UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS - CFCH

PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGEO

ÍNDICES DE VEGETAÇÃO (NDVI, IVAS, IAF, NDWI) COMO SUBSÍDIO À GESTÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA ZONA DE AMORTECIMENTO DA RESERVA BIOLÓGICA DE SALTINHO, PERNAMBUCO

JOSEMARY SANTOS E SILVA OLIVEIRA

Recife - PE

2013

Josemary Santos e Silva Oliveira

Índices de vegetação (NDVI, IVAS, IAF, NDWI) como subsídio à gestão do uso e ocupação do solo na zona de amortecimento da Reserva Biológica de Saltinho, Pernambuco

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco em cumprimento às exigências para a obtenção do título de mestre em Ciências Geográficas.

Área de concentração: Regionalização e Análise Regional

Linhas de Pesquisas e sub-áreas : Ecossistemas e Impactos Ambientais / Geografia Física Aplicada

Orientadora : Prof. Dra. Josiclêda Dominciano Galvíncio

Recife - PE

2013

Catalogação na fonte
Bibliotecária Divonete Tenório Ferraz Gominho, CRB4-985

O48i Oliveira, Josemary Santos e Silva.
Índices de vegetação (NDVI, IVAS, IAF, NDWI) como subsídio à gestão do uso e ocupação do solo na zona de amortecimento da reserva biológica de Saltinho, Pernambuco / Josemary Santos e Silva Oliveira. – Recife: O autor, 2013.
91 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Prof.ª Dr.ª Josiclêda Dominciano Galvíncio.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Programa de Pós–Graduação em Geografia, 2013.
Inclui referência.

1. Geografia. 2. Conservação – Florestas. 3. Ecossistemas. 4. Manguezais. 4. Vegetação. 5. Mapeamento ambiental. I. Galvíncio, Josiclêda Dominciano. (Orientador). II. Título.

910 CDD (22. ed.) UFPE (CFCH2013-102)

Josemary Santos e Silva Oliveira

Índices de vegetação (NDVI, IVAS, IAF, NDWI) como subsídio à gestão do uso e ocupação do solo na zona de amortecimento da Reserva Biológica de Saltinho, Pernambuco

Defesa Pública em :

27 de Junho de 2013.

Banca examinadora:

Presidente: Prof.Dra. Josiclêda Dominciano Galvincío (orientadora)

_____

Departamento de Ciências Geográficas da - UFPE

1º Examinador: Prof. Dra. Vanice Santiago Fragoso Selva

_____

Departamento de Ciências Geográficas da - UFPE

2° Examinador: Prof. Dr. Hernande Pereira da Silva

_____

Departamento de Tecnologia Rural - UFRPE

Recife - PE

2013

À Deus, aos meus pais José Hilário e Danmaris aos meus irmãos Ebenézer e Calebe, ao meu esposo Tiago Henrique de Oliveira.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, porque Dele, por Ele e para Ele são todas as coisas, Glória pois somente a Ele. Por todos os dias encorajar – me a continuar lutando sem desistir da caminhada.

Por ter me dado um esposo, amigo, companheiro que sempre se dispôs a ajudar – me nos momentos de dificuldades e maior incentivador desta conquista. Eu te amo Tiago Henrique de Oliveira.

Por ter me dado amigos, família e irmãos de fé que mesmo sem saber me ajudaram com suas orações, palavras de incentivo e carinho.

Aos meus pais José Hilário e Danmaris e aos meus irmãos Ebenézer e Calebe por todo exemplo e amor dedicado.

As minhas orientadoras Josiclêda Dominciano Galvíncio e Maria Fernanda Abrantes Torres pela amizade e profissionalismo. Ao Programa de Pós Graduação em Geografia (PPGeo) da UFPE e todos os seus docentes e funcionários .

Aos meus amigos da Agência Condepe/Fidem pelo companheirismo e aprendizado profissional.

Aos meus amigos do SERGEO (Grupo de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento), por cada momento de felicidade e aprendizado proporcionado, em especial Célia Machado e Josimar Gurgel pelo esforço, coragem e conhecimento transmitidos no trabalho de campo.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE , por ceder gratuitamente as imagens de satélite que foram utilizadas no meu trabalho.

A todos os técnicos e responsáveis da Rebio Saltinho, pela confiança. E a todos que contribuíram de maneira direta e indireta para a realização deste trabalho.

"Posso todas as coisas naquele me fortalece. "

Filipenses cap.4 v.13

Índices de vegetação como subsídio à gestão do uso e ocupação do solo na zona de amortecimento da Reserva Biológica de Saltinho, Pernambuco - Brasil

RESUMO

A Mata Atlântica representa para a comunidade científica nacional e internacional o bioma com a maior potencialidade biológica do território brasileiro. Tal importância caminha ao lado das constantes interferências antrópicas que ameaçam não só a existência da floresta, como também os demais ecossistemas associados a seu habitat, como exemplo: restingas, manguezais e apicuns. Estabelecer critérios que delimitem o perímetro de interferência das ações antrópicas são assegurados por lei. A criação de zonas de amortecimento é sugerida a fim de minimizar estas ações. O presente estudo tem como objetivo principal, gerar subsídios para a gestão do uso e ocupação do solo na zona de amortecimento da Reserva Biológica Saltinho Pernambuco - Brasil, por meio da criação de mapas que permitam levantar informações sobre o estado atual da vegetação fornecendo informações relevantes sobre os ecossistemas naturais existentes, usos antrópicos e possibilidades de manejo para a elaboração dos planos de utilização a serem implementados. Na realização da pesquisa foram utilizadas quatro cenas do satélite Landsat 5 Sensor TM, pré-processadas, ortorretificadas e validadas através de trabalho de campo. Para melhor identificação dos alvos foi feita uma classificação supervisionada identificando os valores de nuvem, sombra e usos múltiplos. Os valores estimados através dos índices de vegetação IVDN, . IVAS, IAF e NDWI indicaram ausência de vegetação e corpos hídricos, solo exposto, vegetação arbórea, vegetação esparsa, vegetação densa e áreas edificadas. Por meio destes índices foi possível identificar as áreas mais susceptíveis aos processos de alteração provocados pela ação antrópica, identificando os núcleos de vegetação das bordas do fragmento como mais susceptíveis à degradação, e os núcleos das Áreas de Preservação Permanente (APPs) como local mais preservado. Neste sentido, foi possível inferir que os índices de vegetação podem atuar como ferramentas na gestão e conservação de áreas de interesse ambiental.

Palavras chaves: Unidades de Conservação, fragmentos florestais, índices de vegetação (IVDN, IVAS, IAF e NDWI), mapeamento de unidades de conservação, Zona de amortecimento.

Vegetation Index as subsidy to the management of the use and occupation of land in the buffer zone of the Biological Reserve Saltinho, Pernambuco - Brazil

ABSTRACT

The Atlantic Forest is for the national and international scientific community the biome with the highest biological potential of the Brazilian territory. Such importance walks alongside the constant anthropogenic interference that threaten not only the existence of the forest, as well as other ecosystems associated with their habitat, such as: salt marshes, mangroves and apicuns. Establish criteria clarifying the scope of interference from human activity are guaranteed by law. The creation of buffer zones is suggested to minimize these actions. This study main objective is to generate subsidies for the management of the use and occupation of land in the buffer zone of the Biological Reserve Saltinho Pernambuco - Brazil, through the creation of maps that allow to gather information about the current state of vegetation providing relevant information about the existing natural ecosystems, anthropogenic uses and possibilities for the development of management plans to be implemented for use. For this research we used four scenes of Landsat 5 TM sensor, pre-processed, orthorectified and validated through field work. For better identification of targets was made a supervised classification identifying the values of cloud, shadow and multiple uses. Through these indices was possible to identify the areas most susceptible to alteration processes caused by human action, identifying the core vegetation of forest edges as more susceptible to degradation, and Permanent Preservation Areas core (APPs) and local best preserved . Thus, it was possible to infer that the vegetation indices can act as tools in the management and conservation of areas of environmental interest. .

Keywords: Protected areas, forest fragments, vegetation indices (NDVI, SAVI, LAI and NDWI), mapping, buffer zone

Lista de Figuras

Figura 1. Espectro Eletromagnético.....24

Figura 2. Assinatura espectral de uma folha verde.....25

Figura 3. Mapa de localização da área de estudo e municípios da zona de amortecimento: Barreiros, Rio Formoso eTamandaré 37

Figura 4 . Mapa das classes de Solo dos municípios da zona de amortecimento: Barreiros,Rio Formoso eTamandaré 39

Figura 5. Mapa da rede de drenagem - rios principais, municípios da zona de amortecimento: Barreiros,Rio Formoso eTamandaré.....40

Figura 6. Ruinas da igreja de N. Sra. da Conceição. Eng. Mamucabas, Tamandré-PE.....42

Figura 7. Fragmentos de mata nas cabeceiras de drenagem, Tamandaré - PE.....44

Figura 8. Plantação de coco, propriedade privada, Tamandaré- PE.....46

Figura 9a. Carta imagem do satélite Landsat 5 utilizadas na pesquisa com data de passagem, cobertura de nuvens e sombra dos municípios que correspondem à *ZA* da Rebio Saltinho.....48

Figura 9b. Carta imagem do satélite Landsat 5 utilizadas na pesquisa com data de passagem, cobertura de nuvens e sombra da Rebio Saltinho.....49

Figura 10. Fluxograma das etapas do processamento das imagens.....52

Figura 11. Fluxograma para obtenção dos índices de vegetação.....53

Figura 12. Mapa da análise espaço temporal da cobertura vegetal do Índice de Vegetação por Diferença Nomalizada (IVDN) da ZA da Rebio Saltinho municípios, de Tamandaré, Rio Formoso e Barreiros -PE.....58

Figura 13. Mapa da análise espaço temporal da cobertura vegetal do Índice de Vegetação por Diferença Nomalizada (IVDN) da Rebio Saltinho, municípios de Tamandaré e Rio Formoso - PE.....61

Figura 14. Mapa da análise espaço temporal da cobertura vegetal do Índice da Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS) da ZA da Rebio Saltinho, municípios de Tamandaré, Rio Formoso e Barreiros -PE.....63

Figura 15. Mapa da análise espaço temporal da cobertura vegetal do Índice da Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS) da Rebio Saltinho, municípios de Tamandaré, Rio Formoso e Barreiros - PE.....65

Figura 16a. Cobertura vegetal densa dentro do limite da Rebio Saltinho.....66

Figura 16b. Cobertura vegetal esparsa dentro do limite da Rebio Saltinho.....66

Figura 17. Mapa da análise espaço temporal da cobertura vegetal do Índice de Área Foliar da ZA da Rebio Saltinho, municípios de Tamandaré, Rio Formoso e Barreiros - PE.....67

Figura 18. Casa de veraneio na praia de Tamandaré - PE.....68

Figura 19. Mapa da análise espaço temporal da cobertura vegetal do Índice de Área Foliar da ZA da Rebio Saltinho, municípios de Tamandaré, Rio Formoso e Barreiros - PE.....71

Figura 20. Mapa da análise espaço temporal da cobertura vegetal do Índice de Umidade da ZA da Rebio Saltinho, municípios de Tamandaré, Rio Formoso e Barreiros - PE.....72

Figura 21. Mapa da análise espaço temporal da cobertura vegetal do Índice de Umidade da ZA da Rebio Saltinho, municípios de Tamandaré, Rio Formoso e Barreiros - PE.....74

Figura 22. Mapa de fragilidade da zona de amortecimento da Rebio Saltinho.....78

Lista de Tabelas e Quadros

Quadro 1 Categorias das Unidades de Conservação.....27- 28

Quadro 2. Unidades de Conservação dos municípios da área de estudo.....29

Tabela 1. Dados demográficos dos municípios da zona de amortecimento da Rebio Saltinho.....38

Tabela 2 Número de empregados no setor formal por município.....45

Tabela 3 Valor da produção agrícola das principais culturas dos municípios da *ZA*.....46

Tabela 4. População residente total e quantidade de domicílios particular permanente com saneamento inadequado.....47

Quadro 3. Especificações das Bandas e principais aplicações dos Satélites Landsat 5 e 7.....51

Lista de Abreviações e Siglas

APA - Área de Proteção Ambiental

APP - Área de Preservação Permanente

BDE - Banco de Dados do Estado de Pernambuco

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPRH - Agência Estadual de Meio Ambiente

DGI - Divisão de Geração de Imagens

GERCO - Gerenciamento costeiro do Estado de Pernambuco

ha. - Hectare

ICMbio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IAF - Índice de área foliar

IVP - Infravermelho próximo

IVAS - Índice da Vegetação Ajustada ao Solo

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

NASA - National Aeronautics and Space Administration

IVDN - Índice da Vegetação por Diferença Normalizada

NDWI - Índice de Umidade por Diferença Normalizada

ONG - Organização Não Governamental

PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente

REBIO - Reserva Biológica

RD - Região de Desenvolvimento

REM - Radiação Eletromagnética

RPPN - Reserva Particular do Patrimônio Nacional

RESEX - Reserva Extrativista

SNUC - Sistema Nacional das Unidades de Conservação

UCs - Unidades de Conservação

USGS - Pesquisa Geológica dos Estados Unidos

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....16

1. REVISÃO DA LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....20

1.1 Índices de vegetação.....20

1 2 Região Eletromagnética.....21

1.3 Comportamento Espectral da Vegetação.....24

1.4 Unidades de Conservação Ambiental.....26

1.5 Zonas de Amortecimento (*ZA*).....30

2. MATERIAL E MÉTODOS.....36

2.1 Caracterização da Área de Estudo.....36

2.2 Dados do Satélite Landsat 5.....47

2. 2.1 Etapas de Pré Processamento das Imagens 52

2.2.2.Processamento dos dados Radiométricos.....53

2.2.2.1 Calibração Radiométrica.....53

2.2.2.2 Reflectância.....54

2.2.2.3 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.....54

2.2.2.4 Índice da Vegetação Ajustado ao Solo.....55

2.2.2.5 Índice de Área Foliar.....55

2.2.2.6 Índice de Umidade.....56

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....57

3.1 Análise da cobertura vegetal 57

3.2 Áreas de fraglidade ambiental da Zona de Amortecimento da Rebio Saltinho.....78

4. CONCLUSÕES.....80

5. RECOMENDAÇÕES.....83

REFERÊNCIAS.....84

INTRODUÇÃO

Por abrigar conjuntos de ecossistemas essenciais para o desenvolvimento da biodiversidade a Mata Atlântica representa, para a comunidade científica nacional e internacional, o bioma com a maior potencialidade biológica do território brasileiro. Tal importância caminha ao lado das constantes interferências antrópicas que ameaçam não só a existência da floresta, como também os demais ecossistemas associados a seu habitat, tendo-se como exemplo restingas, manguezais e apicuns. (SOS MATA ATLÂNTICA e INPE, 2009).

A distribuição territorial da Mata Atlântica estendia-se de forma contínua por toda a costa brasileira banhada pelo oceano Atlântico, adentrando até o leste do Paraguai e nordeste da Argentina em sua porção sul. Sua extensão original possuía 1,5 milhões de km², correspondendo a cerca de 92 % do território brasileiro (SOS Mata Atlântica e INPE, 2001; GALINDO LEAL; CÂMARA, 2003 citado por TABARELLI *et. al.,* 2005). No Nordeste a cobertura original da Mata Atlântica correspondia a uma área de 255.245 Km², ocupando uma extensão de 28,84% do seu território; atualmente o bioma abrange cerca de 19.427 Km², correspondendo a 2,21% desta região (TABARELLI *et. al.,* 2006).

O processo histórico do uso dos recursos naturais da Mata Atlântica no Brasil, em particular no Nordeste, reflete a super exploração deste ecossistema nos diferentes ciclos econômicos durante o período de colonização bem como suas consequências, estas ações provocaram a diminuição e quase extinção deste bioma (COSTA LIMA, 1998).

O nível de conservação desta vegetação foi apresentado em estudos publicado pela organização SOS Mata Atlântica em parceria com o INPE, 2013. Este estudo revela a condição de preservação do bioma Mata Atlântica dos Estados brasileiros e municípios, sobretudo, a situação da área que compreende fragmentos de vegetação dos Estados da Região Nordeste no período de 2008 a 2010. Em Pernambuco a porção da cobertura vegetal preservada representa 1.808.779 ha, que corresponde a 18% da área estabelecida pela Lei Mata Atlântica Nº 11.428, (22 de dezembro 2006). Esta lei protege de forma particular a Mata

Atlântica e seus ecossistemas associados instituindo regras que permitam uso e ocupação destes locais e as restrições que vão assegurar que as possíveis alterações neste bioma não aconteçam de forma agressiva.

Desde a criação da primeira Unidade de Conservação brasileira a Floresta Nacional de Lorena, SP em 1934, aos Parques Nacionais brasileiros: Itatiaia em 1937, Iguaçu e Serra dos órgãos em 1939, diversas unidades de conservação foram criadas proporcionando a continuação e a preservação de espécies da fauna e da flora existente nestes ambientes (VITALLI, 2007). Criada a partir da Lei 9.985 de 18 de Julho de 2000 o Sistema Nacional das Unidades de Conservação - SNUC, atua como este instrumento de proteção e tem como principal objetivo assegurar a representatividade de amostras significativas e ecologicamente viáveis das diferentes populações, habitat e ecossistemas do território nacional e das águas jurisdicionais, preservando o patrimônio biológico existente (SNUC, 2013).

O SNUC, é o conjunto de unidades de conservação federais, municipais e estaduais, que se diferenciam quanto a sua forma de proteção e usos permitidos. Subdivididas em categorias de uso sustentável que compreende Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável, Reserva Particular do Patrimônio Natural. E as categorias de Proteção Integral: Estação Ecológica, Parque, Monumento Natural, Refúgio de Vida Silvestre e Reserva Biológica (SNUC, 2013).

A criação de uma legislação especifica na proteção da Mata Atlântica e seus ecossistemas associados favorece a manutenção dos seres vivos que habitam nestes locais como também garatem a subsistência das comunidades que de forma sustentável dependem dos recursos da floresta. As Unidades de conservação públicas tem contemplado essas necessidades porém o fato de estar em pequenos núcleos isolados e sofrendo interferências no seu entorno as suas funções ambientais e a manutenção de seu ecossistema tem sido comprometidas (TAMBOSI, 2008).

Estabeler critérios que delimitem o perímetro de interferência das ações antrópicas são asseguradas por lei porém, os intrumentos legais não tem sido suficientes para conter a degradação na área limitrofe dos fragmentos protegidos. A criação de zonas de amortecimento é sugerida por Shaffer (1999), a fim de minimizar estas ações.

A partir do criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) , foi estabelecida as de zonas de amortecimento ou zonas "tampão" para as unidades de conservação ambiental de uso sustentável e proteção integral. De acordo com o capitulo I, artigo 2° , Inciso XVIII zonas de amortecimento é definida como "o entorno de uma unidade de conservação onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade". Os parâmetros para o uso e a ocupação deste espaço devem ser estabelecidos pelo órgão responsável pela sua administração que inclui um plano de manejo e neste a delimitação da Zona de Amortecimento, caso não for estabelecido o limite da zona de amortecimento, a resolução do CONAMA n°013/90, define uma aréa de dez quilomêtros a partir da área limite da Unidade de Conservação (UC) (GRACIA NETO, 2011).

O conhecimento das características fisícas, ambientais, sociais e econômicas dos locais onde existe unidades de conservação, especialmente as de conservação integral e seus limites é necessário para gestão dos recursos ambientais e mediação dos usos desses recursos pelas populações que habitam esses espaços. As áreas de proteção ambiental são locais que despertam diferentes interesses e objetivos de apropiação. De um lado reside às questões econômicas daqueles que tem poder de interferir de modo contundente alterando a paisagem com a retirada da vegetação para construção de residências e empreendimentos, e do outro os moradores locais que precisam dos recursos da floresta para sobreviver (OLIVEIRA, 2006).

Diante desta problemática surge a necessidade de solucionar esta questão com a utilização de ferramentas de baixo custo e ampla aceitação. A utilização das técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto no estudo destes locais, sobretudo, da cobertura vegetal tem gerado excelentes resultados no conhecimento e entendimento das relações do ambiente fisíco natural e as populações que neles residem. Através de imagens de satélites é possível obter informações sobre o comportamento espectral da vegetação e sobre as condições da planta e a partir dos resultados inferir se a área em questão trata- se de um ambiente sadio ou não ao desenvolvimento de plantas e animais. Segundo Blaschke (2010), a partir dos dados obtidos com os sensores dos satélites remotos é possível obter bons resultados nos estudos em diferentes aplicações e área de

cobertura terrestre como os estudos regionais e globais de biodiversidade, conservação da natureza, impactos de desmatamento e desertificação.

A utilização de imagens de satélite no estudo da vegetação dá possibilidade ao usuário discernir facilmente a fitofisionomia da vegetação classificando os tipos variados de espécies encontradas em áreas de preservação. Esta ferramenta também supera as dificuldades e desvantagens logísticas de monitoramento dos fragmentos de vegetação que muda a longo prazo, bem como se torna útil na avaliação de uma área inacessível (LEE, *et al.* 2009).

Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo principal gerar subsídios para a gestão do uso e ocupação do solo na zona de amortecimento da Reserva Biológica Saltinho através da criação de mapas com a utilização de técnicas de Sensoriamento remoto e geoprocessamento, que permitam levantar informações sobre o estado atual da área fornecendo informações relevantes sobre os ecossistemas naturais existentes, usos antrópicos e possibilidades de manejo para a elaboração dos planos de utilização a serem implementados. Como objetivos específicos buscou-se:

- Elaborar mapas temáticos da zona de amortecimento e da Reserva biológica de Saltinho fazendo uma análise espaço temporal da cobertura vegetal através dos índices de vegetação: Índice da Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN), Índice da vegetação ajustada ao solo (IVAS), Índice de área foliar (IAF) e Índice de Umidade por Diferença Normalizada NDWI);
- Estabelecer graus de fragilidade dos fragmentos florestais;
- Elaborar um mapa de fragilidade da vegetação da zona de amortecimento da REBIO.

1.REVISÃO DA LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Índices de Vegetação

A utilização das técnicas de sensoriamento remoto se constitui numa importante ferramenta para a identificação dos fragmentos de vegetação, principalmente porque ele proporciona uma excelente resposta de estudos locais dentro de uma escala global (CABACINHA *et al.,* 2009). Da mesma forma, o uso de tais técnicas pode servir de base na elaboração de instrumentos de medidas capazes de atuar na melhor forma de utilização dos recursos naturais dos ambientes observados e, principalmente, na gestão desses recursos (GUASSELLI *et al.,* 2009).

Estas técnicas têm ajudado significativamente no estudo de áreas florestadas, em especial as que possuem fragmentos de vegetação, como também na análise do comportamento da vegetação em locais que sofrem constantes interferências antrópicas, incluindo áreas que estão sendo submetidas ao avanço da urbanização (FULLER, 2001). Partindo deste pressuposto, podemos levar em consideração a possibilidade de quantificar a perda de biomassa nestes fragmentos, bem como a extensão da fragmentação florestal (BROADBENT *et al.*, 2008).

Liu (2007) ressalta uma importante aplicação do sensoriamento remoto no estudo da vegetação afirmando que vários estudiosos desenvolveram os índices de vegetação para monitorar e quantificar as condições e distribuições das áreas de vegetação, usando dados digitais de reflectâncias espectrais da radiação eletromagnética. Os índices da vegetação mais utilizados obtém a informação da reflectância dos dosséis referentes a região do vermelho e do infravermelho próximo as quais são combinadas sob a forma de razões (PONZONI, 2001). Epiphanio *et al.,* (1996) afirmam que os índices de vegetação são transformações lineares de bandas espectrais geralmente na faixa do vermelho (V) e infravermelho próximo (IVP) na faixa do visível do espectro eletromagnético. Tais índices realçam o comportamento espectral da vegetação correlacionando-se com os parâmetros biofísicos da vegetação como biomassa, índice de área foliar (IAF) e percentagem de cobertura vegetal.

