

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO ESTADUAL DE PESQUISA EM SENSORIAMENTO REMOTO E METEOROLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO

**DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES DE VULNERABILIDADE FÍSICA
ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E
GEOPROCESSAMENTO - MUNICÍPIOS DE TAVARES E SÃO JOSÉ
DO NORTE - LITORAL MÉDIO LESTE DO RS**

REJANE MARIA VALDAMERI

Orientadora: Prof^a. Dr.^a. Dirce Maria A. Suertegaray

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do grau de Mestre em
Sensoriamento Remoto, área de concentração em
Geoprocessamento.

Porto Alegre, RS

Novembro de 2000.

Valdameri, Rejane Maria

DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES DE VULNERABILIDADE FÍSICA
ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E
GEOPROCESSAMENTO - MUNICÍPIOS DE TAVARES E SÃO JOSÉ DO
NORTE - LITORAL MÉDIO LESTE DO RS.

Rejane Maria Valdameri - Porto Alegre: UFRGS, 2000.
77 páginas.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio
Grande do Sul. Centro Estadual de Pesquisa em
Sensoriamento Remoto aplicado à Geoprocessamento. Porto
Alegre, 2000.

1. Sistema de informações geográficas
2. Sensoriamento remoto
3. Tomada de decisão
4. Vulnerabilidade

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha orientadora Prof^a. Dr.^a Dirce Maria Antunes Suertegaray pela ajuda, sugestões e apoio no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Ricardo Norberto Ayup Zouaian pela ajuda e pelos dados e informações cedidas.

A FEPAM pelos dados cedidos e as amigas da FEPAM Lilian, Tânia, Rejane e Ivani pela ajuda e sugestões.

Ao Prof. Heinrich Hasenack pelos dados cedidos.

A Claudete Rempel pelas opiniões, ajuda, companheirismo e amizade.

Aos demais colegas de mestrado, em especial, Glaucus e Gastão, pela ajuda e companheirismo.

A minha família pelo apoio, ajuda e carinho em todas as etapas de minha vida.

Ao Paulo Cezar pelo apoio, ajuda, incentivo e carinho imprescindíveis para mim.

Aos professores e funcionários do Centro de Sensoriamento Remoto pela ajuda e apoio.

A todas as pessoas e amigos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização do trabalho.

DETERMINATION OF PHYSICAL VULNERABILITY INDEXES WITHIN THE
COUNTIES OF TAVARES AND SÃO JOSÉ DO NORTE THROUGH THE
UTILIZATION OF REMOTE SENSING AND GEOPROCESSING TOOLS³

Author: Rejane M. Valdameri

Advisor: Prof^a. Dr^a. Dirce Maria Antunes Suertegaray

SYNOPSIS

Within the last years there has been a significant increasing concern about environmental conservation, such as the conservation of water and soil resources. This has created a strong demand for studies to restore and minimize the environmental impacts caused by human activities.

The study area encompasses the counties of Tavares and São José do Norte, located at the central coastal region of Rio Grande do Sul state, within the southern parallels 31° and 32°10' and western meridians 50° and 52°10'.

Searching for a proper use of the land as well as planning and development of new activities within the study area, this dissertation aims to provide subsidies to the identification of physical vulnerability indexes associated with the actual land use at the study area. The work methodology utilized remote sensing and geoprocessing tools to analyze different parameters which were consisted and weighed upon decision rules established by a geographic information system. The study results have shown the necessity of special planning for the development of sustainable activities and human occupation within the study area.

³ Dissertation of the Master of Science Degree in Remote Sensing; State Center for Remote Sensing and Meteorology research, Graduate Course in Remote Sensing of the Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS (77 p.) - November 2000.

DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES DE VULNERABILIDADE FÍSICA ATRAVÉS DE
TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO -
MUNICÍPIOS DE TAVARES E SÃO JOSÉ DO NORTE - LITORAL MÉDIO
LESTE DO RS¹

Autor: Rejane M. Valdameri

Orientador: Prof^a. Dr.^a Dirce Maria Antunes Suertegaray

SINOPSE

Nos últimos anos a preocupação com a preservação dos recursos naturais, dos solo e das águas tem aumentado significativamente. Desta forma, a intensificação de estudos nestas áreas se faz necessária para tentar minimizar os impactos causados pela ação do homem, com vistas a recuperação.

A área de estudo abrange os municípios de Tavares e S. José do Norte, situado no Litoral Médio Leste do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas 31° 00' e 32° 10' de latitude Sul e 50° 00' e 52° 10' de longitude Oeste.

Este trabalho busca fornecer subsídios para a identificação dos índices da vulnerabilidade física associados ao uso do solo da área de estudo visando a adequação do uso da terra, bem como o planejamento e o desenvolvimento de novas atividades. O estudo foi desenvolvido utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, onde os fatores foram cruzados via regra de decisão fazendo uso do SIG. Os resultados evidenciaram a necessidade de cuidados especiais no desenvolvimento de atividades sustentadas e ocupação humana.

^{1/}Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto da Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre/ RS, (77 p.) – Novembro 2000.

SUMÁRIO

LISTAS DE FIGURAS	VI
LISTAS DE TABELAS	VII
LISTA DE ABREVIATURAS	VIII
1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 DEFINIÇÕES	12
2.1.1 <i>Sensoriamento remoto</i>	12
2.1.2 <i>Sistema de informações geográficas (SIG)</i>	13
2.2 AQUISIÇÃO DE DADOS EM SENSORIAMENTO REMOTO	14
2.2.1 <i>Utilização das imagens de satélite</i>	15
2.3 UTILIZAÇÃO DO GEOPROCESSAMENTO	18
2.3.1 <i>Componentes de um SIG</i>	19
2.4 - APLICAÇÕES UTILIZANDO TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO	20
2.4.1 <i>SIG & Sensoriamento Remoto</i>	20
2.4.2 <i>Utilização na avaliação, o uso, a aptidão e monitoramento da terra</i>	23
2.4.3 <i>Vulnerabilidade e áreas de risco</i>	25
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 - DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	27
3.2 - PARQUE NACIONAL DA LAGOA DO PEIXE	33
3.3 - MÉTODO	38
3.3 - MATERIAIS	50
4. RESULTADO E DISCUSSÃO	51
4.1- <i>OBTENÇÃO DA CAPACIDADE DE USO DA TERRA</i>	51
4.2 - <i>FATOR ADEQUAÇÃO DE USO DA TERRA</i>	58
4.3 - <i>GERAÇÃO DOS ÍNDICES DE VULNERABILIDADE DO MEIO FÍSICO</i>	59
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

LISTAS DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Componentes de um sistema de informações Geográficas .</i>	<i>..... 20</i>
<i>Figura 2 - Municípios que compõem o Litoral Médio Leste, segundo o Projeto GERCO.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 3 -. Mapa de localização da Área de Estudo.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 4 - Divisão do Litoral Gaúcho, segundo o GERCO.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 6 - Uso do solo gerado pela classificação da imagem LANDSAT digital.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 6A - Mapa de uso do terra elaborado a partir de interpretação de imagem LANDSAT analógica.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 8 - Mapa de Geomorfologia.....</i>	<i>45</i>
<i>9 - Mapa de Geologia</i>	<i>46</i>
<i>Figura 10 - Mapa de Vegetação.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 12 - Mapa de capacidade de uso do terra.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 13 - Mapa de adequação de uso da terra.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 14 - Mapa de índices de vulnerabilidade física.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 15 - Mapa de índices de vulnerabilidade física mais zoneamento da Mata Atlântica.....</i>	<i>65</i>

LISTAS DE TABELAS

<i>Tabela 1 - Área de abrangência em Km² das unidades de solo .</i>	<i>52</i>
<i>Tabela 2 - Determinação da unidade de capacidade de uso pelo cruzamento das limitações dadas pelos solos e declividades .</i>	<i>56</i>
<i>Tabela 3 - Classificação no sistema de capacidade de uso...</i>	<i>56</i>
<i>Tabela 4 - Área de abrangência das classes de adequação de uso da terra.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 5 - Definição e explicação dos pesos.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabela 6 - Matriz de comparação pareada.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabela 7 - Coeficientes gerados pelo cálculo de peso.....</i>	<i>62</i>

LISTA DE ABREVIATURAS

SIG - Sistema de Informações Geográficas

GPS - "*Global Positioning Systems*"

TM - *Thematic Mapper*

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler

DSG - Divisão do Serviço Geográfico da 1ª Divisão de Levantamento do Exército Brasileiro

GERCO - Programa de Gerenciamento Costeiro

RBMA - Reserva da Biosfera da Mata Atlântica

AQHH - Areias Quartzosas Hidromórficas Húmicas

GHSE - Gleii Húmico Solódico Ta A e Gleii Húmico Eutrófico Ta A

PAPED - Plintossolo Álico Tb A e Planossolo Eutrófico e Distrófico Ta A

PSSA - Planossolo Solódico Ta A e solos Aluviais Eutróficos A

FEE - Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Hauser

1 . INTRODUÇÃO

As diferentes formas de interferências ocorridas no meio natural são decorrentes da relação entre o homem e a natureza. Essa relação é justificada pela busca constante de novos recursos visando a sobrevivência do ser humano. A mudança decorrente desta interferência vem aumentando significativamente, sendo proporcional à capacidade de desenvolvimento de novas tecnologias e das transformações do meio.

