UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE/PRODEMA

Análise da Paisagem e Dinâmica Socioeconômica e Ambiental na Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape – PB

Hugo Yuri Elias Gomes de Assis

2017
Natal – RN
Brasil

Hugo Yuri Elias Gomes de Assis

Análise da Paisagem e Dinâmica Socioeconômica e Ambiental na Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape – PB

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Orientador: **Prof. Dr. Daniel Durante Pereira Alves**

Co-Orientadora: **Profa. Dra. Nadjacleia Vilar Almeida**

2017

Natal – RN

Brasil

Hugo Yuri Elias Gomes de Assis

Dissertação submetida ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN), como requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA:

_____

Prof. Dr. Daniel Durante Pereira Alves
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN)

_____

Prof. Dr. Marcelo Dutra da Silva
Membro Externo à UFRN e ao Estado (Universidade Federal do Rio Grande)

_____

Prof. Dr. Reinaldo Antonio Petta
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN)

“Não ande apenas pelo caminho
traçado, pois ele conduz somente até
onde os outros já foram”.

(Alexander Graham Bell)

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo financiamento. À Universidade Federal do Rio Grande do Norte, em especial ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela oportunidade de realizar esta pesquisa. À toda a equipe Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento da Universidade Federal da Paraíba pelo total apoio, em especial a Iara Medeiros, Mayara Dantas e Jonas Fernandes. Aos Profs. Drs. Daniel Durante Pereira Alves e Nadjacleia Vilar Almeida pelo incentivo, apoio e orientações. Ao Prof. Dr. Raphael Moreira Beirigo pelo apoio em campo e fornecimento de equipamentos. A toda minha turma de mestrado. Ao Prof. Dr. Eduardo Venticinque pelo apoio, conselhos e por dar a oportunidade de estagiar junto a disciplina que ministra na graduação em Ecologia adquirindo mais experiência docente. Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade representado pelas administrações das Unidades de Conservação APA da Barra do Rio Mamanguape e ARIE dos Manguezais da Foz do Rio Mamanguape onde foi realizada a pesquisa por todo o apoio, em especial a Analista Ambiental da APA, Thalma Grisi. A minha família pelo apoio moral e financeiro. A Pedro Henrique Cesar pelo apoio e incentivo fundamentais desde o ato de inscrição de seleção do programa, à finalização da pesquisa. Aos amigos e amigas que me apoiaram, serviram de inspiração e me deram forças para desenvolver essa pesquisa em especial ao Prof. Dr. Marivaldo Wagner, Mel Luna, Lucilane Araújo, Isaac Newton, Paula Dorti, Marcelo Lira, Marcell Pessoa, Aloisio Montenegro, Eunília Lins, Edvaldo Alves, Albelice Carneiro, Josimar Batista "Bah", Vitor Melo, Lucas Aguiar, Jefferson Clemente - "Tito" e Leandro "Dentinho". Às comunidades do Oiteiro, Praia de Campina, Tanques, Lagoa de Praia e Barra de Mamanguape pela recepção, apoio e confiança. A Russeane Fernandes pela ajuda na formatação e revisão do texto.

RESUMO

Análise da Paisagem e Dinâmica Socioeconômica e Ambiental na Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape – PB

Este trabalho teve como foco identificar e espacializar a área de influência hidrológica direta dos manguezais, sua dinâmica de paisagem e os aspectos socioeconômicos da Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape no período de quinze anos (2001 – 2016). Com este objetivo este trabalho identificou a área de influência hidrológica (AIH) direta nos manguezais desta APA, assim como as principais linhas de drenagem que formam a rede de escoamento de seu manguezal; analisou alguns parâmetros morfométricos e conceitos de Ecologia da Paisagem das fragilidades ambientais das bacias identificadas; analisou a dinâmica de uso e ocupação da terra em escala temporal por meio de técnicas e métricas de análise da paisagem; e analisou a dinâmica socioeconômica em escala temporal de 10 anos (censos 2000 e 2010). Após a realização da pesquisa, constatou-se que, dentre as bacias analisadas, a bacia do Mamanguape possui parâmetros morfométricos e usos da terra que ameaçam a homeorrese dos ecossistemas naturais. Também foi observada uma redução significativa (7.529 ha) dos Ecossistemas Naturais durante o período. A falta de planejamento, fiscalização, oportunidades de auferir renda pelas comunidades, além das situações de risco sociais contribuíram neste sentido. Também houve forte dinâmica nos parâmetros socioeconômicos analisados em todos os seis municípios inseridos na AIH. O corte de verbas do Governo Federal junto ao ICMBio que administra a UC influencia nas ações preventivas e de educação ambiental. Há falhas na elaboração e implementação de políticas públicas voltadas a conservação ambiental e melhoria da qualidade de vida dos habitantes pelos órgãos responsáveis. A falta de comunicação entre as diferentes esferas da administração pública compromete as ações de fiscalização, prevenção e punição das infrações ambientais. A privação de liberdades substantivas influencia negativamente nas relações socioambientais por meio do uso extrativista dos recursos naturais não planejados. Faz-se necessário ações conjuntas entre sociedade civil organizada e o poder público em todas as esferas a fim de fortalecer o desenvolvimento local sustentável com gestão participativa. A região possui riquezas naturais e culturais que devem ser conservadas, incluindo a cultura indígena. O uso de diferentes técnicas geotecnológicas, somados aos conhecimentos da Ecologia de Paisagem, mostrou-se relevante para um melhor entendimento acerca da dinâmica desta paisagem. Foram geradas informações sólidas para o planejamento de ações de mitigação de impactos negativos e para conservação dos recursos naturais e fiscalização pelos órgãos responsáveis. Levando em consideração a dinâmica socioeconômica por meio da avaliação de dados dos censos realizados pelo IBGE é conclusivo que foram identificadas as fragilidades nas diferentes comunidades. Assim, foram gerados dados importantes para o Estado e outras instituições na busca de soluções para problemas socioeconômicos que interferem diretamente na conservação dos recursos naturais.

PALAVRAS-CHAVE: Influência Hidrológica; SIG; Unidade de Conservação de Uso Sustentável; Análise temporal; Ecologia de Paisagem; Análise socioeconômica.

ABSTRACT

Landscape Analysis and Socioeconomic and Environmental Dynamics in the Environmental Protection Area of the Mamanguape River Estuary – PB

This work focused on identify and spatialize the area of direct hydrological influence of mangroves, its landscape dynamics and the socioeconomic aspects of the Environmental Protection Area (EPA) of Barra do Rio Mamanguape in the period of fifteen years (2001-2016). With this objective, this work identified the direct hydrological influence area (HIA) in the mangroves of this EPA, as well as the main drainage lines that form the drainage network of its mangrove. Analyzed some morphometric parameters and Landscape Ecology concepts of the environmental fragilities of the identified basins. Analyzed the dynamics of land use and occupation on a temporal scale through techniques and metrics of landscape analysis, and analyzed the socioeconomic dynamics on a 10-year time scale (censuses 2000 and 2010). After the research, it was verified that, among the analyzed basins, the Mamanguape basin has morphometric parameters and land uses that threaten the homeorres of the natural ecosystems. A significant reduction (7,529 ha) of the Natural Ecosystems during the period was also observed. The lack of planning, supervision, opportunities to earn income for the communities, and social risk situations contributed to this. There was also a strong dynamic in the socioeconomic parameters analyzed in all six counties inserted in the HIA. The Federal Government funds cut for the ICMBio, which manages the UC influences in the preventive actions and of environmental education. There are shortcomings in the elaboration and implementation of public policies that aim for environmental conservation and improvement of the quality of life of the inhabitants by the responsible agencies. The lack of communication between the different spheres of public administration compromises the actions of inspection, prevention and punishment of environmental infractions. The deprivation of substantive liberties negatively influences social-environmental relations through the extractive use of unplanned natural resources. There is a need for joint actions between organized civil society and government in all spheres in order to strengthen sustainable local development with participatory management. The region has natural and cultural wealth that must be preserved, including indigenous culture. The use of different geotechnical techniques, added to the knowledge of Landscape Ecology, has proved relevant for a better understanding of the dynamics of this landscape. Solid information for planning of negative impacts mitigation and conservation of natural resources and supervision by responsible agencies were generated. Taking into account the socioeconomic dynamics through the evaluation of census data carried out by the IBGE, it is conclusive that the fragilities in the different communities were identified. Thus, important data were generated for the State and other institutions in the search for solutions to socioeconomic problems that interfere directly in the conservation of natural resources.

Key words: Hydrological Influence; SIG; Sustainable Use Conservation Unit; Temporal analysis; Landscape Ecology; Socioeconomic analysis.

LISTA DE SIGLAS

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
AI – Altitude Inicial
AIH – Área de Influência Hidrológica
AM – Altitude média
APA – Área de Proteção Ambiental
ARIE – Área de Relevante Interesse Ecológico
EC – Ecossistema Cultural
EM – Elevação Média
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EN – Ecossistemas Naturais
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IDEME - Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba
IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
LCG – Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento
MDE – Modelo Digital de Elevação
MDT – Modelo Digital do Terreno
SIG – Sistema de Informações Geográficas
SRTM - Shuttle Radar Topography Mission
TI – Território Indígena
UC – Unidade de Conservação
UFPB – Universidade Federal da Paraíba
UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

LISTA DE FIGURAS – INTRODUÇÃO GERAL

Figura 1 - Quadro “Jogos Infantis” do holandês Pieter Breughel.....20
Figura 2 - Localização da Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape e da Área de Influência Hidrológica direta nos manguezais.....25
Figura 3 – Localização das terras indígenas potiguaras.....26
Figura 4 - Localização das Unidades de Conservação.....26
Figura 5 - Ordenamento das linhas de drenagem segundo Strahler.....28
Figura 6 - Declividade segundo EMBRAPA.....29
Figura 7 - Localização das bacias selecionadas.....30
Figura 8 - Identificação e espacialização das principais linhas de drenagem.....30
Figura 94 - Vista aérea da região de entroncamento de rios com o Rio Miriri.....31
Figura 10 - Imagem do satélite Landsat 8 – OLI.....32
Figura 11 - Análise temporal da dinâmica da paisagem da AIH.....35

LISTA DE FIGURAS - CAPÍTULO I

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudos.....41
Figura 2 – Figura ilustrativa das linhas de drenagem.....44
Figura 3 – Mapa de localização da área de influência hidrológica direta.....46
Figura 4– Mapa da área de influência direta por escoamento superficial no mangue sobre as bacias hidrográficas a qual está inserida.....46
Figura 5 – Mapa de localização dos principais canais de escoamento.....47
Figura 6 – Mapa de localização das principais bacias identificadas.....48
Figura 7 – Área onde se encontram as nascentes e zona limite Oeste das bacias Norte e do Rio Mamanguape com a REBio Guaribas SEMA II e BR - 101.....50
Figura 8 – Vegetação da área.....51
Figura 9 –Ecótono com características de vegetação savânica.....52
Figura 10 – Ecótono com vegetação nativa de características savânicas no centro..... 52
Figura 11 – Mapa de localização dos territórios indígenas.....55
Figura 12 – Unidades de Conservação.....56
Figura 13 – Área de Influência, a Área de Entorno e Zona de Amortecimento da REBio Guaribas.....57
Figura 14 – Mapa de declividade da área com classificação segundo EMBRAPA, 1979, destacando o enrugamento do relevo na região norte da AIH.....60
Figura 15 – Curva Hipsométrica da bacia do Mamanguape.....61
Figura 16 – Bancos de areia na foz do rio Mamanguape.....61
Figura 17 – Curva Hipsométrica da bacia do Saco.....62

LISTA DE FIGURAS - CAPÍTULO II

Figura 1 - Localização da área de estudos de acordo com os municípios.....74
Figura 2 – A: Terras indígenas potiguaras; B: Unidades de Conservação.....74
Figura 3 - Classes de paisagem para os anos de 2001 e 2016.....78

LISTA DE QUADRO

Quadro 01 – Lista de métricas utilizadas e suas definições.....34

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Resultados dos parâmetros referentes às Análises Lineares.....49
Tabela 02 – Resultados dos parâmetros referentes às Análises Areais.....54

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM).....81
Gráfico 02 – Evolução dos contratos assinados e volume de verbas destinadas ao PRONAF de 1999 a 2016 para o Brasil.....83
Gráfico 03 – Porcentagem da população situada na faixa da extrema pobreza.....85
Gráfico 04 – Porcentagem de ocupação por tipo para população maior de 18 anos no ano de 2010.....86
Gráfico 05 – Percentual de jovens entre 15 e 24 anos que não estudam nem trabalham e são vulneráveis a pobreza; e percentual de pessoas vulneráveis à pobreza.....87

SUMÁRIO

Introdução Geral 17
Caracterização Geral Da Área De Estudo 24
Metodologia Geral 27
CAPÍTULO 01 37
1.Introdução 38
2. Área de estudo 41
3.Material e Métodos 42
4.Resultados e Discussão 45
4.1.Identificação e espacialização da área de influência hidrológica direta 45
4.2.Análises dos parâmetros morfométricos e suas relações com a paisagem 49
4.2.1.Análise Linear 49
4.2.1.1. Comprimento Direto do Rio Principal 49
4.2.1.2. Perímetro 49
4.2.1.3. Sinuosidade 53
4.2.2. Análise Areal 54
4.2.3. Análise Hipsométrica 58
5.Conclusões e considerações 62
6.Referências Bibliográficas 65

CAPÍTULO 02
Resumo 70
Abstract 70
Introdução 71
Material e Métodos 73
2.1- Área de Estudos..... 73
2.2- Procedimentos Técnicos..... 74
2.2.1- Obtenção de dados de paisagem 74
2.2.2- Levantamento de dados socioeconômicos e agropecuários municipais..... 76
Resultados e Discussões.....77
3.1- Análise da paisagem..... 77
3.2. Análise dos dados demográficos e econômicos 81
3.2.1. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) 81
3.2.2. Demografia e Saúde 82

3.2.3. Educação 83
3.2.4. Renda..... 84
3.2.5. Trabalho 85
3.2.6. Vulnerabilidade Social 86
3.2.7. Abastecimento; Saneamento; Coleta de resíduos sólidos 87
3.3. Análise conjunta dos dados da paisagem e demográficos/econômicos..... 88
Conclusões 93
Referências Bibliográficas 95
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....101
REFERÊNCIAS GERAIS.....104

INTRODUÇÃO GERAL

Planejar, gerir, mediar e resolver conflitos em um território amplo e com setores sociais diversos com os mais diferentes interesses não é tarefa fácil para nenhum gestor, sendo assim, o planejamento e a gestão ambiental "andam unidos" no intuito de contribuir na melhoria da qualidade ambiental com o objetivo de atingir uma meta definida pelos atores sociais envolvidos (Santos, 2004; Bezerra, 2011). Um planejamento ambiental adequado e bem fundamentado é primordial para que sua implementação e gestão ocorram de forma justa e eficaz, levando em consideração todas as demandas dos diferentes setores sociais envolvidos. Quando esta tarefa é apropriada pelos agentes sociais, pode levar a transformações socioambientais positivas. Já, quando os agentes sociais não participam, o planejamento e a gestão ambiental tendem a tornarem-se meros instrumentos de dominação e imposição de lógicas capitalistas (Bezerra, 2011).

Segundo Geodecke (2015, p. 140), "o crescimento desordenado e a falta de planejamento urbano coloca o meio ambiente em situação frágil e reflete em inúmeros acidentes como desabamentos e inundações". O artigo nº 30, inciso VIII da Constituição Federal de 1988, dá responsabilidade aos municípios de promover um adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle de uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano; além de dar responsabilidade aos municípios, através do seu artigo nº 182, de ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes (Brasil, 1988) assegurando através do planejamento nas mais diversas escalas temáticas, uma sociedade culturalmente diversa, economicamente viável e ambientalmente equilibrada (Bezerra, 2011).

A descontrolada ocupação e o mau uso da terra no Brasil e no mundo têm ocasionado inúmeros impactos socioambientais negativos como podemos ver nos noticiários em diferentes meios de comunicação. No litoral sul da Paraíba, por exemplo, têm causado diversos problemas, conforme evidenciado no livro *Dilemas Ambientais do Uso e Ocupação da Costa Paraibana*, publicado pela editora da UFPB (Lima, 2012). Os trabalhos desenvolvidos por Temoteo, Lima & Nishida (2012) e Kiyotani & Lima (2012), por exemplo, demonstram que as atividades turísticas mal planejadas e/ou a ocupação desordenada, são exemplos de atividades socioeconômicas degradantes aos ambientes naturais, os quais alteram os fluxos ecológicos e degradam diferentes classes de paisagem. Além desses dois, outros trabalhos apontam situações semelhantes, com abordagens diferentes.

Comparando-se ao litoral sul, o número de trabalhos realizados para o litoral norte da Paraíba, seja de planejamento, ou de identificação de impactos já ocorrentes, especialmente para a região da Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape, são poucos, porém essa situação começa a se reverter graças a implantação do curso de Bacharelado em Ecologia no Campus IV da UFPB, em Rio Tinto através das pesquisas realizadas nos laboratórios do curso com destaque para o Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento (LCG – UFPB).

Trabalhos realizados como de Lima (2002), o qual faz estudo da morfogênese da dinâmica costeira entre os estuários dos rios Mamanguape e Camaratuba; o de Buschinelli & Rodrigues (2005), que trata dos perfis sociais, econômicos e ecológicos analisando toda a extensão das bacias dos Rios Miriri e Mamanguape; Cavalcante (2008), o qual leva em consideração a ação popular como instrumento de defesa do manguezal; de Moreira & Andrade (2008), o qual faz uma análise da legislação em conflitos socioambientais com relação à prática da carcinicultura; os trabalhos de Alves & Nishida (2003), e Nishida, Nord & Alves (2008), que fazem análises sobre aspectos socioeconômicos; de Rocha (2010), onde faz uma análise do papel das mulheres na participação das atividades de decisões comunitárias, participação, e pesca no estuário do Rio Mamanguape; de Moreira & Andrade (2010), o qual faz uma análise dos conflitos de competências na gestão pública da APA da Barra do rio Mamanguape contribuem, em suas abordagens, para o entendimento da realidade socioambiental local, dos conflitos legais e de interesses, os quais geram subsídios para o planejamento e gestão da Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape.

Oliveira (2003) apresenta propostas mais intrinsecamente voltadas para o planejamento e gestão do uso e ocupação da terra zoneando algumas áreas da APA, onde, inclusive, faz algumas comparações com propostas de zoneamento realizadas por outros autores em outras unidades de conservação do Brasil. Este autor identificou sete zonas e duas sub-zonas, gerando assim, dados para o planejamento e gestão ambiental com um foco mais voltado para o zoneamento, contribuindo enormemente para a presente pesquisa.

Para o desenvolvimento de pesquisas relacionadas aos estudos da dinâmica do uso e ocupação da terra, além do entendimento dos processos antrópicos e naturais no decorrer do tempo, diversas ciências desenvolveram teorias e técnicas para tal. Sendo assim, esta pesquisa utiliza dos conhecimentos da Ecologia de Paisagens para atingir seu objetivo.

No intuito de contribuir com o planejamento ambiental, a ecologia de paisagem é uma ciência nova vista na Europa como fonte de subsídios para o planejamento, manejo, conservação, desenvolvimento e melhoria da paisagem (Nucci, 2007), quebrando a tradição

imposta pela biologia clássica de estudos estritamente naturais, excluindo o ser humano do contexto ambiental (Lang, 2009). Estudos em diferentes ramos de pesquisa podem ser realizados através de dados disponibilizados por estudos sobre Ecologia da Paisagem, visto que é uma ciência multidisciplinar (Risser *et. al.,* 1984).

O termo "paisagem" já faz parte do cotidiano humano há vários séculos, mas não de forma científica e documentada, sendo sua primeira referência constante no livro dos Salmos do antigo testamento da Bíblia escrito por volta de 1.000 A.C. e emoldurados por um ordenamento modelar de campos agrícolas, sebes, alinhamento de árvores, pequenas florestas, etc (Lang, 2009).

O dicionário Aurélio define paisagem como "um espaço de terreno que se abrange num lance de vista". Nas artes, a paisagem passou a ser considerada mais fortemente com os artistas da Renascença onde destaca-se o pintor holandês Pieter Breughel ("O Velho") (1530 – 1569), por ser considerado um dos principais representantes dessa era (Lang, 2009), retratando a paisagem cultural camponesa onde destaca-se a obra "*Jogos Infantis"* (1560) (Imagem 01) sob uma perspectiva que aproxima-se de um voo de pássaro, incomum na Renascença (Cabral, 2012). Além das artes plásticas, a paisagem também é retratada na poesia e na música, comprovando a proximidade do homem com a observação, interpretação e descrição dos ambientes naturais no decorrer do tempo.

Figura 1 - Quadro "Jogos Infantis" do holandês Pieter Breughel, datado de 1560.
Fonte: https://mibufc.wordpress.com.

O geógrafo e naturalista alemão Alexander Von Humboldt, no século XIX, introduziu no meio científico o termo "paisagem" no sentido de caracterizar a multiplicidade ambiental total de uma determinada região (Ecopaisagem, 2014). O autor, um dos pioneiros no estudo da paisagem, introduziu a primeira definição científica da paisagem como sendo um "caráter total de uma região da terra".

A Ecologia de Paisagem surgiu recentemente no mundo como um ramo da ciência, e no Brasil começa a ser desenvolvida em meados dos anos 90. É uma ciência em desenvolvimento, necessitando superar inúmeros desafios em busca de um estabelecimento de arcabouços teóricos. É multidisciplinar a qual busca observar, perceber, compreender e interpretar a paisagem pelos filtros da formação científica e cultural do pesquisador/observador (Metzger, 2001, p. 02).

Relativamente nova na área da Ecologia, o estudo da paisagem apresenta diferentes definições, conceitos e visões sobre seu significado. Carl Torll (1939) *apud* Porto (2007), um dos principais pesquisadores e pioneiros da ciência da Ecologia de Paisagem define:

> "A Ecologia de Paisagem abrange uma entidade total (integral) de uma determinada área, considerando o complexo efeito entre as biocenoses e as relações com o meio, encontrando-

> se esta relação em um determinado padrão de distribuição em diferentes ordens de grandeza". (pg. 01)

Paffen (1953, p. 210 *apud* Lang 2009, pg. 90) define como "o conteúdo total da substância com todas as forças a ela associadas e irradiadas por ela, e efeitos fisionômicos característicos".

Já Forman e Godron (1986), consideram como sendo o estudo sobre estrutura, função e as alterações numa área de terra heterogênea na interação de ecossistemas.

Zonneveld (1989, p. 68), por sua vez, contribui conceituando "como uma parte do espaço da superfície terrestre, consistindo em complexos sistemas, formados pelas atividades das rochas, água, ar, plantas, animais e seres humanos e que por sua fisionomia forma uma entidade reconhecível".

Metzger (2001, p. 04), professor da Universidade de São Paulo (USP) e referência na área no Brasil define como sendo "um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação".

Turner et al. (2001, p. 02), colabora dizendo que "a Ecologia de Paisagem focaliza as recíprocas interações entre os padrões espaciais e os processos ecológicos, ou seja, as causas e as consequências da heterogeneidade espacial através das diferentes escalas".

Segundo Muchailh (2007, p. 04), a paisagem é fruto da interação dos componentes geológicos, expostos à ação do clima, fatores geomorfológicos e bióticos que, através do tempo, refletem atualmente os registros acumulados da evolução biofísica.

Dentre as inúmeras definições dadas por diferentes autores em diferentes épocas e visões de mundo, podemos perceber que todos os conceitos abordam a paisagem como organismo integrado, formado por diferentes fatores ambientais (físicos e biológicos e em alguns casos culturais), visto em conjunto e interdependentes; considerando que a ciência da Ecologia de Paisagem também foi desenvolvida baseada na teoria geral dos sistemas.

No seu desenvolvimento, a Ecologia de Paisagem se fragmentou em duas vertentes de pensamento: o Geográfico, pioneiro e originado principalmente na Alemanha; e o Ecológico, originado nos Estados Unidos da América mais recentemente, nos anos 80, os quais influenciam nos objetivos entre os pesquisadores da paisagem (Bastian, 2001; Metzger, 2001; Farina, 2006).

Impulsionado por Carl Troll e por outros pesquisadores, todos eles geógrafos da Europa Oriental e da Alemanha, surgiu a abordagem Geográfica, com forte influência da geografia humana, da fitossociologia e da biogeografia, e de disciplinas da geografia ou da arquitetura com relações com o planejamento regional a qual busca estudar a heterogeneidade localizada

em determinada paisagem envolvendo aspectos geomorfológicos e de coberturas tanto naturais quanto culturais (Metzger 2001; Nucci 2007; Ecopaisagem, 2014).

Três pontos caracterizam a abordagem geográfica: (1) a preocupação com o planejamento da ocupação territorial; (2) o estudo de paisagens com diferentes graus de hemerobia, onde segundo Blume e Sukopp (1976 *apud* Lang 2009, p. 96) a hemerobia consiste na "totalidade de todos os efeitos que ocorrem quando há interferências do homem em ecossistemas"; e (3) a análise de amplas áreas espaciais, focando questões em macro-escalas, tanto em termos de espaço quanto de tempo, sendo assim, uma macro-ecologia (Metzger, 2001).

A abordagem Ecológica surge na década de 80 através de pesquisadores da biogeografia e ecólogos americanos, os quais "procuravam adaptar a teoria da biogeografia de ilhas para o planejamento de reservas naturais em ambientes continentais" (Metzger, 2001, p. 03). Além deste objetivo, os pesquisadores buscavam relacionar os efeitos da fragmentação de habitats na viabilidade das populações, a exemplo dos riscos de extinção e migração e área de vida (Nucci, 2007). Tem por objetivo "estudar os efeitos da estrutura espacial da paisagem sobre processos ecológicos" (Ecopaisagem, 2014, p. 01). Possui forte influência da ecologia de ecossistemas, através da modelagem e análise espacial e temporal. Esta abordagem dá maior atenção às paisagens naturais ou às unidades naturais da paisagem, à aplicação de conceitos da ecologia e ao manejo de recursos naturais, e não enfatiza obrigatoriamente macro-escalas, onde a escala de estudo, tanto espacial quanto temporal, dependerá da espécie ou comunidade em estudo (Metzger, 2001; Lang, 2009).

Como demonstrado anteriormente, a Ecologia de Paisagem gera estudos e resultados voltados ao entendimento ecológico e geográfico da paisagem onde pode ser abordado, segundo Forman e Godron (1986), em três aspectos: Estrutura, Função, e Desenvolvimento e mudança e, segundo Lang (2009, p. 237), a estrutura pode ser analisada segundo o nível de mancha, o nível de classe, e o nível de toda a paisagem. Os resultados obtidos com a Ecologia da Paisagem não levam em consideração, em primeiro momento, as questões legais de determinado país, estados ou municípios, e/ou as questões relacionadas aos interesses sociais locais, dependendo da abordagem adotada. Para esta pesquisa, adotou-se conceitos das duas abordagens - a ecológica e a geográfica -, pois para entendimento da dinâmica da paisagem, em especial dos Ecossistemas Naturais, e dos aspectos socioeconômicos, não houve como separar e focar em apenas uma, visto que as ações culturais e disponibilidade de recursos e serviços ecossistêmicos interferiram e interferem diretamente na homeorrese dos diferentes ecossistemas inseridos na AIH e na ocupação humana.

Para a execução do planejamento e gestão ambiental, não bastam serem considerados apenas os aspectos estruturais, funcionais e de desenvolvimento da paisagem, mas também as questões legislativas e sociais, dos interesses sociais. Os resultados obtidos da análise da paisagem (isoladamente) contribuem para as tomadas de decisão e entendimento da organização, funcionamento e comportamento da paisagem, mas não irão dar resultados referentes aos interesses das comunidades locais.

As comunidades tradicionais historicamente não possuem participação direta nas decisões, que são tomadas sem levar em consideração os anseios populares, gerando conflitos dos mais diversos tipos e as colocando nas periferias das decisões de uso e ocupação da terra. Sem levar em consideração as opiniões das comunidades tradicionais e sua participação, os projetos e atividades de gestão ambiental estão sujeitas ao fracasso (Santos, 2004).

Observando todo o complexo sistema multidisciplinar nos quais estão inseridas as questões referentes ao planejamento e gestão de uma região, em específico da unidade de conservação da Área de Proteção Ambiental (APA) da Barra do Rio Mamanguape e seu entorno, este trabalho baseia-se nos conhecimentos da Ecologia de Paisagem e na análise de dados socioeconômicos secundários no intuito de gerar subsídios para um planejamento e gestão ambiental eficazes, justos e que levem em consideração não apenas os interesses desenvolvimentistas capitalistas, mas, principalmente, as questões relacionadas aos manejo sustentável das funções ecológicas, com vistas ao desenvolvimento sustentável.

Para que os gestores da APA em questão, e os prefeitos dos municípios envolvidos, assim como os governos federal e estadual, quando couber competência, possam planejar e gerir a área de forma coerente envolvendo as características ecológicas locais, assim como os diferentes interesses dos diferentes setores sociais envolvidos, há a necessidade de se obter informações sobre todos os aspectos. Sendo assim, buscou-se entender como o uso e a ocupação inadequado da terra em unidades de conservação de uso sustentável e na área de influência hidrológica direta do entorno interferem na manutenção da dinâmica natural da paisagem e na conservação e diversidade ecológica e social.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo geral analisar a situação histórica da paisagem inserida nos limites da APA do Rio Mamanguape e na AIH em um período de 15 anos, levando em consideração os dados socioeconômicos dos censos de 2000 e 2010, assim como o agropecuário. Para isso, um dos objetivos específicos foi identificar, delimitar e analisar a área de influência hidrológica direta nos manguezais (Capítulo 01), e analisar conjuntamente

os dados da paisagem e socioeconômicos a fim de entender como se deu a ocupação na região (Capítulo 02).

Em atendimento aos objetivos e conforme padronização estabelecida pelo PRODEMA/UFRN, esta Dissertação se encontra composta por esta Introdução Geral, uma Caracterização Geral da Área de Estudo, Metodologia Geral empregada para o conjunto da obra e por dois capítulos que correspondem a artigos científicos a serem submetidos à publicação. O Capítulo 1, intitulado "Área de Influência Hidrológica Direta por Escoamento Superficial dos Manguezais da APA da Barra do Rio Mamanguape-PB, Brasil", está submetido ao periódico "Desenvolvimento e Meio Ambiente" e, portanto, está formatado conforme este periódico (normas: http://revistas.ufpr.br/made/about/submissions#authorGuidelines); O Capítulo 2, intitulado "Análise da Dinâmica da Paisagem Inserida na Área de Influência Hidrológica dos Manguezais da Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape – PB" será submetido ao mesmo periódico devido a limitação de periódicos nacionais com possibilidade de volume de páginas suficiente (acima de 25), impressão de imagens coloridas e que tenham *qualis* CAPES acima do grau "B2" na área das Ciências Ambientais, como exigido pelo PRODEMA/UFRN.

CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

Estabeleceu-se como área de estudos (escala espacial de 1:200.000) toda a região que possui escoamento superficial das águas pluviais com direção aos manguezais inseridos na APA da Barra do Rio Mamanguape (Decreto federal de criação da UC: N° 924, de 10 de setembro de 1993), localizada na Mesorregião da Mata Paraibana, e na Microrregião do Litoral Norte do Estado da Paraíba, tendo como bioma a Floresta Atlântica.

A AIH nos manguezais da APA possui 578km², incluindo seis municípios: Baía da Traição, Lucena, Mamanguape, Marcação, Rio Tinto e Santa Rita (Figura 02), envolvendo também territórios indígenas (TI) potiguara (Figura 03): Jacaré de São Domingos, Potiguara e Potiguara de Monte-Mor; além de outras Unidades de Conservação Federal como a Reserva Biológica Guaribas, e a Área de Relevante Interesse Ecológico dos Manguezais da Foz do Rio Mamanguape (Figura 03).

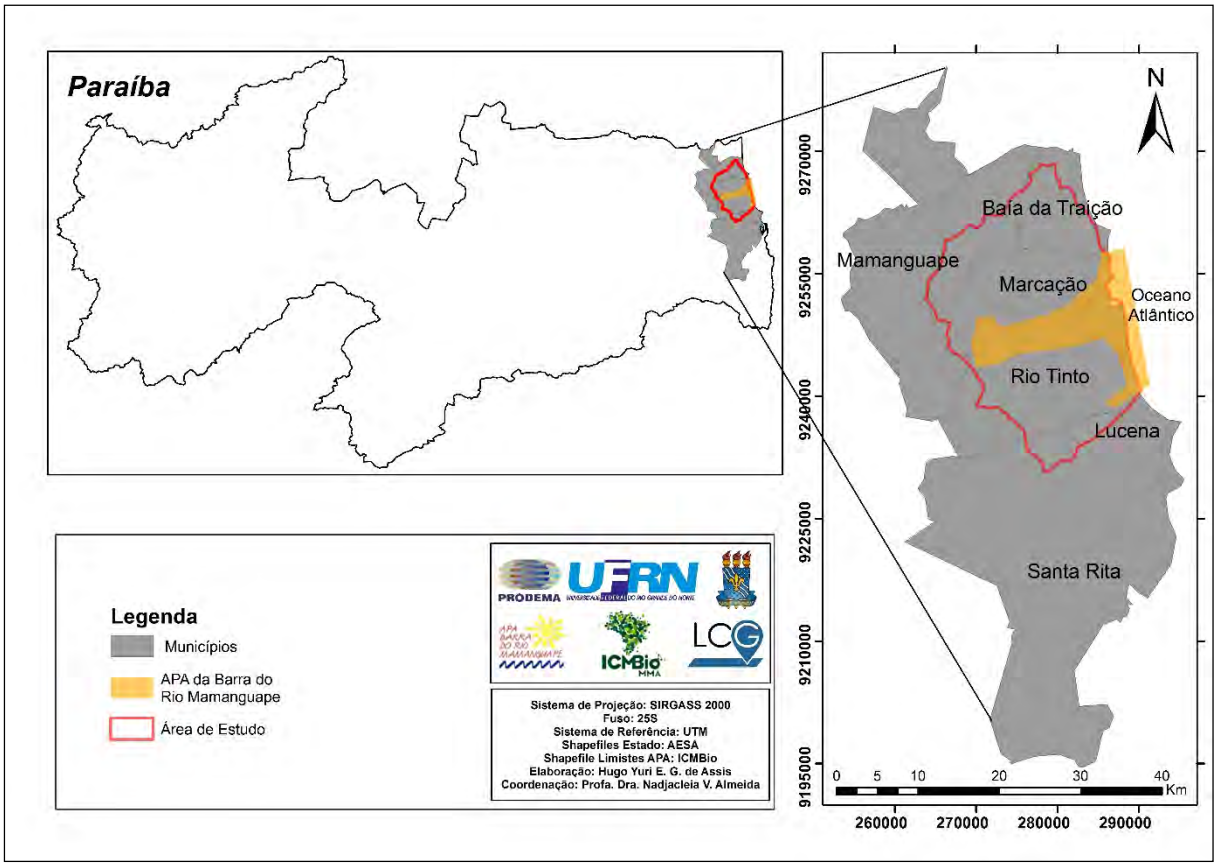


Figura 1 - Localização da Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape e da Área de Influência Hidrológica direta nos manguezais.

