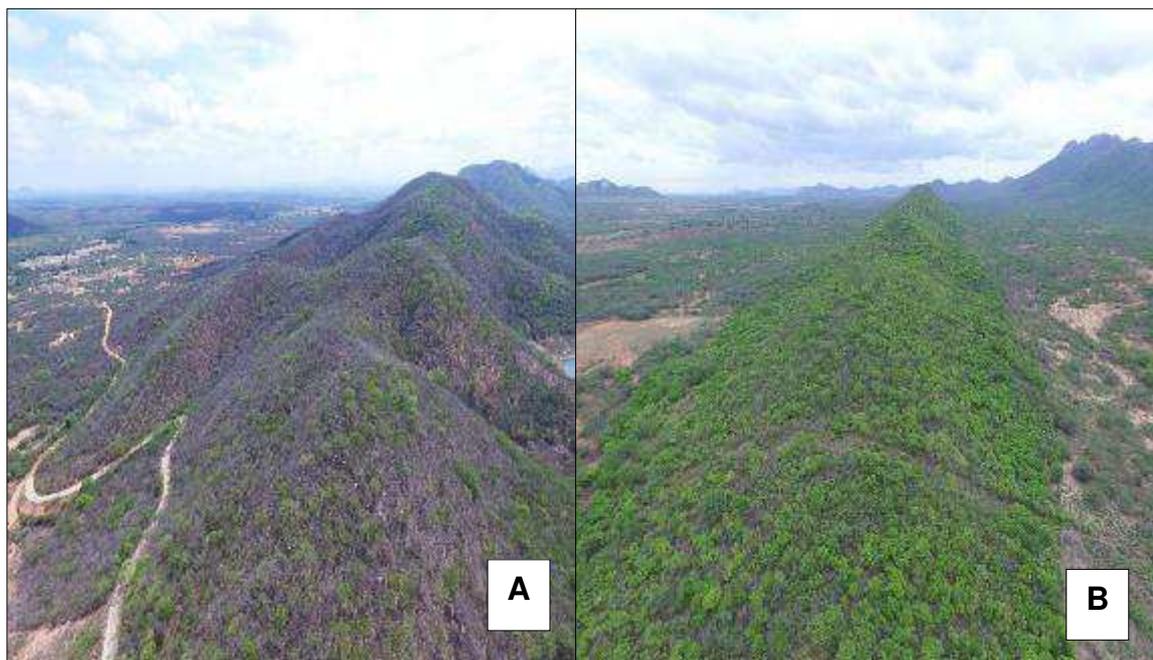


Figura 04 – Caatinga arbustiva arbórea Fechada (CAAA) na área da SBH do rio Espinharas, (A) Zona rural, município de Santa Terezinha-PB coordenadas UTM 675708.52 m E, 9207883.74 m S (B) Serra das Preacas, município de Quixaba- PB nas coordenadas UTM 705204.00 m E, 9221129.00 m S. Data (14/02/2018).

Em outros trabalhos realizados no semiárido nordestino, foi encontrado o predomínio de vegetação ocupando a maior parte da área das BH's como Andrade; Oliveira (2004), Mendonça et al (2010), Silva (2010), Souza (2010), Assis et al (2012), Marcelino (2012), Silva (2014) e Assis (2015).

Verificou-se também que 752,67 km² (22,90%) da área total correspondem à área antropizada sendo a segunda maior tipologia encontrada. Essa topologia foi classificada entre pastagem (nativa e plantada), agricultura de subsistência onde predomina o milho e o feijão e a extração mineral (Figura 05). Está localizada, em grande parte, às margens dos rios e se estende até as cabeceiras dos cursos d'água que alimentam a SBH onde podem contribuir para o aumento da degradação da área, principalmente pela erosão, assoreamento e poluição das águas superficiais.

Resultados diferentes foram encontrados por Mendonça et al., (2010) ao estudar a SBH do Rio Jatobá, Patos-PB, inserida na área de estudo, na qual identificou que, neste trecho, 41,4% da área da SBH estavam ocupadas por área antropizada; 29,7% por CAAA, 23,2% de CAAF e 5,7% de corpos D'água. Esse resultado diferente para área antropizada ocorreu devido à SBH do açude do Jatobá está localizada em uma área mais próxima da área urbana do município de Patos-PB, resultando em maior ação antrópica e pressão por recursos naturais.