Em resposta as profundas transformações e agressões impostas ao meio tem-se a significativa redução da fauna, da flora, da capacidade de produção do solo, entre outros impactos.

A necessidade de planejamento e monitoramento das atividades desenvolvidas no meio é de fundamental importância para a preservação dos ambientes naturais e o desenvolvimento de uma região. Desta maneira, é imprescindível inter-relacionar ações do meio físico com as ações antrópicas

buscando um manejo adequado e uma regulamentação em função da capacidade de suporte do meio físico.

Neste contexto, as atividades ligadas a exploração agrossilvopastoril e a forte pressão imobiliária são os fatores de maior amplitude de transformação sobre o meio físico como um todo. Em face da amplitude destas modificações, uma das alternativas que se apresenta para propor uma regulamentação da ação antrópica e do uso de recursos naturais, é a adoção de estudos integrados que visem a exploração racional destes ambientes, em especial em ambientes mais degradados.

O avanço, a partir da década de 70, de tecnologia relativa à aquisição e armazenamento de informações proporciona um progresso na implementação de estudos integrados. No que se refere a dados de sensoriamento remoto em nível orbital e de estruturas computacionais para o tratamento de imagens digitais e de sistema de informações geográficas, o avanço são técnicas e ferramentas que permitiram maior agilidade na coleta, armazenamento e análise integrada das informações.

Neste sentido, os avanços destas tecnologias permitem a utilização conjunta de dados de sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas na busca de subsídios ao planejamento, tomada de decisão e gerenciamento de áreas em estudo.

Embora a utilização destas novas tecnologias torne mais ágil a integração do conhecimento e o monitoramento de ambientes, é imprescindível a participação da sociedade na gerência e produção do espaço questionado. O cidadão é parte

integrante do processo e é o agente fundamental para a transformação de uma sociedade consumista, pouco preocupada com o meio ambiente e assolada pela crise econômica, para uma sociedade preocupada com o planejamento de ações, visando a um desenvolvimento equilibrado entre homem e natureza.

Este trabalho tem como objetivo a elaboração de um mapa de áreas vulneráveis ao meio físico, através de técnicas de geoprocessamento para os municípios de Tavares¹ e São José do Norte², bem como propor "sugestões" de uso do solo com vistas a um melhor aproveitamento do solo respeitando seus limites e os do meio ambiente, auxiliando no desenvolvimento social e econômico da área de estudo.

¹ Município integrante do Litoral Médio Leste, definido pelo Programa de Gerenciamento Costeiro (GERCO). Vide explicação no capítulo Material e Métodos, item Descrição da Área de Estudo.

² Município integrante do Litoral Médio Leste, definido pelo Programa de Gerenciamento Costeiro (GERCO). Vide explicação no capítulo Material e Métodos, item Descrição da Área de Estudo.

2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Definições

2.1.1 Sensoriamento remoto

Várias são as definições apresentadas para sensoriamento remoto, porém todas convergem para um mesmo ponto, ou seja, é um processo de aquisição de informações de objetos ou fenômenos sem contato direto. Dentre a várias definições existentes destacam-se:

Para Novo (1989), sensoriamento remoto é a utilização de sensores para aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que ocorra contato direto entre eles, isto é, sem contato físico.

Segundo Teixeira e Chistofolletti (1997), sensoriamento remoto é a técnica que utiliza sensores na captação e no registro de energia refletida ou emitida por elementos na superfície terrestre ou outros astros.

Câmara et all (1997) definem sensoriamento remoto, sob o ponto de vista da aquisição de dados para SIG, como o conjunto de processos e técnicas usados para medir propriedades eletromagnéticas de uma superfície ou de um objeto, sem que haja contato com o objeto e o equipamento sensor.

2.1.2 Sistema de informações geográficas (SIG)

No Brasil, Geoprocessamento e SIG são comumente usados como sinônimos, porém existe um diferencial significativo: Geoprocessamento é um ambiente que engloba um universo maior de recursos dos quais o SIG faz parte.

Segundo Rodrigues (1990) geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de tecnologias de coleta e tratamento de informações espaciais e de desenvolvimento e uso dos sistemas que o utilizam.

Para Teixeira et all (1992), geoprocessamento é um ambiente maior no qual os SIG fazem parte. Este ambiente é definido como a área de atuação que envolve a coleta e tratamento de informações espaciais, bem como o desenvolvimento de novos sistemas em ambientes computacionais.

Segundo o **Federal Interagency Coordinating Committee** (1988), SIG é a utilização **hardware, software** e procedimentos voltados para coleta, armazenamento, tratamento, suporte, modulação e visualização de dados referenciados espacialmente para resolver problemas complexos de administração e gerenciamento.

SIG para Phil Parente (1988), é o sistema que contém dados espacialmente referenciados. Estes podem ser analisados e convertido em informações coletadas para um propósito específico ou para aplicações. Ainda, segundo o autor, a chave de um SIG é a análise de dados para produzir novas informações.

O SIG é um "sistema voltado para coleta, armazenamento, recuperação, manipulação e apresentação sobre entidades de expressão espacial, fazendo uso do computador" (Harvey, 1969, apud Teixeira *et all*).

Entre as inúmeras definições apresentadas, a proposta por

Burrough e McDonnell (1998) definem os SIG como "um poderoso conjunto de instrumentos para coletar, armazenar e recuperar informações do mundo real para um conjunto particular de objetivos.

2.2 Aquisição de dados em sensoriamento remoto

Existem vários sistemas sensores de aquisição de dados: câmaras fotográficas aerotransportáveis, satélites, sistema de radar, sonar ou microondas. Estes podem ser sensores ativos ou passivos. Ativos são os que possuem suas próprias fontes de energia como é caso dos sistemas de microondas; podem registrar a diferença de frequência entre o sinal emitido por eles e o sinal recebido da superfície. Os passivos são os que registram a refletância ou emitância de uma superfície, ou seja medem níveis de fontes de energia existentes. Dependem, de uma fonte de radiação externa para que possam operar.

O processo de aquisição de dados em sensoriamento remoto envolve uma variada gama de técnicas para sua obtenção. Estes processos podem ser definidos em processos de coleta e processos de análise e interpretação destes dados.

O processo de coleta de dados tem sua origem na emissão eletromagnética utilizando o sol como principal fonte de energia. Os sensores respondem mediante a quantidade de luz incidente, quer seja através de uma reação física ou através de um sinal elétrico. Porém, a resposta de um sensor não está baseada somente na quantidade da luz mas também na sua frequência.

2.2.1 Utilização das imagens de satélite

A imagem de satélite, geradas pelo sensor TM do Landsat 5, entre outros, pode ser interpretada de duas maneiras: visualmente ou digitalmente (através de técnicas computacionais).

Para efetuar a interpretação visual das imagens são utilizados produtos fotográficos das mesmas, ou seja, sua imagem em forma analógica.

Na interpretação, é primordial compreender como se dá a interação da radiação eletromagnética com os alvos existentes na área imageada, bem como os efeitos provocados pela atmosfera.

Segundo Richards (1986), dados de sensoriamento remoto de imagens da superfície da terra, obtida em aeronaves ou plataformas espaciais podem ser utilizadas em formato digital,

além do analógico. Em formato digital as imagens são dados compostos espacialmente por elementos pictóricos. Estes radiometricamente, são quantizados em níveis discretos de cinza ou contadores digitais.

Em formato digital, a imagem pode ser manipulada de varias formas. Esta vantagem se deve ao fato dela ser representada por um arranjo de números, que também, permite a implantação de algoritmos conforme o objetivo do estudo. Neste contexto os processamentos de manipulação de imagens digitais estão atrelados basicamente a quatro operações:

- correção de imagens;
- realce de imagens;
- classificação de imagens;
- transformação de imagens.

A correção de imagens refere-se a adequação e a calibração de maneira que esta possa obter uma representação da superfície da terra o mais fiel possível da realidade.

O realce da imagem refere-se as modificações que a imagem irá adquirir para otimizar sua visualização. Pois os efeitos técnicos de realce são de significativa importância no processamento digital de imagens.

A classificação digital é o processo de interpretação de imagens através do computador. E a transformação de imagens refere-se a derivação de novas imagens através de processos matemáticos.

2.2.1.1 - Classificação de imagens digitais

No contexto da manipulação de imagens digitais, destaca-se o processo da classificação. Este processo permite ao usuário realizar, através de operações computacionais, dois tipos de classificação: a supervisionada e a não supervisionada.

Na classificação supervisionada é necessário que o usuário tenha algum conhecimento sobre a área em estudo antes de iniciar o processo. Pois neste processo é o usuário que fornece os exemplos de classes de informações, dos tipos de cobertura que interessam na imagem. Estes exemplos são chamados de áreas de treinamento.

As áreas de treinamento são, geralmente, definidas pelo usuário traçando-se seus limites diretamente sobre a imagem no monitor do vídeo do sistema de processamento de imagens utilizado. Várias áreas de treinamento podem ser adquiridas para uma mesma classe, segundo Crósta (1993), para assegurar que os pixels que a ela pertencem são realmente representativos dessa classe.