Segundo Silva *et al.* (2012, p.26), o índice de área foliar (IAF) é definido pela razão entre a área que compreende a superfície da folha por unidade de área utilizada por essa vegetação, sendo portanto, este índice um excelente indicador de biomassa de cada pixel da imagem. O IAF representa a capacidade que a planta tem para explorar o espaço disponível sendo a razão da superfície total das folhas de vegetais em relação a superfície total do terreno (ART, 2001citado por PAIVA, 2009). Guimarães *et al.,* (2012) em estudos realizados em fragmentos florestais sob a responsabilidade de uma entidade federal (Exército Brasileiro), confirmou a aplicabilidade da utilização do IAF na identificação e evolução das condições ambientais dos fragmentos florestais. Oliveira *et al.,* (2011), observou através de estudos realizados na Mata da Várzea - Recife, PE; que os valores de IAF, mais próximos à área urbana indicaram a redução da cobertura vegetal se comparado aos valores identificados no centro do fragmento e em áreas com baixa interferência antrópica.

O IVDN (*Index Vegetation Difference Normalized)*, é um índice de vegetação proposto por Rouse *et al* 1974, sensível a quantidade e a condição da vegetação verde (OLIVEIRA, 2012). O IVDN, é o índice que oferece a melhor resposta aos efeitos da irregularidade topográfica identificando através dos seus valores superfícies de áreas com e sem vegetação (ROSENDO *et al.,* 2007). Para áreas de vegetação densa e topografia irregular Holanda *et al.* (2010), encontraram valores satisfatório de IVDN. Silva *et al.,* (2009) obteve para as áreas de manguezal na microrregião de Itamaracá - PE; bons resultados comprovando a aplicabilidade deste índice para as áreas com características de solo e vegetação semelhantes. Lira *et al.* (2008), em estudos realizados em áreas irrigadas obteve altos índices de IVDN em áreas de vegetação densa indicando uma vegetação em pleno desenvolvimento e boas condições hídricas.

O IVAS (*Index Vegetation Adjusted Soil)* foi criado para corrigir as interferências do solo nos valores obtidos das imagens orbitais gerados pelo IVDN. A capacidade do IVAS minimizar os ''ruídos'' do solo favoreceu a aplicabilidade deste índice estimulando a realização de mais pesquisas em áreas vegetadas JANSEN,(2009).

O fator e ajuste do solo estabelecido por Qi *et al.,* (1994), identificaram diferenças em tipos de solos a partir das medidas feitas no dossel de uma

plantação de algodão, a cor do solo variou de muito escuro a muito brilhante e a umidade do solo variou de molhado para seco. Ainda de acordo com este estudo, os valores observados pelos autores indicaram que o IVAS, obteve uma melhor resposta na análise temporal da cultura de algodão sendo mais sensível as condições do fundo de solo (solo seco ou molhado). Quando a radiação no vermelho interage no dossel, ela é fortemente absorvida, e a pequena parcela que é transmitida, encontra no solo escuro, um baixo refletor. A região Infravermelho (IV) somada ao ajuste do solo (L) e a região do vermelho (V) realça as diferenças entre as regiões eletromagnéticas favorecendo o aumento das variações na região do Infravermelho, deste modo os valores de IVAS em solos claros são altos EPIPHANIO *et a.l* (1996).

O NDWI (*Normalizeed Difference Watter Index*) é resultante da combinação das bandas espectrais do infravermelho próximo (NIR) e do SWIR (infravermelho de onda curta) sendo portanto o SWIR mais sensível a quantidade de água presente na vegetação e a umidade do solo (SILVA *et al*. 2012, p.24). O NDWI, foi o índice de vegetação proposto por Gao, (1996), é relacionado ao conteúdo de água presente nas folhas onde os valores positivos são associados a vegetação verde e os valores negativos à vegetação seca (OLIVEIRA *et al.,* 2010). Estudos realizados por Leivas *et al.,* (2013) para o Estado da Bahia, comprovou que em diferentes períodos de disponibilidade hídrica os índices de NDWI foi sensível as variações da oferta de água no ambiente, sendo portanto um excelente indicador das alterações provocadas pelo déficit de água e a retirada da cobertura vegetal. Gonzaga *et al.,* (2011) em estudos realizados no Sertão alagoano, identificou valores de NDWI satisfatórios para o período chuvoso e de estiagem observado.

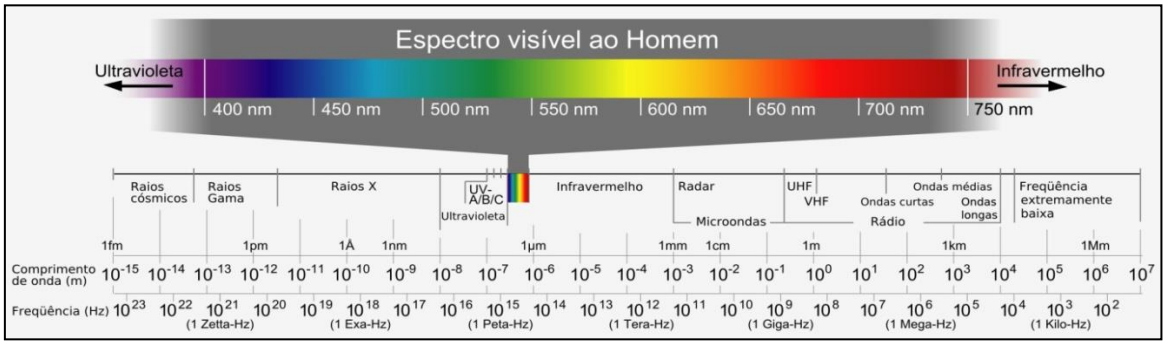
Sendo as plantas mais suscetíveis as mudanças fenológicas decorrente das variações do clima, o NDWI oferece resposta desejável a essas transformações, monitorando a quantidade de biomassa, e o estresse hídrico dos vegetais GAO, (1996). Oliveira *et al.,* (2010) em estudos realizados na Bacia hidrográfica do rio Moxotó, identificaram áreas de densa cobertura vegetal através dos valores atribuídos aos altos índices de umidade. As áreas com atividades antrópicas os valores de umidade se mostraram baixo, indicando perda ou ausência de umidade nestes locais. Ferreira *et al.*, (2012) na análise da dinâmica da vegetação de Caatinga, encontrou classes de valores negativos para as áreas de vegetação

seca, solo exposto e áreas urbanas, e valores positivos para áreas de agricultura irrigada. Para as áreas de floresta Holanda *et al.,* (2010) identificaram índices de umidade positivo. Em áreas de baixa cobertura vegetal ou vegetação esparsa os índices corresponderam a valores negativo. Em áreas com pouca ou total ausência de vegetação os índices de umidade tiveram valores negativos.

1.2 Região Eletromagnética

De acordo com Ponzoni (2001), o sensoriamento remoto é uma das técnicas que mais tem contribuído para o estudo da vegetação. Os avanço nos estudos realizados neste campo favoreceram o aprofundamento do conhecimento da interação dos processos fisícos que compreende a Radiação Eletromagnética (REM) e a vegetação. [...]*''A radiação eletromagnética é definida como a forma de energia que se move na velocidade da luz, sob a forma de ondas ou partículas elétromagnéticas, não necessitando de um meio material para se propagar no espaço''* (SILVA *et al* 2012 p.13). A figura 1, representa a região do espectro eletromagnético que é subdividido em faixas que representam as regiões de acordo com seus comprimentos de onda e faixas que vão do comprimento ultra-violeta, visível e infravermelho. Os resultados obtidos com esta interação resultante dos procedimentos dos sensores orbitais, é fruto de um processo complexo que envolve muitos parâmetros e fatores ambientais. A vegetação é citada como exemplo por Ponzoni, (2008), que faz considerações sobre a estrutura das plantas como folhas, flores, frutos e galhos; ele afirma que um fluxo incidente sobre qualquer um desses elementos estará sujeito a processos de espalhamento e absorção; estes por sua vez são subdivididos em dois sub-processos: reflexão e transmissão do objeto.

Figura 1. Espectro Eletromagnético.



1.3 Comportamento Espectral da Vegetação

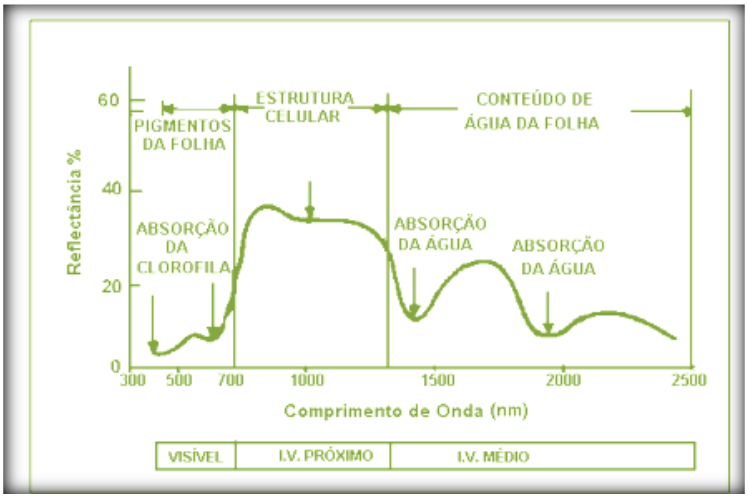
Na análise do comportamento espectral da vegetação a folha é considerada a estrutura mais importante da planta. "[...] *Comportamento espectral é o termo usado para representar as características da reflectância da REM pelas folhas, plantas individuais e conjunto de plantas* (PONZONI, 2001)*."*As folhas são os elementos da vegetação que mais contribuem para detcção dos sinais emitidos pelos sensores orbitais. As propiedades da planta que favorecem na leitura espectral da folha está em função da sua estrutura interna, morfologia e composição química (IBGE 2001). Segundo Gates (1980), citado por Cunha (2004), existe três mecanismos importantes que influenciam a quantidade de energia eletromagnética refletida pelas folhas "são os pigmentos existentes, os espaços ocupados pela água e ar, e as estruturas celulares internas das folhas".

A radiação emitida pelos raios solares é o principal fator contribuinte na interação de fatores como a absortância, a radiância e a transmitância. Os raios solares tocam a superficíe da terra e parte dessa energia é absorvida pela planta através dos pigmentos contidos na folha, essa quantidade que é absorvida participa na síntese de compostos ricos em energia (fotossíntese), altera as estruturas moleculares, acelera as reações bioquímicas, ou ainda destrói outras estruturas moleculares. Como consequência desse processo parte da energia é absorvida pelas plantas e a outra metade é refletida. Uma terceira parte dessa etapa é o processo de transmitância, realizado através das camadas das folhas

que compoem a copa, adentrando os componentes que constituem a folha, tais como a cutícula, o parênquima paliçadico e o lacunoso (CUNHA 2004).

A fração da energia absorvida pelas plantas segundo Rodrigues (1995) citado por Cunha (2004), está faixa de 400 a 700 nm, responsável pela fotossíntese vegetal que ocorre em função de pigmentos fotossínteticos.O comportamento espectral da vegetação apresenta características distíntas nas diferentes regiões do visível, de acordo com o gráfico da figura 2, é possível perceber três regiões espectrais: 1 - região do visível (400 - 700 nm); 2 - região do infravermelho próximo, (700 - 1300 nm); 3 - região do infravermelho médio (1300 - 1500 nm), que representa o comportamento espectral de uma folha verde.

Figura 2. Assinatura espectral de uma folha verde



FONTE: Moreira (1997) in Cunha (2007)

A ánalise dos componentes que constitui a vegetação sob a ótica do sensoriamento remoto não é algo trivial, as particularidades da planta apresentam propiedades de reflexão foliar variadas, numa mesma planta pode ocorrer múltiplos componentes refletores, diferentes estruturas na superficíe intra e intercelular, irregularidade do terreno em que estão assentadas; interferindo deste modo na incidência dos raios solares como também o substrato composto de solo e matéria orgânica morta dos vegetais que possuem características espectrais própias (EPIPHANIO *et al* 1996).

Apesar das interferências causadas por múltiplos fatores o comportamento espectral da vegetação é a aplicação do sensoriamento remoto que melhor atende

as necessidades em grandes e pequenas escalas. As técnicas de sensoriamento remoto que possibilitam a leitura da absorção da clorofifa no dossel da vegetação representa uma variável biofísica útil para vários tipos de pesquisas biogeográficas. As características desta absorção pode ser associada a outros dados do sensoriamento remoto na identificação de áreas com fragilidade ambiental entre outras variáveis como a vegetação e hidrologia (GALVINCÍO *et al.,* 2011).

1.4 Unidades de conservação ambiental

O primeiro conceito de unidades de conservação surgiu com a criação do Parque Nacional Yllowstone nos Estados Unidos em 1972. As práticas de conservação das áreas protegidas asseguravam apenas a beleza cênica e tinham como principal função resguardar os monumentos naturais destes locais (VITALLI, 2007).

Este conceito foi amplamente difundido por vários paises e inúmeras unidades de conservação foram criadas ao redor do mundo no Canadá em 1885, na Nova Zelândia em 1894, na Austrália e na África do Sul em 1898 e no Brasil em 1934 foi criada a Floresta Nacional de Lorena e em 1937 o Parque Nacional de Itatiaia (RITTL, 2011). Atualmente o número de unidades de conservação no Brasil vem aumentando, hoje são mais de 670 unidades de conservação em diversas categorias de manejo somando cerca de 60 milhões de hectares de áreas protegidas (FONSECA *et al.,* 1997). Costa *et al*., (2013) afirmam que esses locais proporcionam a conservação da biodiversidade biológica incluindo ecossistemas, espécies e genes. Estas medidas também favorecem a preservação cultural de um local permitindo que futuras gerações também se beneficiem desses ganhos ambientais.

Ao estabelecer normas para a gestão das unidades de conservação de acordo com a lei nº 9.985, esses espaços territoriais e seus recursos ambientais são conduzidos por um regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção. Deste modo, as águas jurisdicionais entre outros elementos da biota com características naturais relevantes, legalmente instituídas pelo poder púlblico, com objetivos de conservação e limites definidos tem assegurada sua proteção (BRASIL/2000) citado por GRACIA NETO 2011).

O SNUC, define no Art. 2º parágrafo XI como Unidade de Conservação de uso sustentável locais onde são permitidas a exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável. As UCs de proteção Integral são locais onde a preservação dos ecossistemas estão livres das alterações antrópicas; as atividades que são permitidas se restringem as atividades científicas de pesquisa entre outras atividades que não interfiram de modo direto nos seus atributos naturais. As categorias das Unidades de Conservação são divididas de acordo com o seu tipo de uso como apresentado na quadro1, (SNUC, 2013).

Quadro 1. Categorias das Unidades de Conservação. SNUC, 2013.
Fonte: SNUC - 2013.

Categorias das Unidades de Conservação de uso sustentável
Área de Proteção Ambiental - APA : área em geral extensa, com certo grau de ocupação humana, dotada de atributos naturais, estéticos e culturais importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações.
Estação Ecológica: área destinada à preservação da natureza e à realização de pesquisas científicas.
Área de Relevante Interesse Ecológico: área de pequena extensão, com pouca ou nenhuma ocupação humana e com características naturais singulares, cujo objetivo é manter ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas.Permite a existência de propriedades privadas em seu interior.
Reserva Biológica - Rebio: área destinada à preservação da diversidade biológica, onde podem ser efetuadas medidas de recuperação de ecossistemas alterados e de preservação e recuperação do equilíbrio natural, da diversidade biológica e dos processos ecológicos naturais.
Floresta: área com cobertura florestal onde predominam espécies nativas, cujo principal objetivo é o uso sustentável e diversificado dos recursos florestais e a pesquisa científica.
Parque: área destinada à proteção dos ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, onde podem ser realizadas atividades de recreação, educação e interpretação ambiental, e desenvolvidas pesquisas científicas.

Categorias das Unidades de Conservação de Preservação Integral
Reserva Extrativista - Resex: área natural com o objetivo principal de proteger os meios, a vida e a cultura de populações tradicionais, cuja subsistência baseia-se no extrativismo e, ao mesmo tempo, assegurar o uso sustentável dos recursos naturais existentes.
Monumento Natural: área que tem como objetivo básico a preservação de lugares singulares, raros e de grande beleza cênica. Permite a existência de propriedades privadas em seu interior.
Reserva de Fauna: área com populações animais de espécies nativas, terrestres ou aquáticas, onde são incentivados estudos técnico científicos sobre o manejo econômico sustentável dos recursos faunísticos.
Reserva de Desenvolvimento Sustentável: área natural onde vivem populações tradicionais que se baseiam em sistemas sustentáveis de exploração dos recursos naturais.
Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN: área privada criada para proteger a biodiversidade a partir de iniciativa do proprietário.

Fonte: SNUC, 2013.

De acordo com dados do cadastro nacional das unidades de conservação, o Brasil possuia em 2010, 284 unidades de conservação federal e 548 unidades estadual totalizando 832 unidades de conservação ambiental (RITTL, 2011). Atualmente este número alcançou melhores resultados com aumento significativo de 1.867 unidades de conservação distribuidas em 310 unidades federais, 503 estaduais, 81 municipais e 973 RPPN. O Estado de Pernambuco possui 110 UCs que estão distribuídas em categorias de unidades de conservação Integral e de uso sustentável. O quantitativo de UCs ambiental de uso federal corresponde a 06 unidades; domínio estadual a 71 unidades, municipal 08, e particular 25 unidades. A área de estudo possui 08 unidades de conservação (Quadro 2), que são administradas por entidades das esferas estadual e federal (Semas, CPRH, CONDEPE/FIDEM 2011).

Quadro 2 Unidades de Conservação dos municípios da área de estudo

Municípios	Unidades de conservação	Domínio	Ecossistema protegido	Área (ha)
Barreiros	Área de Proteção Ambiental de Guadalupe	Estadual	Mata Atlântica, Manguezal, Restinga e Ambientes Marinho	44.255,00
	Área de Proteção Ambiental Estuarina do Rio Una		Manguezal	553.00
	Área de Proteção Ambiental do rio Carro Quebrado			402,00
Rio Formoso	Área de Proteção Ambiental de Sirinhaém	Estadual	Mata Atlântica, Restinga e Manguezal	6.589,00
	Área de Proteção Ambiental de Guadalupe		Mata Atlântica, Manguezal, Restinga e Ambientes Marinho	44.255,00
	Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais	Diversos	Marinho	413.563,00
	Área de Proteção Ambiental do estuário do rio Formoso	Estadual	Manguezal	2.724,00
Tamandaré	Área de Proteção Ambiental Guadalupe	Estadual	Mata Atlântica, Manguezal, Restinga e Ambientes Marinho	44.255,00
	Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais	Diversos	Ambiente Marinho	413.563.00
	Parque Natural do Forte de Tamandaré		...	353,30
	Reserva Biológica de Saltinho	Federal	Mata Atlântica	548,00

Fonte: Adaptado de CONDEPE/FIDEM - (2013).

Essas áreas são reconhecidas como locais imprescíndiveis à preservação e conservação de espécies da fauna e da flora o que reforça ainda mais o grande desafio que os gestores destes lugares tem em manter resguardado os exemplares que ainda restam como herança as gerações futuras. Porém, a crescente exploração de espaços preservados e a super valorização do verde favoreceu no aumento da pressão sobre o ambiente e seus recursos naturais (RIBEIRO *et al*., 2010). Constatou-se portanto, que as áreas de conservação ambiental não eram suficientes para conter as ações antrópicas sob as áreas protegidas e seu habitat. Desde então buscou-se meios para mitigar as ações nocivas que o ambiente externo exercia sobre as áreas protegidas. A partir disso a idéia de filtros foi incorporada como um novo instrumento de proteção ambiental e esse novo intrumento passou a ser visto como agentes atenuantes das ações nocivas ao ambiente (VITALLI , 2007).

Da necessidade de se estabelecer filtros que tivesse o poder de conter as ações antrópicas no meio ambiente natural, à intervenção legal no âmbito jurídico e constituído por lei, a criação das zonas de amortecimento passou por momentos importantes que compreende o início da construção do pensamento ambiental, a discussão de conceitos que firmariam este novo instrumento legal; os tipos e os critérios para criação deste espaço.

1.5 Zonas de Amortecimento (*ZA*)

Instrumentos jurídicos que implementaram a Zona de amortecimento (*ZA)* no Brasil utilizam denominações diferentes para este conceito. A resolução do CONAMA nº 13/90 define as *ZA* como: "*zona de entorno que compreende o raio de dez quilômetros ao redor das unidades de conservação*" no SNUC, lei 9.985/00 " *zona de amortecimento corresponde a locais cujos limites são estabelecidos no plano de manejo*". Mazda (1994) citado por Oliva, (2003), define zona de amortecimento [...]"como *um terreno que deve rodear uma área protegida, com a finalidade de amortecer ou mitigar os impactos que produzem as atividades humanas sobre essas áreas, devendo construir uma franja que freie as atividades externas incompátiveis com a área silvestre"*. Ebregt *et al*., (2000) define *ZA* como "*limite situado entre duas ou mais áreas que serve para reduzir possíveis impactos nocivos entre elas*". Também denominado de "zona tampão", algumas vezes chamado de "zona de usos múltiplos" e "zona de transição". Zona tampão ou "*buffer zones"* "*é uma zona periférica aos parques ou reservas equivalentes, onde são feitas restrições no uso dos recursos ou nas medidas de desenvolvimento para melhorar os valores de conservação da área* " Orlando, (1997) citado por Oliveira, (2006).

Um conceito pouco difundido na esfera das UCs que merece destaque, é o conceito das Áreas Circundantes. Guimarães *et al.,* (2012) faz uma discussão sobre a utilização do conceito zona de amortecimento e Área Circundante e suas aplicações no aspecto legal. Este autor trabalha o referido conceito baseado no atigo 8° da resolução do CONAMA n° 13/1990 que afirma que este intrumento deve ser utilizado antes de ser estabelecia a área das *ZA*. Tal instrumento irá funcionar como medida de prevenção as possíveis interferências nocivas ao ambiente

quando não se tem instituída a *ZA*. Ainda segundo este autor, existe uma distinção jurídica na aplicação desses conceitos. Na sua essência os termos possuem a mesma aplicabilidade porém para alguns autores como Vitalli *et al.,* (2009) afirmam que diferentes denominação para o mesmo conceito está sujeito a erros e esta ambiguidade no uso dos termos abre "brechas" para interpretações errôneas da lei e diferentes aplicações das normas vigentes.

O termo zona de amortecimento é considerado atual para a literatura, embora sendo recente ele estava integrado desde início dos anos1970, as etapas da construção do pensamento da política e do planejamento de programas de organizações não governamentais e organizações ligadas ao governo mas que tinham como paradigma o desenvolvimento das questões ambientais. A Conferência das Nações Unidas para o meio ambiente em 1972, em Estolcomo na suécia, reuniu todos os esforços que estavam concentrados nessas organizações e foi um marco nas questões ambientais onde a atenção se dirigiu ao meio ambiente biofísico em questões como as relacionadas ao manejo da fauna e da flora silvestres, a conservação do solo, poluição da água, degradação da terra e desertificação. O conceito evoluiu a partir do desejo de proteger melhor o perímetro central das áreas de conservação e a área que compreendia a borda, minimizando os impactos negativos das atividades humanas sobre a natureza.

Ebregt *et al*., (2000), traz alguns exemplos dos múltiplos usos do termo zona de amortecimento ou" zona tampão" que são utilizados para determinar restrições e uso em um determinado perímetro.

Zona de uso tradicional- São áreas localizadas dentro da unidade de conservação onde são permitidas atividades de subsistência como: caça, pesca e apanha pelas comunidades tradicionais que residem nessas áreas.

Floresta de amortecimento- Criada para fins de exploração a floresta de amortecimento é a forma mais antiga da zona tampão, pode ser plantada ou natural. Essas áreas atuam como um filtro das ações nocivas para as áreas núcleo de preservação.

Zona de amortecimento social- Considerado o tipo mais sustentável de delimitação a zona de amortecimento social usa as diferenças de cultura e senso de identidade de grupos populacionais tradicionais indígenas, quilombolas e

organizações locais entre outras, para formar uma barreira de controle e sistema de monitoramento entre uma área de conservação e seu entorno.