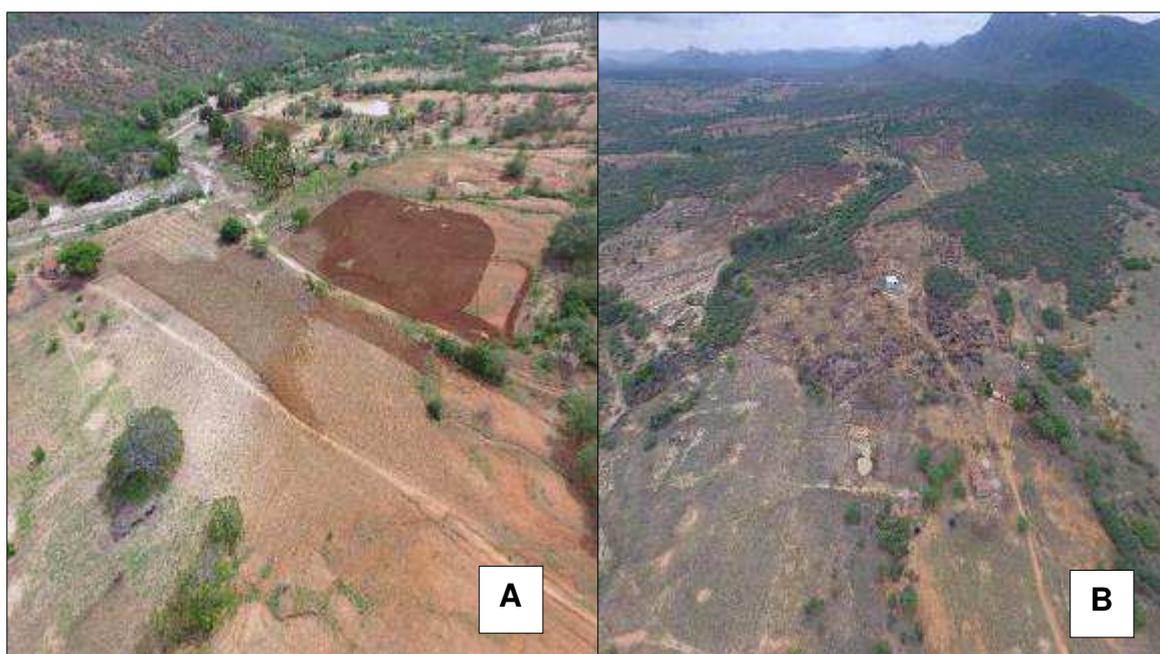


Figura 05 – Classe de Área antropizada na área da SBH do rio Espinharas, (A) Área rural do município de Sangadinho-PB, coordenadas UTM 738184.00 m E, 9214946.00 m S, (B) Zona rural, município de Quixaba- PB nas coordenadas UTM 705204.00 m E, 9221129.00 m S. Data: (14/02/2018).

No semiárido, a maioria dos solos são férteis, porém rasos (Silva et al., 2014). Esta peculiaridade exige do homem do campo a utilização de práticas conservacionistas do solo, eliminando ou diminuindo o risco de erosão e o transporte da camada fina de solo agricultável, o que normalmente não ocorre. Para isso, é importante a assistência técnica, que precisa estar preparada para enfrentar o baixo nível de escolarização do produtor rural e os poucos recursos financeiros para investir numa agricultura sustentável e viável economicamente Mendonça et al., (2010).

À tipologia corpos d'água que apresentou uma área de 25,5 km² (0,76%) da área total da SBH onde é representada por barragens, os açudes e barreiros (Figura 06).



Figura 06 –Corpos D'água na área da SBH do rio Espinharas, (A) Açude Capoeira, município de Santa Terezinha-PB, coordenadas UTM 676405.17 m E, 9207083.08 m S, (B) Barragem da Farinha, município de Patos– PB nas coordenadas UTM 694063.00 m E, 9216083.00 m S. Data:(14/04/2018).

Na sub-bacia estudada, existem poucos reservatórios de maior representatividade, sendo os mais conhecidos o Açude do Jatobá com capacidade de 17.516.000 de m³, o Açude Farinha com capacidade de 25.738.500 m³, ambos localizados no município de Patos-PB e o Açude da Capoeira sendo o mais representativo com 53.450.000 m³ localizado no município de Santa Terezinha-PB (AESAs, 2010) O restante dos corpos hídricos apresenta menor porte, categorizados como barreiros e pequenas barragens, não constituindo reservatórios que tenham condições de armazenar água para os períodos de estiagem, fato que deixa a população dependendo de carros pipas ou mesmo cacimbas e poços construídos emergencialmente.