A soma das áreas de treinamento de cada classe forma um conjunto de treinamento. A cada classe de uma imagem é atribuído seu respectivo conjunto de treinamento. Após a formação de conjunto de treinamento para todas as classes estabelecidas, estes serão aplicados em um método de classificação que melhor se adapte ao seu objetivo.

Os métodos de classificação mais comuns são:

- Método do paralelepípedo;
- Método da distância mínima;
- Método da máxima verossimilhança (MaxVer).

No que se refere a classificação não-supervisionada o computador, através do **software** utilizado, é capaz de identificar por si só as classes na imagem, ou seja, não é fornecida nenhuma informação prévia sobre as classes de interesse.

O **software** utilizado examina os dados e os divide em agrupamentos espectrais naturais predominantes existentes nas imagens. O resultado é analisado pelo usuário aliando as informações fornecidas pelo computador com seus conhecimentos sobre a área em estudo.

Neste contexto a classificação não-supervisionada pode auxiliar na construção do conjunto de treinamento para a realização da classificação supervisionada, uma vez que agrupa naturalmente os dados.

2.3 Utilização do Geoprocessamento

Numa visão moderna de gestão territorial toda ação de planejamento e monitoramento do espaço deve incluir na análise diferentes aspectos do ambiente, bem como considerar o meio físico e biótico, a ocupação humana e seus relacionamentos.

Nestes últimos anos, a utilização de SIG tem-se tornado uma excelente ferramenta para planejamento, monitoramento e auxílio à tomada de decisão, tanto na área ambiental quanto de gestão territorial, perpassando todos os níveis.

Estudos ambientais integrados a um território necessitam do entendimento da dinâmica de funcionamento do

ambiente levando em consideração as intervenções humanas. Desta maneira é imprescindível no desenvolvimento de estudos, a associação das características e dinâmica do meio físico e do meio sócio-econômico.

Segundo Roig et all (1996), o bom desempenho do SIG nestes trabalhos e conseqüentemente a obtenção de dados confiáveis depende do correto estabelecimento dos procedimentos a serem seguidos. Tais procedimentos vão desde a coleta de dados até sua análise final.

Os SIG armazenam a geometria e atributos de dados que estão georreferenciados , ou seja, referenciados espacialmente através de um sistema de coordenadas.

Devido a grande gama de aplicações realizadas pelo SIG, há várias maneiras de utilizá-lo, dentre as quais destacam-se:

- como ferramenta de produção de mapas;
- como suporte a análise espacial;
- como banco de dados geográfico (com função de armazenamento e recuperação de informações espaciais).

2.3.1 Componentes de um SIG

Para Câmara (1995), os componentes básicos de um SIG são: interface com o usuário, entrada e integração de dados, consulta e manipulação, saída de dados e sistema de gerência de banco de dados. Estes componentes se relacionem de forma hierárquica. A figura n 1. representa a relação entre os principais elementos. Cada sistema de informações geográficas,

em função de seus objetivos e necessidades implementa estes componentes de forma distinta.

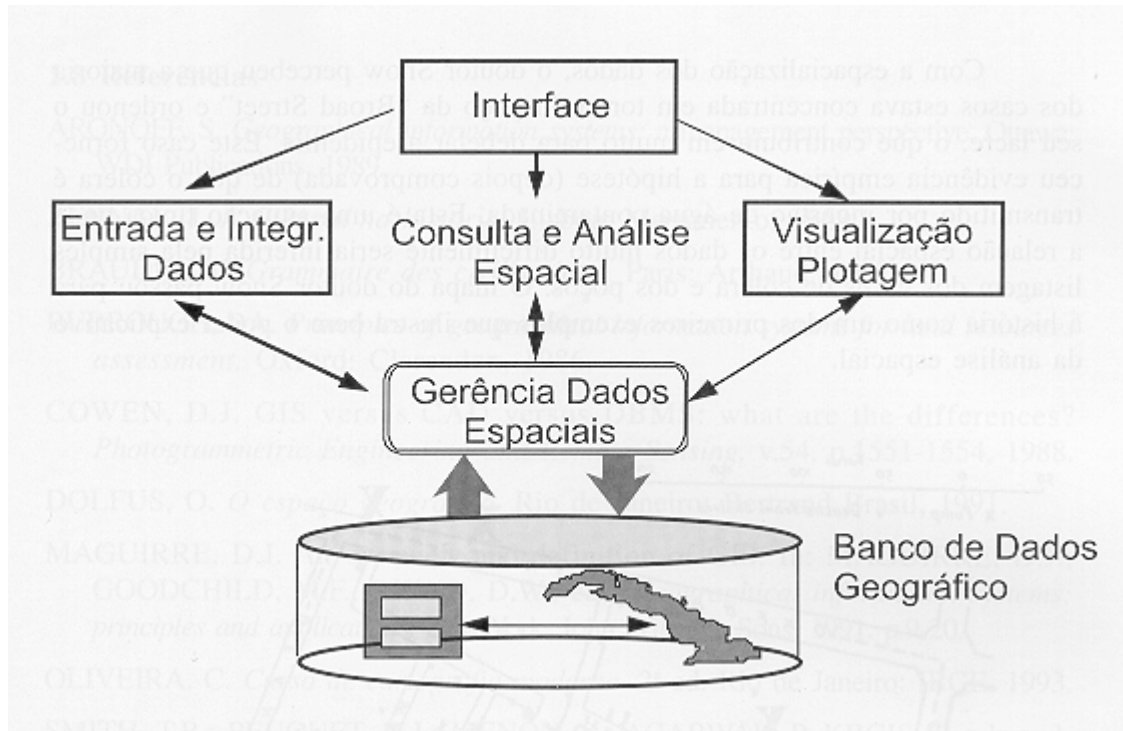


Figura 1 – Componentes de um sistema de informações Geográficas .

Fonte: Câmara et all – p 9. In: Sistema de informações Geográficas –Aplicado na Agricultura.

2.4 - Aplicações utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento

2.4.1 SIG & Sensoriamento Remoto

Inúmeros são os trabalhos que utilizam as técnicas de sensoriamento remoto para classificação e análise do uso e monitoramento da terra, visando uma utilização mais racional dos recursos naturais. Associam-se a estas técnicas o SIG, que sendo muito versáteis apresentam grande contribuição ao

desenvolvimento e integração de trabalhos sobre o meio físico ou ambiente.

Segundo Madruza et all (1999), a utilização de SIG e sensoriamento remoto propiciam dados quantitativos e qualitativos, além de um conhecimento dos recursos; as características sócio-econômicas de uma região constituindo num embasamento para identificação e utilização sustentada, ou desenvolvimento de determinada atividade indicando áreas ou locais que devam ser trabalhados ou preservados.

A utilização conjunta do sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas é potencializada por Merchant & Roth (1980) no Planejamento de Reservas Naturais, os quais implementaram um estudo piloto em "Cimarron National Grassland" - Kansas (EUA). Neste através de dados orbitais foram inventariados dados sobre distribuição de comunidades vegetais e distribuições de outros tipos de ocupações. Estes dados foram integrados a base de dados SIG para complementação de mapas. Os resultados obtidos forneceram subsídios para o zoneamento das limitações de uso e ocupação da área.

A implementação de dados de sensoriamento remoto, segundo Valério Filho (1995), nos SIG é discutida por vários autores, sendo estes unânimes na opinião que o Sensoriamento remoto é uma das principais fontes de dados. Para Mayers(1980) os dados obtidos por sensores remotos são volumosos e pouco práticos para implementá-los a base SIG. Segundo o mesmo autor, a solução está na consideração do SIG como portador de dados referentes a unidades geográficas com capacidade de acessar dados orbitais destas unidades e correlacioná-los com outros dados do terreno imageado. Porém, antes de ser

incorporado a base SIG estes dados deveriam ser processados e classificados para tornar mais ágil o processo.

Para Monceratt & Ferreira Pinto (1996), o uso de imagens de satélites tem sido objeto de inúmeras aplicações no monitoramento e mapeamento de recursos terrestres. Ainda, segundo o autor, o sistema de informações geográficas (**SIG**) tem sido cada vez mais empregado na avaliação de recursos agrícolas nos últimos anos e tem-se mostrado uma ferramenta bastante eficaz.

A utilização simultânea destas ferramentas, segundo Froidefond & Soriano-Sierra (1996) são técnicas freqüentemente empregadas em estudos de casos em ecossistemas, a exemplo de seu estudo sobre manguezais.

No trabalho de Miranda *et all* (1996), a sustentabilidade agrícola é avaliada por meio de SIG. A partir da realização do trabalho, o autor conclui que o desafio de avaliar a sustentabilidade agrícola e o impacto ambiental de diferentes sistemas de produção - associados a diversas categorias de usos de terras - encontram uma resposta satisfatória nesta ferramenta complementar e de pesquisa que é o SIG.

Para se atingir um desenvolvimento sustentado é necessário avaliar vários cenários, dentre os quais a agricultura e o meio ambiente. Para tanto, é preciso saber a atual realidade do cenário agrícola.

Assim, nos últimos anos tem havido a necessidade de se avaliar a capacidade de uso e aptidão da terra para agricultura e confrontar com o cenário atual desta. E a

maneira mais ágil de se obter estas informações é a utilização de sistemas informatizados do tipo SIG associados a dados orbitais.