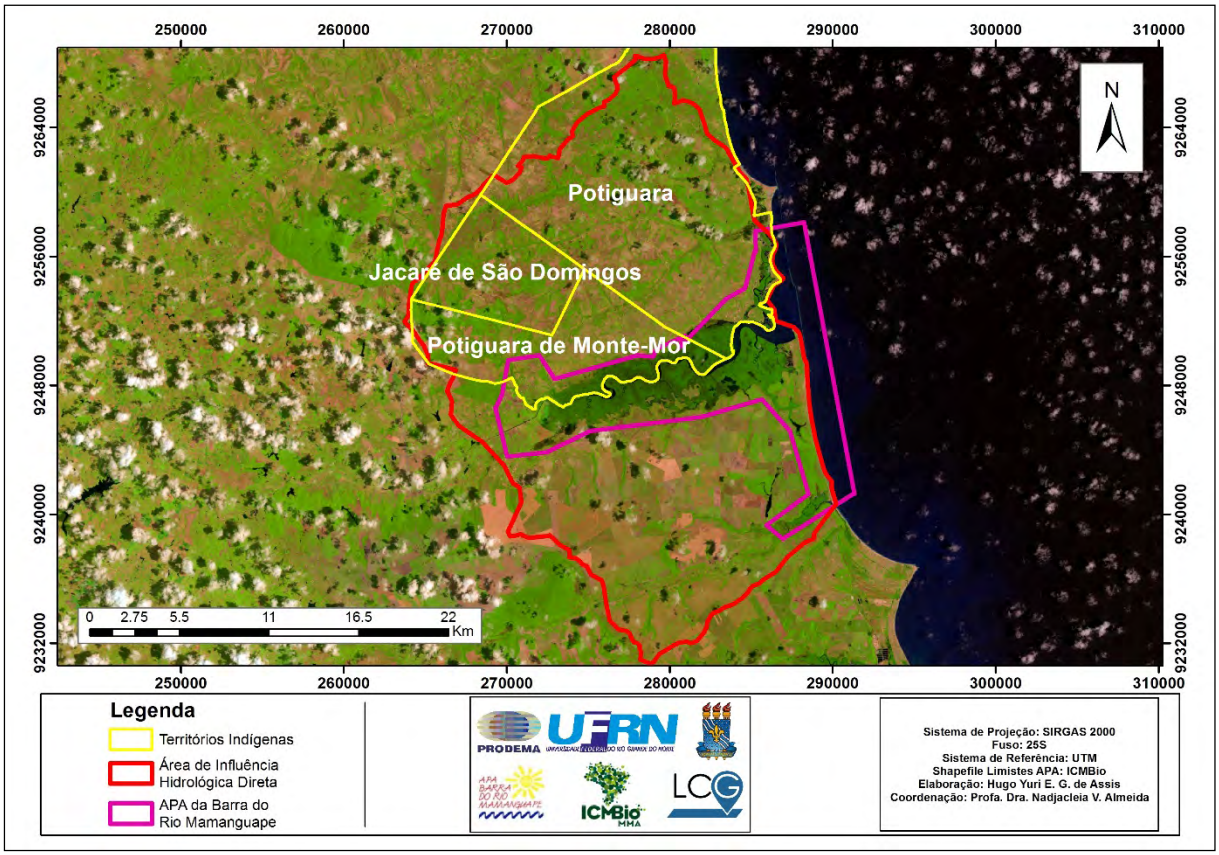


Figura 3 - Localização das terras indígenas potiguaras.

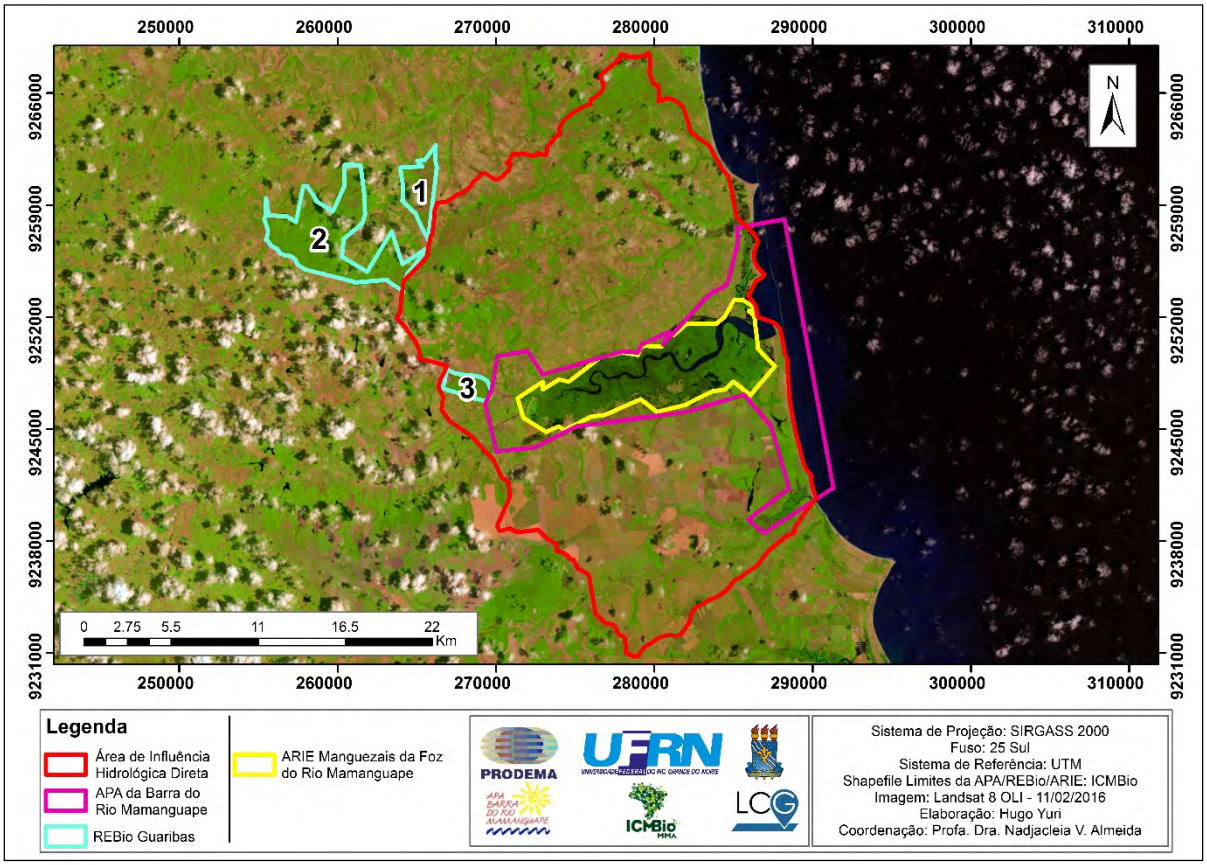


Figura 4 - Localização das Unidades de Conservação.

A região da APA é composta por falésias, restingas, dunas, baixos planaltos, embocaduras e estuários, inserida em duas bacias hidrográficas: dos rios Miriri e Mamanguape (Rodrigues et. al., 2008).

O clima é quente e úmido do tipo "As" segundo a classificação climática de Köppen. Entre março e agosto concentra-se o período chuvoso com média de 173mm (Araújo et.al, 2016, p.34); entre setembro e fevereiro, o período de estiagem (Lima & Heckendorff, 1985; SOMAR Meteorologia, 2014; Araújo et. al., 2016, p.35). A precipitação anual varia de 1.200 a 1.800 mm com as temperaturas médias anuais variando entre 24°C e 26°C com média de 26,3°C (Araújo et. al., 2016, p.39), sendo o período entre dezembro e fevereiro com registros de maiores temperaturas (MMA, 2006).

Geologicamente está situada no compartimento geológico-geomorfológico dos Baixos Planaltos Costeiros, com formação sedimentar, situada em regiões de aluviões e sedimentos de praia com coberturas lateríticas e coberturas elúvio - coluviais; paleógeno/neógeno (AESA, 2016; Medeiros, Monteiro & Almeida, 2016, p. 17). Quanto à geomorfologia segundo Medeiros, Monteiro & Almeida (2016, p. 19) adaptado de Paraíba (2006), a APA da Barra do Rio Mamanguape possui os seguintes compartimentos: Tabuleiros costeiros com formas convexas; Tabuleiros costeiros com formas tabulares; Planície Marinha; Planície flúvio-marinha; Planície fluvial.

Devido ao objetivo geral e aos específicos, iniciou-se as análises pela área da APA; foi delimitada na primeira etapa a AIH, a qual serviu de área de estudos para as etapas seguintes onde foram realizadas as análises da dinâmica da paisagem e socioeconômica (Capítulo 02).

METODOLOGIA GERAL

As primeiras análises foram referentes à delimitação da área de influência hidrológica (Capítulo 01) as quais serviram de base para o segundo capítulo. Sendo assim, foram levantadas as cartas topográficas da região, elaboradas pela SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste) datadas de 1974 com escala de 1:25.000 sendo utilizadas como uma das referências para análise da classificação com pouca influência no resultado final devido a data da classificação, assim como imagens dos satélites RapidEye (2014), e do LandSat 8 sensor OLI (2016), além da imagem do sensor SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), obtida do endereço eletrônico da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

Com o intuito de gerar dados relacionados à topografia do terreno foi realizado um pré-tratamento na imagem SRTM originalmente com resolução de 90m, através do software ArcMap 10.3 da empresa ESRI com a finalidade de melhorar – afinar - os dados altimétricos. Para isso, a imagem foi transformada em pontos através da ferrramenta *Raster to Point*

(*Convertion Tools*), e em seguida interpolados através da ferramenta *Spline* (*Interpolation*) gerando dois arquivos *raster* com dados altimétricos de 5m e 10m. Em seguida foi utilizada a ferramenta *Fill* (*Hidrology*) para gerar novos arquivos *raster* corrigindo as depressões espúrias que por ventura existissem.

Em seguida, foram gerados os dados de direção e acumulação de fluxo sendo aplicada a ferramenta *Raster Calculator* nos dados de acumulação condicionando-os para o intervalo mínimos e máximos dos pixels do *raster* entre 1 e 500 pixels. Este procedimento foi realizado em ambos os arquivos, com 5 e com 10 metros.

Utilizando o *raster* com dados altimétricos de 5m, foi aplicada a ferramenta *Stream Order* (*Hidrology*) através do método de ordenamento Strahler (1952) para identificação das ordens das linhas de drenagem. Nesta etapa foram geradas ordens de 1 a 8, sendo estas utilizadas para identificação e vetorização da AIH de forma manual (Figura 04), levando em consideração todas as linhas de drenagem que possuem direção de deflúvio no sentido dos manguezais inseridos na APA da Barra do Rio Mamanguape.

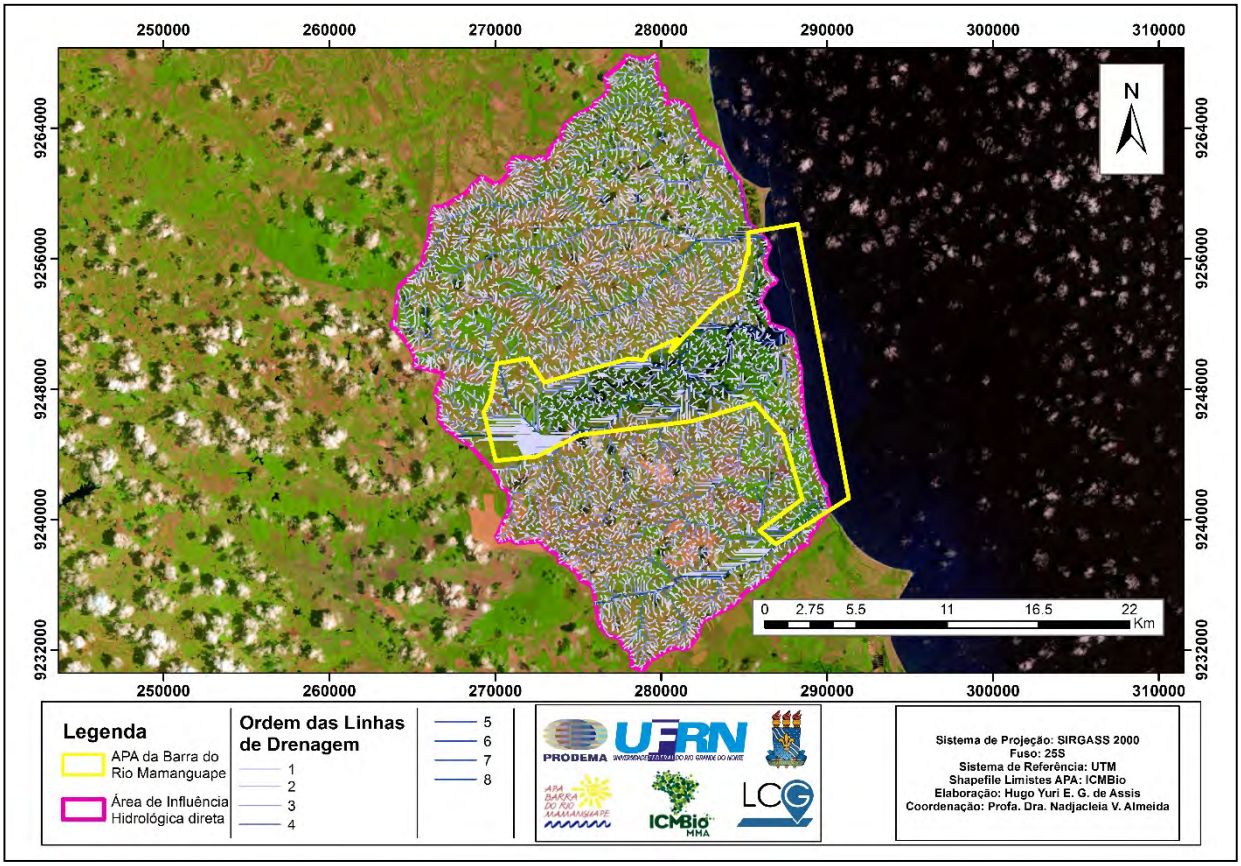


Figura 5 - Ordenamento das linhas de drenagem segundo Strahler, 1952. Ordens de 1 a 8 utilizadas para delimitação da influência hidrológica direta.

Após espacializada a AIH, foi gerado com o mesmo *raster* a declividade segundo a EMBRAPA, recortado pelo vetor de delimitação da área de influência (Figura 05) no intuito de melhor visualizar as características geomorfológicas da região, pois como observa Lima (1986), o comportamento

hidrológico está diretamente ligado as características geomorfológicas da bacia hidrográfica e do tipo de cobertura vegetal.

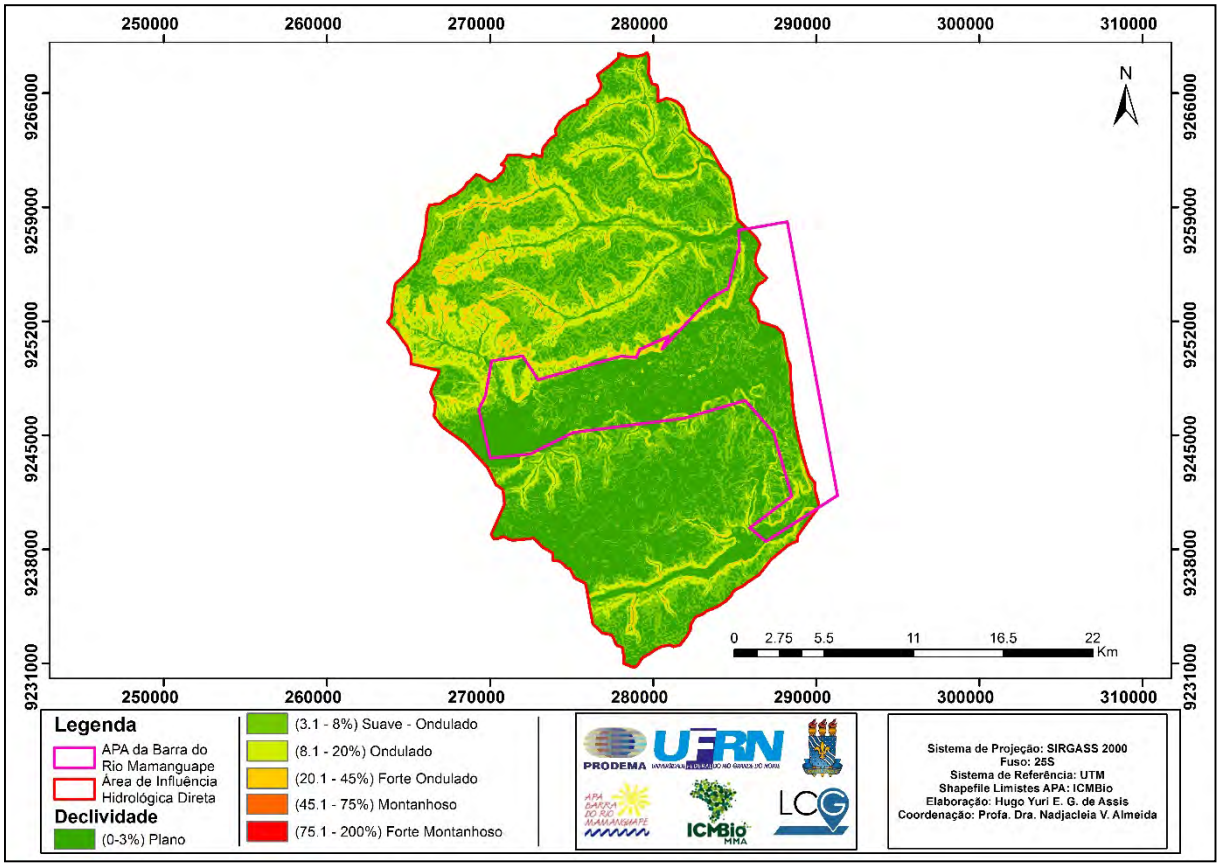


Figura 6 - Declividade segundo EMBRAPA 1979. Nota-se o relevo mais ondulado na região norte.

Em seguida foram realizadas as etapas no *raster* com dados altimétricos de 10m. Com o MDE da área selecionada na etapa anterior, foram delimitadas as bacias hidrográficas inseridas na área (Figura 06) para posterior análises morfométricas, e identificados os canais de escoamento com maior concentração de fluxo; para isso foram selecionadas as linhas de drenagem de ordens entre 3 e 6 (Figura 07).

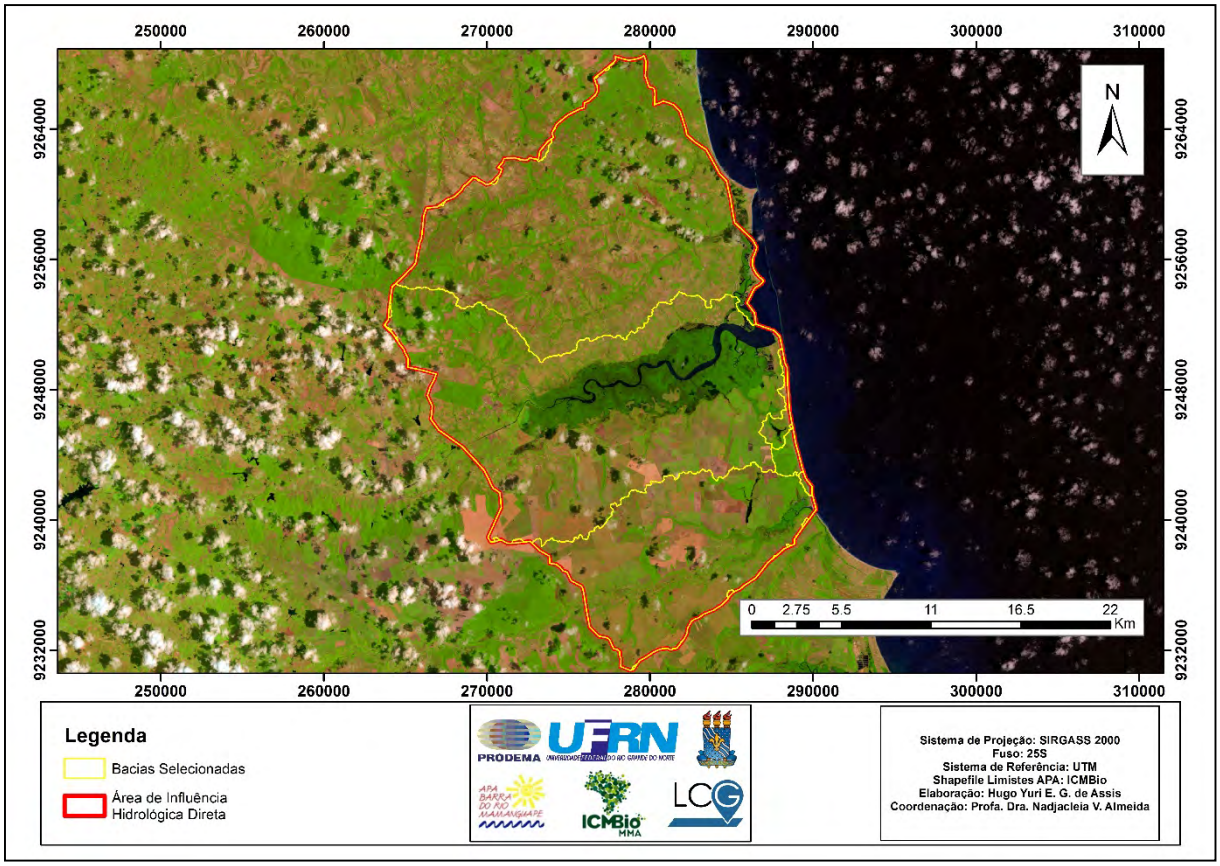


Figura 7 - Localização das bacias selecionadas.

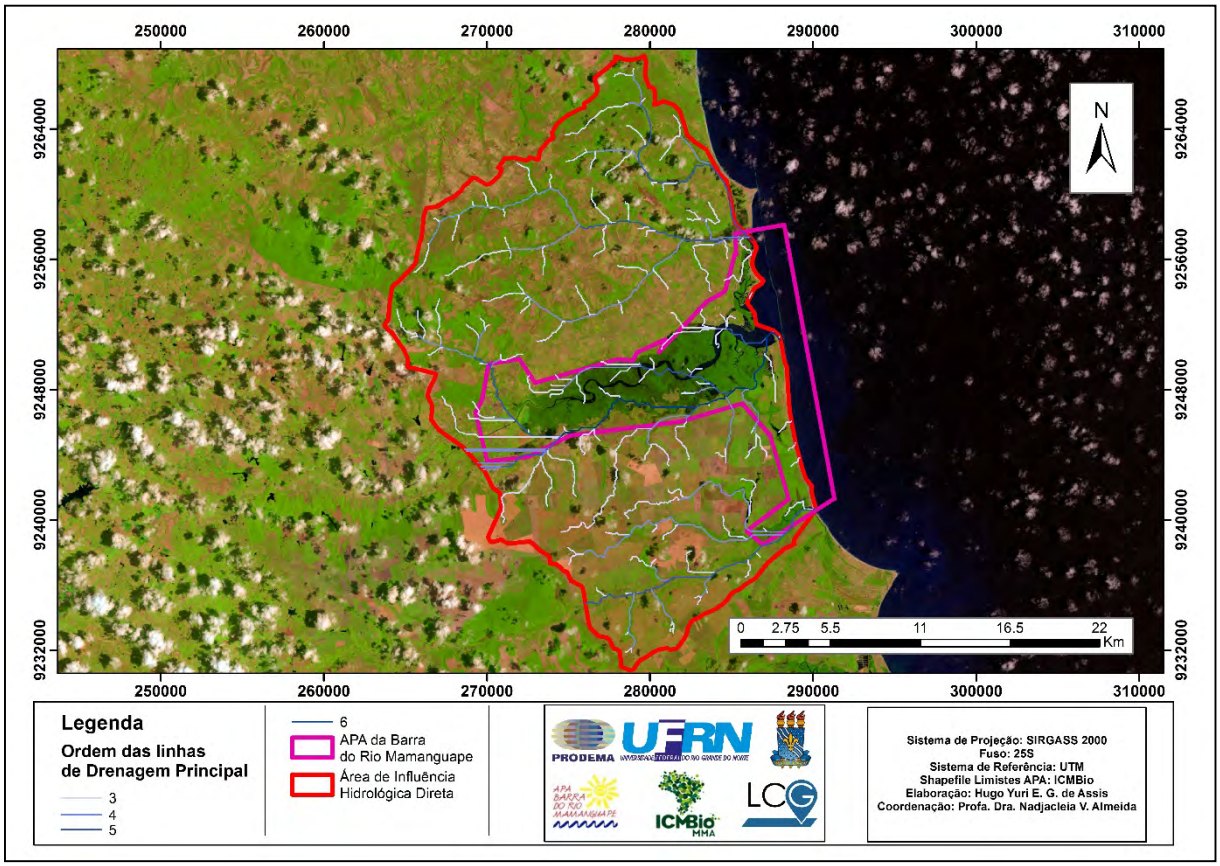


Figura 8 - Identificação e espacialização das principais linhas de drenagem. Ordens 3 a 6.

Após espacializada a AIH e os principais canais de escoamento foi realizada a verificação em campo, coletando as coordenadas métricas da localização dos pontos de interesse, como: os entroncamentos de rios (Figura 08) e os locais onde não foi possível identificar o tipo de cobertura (ecossistema natural ou cultural) por fotointerpretação da imagem do satélite Landsat 8 - OLI. Essa imagem foi obtida do *site* <https://earthexplorer.usgs.org> com resolução de 30m onde realizou-se um pré-tratamento realizado no software ENVI 5.1 a fim de obter a composição RGB (*Red*, *Green* e *Blue*) com as bandas 6, NDVI, 4, para melhor identificação das áreas com e sem vegetação próximas as linhas de drenagem, e 6, 5, 4 falsa-cor para verificações de localização das linhas de drenagem geradas anteriormente, realizando a descrição da cobertura e registro fotográfico dessas áreas com uma câmera GoPRO Hero 2, e através de Veículo Aéreo Não-Tripulado (VANT) modelo Phantom FC40 nos locais de acesso limitado.

.

Figura 9 - Vista aérea da região de entroncamento de rios com o Rio Miriri.

A utilização do *raster* NDVI (Índice de Vegetação de Diferença Normalizada) se deu para formar uma imagem RGB (Figura 09), utilizando-o com uma banda para realçar a vegetação, e não no intuito de obter o índice em si. Para essa composição utilizou-se as bandas 6 (SWIR 1) e 4 (Red). Para o cálculo do NDVI utilizou-se a fórmula: NDVI = (IVP – VERM) / (IVP + VERM), onde IVP = Infravermelho Próximo (Banda 5); e VERM = Banda Vermelho (Banda 4).

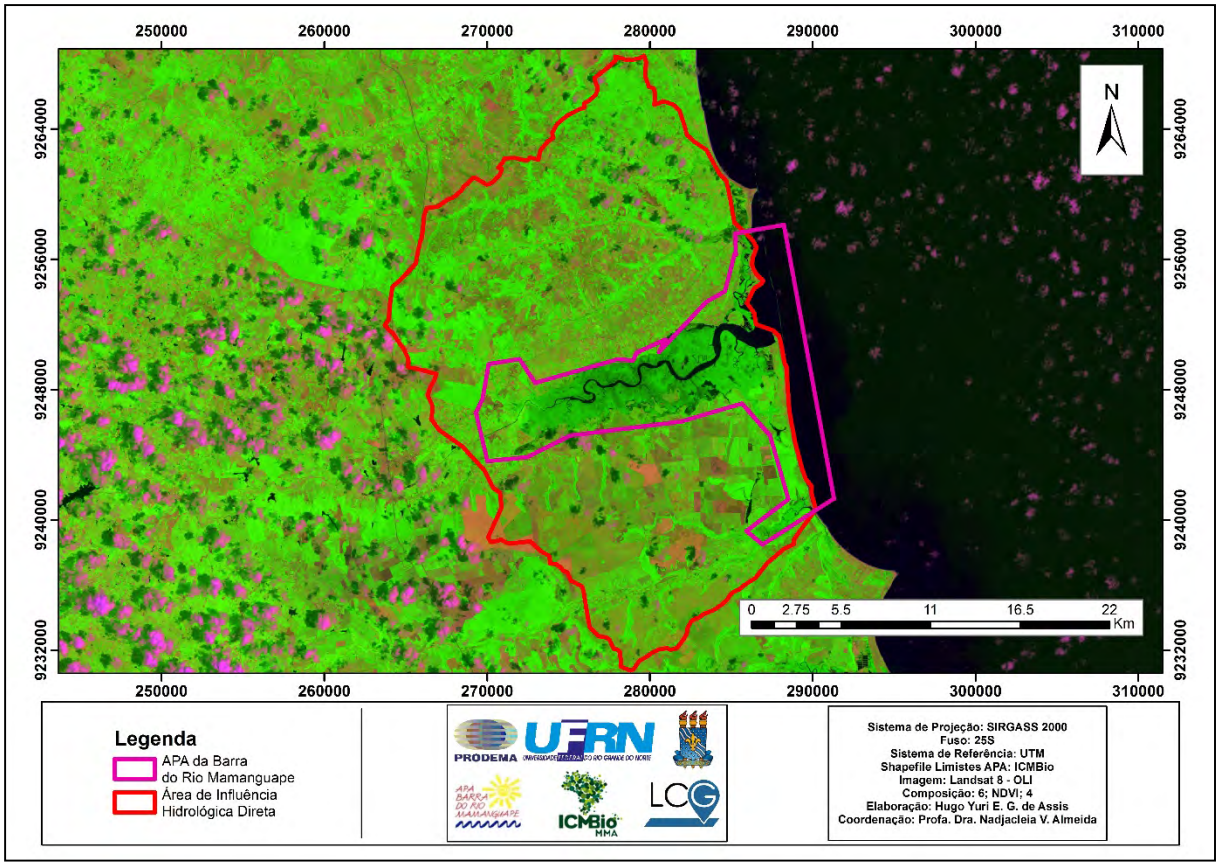


Figura 10 - Imagem do satélite Landsat 8 – OLI (11 de fevereiro de 2016), com as bandas 6, NDVI, 4.

Com os vetores da espacialização das bacias e com o *raster* de 10m (oriundo do tratamento da ferramenta *Fill*) convertido ao formato IMG, foram realizados os cálculos de parâmetros morfométricos das bacias identificadas utilizando a extensão *Gestión Integrada del Agua con Idrisi* no software IDRISI, sendo selecionados para essa análise os seguintes parâmetros:

- Análise Linear: *Comprimento Direto do Rio Principal; Perímetro da Bacia; e Sinuosidade;*
- Análise Areal: *Superfície da Bacia; Coeficiente de Compacidade (Gravelius); e Relação Circular;*
- Análise Hipsométrica: *Elevação Média; Relação Hipsométrica; Altitude Inicial; e Altitude Média.*

As Análises Lineares englobam os índices e relações referentes a rede hidrográfica, sendo as medições realizadas ao longo das linhas de escoamento; já a Análise Areal envolve os índices relacionados a planimetria, além de medições lineares; e a Análise Hipsométria estuda as inter-relações em determinada unidade horizontal de espaço referente a distribuição em relação as faixas altitudinais, indicando a proporção ocupada por uma área da superfície terrestre em relação as variáveis altimétricas a partir de determinada isoípsa base (Christofoletti, 1980).

Ao término das análises foram elaboradas as cartas temáticas referentes aos resultados do MDE e realizada uma discussão dos resultados dos parâmetros morfométricos apoiada em alguns fundamentos da Ecologia da Paisagem destacando os riscos de contaminação (qualidade da água) por produtos químicos e/ou orgânicos oriundos do escoamento superficial dos ambientes culturais que circundam as linhas de drenagem, sejam eles rurais ou urbanos, por serem os principais agentes que desequilibram os ecossistemas naturais.

Para atender ao objetivo pretendido na segunda etapa (Capítulo 02), foi necessário obter as informações da dinâmica da paisagem, utilizando técnicas de geoprocessamento e processamento digital das imagens dos sensores orbitais Landsat 7 ETM+, e Landsat 8 OLI, para os anos de 2001 e 2016, respectivamente, e calculadas diferentes métricas de paisagem.

Foram pesquisadas duas imagens de satélite as quais possuíssem menor interferência de nuvens possível, e com maior escala temporal disponível. Foi possível então identificar e adquirir gratuitamente as imagens do satélite Landsat 7 ETM+ de 04 de agosto de 2001, e do Landsat 8 OLI de 11 de fevereiro de 2016 obtidas através do portal do *United States Geological Survey – USGS* (Pesquisa Geológica dos Estados Unidos), no endereço <https://earthexplorer.usgs.gov/>, com pixels de 30x30m.

De posse dessas imagens, passou-se para a etapa de tratamento. O primeiro procedimento foi realizado no software ARCGis 10.3 com a fusão das bandas selecionadas (método de coevolução cúbica) com pixels de 30x30m, com a banda pancromática - banda 8 (0,52 µm – 0,90 µm para o Landsat 7; e 0,50 µm – 0,68 µm para o Landsat 8) com pixels de 15x15m para posterior composição "falsa-cor". Esta etapa teve como objetivo tornar os pixels das imagens mais finos, ou seja, com resolução de 15x15m para facilitar a classificação supervisionada. Posteriormente foram feitos os procedimentos para realizar a composição "falsa-cor" no software ENVI 5.1 unindo as bandas 5 (1,55 µm – 1,75 µm), 4 (0,76 µm – 0,90 µm) e 3 (0,63 µm – 0,69 µm) para o Landsat 7 ETM+ (2001), e 6(1,57 µm – 1,65 µm), 5 (0,85 µm – 0,88 µm) e 4 (0,64 µm – 0,67 µm) para o Landsat 8 OLI (2016).

Posteriormente, as imagens foram recortadas tendo como base os limites da AIH, delimitando-se a área na qual foram feitos os procedimentos de classificação supervisionada das classes de paisagem previamente determinadas, assim como a realização dos cálculos das métricas de paisagem e verificações de campo.

As classes identificadas foram: Ecossistemas Naturais, Ecossistemas Culturais, Água, Nuvens e Sombra. Utilizou-se para definição dos Ecossistemas Naturais e Culturais a classificação dos ecossistemas dada por Odum, 1983, p. 105, e a classificação de paisagens dada por Cavalcanti (2014, p. 15).

Para a classificação foram utilizados pontos de controle (3.816 amostras para a imagem de 2001 e 2.159 para a de 2016) em toda a área abrangendo o maior número de pixels possível por classe. Após a inserção dos pontos de controle, foi aplicado o método *Maximum Likehood Classification* (classificação pelo vizinho mais próximo) com probabilidade de 5%; em seguida aplicada a ferramenta *Sieve* por 4 vizinhos para redução de erros de classificação, e por fim aplicada a ferramenta *Clump* para redução do número de pixels não classificados.