As outras tipologias encontradas foram Área Urbana com 44,63 km² representando (1,36%) e por último Afloramentos rochosos com 22,06 km² representando (0,67%) da área total da SBH do rio Espinharas. A área de drenagem da SBH do rio Espinharas estende-se por trinta e um (31) municípios, sendo vinte (25)

no Estado da Paraíba, três (03) do Estado do Rio grande do Norte e três (03) do Estado do Pernambuco. Os municípios mais representativos na área de estudo são São José de Espinharas e Patos-PB (Figura 07). A região geográfica imediata de Patos é integrada por nove municípios, e apresenta o maior índice de população da região, tornando-se um dos fatores, juntamente com sua posição geográfica privilegiada, relevante para o fortalecimento da sua centralidade (CAVALCANTE, 2008).

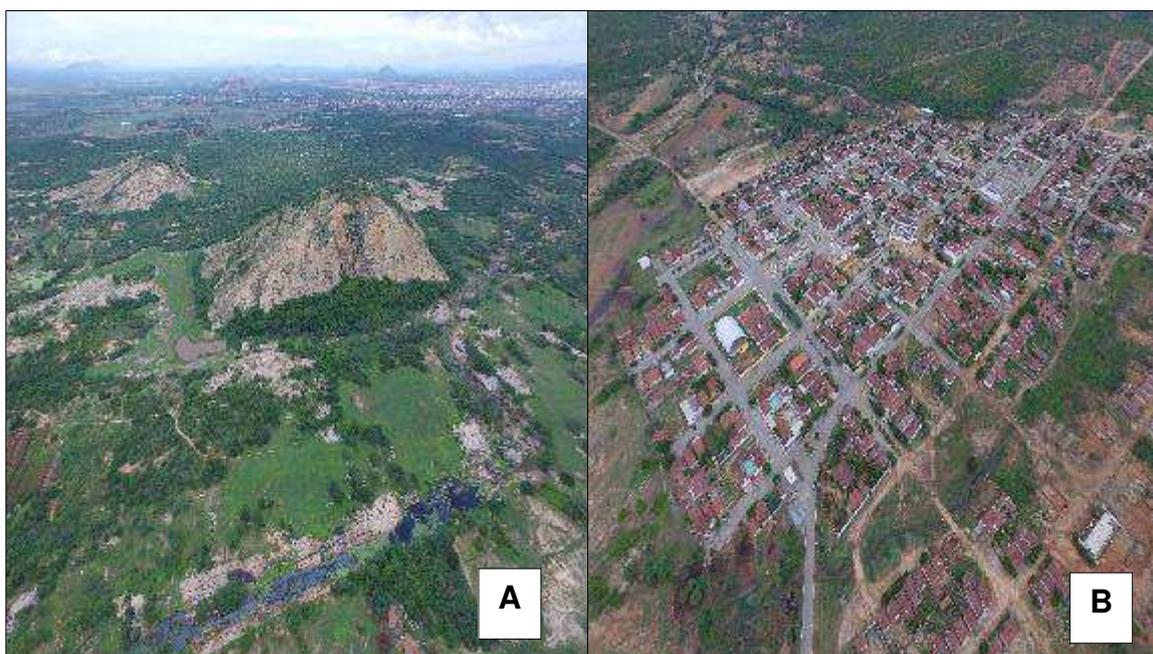


Figura 07– (A) *Inselbergs* Farinha dos Gatos I e II, zona rural do município de Patos-PB, coordenadas UTM 692667.94 m E, 9217555.92 m S, (B) Área Urbana, município de São José de Espinharas– PB nas coordenadas UTM 685007.19 m E, 9242647.97 m S. Data:(14/02/2018).

Os afloramentos fazem parte das paisagens mais típicas do semiárido nordestino, estando inseridos na depressão Sertaneja Setentrional, com uma extensa planície pediplanada, com altitudes que variam de 250 m até 700 m.. Algumas dessas rochas são de natureza granítica e são bastante exploradas para utilização na construção civil.

As imagens de satélites permitiram oferecer uma visão clara, abrangente e atual do uso da terra. A discriminação, o mapeamento e a quantificação das áreas de uso da terra através da classificação em tela pelo Sistema de Informações Geográficas (IDRISI, QGIS GRASS) permitiu obter resultados com maior agilidade quanto á integração e manipulação das áreas (Figura 08).