2.4.2 Utilização na avaliação, o uso, a aptidão e monitoramento da terra

O sistema de avaliação da aptidão da terra, no Brasil, teve início na década de 60 e apresentava inovações na sua estrutura de avaliação da terra conforme o nível de manejo (Assad, 1983).

A avaliação da terra pode ser entendida como o processo de estimativa de seu comportamento quando usada para fins específicos (FAO, 1976). Assim, pode-se ter uma avaliação da terra a partir de suas características fisiográficas, ou pode-se ter sua classificação conforme um fim definido como avaliação quanto ao potencial erosivo, quanto às reservas minerais, quanto à aptidão agrícola, etc. (Assad, 1993).

O uso atual da terra, segundo Beltrame (1991), é requisito indispensável para a determinação do grau de proteção fornecido ao solo pela cobertura vegetal existente, a degradação desta cobertura, do uso racional da terra, bem como, no auxílio a definição da aptidão agrícola. Segundo a autora, o sensoriamento remoto tem-se mostrado uma ferramenta eficaz e viável no que tange o monitoramento do uso da terra.

Ao se analisar uso e aptidão da terra de uma área, busca-se observar a adaptabilidade do uso da terra com sua capacidade de uso em seus vários aspectos. Assim, capacidade de uso da terra pode ser compreendida como a sua adaptabilidade para fins diversos, sem que ocorra

depauperamento pelos fatores de desgaste e de empobrecimento do solo (Lepsch, 1983).

De acordo com Assad (1993), a avaliação ou a classificação das terras para um dado fim é realizada em duas etapas básicas. Em um primeiro momento elabora-se a caracterização física da área ou região de estudo, envolvendo aspectos de solo, de clima, de vegetação, etc. Numa segunda etapa, faz-se uma avaliação sócio-econômica da área ou região de estudo, envolvendo aspectos como o custo de produção, insumos, mão - de - obra, estrutura disponível e outras variáveis.

A metodologia de avaliação da aptidão agrícola utilizada em muitos trabalhos foi a apresentada por Ramalho Filho et all (1978). Sua classificação constitui-se em quatro classes de aptidão: boa, regular, restrita e inapta; segundo três níveis de manejo: baixo nível tecnológico, médio nível tecnológico, alto nível tecnológico; quatro tipos de utilização: lavoura, pastagem plantada, silvicultura e pastagem natural.

Ainda, segundo Assad (1983), no caso específico de avaliação da aptidão da terra para agricultura , os sistemas de informações geográficas podem facilitar o trabalho de apresentação gráfica das classes e atualização das informações. Porém sua maior contribuição parece ser o fato de minimizar a complexidade e o grau de subjetividade de estimativas elaborada de forma manual. No entanto, para Formaggio et all (1992), a eficiência dos sistemas de informações geográficas depende da definição precisa do objetivo e dos passos metodológicos a serem desenvolvidos no ambiente deste sistema.

Miranda et all (1996) consideram o uso de SIG na determinação da sustentabilidade agrícola e caracterização da capacidade de uso agrícola da terra uma ferramenta que permite uma avaliação muito mais ampla que a tradicionalmente usada.

Para Lima et all (1996), é necessário, primeiramente, realizar o diagnóstico ambiental; caracterizando e quantificando os principais processos de degradação, os elementos e as propriedades que podem ser recuperadas se degradadas, e os manejos adequados com os recursos potenciais e com a conservação dos recursos naturais. Só após efetuar este diagnóstico é possível oferecer subsídio para implementação de um sistema agrícola sustentável.

2.4.3 Vulnerabilidade e áreas de risco

Segundo Cin e Simeoni (1994), a definição de índices de vulnerabilidade e ou risco na costa podem ser determinado em função da erosão da mesma, da variação do nível do mar e ou o contexto ecológico e cultural.

Para Zuquete (1994), áreas de risco são situações onde devido a fenômenos físicos ou provocados pelo homem podem ocorrer perdas econômicas, sociais e ambientais acima de um valor considerado aceitável.

Para associar as informações extraídas de imagens orbitais e técnicas de geoprocessamento na avaliação da vulnerabilidade do meio físico, leva-se em consideração a

fragilidade física da área e o impacto da ação antrópica neste meio.

Neste contexto, o SIG oferece um precioso conjunto de ferramentas para armazenamento, manipulação, integração e atualização dos dados e informações da área de estudo. Neste estudo, busca-se aplicar técnicas de geoprocessamento associada a dados orbitais, na geração de uma base de informações amplas, que viabilizará os cruzamentos e aplicação de regras de decisão para a obtenção do mapa de índices de vulnerabilidade física da área.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Descrição da Área de Estudo

A área de estudo abrange os municípios de Tavares e São José do Norte, que constituem o denominado Litoral Médio Leste (GERCO - coordenadas $30^{\circ} 00'$ e $32^{\circ} 10'$ de latitude Sul e $50^{\circ} 00'$ e $52^{\circ} 10'$ de longitude Oeste), conjuntamente com outros municípios (figura 2), está situada entre as

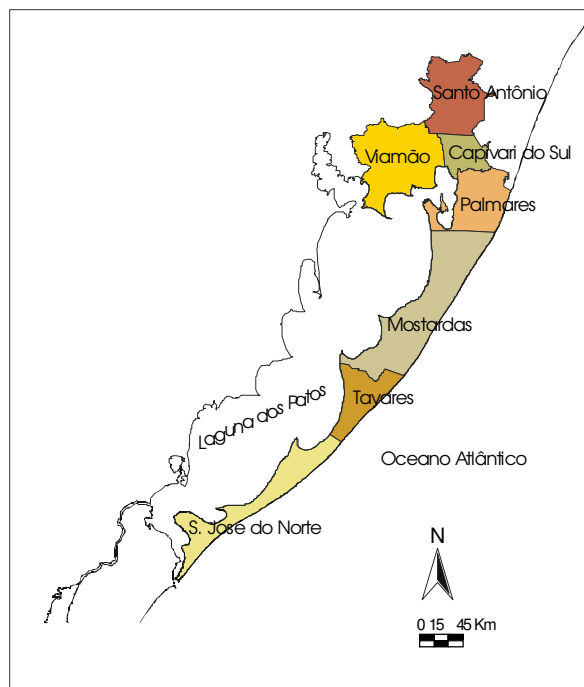


Figura 2 – Municípios que compõem o Litoral Médio Leste, segundo o Projeto GERCO

Fonte:FEPAM

coordenadas $31^{\circ} 00'$ e $32^{\circ} 10'$ de latitude Sul e $50^{\circ} 00'$ e $52^{\circ} 10'$ de longitude Oeste (figura 3).