Após classificadas, as imagens geraram um novo arquivo de imagem contendo as cinco classes determinadas que foram enviadas novamente para o software ARCGis 10.3 para correção manual dos erros de classificação, para isso, as imagens foram convertidas em arquivos vetoriais. Após a correção manual dos erros de classificação, os arquivos vetoriais foram convertidos novamente para formato matricial e aplicou-se o índice de Kappa (Cohen, 1960) (Equação 01) através da matriz de confusão para verificação da acurácia da classificação.

Equação 01:

$$K = \frac{n\sum_{i=1}^{c} x_{ii} - \sum_{i=1}^{c} x_{i+}x_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^{c} x_{i+}x_{+i}}$$ [1]

Onde, $\sum_{i=1}^{c} x_{ii}$ = somatório da diagonal da matriz de confusão; n= número total de amostras coletadas; c = número total de classes; x_{i+}= soma da linha *i*; x_{+i} = soma da coluna *i* da matriz de confusão.

Por fim, com as imagens classificadas e corrigidas com acurácia satisfatória (Figura 10), os dados matriciais foram enviados para o software Fragstats 4.2.1 para realização dos cálculos das métricas de paisagem que consistiram em:

Quadro 01 – Lista de métricas utilizadas e suas definições

Métricas	Descrição
Área total	Área de todos os fragmentos da classe e de toda a paisagem em hectares.
Porcentagem da paisagem	Porcentagem de fragmentos de mesma classe na paisagem.
Número de Manchas	Número de fragmentos existentes na classe.
Índice de maior mancha	Porcentagem da paisagem ocupada pela maior mancha da classe.
Borda	Soma de todas as bordas da classe.
Densidade de Borda	Soma de todas as bordas da classe dividido pela área total em hectares.
Razão perímetro-área	Relação entre o perímetro da mancha (m) e a área (m²).
Total de área núcleo	Soma das áreas centrais de toda a classe em hectares. (-100m)

[1] Matriz de confusão para verificação da acurácia da classificação através do índice de Kappa.

Porcentagem de Área Núcleo	Soma das áreas centrais de cada mancha (m²) do tipo de classe correspondente, dividido pela área total da paisagem (m²), multiplicada por 100 (%).
Índice de proximidade	Mede o grau de isolamento e fragmentação do correspondente tipo de mancha considerando o tamanho e a proximidade de todas as manchas.
Conexão	Número de junções funcionais entre as manchas do tipo de classe correspondente em uma distância especificada (50m), dividido pelo total de uniões possíveis; estas, multiplicado por 100 para converter em uma porcentagem.

Fonte: Volotão, 1998, p.9; Lang. 2009; Macgarigal & Ene, 2013.

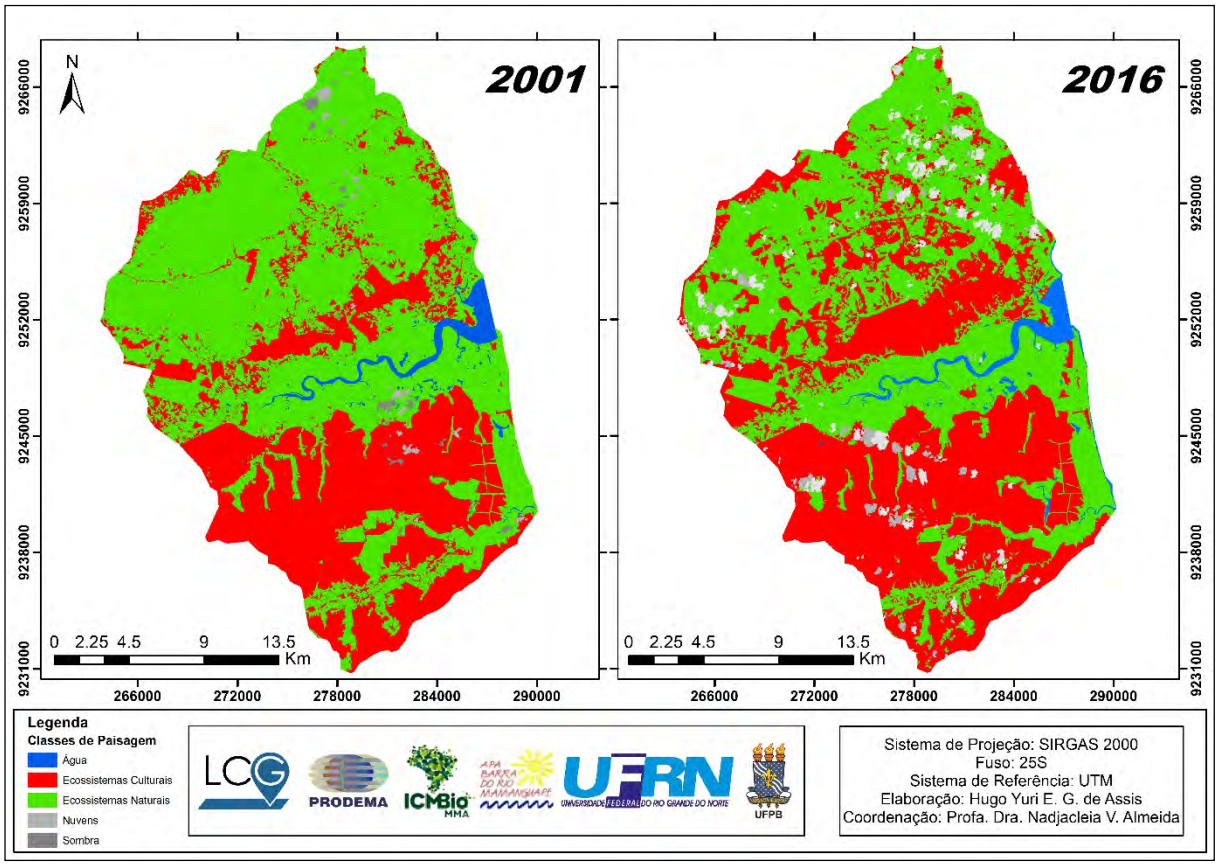


Figura 11 - Análise temporal da dinâmica da paisagem da AIH.

Para as verificações de campo utilizou-se GPS Garmin 62SC para georreferenciamento de pontos relevantes para a pesquisa; registros fotográficos em solo, assim como os registros feitos com a câmera GoPro Hero 2 a bordo do Veículo Aéreo Não-tripulado (VANT) Phantom FC40, e Phantom 4 com câmera própria do equipamento.

Isolados, os dados oriundos das diferentes análises da paisagem não respondem questões fundamentais sobre como se deu a dinâmica da ocupação humana na região. Sendo assim, foram levantadas e analisadas informações socioeconômicas dos municípios inseridos na AIH publicadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e pelo Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba (IDEME-PB) através dos censos demográficos de 2000 e 2010, e informações agropecuárias de 2006 e 2016.

De posse dos dados do IBGE e do IDEME, selecionou-se diferentes parâmetros que possuem relação direta entre: as questões demográficas/socioeconômicas dos municípios que estão inseridos na AIH, e o meio ambiente natural para que fossem analisados junto com as informações da análise da paisagem. Esses parâmetros foram escolhidos baseando-se no estudo publicado pelo Observatório das Metrópoles- IPPUR/FASE, coordenado por Ribeiro (2009), onde se leva em consideração os riscos e a vulnerabilidade social; e nos estudos realizados por Carvalho; Kelting & Silva; 2011 e Ribeiro, s.d.

Para a análise dos dados socioeconômicos e agropecuários municipais, buscou-se levantar todos os dados disponíveis entre os anos de 2000 a 2016 através dos censos demográficos de 2000 e 2010, e agropecuários de 2006 e 2016, focando nas informações com relevância nas relações socioeconômicas - ambientais: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM); IDHM- Educação; IDHM – Renda per capta; Demografia e Saúde; Educação; Renda; Trabalho; Habitação; e Vulnerabilidade social. Também foram levantados os dados sobre estruturas legislativas dos municípios para o ano de 2015 em relação aos seguintes aspectos: Planejamento urbano; Recursos para gestão municipal; Implantação de empreendimentos; Gestão Ambiental; e Articulação interinstitucional disponíveis na Pesquisa de Informações Básicas Municipais (PIBM - 2015). Além desses, os dados de serviços municipais como saneamento, abastecimento de água e coleta de resíduos sólidos também foram analisados.

Com os dados levantados, cada índice foi separado de acordo com a área de análise, e posteriormente tabelados em planilha Excel para comparação dos índices entre os municípios e entre os anos analisados. Essa comparação serviu para identificar de acordo com cada índice, qual município se encontra mais vulnerável em relação a qualidade de vida da população, e o quanto oferece risco à manutenção dos serviços e bens ecossistêmicos.

Esses dados também foram utilizados em análises conjuntas com os resultados oriundos dos cálculos das métricas de paisagem a fim de obter informações referentes à relação entre uso e ocupação da terra e a alteração da paisagem.

CAPÍTULO 01

ÁREA DE INFLUÊNCIA HIDROLÓGICA DIRETA POR ESCOAMENTO SUPERFICIAL DOS MANGUEZAIS DA APA DA BARRA DO RIO MAMANGUAPE-PB, BRASIL

AREA OF DIRECT INFLUENCE HYDROLOGIC RUNOFF MANGROVE APA BARRA DO MAMANGUAPE PB-RIO, BRAZIL

Este artigo foi submetido ao periódico Desenvolvimento e Meio Ambiente e, portanto, está formatado de acordo com as recomendações desta revista (vide http://revistas.ufpr.br/made/about/submissions#authorGuidelines).

Resumo

Conhecer e entender bem uma determinada área é fundamental para que o planejamento e a gestão ambiental sejam eficazes. Partindo deste princípio, identificar a área de influência hidrológica direta por escoamento superficial, ou seja, a área de limite topológico que possui escoamento superficial no sentido do mangue contribui para que as decisões referentes à conservação dos recursos naturais, principalmente com relação a água, sejam planejadas e implantadas de forma mais coerente. Assim, esse estudo teve como objetivo principal identificar, delimitar e analisar a área de influência hidrológica direta dos tributários dos manguezais inseridos nos limites da APA da Barra do Rio Mamanguape com vistas ao planejamento e gestão territorial sustentável. Dentre as bacias analisadas, a bacia do Mamanguape possui os parâmetros morfométricos e usos da terra que mais ameaçam a homeostase dos ecossistemas naturais. Nela está concentrada a maior área de mangue da APA e onde encontra-se o maior número de indivíduos de Peixes-boi Marinhos. Próximo ao limite oeste, onde faz divisa com outra reserva, há uma área de proteção integral. Esta é uma área de relevante interesse para conservação por se tratar de um ambiente com características de transição (ecótono) e grande número de nascentes, além do relevo ser o mais irregular identificado na região.

Palavras – chave: Influência Hidrológica; SIG; Unidade de Conservação de Uso Sustentável

Abstract

Knowing and understanding a particular area is crucial for environmental planning and management to be effective. Based on this principle, identifying the area of direct hydrological influence by surface runoff, ie, the topological boundary area that has a surface runoff for the mangrove direction, contributes to the decisions regarding conservation of natural resources, especially in relation to water, get planned and implemented in a more coherent way. Thus, the main objective of this study was to identify, delimit and analyze the area of the mangrove direct hydrological influence tributaries located within the limits of the Mamanguape river estuary EPA, with a view planning and sustainable territorial management. Among the analyzed basins, the Mamanguape basin has the morphometric parameters and land uses that most threaten the homeostasis of natural ecosystems. In its limits, it is concentrated the largest mangrove area of the EPA and where the largest number of individuals of Marine Manatees are. Near the western border, where it borders with another reserve, there is an integral protection area. This is an area of relevant interest for conservation for it is an environment with transition characteristics (ecotone) and many water springs, besides the geographical relief being the most irregular identified for the region.

Keywords: Hydrological Influence; SIG; Sustainable Use Conservation Unit.

1.Introdução

O desenvolvimento das mais diferentes sociedades organizadas e da agricultura sempre esteve vinculado ao controle da água (Bastos, 2012, p. 24), tornando-a um recurso indispensável para as atividades humanas, além da manutenção das funções ecológicas. Um planejamento ambiental adequado e bem fundamentado levando em consideração as características e limitações ambientais relacionadas, entre outros fatores, ao escoamento das águas fluviais e pluviais, se torna indispensável em qualquer região, somando indicadores para um desenvolvimento pautado na sustentabilidade; o planejamento e a gestão ambiental "andam unidos" no intuito de contribuir na melhoria da qualidade e no uso dos recursos ambientais, a fim de atingir uma meta definida pelos atores sociais envolvidos (Santos, 2004; Bezerra, 2011),

Os estudos de bacias hidrográficas com vistas ao planejamento e gestão territorial se fazem presentes em diferentes regiões do mundo, sendo no Brasil reconhecida legalmente como unidade de planejamento e gestão territorial pela resolução CONAMA nº 001 de 1986, e pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 a qual institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A Bacia Hidrográfica é definida pelo conjunto de terras inseridas em regiões do relevo delimitada por divisores de água que tem como dreno das águas pluviais os rios e seus afluentes. As águas da chuva podem escoar superficialmente através dos rios e seus tributários, ou subsuperficialmente através dos rios subterrâneos, ou abastecendo os lençóis freáticos. Superficialmente, escoam das terras mais altas em direção as terras de cota mais baixas até desaguarem no oceano (Teodoro, 2007, p. 148).

Devido a facilidade de identificação dos limites espaciais das bacias através das linhas topográficas, pela facilidade na aplicação do balanço da água, e por ser uma área onde se concentra todo o escoamento superficial e, em alguns casos sub-superficial (Villela & Matos, 1975, p. 11), os estudos ambientais nas bacias hidrográficas se mostram indispensáveis, pois são nestas áreas onde se pode identificar as consequências dos usos inadequados da água e da terra devido à acumulação do fluxo de escoamento se concentrar nesta área, ou seja das bacias, sub - bacias e micro bacias hidrográficas.

As bacias hidrográficas, como observa Nageswara et. al. (2010, p. 179), devem servir de área de estudo para melhor entendimento do sistema hidrológico utilizando dados de sensores remotos para uma melhor compreensão das formas do relevo e seus processos, além do padrão de drenagem delimitada pela bacia para planejamento e manejo.

Considerando a definição aceita por Villela & Matos (1975, p. 01), proposta pelo *United States Federal Concil of Sience and Technology, Comitee for Scientific Hidrology* em 1962, a hidrologia é a ciência que estuda a água da Terra, sua ocorrência e distribuição, além das propriedades físicas e químicas e relações com o meio ambiente. Todo ciclo hidrológico está inserido em uma determinada bacia hidrográfica (podendo haver relações com outras bacias vizinhas), sendo os fatores físicos e climáticos, como o regime de precipitação por exemplo, quem determinam o comportamento hidrológico da bacia a qual está inserido (IFMG, 2012, p. 02). Sendo assim, aborda-se nesse estudo a relação de distribuição e escoamento superficial dos tributários que deságuam nos manguezais e as possíveis relações com a biota local através dos rios, visto que o recurso hídrico é indispensável para manutenção das funções ecológicas (Ricklefs, 2010) e os rios possuem papel importante na pedogênese e delineamento geomorfológico na bacia onde está localizado (Christofoletti, 1980; Bastos & Freitas, 2012).

Geológica e geomorfologicamente considera-se o rio como sendo qualquer fluxo canalizado onde, toda e qualquer alteração que ocorra na bacia em que estão inseridos, repercute direta ou indiretamente nestes. Os rios são considerados os agentes mais importantes quando se refere ao transporte dos materiais intemperizados de áreas mais elevadas no sentido das mais baixas, e dos continentes para o mar funcionando como canais de escoamento. As questões climáticas, tipo e estado de conservação da vegetação, a litologia, e o uso e ocupação da terra inadequado e/ou mal planejado, aterros, aumento excessivo de sedimentos carreados para os estuários e/ou lagoas, geralmente oriundos de desmatamento de encostas constituem fatores que controlam a morfogênese das vertentes, e consequentemente, o tipo de material detrítico que será depositado nos rios, influenciando diretamente nas funções hidrológicas de escoamento superficial (Christofoletti, 1980; Bastos & Freitas, 2012).

Para facilitar os estudos em escalas espaciais e temporais menores, as bacias hidrográficas podem ser divididas em alto, médio e baixo curso, como demonstrado por Buschinelli & Rodrigues (2005), em pesquisa desenvolvida na região do baixo curso da bacia do rio Mamanguape. É nessa região onde se encontram os manguezais da APA, envolvendo também o baixo curso da bacia do rio Miriri.

Sendo os manguezais o objeto primordial de conservação para preservação das espécies associadas – principalmente o Peixe-Boi Marinho (*Trichechus manatus,* Linnaeus, 1758) – como determinado no decreto de sua criação (Decreto N° 924, de 10 de setembro de 1993), e sendo este ecossistema dependente das variações das marés e reposição de água doce através do rio principal e seus tributários, questionou-se qual seria o limite espacial da área externa a este ecossistema que possui escoamento superficial direto neste, e quais os usos da terra que influenciam positiva ou negativamente em sua homeostase.

Para identificação da área de influência direta dos fluxos de água nos manguezais inseridos na APA, foram utilizadas geotecnologias através de diferentes *softwares* de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), uma vez que estes servem de instrumentos para espacializar e responder questões relacionadas ao planejamento da paisagem, seja no meio urbano ou rural, sendo eficientes também nos estudos que abordam o delineamento de padrões de drenagem e manejo dos recursos hídricos, gerando dados confiáveis de forma rápida, automatizada e com baixo custo, contribuindo no apoio às atividades e aos projetos de planejamento e gestão cada vez mais complexos (Turner, Gardner & O´Neill, 2001; Lang, 2009; Nageswara et. al., 2010; Albuquerque & Sakamoto, 2012; Waikar & Nilawar, 2014; e Kotei et. atl., 2015).

Os SIG´s também foram aplicados para determinar os parâmetros morfométricos – linear, areal e hipsométrica - das bacias selecionadas, pois esse tipo de análise se apresenta como um dos primeiros procedimentos em análises hidrológicas ou ambientais (Teodoro et. al., 2007, Nageswara et. al., 2010; Waikar & Nilawar, 2014; Kotei et.al., 2015), sendo bastante comum em diferentes pesquisas como as realizadas por: Collares, 2000; Cardoso et. al., 2006; Teodoro et. al., 2007, Cherem, 2008; Stipp, Campos & Caviglione, 2010; Nageswara et. al., 2010; Pollo et. al., 2012; Waikar & Nilawar, 2014; Kotei et. al., 2015, tendo como objetivo elucidar as questões que envolvem o entendimento da dinâmica ambiental local e regional.

Devido a velocidade e intensidade como ocorrem as alterações da paisagem pelas atividades antrópicas comprometendo as funções ecológicas, como observado por Forman & Godron (1986), Turner (2001), Nucci (2007), Lang (2009), estudos do comportamento hidrológico relacionados ao escoamento superficial contribuem diretamente para o planejamento de ações voltadas ao manejo e conservação dos recursos naturais.

Sendo assim, esse estudo teve como objetivo principal: identificar e analisar a área de influência hidrológica direta dos tributários dos manguezais inseridos nos limites da APA da Barra do Rio Mamanguape com vistas ao planejamento e gestão territorial sustentável.

Através da identificação da área de influência hidrológica nos manguezais da APA da Barra do Rio Mamanguape, buscou-se gerar: cartas temáticas da delimitação da referida área; da ordenação das linhas de drenagem como proposto por Strahler (1952) de ordens entre 1 e 8; dos principais rios que desaguam diretamente nos manguezais de ordens entre 3 e 6; das sub-bacias que envolvem ou possuem influência nos manguezais, além do Modelo Digital do Terreno (MDT); e análises comparativas dos parâmetros morfométricos das sub-bacias identificadas.

2. Área de estudo

A APA foi criada através do Decreto N° 924, de 10 de setembro de 1993, a qual possui aproximadamente 14.640 ha e um perímetro de 80.158,368m, envolvendo os municípios de Rio Tinto, Lucena, Marcação e Baía da Traição (Figura 01), onde abriga um dos principais remanescentes de mangue do Nordeste, com os Rios Mamanguape e Miriri servindo de habitats naturais para preservação de espécies endêmicas e/ou ameaçadas de extinção (Rodrigues et. al., 2008).

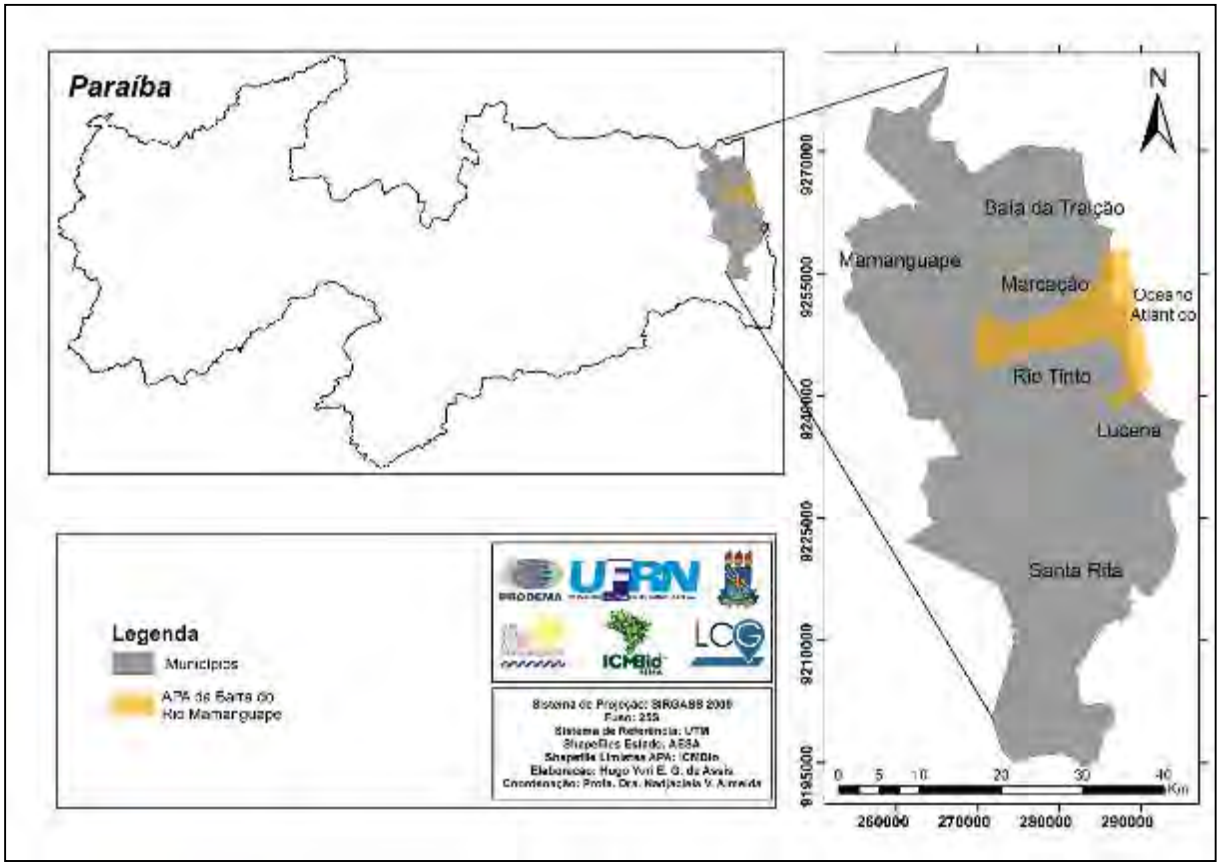


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudos.

Localiza-se na Mesorregião da Mata Paraibana e na Microrregião do Litoral norte. A região da APA está inserida no bioma Floresta Atlântica envolvendo uma área considerável de ilhas e coroas (bancos arenolodosos) e, próximo ao seu limite leste (Oceano Atlântico), uma barreira de recifes de arenito (Medeiros, 2012) servindo de proteção para a costa fazendo com que o estuário possua águas calmas com característica lagunar (Marcon Neves, 2003).

A paisagem natural é caracterizada pelos ambientes costeiros com falésias, restingas, dunas, baixos planaltos, embocaduras e estuários, sendo afetada pela dinâmica da área de abrangência das bacias hidrográficas dos rios Miriri e Mamanguape (Rodrigues et. al., 2008).

O clima da região é quente e úmido do tipo “As” segundo a classificação climática Köppen, sendo o período entre os meses de março e setembro com maior precipitação. As temperaturas médias anuais variam entre 24º C e 26º C e quanto às temperaturas máximas, os

meses de dezembro e fevereiro possuem as maiores médias, entre 28º C e 30º C segundo dados da Reserva Biológica Guaribas que fica localizada na região (MMA, 2006), e a precipitação anual varia de 1.200 a 1.800 mm. A estação seca concentra-se entre os meses de setembro e fevereiro, sendo os meses de outubro e novembro com menor taxa de precipitação. (Lima & Heckendorff, 1985; SOMAR Meteorologia, 2014).

Quanto a geomorfologia segundo Medeiros (2012) adaptado de Oliveira (2003), a APA da Barra do Rio Mamanguape apresenta as seguintes unidades geomorfológicas: Estuário, Planícies Costeiras, Vertentes de Tabuleiro, Planícies Flúvio Marinha e Topos de Tabuleiro. Geologicamente está situada em regiões de aluviões e Sedimentos de praia com coberturas lateríticas e coberturas elúvio - coluviais; paleógeno/neógeno (AESA, 2014).

3.Material e Métodos

Para detectar a relação de distribuição e escoamento superficial dos tributários que deságuam nos manguezais da APA da Barra do Rio Mamanguape foi realizado um pré-tratamento na imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) obtida do endereço eletrônico da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), originalmente com resolução de 90m no intuito de gerar dados relacionados à topografia do terreno através do software ArcMap 10.3 da empresa ESRI, com a finalidade de melhorar – afinar - os dados altimétricos. Para isso, a imagem foi transformada em pontos (*shapefile*)*,* e em seguida interpolados gerando dois arquivos *raster* com dados altimétricos de 5m e 10m nos quais foram corrigidas as depressões espúrias que por ventura existissem.

Posteriormente foram gerados os dados de direção e acumulação de fluxo condicionando-os para o intervalo entre 1 e 500 pixels; este referente ao intervalo de valores mínimos e máximos dos pixels do *raster,* no intuito de considerar todos os valores de pixel representativos para análise dos dados de toda a área. Este procedimento foi realizado em ambas os arquivos *raster*; com 5 e com 10 metros.

Utilizando o *raster* com dados altimétricos de 5m, foi determinada a ordem das linhas de drenagem através do método de ordenamento proposto por Strahler (1952). Nesta etapa, foram geradas ordens de 1 a 8, sendo estas utilizadas para identificação e vetorização da área de influência hidrológica direta de forma manual, levando em consideração todas as linhas de drenagem que possuem direção de deflúvio no sentido dos manguezais inseridos na APA da Barra do Rio Mamanguape.

Após espacializada a área de influência direta, foi gerado com o mesmo *raster* o mapa de declividade recortado pelo vetor de delimitação da área de influência no intuito de melhor visualizar as características geomorfológicas da região, pois como observa Lima, 1986, o

comportamento hidrológico está diretamente ligado as características geomorfológicas da bacia hidrográfica e do tipo de cobertura vegetal.

Em seguida, foram realizadas as mesmas etapas de ordenamento no raster com dados altimétricos de 10m para selecionar as linhas de drenagem de ordens entre 3 e 6, referente aos principais canais de drenagem com maior concentração de fluxo. Com o MDE da área selecionada na etapa anterior, com o *raster* de 5m, foram delimitadas as bacias hidrográficas inseridas na área para posterior análises morfométricas.

Após espacializada a área de influência e os principais canais de escoamento, foi realizada a verificação em campo, coletando as coordenadas métricas referentes a localização de pontos de interesse como: linhas e entroncamentos de rios, e locais onde não foi possível identificar o tipo de cobertura (ambiente natural ou cultural) por técnicas de sensoriamento remoto utilizando a imagem do sensor OLI a bordo do satélite Landsat 8, datada 11 de fevereiro de 2016. Essa imagem foi obtida do *site* <https://earthexplorer.usgs.org> com resolução de 30m onde realizou-se um pré-processamento no software ENVI 5.1 a fim de obter a composição RGB (*Red*, *Green* e *Blue*) com as bandas 6, NDVI, 4, para melhor identificação das áreas com e sem vegetação próximas as linhas de drenagem; e 6, 5, 4 (falsa-cor) para verificações de localização das linhas de drenagem geradas anteriormente, realizando a descrição da cobertura *in loco* e registro fotográfico dessas áreas com uma câmera GoPRO Hero 2, e através de Veículo Aéreo Não-Tripulado (VANT) modelo Phantom FC40 nos locais de acesso limitado.

A imagem NDVI (Índice de Vegetação de Diferença Normalizada) foi gerada para formar uma segunda imagem RGB, utilizando-o como uma banda para realçar a vegetação, e não no intuito de obter o índice em si. Para essa composição, além da imagem NDVI utilizou-se as bandas 6 (SWIR 1) e 4 (Red). Para o cálculo do NDVI utilizou-se a equação: NDVI = (IVP – VERM) / (IVP + VERM), onde IVP = Infravermelho Próximo (Banda 5); e VERM = Banda Vermelho (Banda 4).

Com os vetores da espacialização das bacias e com o *raster* de 10m (oriundo do tratamento da ferramenta *Fill* convertido ao formato IMG, foram realizados os cálculos dos parâmetros morfométricos das bacias identificadas utilizando a extensão *Gestión Integrada del Agua con Idrisi* no software IDRISI Selva, sendo selecionados para essa análise os seguintes parâmetros:

- Análise Linear: Comprimento Direto do Rio Principal; Perímetro da Bacia; e Sinuosidade*;*
- Análise Areal: Superfície da Bacia; Coeficiente de Compacidade (Gravelius); e Relação Circular;

- Análise Hipsométrica: Elevação Média; Relação Hipsométrica; Altitude Inicial; e Altitude Média.

Foi selecionada automaticamente uma única linha (considerada a principal) de drenagem (Figura 06) para calcular os parâmetros de Sinuosidade, Relação Hispsométrica e Altitude Inicial, para cada bacia. Sendo assim, houve junção de diferentes rios como por exemplo, os rios Mamanguape e Gelo para formar uma única linha, a qual se apresentou como a que não percorre o leito verdadeiro, trecho este correspondente ao Rio Mamanguape. Por ser uma área de baixa elevação, e com altitudes inferiores a 5m, tanto os *softwares* ArcMap quanto o IDRISI não conseguiram identificar o leito principal verdadeiro do Rio Mamanguape. Por esse motivo foi desconsiderado o parâmetro Comprimento do Eixo Principal e considerou-se o Comprimento Direto do Rio Principal.

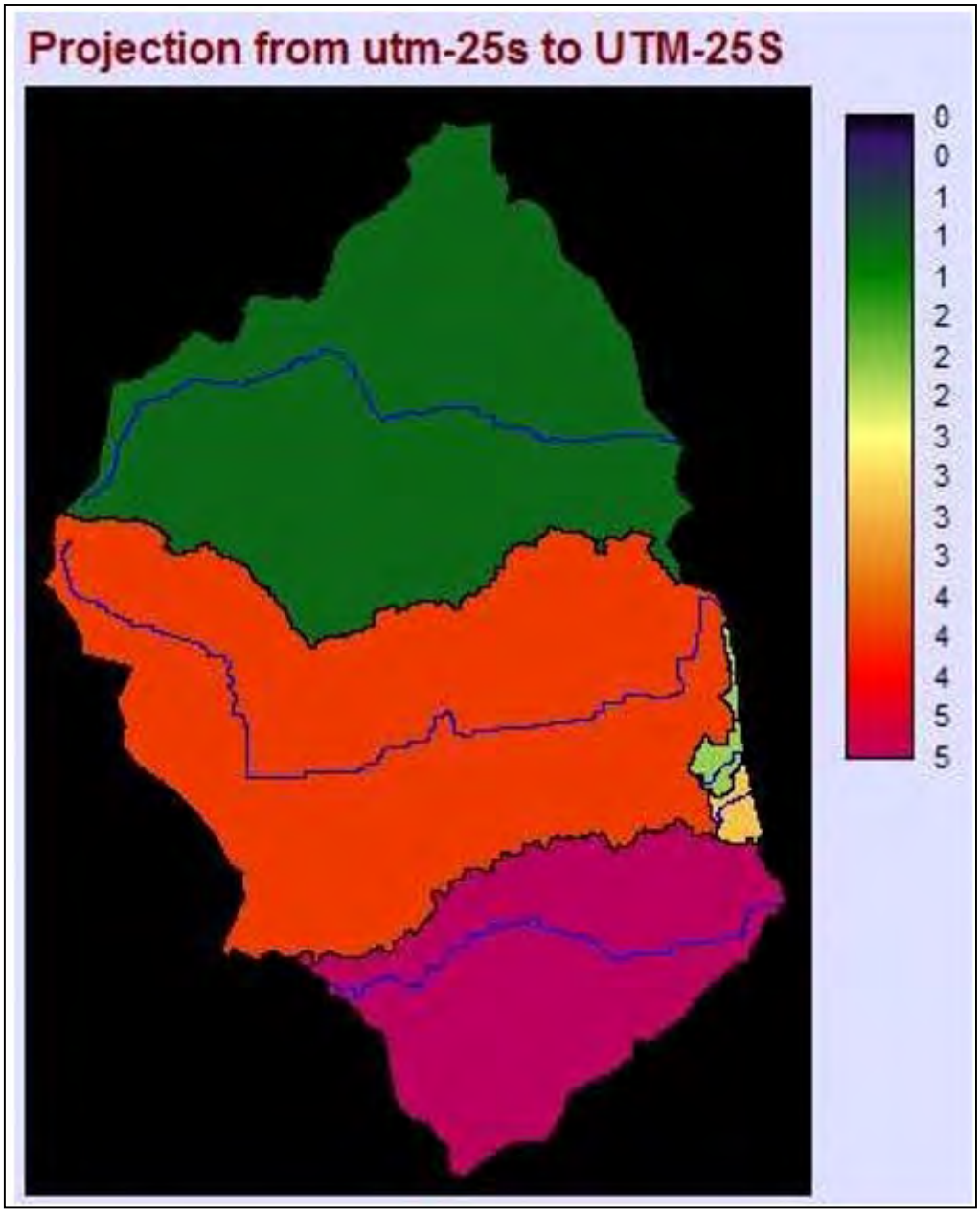


Figura 2 – Figura ilustrativa das linhas de drenagem selecionadas pelo s*oftware* IDRISI

As Análises Lineares englobam os índices e relações referentes à rede hidrográfica, sendo as medições realizadas ao longo das linhas de escoamento; já a Análise Areal envolve os índices relacionados à planimetria, além de medições lineares; e a Análise Hipsométria estuda as inter-relações em determinada unidade horizontal de espaço referentes à distribuição em relação às faixas altitudinais, indicando a proporção ocupada por uma área da superfície terrestre em relação às variáveis altimétricas a partir de determinada isoípsa base (Christofoletti, 1980).