Zona de amortecimento econômica- Este tipo de zona de amortecimento tem a função de produzir produtos agrícolas que são comercializados entre os moradores das comunidades circuvizinhas. São localizados fora das áreas de preservação e atuam como locais onde as atividades agrícolas são desenvolvidas amenizando a dependência dos produtos das áreas protegidas.

Zona de amortecimento física- São meios naturais (rios, montanhas e desfiladeiros) e artificiais (cercas, muros e canais) que servem como barreiras físicas, que atuam como única forma de proteger as áreas de conservação de ser degradada ou destruída.

Zona de amortecimento de incêndio- São áreas criadas ao redor das reservas florestais propensas a incêndios. Possuem normalmente uma extensão de 40 metros de largura que consistem em aceiros verdes.

Zona de amortecimento ciliares- Pode ser descrito como faixas de vegetação de floresta ao longo de cursos hídricos. A extensão dessas faixas é determinada por lei a fim de proteger os sistemas fluviais de intervenções antrópicas da exploração madeireira e agrícola. Essas faixas são conservadas com o intuito de proteger as margens da erosão e preservar os corpos d'água e sua biodeversidade.

A discussão a respeito da necessidade da criação de uma zona de amortecimento reside em aspectos importantes tais como; avaliar os ganhos ambientais e econômicos que serão obtidos com a criação de uma zona de amortecimento, a relação com as comunidades do em torno e os valores que essas populações tem com a área em questão. Vio (2001) citado por Oliva (2003), ressalta a necessidade da criação das zonas de amortecimento como fator atenuante dos problemas que frequentemente esses locais enfrentam como: contenção do efeito de borda no sistema ambiental protegido provocado pelas ações antrópicas, diminuição das consequências dos agentes utilizados na agricultura e pastagem como agrotóxicos e fogo, redução das áreas protegidas comprometendo as espécies da fauna e da flora, extinção e desaparecimento das espécies.

Segundo Ebregt *et al.,* (2000), as oportunidades e as limitações para o desenvolvimento da zona de amortecimento e gestão, dependem de uma série de

critérios e condições. Estes estão relacionados ao tamanho do perímetro da área, a diversidade ecológica, a economia; os valores que serão associados a criação desta nova área, a legislação e estrutura social e institucional vigente. No que se refere ao tamanho do perímetro o autor afirma que, o tamanho ideal de uma zona de amortecimento é variável, e depende dos objetivos, disponibilidade de terras, sistemas tradicionais do uso da terra, a fragilidade do ambiente natural e dos entes envolvidos no modo de exploração deste lugar. Ele considera ainda que, quanto maior for a extensão da área protegida melhor será para a conservação da biodiversidade.

Os critérios ecológicos considerados essenciais para criação das zonas de amortecimento podem estar inseridos na paisagem e abordar dois aspectos importantes porém diferentes, como o habitat e a conservação das espécies. O conhecimento destes aspectos são fundamentais para a criação das zonas de amortecimento e faz parte de um levantamento prévio que se deve tomar para um conhecimento detalhado das espécies locais e definir que parte do ecossistema deve ser preservado.

Em relaçãos aos aspectos econômicos Callan e Thomas, (1996) citado por Ebregt, 2000) afirma que :

> [...] ''A conservação de áreas protegidas não é uma mercadoria privada negociada no mercado aberto, mas um benefício público''.

Portanto não existe uma uma relação econômica direta de oferta e demanda onde a sociedade procura os recursos ambientais como produtos e se beneficiam de seus usos. Em contra partida a qualidade ambiental é. Estabelecer zonas de amortecimento para melhor preservar as áreas de conservação é por todos os meios uma atividade econômica em que os recursos produtivos são colocados em uso com o objetivo de criar valor adicional para a sociedade. Vio (2001) citado por Ribeiro *et al (*2010), considera importante o fato de criar *ZA* capazes de administrar da melhor forma a relação econômica e a ambiental, porque o objetivo de se estreitar essa relação não é congelar ou restringir o desenvolvimento econômico da região, mas sim ordenar, orientar e promover todas as atividades compatíveis com o propósito e os objetivos das zonas de amortecimento, criando condições para

que os municípios envolvidos interajam com a unidade de conservação e crie uma base sólida para seu própio desenvolvimento social e econômico, respeitando e utilizando as características da região. Semelhantemente, a viabilidade econômica de uma zona de amortecimento deve ser atenuado por avaliar os custos adicionais e benefícios da criação destes espaços comparando o resultado com a situação em que essa zona não foi estabelecida. Ou seja observar exemplos práticos de locais de preservação permanente que possuem uma zona de amortecimento e outra que não possue.

Os aspectos legais também são determinantes na criação das zonas de amortecimento por várias razões, através delas as áreas protegidas terá um instrumento que irá garantir proteção jurídica desses locais. A participação da sociedade é considerada de extrema importância para o êxito na criação de uma zona de amortecimento. Reconhecer o papel de todos os envolvidos no processo e por que e como eles interagem, ou deveriam interagir é parte essencial do processo de integração dos atores interessados na interveção participativa no processo de criação. Os interessados devem se comunicar intensamente e participar em todas as etapas da criação da zona de amortecimento e da gestão. A fim de alcançar a participação verdadeira e significativa, em particular, da população local, os usuários locais devem apreciar os benefícios reais das zonas de amortecimento, a fim de adotá-los como estratégia de sobrevivência a longo prazo.

A criação das zonas de amortecimento pode fornecer uma variedade de benefícios, dependendo do tipo de zona de amortecimento, condições naturais, os investimentos realizados entre outros fatores. Esses benefícios podem ser classificados como benefícios biológicos, sociais e econômicos.

Os beneficíos biológicos proporcionam a área protegida uma barreira contra acesso e uso humano indesejável da zona núcleo ou área de conservação; favorecendo a proteção da zona central ou área de conservação da invasão por plantas exóticas e espécies animais, fornecendo proteção extra contra danos causados por tempestades, secas, erosão e outras formas de dano.

No que diz respeito aos beneficíos sociais, eles são considerados importantes instrumentos de planejamento e gestão, pois fornecem um mecanismo flexível para

a resolução de conflitos entre os interesses de conservação dos órgãos de proteção ambiental e dos habitantes de terras adjacentes; melhoraram o potencial de ganhos e qualidade do ambiente das populações locais; atuam na construção de apoio local e regional para programas de conservação; preservação dos direitos da terra e culturas tradicionais das populações locais.

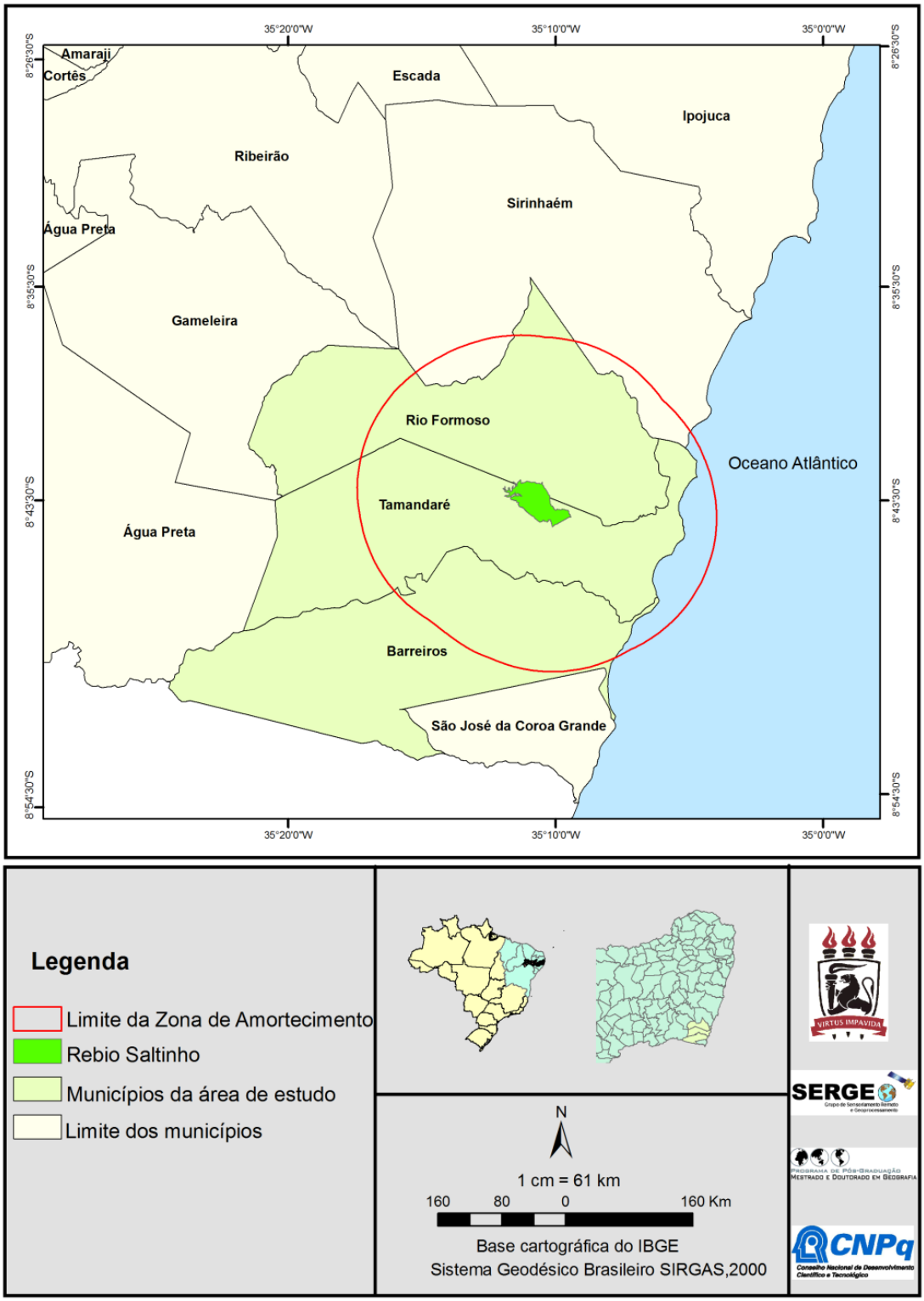
Já os beneficíos econômicos, estimula a preservação da área protegida e como consequência estes locais receberá o aumento dos benefícios para os usuários diretos, como: renda proveniente do turismo, movimentação da renda das pessoas na economia local, aumento do valor imobiliário das terras circunvizinhas à área protegida, valor da existência de espécies selvagens, valor de existência de vegetação protegida.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo, (Figura 3) está localizada no entorno da Reserva Biológica de Saltinho, os municípios que fazem parte do perímetro que corresponde a localidade são: Barreiros, Rio Formoso e Tamandaré. Juntos eles formam o que denomina-se Zona de Amortecimento (*ZA)*. Com um número expressivo de habitantes, (Tabela 2) estes municípios estão inseridos em uma área de usos múltiplos que caracterizam as atividades da agricultura de subsistência, agricultura canavieira, pecuária e turismo. O perímetro que delimita a área de interferência da zona de amortecimento da Rebio Saltinho segue as normas do CONAMA nº 13/90, que estabeleçe um raio de 10 Km a partir da unidade de conservação o local de interese a ser preservado. Segundo dados publicados pelo órgão responsável pela Rebio Saltinho, o município que possui a maior área de interferência é Tamandaré com 93,66% de seu território dentro da área da Zona de Amortecimento ((MMA/IBAMA 2006).

Figura 3 . Mapa de localização da área de estudo e municípios da zona de amortecimento: Barreiros, Rio Formoso eTamandaré.



Fonte: Oliveira,J.S.S. 2013**.**

Tabela 1. Dados demográficos dos municípios da zona de amortecimento da Rebio Saltinho .

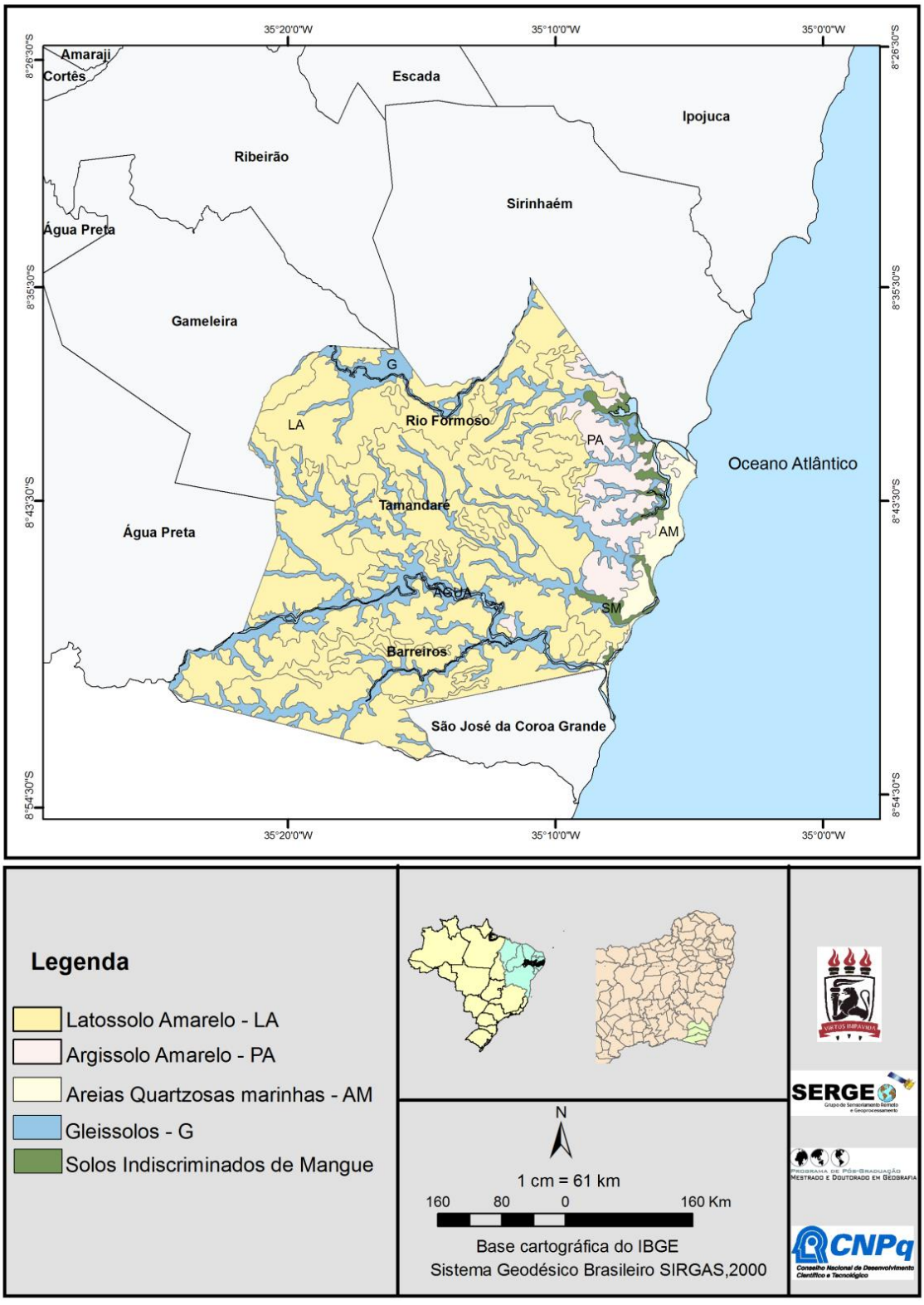
Municípios	Área Km²	Densidade Demográfica (hab/ Km²)	Taxa de Urbanização (%)	População total (n° hab.)	População Urbana	População Rural
Barreiros	233,372	174,54	83,43	40.732	33.982	6.750
Rio Formoso	227,457	97,39	60,37	22.151	13.313	8.778
Tamandaré	214,306	96,66	73,23	20.715	15.170	5.545

Fonte: Adaptado de CONDEPE/FIDEM Perfil municipal (2013) .

Conforme representado no mapa (Figura 4), as classes de solo predomimantes são do tipo: Latossolo Amarelo, Argissolo Amarelo, Areias Quartzosas Marinha, Gleissolos e Solos indiscriminados de mangue. O relevo predominante corresponde as Planicíes Costeiras, Tabuleiros Costeiros, e Colinas da Zona da mata.

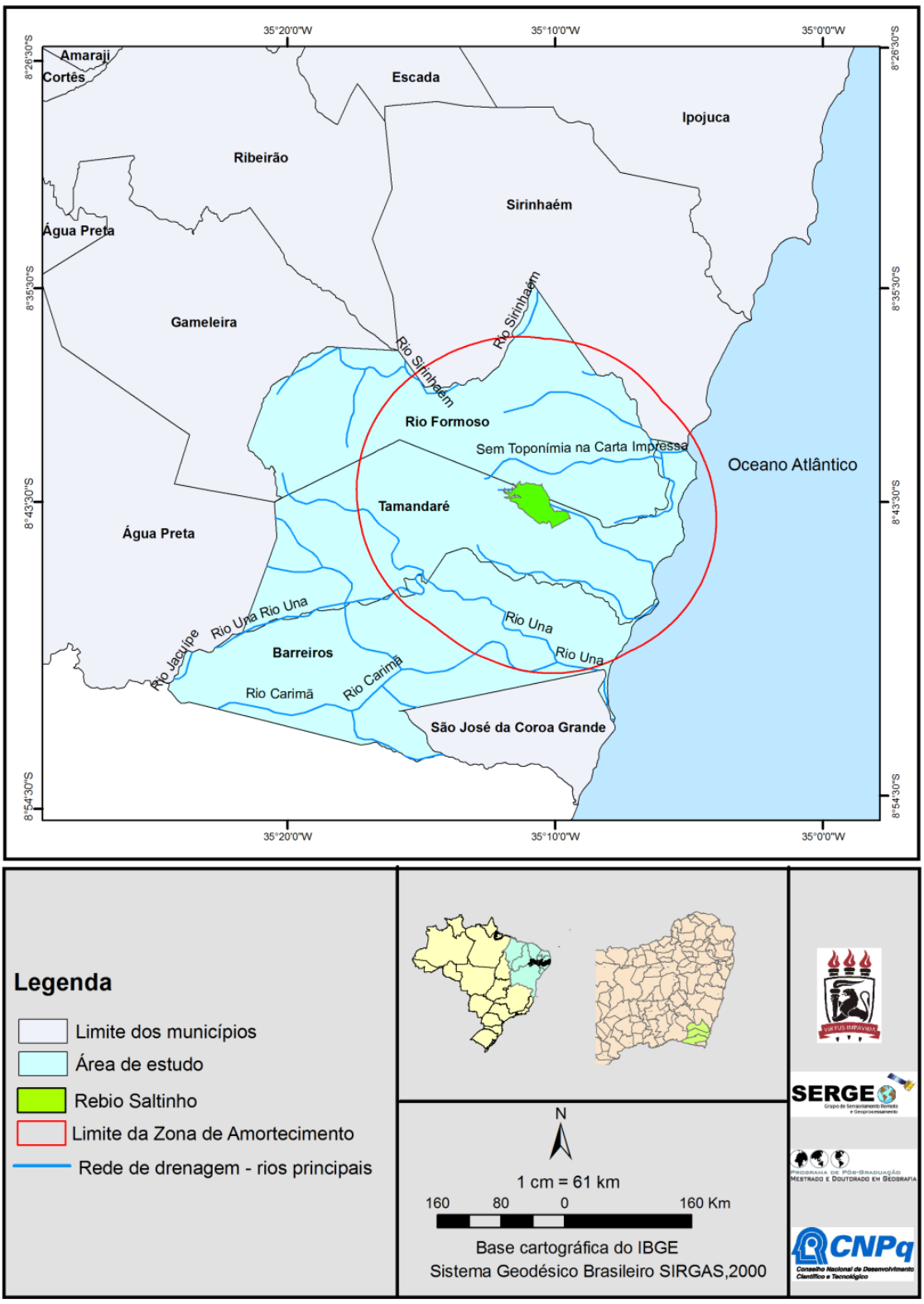
A vegetação predominande é a Floresta Atlântica - Floresta Ombrófila Densa e vegetação das Terras Baixas; os Manguezais. Estes municípios ainda conservam exemplares da Mata Atlântica preservados. Segundo estudos divulgados pela Ong SOS Mata Atlântica e Inpe (2011), a taxa de desflorestamento no Estado foi avaliada num período de três anos (2008 - 2010) e através deste estudo foi possível conhecer a situação atual da vegetação dos municípios. O município de Barreiros possui 2.467 ha de exemplares compreendendo 100% dos fragmentos preservados por lei, Tamandaré 2.666 ha que assim como Barreiros tem 100% de seus fragmentos preservados. Rio Formoso possui uma área com 2.551 ha de fragmentos e 100% destes preservados. Não existe neste relatório uma relação direta com os baixos índices de desflorestamento e a presença de uma Unidade de Conservação ou de outros programas de preservação ambiental como um fator atenuante para estes baixos índices de desmatamento.

Figura 4 . Mapa das Classes de Solo dos municípios da zona de amortecimento: Barreiros, Rio Formoso eTamandaré.



Fonte: Oliveira,J.S.S. 2013.

Figura 5. Mapa da rede de drenagem - rios principais, municípios da zona de amortecimento: Barreiros,Rio Formoso eTamandaré.



Fonte: Oliveira, J. S. S (2013).

A rede hídrica da Zona de Amortecimento está inserida à jusante do rio Una e Pequenos rios Litorâneos GL- 4 e GL-5, (Figura 5). O município de Barreiros pertence ao grupo de pequenos rios Litorâneos GL-5, também drenado pelo rio Una possui área total de 233,372 Km² de extensão territorial e 195,1 Km² de área pertencente a bacia representando um percentual de 84,9% do município banhado pelo do rio Una. O município de Rio Formoso possui área total de 227,457 Km² de extensão territorial e 15,7 Km² compete a área da bacia e 6,7% do percentual do município corresponde à rede hidrográfica do Rio Una. Tamandaré possui área total de 214,306 Km²; 92,3 Km² da sua extensão pertencente a bacia e 45 % da área do município é drenado pelo Una (CONDEPE/FIDEM - 2006). As características geológicas dos municípios da *ZA* correspondem aos Terrenos Sedimentares do Quaternário/Terciário, Terrenos Ígneos e Metamórficos do Pré-Cambriano SRHE - Atlas de Bacias Hidrográficas (2006).

A Rebio Saltinho tem origem num antigo engenho de cana-de-açúcar o "Engenho Saltinho", que em 1905, foi comprado pela União através do Ministério da justiça com o objetivo de garantir o abastecimento de água para o antigo povoado de Tamandaré. Através do decreto n° 62.007 de 29 de dezembro de 1967, foi transformada em Estação Florestal Experimental em 21 de setembro de 1983. Através do decreto n°88.744, a Estação Florestal Experimental Saltinho foi transformada em Reserva Biológica (MMA/IBAMA 2006). Segundo determinação do SNUC,

> [...] Reserva Biológica é a área destinada a preservação da diversidade biológica, onde podem ser efetuadas medidas de recuperação de ecossistemas alterados e de preservação do equilíbrio natural, da diversidade biológica, e dos processos ecológicos naturais.

Fica portanto proibida qualquer atividade de caça, pesca, apanha, perseguição, introdução de espécies exóticas da fauna e da flora, silvestre ou doméstica, bem como a exploração dos recursos naturais, e qualquer outra atividade que implique em modificações do meio ambiente, exceto as de caráter científico autorizadas pela autoridade competente. Atualmente a Rebio Saltinho é gerenciada pelo Instituto

Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio, órgão vinculado ao Ministério do Meio Ambiente e integra a o Sistema Nacional de Meio Ambiente.