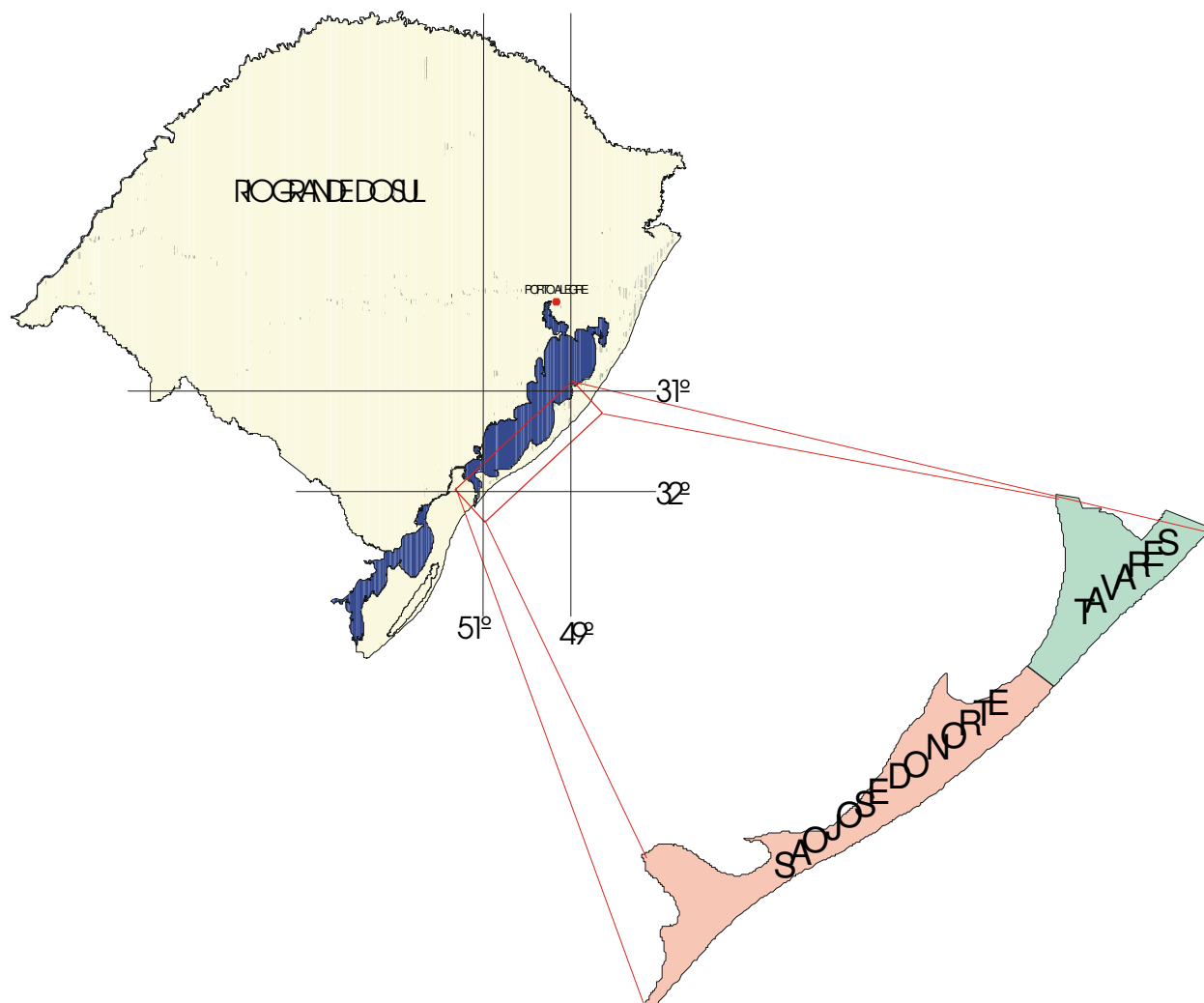


Figura 3 – Mapa de localização da Área de Estudo

O GERCO é um projeto coordenado pelo IBAMA em nível de Brasil e no RS, SC, SP, BA, RN e RJ foi financiado pelo Programa Nacional de Meio Ambiente (PNMA), inserido no programa de Proteção de Ecossistemas. O projeto teve início em 1987, com o objetivo de elaboração do macrozoneamento ambiental, de planos de gestão e do monitoramento das áreas costeiras do Brasil.

No Rio Grande do Sul, para fins de desenvolvimento dos trabalhos a região costeira foi separada em quatro zonas:

Litoral Norte, Litoral Médio Oeste, Litoral Médio Leste e Litoral Sul (ver figura 4).

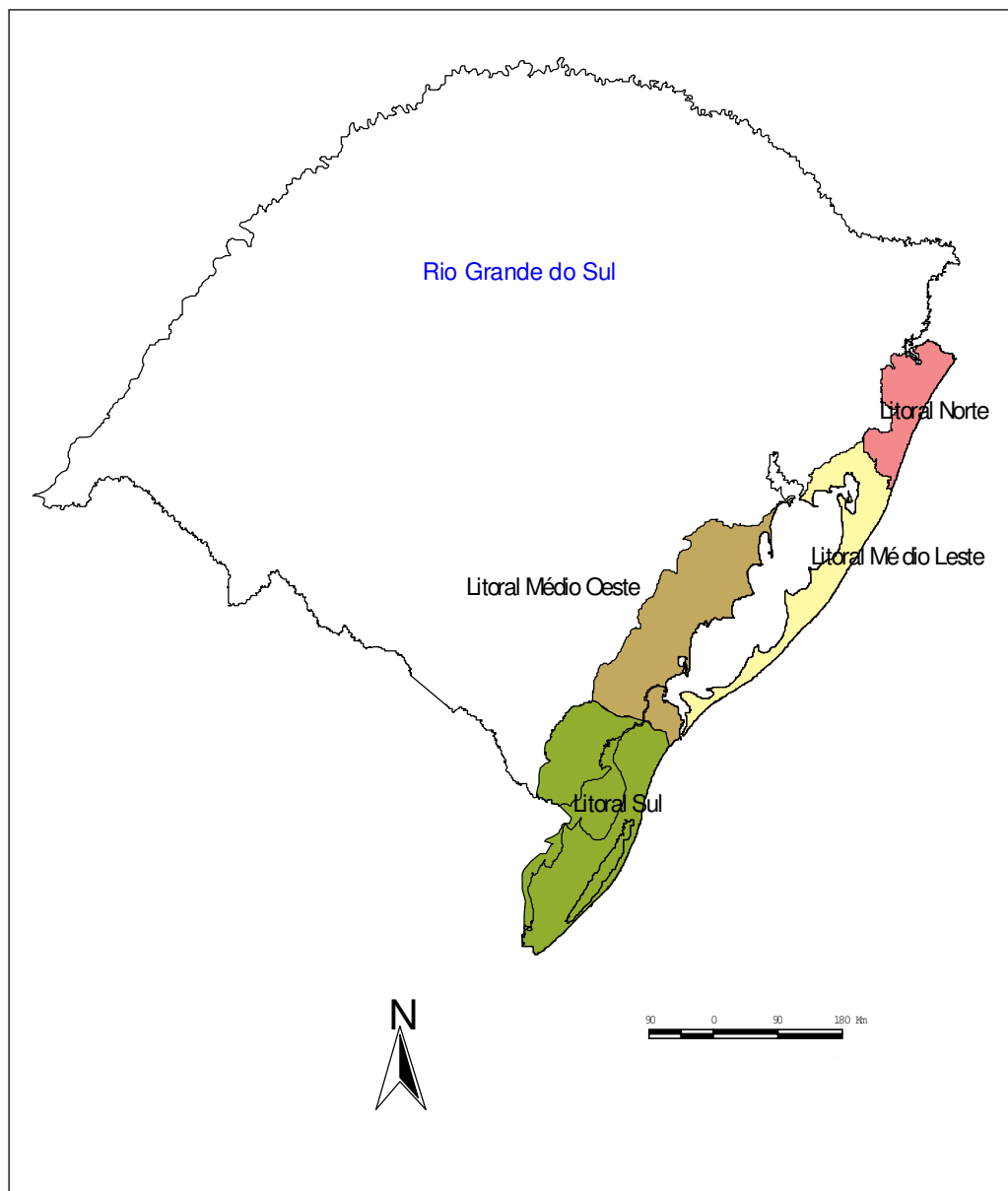


Figura 4 – Divisão do Litoral Gaúcho, segundo o GERCO.

Fonte: FEPAM

O Projeto de Gerenciamento Costeiro (GERCO), no Rio Grande do Sul é desenvolvido pela FEPAM, sob a coordenação já em nível nacional do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente

(IBAMA). Visa auxiliar no planejamento e gerenciamento, de forma integrada, da Zona Costeira.

Esta região corresponde ao Domínio Morfoestrutural dos Depósitos Sedimentares e compreende especialmente litologias do Quaternário, que receberam contribuições de áreas-fontes mistas, ou seja, continental e marinha, registrada pela presença de depósitos aluvionares, material detrítico coluvial, depósitos eólicos subatuais, dentre outros. Pertence a área considerada, geologicamente, como Província Costeira (Secretaria de Planejamento da Pres. da República. Levantamento de Recursos Naturais, 1985).

Geomorfologicamente, este domínio comporta duas regiões: Planície Costeira Interna e Externa.

A planície costeira do Rio Grande do Sul apresenta-se como uma grande planície retrabalhada pelas transgressões e regressões marinhas, condicionadas pela alternância dos períodos glaciais e interglaciais ocorridos no Cenozóico.

De acordo com Godolphim (1976), reuniu-se na Formação Quinta, os sedimentos marinhos, lagunares e eólicos da Planície Costeira do RS, depositados direta ou indiretamente pela ação de oscilações do nível do mar durante o Holoceno.

Parte da Planície Costeira situa-se ao longo da costa marinha e é nela que está situada a área de estudo. Esta parte é denominada de Planície Costeira Externa e caracteriza-se pela presença de dunas. É formada por depósitos sedimentares e marinhos lagunares, eólicos e aluvionares do período Quaternário (Holoceno).

A área de estudo, bem como toda a Planície Costeira do Rio Grande do Sul, encontra-se incluída no clima subtropical úmido, ou seja, incluído no tipo "C" segundo a classificação de Köppen. Caracteriza-se pela média anual de 17,5° C, tendo como meses mais quentes janeiro - fevereiro e junho - julho como meses mais frios.

As precipitações são bem distribuídas ao longo do ano, com predomínio maior no inverno. Os ventos são predominantemente nordeste, fazem com que as árvores isoladas adquiram uma copa deformada.

A vegetação da área encontra-se dentro do conjunto de Áreas de Formações Pioneiras, isto é, vegetação de primeira ocupação. São áreas caracterizadas pela ocorrência de uma vegetação típica das primeiras fases de ocupação do solo, tais como: solos planossolos, aluviais, hidromórficos e mesmo areais, constantemente rejuvenescidos com deposição aluviais e marinhas (durante o Quaternário) (Secretaria de Planejamento da Pres. da República. Levantamento de Recursos Naturais, 1985).

Por estarem sob influência marinha ou fluvial este tipo de vegetação se subdivide em duas formações:

- Área de influência marinha - restinga³
- Área de influência fluvial

³ Palavra empregada mais comumente no sentido geomorfológico para designar as línguas de areia marginais a costa primitiva de pequena elevação e com largura regularmente por longas distâncias (Waechter, 1985).

Para LAMEGO (1940), restinga é uma faixa arenosa entre uma baía ou lagoa e o oceano.

Fitogeograficamente, o termo restinga é empregado para designar todas as formações que cobrem as areias holocênicas desde o oceano ou apenas a formação lenhosa, arbustiva ou arbórea, geralmente mais para o interior (RIZZINI, 1979).