Por fim, foram realizadas análises da fragilidade ambiental baseadas na comparação dos resultados dos parâmetros morfométricos das bacias analisadas, assim como na utilização de alguns fundamentos da Ecologia da Paisagem no que diz respeito à interação das atividades culturais com as funções hidrológicas - considerando a possibilidade de alteração da qualidade da água escoada superficialmente por estas atividades; e as possíveis implicações destas alterações sobre a homeostasia dos manguezais e conservação das espécies associadas.

4.Resultados e Discussão

4.1.Identificação e espacialização da área de influência hidrológica direta

Com a identificação das linhas de drenagem de ordens entre 1 e 8 (Figura 02) com o *raster* de 5m foi possível selecionar manualmente a área que abrange todos os canais de escoamento conforme pode-se observar na Figura 03, totalizando uma área de 578km² (57.800ha), sendo 461,7km² ou 13,09% na área da bacia hidrográfica do rio Mamanguape (total de 3.526,5km²) e 114,8km² ou 26,3% na área da bacia hidrográfica do rio Miriri (total de 436,4km²). Nota-se que restam 1,5km² para que se chegue ao valor total da área de estudos (578km²), a qual corresponde à sobreposição sobre o baixo curso das bacias dos rios Camaratuba (ao norte) e Paraíba (ao Sul).

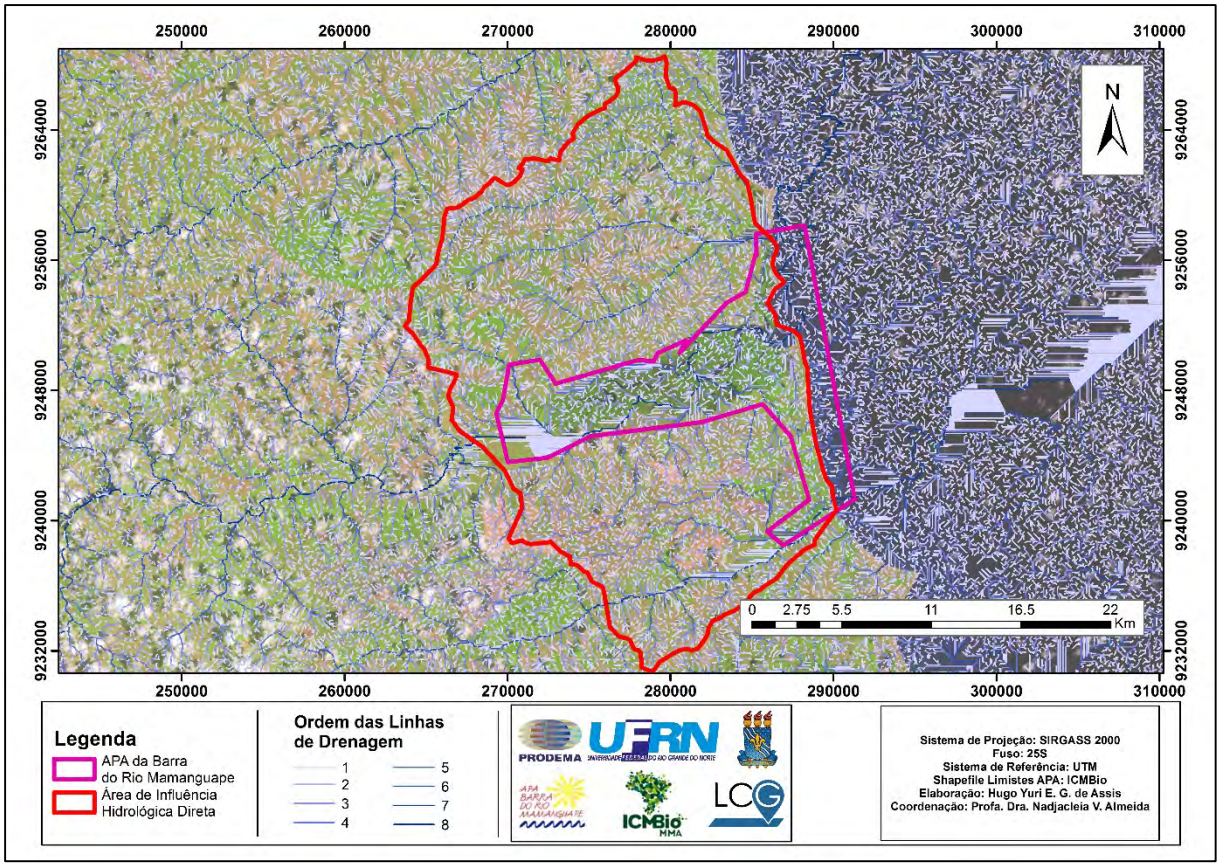


Figura 3 – Mapa de localização da área de influência hidrológica direta identificada através da delimitação das linhas de drenagem entre as ordens 1 e 8 com *raster* com dados altimétricos de 5m.

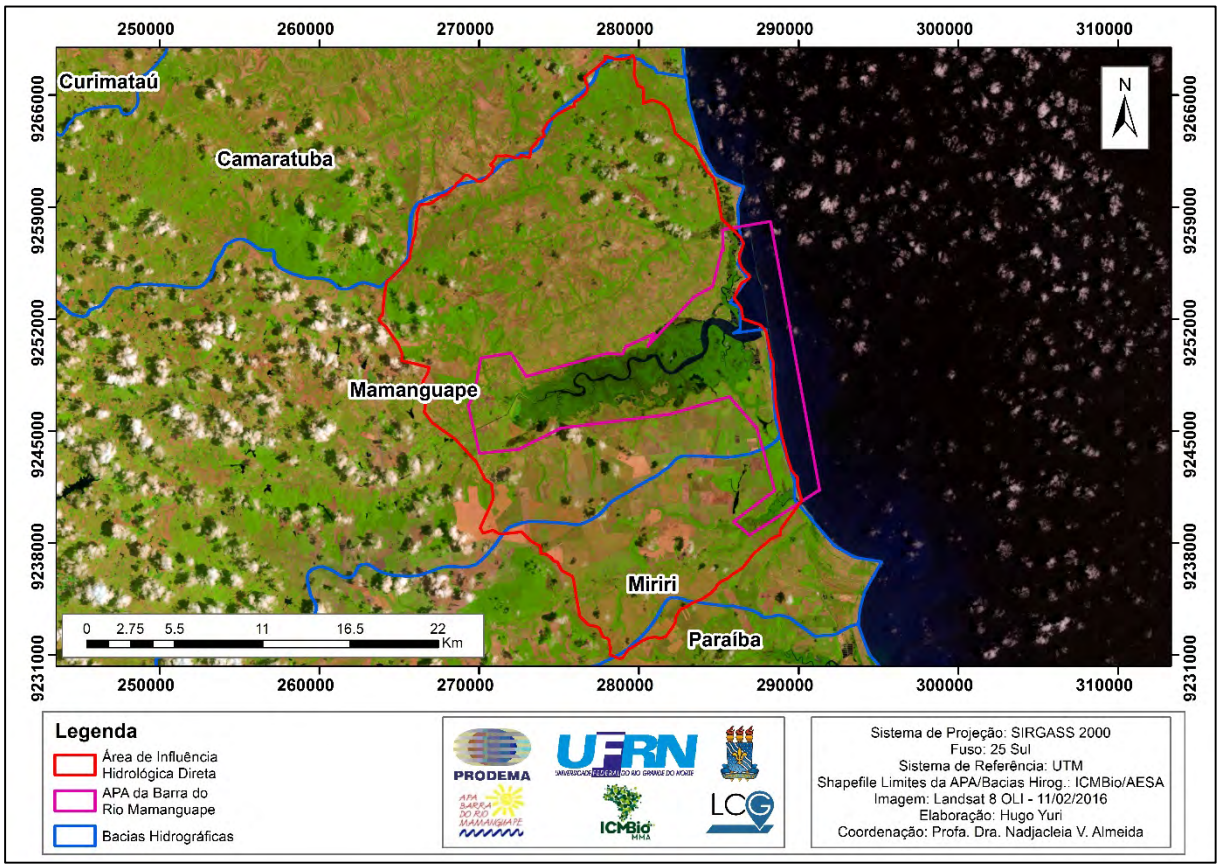


Figura 4– Mapa da área de influência direta por escoamento superficial no mangue sobre as bacias hidrográficas a qual está inserida.

A região dos leitos dos Rios Mamanguape e Miriri que ficou externa a área delimitada foi desconsiderada, pois o objetivo desse estudo está focado em identificar e analisar a área de influência hidrológica que deságua diretamente nos manguezais da APA da Barra do Rio Mamanguape.

Com o ordenamento das linhas de drenagem no *raster* de 10m, foram gerados automaticamente as ordens de 1 a 6 (observa-se a redução na identificação automática das ordens de 1 a 8 no *raster* de 5m, para 1 a 6 no *raster* de 10m devido ao aumento da altimetria nos dados do *raster* analisado) e reclassificado para as ordens de 3 a 6 (Figura 04) no intuito de identificar os principais canais de escoamento. Na etapa de geração das bacias, foram geradas automaticamente 50 (cinquenta) bacias, das quais foram selecionadas apenas 5 (cinco) (Figura 05) por possuírem área com mais de 1km² (>100ha), e classificadas de acordo com o seu tamanho como proposto por Campos (1992), as quais foram: Bacia Norte - Pequena -220km²; Bacia do Saco – Muito pequena - 4km²; Bacia do Oiteiro – Muito pequena - 3km²; Bacia do Mamanguape – Pequena - 236km²; e a Bacia do Miriri – Pequena -112km², totalizando 575km². Os 3km² que restam para completar a totalidade da área compreende a espacialização acumulada das 45 bacias restantes não consideradas.

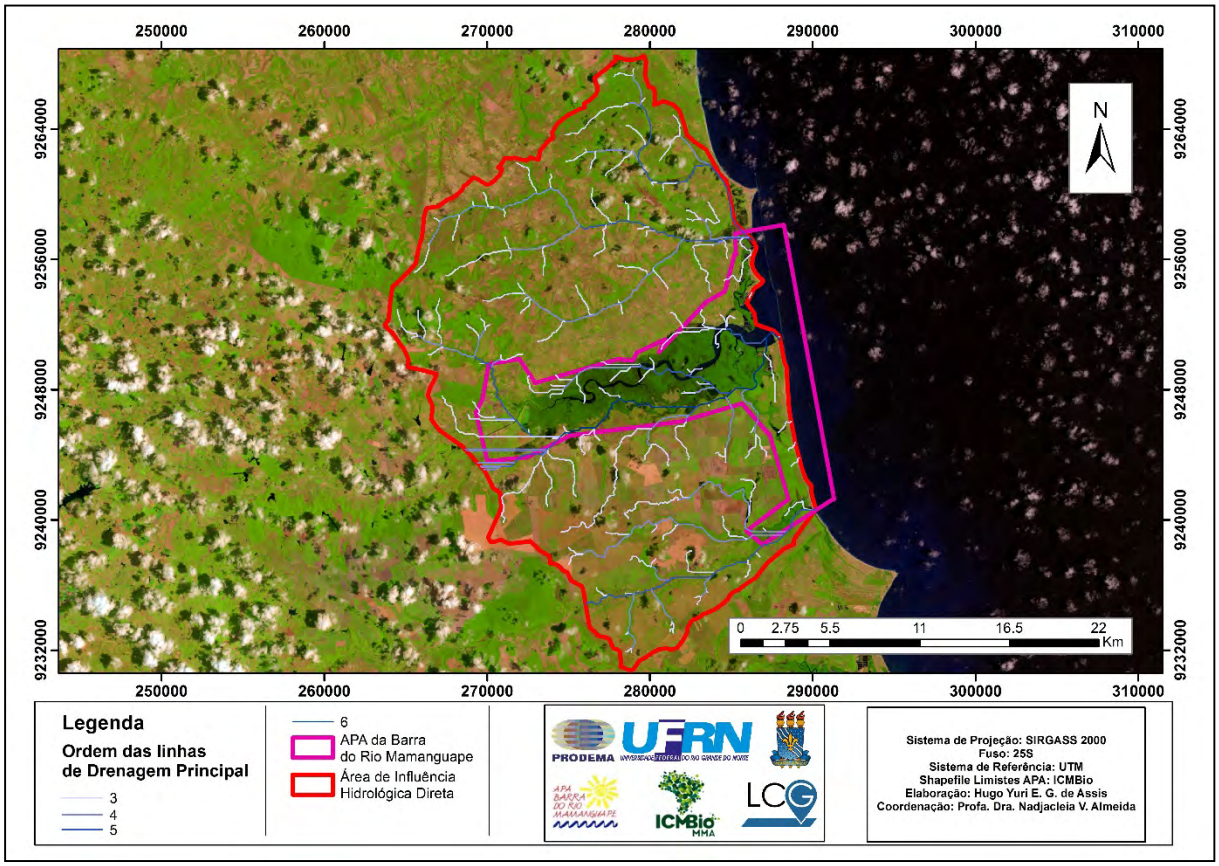


Figura 5 – Mapa de localização dos principais canais de escoamento com ordem de 1 a 6.

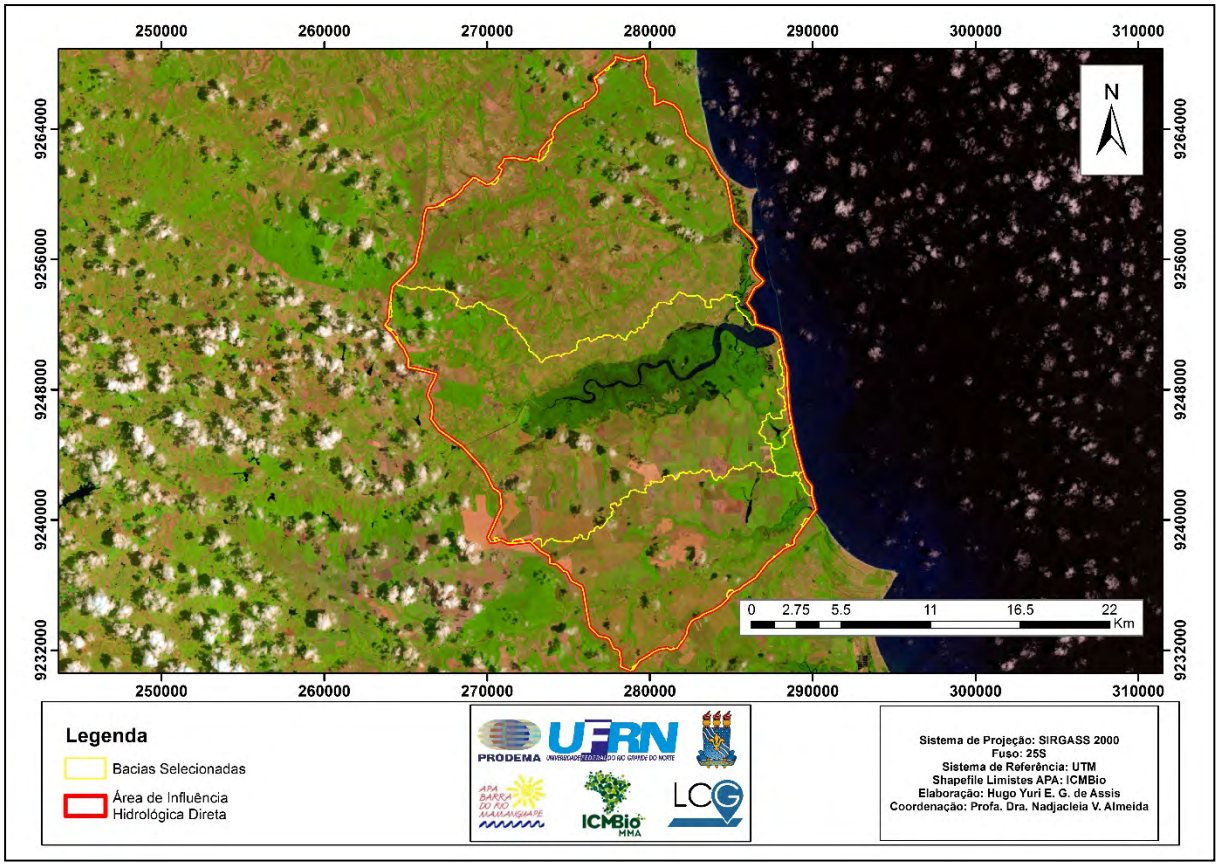


Figura 6 – Mapa de localização das principais bacias identificadas.

Analisando as principais linhas de drenagem de ordens entre 3 e 6 extraídas do *raster* de 10m em relação as suas configurações de drenagem, observa-se que todas as linhas de ordem 5 e 6 possuem características exorreicas, ou seja, todos possuem deságue diretamente no mar (Christofoletti, 1980) – o que facilita o desenvolvimento dos manguezais devido suas necessidades ambientais de locais de transição entre o ambiente marinho e terrestre, além de substratos pouco oxigenados devido a alta quantidade de matéria orgânica em decomposição demandando alta quantidade de oxigênio (Hadlich, 2009, p. 633).

Os canais de ordem 3 e 4 caracterizam-se por serem efluentes; em relação ao padrão de drenagem são considerados *meândricos*, ou seja, possuem curvas sinuosas, largas, harmoniosas e semelhantes entre si (Christofoletti, 1980), com exceção dos canais de drenagem inseridos nas bacias do Saco e Oiteiro, que pela sua curta extensão possuem características mais próximas dos canais *retos*. Já quando se refere à classificação, identificou-se os rios Mamanguape, Estiva, Gelo, Sinibu e Miriri como perenes, os demais são considerados como *efêmeros ou intermitentes*, sendo os efêmeros em menor quantidade nos canais de escoamento classificados como principais.

4.2.Análises dos parâmetros morfométricos e suas relações com a paisagem

Para a realização e discussão dos cálculos, os parâmetros morfométricos foram divididos em três classes que são definidas por Christofoletti (1980), como: as Análises Lineares, Areais e Hipsométricas.

4.2.1.Análise Linear

Como resultados dos cálculos dos parâmetros morfométricos para análise linear temos:

Tabela 01 – Resultados dos parâmetros referentes às Análises Lineares.

Bacia	P_km	La_km	Sh
Norte	100.04	21.19	1.33
Mamanguape	116.58	23.36	1.65
Miriri	70.5	16.59	1.35
Saco	20.34	2.02	1.44
Oiteiro	11.72	1.76	1.35

P_KM	Perímetro da Bacia
LA_KM	Comprimento direto do Rio Principal
SH	Coeficiente de Sinuosidade Hidráulico

4.2.1.1. Comprimento Direto do Rio Principal

Iniciando as análises pelo parâmetro Comprimento Direto do Rio Principal, temos como maiores comprimentos as linhas das bacias Norte e Mamanguape, possuindo 21,19km e 23,36km, respectivamente. Isso significa que há a possibilidade de maior quantidade de tributários desaguando nesses canais de escoamento em comparação com os demais, e de maior interferência das águas dos tributários na qualidade da água nos canais principais e, consequentemente, nos manguezais associados. Esse resultado também implica numa maior interação dos bentos que habitam os rios da bacia, além dos fluxos de energia. Com maior interação, doenças podem ser transmitidas para as espécies de outros efluentes aumentando o risco de desequilíbrio das populações tanto da fauna como da flora. Em contrapartida, há maior fluxo gênico permitindo o equilíbrio genético e perpetuação das espécies.

4.2.1.2. Perímetro

Em relação ao Perímetro, ou seja, a zona de contato entre bacias vizinhas, tem-se como maior Perímetro a área de influência hidrológica da bacia do Rio Mamanguape com 116,58km, o que já era esperado por esta bacia ser considerada uma das maiores bacias hidrográficas do estado da Paraíba com área de 3.526 km², sendo a terceira maior do estado

(AESA, 2016). Por possuir a maior zona de contato com as bacias vizinhas, a bacia do Mamanguape está mais vulnerável quando se refere as interferências dos usos inadequados da terra nas bacias vizinhas, sendo necessário identificar e espacializar os usos que estão próximo dos limites desta bacia (Mamanguape).

A bacia Norte também merece destaque tanto pelo valor do perímetro quanto pela zona de contato. Ambas possuem, na área oeste, na zona limite (Figura 07), uma área de alto interesse pois tem como limite externo a Reserva Biológica Guaribas (REBio Guaribas) composta por três SEMAS, sendo a SEMA 3 totalmente inserida nos limites da área de influência hidrológica direta dos manguezais - e como barreira geográfica entre os limites das bacias e as SEMAS 1 e 2 tem-se a BR - 101.

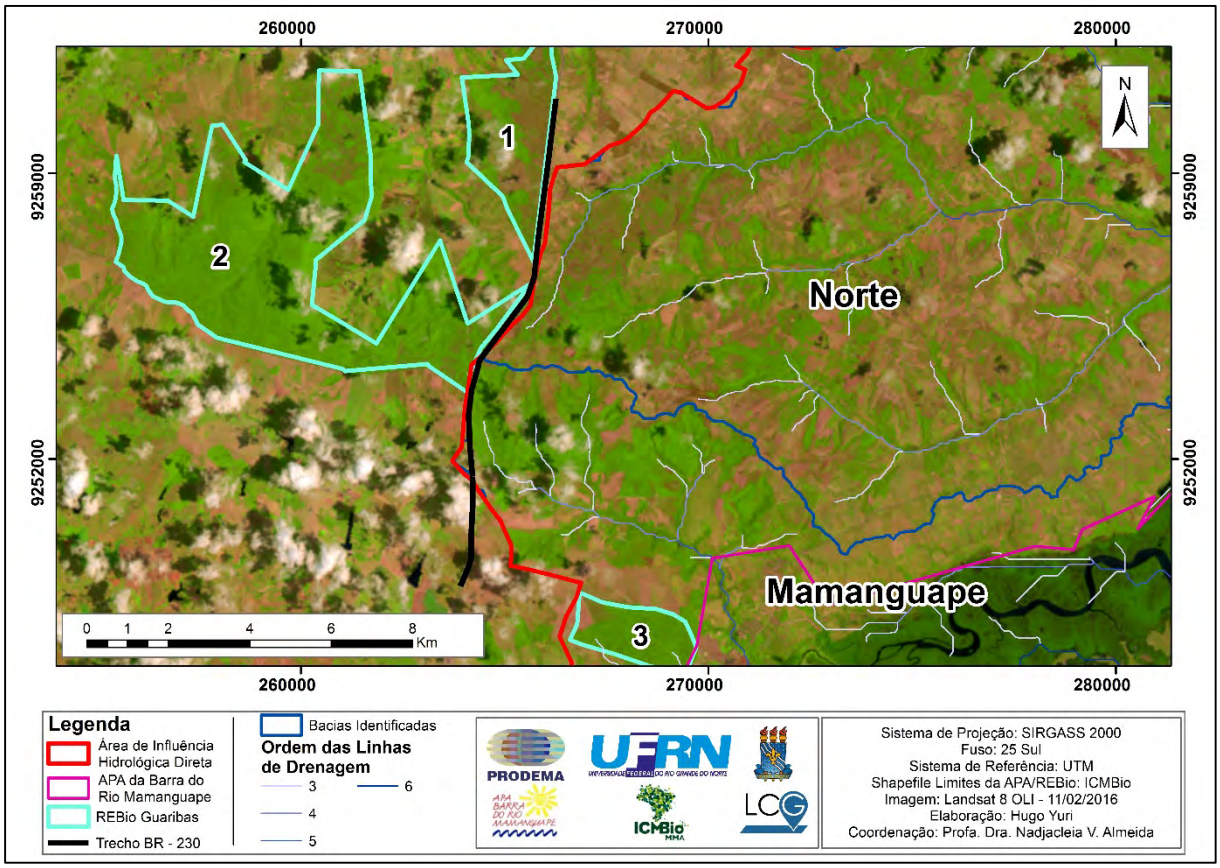


Figura 7 – Área onde se encontram as nascentes e zona limite Oeste das bacias Norte e do Rio Mamanguape com a REBio Guaribas SEMA II e BR - 101.

Próximo ao limite Oeste há fragmentos expressivos de mata atlântica; uma área de vegetação de transição (ecótono) com características savânicas composta por vegetação gramínea-arbustiva (Figura 08) e presença de arbóreas próximas as nascentes e cursos d´água (Figura 09); além de possuir, ao redor, manchas de plantações de cana-de-açúcar (Figura 10). Essa área está sujeita à diferentes tipos de impactos como os incêndios, por exemplo, principalmente no período de estiagem, tendo como período mais crítico os meses entre outubro e fevereiro. Isso pode acarretar em inúmeros problemas ecológicos e ambientais na

região a exemplo da extinção de espécies, domínio de espécies invasoras, alteração da composição físico-química do solo, alteração do ciclo hidrológico, alteração no ciclo do carbono na atmosfera, alteração no fluxo gênico das espécies e no forrageamento, além do impacto negativo sobre a manutenção das nascentes como o assoreamento devido a perda da cobertura vegetal, (Cochrane, 2003; Silva et. al., 2005; MMA, 2010; Reis, Fieker & Dias, 2016).

Figura 8 – Vegetação da área: em primeiro plano vegetação predominante de gramíneas e herbáceas; e em segundo plano uma vegetação de maior porte com características mais próximas do extrato arbustivo-arbóreo devido estar localizada próximo a um curso d´água.

Figura 09 –Ecótono com características de vegetação savânica, possuindo ilhas de vegetação mais vistosa e de maior porte próximo aos corpos d´água. Destaca-se a presença de lotes da monocultura de cana-de-açúcar ao fundo e presença de corpo d´água destacado com o círculo vermelho na parte inferior direita da imagem.

Figura 10 – Ecótono com vegetação nativa de características savânicas no centro, com manchas de lotes de cana-de-açúcar ao redor. Ao fundo localiza-se a BR-101 próximo a antena de telecomunicações destacada com uma seta vermelha, em seguida, na mesma direção, a REBio Guaribas SEMA I.

Há na BR - 101 corredores que ligam a SEMA II (REBio Guaribas) ao fragmento de mata no lado oposto da rodovia. Os corredores são dos tipos subterrâneo e/ou aéreo (por

“ponte de cordas”). Na teoria, isso facilita a percolação dos fragmentos auxiliando na manutenção do fluxo gênico e manutenção das espécies, pois a Zona Intangível (com área de 15ha correspondendo à 2,22% da SEMA 1) da reserva tem papel de matriz de repovoamento das zonas vizinhas (MMA, 2006).

4.2.1.3. Sinuosidade

Já o parâmetro Sinuosidade, que segundo Villela & Matos (1975), e Christofoletti (1980), se caracteriza como sendo a relação entre o comprimento do canal e o comprimento de um talvegue, revela informações sobre a velocidade do escoamento; quanto mais sinuoso, menor a velocidade de escoamento. Segundo Christofoletti (1980), o valor de Sinuosidade de 1,5 é considerado por muitos autores como sendo o ponto de partida para determinar os canais como meândricos. Por não se tratar de regra e sim de uma recomendação, para esta pesquisa adotou-se o valor a partir de 1,4 para classifica-los como meândricos devido à média da soma dos valores do parâmetro ser de 1,424. Ressalta-se aqui que essa classificação refere-se apenas a um único canal (o principal) de cada bacia selecionado pelo *software* IDRISI Selva, e não do conjunto dos rios e seus tributários.

Assim, os principais canais inseridos nas bacias com valores mais altos do Coeficiente de Sinuosidade foram: Saco (1,44) e Mamanguape (1,65). Isso significa que são os rios que possuem menor velocidade de drenagem. Para esses, um acidente de contaminação por metais pesados, por exemplo, significa maior tempo de permanência desse material no leito, afetando mais gravemente a biota, sejam os bentos, a fauna e/ou a flora associada. Segundo Kotei (2015), os parâmetros lineares possuem relações com a erodibilidade, sendo assim, altos valores traduzem maiores riscos de erosão (Kotei, 2015, p. 73) e consequentemente aumenta o risco de assoreamento.

É no rio Mamanguape (além do Miriri) que, segundo Buschinelli & Rodrigues, 2005, onde ocorrem as maiores descargas de poluentes oriundos de diferentes setores produtivos, sejam eles primários, secundários ou de serviços públicos (como hospitais e cemitérios, por exemplo), sendo considerada essa atividade de despejo inadequado como a causa dos principais problemas ecológicos. Visto isso, e por ser nas margens do rio Mamanguape onde se encontram as maiores áreas de manguezais da região e a maior concentração da população da zona urbana (no baixo curso, representados pelos municípios de Rio Tinto e Mamanguape) (Buschinelli & Rodrigues, 2005), se faz necessário uma maior atenção sobre os destinos inadequados dos diferentes efluentes despejados diretamente no rio e em seus tributários como ocorre com o rio do Gelo. Este rio cruza e abastece a sede municipal de Rio Tinto onde foi possível observar *in loco* o descarte inadequado de efluentes residenciais e resíduos

sólidos em seu leito, além da supressão quase que total das matas ciliares em alguns trechos. A supressão das matas ciliares ocorre principalmente nas áreas mais próximas da sede municipal, aumentando a descarga e deposição de sedimentos no leito, contribuindo para o assoreamento do rio do Gelo e do rio Mamanguape pelo fato do primeiro ser um dos tributários do segundo.

4.2.2. Análise Areal

O parâmetro Superfície da Bacia, ou como define Christofoletti 1980, p. 113, a "Área da bacia", consiste em "toda a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em plano horizontal". Assim, todos os usos da terra inseridos nessa área terão influência direta ou indireta nos canais de escoamento e na qualidade da água.

As bacias hidrográficas recebem influência dos fluxos de sedimento e energia de diferentes fontes de escoamento, entre estas, estão os tributários e as correntes sub-superficiais por meio dos lençóis freáticos que possuem deslocamento lateral, além dos sistemas culturais como o sistema urbano (esgotamento inadequado, por exemplo) e dos sistemas agrícolas inseridos na área da bacia, visto que os agricultores utilizam constantemente fertilizantes ricos em Nitrogênio (N) e Potácio (K), além dos defensores químicos. Parte desses insumos não são absorvidos totalmente pelas plantas e acaba sendo carreado do solo para os corpos hídricos através dos escoamentos superficiais e subsuperficiais por toda a extensão da bacia hidrográfica (Turner, Gardner & O´Neill, 2001; Bastos & Freitas, 2012), aumentando o risco de contaminação dos ambientes aquáticos de deflúvio (eutrofização, por exemplo), afetando diretamente a fauna e a flora dependentes.

A bacia com maior área é representada pela bacia do Rio Mamanguape (235,61km²), seguida pela bacia Norte (220,49km²) a qual possui a maior área de tabuleiros e concentração de nascentes na área oeste (locais das nascentes dos rios Gelo e Sinibú), bacia do Miriri (112,39km²), Saco (4,01km²) e Oiteiro (3,38km²) (Tabela 02).

Tabela 02 – Resultados dos parâmetros referentes às Análises Areais.

Bacia	A_km²	Em_m	Kc	Rci	Rh	Emx_m	Emn_m
Norte	220.49	72.35	1.9	0.28	1.88	177.94	4.42
Mamanguape	235.61	41.57	2.14	0.22	2.88	134.1	2.06
Miriri	112.39	50.73	1.88	0.28	1.42	72.08	2
Saco	4.01	9.69	2.86	0.12	1	18.88	5.65
Oiteiro	3.38	18.97	1.8	0.31	1.16	29.21	2.03

A_KM²	Superfície da Bacia
EM_M	Elevação Média
KC	Coeficiente de Compacidade (Gravelius)
RCI	Relação Circular

RH	Relação Hipsométrica
EMX_M	Altitude Inicial
EMN_M	Altitude Média

Em todas as bacias, com exceção da bacia do Saco e do Oiteiro, a principal atividade de uso da terra é monocultura da cana-de-açúcar, que pode ser encontrada em grande extensão, inclusive na margem norte do Rio Mamanguape que são territórios indígenas (Figura 11).

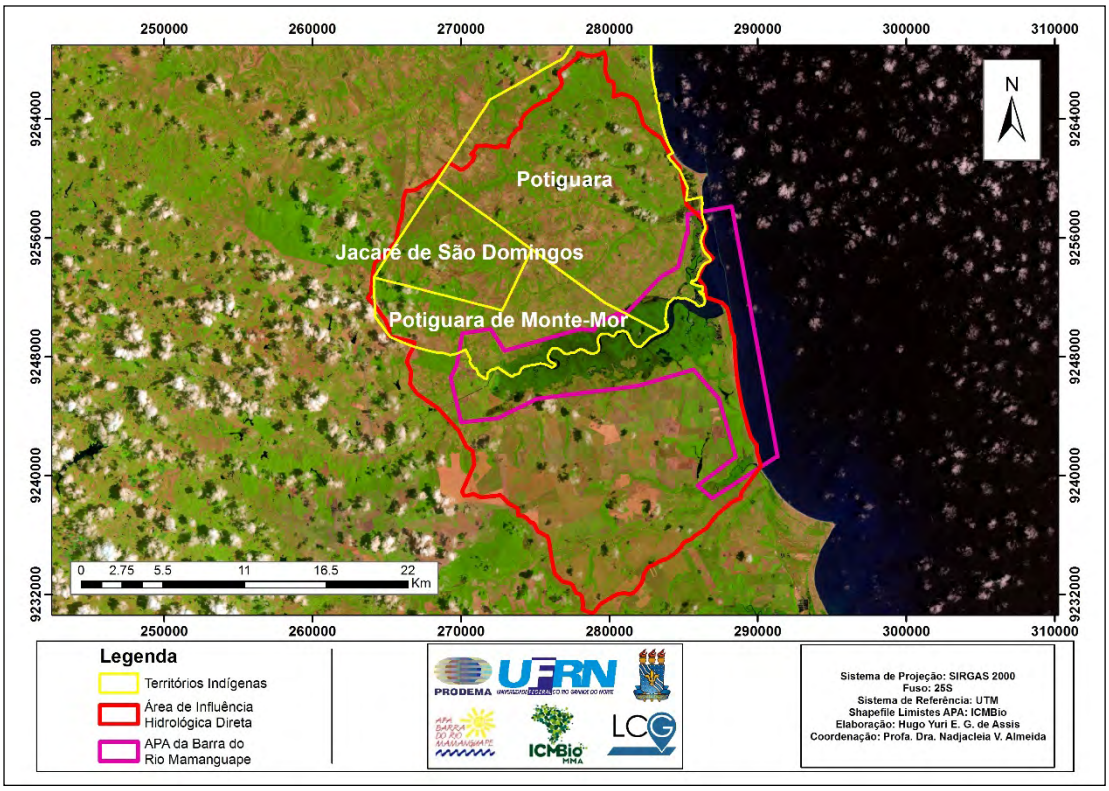


Figura 11 – Mapa de localização dos territórios indígenas no interior da área de estudos.