A Zona de Amortecimento está localizada em uma região que durante décadas abrigou o sistema da monocultura da cana-de-açúcar, esta atividade interferiu diretamente no processo de modificação desta paisagem que nos seus primórdios era ocupado pela vegetação nativa da Mata Atlântica e seus ecossistemas associados. Segundo Oliveira (2012), a Mata Atlântica é o ecossistema mais devastado e mais seriamente ameaçado do planeta. Ainda de acordo com este autor, a porção territorial da Mata Atlântica que recobre a Região Nordeste é considerada um importante centro de endemismo, embora esteja presente em pequenos fragmentos remanescentes está reduzida a 0,3% de sua área original. Como herança deste passado é possivel perceber a presença deste sistema econômico através dos engenhos de cana-de-açúcar que ainda existem na região e das estruturas arquetetônicas imponentes deixadas pelos senhores de engenho como a casa grande, igrejas entre outras edificações em ruínas (Figura 6).

Figura 6. Ruinas da igreja de N. Sra. da Conceição. Eng. Mamucabas, Tamandré- PE.

Fonte: Oliveira,J.S.S. 2010.

A configuração deste espaço está marcado pela presença do latifúndio canavieiro, e as diferenças que este modo de produção provocou no local. Os municípios da área de estudo fazem parte de uma região que históricamente foi utilizada pelos meios produtivos essencialmente exploratórios. Inicialmente com a madeira produzida na Mata Atlântica e posteriormente a agricultura canavieira. Atualmente este espaço é ocupado por diferentes grupos , os pequenos produtores, os latifundiários e os assentados por programas de reforma agrária. As atribuições conferidas a este espaço por estes atores geram confitos que esbarram nas questões sociais e ambientais voltadas a preservação. Segundo Picchioni (2001), os principais conflitos deste espaço foram identificados no meio rural onde os usos agrícolas da produção canavieira são os responsáveis diretos pela degradação da Mata Atlântica provocando queimadas, desmatamentos e poluíndo os corpos hídricos com agrotóxicos e fertilizantes.

A monocultura da cana-de-açúcar não foi responsável apenas pela degradação ambiental do ecossistema da Mata Atlântica no litoral sul de Pernambuco, ela foi responsável pelo surgimento de cicatrizes que produziram profundas desigualdades sociais. A atividade canavieira não dependia de mão de obra qualificada, o que a tornava atraente para pessoas com baixa qualificação profissional, porém esta deficiência contribuiu para o surgimento uma massa de trabalhadores sem atribuições técnicas para as novas necessidades do mercado de trabalho empurrando esses indivíduos para as atividades informais e condições de vida sub-humanas nos grandes centros urbanos (VIANA *et al* 2009).

Os pequenos fragmentos de vegetação é outra cicatriz que o sistema da monocultura da cana-de-açúcar deixou na paisagem, estes ainda servem como testemunho de uma floresta exuberante que um dia existiu em um topo de colina florestado ou em um curso de rio. Ao passar por estes locais ainda é possível perceber estes fragmentos que gradativamente vem diminuindo em decorência das ações naturais como deslizamento de encostas, erosões e desmatamentos provocados por ações antrópicas (Figura 7).

Figura 7. Fragmentos de mata nos topos de colina, Tamandaré - PE.

Fonte: Oliveira,J.S.S. 201

A fragmentação teve inicío no século XVI e foi acelerada posteriormente com a fixação do homem na zona costeira e posteriormente com a expansão das fronteiras agrícolas e os ciclos econômicos da cana-de-açúcar e café. Algarez *et al.* (2001) considera a fragmentação como uma das causas mais nocivas ao ambiente natural e a que mais tem contribuído para a redução e modificação da diversidade biológica do planeta. Almeida *et al* (2007), afirma que :

> ''[...] *o isolamento o qual os fragmentos são submetidos tem efeito negativo sobre a riqueza de espécies, diminuindo a taxa de imigração ou recolonização de espécies entre um fragmento e outro se constituindo num fator extremamente impactante para o patrimônio genético das espécies.*

Os municípios que pertencem a zona de amortecimento possuem características distintas no que diz respeito as principais atividades econômicas, enquanto Rio Formoso e Barreiros possui características mais agrícolas Tamandaré é um município mais voltado para a atividade dos serviços como indica a tabela 2.

Tabela 2. Número de empregados no setor formal por município (Zona de Amortecimento)

Municípios	Empregados no setor formal 2011		
	Agropecuária	Comércio	Serviços
Barreiros	615	1.189	412
Rio Formoso	288	220	368
Tamandaré	105	340	666

Fonte: CONDEPE/FIDEM Perfil municipal 2011

A importância de discutir e dar destaque as atividades econômicas do local está relacionada diretamente com as principais potencialidades da região que a Zona de Amortecimento está localizada. Criar oportunidades em setores que possibitem a parceria com a conservação ambiental é vista por alguns autores como forte aliado na manutenção e preservação de áreas de proteção ambiental. Costa *et al.* (2007), traz uma abordagem crítica e extremamente importante sobre a gestão e manejo das áreas preservadas, os autores afirmam que as áreas de preservação que são protegidas pelos setores públicos, vem enfrentando sérios problemas estruturais e de manutenção, investir no turismo ecológico com participação da iniciativa privada é uma alternativa que dá possibilidade de incluir soció-economicamente as comunidades do entorno e seus moradores como aliados na preservação ambiental.

Os diferentes estágios da produção açucareira alcançou altos níves, colocando o Estado de Pernambuco em importantes patamares tanto no cenário nacional como no internacional, porém outros centros produtores acirraram a concorrência e começaram a investir na mecanização e compra de insumos para melhorar a produção agrícola levando a produção desta matéria prima à decadência. Com o declínio da produção canavieira surgiram outras atividades e estas vem contribuindo para alteração da paisagem entre elas se destacam: a atividade agropecuária, agricultura de subsistência e a plantação de coco (Figura 8).

Figura 8. Plantação de coco, propriedade privada, Tamandaré- PE.

Fonte: Costa, M.2013.

Dados do perfil dos municípios indicaram o valor da produção das principais culturas agrícolas, entre elas destaca-se o coco-da-baía (Tabela 3), como importante fonte de renda para as comunidades locais. Esta atividade é realizada em diferentes escalas produtivas, enquanto produto principal é cultivado em pequenas e médias unidades de produção, tanto em sítios como em fazendas de pequeno e médio porte (Sectma & CPRH, 1998).

Tabela 3. Valor da produção agrícola das principais culturas dos municípios da *ZA.*

Municípios	Valor da produção agrícola das principais culturas 2011 (R$ 1.000)		
	Cana-de-açúcar	Coco-da-baía	Banana
Barreiros	18.524	270	232
Rio Formoso	24.707	810	-
Tamandaré	14.065	1.365	42

Fonte: Condepe/Fidem - Perfil municipal (2011)

Apesar dessas atividades consideradas tradicionais, fazerem parte do cenário desses municípios outros setores estão modificando a dinâmica da economia local a exemplo do comércio e serviços. Estes municípios estão localizados em uma região de franco desenvolvimento, e recebe influência direta dos grandes empreendimentos que estão sendo instalados no complexo industrial

e portuário de Suape situado em municípios vizinhos (Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca). Estes empreendimentos atraem um quantitativo populacional expressivo que demanda uma série de serviços públicos essenciais que os municípios não estão preparados para oferecer. Dados do último Censo Demográfico do IBGE 2010, revelaram um aumento da população e o quantitativo de domicílios com saneamento inadequados nos municípios de Barreiros, Tamandaré e Rio Formoso (Tabela 4).

Tabela 4. População residente total e quantidade de domicílios particular permanente com saneamento inadequado.

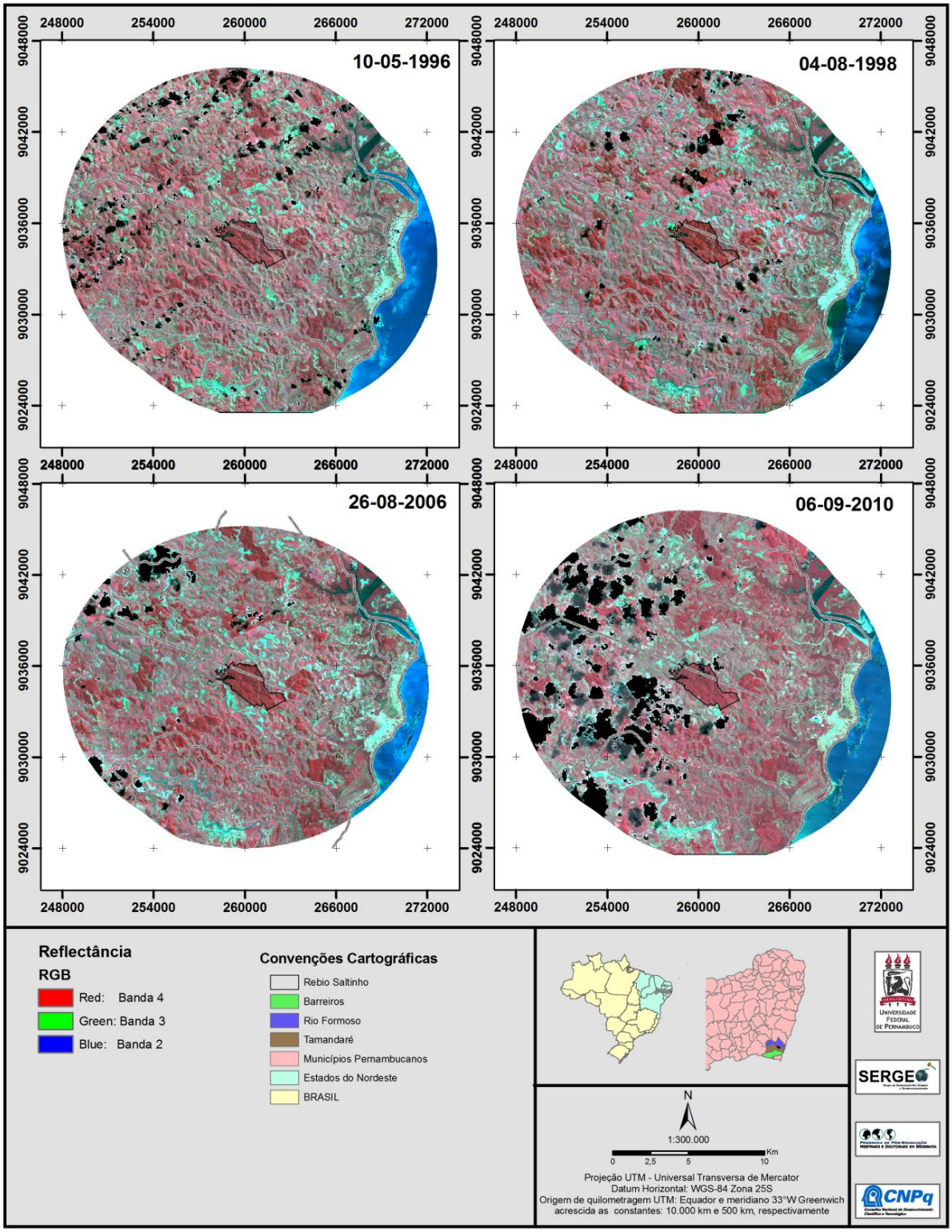
Municípios	População Total (n° hab.)		Domicílios saneamento inadequado² (%)	
	Período 2000	Período 2010	Período 2000	Período 2010
Barreiros	39.139	40.732	21,82	18,46
Rio Formoso	20.764	22.151	50,66	29,90
Tamandaré	17.281	20.715	40,99	23,06

Fonte: IBGE, Censo 2010 in Perfil municipal (2013).

2.2 Dados do satélite Landsat 5

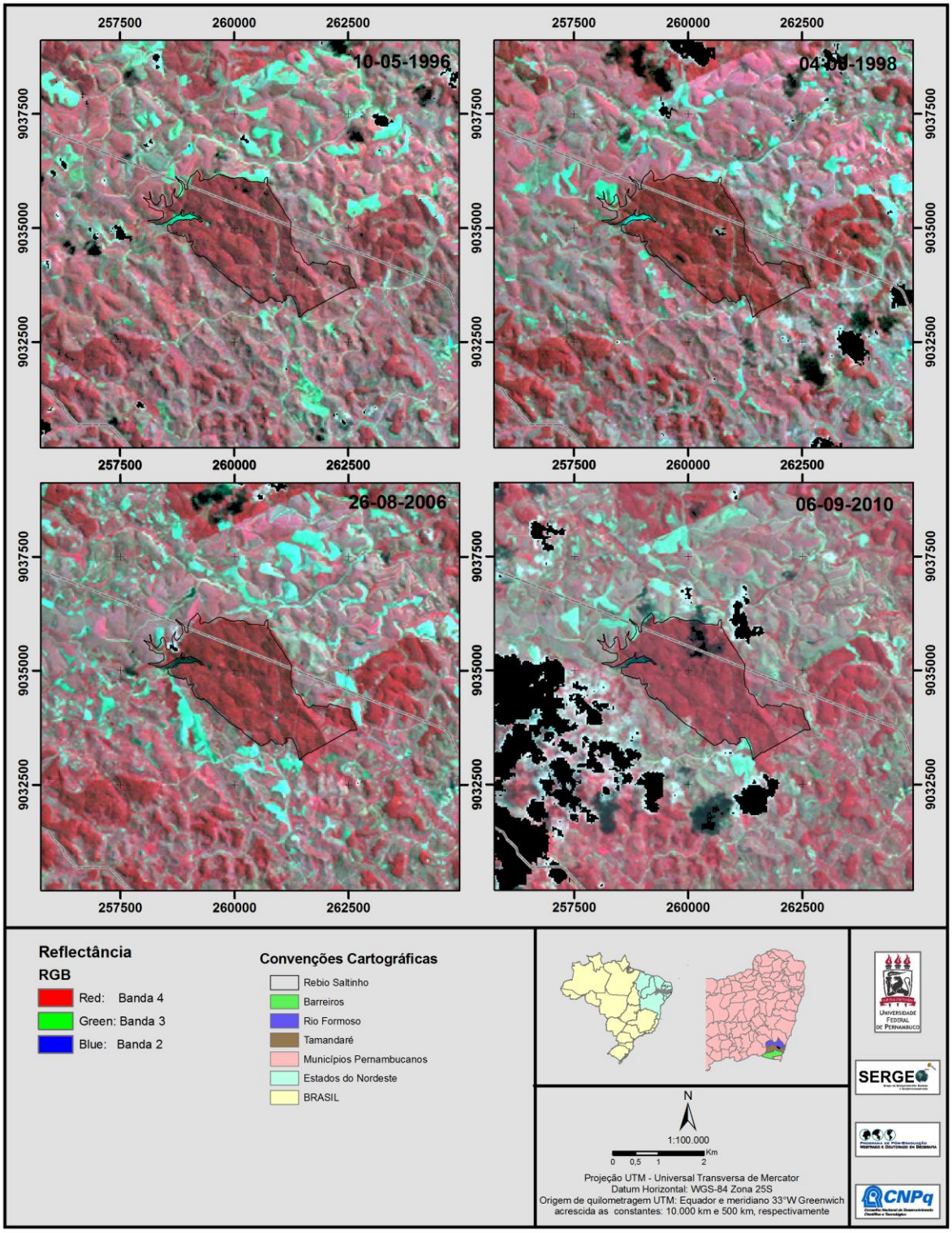
Na composição desta metodologia foram utilizadas quatro imagens do sensor Thematic Maper (TM) de órbita 214 ponto 66, do Satélite Landsat 5 obtidas através da Divisão de Geração de Imagens (DGI), do Instituto Nacional de Pesquisas Espacias (INPE). O imageamento da área de estudo corresponde a data de passagem de 10 de maio de 1996, 04 de agosto de 1998, 26 de agosto de 2006 e 06 de setembro de 2010, Figuras 9a e 9b. O Satélite Landsat 5, faz parte de uma série de satélites que foram desenvolvidos a partir da década de setenta pela National Aeronautics and Space Administration (NASA).

Figura 9a. Carta imagem do satélite Landsat 5 utilizadas na pesquisa com data de passagem, cobertura de nuvens e sombra dos municípios que correspondem à *ZA* da Rebio Saltinho.



Fonte: Oliveira,J.S.S. 2013

Figura 9b. Carta imagem do satélite Landsat 5 utilizadas na pesquisa com data de passagem, cobertura de nuvens e sombra da Rebio Saltinho.



Fonte: Oliveira,J.S.S. 2013.

Com o objetivo imagiar a superficíe da Terra e obter informações através dos sensores remotos sobre a superficíe da Terra e seus recursos florestais, geológicos, e mudanças globais, o Landsat, tem contribuído para o desenvolvimento de pesquisas em vários campos do conhecimento, auxiliando no planejamento e gestão dos recursos ambientais USGS (2011).

As principais características do satélite Landsat 5, confere especificações técnicas tais como : período de recobrimento; uma mesma área é imageada ao intervalo de dezesseis dias onde uma imagem completa corresponde a 185 x 185 Km no terreno, o sensor TM possue sete bandas com numeração de 1 a 7 onde cada banda representa uma faixa no espectro eletromagnético captada pelo satélite. A resolução geométrica nas imagens das bandas de 1 - 7 é de 30 metros, com excessão da banda 6 que possui resolução de 120 metros (INPE, 2013, DGI). O sensor TM, a bordo dos satélites Landsat 5 e 7 foi projetado com a adição das bandas que possibilitou uma melhor resolução no espectro eletromagnético nas regiões do visível , infravermelho próximo, infravermelho médio com 30 metros de resolução e 120 metros para a região do termal (USGS, 2013). Sendo o satélite em órbita com maior tempo de vida o Landsat 5 no início de 2013 deixou de funcionar devido a problemas técnicos. Porém no inicío de fevereiro de 2013 foi lançado mais um satélite da série Landsat, que recentemente já disponibiliza imagens para serem utilizadas pelo público.

A escolha das cenas foram feitas mediante a menor cobertura de nuvens visto o litoral de Pernambuco ter uma ampla incidência de nuvens. Após o *download* das imagens de cada uma das bandas nas cenas selecionadas, foi realizado no programas Erdas Imagine 9.3 o processo de soma, registro e correção geométrica com base na imagem ortorretificada obtida no site do [1]Landsat.org. Posteriormente foi realizada a ortorretificação da imagem foi realizado um *buffer* selecionando a área de interesse que corresponde aos municípios de Rio Formoso, Tamandaré, e Barreiros. Esta seleção foi feita com base na Resolução do Conama que estabelece um raio de 10 Km a partir da área protegida para a criação da zona de amortecimento. Com o intuito de identificar melhor os resultados, posteriormente foi feito um novo recorte selecionando apenas a Rebio Saltinho.

[1] O site Landsat.org é um site de apoio a compra, distribuição e compartilhamento de imagens dos satélites Landsat 4, 5 e 7 de todo o planeta Terra. Deste modo é oferecido ao usuário uma plataforma simples de busca e encomenda on-line das imagens. Informações obtidas através de acesso em [www.landsat.org].

A seleção das Bandas 4, 3 e 2 em RGB, para a composição da Imagem colorida nas figuras referidas acima da carta imagem 9a e 9b, foi realizada com base nas especificações dos satélite Landsat 5 (Quadro 3) , possibilidando uma interpretação fidedigna dos alvos observados visto as características das Bandas possuir paramêtros específicos para a identificação da vegetação verde, corpos hídricos e áreas construídas.

Quadro 3. Especificações das Bandas e principais aplicações dos satélites Landsat 5 e 7.

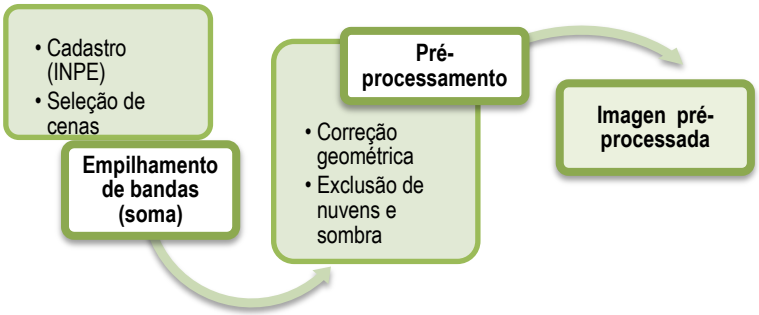
Banda	Intervalo espectral (µm)	Principais características e aplicações das bandas *TM* e *ETM* dos satélites Landsat 5 e 7
1	(0,45-0,52)	Apresenta grande penetração em corpos d'água, com elevada transparência permitindo estudos batimétricos. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos auxiliares (caratenóides). Apresenta sensibilidade a plumas de fumaça oriundas de queimadas ou atividades industrial. Pode apresentar atenuação pela atmosfera.
2	(0,52 - 0,60)	Apresenta grande sensibilidade a presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de qualidade e quantidade. Boa penetração em corpos de água.
3	(0,63 - 0,69)	A vegetação verde densa e uniforme, apresenta grande absorção ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação (ex.: solo exposto, estrada e áreas urbanas). Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (ex.: campo, cerrado e floresta). Permite análise da variação litológica, em regiões com pouca cobertura vegetal. Permite o mapeamento da drenagem através da visualização da mata de galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal. É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos. Permite a identificação de áreas agrícolas.
4	(0,76 - 0,90)	Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos d'água. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade a rugosidade da copa das florestas (dossel florestal). Apresenta sensibilidade a rugosidade do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia.Serve para a análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais. Serve para separar e mapear áreas ocupadas com pinus e eucalipto.Serve para mapear áreas ocupadas com vegetação que foram queimadas. Permite a visualização de áreas ocupadas com macrófitas aquáticas (ex.: aguapé) . Permite a identificação de áreas agrícolas.
5	(1,55 - 1,75)	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar o estresse na vegetação, causada por desequilíbrio hídrico. Esta banda sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.
6	(10,4 - 12,5)	Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.
7	(2,08 - 2,35)	Apresenta sensibilidade a morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Está banda serve para identificar minerais com íons hidroxilas. Potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidrotermal.

Fonte: INPE, DGI 2013.

2. 2.1 Etapas de pré processamento das imagens do Satélite Landsat 5

As imagens de satélite foram adquiridas gratuitamente no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por meio de um cadastro prévio para a aquisição dessas imagens. As etapas do pré-processamento das imagens são demonstradas através do fluxograma da figura 10.

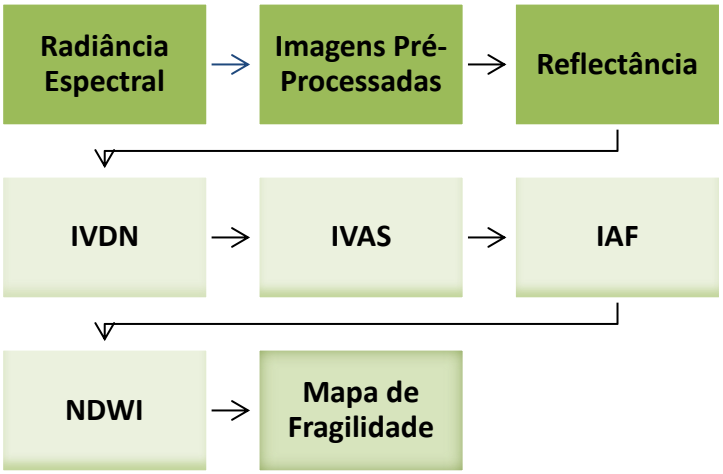
Figura 10. Fluxograma das etapas do processamento das imagens.



Fonte: Oliveira, J.S.S (2013).

Para melhor identificação dos alvos foi feita uma classificação supervisionada. Este método possibitita a exclusão de valores digitais corespondente a nuvens e sombra de nuvens. A área da pesquisa está localizada no litoral sul de Pernambuco, onde a presença de nuvens é muito frequente. Este procedimento foi feito no programa Erdas Emagine 9.3 (Liçença registrada em nome do Laboratório de Geoprocessamento do DCG - UFPE e do Grupo de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento - Sergeo) através da ferramenta *Classifier* onde alvos selecionados para classificação foram: nuvem, sombra e múltiplos usos. Os valores destes alvos foram retirados das imagens evitando deste modo interpretações falsas dos valores obtidos das ánalises estatísticas dos índices de vegetação. Posteriormente foram criados através da ferramenta *Model Maker* os modelos de Radiância, Reflectância e como produto destes os índices de vegetação, o mapa de fragilidade ambiental criado a partir dos valores obtidos com o índice de vegetação NDWI, como mostra o fluxograma da figura 11.