A vegetação de restinga ocupa uma estreita faixa de areia ao longo do litoral. Esta vegetação recobre a maior parte dos depósitos eólicos, representado por dunas fixas ou móveis atuais, compostas por areias finas e médias e outros depósitos ao longo da costa.

Nas áreas de influência da salinidade temos espécies vegetais pobres, ralas e rasteiras como: espartina, grama-rasteira, marcela-graúda e outras.

Após a faixa de praia, onde ocorrem as dunas móveis, com reduzidas condições de fixação encontra-se vegetação escassa.

As áreas de banhados são recobertas na sua maior parte por juncos, grama-branca, rainha-dos-lagos e outras. Nas áreas brejosas desenvolvem-se pequenos capões formados por espécies higrófitas.

Junto às dunas fixas e semimóveis em locais úmidos encontram-se pequenos e médios capões arbustivos e arbóreos, geralmente formando cordões paralelos ao litoral.

Nas áreas secas encontra-se uma vegetação campestre rala formada por gramíneas e ciperáceas.

Nas áreas situadas junto à Laguna dos Patos encontra-se a vegetação pertencente a área de influência fluvial. São áreas pertencentes ao período Quaternário e estão constituídos por depósitos aluvionares, areias e sedimentos siltico-argilosos de planície de inundação, terraços e depósitos de calha fluvial.

Junto à Laguna encontram-se gravatás, banana-do-mato, cactos nas partes mais secas, entre outras. Ali, também, encontra-se grande quantidade de epífitas.

Próximo aos lagos ocorrem as dunas que avançam até pontais arenosos, que estão cobertos por ralos e pobres campos gramíneos, ora cobertos por capões arbóreos.

Quanto à hidrografia, destaca-se pelo considerável número de corpos d'água que ocorreram sob forma de lagoas e lagunas.

A área de estudo pelas características que apresenta, necessita de orientação, planejamento e gerenciamento no que tange à ocupação e ao desenvolvimento de atividades econômicas, para que futuramente seus ecossistemas sejam preservados e possa ocorrer desenvolvimento em equilíbrio com o meio ambiente. Isto é, desenvolvimento econômico e social ecologicamente sustentável.

A fragilidade do Litoral Médio Leste gaúcho, não é só em função da ação antrópica mas, também, devido a fragilidade do meio físico. Para Tomazelli *et all* (1996), a margem leste, banhada pelo Oceano Atlântico, sofre efeitos de uma dinâmica costeira onde se soma a ação das ondas, das correntes litorâneas, dos ventos e das marés. Ao longo de toda a linha de costa, é marcante o processo de erosão que a atinge e cujas causas necessitam ser melhor avaliadas.

3.2 - Parque Nacional da Lagoa do Peixe

O Parque Nacional da Lagoa do Peixe criado em 1986, pelo Decreto Federal nº 93.546, abrange 34.400 hectares (ha) dos municípios de Tavares e Mostardas.

A Lagoa do Peixe é uma das raras lagoas salgadas do Estado Gaúcho. A lagoa tem comunicação temporária com o oceano e suas águas são rasas (a profundidade varia de 10 a 60 cm).

O parque serve de abrigo para um ecossistema ímpar no mundo, onde pode-se encontrar mais de 182 tipos de aves. Ali é possível observar flamingos em qualquer época do ano.

Embora ainda não esteja totalmente regularizado serve de abrigo e fonte de alimento para 500 mil aves migratórias que o visitam durante o ano. Esta grande movimentação de aves atrai muito turista e pesquisador do mundo inteiro para o Parque.

As ameaças à este ecossistema são constantes. Uma das ameaças são os grandes florestamentos de pinus. Nestes, além do vento arrastar as semente para todos os lugares expandindo as áreas de florestamento, também ocorre o empobrecimento do solo devido a presença de uma resina que contamina o lençol freático, que nesta região encontra-se a pouca profundidade. Se não bastasse esta constante ameaça, pescadores de várias partes do país, durante o ano todo, tentam pescar, predatóriamente, camarão na Lagoa, mesmo estando esta prática proibida por lei.

O entorno do Parque da Lagoa do Peixe também é área protegida, ou seja, faz parte da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica do Rio Grande do Sul.

Em 21 de junho de 1992 ocorreu o tombamento da Mata Atlântica e Ecossistemas associados no Rio Grande do Sul conforme publicação no Diário Oficial do Estado.

O tombamento consiste num instrumento jurídico que objetiva manter a diversidade biológica dos remanescentes do Domínio da Mata Atlântica. A área tombada inclui as unidades de conservação e seu entorno.

A Reserva da Biosfera do Rio Grande do Sul, foi reconhecida em 4 de junho de 1994, pelo conselho do Programa O Homem e a Biosfera - MAB da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Culturas (UNESCO).

Em nível de Brasil a Reserva Biosfera da Mata Atlântica (RBMA) abrange 14 Estados localizados na costa brasileira, desde Ceará até o Rio Grande do sul.

A RBMA é zoneada em três categorias, buscando assim adequação as praticas de manejo a cada zona (figura n 5).

As Reservas da Biosfera em todo o mundo tem sua sustentação no programa MAB da UNESCO, desenvolvido em conjunto com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), com a União Mundial para a natureza (UICN) e agências internacionais de desenvolvimento.

A zona núcleo é de máxima restrição. São as Unidades de Conservação constituídas legalmente (parques, reservas, etc.) e áreas de proteção permanente (encostas, topos de morros, etc.). As restrições foram estabelecidas na sua criação. É proibido o corte e a exploração da vegetação. Suas

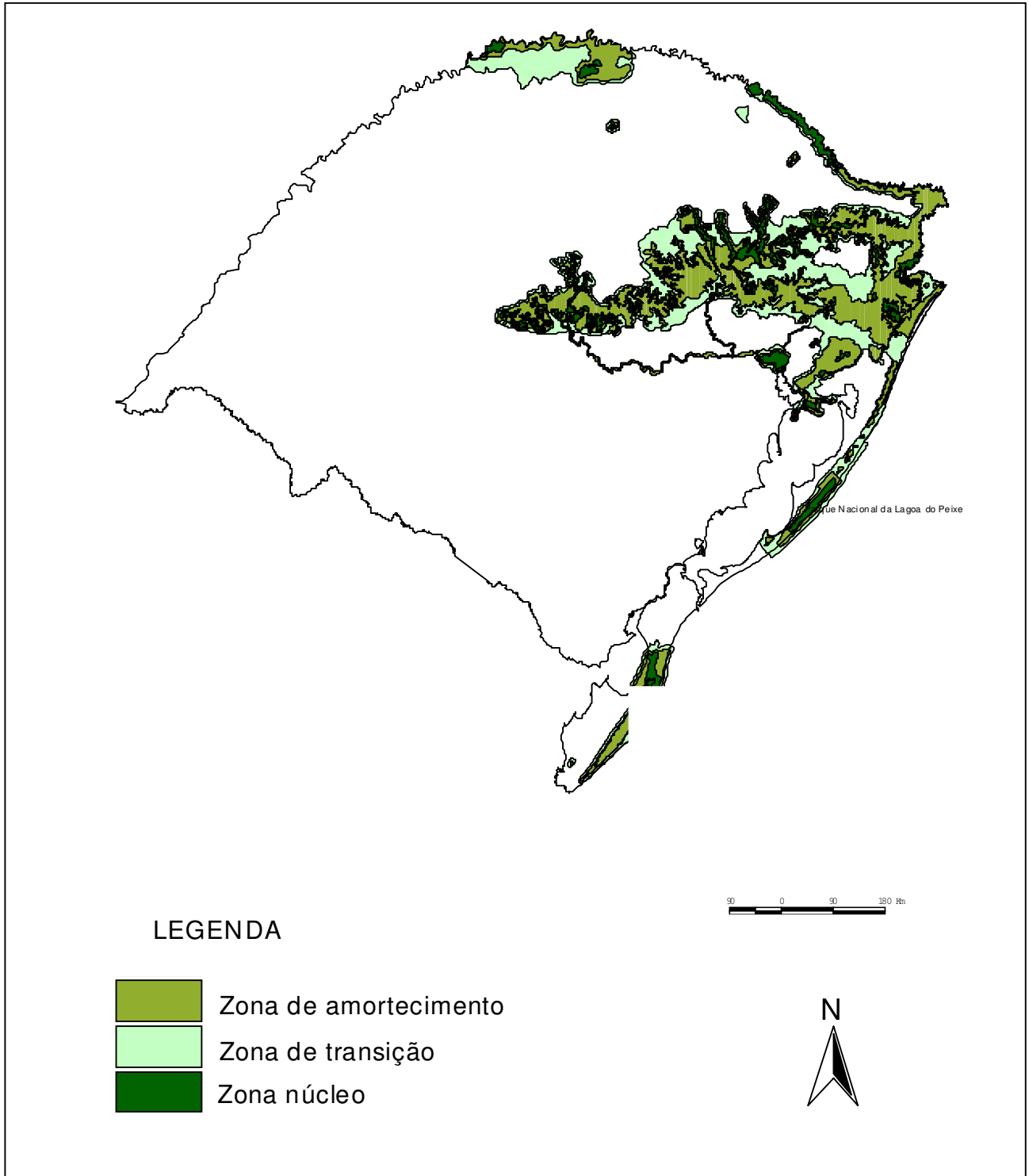


Figura 5 - Reserva da Mata Atlântica no Rio Grande do Sul

potencialidades são o ecoturismo, educação ambiental e pesquisa científica em local que se admite tal uso.