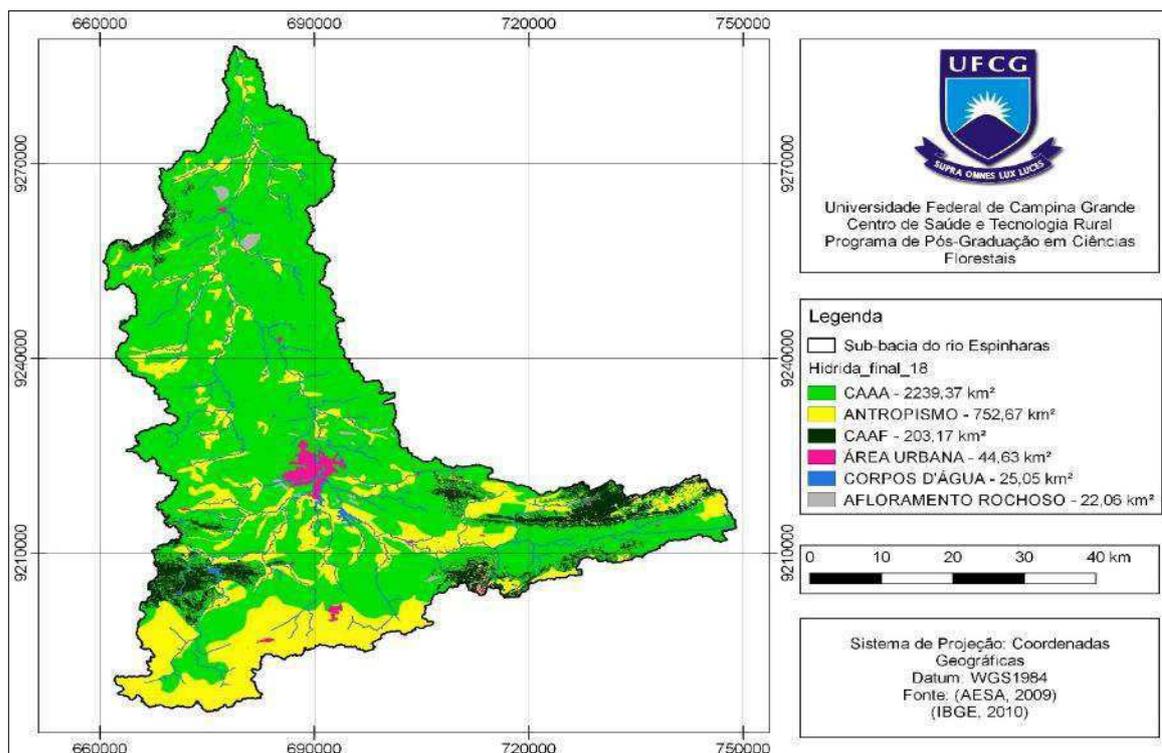


Figura 08 – Mapa de Uso e cobertura do solo da SBH do rio Espinharas.

Em muitos lugares, ocorre o aproveitamento dessas áreas para construção de tanques de pedras, tendo em vista o armazenamento de águas pluviais.

3.2 Mapeamento das APP e AUR

A partir da legislação florestal em vigor e o auxílio do geoprocessamento, conforme descrito na metodologia, obteve-se o mapa das APP e AUR, (Figura 09).

Observa-se que as AUR ocupam maior área com 105,64 km² (3,21%) seguida pelas APP de Drenos com 82,36 km² (2,51%) APP de Corpos D'água, 56,45 km² (1,72%) (Tabela 03). As APP são consideradas áreas protegidas, cobertas por vegetação nativa ou exótica, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, como também facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012a).