Figura 11. Fluxograma para obtenção dos índices de vegetação.



Fonte: Oliveira, J.S.S (2013).

2. 2. 2 Processamento dos dados Radiométricos

Para obtenção dos Índices de Vegetação: IVDN, IVAS e IAF, foi utilizada a metodologia proposta por Allen *et al*. (2002), amplamente utilizada por vários autores; Leivas *et al*., (2013); Ponzoni (2002), Xu (2006); Zanchi e Oliveira, (2009); em diferentes aplicações. Para o Índice de umidade (NDWI) foi utilizada a metodologia proposta por Gao (1996) suas etapas são descritas abaixo.

2.2.2.1 Calibração Radiométrica

A calibração radiométrica (Equação 1) é dada pela intensidade do fluxo radiante por unidade de ângulo sólido e seu conceito pode ser comparado ao conceito de brilho, ou seja, um objeto é considerado mais brilhante quanto maior for sua “radiância medida”. Essas radiâncias representam a energia solar refletida por cada pixel, por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda, medida ao nível do satélite Landsat 5 nas bandas 1 - 7. O conjunto da radiância ou calibração radiométrica é obtida pela equação proposta por Markham e Baker (1987):

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \qquad (1)$$

Em que a e b são as radiâncias espectrais mínima e máxima ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$), ND é a intensidade do pixel (número inteiro compreendido entre 0 e 255) e i corresponde às bandas (1, 2, ... e 7) do satélite Landsat 5. Os coeficientes de calibração utilizados para as imagens TM são os propostos por Chander e Markham (2003).

2.2.2.2 Reflectância

A reflectância (Equação 2) de cada banda ($\rho_{\lambda i}$) é definida como sendo a razão entre o fluxo de radiação solar refletido pela superfície e o fluxo de radiação solar global incidente, que é obtida com através da equação (Allen *et al*., 2002):

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi . L_{\lambda i}}{K_{\lambda i} . \cos Z . d_r} \qquad (2)$$

Em que $L_{\lambda i}$ é a radiância espectral de cada banda, $k_{\lambda i}$ é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera $(Wm^{-2}\ \mu m^{-1})$, Z é o ângulo zenital solar e d_r é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_o) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA).

2.2.2.3 Índice da Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN)

O Índice da Vegetação por Diferença Normalizada (Equação 3) ou Normalized Difference Vegetation Index – (NDVI) é obtido através da razão entre a diferença das refletividades do infravermelho próximo (IV ρ) e do vermelho (V ρ), e a soma das mesmas:

$$IVDN = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \qquad (3)$$

onde IVρ e Vρ correspondem, respectivamente, às bandas 4 e 3 do Landsat 5 – TM. O IVDN atua como um indicador sensível da quantidade e da condição da vegetação verde. Seus valores variam de -1 a +1. Para superfícies com alguma vegetação o IVDN varia de 0 e 1; já para a água e nuvens o IVDN geralmente é menor que zero.

2.2.2.4 Índice da Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS)

Foi utilizado o índice de vegetação ajustado por solo (Index Vegetation Soil Adjusted – IVAS) introduzindo um fator no IVDN para incorporar o efeito da presença do solo, mantendo-se o valor do IVDN dentro de -1 a +1, seguindo a equação proposta por Heute (1988). Esse índice é calculado pela equação 4:

$$IVAS = \frac{(1+\mathrm{L})(\rho_{\mathrm{IV}} - \rho_{\mathrm{V}})}{(\mathrm{L} + \rho_{\mathrm{IV}} + \rho_{\mathrm{V}})} \quad (4)$$

onde IVρ e Vρ correspondem, respectivamente, às bandas do infravermelho próximo e do vermelho e L é o fator de ajuste do solo, cujo valor mais frequentemente usado é 0,5 (Accioly *et al*., 2002; Boegh *et al*., 2002; Silva *et al*., 2005).

2.2.2.5 Índice de Área Foliar (IAF)

O índice de área foliar (Equação 5) é definido pela razão entre a área foliar de toda a vegetação por unidade de área utilizada por essa vegetação. Este índice é um indicador de biomassa de cada pixel da imagem sendo calculada por equação empírica proposta por Allen *et al*. (2002):

$$\mathrm{IAF} = -\frac{\ln\left(\frac{0{,}69 - IVAS}{0{,}59}\right)}{0{,}91} \quad (5)$$

2.2.2.6 Índice de Umidade (NDWI)

O Normalized Difference Water Index ou índice de umidade é obtido através da razão entre a diferença das reflectividades do infravermelho próximo ($IVP\ \rho$) e do infravermelho médio ($NIR\ \rho$),e a soma das mesmas:

$$NDWI = \frac{\rho_{IV} - \rho_{MIR}}{\rho_{IV} + \rho_{MIR}} \quad (6)$$

onde $\rho\ IVP$ e $\rho\ NIR$**,** correspondem respectivamente , às bandas 4 e 5 do sensor TM do Landsat 5. Segundo Gu *et al.* (2008), o NDWI, responde as mudanças ocorridas tanto no conteúdo de água da planta através da absorção da radiação do infravermelho médio; quanto da estrutura foliar interna das plantas refletindo a radiação do infravermelho próximo como também no dossel das plantas (GAO, 1996). Segundo Cardoso *et al.* (2009), "[...] o índice de vegetação proposto por Gao (1996), é relacionado com o conteúdo de água presente nas folhas", em que os valores negativos representam áreas com vegetação seca e os valores positivos vegetação verde.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

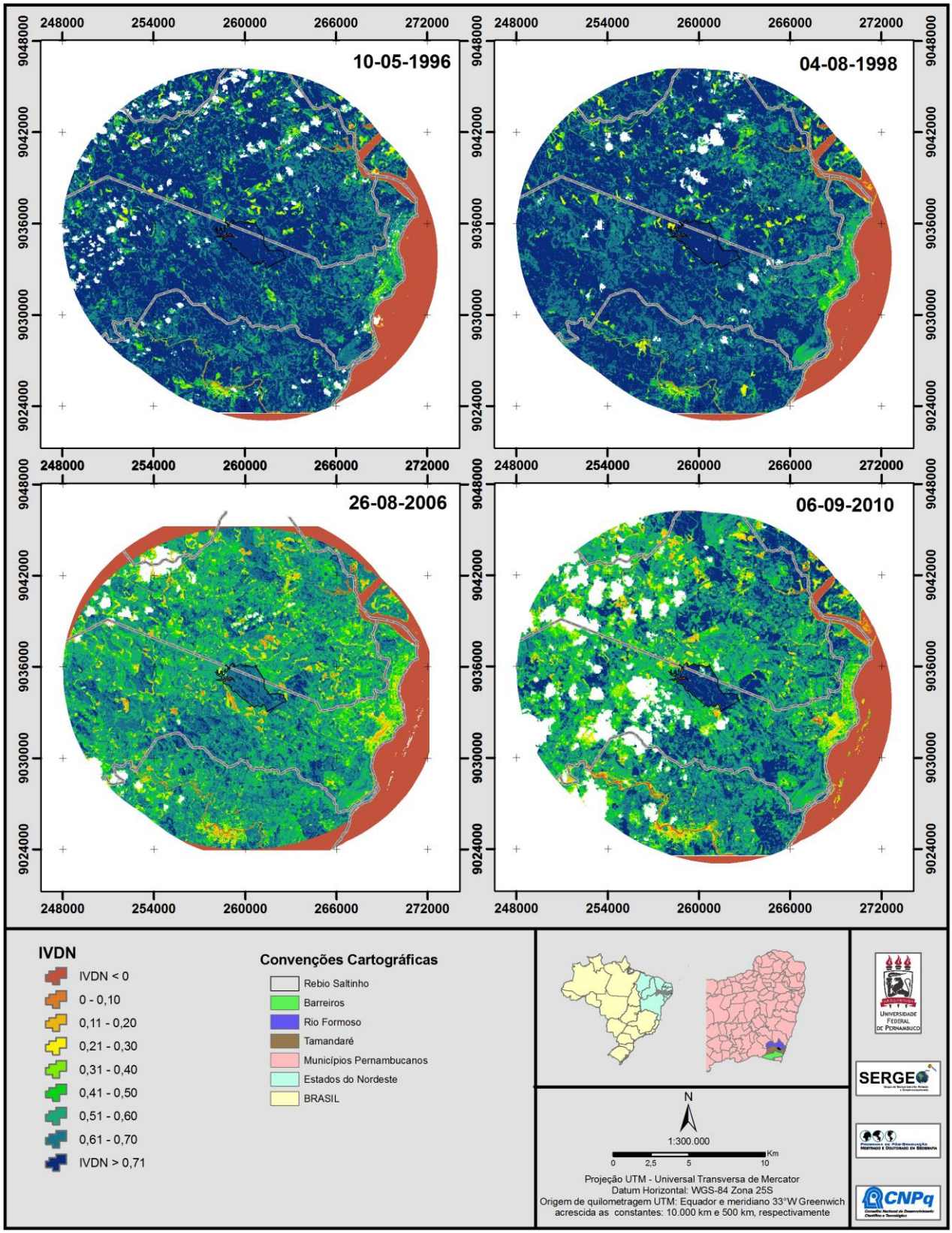
Os resultados desta pesquisa foram obtidos através da análise espaço temporal do uso e cobertura do solo e as condições da cobertura vegetal dos municípios que fazem parte da Zona de amortecimento da Rebio Saltinho. Através deste estudo foi possível alcançar resultados radiométricos e representá-los através de mapas temáticos possibilitando na identificação das principais atividades antrópicas desenvolvidas neste local e a interferência destas na supressão da vegetação.

3.1 Análise da cobertura vegetal

Utilizado por vários cientistas nas mais diferentes aplicações, os índices de vegetação apresentam excelente resposta no monitoramento, gestão, e conservação de áreas de interesse ambiental (ALGAREZ *et al.* 2001, LIRA *et al* 2008, OLIVEIRA *et al* 2010, ROSENDO *et al* 2007, ESPÍNDULA *et al* 2012, ANJOS, *et al* 2013). Os valores observados nas imagens foram estabelecidos a partir da observação obtida através das imagens de satélite e deste modo separadas em nove classes que indicaram áreas de cultivo, vegetação densa, vegetação rala, estágios intermediário de vegetação, áreas urbanas e cursos hídricos.

Os valores do IVDN, podem ser observados na figura 12, através da análise temporal das imagens de satélite do período de 10 de maio de 1996, 04 de agosto de 1998, 26 de agosto de 2006 e 06 de setembro de 2010. A redução da cobertura vegetal é perceptível quando observamos o intervalo das imagens ao longo dos 14 anos, as áreas de solo exposto teve um amplo crescimento na borda da Rebio. A reduçãoda vegetação também pode ser observada em áreas que legalmente são protegidas pelo código florestal como por exemplo, a mata ciliar em torno dos rios e os topos de colina com fragmentos de vegetação (BRASIL, Lei Nº 12.727 de 17 de outubro de 2012, 2012.)

Figura 12. Mapa da análise espaço temporal da cobertura vegetal do Índice de Vegetação por Diferença Nomalizada (IVDN) da ZA da Rebio Saltinho municípios, de Tamandaré, Rio Formoso e Barreiros -PE.



Fonte: Oliveira,J.S.S. 2013.

Os valores do IVDN para as imagens de 10 de maio de 1996, 04 de agosto de 1998, não apresentaram valores inferiores ao estabelecido como ideal para uma área com cobertura vegetal, as áreas com vegetação densa da Zona de Amortecimento alcançaram valores de 0,61 a > 0,71, indicando que os fragmentos de vegetação estavam em um bom estado de conservação. Rosendo *et al*. (2007), afirma que o IVDN possui a propiedade de variar entre -1 a +1 e quanto mais próximo de 1 maior a densidade da cobertura vegetal, já os valores de IVDN < 0 representa o valor aproximado para ausência de vegetação e corpos hídricos conforme observado nos valores obtidos na pesquisa. Demarchi *et al.* (2011), em condições ambientais semelhantes à *ZA* da Rebio Saltinho no que se refere a seus usos, como: cultivo de cana- de-açúcar, solo exposto e pastagem, encontrou valores que variaram entre 0,6 a < 0,9 para áreas de densa cobertura vegetal e mata nativa.

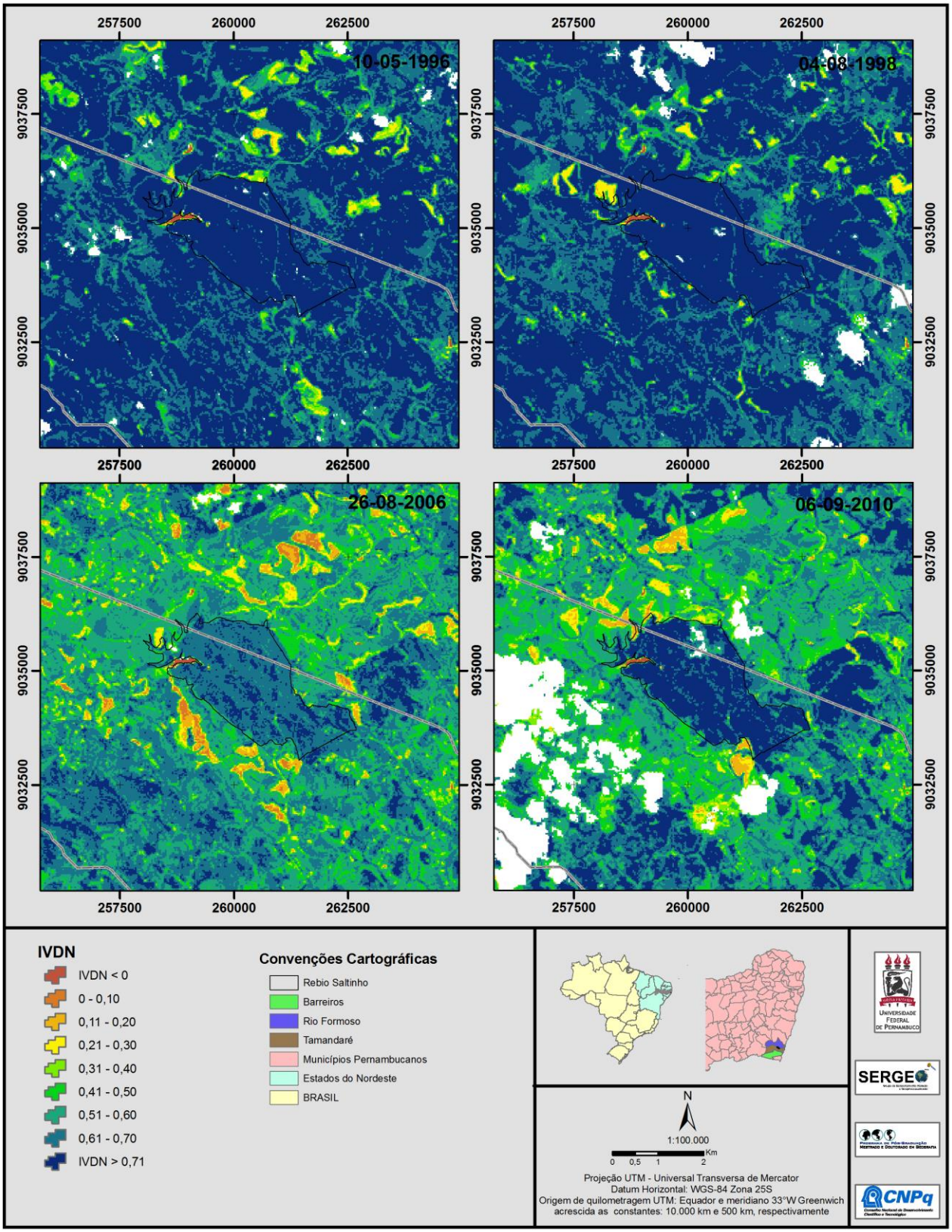
As alterações observadas na paisagem nas imagens dos anos de 2006 apresentaram valores entre 0,41 - 0,50 a índices > 0,71. Para as áreas com vegetação na *ZA,* a imagem de 06 de setembro de 2010 atingiu classes entre 0,51 a > 0,71, distinguindo bem as áreas de pastagem, cultivo e vegetação densa. Apesar dos índices serem positivos para alguns fragmentos encontrados neste local a zona de amortecimento teve sua cobertura vegetal reduzida no intervado de 1996, 2006 e 2010. As principais atividades responsáveis pela diminuição estão diretamente ligadas as atividades da agricultura e pecuária. Nas classes de 0,41 - 0,50 os valores obtidos através das imagens e representados no mapa da figura 12 , indicaram uma área de vegetação rala e plantio de culturas (coco) e pastagens. Os alvos identificados como solo exposto apresentaram índices que variaram entre 0,10 - 0,30. Nas classes com valores de 0,51 - 0,60 indicaram uma vegetação esparsa em um estágio intermediário entre as áreas densas e as áreas de vegetação rala. As áreas com cobertura vegetal que atingiram classes de 0,61 - 0,70 são as áreas de vegetação com um porte mais arbóreo, e as áreas com valores > 0,71 são áreas com vegetação mais densa.

Os índices com valores positivos correspondem a pequenos fragmentos que estão isolados nos topos de colina e nas áreas de vegetação de mangue localizadas próximas a faixa de praia no estuário do rio Formoso. Os valores observados para as áreas de vegetação próximas ao estuário corresponde as

classes que variaram entre 0,61 - 0,70 a valores > 0,71. O comportamento espectral dessas estruturas está em função dos valores obtidos no dossel da vegetação. Sensível as variações ocorridas sob o substrado do dossel o IVDN, consegue separar os alvos que são visíveis sob os dosséis como solo exposto, atribuindo índices com baixos valores para esses alvos e valores altos para substratos mais escuros (JANSEN, 2009). Segundo Rouse *et al* (1973), citado por Lira *et al* (2008) o IVDN é um dos índices mas comumente aplicado em razão de compensar a interferência do solo, as variações da atmosfera e as variações do zenite solar. Rêgo *et al* (2012), afirmam que vários índices podem ser alterados em função de diferentes fatores como posição das folhas, arquitetura do dossel, substrato, características quimícas das folhas e presença da água.

Os valores de IVDN, observados para a área que compreende a Rebio, indicaram nas imagens de 1996 e 1998 (figura 13), índices > 0,71 sugerindo que este fragmento florestal neste referido período observado estava em um bom estágio de conservação, diferente dos índices observados no período da imagem de 2006 e 2010. A mudança mais significativa para o fragmento que corresponde a Rebio está representada na imagem de 2006, é possivel perceber que as formações vegetais com valores > 0,71 diminui para classe de 0,61 - 0,70, essa diminuição pode ser associada a vários fatores como as atividades que são realizadas na borda da Rebio. Com aumento da retirada da cobertura vegetal há o favorecimento no aumento da área de solo exposto e as interferências do meio externo penetram de modo mais eficaz na área preservada. Segundo Gu *et al* (2008), Valores de IVDN mais altos refletem maior vigor e capacidade fotossintética de cobertura vegetal, enquanto os valores de IVDN mais baixos são reflexo de estresse vegetativo, resultando em reduções de clorofila e as mudanças na estrutura interna das folhas provocando o murchamento da planta.

Figura 13. Mapa da análise espaço temporal da cobertura vegetal do Índice de Vegetação por Diferença Nomalizada (IVDN) da Rebio Saltinho, municípios de Tamandaré e Rio Formoso -PE.

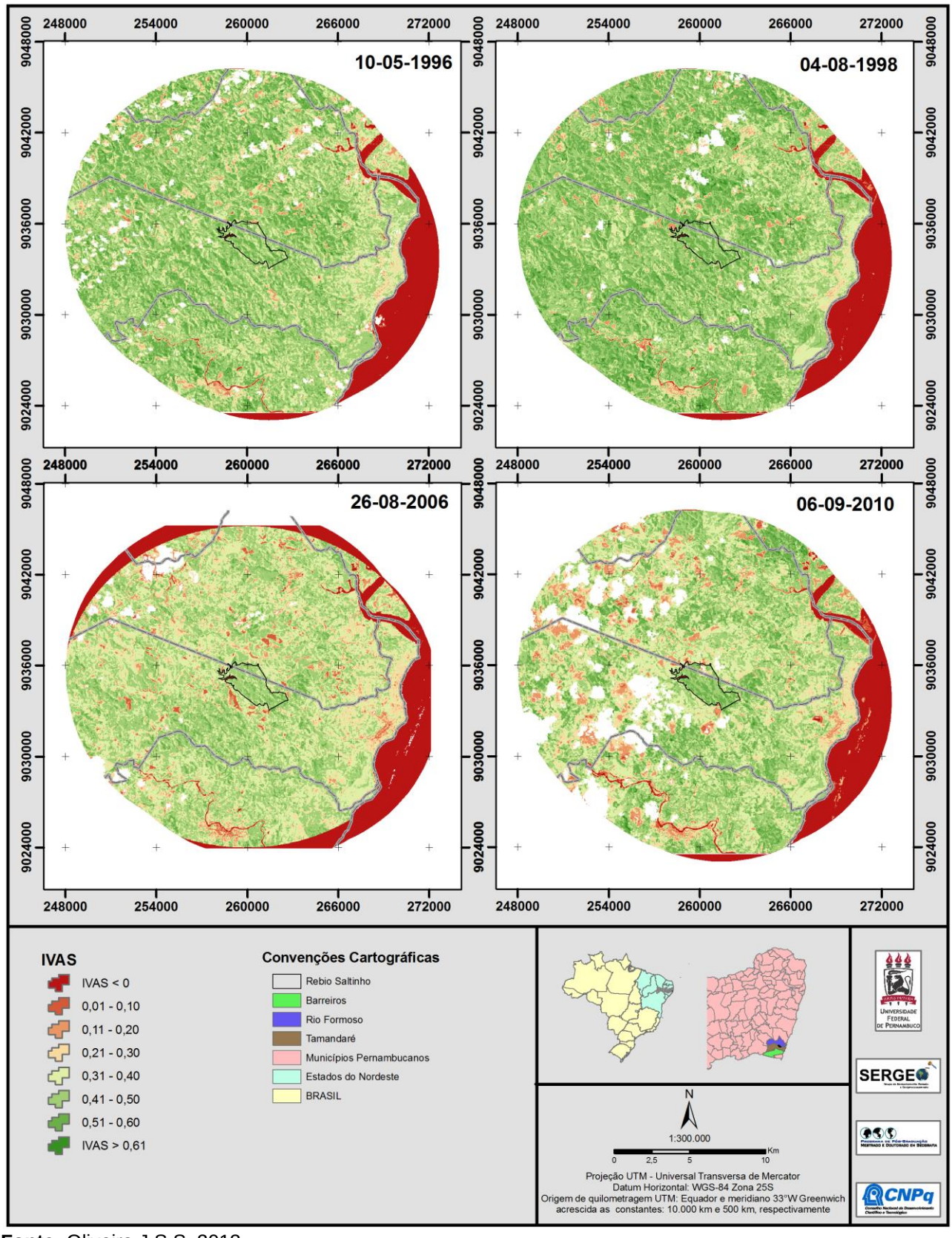


Fonte: Oliveira,J.S.S. 2013.

Os resultados obtidos a partir do IVAS (Figura 14), indicaram tal como IVDN, uma perda significativa da vegetação e um aumento das áreas de solo exposto. Os valores encontrados para as imagens de 1996 e 1998 não apresentaram grandes mudanças, diferente do encontrado quando observamos o intervalo entre os anos de 2006 e 2010. De modo geral as classes identificadas no perímetro da área de estudo apresentaram valores para as classes com vegetação densa índices > 0,61 e para as áreas de vegetação de porte arbóreo índices de 0,51 - 0,60. Nas classes de 0,01 - 0,30 os alvos identificados corresponde à solo exposto, e os de valor < 0 representa água e nuvem. Nos períodos das imagens dos anos 2006 e 2010, os valores encontrados nas classes de 0,31 - 0,40 indicaram áreas de vegetação esparsa rala para o perímetro que comprende a borda da Rebio Saltinho. Em períodos anteriores (1996 e 1998) era possível perceber uma maior densidade da cobertura vegetal na borda da reserva, onde os índices mostraram valores de 0,41 - 0,50 e 0,51 - 0,60.