A zona de amortecimento, também chamada de tampão, envolve as zonas núcleo e como estas constitui as áreas tombadas. As atividades desenvolvidas nesta zona devem garantir a integridade da zona núcleo, por isso é proibido:

- O corte e a exploração da floresta primária e secundária em estágio médio e avançado de regeneração;

- O corte da vegetação nas áreas de preservação permanente, reservas florestais, ocorrência de associação de vegetais relevantes, endêmicas ou ameaçadas de extinção, sítios de ocorrência de importância para a reprodução e sobrevivência da fauna nativa, ocorrência de conjuntos de importância histórica, artística ou sítios arqueológicos incluindo seus entornos imediatos com dimensões e características que são estabelecidas caso a caso;

- A coleta, o comércio e o transporte de plantas ornamentais oriundas de florestas nativas;

- A prática de queimadas para manejo agrossilvopastoril.

Nesta zona é permitida a extração de maneira sustentada das florestas nativas. Deve-se respeitar as classes de uso do solo nas atividades. Os agrotóxicos devem ser evitados. Não e drenagem devem garantir a perenidade e a qualidade dos recursos hídricos. As obras de aterro devem garantir a estabilidade das encostas.

Devido as características desta zona as atividades agroflorestais, agricultura ecológica, ecoturismo, de reposição da cobertura original são favorecidas, bem como o aproveitamento econômico de espécies florestais e pesquisa científica, tendo como prioridade e uso sustentado dos recursos naturais.

A zona de transição é a área mais externa da reserva e não possui instrumento legal de proteção específico. Em seus domínios privilegia-se o uso sustentado da terra e recuperação das áreas degradadas.

3.3 - Método

Para melhor atingir os objetivos propostos, a metodologia foi estruturada em três etapas. A primeira etapa, refere-se a produção de informações através de técnicas de sensoriamento remoto. A segunda etapa, refere-se a digitalização e edição dos mapas previamente elaborados em SIG. E a terceira etapa, trata do cruzamento dos dados para a obtenção de novas informações em SIG.

1º Etapa - Elaboração do levantamento do uso atual do solo.

1 - Este foi realizada a partir de imagens multiespectrais TM Landsat, de novembro de 1995, bandas 3, 4 e 5 em meio analógico existente na FEPAM, e atualizado pelas imagens TM Landsat, de janeiro e junho de 1997, nas bandas 3, 4 e 5 em formato digital, cedida pelo Instituto de Geociências. Ainda foram utilizadas as cartas topográficas do

DSG e levantamento de campo para confirmação das informações processadas em laboratório. Para realização deste levantamento do uso atual do solo foram realizados os seguintes passos.

2 - Definição das categorias de uso

Para a realização do trabalho foram definidas as seguintes categorias de uso agrícola e não agrícola da terra: áreas de florestamento, vegetação restinga, vegetação, cultivo e campo, banhados e áreas alagadas, áreas arenosas, corpos d'água e área urbana.

3 - Georreferenciamento de imagens:

As imagens em formato digital foram georreferenciadas, isto é, as entidades geográficas são referenciadas espacialmente ao terreno por meio de sua localização fazendo uso do sistema de coordenadas, no caso UTM. Foram utilizadas para a obtenção dos pontos de controles as cartas topográficas do DSG na escala 1:50.000. Escolha da melhor imagem para realizar a classificação supervisionada (menor cobertura de nuvens e maior visibilidade da Lagoa do Peixe).

4 - Classificação Digital

Para a realização da classificação digital foi utilizado o algoritmo de máxima verossimilhança ⁴(**Maximun Likelihood Rule**). Neste método, nos locais onde ocorre confusão entre classes, os valores são atribuídos à classe com maior probabilidade de ocorrência. A rotina de classificação envolveu o fornecimento de amostras (assinaturas espectrais)

⁴A classificação por este algoritmo faz uso de uma função de probabilidade para calcular a probabilidade de cada pixel pertencer a cada uma das classes de interesse, onde se atribui à classe de maior probabilidade, de acordo com o comportamento espectral das classes amostradas.

de cada classe temática. As amostras utilizadas foram identificadas *in loco* e em estudos sobre a área, envolvendo as mais variadas formas de ocorrências de cada classe, buscando uma maior precisão. Realizada a classificação em laboratório, fez-se necessário uma avaliação em campo para confirmar a veracidade das informações processadas (figura 6).

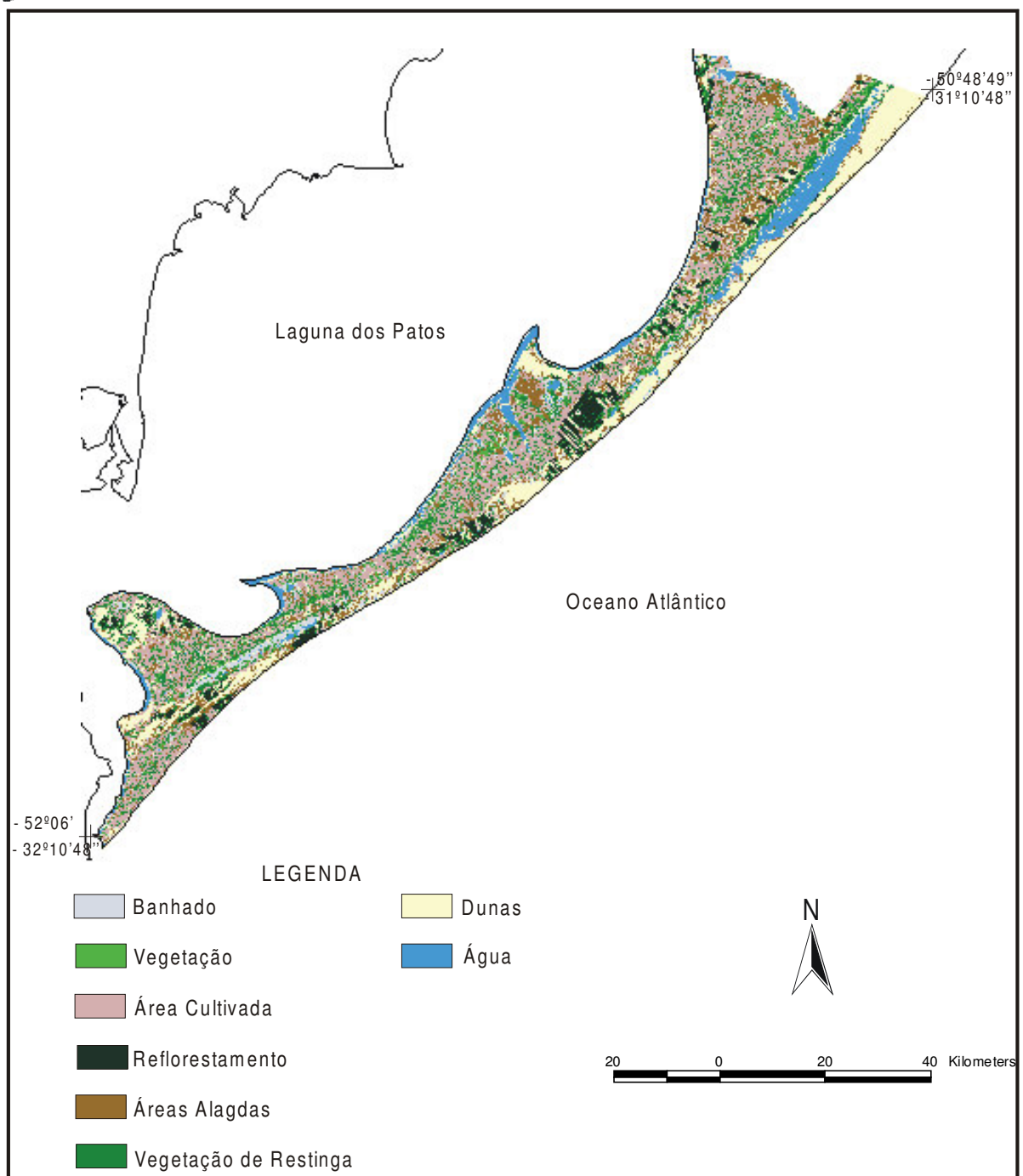


Figura 6 – Uso do solo gerado pela classificação da imagem LANDSAT digital.

Um ponto fundamental no processo de classificação é a avaliação da exatidão da imagem produzida. Este processo envolveu a identificação de um conjunto de pontos amostrais que foram visitados no campo. Foi verificada a cobertura do solo encontrada em campo e então comparada à que foi mapeada na imagem para os mesmos locais. Desta forma as avaliações estatísticas de exatidão foram derivadas para toda a área de estudo.

2º Etapa - Digitalização de mapas previamente elaborados.