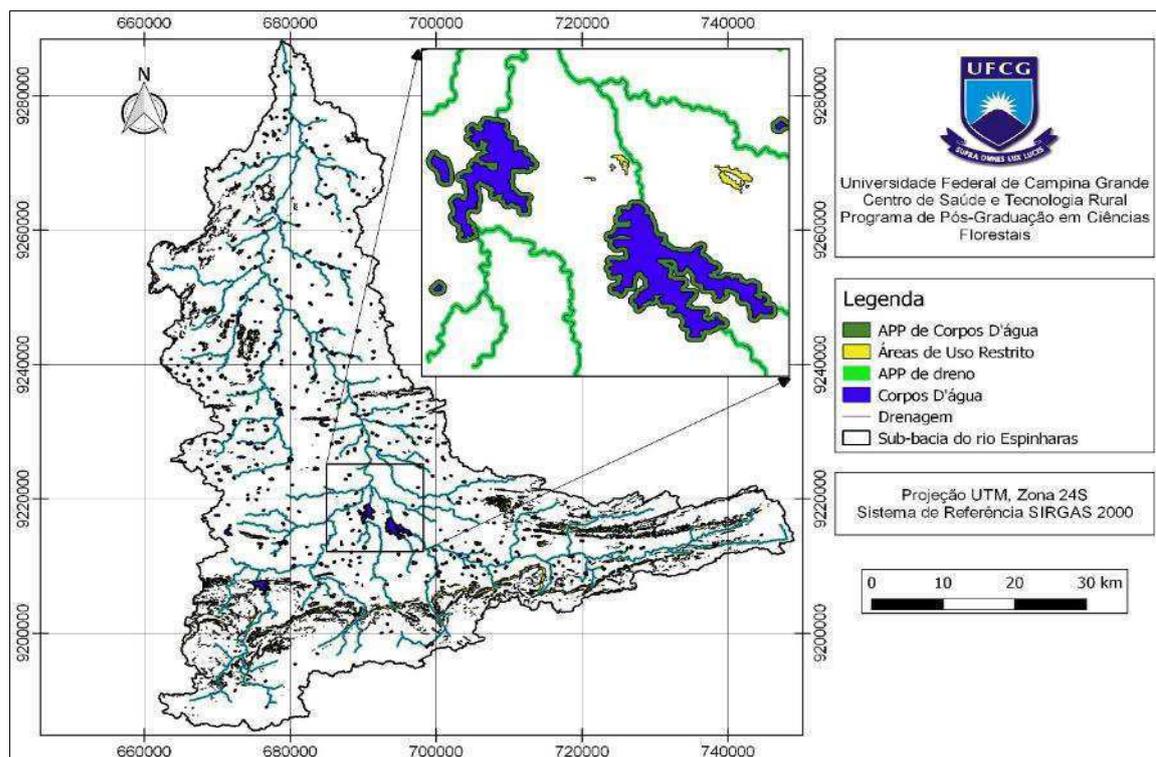


Figura 09 – Mapa das APP e AUR da SBH do rio Espinharas.

Tabela 03 - APP e AUR e suas respectivas áreas e porcentagem em relação à área da SBH do rio Espinharas, Paraíba, Brasil.

APP's	Área (km ²)	% em relação a área da sub-bacia
Áreas de Uso Restrito	105,64	3,21
APP de Dreno	82,36	2,51
APP de Corpo D'água	56,45	1,72
Total	244,45	7,44

Na SBH do rio Espinharas, atividades antrópicas têm causado impactos ao meio natural, principalmente pela retirada da vegetação, como por exemplo, assoreamento, erosão dos drenos devido à falta da mata ciliar.

Outra questão que merece atenção é a obrigatoriedade de as APP serem cobertas por vegetação nativa ou exótica, pois, de acordo com Garcia et al. (2015), essas áreas têm a função de reduzir o transporte de material para os cursos d'água, o assoreamento em suas margens, minimizando os processos erosivos e, finalmente, auxiliando na manutenção e preservação da biodiversidade.

3.3 Conflito entre Uso e Cobertura do solo x APP e AUR

Apesar da importância e de serem reservadas por lei, as APP e AUR vêm sendo alvo de atividades antrópicas, ocasionando interesses conflitantes de uso e ocupação do solo.

Quanto ao cumprimento da legislação ambiental, principalmente no que se refere à proteção das APP e AUR, verifica-se que a SBH do rio Espinharas apresenta uma realidade diferente do que está prevista na legislação.

Observa-se na (Tabela 04), que grande parte das áreas de preservação permanente apresentam uso conflitante em relação ao que é instituído pela legislação ambiental vigente (BRASIL, 2012a), sendo 144,95 km² das áreas de APP e AUR (59,85%) cobertas por Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta (CAAA) e 29,53 km² das áreas de APP e AUR (9,77%) estão cobertas por Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada (CAAF). Em contrapartida, 60,31 km² (26,73%) das áreas de APP e AUR estão sendo utilizadas para atividades antrópicas (Figura 10).

Tabela 04 – Conflito entre as Classes de Uso e Cobertura do solo e APP e área de Uso Restrito na SBH do rio Espinharas.

Classes		Área (km ²)						
APP \ Uso e Cobertura	APP de Corpo D'água	Área (%)	APP de Dreno	Área (%)	Área de Uso Restrito	Área (%)	Total (km ²)	Total (%)
CAAA	38,17	67,76	40,04	48,63	66,74	63,17	144,95	59,85
Área Antropizada	16,27	28,88	35,87	43,57	8,17	7,73	60,31	26,73
CAAF	1,23	2,18	1,27	1,55	27,03	25,58	29,53	9,77
Área Urbana	0,38	0,68	0,96	1,17	0,37	0,35	1,72	0,73
Corpos D'água	0,25	0,45	4,08	4,95	0,10	0,10	4,44	1,83
Afloramento rochoso	0,03	0,05	0,11	0,14	3,23	3,06	3,37	1,08
Total	56,34	100,00	82,33	100,00	105,64	100,00	244,31	100,00

De acordo com Medeiros (2015), um dos principais impactos encontrados no rio Espinharas, é a retirada das árvores da mata ciliar. Ainda mencionou que nesses locais é cada vez mais visível a presença de resíduos sólidos e líquidos, invasão e ocupação irregular.