A diminuição da vegetação neste espaço se deu em decorrência do aumento das atividades ágrícolas na borda da unidade de conservação. As atividades realizadas na borda da área de preservação merecem total atenção porque as ações que ocorrem na vizinhança influenciam diretamente na dinâmica e equilíbrio da biota da área de preservação. Paciencia *et al.* (2004), afirmam que as bordas são áreas mais propensas as pertubações externas onde a intensidade de fluxo biológicos se modificam de forma brusca devido à mudanças do ambiente preservado identificado como matriz, para um outro ambiente com condições bióticas diferentes da matriz denominado como fragmento. Ainda de acordo com os referidos autores, condições adversas podem decorrer deste efeito de maneira negativa para a matriz preservada como: aumento da penetração da luz solar e maior incidência de ventos, como consequencia destas alterações tem-se o aumento da temperatura no ambiente, diminuição da umidade relativa do ar e do solo favorecendo estresse hídrico no local.

Figura 14.Mapa da análise espaço temporal da cobertura vegetal do Índice da Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS) da ZA da Rebio Saltinho, municípios de Tamandaré, Rio Formoso e Barreiros -PE.

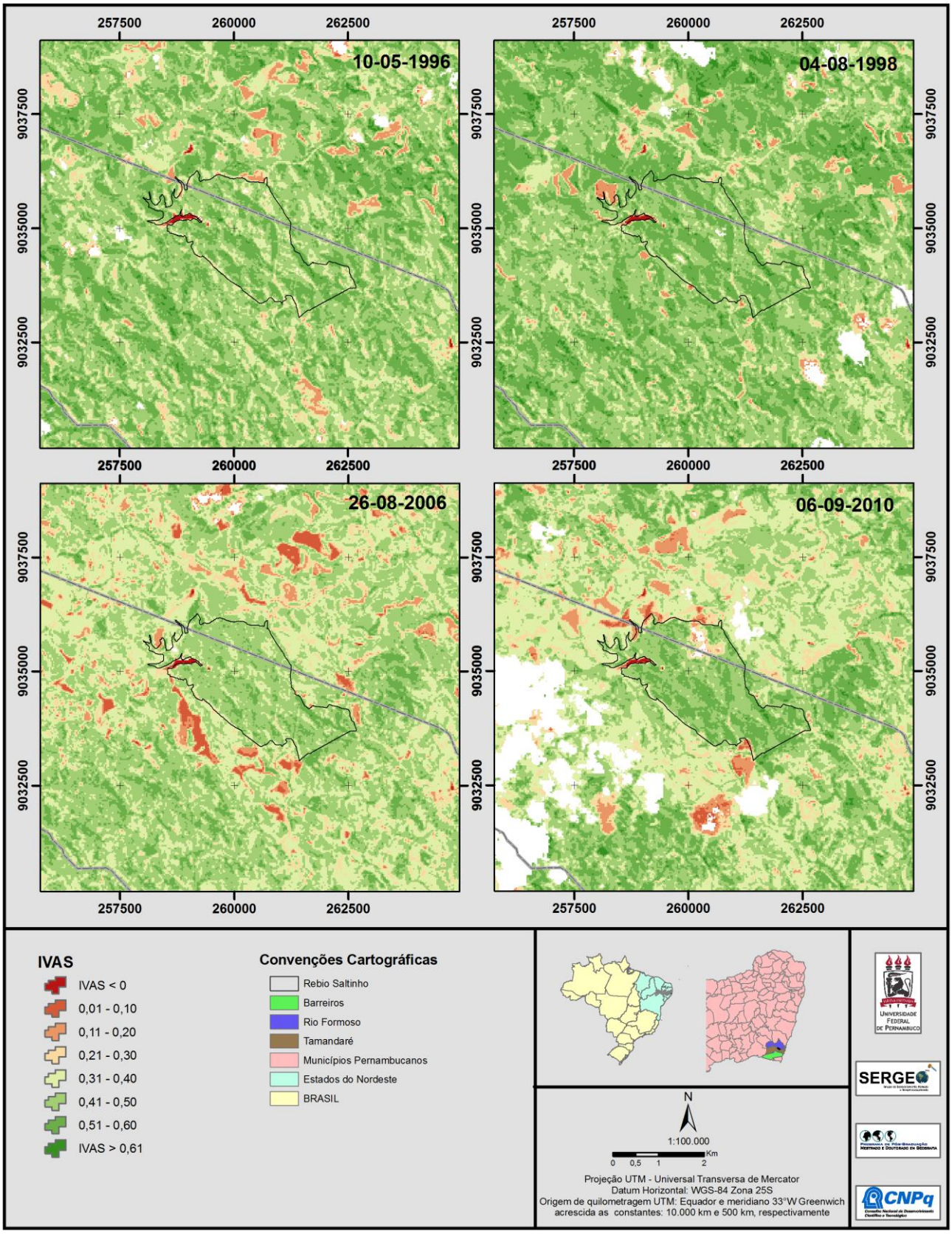


Fonte: Oliveira,J.S.S. 2013.

As classes dos índices de 0,21 - 0,30 podem ser interpretados como alvos que representam os cursos dos rios, áreas com edificações, rodovias e as estradas vicinais ou solo exposto. Estudos realizado por Viganó *et al* (2011), indicaram treze classes para identificação dos alvos porém as classes que mais se destacaram foram as classes que apresentaram o menor valor para as áreas de solo exposto, cursos hídricos e estradas.

Giongo *et al* (2007), em fragmentos de Mata Atlântica, obteve valores baixos de IVAS, que refeletiram uma densidade menor de cobertura vegetal, e para os alvos < 0 os resultados estão associados a àreas com corpos hídricos, áreas com pastagem, vegetação rasteira e uma baixa densidade da cobertura vegetal. Os índices observados na carta do IVAS, para a zona de amortecimento assim como o IVDN, teve seus alvos bem diferenciados com excessão das áreas cobertas por nuvens que obtiveram valores semelhante ao índice das áreas de solo exposto e cursos hídricos. A heterogeneidade dos solos são determinantes na medida do IVAS, solos secos, molhados, com densa ou baixa cobertura vegetal através deste método é facilmente identificado. Na área da Rebio o mapa da figura 15, indica os anos de 1996 e 1998 com a maior quantidade de classes com área preservada correspondendo aos valores de 0,51 - 0,60 e > 0,61 para as áreas de vegetação densa. Nos anos de 2006 e 2010 os índices observados obtiveram classes de 0,31 - 0,40 para as áreas de vegetação esparsa, trilhas e caminhos, sugerindo que neste período houve a maior perda de cobertura vegetal dentro da unidade de conservação.

Figura 15. Mapa da análise espaço temporal da cobertura vegetal do Índice da Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS) da Rebio Saltinho, municípios de Tamandaré, Rio Formoso e Barreiros -PE.



Fonte: Oliveira,J.S.S. 2013.

A validadação da fitofisionomia da vegetação encontrada dentro da Rebio Saltinho pode ser observado na figura 16a, indicando uma composição florística densa. A figura 16b, indica a presença de uma vegetação esparsa com a presença de gramíneas

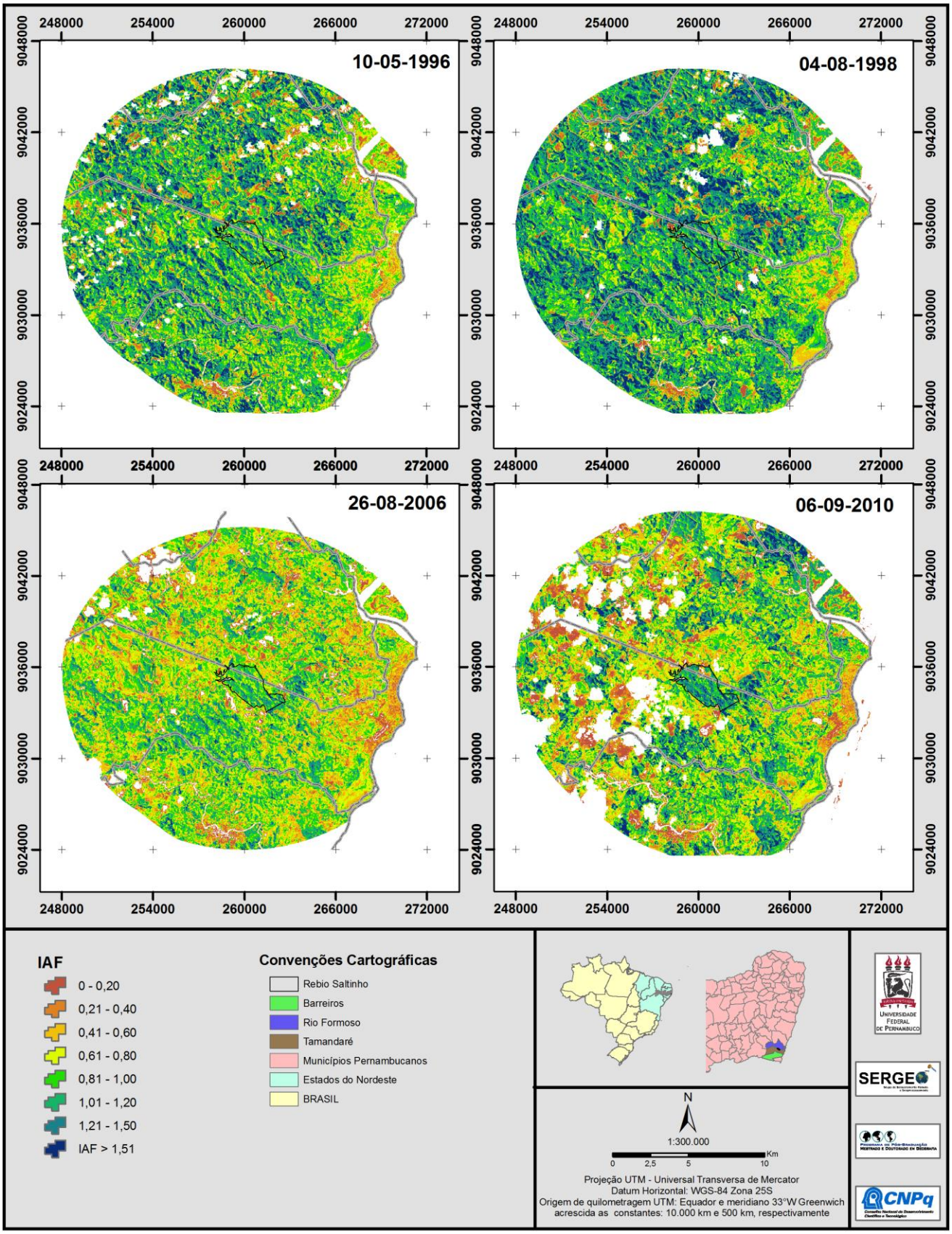
Figura 16a. Cobertura vegetal densa dentro do limite da Rebio Saltinho.

Figura 16b. Cobertura vegetal esparsa dentro do limite da Rebio Saltinho.

Fonte: Oliveira, J.S.S; 2010

Os valores obtidos através da carta do IAF como mostra a figura 17, apresentaram índices de 0 - 0,20 para solo exposto com ausência total de vegetação podendo também ser identificado como áreas com a presença de edificações caracterizando as áreas urbanas da *ZA.* Os valores de 0,21 - 0,40 e 0,41- 0,60 também podem ser classificados como índices que identificaram solo exposto e uma baixa densidade de área foliar. Nos valores de 0,61 - 0,80 foram identificados alvos com uma pequena cobertura vegetal como culturas de platantação de coco, e um solo exposto levemente coberto por uma vegetação rasteira como as gramíneas.Os índices que alcançaram valores de 0,81 - 1,0 foram identificados como uma vegetação de porte intermediário (como as árvores de mangue próximos aos estuários e as árvores próximas a faixa de praia) com distribuição irregular no terreno. Os valores das classes 1,01 - 1,20 e 1,21 - 1,50 são classificados como alvos de vegetação com porte árboreo arbustivo e os alvos com valores >1,51 indicam a presença de uma vegetação mais densa.

Figura 17. Mapa da análise espaço temporal da cobertura vegetal do Índice de Área Foliar da ZA da Rebio Saltinho, municípios de Tamandaré, Rio Formoso e Barreiros -PE.



Fonte: Oliveira,J.S.S. 2013.

Através dos alvos observados na carta do IAF, as classes obtidas indicaram assim como o IVAS e o NDVI, uma perda significativa da vegetação durante os anos de 2006 e 2010, sendo ainda mais visível esta perda quando comparamos com os anos anteriores onde é possível perceber que a cobertura vegetal neste intervalo de tempo se manteve preservada. Essas áreas com uma densa cobertura vegetal estava presente em núcleos próximos a área da Rebio Saltinho como também nas áreas de preservação permanente, as APPs. Gradativamente o percentual de área vegetal diminuio, cedendo lugar às áreas com solo exposto, plantio de culturas de subsistência, cana-de-açúcar e em áreas mais próximas aos centros urbanos o aumento no número de edificações caracterizou esta diminuição.

A retirada da cobertura vegetal está diretamente associada ao aumento das construções nas áreas mais próximas aos centros urbanos, ao tratar-se de uma área de interesse turístico e em pleno desenvolvimento o aumento de edificações de casas de veraneio, hotéis e pousadas como mostra a figura 18, tem favorecido a diminuição da cobertura vegetal. Segundo Carvalho (2009), os municípios de Tamandaré e Rio Formoso estão incluídos junto com outros municípios do litoral de Pernambuco em um plano de desenvolvimento econômico turístico, que visa estimular a atividade turísca no Nordeste, incentivando a permanência do turista na Região, induzindo novos investimentos na infra-estrutura turística e a partir destas iniciativas gerar emprego e renda, com a exploração direta e indireta da atividade turística.

Figura 18. Casa de veraneio na praia de Tamandaré - PE.

Fonte: Torres, M.F.A (2013).

Segundo Cordeiro *et al* (2012), a conjuntura econômica dos municípios da Zona da Mata pernambucana se modificaram a partir do declínio das atividades sucroalcooleiras, e uma das alternativas para fortalecer a economia dos municípios foi utilizar o potencial turístico disponível. O estudo publicado pelos referidos autores cita como exemplo o município de Tamandaré, que teve sua taxa de visitantes anual aumentada e esse aumento trouxe consequências que se refletem nos serviços básicos de infra-instrutura do município que não está preparado para receber um aumento tão expressivo de pessoas. Segundo Abreu *et al.* (2008), na baixa temporada o município de Tamandaré coleta 66 toneladas de lixo por dia, na alta temporada, período onde a cidade recebe o maior número de visitantes cerca de 80 mil pessoas, o quantitativo de resíduos sólidos gerados chega a 261 toneladas de lixo por dia.

Programas e ações governamentais foram criados para minimizar os efeitos do êxodo rural nos centros urbanos das cidades da Zona da Mata pernambucana, especialmente as cidades que possuiam sua economia atrelada a atividade canavieira. As instituições de controle e preservação ambiental sistematizaram suas ações e direcionaram seus esforços no sentido de controlar o crescimento irregular da faixa de praia, e má destribuição dos serviços básicos de infra-estrutura (CPRH- 2003).

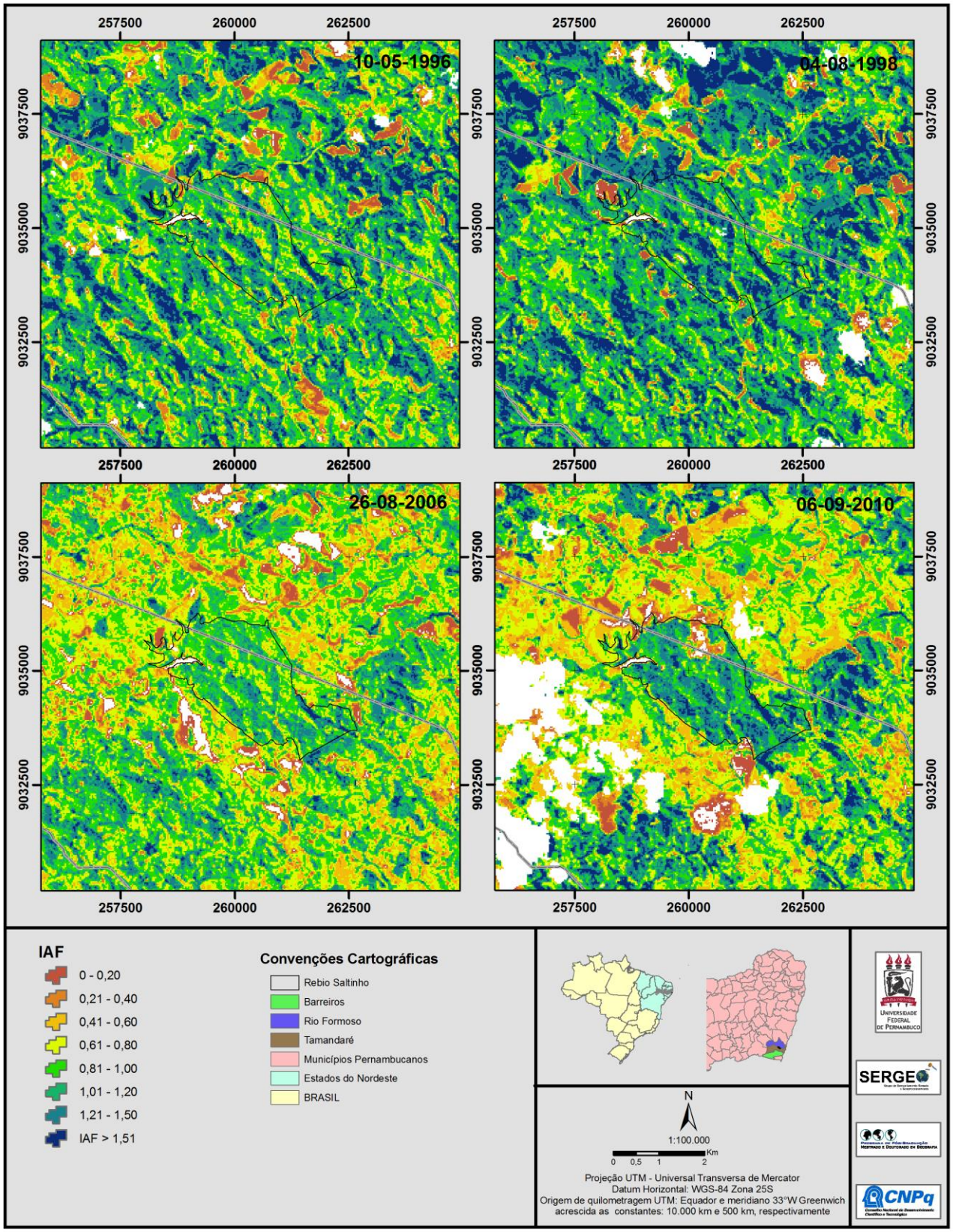
A análise espaço temporal da cobertura vegetal da Rebio Saltinho, Figura 19, mostrou que nos anos de 1996 e 1998, houve mudanças nos valores do IAF, principalmente nas áreas próximas as rodovias que cortam a Rebio a PE - 060 e PE - 076, os fragmentos de vegetação indicaram valores que alternaram em índices de 0,61- 0,80 e 0,81 - 1,00. Os fragmentos que obtiveram valores mais altos estão localizados mais ao centro da Reserva, comprovando quanto mais distante o fragmento estiver da periferia menor será as interferências que ele irá sofrer, tanto na composição florística quanto na variedade de espécies locais. As alterações também poderam ser observadas nos anos de 2006 e 2010, os valores indicaram uma perda ainda mais significativa de biomassa.

Neste referido período, as áreas mais próximas a borda da Reserva também apresentaram diminuição nos valores de IAF, houve um aumento de solo exposto, as atividades agrícolas foram as responsáveis imediatas da

expansão dessas áreas ao redor da Rebio Saltinho. As áreas de solo exposto são naturalmente mais vulneráveis aos processos erosivos, esses processos acarretam uma série de problemas, como por exemplo o carreamento do material particulado para às áreas de drenagem comprometendo os cursos hídricos (LOPES *et al* 2007). De acordo com estudos publicados pela SECTMA e CPRH (1998), a área dos municípios que formam a zona de amortecimento, possui importantes cursos hídricos que são fundamentais para as lavouras de subsistência e para o abastecimento da população, como exemplo o rio Mamucabas.

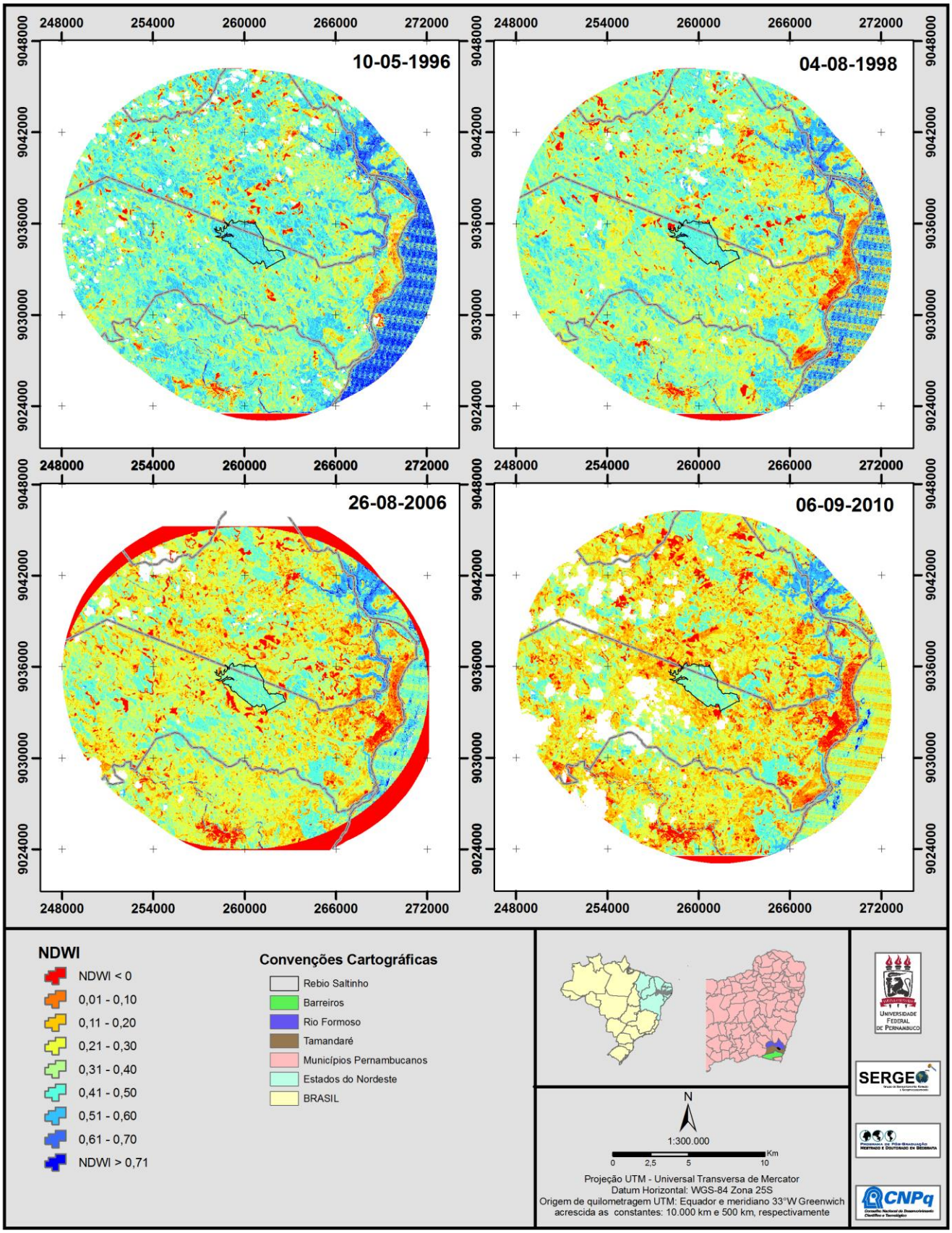
O rio Mamucabas nasce próximo à Reserva Biológica de Saltinho, cerca 15 Km a Noroeste da Baía de Tamandaré é represado dentro da unidade de conservação, e suas águas serve para o abastecimento da cidade de Tamandaré. Embora esse rio ainda apresente mananciais de excelente qualidade, a poluição das águas e o assoreamento de seu leito são evidenciados através do deslizamento de suas margens, da retirada da mata ciliar, do carreamento dos solos descobertos durante o preparo para plantio da cana-de-açúcar e da presença do lixo da cidade de Tamandaré, depositado em sua margem esquerda, próximo àquele núcleo urbano. Manter a integridade dos núcleos vegetais é assegurar que a necessidade básica dos seres humanos (água) não será interrompida. A Rebio Saltinho exerce um papel de extrema importância na conservação da nascente do rio Mamucabas, apesar de todo esforço realizado mediante aos avanços da retirada da cobertura vegetal dos núcleos próximos a área preservada, esta unidade consegue manter a preservação do local, garantindo a continuidade do abastecimento de água para a população da localidade. Porém os valores de IAF (Figura 19), indicaram que as áreas de cobertura vegetal próximas a nascente vem sofrendo uma redução considerável. As áreas de solo exposto e vegetação esparsa são as classes mais significativas neste local.