Em áreas de agricultura intensiva ou em processos de urbanização como ocorre nas sedes municipais (as alterações realizadas para aumentar ou diminuir a vazão dos rios com diferentes finalidades como prevenção de enchentes, por exemplo, formar reservatórios, modificar canais, ou construir pontes), há alterações no equilíbrio dinâmico natural dos rios, aumentando a carga de sedimentos carreados para os leitos, intensificando os efeitos de mudanças oriundas do assoreamento (Bastos & Freitas, 2012, p. 26), além da inserção de maior carga energética e possíveis contaminantes que estejam sob a superfície do solo.

Os componentes da paisagem que circundam os corpos hídricos possuem forte influência na qualidade da água (Turner, Gardner & O´Neill, 2001, p. 266), sendo assim, quanto maior a área de ocupação da bacia, maiores serão os riscos de degradação por contaminação dos corpos d´água oriundos dos usos inadequados dos recursos naturais.

No interior da área da bacia do Rio Mamanguape se encontram duas outras unidades de conservação de administração federal (ICMBio): REBio Guaribas, representado pela SEMA

III; e a Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) dos Manguezais da Foz do Rio Mamanguape (Figura 12). Além dos limites das Unidades de Conservação citadas, a área de influência hidrológica direta também envolve parte da Área de Influência e a Área de Entorno (10km segundo determina CONAMA 13/90) da REBio Guaribas (Figura 13).

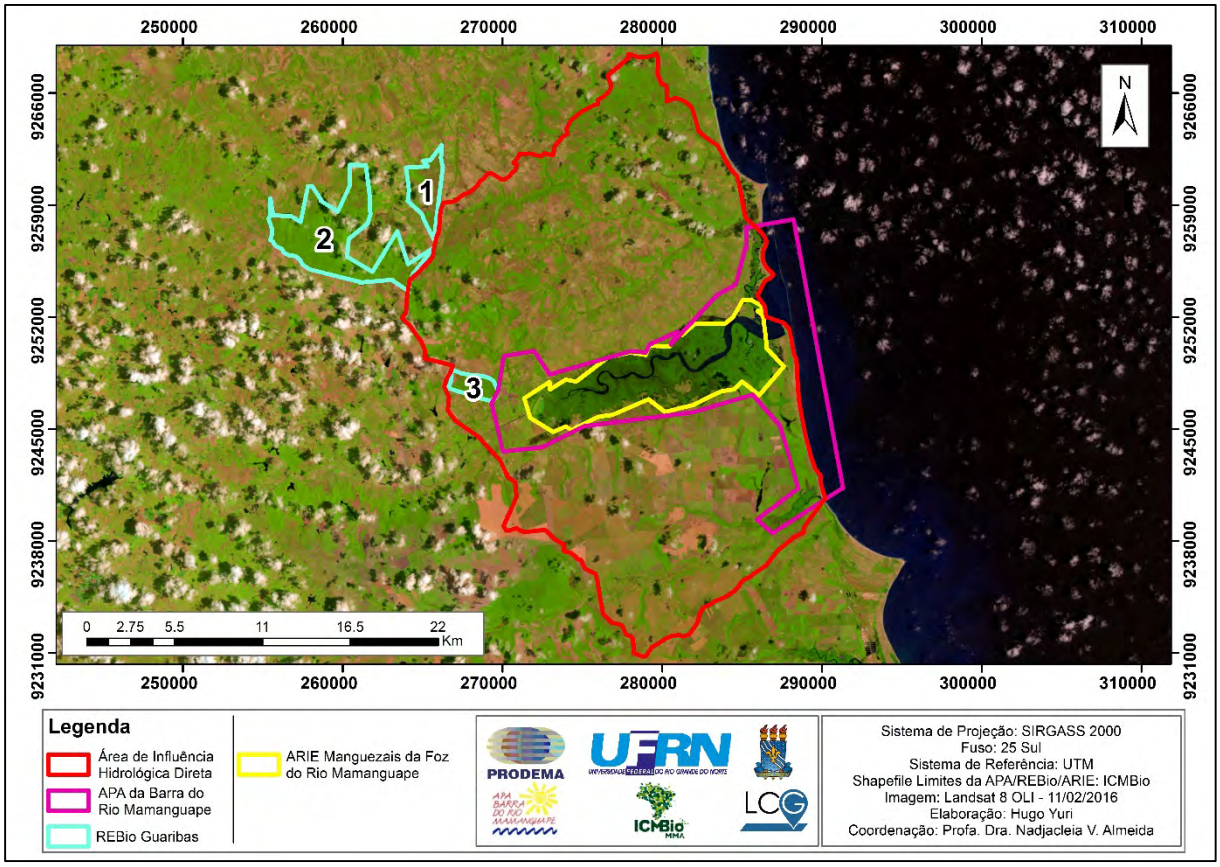


Figura 12 – Unidades de Conservação inseridas na área de influência hidrológica direta por escoamento superficial.

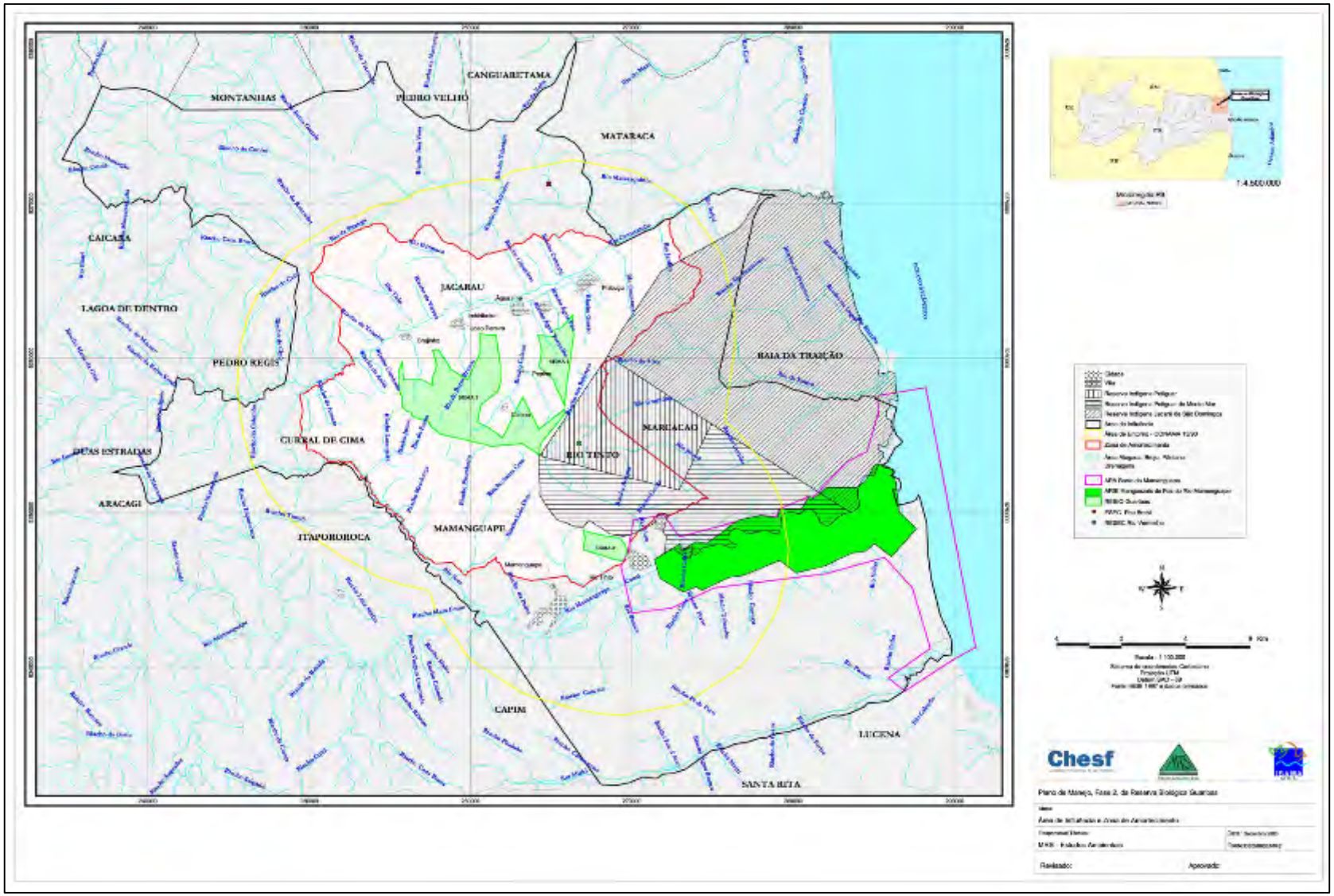


Figura 13 – Área de Influência, a Área de Entorno e Zona de Amortecimento da REBio Guaribas. Fonte: Plano de Manejo Reserva Biológica Guaribas, 2003, p. 284.

O *Coeficiente de Compacidade (Gravelius)* representa a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de área igual. Para este parâmetro, quanto maior for o valor, mais irregular será a forma da bacia (Villela & Matos, 1975, p. 13).

Segundo Villela & Matos 1975 e Christofoletti 1980, quanto mais irregular a forma, ou seja, quanto menos se aproximar da forma circular, menor será a probabilidade de alagamento, pois, a distribuição das chuvas numa bacia irregular e comprida se dá de forma espaçada, sendo improvável um evento de precipitação elevada ocorrer em toda a extensão da bacia simultaneamente provocando alagamentos e enchentes.

Visto isso, temos como melhor resultado do *Coeficiente de Compacidade (Gravelius)* a bacia do Saco (2,86) e como pior resultado a bacia do Oiteiro (1,8), local esse onde é possível encontrar áreas de fácil alagamento em períodos de chuva. Além do baixo valor do parâmetro, a bacia do Oiteiro possui como principal cobertura da terra a Floresta Atlântica; a infiltração da água é facilitada por percolação nas raízes abastecendo o lençol freático, o qual atinge sua capacidade máxima rapidamente. Entre as maiores bacias o melhor resultado foi encontrado na bacia do Mamanguape (2,14) e o pior na bacia do Miriri (1,88). Ressalta-se aqui que outros fatores também influenciam na ocorrência de enchentes e alagamentos como por exemplo a hipsometria da área (discutiremos no tópico 6.2.3).

Para reforçar a identificação das bacias com maiores probabilidades de alagamento e enchentes, calculou-se também a *Relação Circular*, parâmetro este que nessa pesquisa vem complementar o *Coeficiente de Compacidade* (*Gravelius*) sendo que, ao invés de relacionar o perímetro da bacia com o perímetro de um círculo de área igual, relaciona a área da bacia e a área do círculo de mesmo perímetro (Christofoletti 1980).

Nesse parâmetro, o valor máximo possível é igual a 1,0, o que significa que a bacia tem formato de um círculo perfeito (Christofoletti, 1980). Sendo assim, a bacia do Oiteiro é a que mais se aproxima desse coeficiente (0,31) e a do Saco a que mais se distancia (0,12), reforçando os dados gerados no cálculo do *Coeficiente de Compacidade (Gravelius)*. Quando analisadas as bacias maiores temos resultados semelhantes ao do parâmetro anterior sendo a bacia do Mamanguape com melhor coeficiente (0,22), e Norte e Miriri com o mesmo valor (0,28).

4.2.3. Análise Hipsométrica

Os parâmetros Elevação Média (EM), Altitude Inicial (AI) e Altitude Média (AM) possuem interpretações semelhantes no que diz respeito as questões de influência relacionadas a precipitação, evaporação, transpiração e deflúvio médio. Quanto maiores forem esses índices, mais vulneráveis as bacias estarão em relação aos fatores citados (Villela & Matos, 1975). Destaca-se que o parâmetro EM refere-se a bacia, e os parâmetros AI e AM referem-se a linha de drenagem selecionada pelo *software*.

O regime hídrico dos rios também é afetado pelas atividades humanas de uso e ocupação da terra, como captação da água, barragens, entre outros (Santos, Griebeler & Oliveira, 2010, p. 827). Segundo Tonello et. al., 2006, as características físicas e bióticas (e culturais) de uma bacia influenciam diretamente nos processos hidrológicos, na infiltração, na quantidade de água produzida como deflúvio, na evapotranspiração e nos escoamentos superficiais e sub-superficiais que influenciam o regime hídrico ou fluvial.

Sendo assim, comparando as bacias selecionadas, a bacia de maior fragilidade ambiental identificada foi a bacia Norte. Possui *EM* de 72,35m, *AI* de 177,94m e 4,42 de *AM*. É nessa área, como citado anteriormente, onde se concentram nascentes de diferentes rios incluindo os rios Gelo e Sinibu; e possui vegetação com características savânicas predominado por gramíneas e arbustos com extratos de maior porte próximos aos corpos d´água (a vegetação é classificada como Cerradão pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2012), o que facilita a evaporação devido ao dossel ser reduzido permitindo maior incidência de luz solar e circulação do vento. Essa área possui forte necessidade de conservação também devido ao relevo fortemente ondulado, o qual facilita o escoamento e, consequentemente, o surgimento de possíveis feições erosivas (Figura 14).

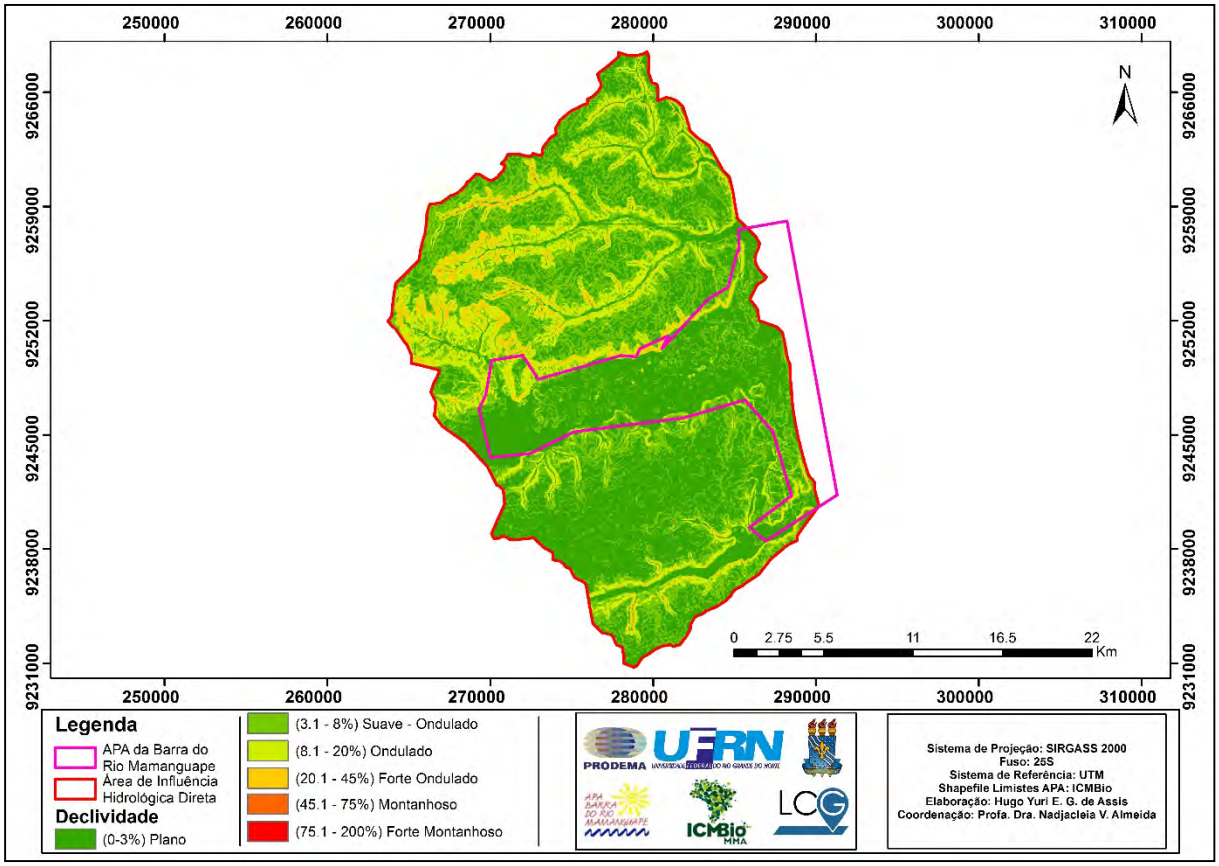


Figura 14 – Mapa de declividade da área com classificação segundo EMBRAPA, 1979, destacando o enrugamento do relevo na região norte da AIH.

Já a Hipsometria segundo Christofoletti 1980, representa as inter-relações horizontais do relevo existentes em determinada bacia referente a distribuição em relação as faixas altitudinais, indicando a proporção ocupada de determinada isoipsa base, ou, como coloca Villela & Matos 1975, p. 19, "representa o estudo da variação da elevação dos vários terrenos da bacia com referência ao nível médio do mar", podendo também ser representada pela Curva Hipsométrica.

Para esse parâmetro, quanto maior for o valor da Relação Hipsométrica, maior será a velocidade de escoamento, desconsiderando os outros fatores que influenciam na velocidade como citado anteriormente, além da rugosidade e tipo de fundo do leito. Os resultados gerados sobre esse parâmetro mostram que a bacia do Mamanguape possui o maior índice (2,88), porém, a extensa área de pouca declividade, cerca de 3km (Figura 15, eixo "X"), favorece a redução da velocidade do escoamento, facilitando a deposição de sedimentos no leito e, devido à supressão das matas ciliares do rio Mamanguape em toda sua extensão e de seus tributários, o volume detrítico é elevado contribuindo para a aceleração do assoreando do rio (Figura 16). O resultado para o Saco (Figura 17) foi o pior (1,0), sendo este o mais propenso a alagamentos.

Figura 15 – Curva Hipsométrica da bacia do Mamanguape. Onde o eixo "X" representa a distância percorrida e o eixo "Y" representa a variação de altitude.

Figura 16 – Imagem obtida do *software* Mapas da Microsoft Corporation às 10h.47min. em 24 de novembro de 2015; data do sensor desconhecida. Destaca-se a área de deposição de sedimentos criando extensos bancos de areia na foz do rio Mamanguape até a linha dos recifes de arenito.

Figura 17 – Curva Hipsométrica da bacia do Saco. Onde o eixo "X" representa a distância percorrida e o eixo "Y" representa a variação de altitude.

Segundo Oliveira 2012, a topografia da paisagem irá determinar o comportamento do escoamento superficial o qual possui maior influência sobre os processos erosivos necessitando de estudos mais aprofundados em toda sua extensão.

5.Conclusões e considerações

Os canais de escoamento identificados com ordens 5 e 6 são os mais frágeis por serem exorreicos (os quais são representados pelos principais rios), concentrando o maior volume de escoamento e, consequentemente, dos efluentes e sedimentos em suspensão na água afetando a biota associada, além de receberem toda a concentração dos efluentes.

Os canais de ordem 3 e 4 são efluentes dos canais de ordem 5 e 6, merecendo atenção especial por estarem mais próximos das concentrações urbanas e das áreas destinadas ao uso agropecuário e industrial. Isso faz com que sejam agentes de escoamento dos efluentes e contaminantes dos usos inadequados de defensivos agrícolas, da falta de saneamento básico e falta ou ineficiência da coleta de resíduos sólidos, afetando direta e indiretamente os manguezais e sua biota associada, e diretamente os principais canais de escoamento. Outro agravante é o fato de possuírem características meândricas, onde parte do material acaba sendo depositado no leito e nas margens desses canais, comprometendo a qualidade dos solos, e consequentemente a

produtividade agropecuária e qualidade de vida humana das comunidades que dependem desses recursos naturais. Uma ação imediata que deve ser tomada é a recuperação e replantio das matas ciliares, além de maior fiscalização sobre o uso de agrotóxicos, tanto pelas usinas de cana-de-açúcar, quanto pelos produtores familiares.

O rio Mamanguape possui o maior comprimento no interior da AIH, recebendo mais influência dos tributários e das atividades desenvolvidas no entorno. É considerado o mais frágil de acordo com suas características e por abrigar a maior área de mangue e população de peixes-boi. Se destaca no parâmetro sinuosidade; a velocidade de escoamento é reduzida, sendo atenuada pela sua compacidade, porém ainda com elevados riscos de graves acidentes ambientais devido ao elevado tempo de permanência dos efluentes e contaminantes no seu leito, aumentando o tempo de contato com a biota associada e com os solos, tanto do leito quanto das margens.

A região de contato, ou o perímetro de cada bacia deve ser levada em consideração nas próximas ações de planejamento devido possuírem influências diretas e indiretas das atividades que ocorrem ao redor. Quanto maior for o perímetro, maior será a zona de contato com áreas externas a AIH. É também necessário o planejamento para interligar essas bacias com outras no intuito de criar ou manter corredores ecológicos garantindo o fluxo gênico da região como um todo.

A bacia Norte merece atenção especial quando se refere à conservação dos ambientes naturais por ser a área onde se concentra a maior parte das nascentes da região, por ter o relevo mais irregular da área de estudo, e por possuir uma vegetação natural com características savânicas, além de estar conectada fisicamente a diferentes fragmentos de Floresta Atlântica incluindo a mata ciliar do rio do Gelo e a Reserva Biológica Guaribas SEMA III; e não-fisicamente (*step stones*) com outros fragmentos de relevante importância pela extensão espacial e alta biodiversidade.

As bacias menores (Saco e Oiteiro) também merecem atenção no que diz respeito ao manejo dos recursos naturais. Por ser uma área com uso menos intensivo da terra quando comparado com as outras bacias que possuem uma extensa área plantada de cultura da cana-de-açúcar por exemplo, tem seus recursos naturais mais conservados, porém, foi observado a retirada de madeira para lenha pelos moradores locais necessitando de uma orientação sobre a melhor forma de se exercer a atividade.

A metodologia aplicada para geração dos dados se apresenta satisfatória devido as possibilidades de conclusões mais fiéis à realidade da área e em curto espaço de tempo

demandado para as operações de geoprocessamento, além do entendimento da influência direta no ecossistema manguezal.

Saber como funciona o comportamento de escoamento superficial irá contribuir para o entendimento de alguns impactos ocorrentes diretos no mangue como a mortandade das espécies de flora identificados em alguns locais quando realizadas as atividades de verificação em campo. Esse mesmo entendimento irá elucidar questões de distribuição de concentração de fluxos de escoamento, permitindo identificar áreas com maior e menor probabilidade de ocorrências de enchentes e alagamentos.

O decreto de criação da APA da Barra do Rio Mamanguape, rio este que está localizado na bacia mais frágil de acordo com os resultados apresentados, não levou em consideração os fatores externos aos limites estabelecidos para conservação das funções ecológicas de um dos principais objetos de conservação: o mangue.

A área destinada para conservação dos manguezais e manutenção do peixe-boi-marinho representada pela APA da Barra do Rio Mamanguape apresenta-se insuficiente para tal, visto que a área da APA (146,4km²) correspondente a apenas 25,3% de toda a área que possui escoamento direcionado aos manguezais dos rios Miriri e Mamanguape (578km²). Todo o restante da área não possui ordenamento do uso e ocupação da terra, com as atividades de fiscalização comprometidas.

Sendo assim, se faz necessário uma revisão de seus limites para que haja, de fato, intervenções para manter o equilíbrio do manguezal e seus ecossistemas associados como os apicuns, por exemplo, ou que seja delimitada uma Zona de Influência para que a administração da APA possa intervir sobre as ações degradantes.

Sem levar em consideração essas áreas externas à APA, as ações no interior desta terão efeitos mais corretivos do que preventivos, visto que a influência externa através do escoamento superficial e subsuperficial da água transportam elementos contaminantes, poluidores e/ou partículas de solo em suspensão que irão aumentar a velocidade de assoreamento dos corpos hídricos, incluindo os rios Mamanguape e Miriri.

6.Referências Bibliográficas

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.brAcesso em: 31 de Maio de 2016.

AESA. SIGAESA-WEB. Ferramenta que disponibiliza informações georreferenciadas distribuídas no território do Estado da Paraíba. Disponível em: < http://geo.aesa.pb.gov.br/ >. Acesso em 10 de julho de 2016.

Albuquerque, Luziane Bartolini & Sakamoto, Arnaldo Yoso. *Análise ambiental e o sistema hidrográfico do córrego do porto, três lagoas (ms) para fins de planejamento ambiental***.** *Rev. Geogr. Acadêmica* v.9, n.1; 2015.

Bastos, Anna Christina Saramago & Freitas, Antonio Carlos de. Agentes e processos de interferência, degradação e dano ambiental; In: Cunha, Sandra Baptista da & Guerra, Antonio José Teixeira (Org.). *Avaliação e Perícia Ambiental* – 12º ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012

Brasil. *DECRETO N° 924, DE 10 DE SETEMBRO DE 1993***.** Cria a Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape no Estado da Paraíba e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF. 1993.

Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *RESOLUÇÃO CONAMA Nº 001, DE 23 DE JANEIRO DE 1986.* Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental.

Brasil. *LEI Nª 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997.* Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente - MMA. *Plano Operativo de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais na Reserva Biológica Guaribas***.** Mamanguape, 2006.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente - MMA. *Perfil dos Incêndios Florestais Acompanhados pelo Ibama***.** Brasília – DF. 2009.

Bezerra, João Paulo Peses. *Planejamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santo Antonio – Mirante do Paranapanema (SP).* Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Estadual Paulista. Dissertação de mestrado. Presidente Prudente/SP. 2011.

Campos A. 1992. *Procesos del ciclo hidrológico*. U.A.S.L.P, San Luis Potosi, SLP, México. pp 2-5. Disponível em: <https://books.google.com.br. Acesso em 16 de julho de 2016.

Cardoso, Christiany Araujo; Dias, Herly Carlos Teixeira; Soares, Carlos Pedro Boechat; & Martins, Sebastião Venâncio. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, Rj. *R. Árvore,* Viçosa-MG, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

Cherem, Luis Felipe Soares. *Análise Morfométrica da Bacia do Alto Rio das Velhas – MG.* Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

Christofoletti, A., *Geomorfologia*, 2ª edição, Editora Edgard Blucher, São Paulo 188 p. 1980.

Cochrane, M.A.. Fire science for rainforests. *Nature* 42: 913-919. 2003.

Collares, E.G. *Avaliação de alterações em redes de drenagem de sub-bacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia hidrográfica do Rio Capivari-SP***.** 2000. 211p. Tese de Doutorado em Geotecnia – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

Hadlich, Gisele Mara; Ucha, José Martins. Apicuns: Aspectos Gerais, Evolução Recente e Mudanças Climáticas Globais. *Revista Brasileira de Geomorfologia* – V. 10, nº 2, 2009.

Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN). *Hidrogeomorfologia aplicada ao zoneamento de áreas de risco hidrológico na Bacia do Rio Doce (Mg/Es)*. Governador Valadares, 2012. Disponível em: < http://www.ifmg.edu.br >. Acessado em: 22 de julho de 2016.

Kotei, R., Agyare, W. A., Kyei-Baffour N.2 & Atakora, E. T. Morphometric Analysis of the Sumanpa River Catchmentat Mampong-Ashanti in Ghana. *ARPN Journal of Earth Sciences.* Vol. 4, Nº. 2, 2015.

Lang, S.& T. Blashcke. *Análise da Paisagem com Sig*. Oficina de Textos; São Paulo, 2009.

Lima, Walter de Paula & Zakia, Maria José Brito; Indicadores hidrológicos em áreas florestais. Série técnica IPEF, v. 12, n. 31, p. 53-64, abr., 1998. Disponível em: < http://www.ipef.br/ >. Acessado em: 18 de julho de 2016.

Lima, P. J.; & Heckendorff, W. D.. Climatologia. In: *Paraíba, Secretaria da Educação e Universidade Federal da Paraíba. Atlas Geográfico do Estado da Paraíba.* João Pessoa. Grafset. 34-43, 1985.

Nageswara, Rao.K; Swarna Latha.P; Arun Kumar.P; Hari Krishna. Morphometric Analysis of Gostani River Basin in Andhra Pradesh State, India Using Spatial Information Technology. *International Journal of Geomatics and Geosciences*. Volume 1. Nº2, 2010.

Nucci, J. C.; Origem e Desenvolvimento da Ecologia e da Ecologia da Paisagem**.** *Revista Eletrônica Geografar*, Curitiba, v. 2, n. 1, p.77-99, jan./jun. 2007.

Oliveira, Anna Hoffmann; Silva, Marx Leandro Naves; Curi, Nilton; Neto, Gustavo Klinke; Silva, Mayesse Aparecida da & Araújo, Elias Frank de. Consistência hidrológica de modelos digitais de elevação (MDE) para definição da rede de drenagem na sub-bacia do horto florestal Terra Dura, Eldorado do Sul, RS. *Revista brasileira de ciência do solo*; vol:36; iss:4; pg:1259 -1268, 2012.

Pollo, Ronaldo Alberto; Barros, Bruna Soares Xavier de; Barros, Zacarias Xavier de; Cardoso, Lincoln Gehring; Rodrigues, Valdemir Antonio. Caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão Água da Lucia, Boticatu – SP. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, Guarapuava-PR, v.5, n.1, p.163-174, 2012.

Reis, Alessandra T. C. C.; *Comparação Florística e Diversidade das Áreas Core de Savanas "Cerrado" e Disjunções do Leste da Bahia, Brasil.* 288p. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia, 2014.

Reis, Matheus G.; Fieker, Carolline Z.; Dias, Manoel M.; The influence of fire on the assemblage structure of foraging birds in grasslands of the Serra da Canastra National Park, Brazil. *An Acad Bras Cienc* 88 (2). 2016.

Ricklefs, R. E. A Economia da Natureza. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

Rodrigues, G. S., Rodrigues, I. A., Bushinelli, C., Queiroz, J. F., Frighetto, R. T. S., Antunes, L. R., Neves, M. C. M, Freitas, G. L. de & Rodovalho, R. B. *Gestão Ambiental Territorial na Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape (PB)*. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 50. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, SP. 2008.

Santos, R.F. *Planejamento Ambiental: Teoria e Prática*. São Paulo: Oficina de textos, 2004.

Santos, Eduardo H. M. dos; Griebeler, Nori P.; Oliveira, Luiz F. de. Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG: *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.14, n.8, p.826–834, 2010.

SOMAR Meteorologia; *Tempo Agora Portal R7 Notícias*. Disponível em: <http://www.tempoagora.com.br/previsao-do-tempo/brasil/climatologia/RioTinto-PB/>. Acesso 03 de Julho de 2016.

Silva, Vagner F. da; Filho, Ary T. de Oliveira; Venturin, Nelson; Carvalho, Warley A. Caldas; Gomes, João Bosco V.; Impacto do Fogo no Componente Arbóreo de uma Floresta Estacional Semidecídua no Município de Ibituruna, MG, Brasil. *Acta bot. bras*. 19(4): 701-716. 2005.

Stipp, Nilza Aparecida Freres; Campos, Ricardo Aparecido; Caviglione, João Henrique. Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Taquara – Uma Contribuição para o Estudo das Ciências Ambientais. *Portal da Cartografia*, Londrina v. 3 n. 1, 2010.

Teodoro, Valter Luiz Iost; Teixeira, Denilson; Costa, Daniel Jadyr Leite; Fuller, Beatriz Buda; O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. *Revista Uniara.* Nº 20, 2007.

Tonello, Kelly C.; Dias, Herly C. Teixeira; Souza, Agostinho Lopes de; Ribeiro, Carlos A. A. Soares; Leite, Fernando Palha. Morfometria da bacia hidrografica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG: *Revista árvore* [0100-6762]; vol:30; iss:5; pg:849 -857, 2006.

Turner, Monica G.; Gardner, Robert H.; O´Neill, Robert V.; *Landscape Ecology: Pattern and Process.* Nova York: Springer; 2001.

Villela, S. M. & Mattos, A., *Hidrologia Aplicada*,. São Paulo: Editora Mc Graw Hill, 1975.

Waikar, M. L. & Nilawar, Aditya P.; Morphometric Analysis of a Drainage Basin Using Geographical Information System: A Case study. *International Journal of Multidisciplinary and Current Research.* Vol.2, 2014.

CAPÍTULO 02

ANÁLISE DA DINÂMICA DA PAISAGEM INSERIDA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA HIDROLÓGICA DOS MANGUEZAIS DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA BARRA DO RIO MAMANGUAPE – PB

ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF THE LANDSCAPE INSERTED IN THE AREA OF HYDROLOGICAL INFLUENCE IN THE MANGROVES OF THE ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA BARRA DO RIO MAMANGUAPE - PB

Este artigo será submetido ao periódico Desenvolvimento e Meio Ambiente e, portanto, está formatado de acordo com as recomendações desta revista (vide http://revistas.ufpr.br/made/about/submissions#authorGuidelines).

Resumo

A análise temporal de determinada região é de relevante importância para entender a dinâmica da paisagem, assim como as relações socioeconômicas das comunidades humanas que ali deixaram suas marcas. O objetivo desta pesquisa é analisar a dinâmica da paisagem natural e cultural na Área de Influência Hidrológica (AIH) dos manguezais da APA da Barra do Rio Mamanguape em escala temporal de 15 anos (2001 – 2016) através de técnicas de geoprocessamento. Para isto foi feita uma análise das relações socioeconômicas segundo os dados disponíveis no IBGE e no IDEME a partir do ano 2000, cujos parâmetros possuem influência direta na alteração da paisagem. Os resultados demonstram uma redução significativa dos Ecossistemas Naturais durante o período. Houve forte dinâmica nos parâmetros socioeconômicos analisados em todos os seis municípios inseridos na Área de Influência Hidrológica (AIH), principalmente em relação ao IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal) e educação no ensino superior. O corte de verbas do Governo Federal junto ao ICMBio influencia nas ações preventivas e de educação ambiental, assim como há falhas na elaboração e implementação de políticas públicas voltadas a conservação ambiental e melhorias da qualidade de vida dos habitantes pelos órgãos responsáveis. Sendo assim, os vários fatores somam-se em comprometer as funções ecológicas e os serviços ambientais dos ecossistemas naturais, necessitando de maior intervenção, atenção e preocupação tanto do poder público quanto dos moradores.

Palavras-chave: Análise temporal; Unidade de Conservação de Uso Sustentável; Ecologia de Paisagem; Análise socioeconômica.

Abstract

The temporal analysis of a given region is of relevant importance for understanding the dynamics of the landscape, as well as the socioeconomic relations of the human communities that left their marks there. The objective of this research is to analyze the dynamics of the natural and cultural landscape in the Hydrological Influence Area (HIA) of the mangroves of Mamanguape river estuary EPA in a temporal scale of 15 years (2001 - 2016) through geoprocessing techniques. For this, a socioeconomic relationships

analysis was made according to data available in IBGE and IDEME from the year 2000, whose parameters have a direct influence on the landscape change. The results demonstrate a significant reduction of the Natural Ecosystems during the period. There was strong dynamics in the socioeconomic parameters analyzed in all six counties inserted in the Hydrological Influence Area (HIA), mainly in relation to the MHDI (Municipal Human Development Index) and education in higher education. The Federal Government's cut of funds for the ICMBio influences preventive and environmental education actions, as well as shortcomings in the elaboration and implementation of public policies which aimed environmental conservation and improvements in the quality of life of the inhabitants by the responsible agencies. Thus, the various factors add up to compromising the ecological functions and environmental services of natural ecosystems, requiring greater intervention, attention and concern from both the public and residents.
Keywords: Temporal analysis; Conservation Unit for Sustainable Use; Landscape Ecology; Socioeconomic analysis.