As APP de Dreno que estão localizadas às margens de rios perenes e intermitentes e as APP de Corpos D'água que estão localizadas às margens de açudes e barragens representam juntas uma área de 138,67 km² e estão com 52,14 km² (32,37%) da área ocupada por atividades antrópicas. Estas são áreas com solos com maior teor de umidade e maior fertilidade natural e estão presentes nas adjacências dos reservatórios d'água, os quais são amplamente utilizados com pouca ou nenhuma conservação por parte do homem do campo para agricultura de subsistência, ou pastagem (MENDONÇA et al., 2010) (Figura 10).

Existem também conflitos onde as APP, AUR estão ocupadas com 1,72 km² de área urbana (0,73%) da área total da SBH do rio Espinharas. Observa-se que, mesmo que as APP tenham resguardo legal em nível, federal, estadual e municipal para controlar a sua ocupação e degradação, as mesmas são ocupadas pelas classes de uso e cobertura do solo, ocorrendo o descumprimento da legislação, provavelmente pela falta de fiscalização e/ou pela omissão dos órgãos competentes (ALVES; MEDEIROS, 2016) (Figura 10).

A população ribeirinha é uma das principais causadoras desses impactos, e também a primeira a se prejudicar, pois, corroborando com Mendonça et al., (2010), para alcançar a reversão destes processos, é necessária a mudança de postura da sociedade, como também a de gestores numa ação conjunta dos poderes públicos, da população e dos empresários, contribuindo para a redução dos impactos que assolam a SBH do rio Espinharas, bem como sua recuperação.