Figura 19. Mapa da análise espaço temporal da cobertura vegetal do Índice de Área Foliar da ZA da Rebio Saltinho, municípios de Tamandaré, Rio Formoso e Barreiros -PE.



Fonte: Oliveira,J.S.S. 2013.

Figura 20. Mapa da análise espaço temporal da cobertura vegetal do Índice de Umidade da ZA da Rebio Saltinho, municípios de Tamandaré, Rio Formoso e Barreiros -PE.



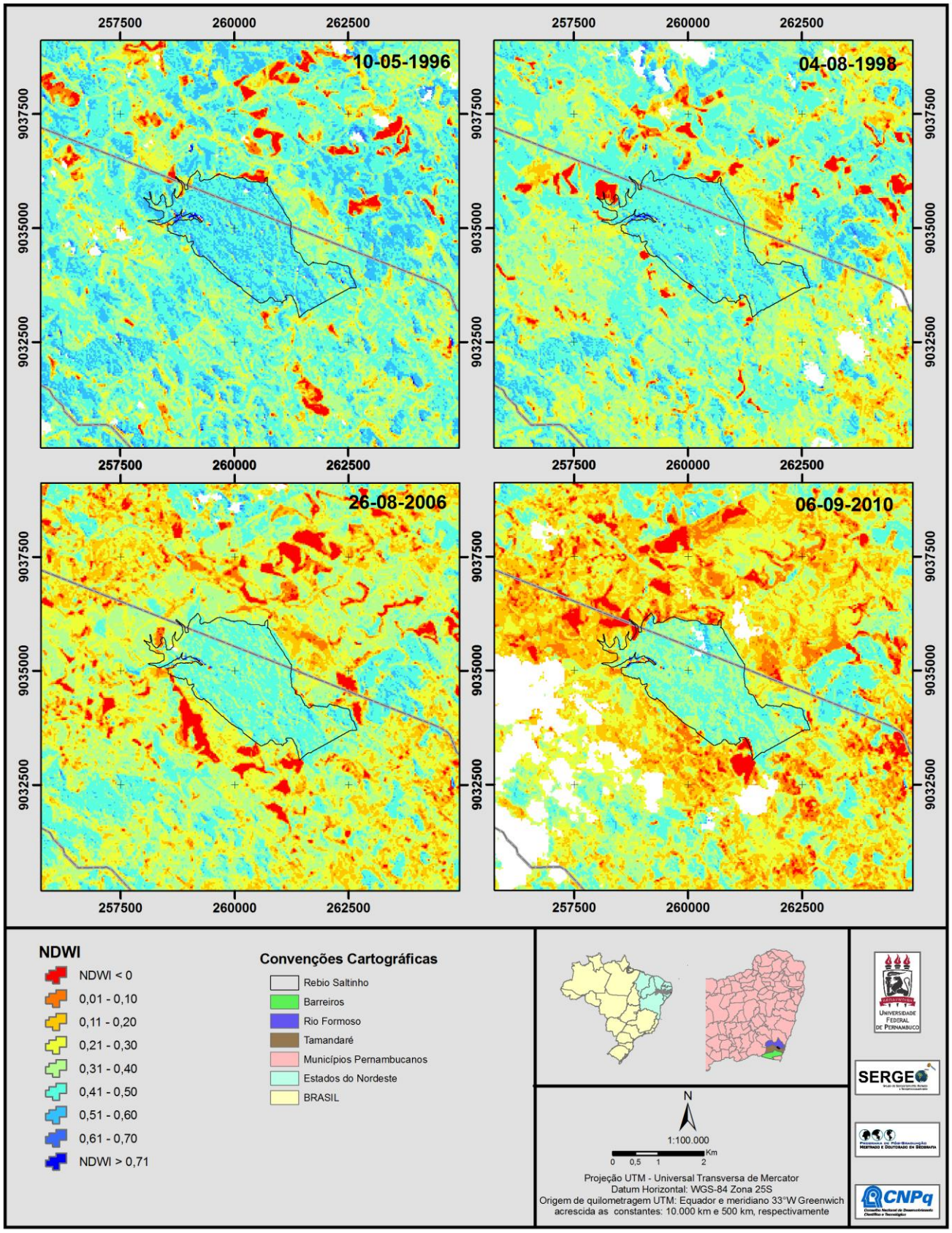
Fonte: Oliveira,J.S.S. 2013.

Os valores observados nas imagens referente aos anos de 1996, 1998, 2006 e 2010 (Figura 20) indicaram através do índice NDWI, o declínio da quantidade de água presente na vegetação da área de preservação (Rebio Saltinho), como também na área que corresponde a zona de amortecimento. Foram estabelecidas nove classes de valores onde os índices que apresentaram valores inferiores a (> 0) indicaram ausência total de vegetação, correspondendo as áreas com edificações no núcleo urbano. Os valores das classes 0,01 - 0,10 e 0,11 - 0,20 são as áreas identificadas como solo exposto e as classes 0,21 - 0,30 são as áreas caracterizadas como áreas de pastagem ou com a presença de uma vegetação rasteira com gramíneas. As classes de 0,31 - 0,40 são as áreas de vegetação esparsa, as árvores encontradas nesta classe corresponde as espécies de pequeno porte que estão destribuídas de forma irregular no terreno. As classes representadas pelos valores de 0,41 - 0,50; 0,51 - 0,60 e 0,61 - 0,70 indicaram a presença de uma vegetação que alterou dos estágios de arbóreo arbustivo a uma vegetação mais densa indicada pela classe > 0,71.

Os valores considerados altos para as áreas com uma densa cobertura vegetal são identificados na imagem de 1996 e 1998, em fragmentos de vegetação localizado na zona de amortecimento. Os índices das áreas com uma cobertura vegetal densa expressaram valores > 0,71. Esta área corresponde aos manguezais do rio Formoso, localizado na cidade com mesmo nome. Este valor se manteve nos anos posteriores porém na imagem de 2010 é mais perceptível a diminuição da cobertura vegetal.

Os valores mais representativos e que indicaram as alterações mais significativas na zona de amortecimento são as classes que indicaram ausência total de vegetação (área urbana) > 0, através deste resultado ficou ainda mais evidente que o aumento de edificações nos centros urbanos teve um alto crescimento. As classes de 0,01 - 0,10 e 0,11 - 0,20 são as áreas com solo exposto que nessas áreas aumentaram consideravelmente nos anos de 2006 e 2010, como indicaram os resultados obtidos com os índices, NDVI, SAVI e IAF.

Figura 21. Mapa da análise espaço temporal da cobertura vegetal do Índice de Umidade da ZA da Rebio Saltinho, municípios de Tamandaré, Rio Formoso e Barreiros -PE.



Fonte: Oliveira,J.S.S. 2013.

Quando observamos os valores obtidos na área que corresponde a Rebio Saltinho (Figura 21) podemos inferir que os valores sofreram pequenas alterações no intervalo dos anos de 1996 a 1998, o que também é interessante ressaltar são as alterações no entorno, elas acompanharam as modificações observadas dentro da área protegida, isto nos permite entender que as ações praticadas na borda do fragmento protegido interfere de maneira direta no equilíbrio das espécies vegetais que compõem a área. Segundo Holanda *et al* (2010), a expansão das áreas agrícolas é uma das principais causas do processo de ruptura do contínuo florestal, os efeitos deste processo favorece a formação de bordas expondo espécies do interior da área protegida a determinados fatores abióticos adversos como: altos índices de temperatura, luminosidade, velocidade dos ventos e baixa umidade relativa do ar contribuindo desta forma para um aumento da evapotranspiração das espécies vegetais e consequentemente a morte.

Os principais fatores que afetam a conservação da biodiversidade em fragmentos florestais segundo Viana *et al.* (1998), Viana *et al* (1992), são: tamanho, forma, grau de isolamento, tipo de vizinhança e histórico de perturbação.'' [...] *Esses fatores apresentam realações com fenômenos biológicos que afetam a natalidade e a mortalidade de plantas como por exemplo o efeito de borda, a deriva genética, e as interações sobre plantas e animais*''. Os efeitos da fragmentação na Rebio Saltinho pode ser observado através dos valores negativos para a área entre a unidade de conservação e o limite da reserva. A retirada da cobertura vegetal próximo a este local favorece a entrada de invasores, e deixa esta área mais sujeita a degradação.

Greggio *et al* (2009), considera que o aspecto mais grave no processo de fragmentação florestal é a perda da biodiversidade e o efeito de borda. Conforme afirma o referido autor, a borda do fragmento florestal é o principal caminho de acesso para os efeitos nocivos causados pelos processos físicos e biológicos ligados a fragmentação. O entendimento desses processos é fundamental para nortear ações de conservação e manutenção dos fragmentos florestais.

Existe um esforço exacerbado da autoridade responsável pela Rebio Saltinho em diminuir esses efeitos nocivos porém por se tratar de uma área com intensos processos de degradação nas bordas, os efeitos no fragmento protegido é

inevitável. Através dos valores do índice de umidade foi possível perceber esses efeitos.

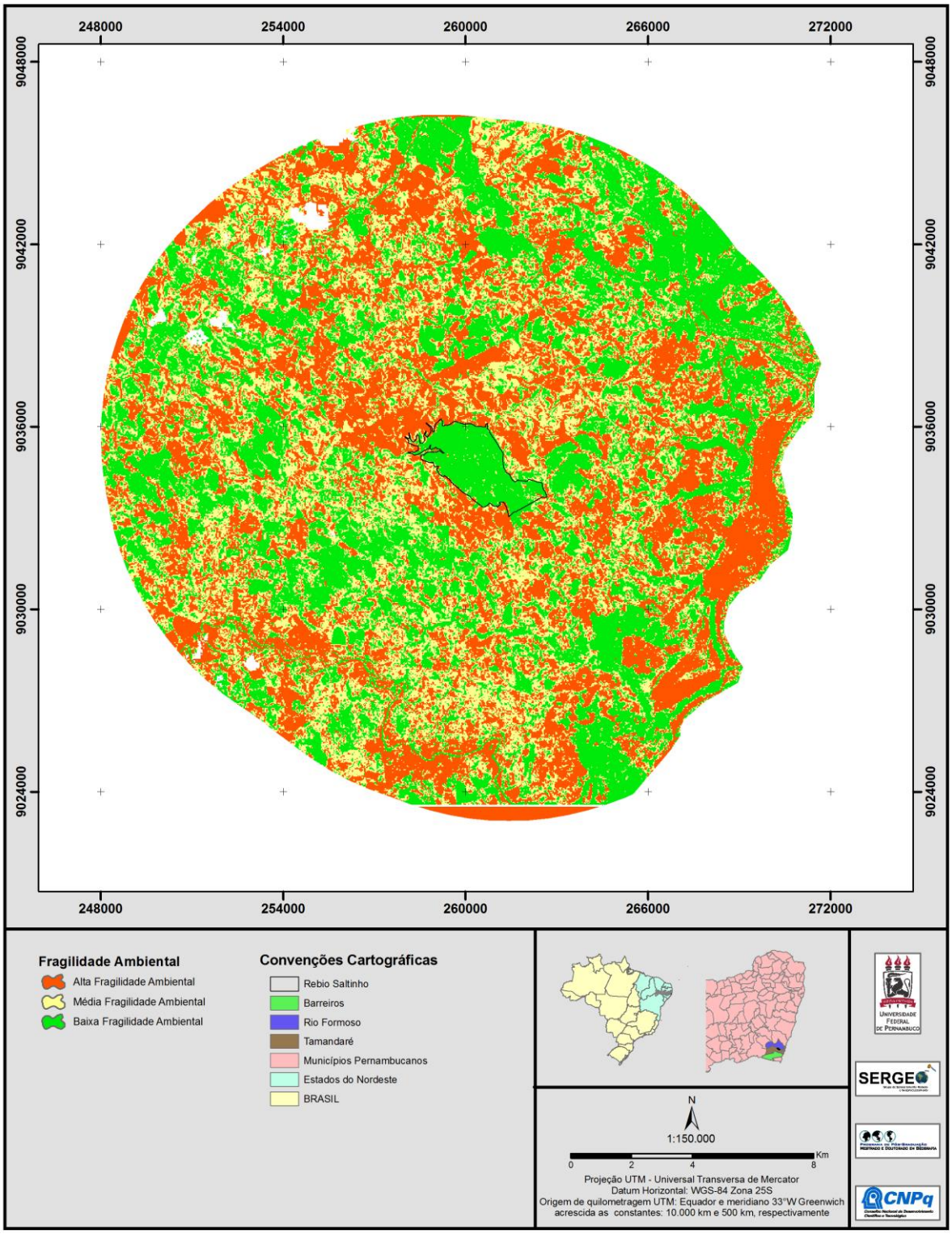
Os valores observados dentro do perímetro protegido no período das imagens de 10 - 05 - 1996 e 04 - 08 - 1998, corresponde as classes que representaram valores de 0,41 - 0,50 e 0,41 - 0,60 para áreas com vegetação árborea e valores de 0,21 - 0,30, sugerem classes de alvos que representam as rodovias que cortam a Reserva e os caminhos ou trilhas dentro da área preservada. A presença de duas rodovias (PE- 060 e PE-076) dentro da unidade de conservação se constitui num paradoxo se observarmos as restrições que são impostas às áreas de Reservas Biológicas, onde são proíbidas a visitação pública, exceto para fins científicos e educacionais, de modo que é probíbida atividades de caça, pesca, apanha ou qualquer outra atividade que venha interferir na integridade das espécies locais. O intenso fluxo de veículos, os poluentes lançados no ar, e os ruídos produzidos são os fatores que contribuem de forma ainda mais acentuada com a perturbação deste ambiente. Andrade et al., (2011) constatou que a presença das estradas cortando a Rebio Saltinho contribui de forma negativa para preservação das epécies de animais presentes na unidade de conservação. Este autor afirma que a mudança da temperatura provocada pela fragmentação e o fluxo intenso de veículos tem provocado altereções na população de anfíbios que habitam esta unidade de conservação. Ele sugere ainda que mudanças estruturais como desvio do acesso a cidade de Tamandaré entre outras medidas para conter as interferências antrópicas seja feita afim de mitigar esse problema.

Nos valores observados nas imagens de 2006 e 2010 para a área que corresponde a Rebio, foi possível observar as maiores alterações. Houve um aumento das áreas com vegetação rasteira, as quantidades expressam valores de 0,21 - 0,30 nas áreas próximas a borda interna e externa da Rebio, indicando uma interferência antrópica mais acentuada de fatores externo nas áreas preservadas. Novais *et al* (2011), em estudos realizados na APA de São Desidério Bahia, avaliou a aplicabilidade dos índices NDVI e NDWI. Através dos valores encontrados, os autores se certificaram que esses índices apresentaram êxito na análise das condições da cobertura vegetal da unidade de conservação. Os autores identificaram valores de índices de NDWI 0,35 para as áreas de cobertuta vegetal densa e as áreas com valores de -0,15 a 0 indicaram áreas com extremo déficit

hídrico, já os valores de - 0,55 a -0,30 indicaram solo exposto. Deste modo os estudos realizados por Novais *et al* (2011), Holanda *et al.* (2010), Gao (1996), Gonzaga *et al* (2011), Leivas *et al* (2013), Ferreira *et al* (2012), Oliveira *et al* (2010), comprovaram a aplicabilidade do NDWI na ánalise da cobertura vegetal e tais autores concordam que este índice apresenta excelente resposta as variações sazonais, contribuindo de forma impressindível para o monitoramento e gestão de áreas de interesse ambiental.

3.2 Áreas de fraglidade ambiental da Zona de Amortecimento da Rebio Saltinho

Figura 22. Mapa de fragilidade ambiental da zona de amortecimento da Rebio Saltinho



Fonte: Oliveira,J.S.S. 2013.

A Zona de Amortecimento da Rebio Saltinho (Figura 22) está localizada em uma área intensamente fragilizada. Os ações de desgaste natural provocados por processos erosivos nas encostas, inundações e alta das máres na faixa de praia aliados as ações antrópicas de desmatamento e ocupação irregular próximas as áreas de preservação ambiental nos permite entender que este local é uma área de elevada fragilidade ambiental.

Fragilidade ambiental segundo Gimenes *et al* (2013), "é a desestabilização de um ecossistema, dada uma perturbação que pode ser natural ou antrópica. Para ser avaliada deve ser identificada a perturbação em questão e os principais atributos que poderão ser afetados tanto bióticos (fauna, flora) como abióticos (solos, recursos hídricos entre outros)".

As áreas consideradas como sendo de alta fragilidade ambiental na zona de amortecimento estão localizadas no perímetro urbano de Tamandaré e Barreiros, como também próximas aos cursos hídricos e a unidade de conservação Saltinho, este valor sugere que o gestor deste local priorize as ações atenuantes dos processos antrópicos como a retirada da cobertura vegetal e a ocupação desordenada.

As áreas consideradas de média fragilidade corresponde aos locais que ainda mantém a cobertura vegetal mesmo que de forma redusida. Estes locais que apresentam um estágio intermediário de fragilidade são os fragmentos com vegetação esparsa e gramíneas.

As áreas consideradas de baixa fragilidade ambiental são os fragmentos de vegetação conservados no estuário do Rio Formoso, na Rebio Saltinho e em pequenos núcleos espalhados pelo local.

Segundo Melo *et al.* (2011), o estuário do Rio formoso é considerado um local de baixa, média e alta vulnerabilidade ambiental. Os centros urbanos foram considerados locais de alta vunerabilidade ambiental enquanto que os locais mais próximos ao estuário obteve a classe de baixa vulnerabilidade ambiental, reforçando deste modo a caracterização feita nesta pesquisa para a área da Zona de Amortecimento da Rebio Saltinho.

4. CONCLUSÕES

Através da pesquisa realizada foi possível inferir que a zona de amortecimento da Rebio Saltinho, ao longo dos anos vem passando por intensos processos de degradação ambiental. As análises feitas in loco e através das imagens de satélite deram a possibilidade de entender os principais processos que levaram a supressão da cobertura vegetal como também a expansão da área urbana dos municípios que fazem parte da zona de amortecimento. Por se tratar de um espaço com características propicías para a atividade canavieira, esta cultura se estabeleceu na zona da mata pernambucana em particular nos municípios que fazem parte da área de estudo, desencadeando uma série de problemas sócio-ambientais.

A expansão da cultura agrícola canavieira teve um alto custo para os cursos dos rios que serviram de destino final para os seus degetos, a vegetação que cobria boa parte da extensão territorial dos municípios teve sua área intensamente suprimida contribuindo desta forma para a diminuição das espécies de animais que habitavam as florestas. É perceptível através da evolução espaço temporal nas imagens de sátelite o aumento da população urbana na área de estudo. A expansão urbana nestes locais implicou em serviços básicos de má qualidade, e danos ao meio ambiente.

Através dos índices de vegetação foi possível identificar os locais que sofreram com mais intensidade as interferências antrópicas e os locais mais susceptíveis a diminuição da cobertura vegetal. Os valores de IVDN, indicaram que houve um decréscimo na cobertura vegetal da zona de amortecimento sendo mais visível nos anos de 2006 e 2010 as áreas de solo exposto e vegetação rala. Esses valores também indicaram que as áreas próximas a borda da Reserva Biológica de Saltinho sofreu diminuição nas classes dos índices de vegetação densa. Os valores observados através do IVAS, e IAF indicaram uma excelente resposta na classificação dos alvos diferenciando bem os valores de solo exposto, vegetação densa e vegetação rala, indicando deste modo que ao longo do período analisado a zona de amortecimento vem sofrendo intensa pressão nos seus recursos florestais.

O índice de umidade NDWI, também apresentou valores que indicaram a diminuição da cobertura vegetal tanto na zona de amortecimento quanto nas áreas próximas as bordas da Rebio. Deste modo os índices que melhor indentificaram os alvos da cobertura vegetal e sua fitofisionomia foi o IVDN, IAF e o NDWI tais índices identificaram vegetação densa na zona de amortecimento distinguindo a vegetação rala das áreas de solo exposto nos anos estudados como também uma sensível diminuição da cobertura vegetal nas bordas, indicando que as ações antrópicas nesses locais estão interferindo na supressão da vegetação. Através destes índices também foi possível identificar que os fragmentos de vegetação às margens das rodovias PE- 060 e 076 que cortam a Rebio Saltinho, estão mais sensíveis a diminuição da cobertura vegetal. Os topos de colina também denominados colinas da Zona da Mata também sofreram decréscimo na cobertura da vegetação.

Por meio dos índices também foi possível identificar a expansão urbana dos municípios que fazem parte da Rebio, especialmente o município de Tamandaré e Barreiros que expandio o seu centro para as áreas de proteção ambiental como o curso do rio Una e em Tamandaré o crescimento da população pode ser observado próximo a linha de praia. Portanto a utilização dos índices de vegetação foi apropriado para identificar as mudanças espaço temporal ocorridas na área de estudo servindo deste modo como excelente ferramenta no manejo e gestão das áreas de proteção ambiental.

Foi possível inferir que a zona de amortecimento exerce uma influência direta na área de interesse a ser preservada, e as ações que ocorrem no seu perímetro reflete na unidade de conservação. Tornar a fiscalização efetiva e controlar as ações que são realizadas nesta área se faz necessário, a Rebio Saltinho faz parte do sistema de unidade de conservação ambiental que possui restrições claras sob as interferências que deve ou não sofrer, como também existe outros mecanismos legais que protege os ecossistemas que fazem parte desta área que foi estabelecida como zona de amortecimento.

Esta área é um local que exerce extrema importância na conservação ambiental pois preserva um manancial que serve como fonte de abastecimento para a cidade de Tamandaré, possui praias de inestímavel beleza cênica, e um

patrimônio cultural extremamente relevante, representados pelos engenhos de fogo morto e igrejas. Por tanto conservar a Zona de Amortecimento da Rebio Saltinho é dar continuidade ao fornecimento dos recursos ambientais como também garantir que espécies de animais que habitam nos fragmentos que ainda existe nestes locais perdure por mais algumas gerações.

5 RECOMENDAÇÕES

1. Atualização do plano de manejo da Rebio Saltinho atendendo às áreas mais suptíveis a degradação conforme indicado na pesquisa;

2. Criação de estratégias capazes de recuperar as áreas de alta e média fragilidade ambiental;

4. Incluir a vizinhança nas discussões e decisões referentes à zona de amortecimento, esta seria forma de torná-los aliados na proteção e manutenção do local;

5. Buscar um caminho alternativo, para chegar a cidade de Tamandaré, desviando a rodovia da área que corta a Rebio, os resultados comprovaram que as interferências provocadas pelo fluxo de veículos neste local interfere diretamente na área preservada;

6. Fazer um trabalho de educação ambiental na faixa litorânea nos períodos de alta temporada onde as cidades recebem um maior número de visitantes com sensibilizando os indivíduos a preservar cada espaço da natureza que ele viesse a ter contato evitando deste modo o acúmulo de lixo nos locais públicos;

7. Diversificar os setores da economia e através destes incluir a população nas novas atividades econômicas local. Este é um desafio que deve ser levado a sério pelos gestores municipais e estaduais, principalmente nesta região que durante décadas experimentou a atividade canavieira como forma exclusiva de fonte de renda e riqueza.