Introdução

Entender os processos de uso e ocupação da terra ao longo dos anos, é uma das questões mais importantes para o planejamento e gestão do território, seja em meio urbano ou rural. Isso permite analisar as causas e consequências da degradação ambiental, e dar suporte às políticas públicas e às ações de fiscalização, planejamento e gestão do território (Coelho et.al., 2014, p. 65/66; Sartori, 2013, p. 7048), evitando assim, a degradação dos ecossistemas naturais pelas atividades antrópicas que geram impactos negativos, como a contaminação dos corpos hídricos e solos, o assoreamento, o desmatamento, dentre outros.

No intuito de entender como se deu essa ocupação na região da Área de Influência Hidrológica (AIH) da Área de Proteção Ambiental (APA) da Barra do Rio Mamanguape, este estudo apoderou-se dos conhecimentos da ecologia de paisagem, que se apresenta como uma ciência interdisciplinar com arcabouço teórico-metodológico capaz de explicar os processos intrínsecos a dinâmica da paisagem.

A ecologia de paisagem foi influenciada por várias ciências, como por exemplo, a biogeografia, a ecologia de ecossistemas, a modelagem e análise espacial, sendo beneficiada, principalmente, pelo advento das imagens de satélite (sensoriamento remoto) e pela facilidade de tratamento dos dados e análises geo-estatísticas em computadores pessoais, fazendo com que os resultados combinados do sensoriamento remoto e métricas de paisagem gerem informações valiosas para otimizar os impactos positivos das políticas de planejamento e gestão do território (Metzger, 2001, p. 3; Turner, 2001, p. 2; Coelho, 2014, p. 65; Turner, 2005, p.321). Nesta pesquisa adotou-se

a escala de observação ao nível de classe (considerando também algumas métricas de mancha) e toda a paisagem como definido por Lang (2009, p. 237).

As interações entre os padrões espaciais e os processos ecológicos são enfatizados na ecologia de paisagem, ou seja, as causas e consequências da heterogeneidade espacial em diferentes escalas de observação (Turner, 2001, p. 2). É uma ciência a qual contribui para o planejamento, manejo, conservação, desenvolvimento e melhoria da paisagem (Turner, 2001, p. 7; Nucci, 2007, p. 94) onde, o cerne das pesquisas leva em consideração as interações entre os padrões e processos a fim de entendê-los. Os pesquisadores devem considerar as mudanças nas dinâmicas da estrutura e função da paisagem por serem as forças que movem os mecanismos de mudanças nos padrões e processos desta (Fu, Liang & Lu, 2001, p. 385, Wu, 2013, p.2), visto que o ponto de partida da ecologia de paisagens é semelhante ao da ecologia de ecossistemas: observar as inter-relações de toda a biota, incluindo o ser humano, com o ambiente em que vive (Metzger, 2001, p.2).

Para obter as informações da dinâmica da paisagem, foram utilizadas técnicas de geoprocessamento e processamento digital das imagens dos sensores orbitais Landsat 7 ETM+, e Landsat 8 OLI, para os anos de 2001 e 2016, respectivamente, e calculadas diferentes métricas de paisagem.

Isolados, os dados oriundos das diferentes análises da paisagem não respondem questões fundamentais sobre como se deu a dinâmica da ocupação humana na região. Sendo assim, foram levantadas e analisadas informações socioeconômicas dos municípios inseridos na AIH publicadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e pelo Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba (IDEME-PB) através dos censos demográficos de 2000 e 2010, e informações agropecuárias de 2006 e 2016.

De posse dos dados do IBGE e do IDEME, selecionou-se diferentes parâmetros que possuem relação direta entre: as questões demográficas/socioeconômicas dos municípios que estão inseridos na AIH, e o meio ambiente natural para que fossem analisados junto com as informações da análise da paisagem. Esses parâmetros foram escolhidos baseando-se no estudo publicado pelo Observatório das Metrópoles-IPPUR/FASE, coordenado por Ribeiro (2009), onde se leva em consideração os riscos e a vulnerabilidade social; e nos estudos realizados por Carvalho; Kelting & Silva; 2011 e Ribeiro, “s.d.”. É necessário considerar as interações entre os fatores social, econômico

e ambiental a fim de se exercer práticas sustentáveis no uso dos recursos naturais (Santos, 2007, p. 932).

Sendo assim, questionou-se quais as mudanças na paisagem decorrentes do uso e ocupação da terra inadequado em pelo menos uma década na AIH de uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável, e como a dinâmica socioeconômica contribuiu para estas mudanças. Assim, esta pesquisa teve como objetivo analisar a dinâmica da paisagem natural e cultural na AIH dos manguezais da APA da Barra do Rio Mamanguape em escala temporal de 15 anos através de técnicas de geoprocessamento, e as relações socioeconômicas segundo os dados do IBGE e IDEME a partir do ano 2000, cujos parâmetros possuem influência direta na alteração da paisagem.

Material e Métodos

2.1- Área de Estudos

Estabeleceu-se como área de estudos (escala espacial de 1:200.000) toda a região que possui escoamento superficial das águas pluviais com direção aos manguezais inseridos na APA da Barra do Rio Mamanguape (Decreto de criação da APA: N° 924, de 10 de setembro de 1993), localizada na Mesorregião da Mata Paraibana, e na Microrregião do Litoral Norte do Estado da Paraíba, tendo como bioma a Floresta Atlântica.

A área de influência hidrológica (AIH) direta dos manguezais da APA possui 578km², incluindo seis municípios: Baía da Traição, Lucena, Mamanguape, Marcação, Rio Tinto e Santa Rita (Figura 01), envolvendo também territórios indígenas (TI) potiguara (Figura 02.a): Jacaré de São Domingos, Potiguara e Potiguara de Monte-Mor; além de outras Unidades de Conservação Federal como a Reserva Biológica Guaribas, e a Área de Relevante Interesse Ecológico dos Manguezais da Foz do Rio Mamanguape (Figura 03.b).

A região da APA é composta por falésias, restingas, dunas, baixos planaltos, embocaduras e estuários, inserida em duas bacias hidrográficas: dos rios Miriri e Mamanguape (Rodrigues et. al., 2008).

O clima é quente e úmido do tipo “As” segundo a classificação climática Köppen. Entre março e agosto concentra-se o período chuvoso com média de 173mm (Araújo et.al, 2016, p.34); entre setembro e fevereiro, o período de estiagem (Lima & Heckendorff, 1985; SOMAR Meteorologia, 2014; Araújo et. al., 2016, p.35). A precipitação anual varia de 1.200 a 1.800 mm com as temperaturas médias anuais

variando entre 24° C e 26° C com média de 26,3°C (Araújo et. al., 2016, p.39), sendo o período entre dezembro e fevereiro com registros de maiores temperaturas (MMA, 2006).

Geologicamente está situada no compartimento geológico-geomorfológico dos Baixos Planaltos Costeiros, com formação sedimentar, situada em regiões de aluviões e sedimentos de praia com coberturas lateríticas e coberturas elúvio - coluviais; paleógeno/neógeno (AESA, 2016; Medeiros, Monteiro & Almeida, 2016, p. 17). Quanto à geomorfologia segundo Medeiros, Monteiro & Almeida (2016, p. 19) adaptado de Paraíba (2006), a APA da Barra do Rio Mamanguape possui os seguintes compartimentos: Tabuleiros costeiros com formas convexas; Tabuleiros costeiros com formas tabulares; Planície Marinha; Planície flúvio-marinha; Planície fluvial.

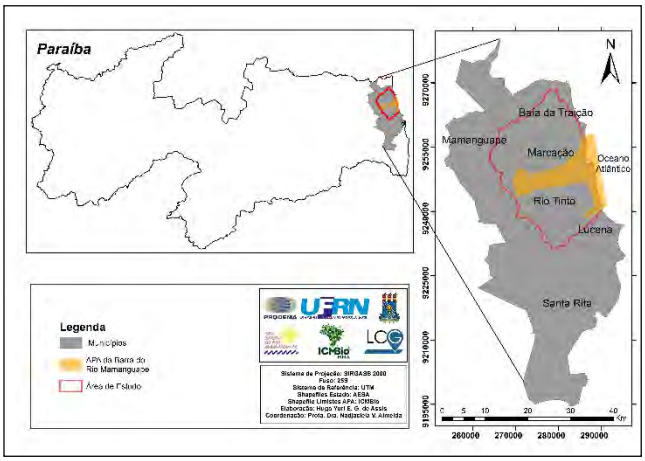


Figura 01 - Localização da área de estudos de acordo com os municípios

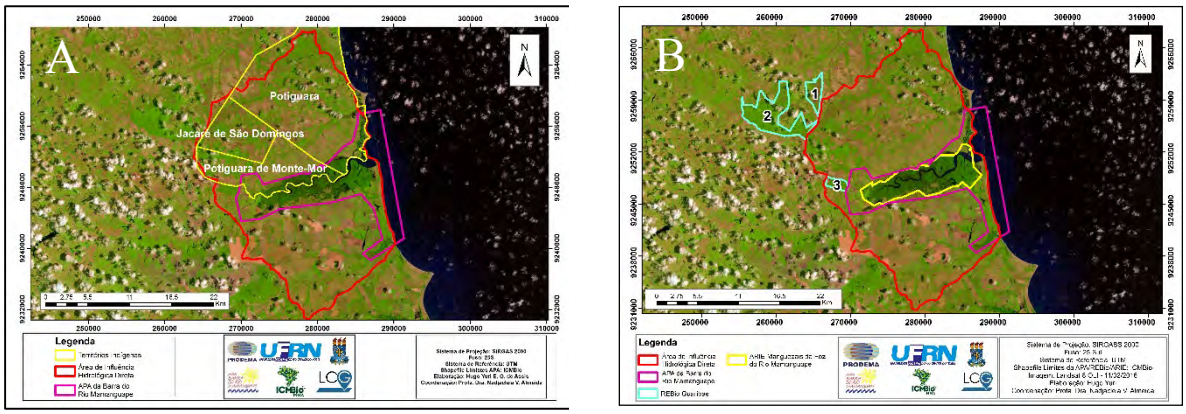


Figura 02 – A: Terras indígenas potiguaras; B:Unidades de Conservação

2.2- Procedimentos Técnicos

2.2.1- Obtenção de dados de paisagem

Para atender ao objetivo pretendido, foram pesquisadas duas imagens de satélite as quais possuíssem menor interferência de nuvens possível, e com maior escala temporal

disponível. Foi possível então identificar e adquirir gratuitamente as imagens do satélite Landsat 7 ETM+ de 04 de agosto de 2001, e do Landsat 8 OLI de 11 de fevereiro de 2016 obtidas através do portal do *United States Geological Survey – USGS* (Pesquisa Geológica dos Estados Unidos), no endereço <https://earthexplorer.usgs.gov/>, com resolução espacial de 30x30m.

De posse dessas imagens, passou-se para a etapa de tratamento. O primeiro procedimento foi realizado no software ARCGis 10.3 com a fusão das bandas selecionadas (método de coevolução cúbica) com pixels de 30x30m, com a banda pancromática - banda 8 (0,52 µm – 0,90 µm para o Landsat 7; e 0,50 µm – 0,68 µm para o Landsat 8) com pixels de 15x15m para posterior composição "falsa-cor". Esta etapa teve como objetivo tornar os pixels das imagens mais finos, ou seja, com pixels de 15x15m para facilitar a classificação supervisionada. Em seguida foram feitos os procedimentos para realizar a composição "falsa-cor" no software ENVI 5.1 unindo as bandas 5 (1,55 µm – 1,75 µm), 4 (0,76 µm – 0,90 µm) e 3 (0,63 µm – 0,69 µm) para o Landsat 7 ETM+ (2001), e 6(1,57 µm – 1,65 µm), 5 (0,85 µm – 0,88 µm) e 4 (0,64 µm – 0,67 µm) para o Landsat 8 OLI (2016).

Posteriormente, as imagens foram recortadas tendo como base os limites da AIH, delimitando-se a área a qual foram feitos os procedimentos de classificação supervisionada das classes de paisagem previamente determinadas, assim como a realização dos cálculos das métricas de paisagem e verificações de campo.

Utilizando as imagens "falsa-cor" recortadas, foram realizados os procedimentos para classificação supervisionada das imagens no software ENVI 5.1 segundo as classes: Ecossistemas Naturais, Ecossistemas Culturais, Água, Nuvens e Sombra. Utilizou-se para definição dos Ecossistemas Naturais e Culturais a classificação dos ecossistemas dada por Odum, 1983, p. 105, e a classificação de paisagens dada por Cavalcanti, 2014, p. 15.

Para a classificação foram utilizados pontos de controle (3.816 amostras para a imagem de 2001 e 2.159 para a de 2016) em toda a área abrangendo o maior número de pixels possível por classe. Após a inserção dos pontos de controle, foi aplicado o método *Maximum Likehood Classification* (classificação pelo vizinho mais próximo) com probabilidade de 5%; em seguida aplicada a ferramenta *Sieve* por 4 vizinhos para redução de erros de classificação, e por fim aplicada a ferramenta *Clump* para redução do número de pixels não classificados, e que foram corrigidos manualmente a posteriori os que ainda permaneceram.

Após classificadas, as imagens geraram um novo arquivo de imagem contendo as cinco classes identificadas que foram enviadas novamente para o software ARCGis 10.3 para correção manual dos erros de classificação, para isso, as imagens foram convertidas em arquivos vetoriais. Após a correção manual dos erros de classificação, os arquivos vetoriais

foram convertidos novamente para formato matricial e aplicou-se o índice de Kappa (Cohen, 1960) (Equação 01) através da matriz de confusão para verificação da acurácia da classificação.

Equação 01:

$$K = \frac{n\sum_{i=1}^{c} x_{ii} - \sum_{i=1}^{c} x_{i+}x_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^{c} x_{i+}x_{+i}}$$

Onde, $\sum_{i=1}^{c} x_{ii}$ = somatório da diagonal da matriz de confusão; n= número total de amostras coletadas; c = número total de classes; x_{i+}= soma da linha *i*; x_{+i} = soma da coluna *i* da matriz de confusão.

Por fim, com as imagens classificadas e corrigidas com acurácia satisfatória, os dados matriciais foram enviados para o software Fragstats 4.2.1 para realização dos cálculos das métricas de paisagem que consistiram em: *Área Total*: Área de todos os fragmentos da classe e de toda a paisagem em hectares; *Porcentagem da Paisagem*: Porcentagem de fragmentos de mesma classe na paisagem; *Número de Manchas*: Número de fragmentos existentes na classe; *Índice de Maior Mancha*: Porcentagem da paisagem ocupada pela maior mancha da classe; *Borda*: Soma de todas as bordas da classe; *Densidade de Borda*: Soma de todas as bordas da classe dividido pela área total em hectares; *Razão Perímetro-área*: Relação entre o perímetro da mancha (m) e a área (m²); *Total de área Núcleo*: Soma das áreas centrais de toda a classe em hectares (-100m); *Porcentagem de Área Núcleo*: Soma das áreas centrais de cada mancha (m²) do tipo de classe correspondente, dividido pela área total da paisagem (m²), multiplicada por 100 (%); *Índice de Proximidade*: Mede o grau de isolamento e fragmentação do correspondente tipo de mancha considerando o tamanho e a proximidade de todas as manchas; e *Conexão*: Número de junções funcionais entre as manchas do tipo de classe correspondente em uma distância especificada (50m), dividido pelo total de uniões possíveis; estas, multiplicado por 100 para converter em uma porcentagem (Volotão, 1998, p.9. Lang. 2009. Macgarigal & Ene, 2013).

Para as verificações de campo utilizou-se GPS Garmin 62SC para georreferenciamento de pontos relevantes para a pesquisa; registros fotográficos em solo, assim como os registros feitos com a câmera GoPro Hero 2 a bordo do Veículo Aéreo Não-tripulado (VANT) Phantom FC40, e Phantom 4 com câmera própria do equipamento.

2.2.2- Levantamento de dados socioeconômicos e agropecuários municipais

Nesta etapa, buscou-se levantar todos os dados socioeconômicos disponíveis entre os anos de 2000 e 2016 através dos censos demográficos de 2000 e 2010, e agropecuários de 2006 e 2016, focando nas informações com relevância nas relações socioeconômicas - ambientais: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM); IDHM- Educação; IDHM – Renda per capta; Demografia e Saúde; Educação; Renda; Trabalho; Habitação; e

Vulnerabilidade social. Também foram levantados os dados sobre estruturas legislativas dos municípios para o ano de 2015 em relação a: Planejamento urbano; Recursos para gestão municipal; Implantação de empreendimentos; Gestão Ambiental; e Articulação interinstitucional, disponíveis na Pesquisa de Informações Básicas Municipais (PIBM - 2015). Além desses, os dados de serviços municipais como saneamento, abastecimento de água e coleta de resíduos sólidos também foram analisados.

Resultados e Discussões

3.1- Análise da paisagem

Conforme descrito na metodologia, a análise da paisagem se deu por meio de técnicas de geoprocessamento - pois a dinâmica da paisagem é constante devido a ação do homem, e a interpretação de imagens de satélite se torna uma fonte indireta para a determinação das alterações dos processos econômicos e a expansão urbana (Sartori, 2013, p. 7049) -, e das métricas de paisagem – visto que a quantificação dos padrões da paisagem é necessária para o entendimento dos efeitos dos padrões sobre os processos ecológicos, além de servir para registrar as alterações temporais da paisagem (Turner, Gardner, O´Neill, 2001, p. 132)-, utilizando a escala espacial de toda a AIH dos manguezais da APA, e com escala temporal de 15 anos (2001 – 2016).

Para os Ecossistemas Culturais considerou-se as áreas: de zonas urbanas e industriais; destinadas a agropecuária e aquicultura; e rodovias. Já para os Ecossistemas Naturais, foram consideradas as áreas de: restinga; fragmentos de Floresta Atlântica; áreas com vegetação característica de tabuleiro ou savânica; várzeas; dunas; falésias; manguezal; apicuns; e salgados. Baseado nesses parâmetros, obteve-se acurácia de 97,57% para a imagem de 2001, e 97,67% para 2016 (Figura 03):

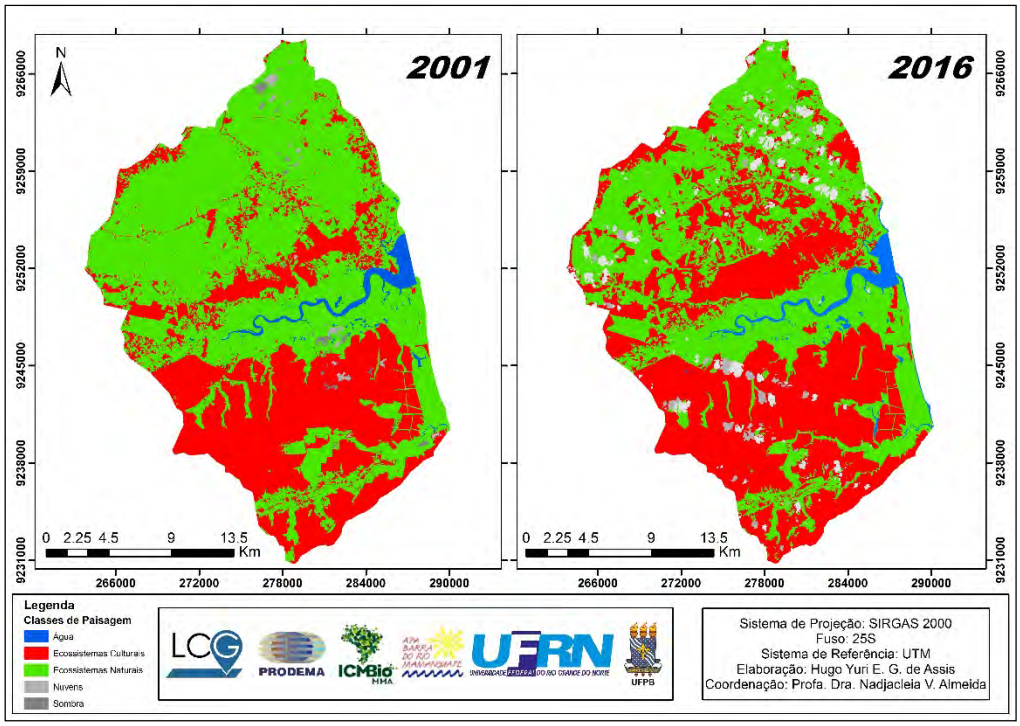


Figura 03 - Classes de paisagem para os anos de 2001 e 2016

Analisando as classes de paisagem segundo as métricas, observamos uma diminuição significativa da área da classe Ecossistemas Naturais (EN) passando de 35.271ha, correspondendo a 60,9% da paisagem em 2001, para 27.742ha, correspondendo a 47,7% da paisagem em 2016; redução de 21,34% da área, ou 7.529ha no período de 15 anos. Tem-se que levar em consideração que, na imagem do ano de 2016, há maior cobertura de nuvens (1.815ha, ou 3,1% da paisagem) em relação à 2001 (273ha, ou 0,47% da paisagem) concentrando-se na região nordeste da imagem onde localiza-se a área mais conservada para a classe EN, omitindo algumas informações sobre áreas de desmatamento e/ou conservadas.

A redução da área dos EN por desmatamento causa diferentes impactos negativos como a redução dos serviços e recursos florestais, fragmentação, aumento do efeito de borda - sendo mais intenso em fragmentos menores-, diminuição das áreas núcleo, isolamento genético, empobrecimento das comunidades, inserção de contaminantes nos sistemas aquáticos e nos solos, entre outros, que põem em risco a manutenção das funções ecológicas e da homeostase dos ecossistemas, (Turner & Oneill, 2001; Laurance & Vasconcelos, 2009; Lang, 2009; Uezu & Junior, 2012; Ribeiro et al., 2012; Melo et al., 2016). Os recursos naturais são utilizados pelos moradores para subsistência há muitos anos como observado Paludo e Klonowski (1999).

Com o passar dos anos os recursos e serviços ecossistêmicos vêm sendo comprometidos, pondo em risco também as atividades de subsistência das comunidades

humanas, aumentando a dependência das usinas de cana-de-açúcar, onde, em alguns casos os moradores arrendam ou vendem suas terras para as usinas, o que também contribui para a diminuição dos EN. Foi a principal atividade que substituiu os EN na região nordeste para Ecossistermas Culturais (EC), aumentando o número de fragmentos de EN de 268 em 2001 para 321 em 2016 na área analisada. Isso acarreta inúmeros problemas ecológicos visto que em uma paisagem fragmentada a imigração de indivíduos é comprometida, e em alguns casos impedida, podendo causar a extinção de determinada (s) espécie (s) (Laurance & Vasconcelos, 2009, p.438).

Para a classe Água, houve um aumento insignificante de área passando de 1.188ha, ou 2% da paisagem em 2001, para 1.255ha, ou 2,1% em 2016 devido diferenças entre os valores dos pixels das imagens na classificação supervisionada. Ressalta-se que, segundo dados disponibilizados pela AESA, a média do acumulado do mês da captura da imagem e seu trimestre anterior imediato para cada ano ficou em: 2.028,9mm para 2001 - fim do período chuvoso; e 1.324,0mm para 2016 - fim do período de estiagem.

Em relação a borda, adotou-se a distância de 100m do limite externo em direção ao interior. Essa medida foi adotada baseada em diferentes pesquisas (Murcia, 1995; Lima-Ribeiro, 2008; Castro, 2008; Laurance & Vasconcelos, 2009; Nogueira, 2012; Oliveira et. al., 2015). Em 2001, os EN possuíam um perímetro total de 1.734,825km de extensão com densidade de 29,9m/ha, passando para 1.913,85km com densidade de 32,9m/ha em 2016. Na relação perímetro-área, passou de 705,4 em 2001, para 1.181,5 em 2016.

A relação perímetro-área é uma medida adimensional que leva em consideração a forma, comprimento do perímetro e a área da mancha, onde, a relação absoluta entre a área e o perímetro aumenta conforme a área total da mancha, ou seja, manchas pequenas com perímetro elevado possuem uma relação área-perímetro relativamente baixa, bem como absoluta (Lang, 2009, p. 268).

O aumento da área de borda nos EN causa impactos negativos severos às espécies mais sensíveis, provocando alterações no habitat como: alteração do microclima; velocidade dos ventos; intensificação da exposição aos raios solares; aumento na taxa de mortandade de árvores adultas de interior; aumento no número de clareiras incentivando a colonização por espécies oportunistas pioneiras levando à mudança na composição florística; mudanças na abundância, na distribuição e interação das espécies; mudanças nos fluxos de energia, entre outras (Murcia, 1995; Rodrigues, 1998; Turner & O´neil 2001; Oliveira et. al. 2014; Lima – Ribeiro, 2008; Lang, 2009; Laurance & Vasconcelos, 2009; Nogueira, 2012).

Um dos principais impactos às bordas já consolidadas e que contribuem para manutenção do microclima no interior dos fragmentos, é o fogo utilizado pelas usinas de

cana-de-açúcar em épocas de colheita. As usinas realizam o plantio muito próximo às bordas dos fragmentos de mata, causando incêndios e levando a mortandade das espécies, onde, em alguns casos, as usinas aproveitam para ocupar esses locais ampliando as áreas de plantio como acontece atualmente na região da nascente do rio Velho próximo a comunidade de Tanques, o qual apresenta indicadores de degradação do solo com elevada acidez, baixa disponibilidade de nutrientes e alta concentração de alumínio (Melo *et al*, 2016).

Para as análises das áreas núcleo, áreas estas com menor ou nenhuma influência do efeito de borda representadas pelos espaços internos das manchas da classe EN, adotou-se o mesmo *buffer* negativo de 100m. Em 2001, havia um total de 23.254,8ha de áreas núcleo correspondentes a 40,19% da paisagem, reduzindo para 15.655,3ha em 2016 correspondendo a apenas 26,9% da paisagem, comprometendo intensamente a área de vida de espécies de interior, sensíveis aos efeitos de borda.

Em relação ao índice de proximidade, medida a qual distingue as manchas isoladas das manchas conectadas adotando-se um *buffer* específico (Gustafson; Parker, 1994, p. 27), obtivemos respostas referentes às limitações das possibilidades de deslocamento de espécies entre as manchas. Como nesta pesquisa não foi selecionada nenhuma espécie específica, adotou-se a distância 50m no sentido externo a mancha (*buffer* positivo) por considerar o poder de deslocamento limitado de pequenas espécies de mamíferos terrestres, por exemplo.

Em 2001, o índice de proximidade dos EN era de 116.157,2 com conexão de 0,50%, passando para 29.518,0 em 2016 com conexão de 0,1%. Lang, 2009, p. 292, coloca que "o índice de proximidade tem um alto valor quando uma mancha estiver cercada por grandes manchas e/ou manchas próximas. Ele diminui em áreas menores e em distâncias maiores", mensurando tanto o grau de isolamento, quanto o de fragmentação da mancha em relação a vizinhança, distinguindo as distribuições espaças de manchas pequenas, das configurações de conjuntos complexos de manchas maiores (Macgarigal & Marks, 1995, p. 46).

Sendo assim, a diminuição considerável do índice em 15 anos comprova o retalhamento e alteração nos formatos e tamanhos das manchas da paisagem, em específico da classe EN, assim como o aumento e consolidação da classe EC a qual possuía índice de proximidade de 3.102,4 com conexão de 0,03% em 2001, atingindo 3.034,9 com conexão de 0,09% em 2016. Isso compromete a qualidade dos habitats – destacando que as áreas núcleo foram separadas e com isto, os micro habitats fundamentais para determinadas espécies foram comprometidos ou desapareceram-, a capacidade de habitação, dispersão e deslocamento das espécies afetando diretamente os fluxos energético e genético, interferindo na sustentabilidade da biota dos ecossistemas naturais a longo prazo (Ewers & Didham, 2006).

3.2. Análise dos dados demográficos e econômicos

Os dados obtidos do levantamento socioeconômico, ambiental e em relação às atividades e às legislaturas municipais com relação ao planejamento e gestão ambiental, foram organizados e tabelados de acordo com os parâmetros escolhidos e discutidos separadamente para, a posteriori, serem discutidos conjuntamente com os dados da paisagem.

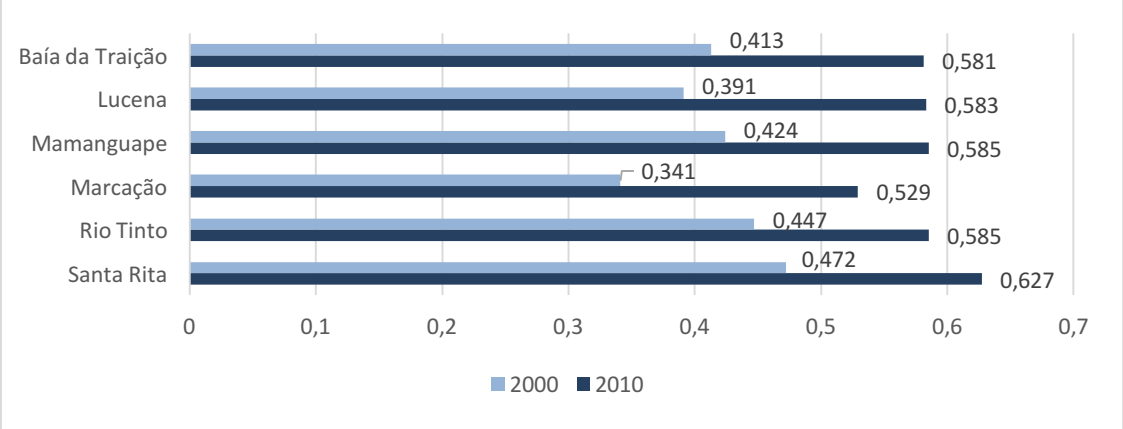
3.2.1. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)

O IDHM foi publicado no Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil em parceria entre o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) e a Fundação João Pinheiro (FJP). Sua criação data de 1998, ajustando o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) global para as realidades dos municípios, o qual permite uma análise mais específica destes, das regiões metropolitanas e dos estados da federação (PNUD; FJP; Ipea, 2016).

Para chegar ao valor do IDHM levou-se em consideração a expectativa de vida ao nascer, escolaridade da população adulta, fluxo escolar da população jovem e a renda *per capita*, gerando um IDHM para longevidade, educação e renda, onde foi calculada a raiz cúbica da multiplicação destes três IDHM gerando um valor entre 0 e 1. Sendo assim, quando o valor obtido no índice está entre 0 e 0,499 é considerado um IDHM Muito Baixo; 0,500 e 0,599 Baixo; 0,600 e 0,699 Médio; 0,700 e 0,799 Alto; e 0,800 e 1 Muito Alto (PNUD; FJP; Ipea, 2016).

No gráfico abaixo (Gráfico 01), percebe-se que nenhum município atingiu alto valor, se destacando Santa Rita com valor médio (0,627), e todos os demais com valores baixos, mesmo com uma melhora significativa em 10 anos, chegando a 55,13% de crescimento no município de Marcação. Em relação ao ranking estadual, o município melhor colocado, segundo o atlas, é Santa Rita (21º) e o pior é Marcação (215º).

Gráfico 01 – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)



3.2.2. Demografia e Saúde

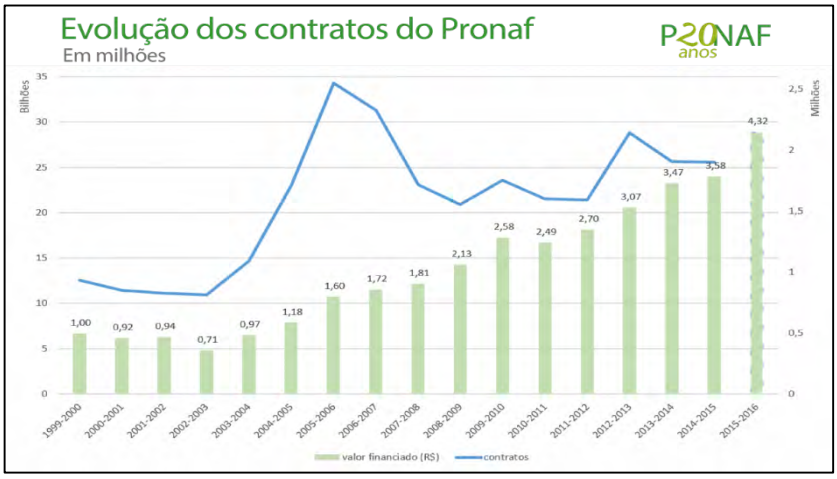
Analisando os dados sobre a população total por município, temos Santa Rita como o mais populoso, e Marcação como o menos. Em relação aos povos indígenas, apenas foram registrados para os municípios de Baía da Traição (3.093 em 2000; 5.687 em 2010), Marcação (1.595 em 2000; 5.895 em 2010), e Rio Tinto (542 em 2000; 2.378 em 2010), aumento relacionado não só com a natalidade, mas com o aumento de respostas dos habitantes se identificando como indígenas, conforme apresentado no relatório do IBGE sobre o censo de 2010. Segundo a FUNAI (2012, p. 15) na TI Potiguara habitam 8.109 indígenas, na Jacaré de São Domingos 449, e na Potiguara de Monte Mor 4.447.

Santa Rita, no contexto da AIH, possui pouca influência na dinâmica da paisagem analisada, visto que a área inserida nos limites da AIH é menos populosa, sendo na sua sede próxima à capital João Pessoa, a região que concentra o maior número de habitantes. Em contrapartida, os municípios de Rio Tinto, Baía da Traição, Lucena e Marcação possuem parte do seu território inserido na AIH, com influência direta na dinâmica da paisagem. Já Mamanguape, que apesar de também possuir pouca extensão inserida na AIH, tem bastante importância já que está localizada a montante do Rio Mamanguape, e por isso todas as suas atividades ligadas ao rio irão influenciar diretamente na homeostase dos manguezais deste.

As taxas de urbanização e de crescimento anual mostram que as populações dos municípios estão migrando menos para os centros urbanos, com exceção de Lucena e Santa Rita, os quais são os municípios com menores taxas de ocupação no setor agropecuário (20,81% e 7,25%, respectivamente).

Acredita-se que isto se deve ao incremento do Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) que a partir de 2003-2004 com o governo Lula (2003 – 2011) houve crescimento no número de contratos assinados e verbas destinadas aos agricultores familiares (Gráfico 02); além da criação da Lei nº 10.836 de janeiro de 2004, a qual instituiu o programa Bolsa Família, reforçando as rendas da famílias e dando oportunidade de acesso aos capitais monetário, cultural e social como colocado por Bourdieu (2011), contribuindo diretamente para o melhoramento da qualidade de vida dessas pessoas.

Gráfico 02 – Evolução dos contratos assinados e volume de verbas destinadas ao PRONAF de 1999 a 2016 para o Brasil.