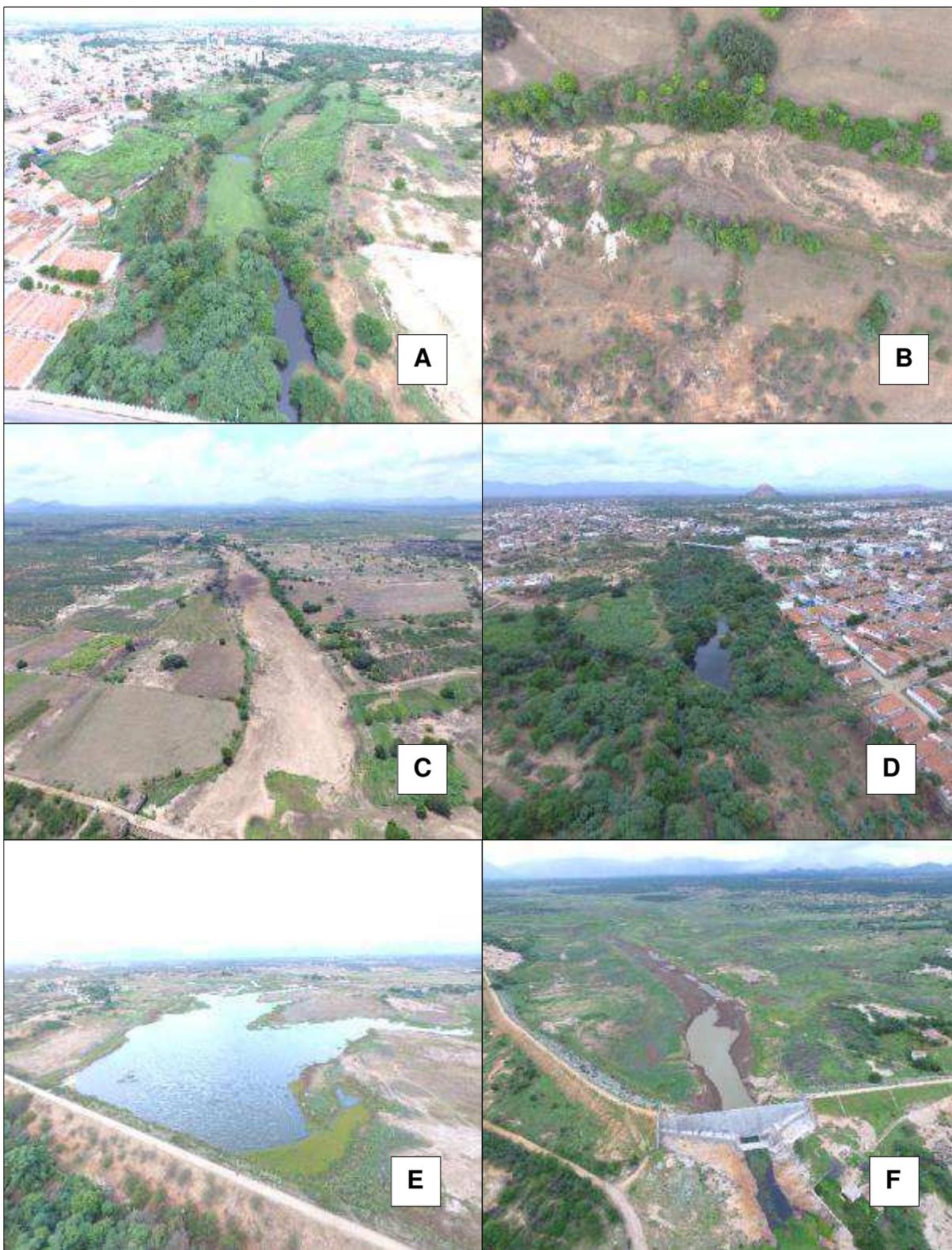


Figura 10 – Imagens utilizadas para verificação dos conflitos entre Mapa de Uso e Cobertura do solo e Mapa de APP e Área de Uso Restrito. A- APP de Dreno antropizadas com plantio de pastagem; B- APP de Dreno com solo Exposto e rio assoreado; C- Rio assoreado, solo exposto nas margens e áreas com agricultura; D- APP com vegetação e área urbana; E- APP de corpo D'água sem vegetação e F- APP de corpo D'água sem vegetação. com localização na SBH do rio Espinharas. Data:(14/02/2018).

4 CONCLUSÕES

As classes de uso e cobertura do solo na SBH do rio Espinharas mostram o predomínio das tipologias de Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta (CAAA) com 2.239,37 km² (68,13%) e área antropizada com 752,67 km² (22,90%) da área total da SBH do rio Espinharas. Outra tipologia encontrada é a Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada (CAAF) com 203,17 km² (6,18%). A tipologia corpos d'água apresentou uma área de 25,5 km² (0,76%) da área total da SBH representada por barragens, açudes e barreiros. As outras tipologias encontradas foram área urbana com 1,36 km² (44,63%) e afloramentos rochosos com 22,06 km² representando (0,67%) da área total.

A adoção de medidas e práticas para conservação do solo dessas áreas é fundamental para se manter a qualidade ecológica destes recursos a longo prazo. A não observância deste equilíbrio na formulação dos sistemas agropecuários tem sido responsável pela quebra deste equilíbrio e pela contínua degradação deste recurso, principalmente devido à perda de solo via erosão nas áreas de cultivo.

As imagens de satélites permitiram oferecer uma visão clara, abrangente e atual do uso da terra. A discriminação, o mapeamento e quantificação das áreas de uso da terra através da classificação em tela pelo Sistema de Informações Geográficas (IDRISI, QGIS GRASS) permitiu obter resultados com maior agilidade quanto à integração e manipulação das áreas.

Os dados obtidos auxiliarão nos futuros projetos de recuperação e ordenamento da área, visto que uma parte da SBH não vem sendo preservada e está descumprindo a legislação ambiental vigente.

5 REFERÊNCIAS

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Relatório anual sobre a situação dos recursos hídricos no Estado da Paraíba: ano hidrológico 2008-2009**. AESA, 2010.

ALVES, J. B.; MEDEIROS, F.S. Impactos Ambientais e Delimitação da Área de Preservação Permanente no Rio Espinharas no trecho urbano de Patos-PB. **Revista Redes**. v. 21, n° 2, p. 207-130, maio/ago. 2016.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, 711–728, 2014

ARAÚJO, I. P. de. **Diagnóstico das fontes de abastecimento hídrico na Microbacia Hidrográfica do Rio Farinha/PB**. – Patos – PB: UFCG – CSTR, 2008.60f. il. Monografia de Especialização (Educação Ambiental e Sustentabilidade). - Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande. CD-ROM.

ARAÚJO. **Uso e degradação dos recursos naturais no semiárido brasileiro: estudo na microbacia hidrográfica do Rio Farinha /PB**. Patos – PB: CSTR - UFCG, 2010. 134f.: il. Dissertação de Mestrado (Ciências Florestais) - Centro de Saúde e Tecnologia Rural / Universidade Federal de Campina Grande).

ASSIS, F. R. V.; LIMA J. R.; MENDONÇA, I. F. C. DE; SILVA, J. E. R.; SANTOS, H. C. M.; MEDEIROS, J. X. Uso do geoprocessamento no estudo da cobertura dos solos no semiárido brasileiro. **Scientia Plena**, v.8, n.4, p.1-6, 2012, v.8, n.4, p.1-6, 2012.

ASSIS, F. R. V. de. **Identificação de áreas potenciais à vulnerabilidade ambiental na microbacia do Talhado, Santa Luzia-PB**, 2015. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestais) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2015.