REFERÊNCIAS

ACCIOLY, L. J.; PACHECO, A.; COSTA, T. C. C.; LOPES, O. F.; OLIVEIRA, M. A. J. Relações empíricas entre a estrutura da vegetação e dados do sensor TM/Landsat. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.492-498, 2002.

AGAREZ, F.V.; VICENS, R.S.; CRUZ, C.M.; NOGUEIRA,C.R.; GARAY, I**.** Utilização de índice de vegetação na classificação integrada de fragmentos florestais em Mata Atlântica de Tabuleiros Costeiros no município de Soretama, ES in: X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10, Foz do Iguaçú. **Anais** do X SBSR, Foz do Iguaçú, PR, 2001.p.1499-1507

ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). **Advance Training and Users Manual – Idaho Implementation**, version 1.0, 97p., 2002.

Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco- CONDEPE/FIEM - **Bacia Hidrográfica do Rio Una GL 4 E GL 5 -** Séries Bacias Hidrográficas n°3 ,85 p Recife 2006.

ALMEIDA, C. G.; MORO, R.S.; Análise da cobertura florestal no Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná como subsídio ao seu plano de manejo**. Revista** Terr@ Plural, Ponta Grossa 1(1): 115-122, jan.- jul.2007. Disponível em:< http://www.revistas2.uepg.br/>

ANDRADE, E. V. E.; MOURA, J. G. B.; Resposta de manejo das rodovias da Rebio Saltinho para mitigação do impacto sobre a anurofauna de solo. **Revista** Íbero- Americana de Ciências Ambientais, Aquidabã, v.2, n.2, novembro 2011. ISSN- 2179-6858 Disponível em: < http://www.arvore.org.br/>

ANJOS,V.S.; SANO, E.E.; BEZERRA, H.S; ROSA, R., Caracterização espectro-temporal de pastagens do Triângulo mineiro utilizando dados do MODIS EVI2(200-2010) **Revista** Sociedade e Natureza, Uberlândia, 25 (1): 205-215, jan.- abr 2013.Disponível em: <http://www.seer.ufu.br>

Base de Dados do Estado de Pernambuco - BDE, **Lista das Unidades de Conservação do Estado de Pernambuco** 2011.Disponível em : <http://www.bde.pe.gov.br>

BLASCHKE, T.; Object based image analysis for remote sensing. ISPRS **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing** 65 (2010) 2 - 16. Disponível em journal homepage: www.elsevier.com/locate/isprsjprs

BOEGH, E.; SOEGAARD, H.; THOMSEN, A. Evaluating evapotranspiration rates and surface conditions using Landsat TM to estimate atmospheric resistance and surface resistance. **Remote Sensing of Environment**, v.79, n.1, p.329-343, 2002.

BRASIL. Lei n° 12.727 de 17 de outubro de 2012. **Código Florestal Brasileiro**. Estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal.

BROADBENT, E. N.; ASNER, G. P.; KEELLERC, M.; KNAPP, D. E.; OLIVEIRA, P J.C., SILVA; J.N. **Forest fragmentation and edge effects from deforestation and selective logging in the Brazilian Amazon**, Biological conservation 141 (2008) 1745-1757. Disponível em journal homepage: www.elsevier.com/locate/biocon.

CABACINHA, D. C.; CASTRO. S.S. Relationships between floristic diversity and vegetation indices, forest structure and landscape metrics of fragments in Brazilian Cerrado. **Forest Ecology and Management**, 257 (2009) 2157-2165. Disponível em journal homepage: www.elsevier.com/locate/foreco.

CARDOZO, F. S.; PEREIRA, G.; SILVA, G. B. S. S.; SILVA, F. B.; SHIMABUKURO, Y. E.; MORAES, E. C. Discriminação de áreas alagadas no Pantanal sul matogrossense a partir de imagens orbitais. In: 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, **Anais**, Corumbá, 7-11 novembro, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, pp. 99-106. 2009

CHANDER, G.; MARKAN, B. Revised Landsat 5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges 2003. **IEEE Transitions on Geoscience and Remote Sensing**. v.41 n.11, p.2674 - 2677

CARVALHO, A. G.; **Turismo e produção no espaço litoral de Pernambuco.** Dissertação de mestrado em Geografia - Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, São Paulo, 2009, p.98.

CORDEIRO, I.; D.; KÖRÖSY, N.; SELVA, V. S. F.; Determinación de lacapacidad de carga turística, el caso de playa de Tamandaré - PE - Brasil, Estudios e la perspectivas en turismo v.21, 2012 pp.1630 - 1645.

COSTA LIMA, M. L. F.; A **Reserva da Biosfera da Mata Atlântica em Pernambuco - Situação atual atuações e perspectivas** - Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo e Instituto Florestal. Caderno n°12 . São Paulo 1998.

COSTA, N. M.C; COSTA, V. C.; VALIM, C. B.; SOUZA, A. C.C.; SALES, A. C. G.; Significado e importância da Zona de Amortecimento de unidades de conservação urbanas: o exemplo do entorno das áreas amplamente protegidas da cidade do Rio de Janeiro. **Revista GEO UERJ** capa V.1n° 17 (2007) ISSN: 1415-7543 EISSN 1981-9021 Disponível em: <www.epublicacoes.uerj.br/index.php/geouerj> Acesso em 28/02/2013.

CUNHA,H. A. C., **Relação entre comportamento espectral, índice de área foliar e produção de matéria seca em capim Tanzânia submetido a diferentes níveis de irrigação e doses de nitrogênio**.Tese (doutorado) em Agronomia - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz Queiroz", Piracicaba - São Paulo, p154.2004.

CPRH - Agência Estadual do Meio Ambiente **(Publicações)** Internalização do ZEEC Sistematização dos planos e programas Litoral Sul, Recife, março de 2003.

DEMARCHI,J. C.; PIROLI, E,L.; ZIMBACK,C. R. L.; Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo - SP usando imagens de satélite Landsat 5. **Revista** RA'EGA - O espaço geográfico em análise 21 (2011), ISSN: 2177-2738 p.234-271. Disponivel em:,< www.ser.ufpr.br/raega>

EBREGT, A. & GREVE, P. **Buffer zones and their Manegement - Polices and Praticies for terrestrial ecosystems in developing countries**. International Agricultural Centre - Theme Studies series 5 : Forests, Forestry and Biological Diversity Support Group, Wageningen, Netherlands, 2000.

EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORRFF, B. F. T. **Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996.

ESPÍNDULA, A.; SOUZA, E.M.F.R.; VICENS, R.S.Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação (Mata Atlântica): Comparação das curvas espectrais de sensores multiespectrais e hiperespectrais. In: IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação, Recife. **Anais** do IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação, Recife, 2012. p. 001- 006.

FERREIRA, J.M.S; FERREIRA, H. S.; SILVA, H. A.; SANTOS, A. M.; GALVÍNCIO, J. D.; Análise espaço-temporal da dinâmica da vegetação de Caatinga no município de Petrolina - PE, **Revista** Brasileira de Geografia Física 04 (2012) 904 - 922. Disponível em:< .<htt:www.ufpe.br/rbgfe>

FULLER, O. D. Forest fragmentation in Loudoun Country, Virginia, USA evaluated with multitemporal Landsat imagery, **Landscap Ecology** 16: 627-642, 2001

FONSECA, G. A. B.; PINTO, L. P. S.; RYLANDS, A. B.; Biodiversidade e Unidades de Conservação. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, Curitiba, 1997. **Anais.** UNILIVRE. 1997.v. 1, p. 262-285.

GAO, B. C. NDWI – A Normalized Difference Water Index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote Sensing of Environment**, 58, 257-266. 1996

GALVÍNCIO, J. D.; NAUE, R. C.; ANGELOTTI, F., MOURA, B. S. M. *Vitis vinifera* Spectral response to increase of CO^2 - **Journal of Hyperspectral Remote Sensing** 01 (2011) 001-018. Open journal Sitemes - ISSN2237-2202.Disponivel em :<www.ufpe.br/jhrs>

GIMENES, Q. B. F.; FILHO, A. O.; Mapas de fragilidade ambiental utilizando o processo de análise hierárquica (A HP)e sistemas de informações geográficas (SIG). **Anais** do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR , Foz do Iguaçu, PR - Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

GIONGO, P.R., MOURA, G.B.A., RÊGO, P.L., MEDEIROS, S.R.R. Índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF estimados com imagens Landsat 5 –TM. VII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2007, Recife.

GOZAGA, E. P.; SANTOS, V. V.; NICÁCIO, R. M.; Análise do comportamento do NDVI e NDWI em períodos de diferentes intensidades pluviométricas no Sertão alagoano, in: X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16, Curitiba. **Anais** do XVI SBSR, Curitiba, PR, 2011.p.1736 -1743

GRACIA NETO, Trajano. **Critérios para a definição de perímetros e atividades para a Zona de Amortecimento da FLONA de Irati, Paraná**, Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais - Universidade Estadual do Centro Oeste- UNICENTRO, 2011.

GREGGIO, T. C.; PISSARA, T. C.T.; RODRIGUES, F. M.; Avaliação dos fragmentos florestais do município de Jabuticabal - SP, **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v.33, n.1, p.117 - 124, 2009

GUASSELLI, A. L.; OLIVEIRA, G.; SALDANHA, L. D.; CUNHA, L. C. M.; DUCATI, R.J.; **Identificação de remanescentes do bioma Mata Atlântica e análise temporal a partir de imagens SPOT, município de Gramado - Rio Grande do Sul,** In anais do Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto , Natal, Brasil , 25-30 abril 2009, INPE, p. 2745-2751.

GUIMARÃES, C.C. J, MACHADO, S.F., BORGES, C. A. L, REZENDE, P. L. J, SOARES. V. A. A., SANTOS, A. A., Espectos legais no entorno das unidades de conservação brasileira: Área circindante e Zona de Amortecimento em face a resolução do CONAMA N° 428/2010.Recebido 5/09/2011. Aceito 12 /12/2011. **Espaço & Geografia**, V.15 N°1 (2012) ISSN:1516-9375

GU, Y.; HUNT, E.; WARDLOW, B.; BASARA, J.B.; BROWN, J.F.; VERDIN, J.P.; Evaluation of MODIS NDVI and NDWI four vegetation drought monitoring using Oklahoma mesonete soil moisture data. **Geophysical Research Letterers**, vol.35 L22401, doi:10.1029/2008 GL035772, 2008.

HOLANDA, A.S.S.; GUERRA, C.E., Monitoramento da vegetação da região do Eixo - Forte, no município de Santarém - PA, utilizando imagens dos índices de vegetação NDVI e NDWI In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife. **Anais** p.001-005.

HUETE, A. R. Adjusting vegetation indices for soil influences. **International Agrophysics**, v.4, n.4, p.367-376, 1988.

IBGE. **Introdução ao processamento digital de imagens, IBGE, Primeira Divisão de Geoprocessamento no Nordeste.** Rio de Janeiro: IBGE, Série Manuais Técnicos em Geociências N.9, 92 p., 2001.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente – Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. São José dos Campos: Parêntese Editora, 598p. 2009.

LEE, TSAI-MING.; YEH,HUI-CHUNG. Applying remote sensing techniques to monitor shifting wetland vegetation: A case study of Danshui River estuary mangrove communities, Taiwan. **Ecological Engeneering**, Volume 35, Issue 4, April 2009. pg. 487 - 496 Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science

LEIVAS, F. J.; ANDRADE, R.G.; VICENTE, L. E;TORRESAN, F. E.; VICTORIA, D. C.; BOLFE, E. L. Monitoramento de seca2011/2012 a partir do NDWI e NDVIpadronizado do SPOT Vegetation in: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16, Foz do Iguaçú. **Anais** do X SBSR, Foz do Iguaçú, PR, 2013.p.364-370

LIRA,V.M; SILVA, B.B.; NETO, J.D.; FARIAS, M.S.S.; BEZERRA, V.C.; FRANCO, E.S.; ANDRADE, A.R.S. Análise espectral de índice de vegetação em área irrigada com cana-de-açúcar. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia** V.1 N.1 Set.- Dez. 2008 ISSN 1983-6325

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto.** Campo Grande - MS, Ed. UNIDERP, 908 p. 2006

Lei da Mata Atlântica - http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm acesso em 07/02/2013 às 21:00 Disponível em <http://www.sosma.org.br> acesso em 07/02/2013 às 21:00

LOPES, F. W. A.; DUTRA, G. C.; PEREIRA, J. A. A. A avaliação da influência das áreas de solo exposto sobre a qualidade das águas do Ribeirão de Carrancas - MG. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto,13 **Anais** : XIII SBSR, Florianópolis, 2007 p.3421- 3428.

MARKAM, B.L.; BARKER, L. L.; Thematic mapper band pass solar atmospherical irradiances , International Journal of Remote Sensing, 1987, v.8 n.3 p.571- 523

MELO, M. R.; MELO, F. D.I; DUARTE, C.C; JUNIOR, A.C.E. Utilização de análise multicriterial na elaboração de mapas de vulnerabilidade do Estuário do rio Formoso/PE. **Anais** XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.6026.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE- Sistema Nacional das Unidades de Conservação - SNUC : **O sistema nacional das unidades de conservação da Natureza**.Brasília 2011.Disponível em: < http://www.mma.gov.br> acesso em 12/01/2013

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/ INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE- Plano de Manejo, Fase 2, da Reserva Biológica Saltinho 2006. Disponível em: < http://www.mma.gov.br> acesso em 07/09/2012

NOVAIS, L. R.; LIMA, A. C.; RODRIGUES, J. A.; COSTA, A. M. S.; BORGES, E. F.; ANJOS, C. S. Análise da vegetação da Área de Preservação Ambiental de São Desidério- BA a partir do NDVI e NDWI. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto,15 **Anais** : XV SBSR, Florianópolis, 2011 p.1888- 1894.

OLIVA, A. **Programa de Manejo Fronteiras para o Parque estadual Xixová - Jacuí São Paulo,** Dissertação de Mestrado em Recursos Florestais com opção em recuperação florestal Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz Queiroz", Piracicaba - São Paulo 2003.

OLIVEIRA, F. S.; **Diagnóstico dos Fragmentos Florestais e das áreas de Preservação Permanente no entorno do Parque Nacional do Caparó, no estado de Minas Gerais,** Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2006.

OLIVEIRA, T.H.; MACHADO, C. C. C.;OLIVEIRA, J.S.S.; GALVÍNCIO, J. D.; PIMENTEL, R. M. M.; SILVA, B. B.; Índice de umidade (NDWI) e espaço- temporal do albedo da suprefície da Bacia Hidrográfica do rio Moxotó - PE, **Revista** Brasileira de Geografia Física 03 (2010) 55-69.Disponível em: <htt:www.ufpe.br/rbgfe>

OLIVEIRA, T.H.,OLIVEIRA, J. S. S.; MACHADO, C.C.C.; RODRIGUES, G. T. A.; GALVÍNCIO, J. D.; PIMENTEL, R. M. M.; Avaliação espaço-temporal do Índice de área foliar e impactos das atividades antrópicas na Reserva Ecológica Estadual Mata São João da Várzea, Recife-PE. In XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, Curitiba, **Anais** do XIV, SBSR, Curitiba PR, p.2105 - 2112.

OLIVEIRA, T.H., **Mudança espaço temporal do uso e cobertura do solo e estimativa do balanço de energia e evapotranspiração diária no município de Recife - PE.** Dissertação de Mestrado em Geografia - UFPE, Recife - PE, 2012.

OLIVEIRA, T.H., GALVÍNCIO, J. D. **O Bioma Mata Atlântica sua Distribuição e atual condição** in: GALVÍNCIO, J. D (Org) Sensoriamento Remoto e Análise Ambiental. Recife - PE: Editora Universitária - UFPE, Série extensão 15. pp.39-41, 2012.

OLIVEIRA, T. H.; MACHADO, C. C. C.; SILVA, J. S.; GALVÍNCIO, J. D.; PIMENTEL, R. M. M.; SILVA, B. B. Índice de Umidade (NDWI) e Análise Espaço-Temporal do Albedo da Superfície da Bacia Hidrográfica do Rio Moxotó-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física** 03 (2010) 55-69. Disponível em: http://www.ufpe.br/rbgfe/index. php/revista/article/view/130/106

PACIENCIA, M. L. B.; PRADO, J.; Efeitos de borda sobre a comunidade de pteridófitas na Mata Atlântica da região de Una, sul da Bahia, Brasil,**Revista** Brasil Bot., v.27, n.4, p.641-653, out. - dez. 2004.

PAIVA, G. Y., RIBEIRO, A., ALMEIDA, Q. A., GLERIANE, M. J., PEZZOPANE, M. E. J. **Estimativa do índice de área foliar (IAF) através de fotografias hemisféricas e índices de vegetação em plantios clonais de Eucalipito.** In: Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto , Natal, Brasil , 25-30 abril 2009, INPE, p. 2873-2880.

PICCHIONI, A. S.; **A gestão de Recursos naturais em três assentamentos rurais na Zona da Mata de Pernambuco - Apa de Guadalupe**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Políticas Ambientais, UFPE, Recife - PE, 2001.

PONZONI, F.J. **Comportamento Espectral da Vegetação**. in: MENESES, P.R; NETTO, J.S.M. (Org). Sensoriamento Remoto dos Alvos Naturais. Brasília - DF: Editora Universidade de Brasília-UNB, Embrapa Cerrados.pp.157-199,2001.

PONZONI, F.J. **Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação**: **Diagnosticando a Mata Atlântica**. Cap.8. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais -, INPE-8984-PUD/62 São José dos Campos, 2002.

QI, J.; CHEBONI, A., HUETE A. R.; KEER, Y. H.; SOROOSHIAN, S. A modified soil adjusted vegetation index. **Remote Sensing of Environment,** volume 48, maio 1994, p.119-126.

RÊGO,S. C. A.; LIMA, P. P. S.; LIMA, M. N. S.; MONTEIRO, T. R. R., Análise comparativa dos índices de vegetação NDVI e SAVI no município de São Domingos Cariri - PB, Revista Geonorte, Edição especial, V.2, N.4 p.1217-1229, 2012.

RIBEIRO, F. M., FREITAS, V. A. M., COSTA, C. V. **O desafio da gestão ambiental de zonas de amortecimento de unidades de conservação.**VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra, Maio de 2010.

RITTL, T. F. **Subsídios para delimitação e planejamento territorial da zona de amortecimento do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR),** Dissertação de Mestrado em Ciências do solo e nutrição de plantas - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz Queiroz", Piracicaba - São Paulo, p.111. 2011.

ROUSE, J. W., JR., R. H. HAAS, J. A. SCHELL, AND D.W. DEERING. 1973. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation.** Prog. Rep. RSC 1978-1. Remote Sensing Cent., Texas A&M Univ., College Station.

ROSENDO, S. J., ROSA, R. **Análise da detecção de mudanças no uso da terra e cobertura vegetal utilizando a diferença de índices de vegetação**. In: Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 4209-4216.

Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (Sectma), Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH) - Gerenciamento Costeiro: Diagnóstico Sócioambiental da Área de Proteção Ambiental de Guadalupe (APA - de Guadalupe). 1998 Disponivel em: < http://www.cprh.pe.gov.br>

Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (Semas), Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH), Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco (Condepe/Fidem) - **Mapa Estadual das Unidades de Conservação**, Sistema Estadual das Unidades de Conservação. 1° Edição 2011.

Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos - **Atlas de Bacias Hidrográficas**, 2006; Disponivel em: < http://www.srhe.pe.gov.br>

SHAFER, C.L. US National Park Buffer Zones : Historical, Scientific, Social and Legal Aspectos. **Environmental Manegemente** 23: 49-73,1999.

SILVA, B. B. da; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V. de. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5 – TM. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 2, p. 243-252, 2005.

SILVA, C.A.V.; SILVA, H. A.; OLIVEIRA, T.H.; GALVÍNCIO, J. D. Uso do Sensoriamento Remoto através de índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na microrregião de Itamaracá - PE in: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, Natal. **Anais** do XIV SBSR Natal, 2009.p.3079-3085

SILVA, A.H.; GALVÍNCIO, J. D.; PIMENTEL, R.M.M. **Conceitos Básicos**. in: GALVÍNCIO, J. D (Org) Sensoriamento Remoto e Análise Ambiental. Recife - PE: Editora Universitária - UFPE, Série extensão 15. pp. 13 - 18, 2012.

SILVA, A.H.; GALVÍNCIO, J. D.; PIMENTEL, R.M.M. **Índices de vegetação e suas técnicas**. in: GALVÍNCIO, J. D (Org) Sensoriamento Remoto e Análise Ambiental. Recife - PE: Editora Universitária - UFPE, Série extensão 15. pp. 19 - 26, 2012.

SOS MATA ATLÂNTICA e INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE - **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica, período 2005 - 2008**, Relatório parcial. São Paulo 2009.

SOS MATA ATLÂNTICA e INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE - **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica, período 2008 - 2010**, São Paulo 2009.Disponivel em: <http: http://mapas.sosma.org.br/site>

TABARELLI, M.; PINTO, L.P; SILVA, J.M.C; HIROTA, M.M.; BEDÊ, C. L. **Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira**. MEGADIVERSIDADE.V.1, n°1 Julho 2005.

TABARELLI, M.;MELO, C.V.D.M.; LIRA, C.O. **A Mata Atlântica do Nordeste**.2006. Disponível em : <http://www.amane.org.br/>

TAMBOSI, L. R. **Análise da Paisagem no entorno de três unidades de Conservação: Subsídios para a criação da Zona de Amortecimento,** Dissertação Mestrado - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo,Departamento de Ecologia 2008.

U.S.G.S., U.S. GEOLOGYCAL SURVEY - **Landsat a global Land-Imaging mission.** Disponível em: <http://pubs.usgs.gov/fs/2012/3072/fs2012-3072.pdf> acesso: 05/2013

VIANA, D.C.F.; LIBÓRIO, L. F.; SANTOS, E.M; FERNANDES, A.C.A. **Opulência e subdesenvolvimento na Mata Sul de Pernambuco: Contrastes gerados a partir do cultivo da cana-de-açúcar** in: XIX Encontro Nacional de Geografia Agrária, São Paulo, 2009. pp.1-23.

VIANA, V.M.; PINHEIRO, L. A. F. V.; Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais, **Conservação da Biodiversidade**, Série Técnica IPEF, v.12, n.32, p25-42, dez. 1998

VIGANÓ, H. A.; BORGES, E.F., FRANCA-ROCHA, W.J.S.; Análise do desempenho dos índices de vegetação NDVI e SAVI a partir de imagem Aster. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15, Curitiba. Anais do XV SBSR, Curitiba, PR, 2011, p.1828 - 1834.

VITALLI, P. L. **Análise dos aspetos jurídicos correlatos à zona de amortecimento de unidades de conservação:Estudo de caso da Estação Ecológica de Assis(SP)**, Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental- Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

VITALLI, P. L.; ZAKIA, M.J.B. ; DURIGAN, G. Considerações corretatas à zona tampão de unidades de conservação no Brasil. Recebido 06/12//2007. Aceito 12/08/2008. **Ambiente & sociedade** - Campinas, v.XII, n.1, p. 67-82 jan-jun 2009.

XU, H. Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. **International Journal of Remote Sensing** Vol. 27, No. 14, 20 July 2006, 3025–3033

ZANCHI, F. B.; WATERLOO, M. J.; AGUIAR, L. J. G.; RANDOW, C,v.; KRUIJT, B.; CARDOSO, F. L.; MANZI, A. O.; Estimativa do Índice de Área Foliar (IAF) e Biomassa em pastagem no estado de Rondônia, Brasil, **Acta Amazônica** vol. 39(2) 2009: 335 - 348