Fonte: http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/pronaf-20-anos-de-apoio-aos-agricultores-familiares

Essa maior quantidade de pessoas habitando a zona rural, além do aumento populacional também nas cidades, faz com que a interação com os EM seja mais intensa, alterando sua dinâmica e suas áreas de ocupação, visto que essa interação afeta a dinâmica dos fatores naturais, como clima, topografia, geologia, solo, hidrologia e cobertura vegetal, além de produzir resíduos sólidos e efluentes domésticos e industriais que contaminam os ecossistemas naturais de diferentes formas (Azevedo et al, 2005, p. 2).

Em relação à saúde, selecionou-se os parâmetros longevidade, fecundidade por mulher, e taxa de redução da mortalidade infantil. Há redução na taxa de fecundidade e aumento na longevidade, além da redução da mortalidade infantil. Isso demonstra uma inversão da pirâmide etária onde, a longo prazo, haverá mais idosos do que jovens, e também demonstra que, conforme os idosos forem falecendo, haverá redução na população já que as mulheres estão tendo menos filhos, demandando menos recursos naturais e áreas destinadas a plantações com o objetivo de subsidiar as comunidades.

3.2.3. Educação

O parâmetro educação baseou-se no nível de escolaridade da população ativa das comunidades, ou seja, jovens acima de 25 anos analfabetos, pessoas alfabetizadas com mais de 15 anos e jovens entre 18 e 24 anos cursando o ensino superior. Essa faixa etária corresponde às pessoas das comunidades que possuem força de trabalho ativa, e com isso, podem alterar o ambiente em que vive de acordo com suas necessidades.

Esses jovens com pouco conhecimento científico sobre os ambientais naturais, e sobre como manejar a terra e seus recursos de forma sustentável podem causar danos irreversíveis aos EM, mesmo que suas intenções sejam de manejar corretamente os recursos.

O nível de escolaridade melhorou em todos os municípios, principalmente no ensino superior. Em Baía da Traição a porcentagem passou de 0,00% em 2000, para 8,27% em 2010;

Lucena de 0,59% para 5,98%; Mamanguape de 1,61% para 5,85%; Marcação de 0,00% para 8,56%; Rio Tinto de 1,17% para 7,21%, e Santa Rita de 1,31% para 6,11%. Um dos fatores do aumento deve-se ao projeto de interiorização das universidades onde, em 2006, foi fundado o Campus IV da UFPB nos municípios de Mamanguape e Rio Tinto, facilitando o acesso ao ensino superior. Já o analfabetismo para pessoas acima de 25 anos continua alto, atingindo 43,8% em Marcação; as menores taxas correspondem aos municípios de Santa Rita (25,6%), Lucena (32,3%) e Rio Tinto (32,5%).

Os jovens citados acima também formam a força trabalhadora do campo no que se refere à agricultura familiar, a qual em algumas regiões ocupam as várzeas e margens dos rios (APP) devido a falta de terras em conformidade legal para a prática da atividade, visto que a indústria canavieira ocupa praticamente todas as terras, deixando apenas essas áreas para que os moradores locais, com capital monetário e social limitados, ocupem e exerçam suas atividades. Sendo assim, ficam as margens do desenvolvimento da agricultura local, sofrendo inclusive sansões e multas dos órgãos fiscalizadores que atualmente pouco lhes dão acompanhamento técnico e de educação ambiental, exercendo basicamente o papel fiscalizatório, mesmo se tratando de uma APA, a qual, por obrigação legal, deveria exercer práticas de educação ambiental contínua, e que também está limitada em suas ações devido a cortes orçamentários do Governo Federal através do ICMBio.

3.2.4. Renda

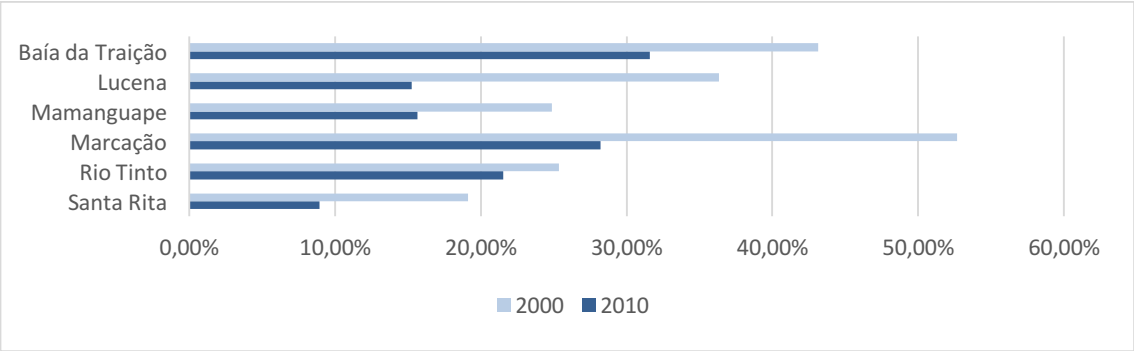
Levou-se em consideração os parâmetros de porcentagem da população na linha da extrema pobreza (Gráfico 03); do índice de Gini, índice este que mensura o grau de concentração de renda, variando entre 0 e 1, onde 0 significa total igualdade entre ricos e pobres e 1 total desigualdade (PNUD; FJP; Ipea, 2017); e a renda *per capta*.

O percentual de pessoas na linha da extrema pobreza diminuiu em uma década, porém continua alto atingindo 31,57% da população de Baía da Traição em 2010, seguido por Marcação (28,20%) e Rio Tinto (21,53%). Isso faz com que esses moradores recorram aos EM para prover seu sustento e de sua família. Além disso, exercem também atividades extrativistas, e ocupam APPs para plantio de subsistência de culturas como o feijão e a mandioca, por exemplo. Já o índice de Gini comprova que a desigualdade diminuiu, porém em valores muito discretos, mantendo a relação díspar entre pobres e ricos. O melhor resultado na diminuição do índice de Gini encontra-se no município de Marcação, o qual passou de 0,57 em 2000, para 0,51 em 2010.

A renda *per capta* dos municípios em 2010 atinge no máximo R$328,16 em Santa Rita, seguido por Mamanguape (R$305,46) e Lucena (R$289,29). Houve um aumento significativo

na renda *per capta* da população entre os anos 2000 e 2010, porém ainda muito aquém da média nacional que é de R$793,87.

Gráfico 03 – Porcentagem da população situada na faixa da extrema pobreza.



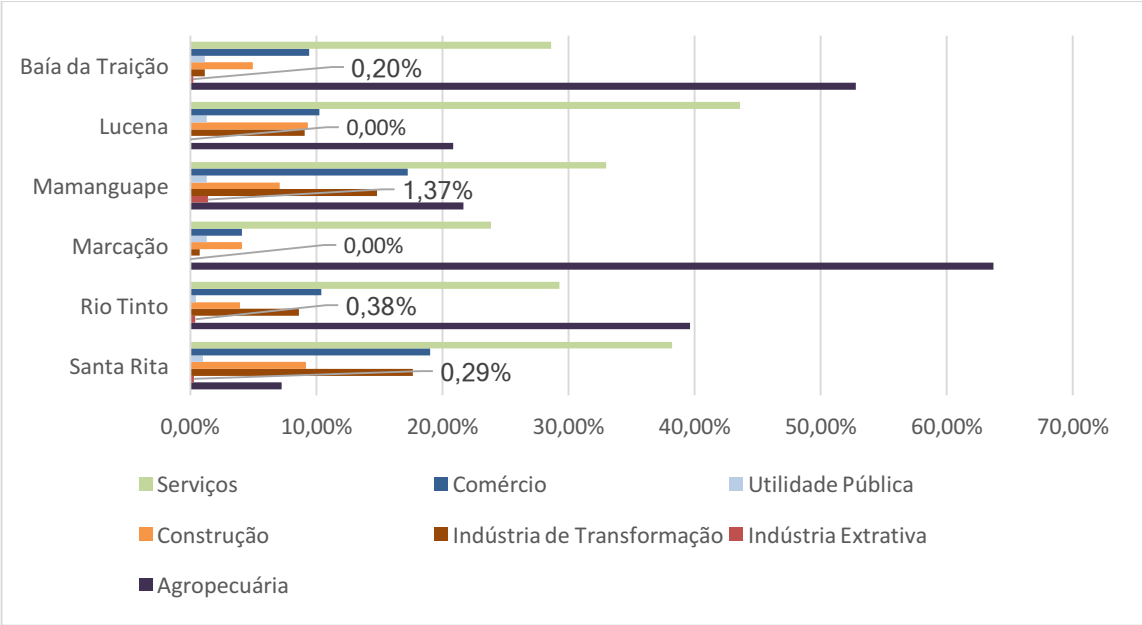
3.2.5. Trabalho

Para a questão trabalho, levou-se em consideração a taxa de desocupação, e a porcentagem por tipo de ocupação (Gráfico 04): Agropecuária, Indústria extrativista, Indústria de Transformação, Construção, Utilidade pública, Comércio e Serviços.

A agropecuária é o tipo de ocupação que mais emprega entre os municípios estudados, com exceção de Lucena e Santa Rita, o que traduz a relação direta com o uso e ocupação da terra, interferindo diretamente na dinâmica dos EM e EC. É a atividade que mais interfere e degrada os EM na AIH devido suas ações insustentáveis como a prática do fogo para colheita da cana, a qual degrada não somente os EM, como também a qualidade do ar, e consequentemente, a saúde das comunidades tanto urbana quanto rural.

A agricultura, tanto de lavouras temporárias quanto as permanentes, vêm se expandindo durante os anos na região, comprovando o avanço sobre os EM, comprometendo a manutenção da biota, consequentemente, os serviços e produtos que oferecem. Para o período analisado (2002 – 2015), apenas Lucena apresentou redução de área para agricultura (-1.154ha). Em Rio Tinto, houve um aumento de 1.735ha, porém, não foi o maior; Mamanguape aumentou essas áreas em 2.043ha, e Santa Rita em 4.456ha.

Gráfico 04 – Porcentagem de ocupação por tipo para população maior de 18 anos no ano de 2010.

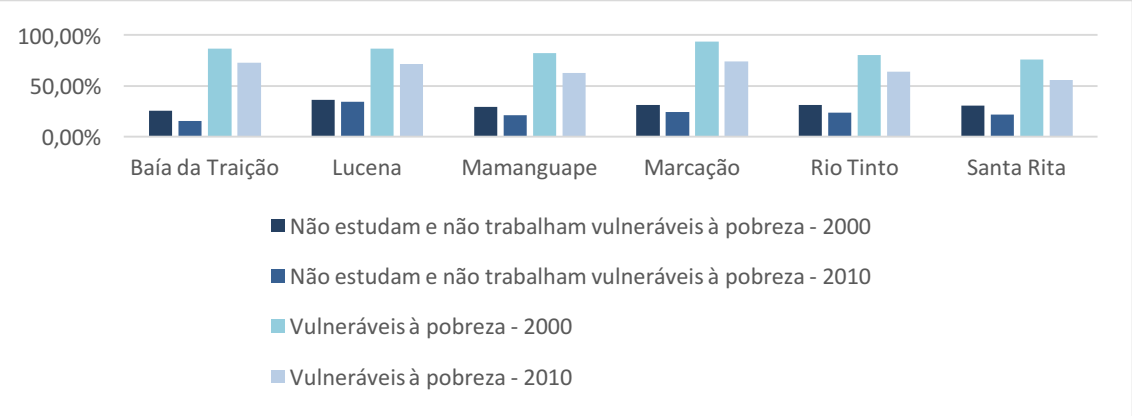


3.2.6. Vulnerabilidade Social

Fez-se uma análise dos parâmetros relacionados à vulnerabilidade social considerando a porcentagem de pessoas entre 15 e 24 anos que não estudam nem trabalham e são vulneráveis à pobreza; e a porcentagem de pessoas vulneráveis à pobreza (Gráfico 05).

Como consequência da desigualdade salarial comprovado pelo índice de Gini, onde todos os índices ficaram acima de 0,5 com exceção de Santa Rita (0,46); da taxa de desocupação acima da média nacional (7,29%); da baixa escolaridade; da baixa renda *per capta*; do monopólio das terras pelas usinas; da falta de assistência técnica e de educação ambiental; entre outros fatores, podemos perceber no gráfico abaixo a situação preocupante dos municípios analisados, principalmente em relação à Marcação, o qual obteve o maior percentual de pessoas vulneráveis à pobreza, chegando a 73,97% da população em 2010. Vale ressaltar que Marcação deu um avanço significativo na redução desse percentual, caindo de 93,50% em 2000 para os 73,97% citados anteriormente.

Gráfico 05 – Percentual de jovens entre 15 e 24 anos que não estudam nem trabalham e são vulneráveis a pobreza; e percentual de pessoas vulneráveis à pobreza.



3.2.7. Abastecimento; Saneamento; Coleta de resíduos sólidos

Esses parâmetros são considerados os mais importantes por possuir relação direta com a degradação ambiental, caso não sejam oferecidos serviços de qualidade e bem planejados. O desague de efluentes domésticos e industriais, assim como a destinação inadequada dos resíduos sólidos, possuem relação direta com a alteração da qualidade dos EM, principalmente dos corpos hídricos. Foram selecionados para análise os parâmetros: número de domicílios segundo a forma de abastecimento em 2010; domicílios segundo o tipo de escoamento sanitário; proporção de domicílios particulares permanentes por tipo de saneamento; população residente em domicílios particulares permanentes com saneamento inadequado; e número de domicílios segundo destino do lixo.

Constatou-se através dos dados analisados que há na região um descaso considerável quando se trata desses serviços prestados pelos órgãos públicos com competência para tal. Ainda há uma quantidade enorme de esgoto e resíduos sólidos descartados inadequadamente no ambiente, infringindo diversas leis que tratam sobre o caso. Rio Tinto destaca-se como sendo o município com maior proporção de domicílios com esgotamento inadequado chegando a 27,6% do total em 2010. Em relação à quantidade de pessoas expostas a esse quadro, Mamanguape se destaca com 6.996 pessoas, seguido de Santa Rita com 6.207, e Rio Tinto com 5.777. Em relação à destinação dos resíduos sólidos em 2010, Santa Rita apresenta 3.181 domicílios com destinação não contemplada pela coleta do serviço de limpeza, seguida por Rio Tinto com 2.766 domicílios e Mamanguape com 2.287.

Se tomarmos como exemplo o município de Mamanguape em relação ao descarte inadequado dos efluentes domésticos, e seguindo a NBR 7.229/1993 – ABNT, Tabela 1, p. 4, uma residência de baixo padrão contribui com 100 litros de esgoto diariamente por pessoa. Segundo o IBGE, em 2010 haviam no município 6.996 pessoas residindo em domicílio particular permanente com saneamento inadequado. Isso significa dizer que somente no ano

de 2010 foram despejados no ambiente 255.354.000 litros de efluentes domésticos não tratados; lembrando que este município localiza-se à montante do rio Mamanguape, ou seja, parte do escoamento dos efluentes não tratados vão para o rio, e em seguida para o manguezal, seja por escoamento superficial ou subterrâneo; e outra parte fica no solo contaminando-o, assim como os lençóis freáticos, o que também é preocupante visto que 1.699 domicílios dependiam de água de poço ou nascente para abastecimento em 2010. Houve redução do percentual de inadequados durante o período analisado em todos os municípios.

Da mesma forma, em relação aos resíduos sólidos, em Mamanguape haviam 2.287 domicílios que não participavam da coleta de lixo pelo serviço de limpeza municipal, isso implica dizer que, se considerarmos que hajam apenas duas pessoas por domicílio, e levando em consideração a produção de lixo média do brasileiro que é de 1kg/dia, um montante de cerca de 4.5ton/dia de resíduos sólidos de diferentes tipos foram descartados de forma inadequada no ambiente em 2010.

3.3. Análise conjunta dos dados da paisagem e demográficos/econômicos

Analisando os dados conjuntamente, podemos fazer algumas relações da dinâmica espacial da paisagem com a dinâmica socioeconômica durante o período analisado.

Na região localizada a Norte da AIH, encontram-se as terras indígenas potiguaras onde há a maior região de EM conservado, representado principalmente por áreas de vegetação com características savânicas e Floresta Atlântica, e onde houve a maior perda de área dos EM durante o período analisado.

As terras potiguaras foram ocupadas, em sua história recente, por grandes proprietários incluindo a família Lundgren, proprietária de uma enorme indústria têxtil em Rio Tinto (ano de 1925), a qual desmatou, dragou rios, expulsou índios, queimou lavouras e reprimia com violência quem se opunha as vontades da Companhia. Na década de 70, a Vila de Baía da Traição foi transformada em instância de veraneio para pessoas ricas e influentes de João Pessoa, Campina Grande, Sapé, Mamanguape e Rio Tinto; e na década de 80 na demarcação do TI, foram excluídos 250ha reservados à expansão da cidade (Funai, 2012, p. 16/17).

Todos esses fatores, somados a todos os outros desde o início da colonização por países europeus, deixam as comunidades indígenas expostas a vulnerabilidade econômica e social, havendo a necessidade de uma maior interação com os ecossistemas naturais como a prática do desmate para produção de carvão e para dar espaço para plantações de cana-de-açúcar, por exemplo, a fim de obter capital monetário para sustento das famílias.

É nessa região onde também localizam-se os municípios com os piores índices socioeconômicos registrados: Baía da Traição e Marcação; e também apresentam os maiores

percentuais de taxa de crescimento demográfico anual: 2,14% e 2,06%, respectivamente. Este índice está ligado diretamente com a pressão sobre a qualidade dos EM devido a falta de políticas públicas eficientes voltadas para a conservação dos ambientes naturais no Brasil (Carvalho; Kelting & Silva; 2011, p. 146).

Como na região também há pouca atenção voltada para as políticas públicas ambientais, como pode-se observar no PIBM (2015), essa área está sujeita a impactos ambientais irreversíveis. No caso de Baía da Traição, a situação sobre as legislaturas está em melhores condições visto que há no município um plano diretor aprovado, onde está inserida a legislação sobre zoneamento ou uso e ocupação do solo. Além disso, nenhum destes municípios possui legislação para: regularização fundiária; sobre unidades de conservação; zoneamento ambiental ou zoneamento ecológico-econômico; e tratando-se de estudo prévio de impacto ambiental, apenas Baía da Traição o possui. Para os demais municípios, a situação é semelhante, destacando-se apenas Mamanguape e Santa Rita, que possuem uma legislatura mais avançada. Porém, nenhum realiza licenciamento ambiental nem cadastro ambiental rural, e também não possuem dados de Sistemas de Informações Geográficas, onde apenas Santa Rita possui base cartográfica digitalizada. Ressalta-se que apenas Baía da Traição e Mamanguape iniciaram a elaboração da Agenda 21 local.

A parte positiva é que em todos os municípios analisados houve redução na taxa de urbanização, pois esta revela os desequilíbrios demográficos entre as zonas rurais e urbanas. Uma ocupação desordenada, principalmente nas cidades, pode gerar problemas como ocupação de áreas de risco, poluição, contaminação, desmatamento, entre outros impactos negativos, interferindo diretamente na qualidade ambiental dos solos, dos corpos hídricos e do ar (Carvalho; Kelting & Silva; 2011, p. 147). Isso não implica dizer que não haja ocupações desordenadas na zona rural, visto que na região sul da AIH, a grande maioria das terras são destinadas a plantações de cana-de-açúcar, forçando os moradores a ocupar áreas com declives acentuados, várzeas e margens de rios, por exemplo.

Para facilitar a implantação de políticas públicas em diferentes setores, os municípios podem se articular inter-institucionalmente para prover serviços de qualidade, e que são fundamentais como: saúde, educação, assistência e desenvolvimento social, habitação, meio ambiente, desenvolvimento urbano, saneamento básico, gestão das águas e manejo dos resíduos sólidos. Nenhum município possui algum tipo de consórcio público para estas áreas as quais estão diretamente ligados ao desenvolvimento do IDHM.

Com o baixo IDHM, assim como a precariedade das políticas e serviços públicos prestados, têm-se uma degradação da qualidade de vida das comunidades residentes nos municípios, tanto nas relações socioeconômicas, como nas ambientais. O aumento do IDHM

possui relação direta com a melhoria da qualidade de vida das comunidades, melhorando as relações socioambientais como demonstrado por Dawalibi (2014).

O desenvolvimento regional não pode ser atrelado unicamente ao aumento do IDHM, ou mesmo do Produto Nacional Bruto (PNB), assim como aumento das rendas pessoais, industrialização, avanço tecnológico ou modernização social (Em; 2015, p. 16). A organização do modo trabalhista pós Primeira Revolução Industrial no século XVIII sofreu fortes impactos, passando a interferir sobre os valores éticos, morais e de cidadania, gerando alterações nos âmbitos econômicos, culturais, políticos e organização social, acarretando problemas socioambientais manifestados como crise de civilização (Alves et. al.; 2010, s.p.).

O desenvolvimento deve ser visto como um processo de expansão das liberdades reais de que as pessoas desfrutam, como as liberdades de poder participar das decisões políticas, por exemplo. Além disso, o desenvolvimento requer que privações de liberdade como pobreza, tirania, carência de oportunidades econômicas e destituição social sistemática, além de negligência dos serviços públicos, sejam eliminados (Em, 2015, p. 16).

A renda é um fator importante na garantia das liberdades individuais, mas como observamos no item 5.2.4, a renda *per capta* para os municípios analisados possui baixo valor, colocando 28,20% da população de Marcação na linha da extrema pobreza, além dos elevados valores do índice de Gini, principalmente em Baía da Traição (0,58). O Brasil é o segundo país no ranking de concentração de renda, ficando atrás apenas da Suazilândia, na África (Dawalibi; 2014, p. 497).

A pobreza econômica, muitas vezes, está interligada com a ausência de liberdades substantivas, limitando as liberdades de "saciar a fome, obter uma nutrição satisfatória, ou remédios para doenças tratáveis, a oportunidade de vestir-se ou morar de modo apropriado, de ter acesso a água tratada ou saneamento básico" (Em; 2015, p. 17). É neste contexto que os indígenas acabam cedendo suas terras para a indústria agropecuária; que os agricultores rurais acabam vendendo ou alugando suas terras, deixando de lado sua cultura e passando a depender dos grandes produtores vendendo sua força de trabalho, e em algumas situações, sujeitos a trabalho adscritício (Em; 2015, p. 21); que famílias inteiras acabam tendo que ocupar APPs para plantações familiares de subsistência e/ou complementação de renda.

A distribuição da ocupação do espaço físico pelos habitantes das áreas urbanas, assim como a distribuição da ocupação das terras agricultáveis na zona rural, está relacionada diretamente à liberdade dos agentes sociais em adquirir/possuir capital monetário para aquisição destas, além da falta de capital social. Bourdieu (2003; p. 160) faz essa relação de distribuição no espaço urbano, porém, podemos aplicar ao espaço rural, onde vê-se claramente que a divisão de terras está diretamente relacionada ao poder aquisitivo.

A venda da força de trabalho é das principais fontes de renda da população nos municípios estudados. Somando-se a isto, vem a comercialização de excedentes de produção da agricultura de subsistência, e das atividades extrativistas. Como vimos no item 5.2.5, a agropecuária é o ramo produtivo que mais emprega nos municípios analisados, chegando a ocupar 52,74% em Baía da Traição. Essa ligação direta com o uso da terra, aumenta a probabilidade de desmatamento, ocorrência de erosão do solo, contaminação por defensivos agrícolas dos corpos hídricos, do solo e do ar. Além disso, a taxa de desocupação alta, atingindo o máximo de 12,46% em 2010 no município de Mamanguape, e o mínimo de 5,09% em Marcação, obriga alguns moradores a recorrer aos recursos naturais para prover seu sustento e de sua família por meio de atividades extrativistas e agropecuária familiar.

As atividades agrícolas, quando praticadas em grandes extensões, tornam-se responsáveis por grandes alterações espaciais e mesoclimáticas a longo prazo, e o incremento da tecnologia agrária leva a colonização de novas áreas (como ocorre na área norte da AIH), ou ao uso mais intensivo de áreas já ocupadas (como ocorre ao sul da paisagem analisada) (Bastos & Freitas, 2012, p. 18/20), demandando maiores quantidades de defensivos agrícolas e fertilizantes sintéticos, podendo impactar negativamente os EM, em especial os corpos hídricos. Sendo assim, através dos escoamentos superficial e subterrâneo, os manguezais sofrem com a prática inadequada da atividade.

Devido a falta de oportunidades de emprego na região, a liberdade de aferir renda satisfatória para atender as liberdades substantivas é bastante limitada como vimos na discussão sobre a renda *per capta* da população. Isso implica em diferentes impactos sociais devido a privação da liberdade de adquirir bens e serviços, incluindo moradia digna.

Nos municípios analisados, todos eles apresentam problemas em relação à habitação no que diz respeito ao abastecimento de água potável, esgotamento e coleta de resíduos sólidos. Isso gera impactos negativos consideráveis aos EM, em especial aos corpos hídricos devido à falta de tratamento adequado de efluentes domésticos e industriais, contaminando e poluindo não apenas o local de descarte, mas toda a extensão dos corpos hídricos e sua biota associada devido ao escoamento, além das alterações no microclima pelas construções (Bastos & Freitas, 2012, p. 20). Há também alterações na cobertura vegetal, e consequente influência no microclima urbano pela constate alteração do espaço (Feitosa; 2011, p. 59) devido à expansão da zona urbana.

A taxa de urbanização, como vimos anteriormente, vem diminuindo nos municípios analisados, com exceção de Lucena onde houve aumento de 4,26% entre 2000 e 2010, e Santa Rita que houve aumento de 0,08%. Isto não implica dizer que não há aumento de área construída, pois, observa-se, principalmente em Rio Tinto, o surgimento de novos

loteamentos habitacionais; alguns vizinhos a efluentes do Rio Mamanguape. Neste mesmo município, a taxa de habitações com saneamento inadequado chega ao patamar de 27,6%, com um universo de 5.777 pessoas nesta situação em 2010.

"As transformações realizadas pelos seres humanos na paisagem são necessárias, pois a sobrevivência da espécie depende das trocas de energia, matéria e informação entre o meio e os seres vivos" (Belem, 2011, p. 208). Todas essas modificações e relações com os EM envolvendo diferentes níveis e aplicações tecnológicas, fez com que pesquisadores classificassem essas alterações segundo o grau de interferência, adotando-se nesta pesquisa a classificação em níveis de Hemerobia. Esta classificação determina o grau de naturalidade, onde Blume e Sukopp, em 1976 apud Lang, 2009, dividiram em sete categorias: do Não hemeróbico (com influência cultural inexistente), ao Meta-hemeróbico (com influência cultural fortemente unidirecional) (Lang, 2009, p. 95). Destaca-se que diagnosticar e classificar o grau de modificação na paisagem é difícil devido a sua intensa dinâmica em busca de um estado de clímax (Belem, 2011, p. 210).

Considerando o nível de toda a paisagem analisada, pode-se enquadrar as características atuais da paisagem avaliando os parâmetros propostos por Blume e Sukopp, em 1976 apud Lang, 2009, p. 95, como β-eu-hemeróbico, ou seja, com categoria de influência acentuadamente cultural; sendo o quarto na escala crescente do mais natural ao mais cultural da classificação proposta. Destaca-se que esta classificação leva em consideração o nível de toda a paisagem, onde em escala menor pode-se (e irá) haver alteração na classificação e, como coloca Belem (2001, p. 213), "há natureza nas paisagens culturais e sempre há cultura nas paisagens naturais" devido a influência global direta ou indireta do ser humano.

As interações com os ambientes naturais exigem planejamento, e este deve considerar as potencialidades dos recursos naturais, ou seja, os limites para determinados tipos de uso e potencialidades de fornecimento de recursos (Belem, 2011, p. 208). Todas essas informações geram subsídios para planejamento e gestão ambiental, assim como implantação de políticas públicas de forma mais coerente com a realidade socioeconômica da região e suas características ambientais, incentivando o desenvolvimento local sustentável.

O incentivo ao desenvolvimento local sustentável deve se tornar prioridade mesmo em um mundo globalizado, com foco na gestão participativa. Definido por Cristóvão Buarque (1999, p. 9), o desenvolvimento local consiste em um processo endógeno em pequenas unidades territoriais e agrupamentos humanos, sendo capaz de dinamizar a economia e a melhoria da qualidade de vida da população, com transformações singulares nas bases econômicas e na organização social em nível local (projeto coletivo), explorando as capacidades e potencialidades específicas de cada localidade, devendo haver mobilização

social para tal. Ainda segundo o mesmo autor, para ser um processo consistente e sustentável, deve-se elevar as oportunidades sociais, além da viabilidade e competitividade da economia local assegurando a conservação dos recursos naturais e aumento da renda.

Conclusões

De acordo com os dados levantados e analisados, conclui-se que o município de Marcação encontra-se com maior vulnerabilidade aos impactos negativos sobre os EN devido aos seus índices socioeconômicos e dados de paisagem, principalmente relacionados à perda de área de EN, e aumento dos EC. Marcação também destaca-se por ser o município que mais elevou seus índices como o IDHM por exemplo, indicando, segundo o índice, uma melhora na qualidade de vida da população em 10 anos (2000-2010).

A redução de 21,34% de EN sendo parte deste percentual matas ciliares, com redução de 19,29% das áreas núcleo, aumento da densidade da borda em 3m/ha, somados ao aumento da fragmentação das manchas de EM, da falta de saneamento básico em boa parte da população residente na região (27,6% em 2010 para Rio Tinto) e coleta de resíduos sólidos ineficientes, contribuem para o comprometimento da homeostasia da biodiversidade terrestre e aquática, além da contaminação, poluição e assoreamento dos corpos hídricos e consequentemente para o equilíbrio dos manguezais e sua biodiversidade associada.

Os índices de desenvolvimento humano e de escolaridade melhoraram em todos os municípios, porém a disparidade do índice de desigualdade de renda (índice de Gini) continuam altos, mantendo as populações mais pobres de capital monetário com pouca ou nenhuma oportunidade de crescimento social.

O crescimento do índice de renda aumentou em todos os municípios junto com a diminuição da área de cobertura de EN, o que implica dizer que estão ligados diretamente devido a exploração dos recursos naturais, havendo aumento da renda com aumento da degradação ambiental, ou seja, um desenvolvimento insustentável.

Os municípios mais influentes e que necessitam de maior atenção em relação ao planejamento e gestão do uso dos recursos naturais são Rio Tinto e Mamanguape. O primeiro por ser o município com boa parte da área inserida na AIH e que possui mais habitações sem tratamento de esgoto adequado. É onde também está localizado, em sua totalidade, o manguezal do rio Mamanguape e onde há ocorrência do Peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*, Linnaeus, 1758). O segundo por possuir o maior número de habitantes e estar localizado a montante do rio Mamanguape.

As ações de educação ambiental, fiscalização e acompanhamento técnico que deveriam ser realizados pela administração da APA, assim como da ARIE, estão completamente

comprometidas devido a cortes de orçamento pelo Governo Federal o que comprova-se quando se observa desmatamentos em áreas de APP e uso inadequado do fogo para colheita da cana-de-açúcar, por exemplo.

Deve haver maior inter-relação entre: os órgãos de gestão ambiental; órgãos fiscalizadores de todas as esferas; universidades (atualmente há parceria com o Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento da UFPB no que tange o monitoramento da paisagem); e Municípios, Estado e Federação para planejamento, gestão e desenvolvimento de diferentes políticas públicas tanto voltadas ao meio ambiente, quanto social. Também deve haver incentivos para aumento de oferta de empregos, assim como incentivo ao desenvolvimento do ecoturismo; a região possui grande potencial para tal.

Analisar em escala temporal de mais de uma década a AIH desta UC, a qual possui como principal objeto de conservação/preservação os manguezais e o Peixe-boi-marinho, se mostrou de relevante importância para entendimento da dinâmica socioeconômica, do uso e ocupação da terra, e da utilização dos recursos naturais, pois, essas informações dão luz aos tomadores de decisões no intuito de planejar e gerir de forma mais coerente e próxima da realidade local com grandes chances de sucesso.

Referências Bibliográficas

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba . Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 31 de Maio de 2016.

Alves, Alan R.; Korb, Armildo; Gasparini, Bruno; Alves, João B.; Silva, Rômulo M. da. Sachs e Leff - uma Análise sob a Perspectiva Socioambiental. In: *Anais V Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade (ANPPAS)*. Florianópolis – 4 a 7 de setembro de 2010. Disponível em: <http://www.anppas.org.br>. Último acesso: 27 de abril de 2017.

Araújo, Lincoln E. de; Silva, Fabrício, D. dos S.; Alencar, Haymée N. de; Santos, Elydeise C. A. dos; Santos, Klefferson, A. dos. Variabilidade Climática da APA da Barra do Rio Mamanguape – Paraíba. In: *Geotecnologias e Meio Ambiente: Analisando uma Área de Proteção Ambiental*. Almeida, Nadjacleia V. & Silva, Milena D. da; Organizadoras – João Pessoa/PB. Editora FeF Gráfica e Editora, 2016.

Azevedo, Jefferson de; Bidone, Edison D.; Fernandes, Manoel do C.; Caride, Carlos J. da F. Proposta metodológica para análise de dados socioeconômicos e ambientais para planejamento e definição de políticas públicas. *Cadernos EBAPE.BR*. Volume III – Número 4. 2005.

Bastos, Anna Christina Saramago & Freitas, Antonio Carlos de. Agentes e processos de interferência, degradação e dano ambiental; In: Cunha, Sandra Baptista da & Guerra, Antonio José Teixeira (Org.). *Avaliação e Perícia Ambiental* – 12º ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

Belem, Anserson L. G. & Nucci, João C. Hemerobia das Paisagens: Conceito, Classificação e Aplicação no Bairro Pici – Fortaleza/CE. *RA´E GA,* Curitiba, Departamento de Geografia – UFPR 21 p. 204-233. 2011.

Bourdieu, P. Efeitos de Lugar. In: *A Miséria do Mundo*. 7. Editora Vozes, Petrópoles. 2003.

Buarque, Sérgio C. *Metodologia de planejamento do desenvolvimento local e municipal sustentável*. Projeto de Cooperação Técnica INCRA/IICA PCT – INCRA/IICA. Brasília, 1999.

Brasil. *DECRETO N° 924, DE 10 DE SETEMBRO DE 1993*. Cria a Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape no Estado da Paraíba e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF. 1993.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente - MMA. *Plano Operativo de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais na Reserva Biológica Guaribas*. Mamanguape, 2006.

Carvalho, Rodrigo G. de; Kelting, Fátima M. S.; Silva, Edson V. de. Indicadores socioeconômicos e gestão ambiental nos municípios da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, RN. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, 23 (1): 143-159, abr. 2011.

Castro, Daniela M. *Efeitos de Borda em Ecossistemas Tropicais: Síntese Bibliográfica e Estudo de Caso em Fragmentos de Cerrado, na Região Nordeste do Estado de São Paulo*. Dissertação de Mestrado apresentada no Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2008.