ANDRADE, J. B.; OLIVEIRA, T. S. Análise espaço-temporal do uso da terra em parte do 546 semiárido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v.28, p.393-401, 547 2004.

BOIN, M. N. Áreas de Preservação Permanente: Uma visão prática. Manual Prático da promotoria de Justiça do Meio Ambiente. 1 ed. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, v.2. 2005.

BRANDÃO, M. H. M. **Índice de degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio do Peixe – PB**. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Pernambuco- UFPE, Recife – PE. 133 p. 2005.

BRASIL. Código Florestal Atual. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012a**. Disponível em< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 28/06/2018 às15h36min.

BRASIL. Alteração da Lei Nº 12.651 de 25 de maio de 2012. **Lei nº 12.727 de 17 de outubro de 2012b**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm>. Acesso em 28/06/2018 às 15h30min.

CAVALCANTE, V. L. U. **A CENTRALIDADE DA CIDADE DE PATOS-PB: um estudo a partir de arranjos espaciais**. Dissertação (mestrado em geografia) – Universidade Federal da Paraíba – UFPB. João Pessoa-PB. 117p. 2008.

GARCIA, Y. M.; CAMPOS, S.; SPADOTTO, A. J.; CAMPOS, M.; SILVEIRA, G. R. P. Caracterização de conflitos de uso do solo em APPs na bacia hidrográfica do córrego Barra Seca (Pederneiras/SP). **Energia na Agricultura** (UNESP. Botucatu. CD-Rom), v. 30, p. 68, 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo, 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 24/09/2016, às 15h42min.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100600.pdf>>. Acesso em 30/06/2018 as 11h29min.

LANDIS, J.; KOCH, G. G. The measurements of agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.3, p.159-179, 1977.

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. 2. ed. São Paulo: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 245p, 2008.

MARCELINO, R. L. **Riscos e vulnerabilidades da bacia hidrográfica de Santa Luzia – PB**. 2012. 138 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e 602 Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.

MEDEIROS, F. S. **Impactos ambientais e delimitação da área de preservação permanente no Rio Espinharas no trecho urbano de Patos-PB**. (Monografia) Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CSTR – Patos, 88f.: il. color. 2015.

MENDONÇA, I. F. C.; SILVA, J. E. R.; SOUZA, A. T. A.; LOPES, I. S.; NETO, P. N. M. Adequação do uso do solo em função da legislação ambiental na bacia hidrográfica do açude do Jatobá, Patos-PB. **Geografia (Londrina)**. v.19, n.2, 2010.

MITASOVA, H.; MITAS, L. Interpolation by regularized Spline with tension: I. Theory and implementation. In: **Mathematical Geology**, v.25. p. 641–655, 1993.

NETELER, M. **Introduction to GRASS GIS software**, Hannover, 2^o ed.1998.

PIRES, E. V. R.; SILVA, R. A.; IZIPPATO, F. J.; MIRANDOLA, P. H. Geoprocessamento Aplicado a Análise do Uso e Ocupação da Terra para Fins de Planejamento Ambiental na Bacia Hidrográfica do Córrego Prata – Três Lagoas (MS). **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.2, n.4, p.1528 – 1538, 2012.

SANTOS, H. G. et al., **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 3 ed. Brasília, DF: Embrapa, 353 p, 2013.

SILVA, L.; LIMA, E. R. V.; ALMEIDA, H. A.; COSTA FILHO, J. F. Caracterização geomorfológica e mapeamento dos conflitos de uso na bacia de drenagem do

Açude Soledade. **Revista brasileira de geografia e física**, v. 3, n. 2, p. 112-122, 2010.

SILVA, R. M.P. **Alteração da cobertura vegetal na sub-bacia do Rio Espinharas no período 2000-2010: o geoprocessamento como ferramenta para o gerenciamento ambiental**. 2011. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. CSTR/PPGF, Patos-PB, 143p.: il. 2011.

SILVA, R. M. P.; LIMA, J. R.; MENDONÇA, I. F. C. Alteração da Cobertura vegetal na sub-bacia do Rio Espinharas no período de 2000-2010. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.18, n.2, p. 202 – 209, 2014.

SOARES, L. S.; LOPES, W. G. R.; CASTRO, A. C. L.; ARAUJO, G. M. C. Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **Revista do Departamento de Geografia: USP**, v. 31, 2016.

SUDEMA – Superintendência de Administração do Meio Ambiente. **Atualização do diagnóstico florestal do Estado da Paraíba**. João Pessoa: SUDEMA, 268p. 2004.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C.;(Eds.). **Ecorregiões propostas para o bioma catinga**. Recife: Associação Plantas do Nordeste; Instituto de Conservação Ambiental The Nature Conservancy do Brasil, 2002. 76 p.