Coelho, Victor H. R.; Montenegro, Suzana M. G. L.; Almeida, Cristiano das N.; Lima, Eduardo R. V. de; Neto, Alfredo R.; Moura, Glawbber S. S. de. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.* Campina Grande – PB. v.18, n.1, p.64-72, 2014.

Dawalibi, Nathaly W.; Goulart, Rita M. M.; Aquino, Rita de C. de; Witter, Carla; Buriti, Marcelo de A.; Prearo, Leandro C. Índice de Desenvolvimento Humano e Qualidade de Vida de Idosos Frequentadores de Universidades Abertas para a Terceira Idade. Psicologia & Sociedade, 26(2), 496-505. 2014.

Ewers, Robert M. & Didham, Raphael K. The Effect of Fragment Shape and Species' Sensitivity to Habitat Edges on Animal Population Size. *Conservation Biology*. Volume 21, No. 4, 926–936. 2006.

Feitosa, Sônia M. R.; Gomes, Jaíra M. A.; Neto, José M. M.; Andrade, Carlos S. P. de. Consequências da Urbanização na Vegetação e na Temperatura da Superfície de Teresina – Piaui. *REVSBAU*, Piracicaba – SP, v.6, n.2, p.58-75, 2011.

Fu, Bojie, Liang Di, Lu Nan. Landscape ecology: Coupling of pattern, process, and scale**.** *Chinese Geographical Science*, 2011.

FUNAI – Fundação Nacional do Índio. Etnomapeamento dos Potiguara da Paraíba. Organizadores: Cardoso, Thiago M.; Guimarães, Gabriella C. Série Experiências Indígenas, n.2, 107p. Ilust. 2012.

Gustafson, Eric J.; Parker, George R.; Backs, Steven E. Evaluating Spatial Pattern of Wildlife Habitat: A Case Study of the Wild Turkey (Meleagris gallopavo). *The American Midland Naturalist, Published by: University of Notre Dame.* Vol. 131, No. 1, pp. 24-33. 1994.

Volotão, Carlos F. de S. Trabalho de Análise Espacial Métricas do Fragstats. Dissertação de Mestrado. INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos; Outubro de 1998.

Laurance, William F. & Vasconselos, Heraldo L. Conseqüências Ecológicas da Fragmentação Florestal na Amazônia. *Oecologia Brasiliensis* 13(3): 434-451, Setembro 2009.

Lang, S. & T. Blashcke. *Análise da Paisagem com Sig***.** Oficina de Textos; São Paulo, 2009.

Lima – Ribeiro, Matheus de Souza. Efeitos de borda sobre a vegetação e estruturação populacional em fragmentos de cerradão no sudoeste goiano, Brasil. *Acta bot. bras.* 22(2): 535-545. 2008.

Lima, P. J.; & Heckendorff, W. D.. Climatologia. In: *Paraíba, Secretaria da Educação e Universidade Federal da Paraíba. Atlas Geográfico do Estado da Paraíba.* João Pessoa. Grafset. 34-43, 1985.

Macgarigal, Kevin & Ene, Eduard. Fragstats 4.2 – A spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. In: *Help Contents*. 2013.

Medeiros, Iara dos S.; Monteiro, Juliane; Alencar, Almeida, Nadjacleia V. Caracterização Física da APA da Barra do Rio Mamanguape - PB. In: *Geotecnologias e Meio Ambiente: Analisando uma Área de Proteção Ambiental*. Almeida, Nadjacleia V. & Silva, Milena D. da; Organizadoras – João Pessoa/PB. Editora FeF Gráfica e Editora, 2016.

Medeiros. S. C. O. de. Caracterização das Dunas da Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape. Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ecologia, da Universidade Federal da Paraíba, Campus IV. CDU – 551.4(043.2); 2012.

Medeiros, Iara dos S.; Monteiro, Juliane; Alencar, Almeida, Nadjacleia V. Caracterização Física da APA da Barra do Rio Mamanguape - PB. In: *Geotecnologias e Meio Ambiente: Analisando uma Área de Proteção Ambiental*. Almeida, Nadjacleia V. & Silva, Milena D. da; Organizadoras – João Pessoa/PB. Editora FeF Gráfica e Editora, 2016.

Melo, Évio E. C. de; Dias, Bruno de O.; Batista, Mateus C.; Assis, Hugo Y. E. G. de; Almeida, Nadjacleia, V. Análise Físico-Química das Amostras de Água e Solos da Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape - PB. In: *Geotecnologias e Meio Ambiente: Analisando uma Área de Proteção Ambiental*. Almeida, Nadjacleia V. & Silva, Milena D. da; Organizadoras – João Pessoa/PB. Editora FeF Gráfica e Editora, 2016.

Metzger, Jean P. O que é ecologia de paisagens? *Revista Biota Neotropica*. São Paulo, SP. 2001 Murcia, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. Trends in Ecology and Evolution. 1995.

Nogueira, Talita A. *Análise da diversidade e efeito de borda na assembleia de borboletas frugívoras da Reserva Biológica de Sooretama – ES*. Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) no Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical. São Mateus – ES, 2012.

Nucci, J. C.; Origem e Desenvolvimento da Ecologia e da Ecologia da Paisagem**.** *Revista Eletrônica Geografar*, Curitiba, v. 2, n. 1, p.77-99, jan./jun. 2007.

Oliveira, Lamartine S. C. de; Marangon, Luiz C.; Feliciano, Ana L. P.; Lima, Aldení S. de; Cardoso, Mércia S. de O.; Santos, Wedson B. dos. Efeito de Borda em Remanescentes de Floresta Atlântica na Bacia do Rio Tapacurá, Pernambuco. *CERNE*, v. 21 n. 2, p. 169-174, 2015.

Oliveira, Lamartine S. C. de; Maragon, Luiz C.; Feliciano, Ana L. P.; Lima, Aldení S. de; Cardoso, Mércia S. de O.; Santos, Wedson B. dos. Efeito de borda em remanescentes de

Floresta Atlântica na Bacia do Rio Tapacurá, Pernambuco. *CERNE*. v. 21 n. 2; p. 169-174; 2015.

Paludo, Danielle & Klonowski, Vicente S. *Barra de Mamanguape-PB - Estudo do impacto do uso de madeira de manguezal pela população extrativista e da possibilidade de reflorestamento e manejo dos recursos madeireiros.* Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. UNESCO. CADERNO Nº. 16 - Série Recuperação, 1999.

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento; Fundação João Pinheiro – FJP; Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Ipea. *Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil*. Disponível em: < http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/home/ >. Acesso em 10 de abril, 2016.

Ribeiro, Luiz C. de Q. *Vulnerabilidade Socioambiental das Regiões Metropolitanas Brasileiras*. Observatório das Metrópoles – IPPUR/FASE; 2009.

Ribeiro, M.; Rodrigues, R.R.; Paese, A.; Diederichsen, A.; Costa, S.; Brancalion, P.H.S.; Santiami, E.; Pereira, G.; Guimaraes, J.; Kock, R. A restauração da Mata Atlântica apoiada em Sistemas de Informação Geográfica. In Paese, A. *Conservação da Biodiversidade com SIG*. São Paulo, SP. Editora Oficina de Textos, 2012.

Ribeiro, Renata M. *Desmatamento, Urbanização E IDH: Análise Exploratória da Relação entre as Variáveis.* Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Disponível em: < http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=cst-310-popea:renata_popea.pdf>. Último acesso em: 20 de abril de 2017, às 11:24.

Rodrigues, Efraim. *Edge effects on the regeneration of forest fragments in south Brazil.* Tese de Doutorado apresentada ao Department of Organismic and Evolutionary Biology. Havard University. Cambridge, 1998.

Rodrigues, G. S., Rodrigues, I. A., Bushinelli, C., Queiroz, J. F., Frighetto, R. T. S., Antunes, L. R., Neves, M. C. M, Freitas, G. L. de & Rodovalho, R. B. *Gestão Ambiental Territorial na Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape (PB)*. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 50. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, SP. 2008.

Sartori, Anderson A. da C.; Moraes, Diego A. de C.; Ruggiero, Junia K. C.; Zimback, Célia R. L. Análise multitemporal do uso e cobertura do solo na Área de Proteção Ambiental (APA) Tejupá, no período de 1984 a 2011. *Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE*.

Sen, Amartya. *Desenvolvimento como liberdade.* Tradução: Laura Teixeira Motta. São Paulo/SP. Editora Companhia das Letras. 2015.

SOMAR Meteorologia; *Tempo Agora Portal R7 Notícias*. Disponível em: <http://www.tempoagora.com.br/previsao-do-tempo/brasil/climatologia/RioTinto-PB/>. Acesso 03 de Julho de 2016.

Turner, Monica G.; Gardner, Robert H.; O´Neill, Robert V.; *Landscape Ecology: Pattern and Process.* Nova York: Springer; 2001.

Turner, Monica G. Landscape Ecology: What Is the State of the Science? *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 2005.

Uezu, A. & Junior L. C. Da fragmentação florestal à restauração da paisagem: aliando conhecimento científico e oportunidades legais para a conservação. In Paese, A. *Conservação da Biodiversidade com SIG*. São Paulo, SP. Editora Oficina de Textos, 2012.

Wu, Jianguo. Key concepts and research topics in landscape ecology revisited: 30 years after the Allerton Park workshop. *Landscape Ecology*. 28:1–11; 2013.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O decreto de criação da APA da Barra do Rio Mamanguape, não levou em consideração os fatores externos aos limites estabelecidos para conservação das funções ecológicas de um dos principais objetos de conservação: o mangue.

A área destinada para conservação dos manguezais e manutenção do peixe-boi-marinho representada pela APA da Barra do Rio Mamanguape apresenta-se insuficiente para tal, visto que a área da APA (146,4km²) correspondente a apenas 25,3% de toda a área que possui escoamento direcionado aos manguezais dos rios Miriri e Mamanguape (578km²). Todo o restante da área não possui ordenamento do uso e ocupação da terra, com as atividades de fiscalização comprometidas. Se faz necessário uma revisão de seus limites para que haja, de fato, intervenções para manter o equilíbrio do manguezal e seus ecossistemas associados como os apicuns, por exemplo, ou que seja delimitada uma Zona de Influência para que a administração da APA possa intervir sobre as ações degradantes, mesmo que não seja previsto pelo SNUC.

Os canais de escoamento identificados com ordens 5 e 6 são os mais frágeis por serem exorreicos (os quais são representados pelos principais rios), concentrando o maior volume de escoamento e, consequentemente, dos efluentes e sedimentos em suspensão na água afetando a biota associada, além de receberem toda a concentração dos efluentes.

Os canais de ordem 3 e 4 são efluentes dos canais de ordem 5 e 6, merecendo atenção especial por estarem mais próximos das concentrações urbanas e das áreas destinadas ao uso agropecuário e industrial. Outro agravante é o fato de possuírem características meândricas, onde parte do material acaba sendo depositado no leito e nas margens desses canais, comprometendo a qualidade dos solos, e consequentemente a produtividade agropecuária e qualidade de vida humana das comunidades que dependem desses recursos naturais. Uma ação imediata que deve ser tomada é a recuperação e replantio das matas ciliares, além de maior fiscalização sobre o uso de agrotóxicos, tanto pelas usinas de cana-de-açúcar, quanto pelos produtores familiares.

O rio Mamanguape possui o maior comprimento no interior da AIH, recebendo mais influência dos tributários e das atividades desenvolvidas no entorno. É considerado o mais frágil de acordo com suas características e por abrigar a maior área de mangue e população de peixes-boi. Se destaca no parâmetro sinuosidade; a velocidade de escoamento é reduzida, sendo atenuada pela sua compacidade, porém ainda com elevados riscos de graves acidentes ambientais devido ao elevado tempo de permanência dos efluentes e contaminantes no seu leito,

aumentando o tempo de contato com a biota associada e com os solos, tanto do leito quanto das margens.

A bacia Norte merece atenção especial quando se refere à conservação dos ambientes naturais por ser a área onde se concentra a maior parte das nascentes da região, por ter o relevo mais irregular da área de estudos, e por possuir uma vegetação natural com características savânicas, além de estar conectada fisicamente a diferentes fragmentos de Floresta Atlântica incluindo a mata ciliar do rio do Gelo e a Reserva Biológica Guaribas SEMA III; e não-fisicamente (*step stones*) com outros fragmentos de relevante importância pela extensão espacial e alta biodiversidade.

As bacias menores (Saco e Oiteiro) também merecem atenção no que diz respeito ao manejo dos recursos naturais. Por ser uma área com uso menos intensivo da terra quando comparado com as outras bacias que possuem uma extensa área plantada de cultura da cana-de-açúcar por exemplo, tem seus recursos naturais mais conservados, porém, foi observado a retirada de madeira para lenha pelos moradores locais necessitando de uma orientação sobre a melhor forma de se exercer a atividade.

A região de contato, ou o perímetro de cada bacia deve ser levada em consideração nas próximas ações de planejamento devido possuírem influências diretas e indiretas das atividades que ocorrem ao redor. Quanto maior for o perímetro, maior será a zona de contato com áreas externas a AIH. É também necessário o planejamento para interligar essas bacias com outras no intuito de criar ou manter corredores ecológicos garantindo o fluxo gênico da região como um todo.

O município de Marcação encontra-se com maior vulnerabilidade aos impactos negativos sobre os EN devido aos seus índices socioeconômicos e dados de paisagem, principalmente relacionados à perda de área de EN, e aumento dos EC. Marcação também destaca-se por ser o município que mais elevou seus índices como o IDHM por exemplo, indicando, segundo o índice, uma melhora na qualidade de vida da população em 10 anos (2000-2010).

A redução de 21,34% de EN sendo parte deste percentual matas ciliares, com redução de 19,29% das áreas núcleo, aumento da densidade da borda em 3m/ha, somados ao aumento da fragmentação das manchas de EN e da falta de saneamento básico em boa parte da população residente na região (27,6% em 2010 para Rio Tinto) e coleta de resíduos sólidos ineficientes, contribuem para o comprometimento da homeostasia da biodiversidade terrestre e aquática, além da contaminação, poluição e assoreamento dos corpos hídricos e consequentemente para o equilíbrio dos manguezais e sua biodiversidade associada.

Os índices de desenvolvimento humano e de escolaridade melhoraram em todos os municípios, porém a disparidade do índice de desigualdade de renda (índice de Gini) continuam

altos, mantendo as populações mais pobres de capital monetário com pouca ou nenhuma oportunidade de crescimento social.

O crescimento do índice de renda aumentou em todos os municípios junto com a diminuição da área de cobertura de EN, o que implica dizer que estão ligados diretamente devido a exploração dos recursos naturais, havendo aumento da renda com aumento da degradação ambiental, ou seja, um desenvolvimento insustentável.

Os municípios mais influentes e que necessitam de maior atenção em relação ao planejamento e gestão do uso dos recursos naturais são Rio Tinto e Mamanguape. O primeiro por ser o município com boa parte da área inserida na AIH e que possui mais habitações sem tratamento de esgoto adequado. É onde também está localizado, em sua totalidade, o manguezal do rio Mamanguape e onde há ocorrência do Peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*, Linnaeus, 1758). O segundo por possuir o maior número de habitantes e estar localizado a montante do rio Mamanguape.

As ações de educação ambiental, fiscalização e acompanhamento técnico que deveriam ser realizados pela administração da APA, assim como da ARIE, estão completamente comprometidas devido a cortes de orçamento pelo Governo Federal o que comprova-se quando se observa desmatamentos em áreas de APP e uso inadequado do fogo para colheita da cana-de-açúcar, por exemplo.

Deve haver maior inter-relação entre: os órgãos de gestão ambiental; órgãos fiscalizadores de todas as esferas; universidades (atualmente há parceria com o Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento da UFPB no que tange o monitoramento da paisagem); e Municípios, Estado e Federação para planejamento, gestão e desenvolvimento de diferentes políticas públicas tanto voltadas ao meio ambiente, quanto social. Também deve haver incentivos para aumento de oferta de empregos, assim como incentivo ao desenvolvimento do ecoturismo; a região possui grande potencial para tal.

Analisar em escala temporal de mais de uma década a AIH desta UC, a qual possui como principal objeto de conservação/preservação os manguezais e o Peixe-boi-marinho, se mostrou de relevante importância para entendimento da dinâmica socioeconômica, do uso e ocupação da terra, e da utilização dos recursos naturais, pois, essas informações dão luz aos tomadores de decisões no intuito de planejar e gerir de forma mais coerente e próxima da realidade local com grandes chances de sucesso.

A metodologia aplicada para geração dos dados se apresenta satisfatória devido as possibilidades de conclusões mais fiéis à realidade da área e em curto espaço de tempo demandado para as operações de geoprocessamento, além do entendimento da influência direta no ecossistema manguezal.

REFERÊNCIAS GERAIS

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/perh/relatorio_final/Capitulo%202/pdf/2.8%20-%20CaracGeologica.pdf>; Acesso em: 31 de Maio de 2016.

AESA. SIGAESA-WEB. Ferramenta que disponibiliza informações georreferenciadas distribuídas no território do Estado da Paraíba. Disponível em: < http://geo.aesa.pb.gov.br/ >. Acesso em 10 de julho de 2016.

Albuquerque, Luziane Bartolini & Sakamoto, Arnaldo Yoso. Análise ambiental e o sistema hidrográfico do córrego do porto, três lagoas (ms) para fins de planejamento ambiental. *Rev. Geogr. Acadêmica* v.9, n.1; 2015.

Alves, Alan R.; Korb, Armildo; Gasparini, Bruno; Alves, João B.; Silva, Rômulo M. da. Sachs e Leff - uma Análise sob a Perspectiva Socioambiental. In: *Anais V Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade (ANPPAS)*. Florianópolis – 4 a 7 de setembro de 2010. Disponível em: <http://www.anppas.org.br/encontro5/cd/artigos/GT7-651-647-20100902102153.pdf>. Último acesso: 27 de abril de 2017.

Araújo, Lincoln E. de; Silva, Fabrício, D. dos S.; Alencar, Haymée N. de; Santos, Elydeise C. A. dos; Santos, Klefferson, A. dos. Variabilidade Climática da APA da Barra do Rio Mamanguape – Paraíba. In: *Geotecnologias e Meio Ambiente: Analisando uma Área de Proteção Ambiental*. Almeida, Nadjacleia V. & Silva, Milena D. da; Organizadoras – João Pessoa/PB. Editora FeF Gráfica e Editora, 2016.

Azevedo, Jefferson de; Bidone, Edison D.; Fernandes, Manoel do C.; Caride, Carlos J. da F. Proposta metodológica para análise de dados socioeconômicos e ambientais para planejamento e definição de políticas públicas. *Cadernos EBAPE.BR*. Volume III – Número 4. 2005.

Bastos, Anna Christina Saramago & Freitas, Antonio Carlos de. Agentes e processos de interferência, degradação e dano ambiental; In: Cunha, Sandra Baptista da & Guerra, Antonio José Teixeira (Org.). *Avaliação e Perícia Ambiental* – 12º ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

Belem, Anserson L. G. & Nucci, João C. Hemerobia das Paisagens: Conceito, Classificação e Aplicação no Bairro Pici – Fortaleza/CE. *RA´E GA,* Curitiba, Departamento de Geografia – UFPR 21 p. 204-233. 2011.

Bourdieu, P. Efeitos de Lugar. In: *A Miséria do Mundo*. 7. Editora Vozes, Petrópoles. 2003.

Bezerra, João Paulo Peses. *Planejamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santo Antonio – Mirante do Paranapanema (SP).* Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Estadual Paulista. Dissertação de mestrado. Presidente Prudente/SP. 2011.

Brasil. *DECRETO N° 924, DE 10 DE SETEMBRO DE 1993***.** Cria a Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape no Estado da Paraíba e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF. 1993.

Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *RESOLUÇÃO CONAMA Nº 001, DE 23 DE JANEIRO DE 1986.* Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental.

Brasil. *LEI Nª 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997.* Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente - MMA. *Plano Operativo de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais na Reserva Biológica Guaribas*. Mamanguape, 2006.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente - MMA. *Perfil dos Incêndios Florestais Acompanhados pelo Ibama*. Brasília – DF. 2009.

Buarque, Sérgio C. *Metodologia de planejamento do desenvolvimento local e municipal sustentável*. Projeto de Cooperação Técnica INCRA/IICA PCT – INCRA/IICA. Brasília, 1999.

Campos A. 1992. *Procesos del ciclo hidrológico*. U.A.S.L.P, San Luis Potosi, SLP, México. pp 2-5. Disponível em: <https://books.google.com.br/books >. Acesso em 16 de julho de 2016.

Cardoso, Christiany Araujo; Dias, Herly Carlos Teixeira; Soares, Carlos Pedro Boechat; & Martins, Sebastião Venâncio. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, Rj. *R. Árvore,* Viçosa-MG, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

Carvalho, Rodrigo G. de; Kelting, Fátima M. S.; Silva, Edson V. de. Indicadores socioeconômicos e gestão ambiental nos municípios da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, RN. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, 23 (1): 143-159, abr. 2011.

Castro, Daniela M. *Efeitos de Borda em Ecossistemas Tropicais: Síntese Bibliográfica e Estudo de Caso em Fragmentos de Cerrado, na Região Nordeste do Estado de São Paulo*. Dissertação de Mestrado apresentada no Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2008.

Cherem, Luis Felipe Soares. *Análise Morfométrica da Bacia do Alto Rio das Velhas – MG.* Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

Christofoletti, A., *Geomorfologia*, 2ª edição, Editora Edgard Blucher, São Paulo 188 p. 1980.

Cochrane, M.A.. Fire science for rainforests. *Nature* 42: 913-919. 2003.

Coelho, Victor H. R.; Montenegro, Suzana M. G. L.; Almeida, Cristiano das N.; Lima, Eduardo R. V. de; Neto, Alfredo R.; Moura, Glawbber S. S. de. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.* Campina Grande – PB. v.18, n.1, p.64-72, 2014.

Collares, E.G. *Avaliação de alterações em redes de drenagem de sub-bacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia hidrográfica do Rio Capivari-SP*. 2000. 211p. Tese de Doutorado em Geotecnia – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

Dawalibi, Nathaly W.; Goulart, Rita M. M.; Aquino, Rita de C. de; Witter, Carla; Buriti, Marcelo de A.; Prearo, Leandro C. Índice de Desenvolvimento Humano e Qualidade de Vida de Idosos Frequentadores de Universidades Abertas para a Terceira Idade. Psicologia & Sociedade, 26(2), 496-505. 2014.

Ewers, Robert M. & Didham, Raphael K. The Effect of Fragment Shape and Species' Sensitivity to Habitat Edges on Animal Population Size. *Conservation Biology*. Volume 21, No. 4, 926–936. 2006.

Feitosa, Sônia M. R.; Gomes, Jaíra M. A.; Neto, José M. M.; Andrade, Carlos S. P. de. Consequências da Urbanização na Vegetação e na Temperatura da Superfície de Teresina – Piaui. *REVSBAU*, Piracicaba – SP, v.6, n.2, p.58-75, 2011.

Fu, Bojie, Liang Di, Lu Nan. Landscape ecology: Coupling of pattern, process, and scale**.** *Chinese Geographical Science*, 2011.

FUNAI – Fundação Nacional do Índio. Etnomapeamento dos Potiguara da Paraíba. Organizadores: Cardoso, Thiago M.; Guimarães, Gabriella C. Série Experiências Indígenas, n.2, 107p. Ilust. 2012.

Gustafson, Eric J.; Parker, George R.; Backs, Steven E. Evaluating Spatial Pattern of Wildlife Habitat: A Case Study of the Wild Turkey (Meleagris gallopavo). *The American Midland Naturalist, Published by: University of Notre Dame.* Vol. 131, No. 1, pp. 24-33. 1994.

Hadlich, Gisele Mara; Ucha, José Martins. Apicuns: Aspectos Gerais, Evolução Recente e Mudanças Climáticas Globais. *Revista Brasileira de Geomorfologia* – V. 10, nº 2, 2009.

Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN). *Hidrogeomorfologia aplicada ao zoneamento de áreas de risco hidrológico na Bacia do Rio Doce (Mg/Es)*. Governador Valadares, 2012. Disponível em: < http://www.ifmg.edu.br/site_campi/v/images/arquivos_governador_valadares/hidro.pdf>. Acessado em: 22 de julho de 2016.

Kotei, R., Agyare, W. A., Kyei-Baffour N.2 & Atakora, E. T. Morphometric Analysis of the Sumanpa River Catchmentat Mampong-Ashanti in Ghana. *ARPN Journal of Earth Sciences.* Vol. 4, Nº. 2, 2015.

Lang, S.& T. Blashcke. *Análise da Paisagem com Sig***.** Oficina de Textos; São Paulo, 2009.

Laurance, William F. & Vasconselos, Heraldo L. Conseqüências Ecológicas da Fragmentação Florestal na Amazônia. *Oecologia Brasiliensis* 13(3): 434-451, Setembro 2009.

Lima – Ribeiro, Matheus de Souza. Efeitos de borda sobre a vegetação e estruturação populacional em fragmentos de cerradão no sudoeste goiano, Brasil. *Acta bot. bras.* 22(2): 535-545. 2008.

Lima, Walter de Paula & Zakia, Maria José Brito; Indicadores hidrológicos em áreas florestais. Série técnica IPEF, v. 12, n. 31, p. 53-64, abr., 1998. Disponível em: < http://www.ipef.br/publicacoes/stecnica/nr31/cap5.pdf>. Acessado em: 18 de julho de 2016.

Lima, P. J.; & Heckendorff, W. D.. Climatologia. In: *Paraíba, Secretaria da Educação e Universidade Federal da Paraíba. Atlas Geográfico do Estado da Paraíba.* João Pessoa. Grafset. 34-43, 1985.

Macgarigal, Kevin & Ene, Eduard. Fragstats 4.2 – A spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. In: *Help Contents*. 2013.

Medeiros, Iara dos S.; Monteiro, Juliane; Alencar, Almeida, Nadjacleia V. Caracterização Física da APA da Barra do Rio Mamanguape - PB. In: *Geotecnologias e Meio Ambiente: Analisando uma Área de Proteção Ambiental*. Almeida, Nadjacleia V. & Silva, Milena D. da; Organizadoras – João Pessoa/PB. Editora FeF Gráfica e Editora, 2016.

Medeiros. S. C. O. de. Caracterização das Dunas da Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape. Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ecologia, da Universidade Federal da Paraíba, Campus IV. CDU – 551.4(043.2); 2012.

Medeiros, Iara dos S.; Monteiro, Juliane; Alencar, Almeida, Nadjacleia V. Caracterização Física da APA da Barra do Rio Mamanguape - PB. In: *Geotecnologias e Meio Ambiente: Analisando uma Área de Proteção Ambiental*. Almeida, Nadjacleia V. & Silva, Milena D. da; Organizadoras – João Pessoa/PB. Editora FeF Gráfica e Editora, 2016.

Melo, Évio E. C. de; Dias, Bruno de O.; Batista, Mateus C.; Assis, Hugo Y. E. G. de; Almeida, Nadjacleia, V. Análise Físico-Química das Amostras de Água e Solos da Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape - PB. In: *Geotecnologias e Meio Ambiente: Analisando uma Área de Proteção Ambiental*. Almeida, Nadjacleia V. & Silva, Milena D. da; Organizadoras – João Pessoa/PB. Editora FeF Gráfica e Editora, 2016.

Metzger, Jean P. O que é ecologia de paisagens? *Revista Biota Neotropica*. São Paulo, SP. 2001
Murcia, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. Trends in Ecology and Evolution. 1995.

Nageswara, Rao.K; Swarna Latha.P; Arun Kumar.P; Hari Krishna. Morphometric Analysis of Gostani River Basin in Andhra Pradesh State, India Using Spatial Information Technology. *International Journal of Geomatics and Geosciences*. Volume 1. Nº2, 2010.

Nogueira, Talita A. *Análise da diversidade e efeito de borda na assembleia de borboletas frugívoras da Reserva Biológica de Sooretama – ES*. Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) no Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical. São Mateus – ES, 2012.

Nucci, J. C.; Origem e Desenvolvimento da Ecologia e da Ecologia da Paisagem**.** *Revista Eletrônica Geografar*, Curitiba, v. 2, n. 1, p.77-99, jan./jun. 2007.

Oliveira, Anna Hoffmann; Silva, Marx Leandro Naves; Curi, Nilton; Neto, Gustavo Klinke; Silva, Mayesse Aparecida da & Araújo, Elias Frank de. Consistência hidrológica de modelos digitais de elevação (MDE) para definição da rede de drenagem na sub-bacia do horto florestal Terra Dura, Eldorado do Sul, RS. *Revista brasileira de ciência do solo*; vol:36; iss:4; pg:1259 -1268, 2012.

Oliveira, Lamartine S. C. de; Marangon, Luiz C.; Feliciano, Ana L. P.; Lima, Aldení S. de; Cardoso, Mércia S. de O.; Santos, Wedson B. dos. Efeito de Borda em Remanescentes de Floresta Atlântica na Bacia do Rio Tapacurá, Pernambuco. *CERNE*, v. 21 n. 2, p. 169-174, 2015.

Paludo, Danielle & Klonowski, Vicente S. *Barra de Mamanguape-PB - Estudo do impacto do uso de madeira de manguezal pela população extrativista e da possibilidade de reflorestamento e manejo dos recursos madeireiros.* Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. UNESCO. CADERNO Nº. 16 - Série Recuperação, 1999.

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento; Fundação João Pinheiro – FJP; Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Ipea. *Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil*. Disponível em: < http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/home/ >. Acesso em 10 de abril, 2016.

Pollo, Ronaldo Alberto; Barros, Bruna Soares Xavier de; Barros, Zacarias Xavier de; Cardoso, Lincoln Gehring; Rodrigues, Valdemir Antonio. Caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão Água da Lucia, Boticatu – SP. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, Guarapuava-PR, v.5, n.1, p.163-174, 2012.

Reis, Alessandra T. C. C.; *Comparação Florística e Diversidade das Áreas Core de Savanas "Cerrado" e Disjunções do Leste da Bahia, Brasil.* 288p. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia, 2014.

Reis, Matheus G.; Fieker, Carolline Z.; Dias, Manoel M.; The influence of fire on the assemblage structure of foraging birds in grasslands of the Serra da Canastra National Park, Brazil. *An Acad Bras Cienc* 88 (2). 2016.

Ribeiro, Luiz C. de Q. *Vulnerabilidade Socioambiental das Regiões Metropolitanas Brasileiras*. Observatório das Metrópoles – IPPUR/FASE; 2009.

Ribeiro, Renata M. *Desmatamento, Urbanização E IDH: Análise Exploratória da Relação entre as Variáveis.* Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Disponível em: < http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=cst-310-popea:renata_popea.pdf>. Último acesso em: 20 de abril de 2017, às 11:24.

Ribeiro, M.; Rodrigues, R.R.; Paese, A.; Diederichsen, A.; Costa, S.; Brancalion, P.H.S.; Santiami, E.; Pereira, G.; Guimaraes, J.; Kock, R. A restauração da Mata Atlântica apoiada em Sistemas de Informação Geográfica. In Paese, A. *Conservação da Biodiversidade com SIG*. São Paulo, SP. Editora Oficina de Textos, 2012.

Ricklefs, R. E. A Economia da Natureza. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

Rodrigues, Efraim. *Edge effects on the regeneration of forest fragments in south Brazil.* Tese de Doutorado apresentada ao Department of Organismic and Evolutionary Biology. Havard University. Cambridge, 1998.

Rodrigues, G. S., Rodrigues, I. A., Bushinelli, C., Queiroz, J. F., Frighetto, R. T. S., Antunes, L. R., Neves, M. C. M, Freitas, G. L. de & Rodovalho, R. B. *Gestão Ambiental Territorial na Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape (PB)*. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 50. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, SP. 2008.

Santos, R.F. *Planejamento Ambiental: Teoria e Prática*. São Paulo: Oficina de textos, 2004.

Santos, Eduardo H. M. dos; Griebeler, Nori P.; Oliveira, Luiz F. de. Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG: *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.14, n.8, p.826–834, 2010.

Sartori, Anderson A. da C.; Moraes, Diego A. de C.; Ruggiero, Junia K. C.; Zimback, Célia R. L. Análise multitemporal do uso e cobertura do solo na Área de Proteção Ambiental (APA) Tejupá, no período de 1984 a 2011. *Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE*.

Sen, Amartya. *Desenvolvimento como liberdade.* Tradução: Laura Teixeira Motta. São Paulo/SP. Editora Companhia das Letras. 2015.

SOMAR Meteorologia; *Tempo Agora Portal R7 Notícias*. Disponível em: <http://www.tempoagora.com.br/previsao-do-tempo/brasil/climatologia/RioTinto-PB/>. Acesso 03 de Julho de 2016.

Silva, Vagner F. da; Filho, Ary T. de Oliveira; Venturin, Nelson; Carvalho, Warley A. Caldas; Gomes, João Bosco V.; Impacto do Fogo no Componente Arbóreo de uma Floresta Estacional Semidecídua no Município de Ibituruna, MG, Brasil. *Acta bot. bras*. 19(4): 701-716. 2005.

Stipp, Nilza Aparecida Freres; Campos, Ricardo Aparecido; Caviglione, João Henrique. Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Taquara – Uma Contribuição para o Estudo das Ciências Ambientais. *Portal da Cartografia*, Londrina v. 3 n. 1, 2010.

Teodoro, Valter Luiz Iost; Teixeira, Denilson; Costa, Daniel Jadyr Leite; Fuller, Beatriz Buda; O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. *Revista Uniara.* Nº 20, 2007.

Tonello, Kelly C.; Dias, Herly C. Teixeira; Souza, Agostinho Lopes de; Ribeiro, Carlos A. A. Soares; Leite, Fernando Palha. Morfometria da bacia hidrografica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG: *Revista árvore* [0100-6762]; vol:30; iss:5; pg:849 -857, 2006.

Turner, Monica G.; Gardner, Robert H.; O´Neill, Robert V.; *Landscape Ecology: Pattern and Process.* Nova York: Springer; 2001.

Turner, Monica G. Landscape Ecology: What Is the State of the Science? *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 2005.

Uezu, A. & Junior L. C. Da fragmentação florestal à restauração da paisagem: aliando conhecimento científico e oportunidades legais para a conservação. In Paese, A. *Conservação da Biodiversidade com SIG*. São Paulo, SP. Editora Oficina de Textos, 2012.

Villela, S. M. & Mattos, A., *Hidrologia Aplicada*,. São Paulo: Editora Mc Graw Hill, 1975.

Volotão, Carlos F. de S. Trabalho de Análise Espacial Métricas do Fragstats. Dissertação de Mestrado. INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos; Outubro de 1998.

Waikar, M. L. & Nilawar, Aditya P.; Morphometric Analysis of a Drainage Basin Using Geographical Information System: A Case study. *International Journal of Multidisciplinary and Current Research.* Vol.2, 2014.

Wu, Jianguo. Key concepts and research topics in landscape ecology revisited: 30 years after the Allerton Park workshop. *Landscape Ecology*. 28:1–11; 2013.