1 - Mapa de uso do solo

Digitalização do mapa de uso da terra, proveniente da interpretação visual da imagem analógica de 1995 (TM Landsat, bandas 3, 4 e 5). Esta classificação (interpretação visual realizada sobre a imagem analógica) foi realizada por uma equipe contratada pela FEPAM.

Edição e transformação em formato raster do mapa de uso do solo anteriormente digitalizado.

Mapa de uso atual da terra (figura 6A), resultante da digitalização do uso da terra de 1995 e atualização realizada pela classificação da imagem TM Landsat, bandas 3, 4 e 5 de junho de 1997.

2 - Mapa de Pedologia

Este foi gerado a partir do mapa existente no RADAM. O mapa foi digitalizado matricialmente (scanerizado) e depois vetorizado na tela do computador. Após a digitalização, foi editado, georreferenciado e transformado em formato raster em

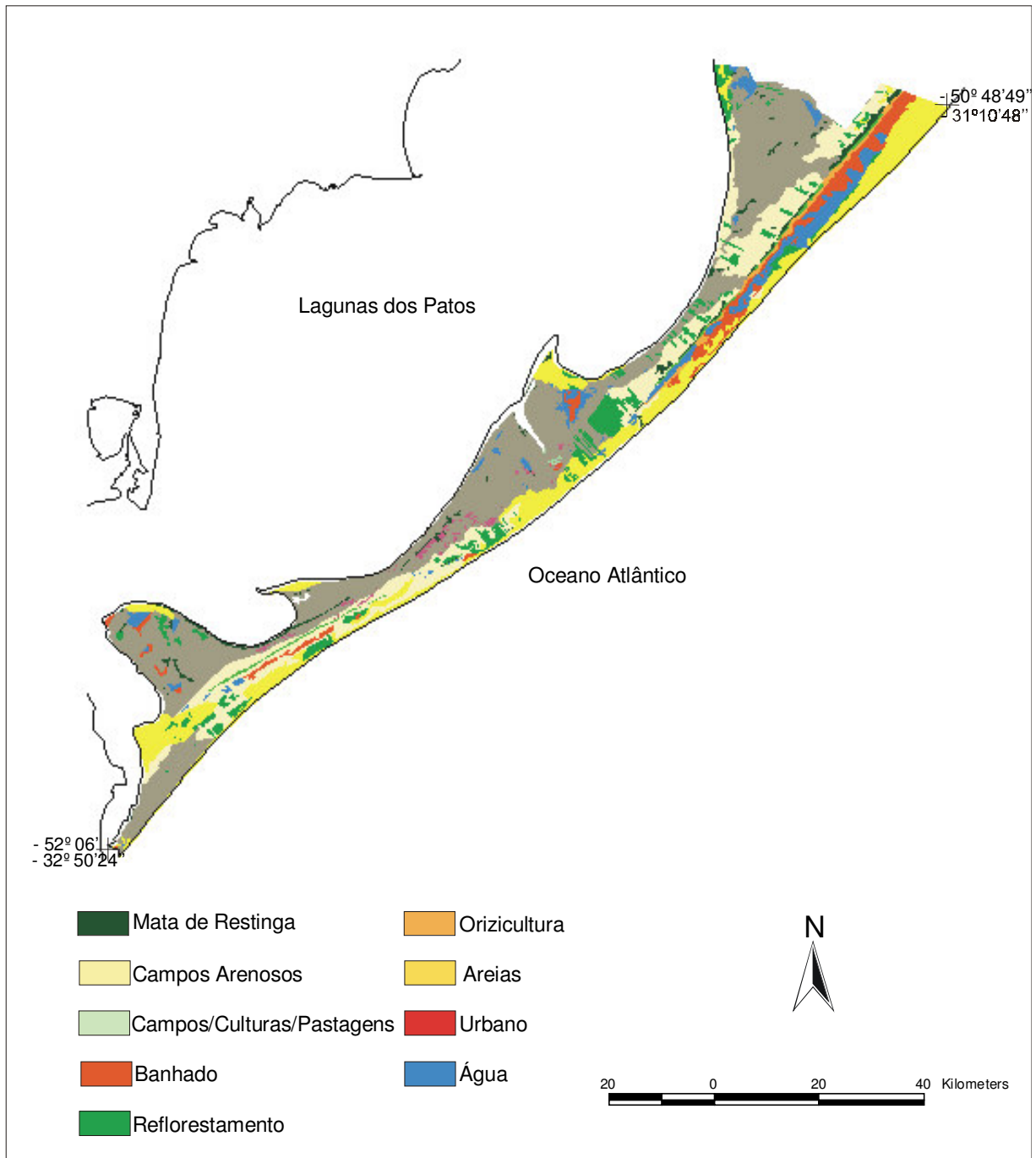


Figura 6A – Mapa de uso do terra elaborado a partir de interpretação de imagem LANDSAT analógica.

ambiente SIG. A unidades de solos existentes na área estão ilustradas na figura 7.

3 - Mapa de Declividade

Os dados de declividade foram gerados a partir da interpolação dos pontos cotados, através do módulo INTERCON, do **software** Idrisi. As Classes de declividade utilizadas foram: 0 a 3%, 3 a 8%, 8 a 12%, 12 a 20%, e maior que 20%. Porém devido ao tipo de relevo ali existente, apenas as duas

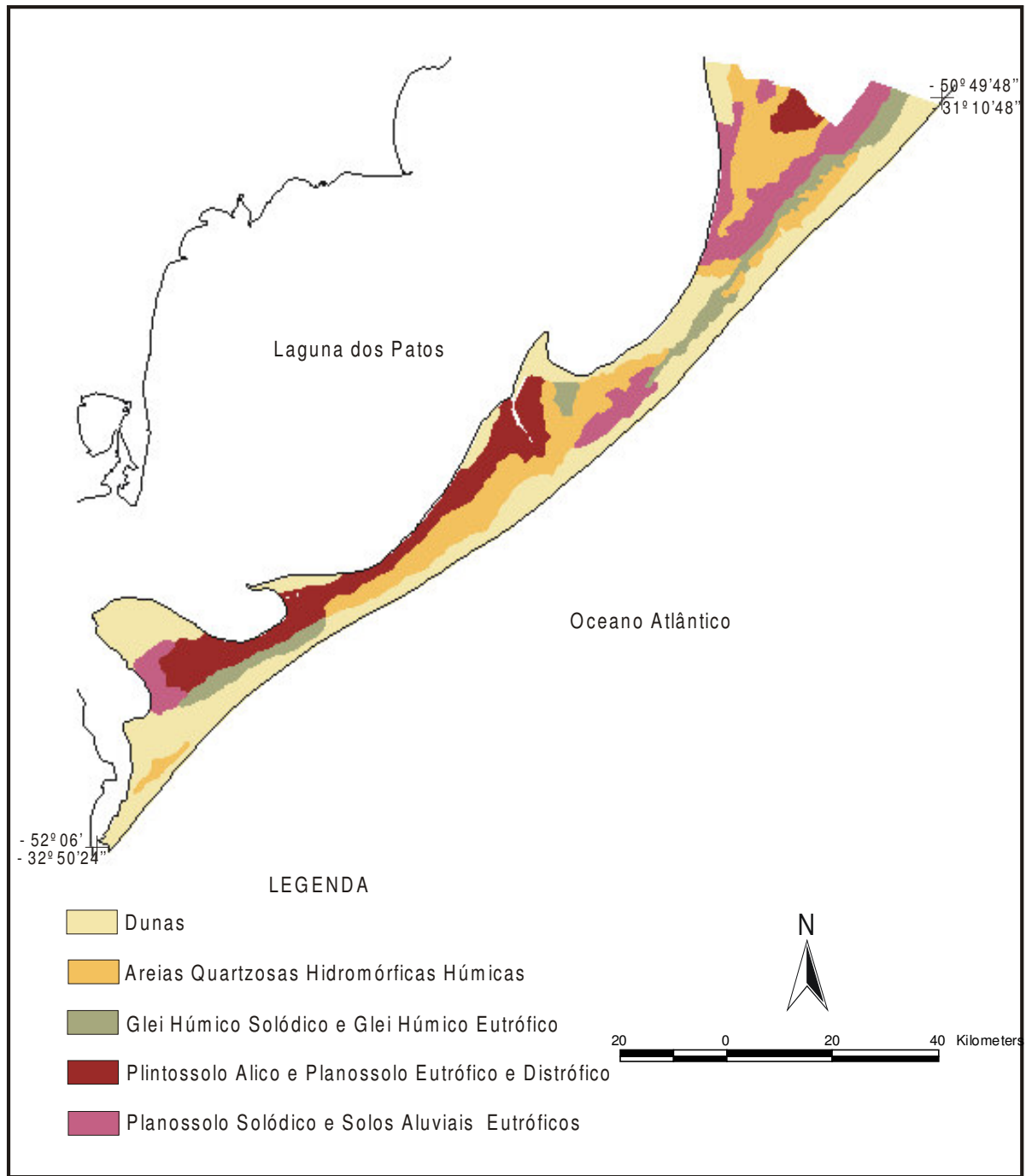


Figura 7 – Mapa de Pedologia

primeiras classes tiveram ocorrência. O mapeamento em classes de declividade indica que a área de estudo está localizada numa região muito plana onde predomina declividades ente 0 e 3%. Sendo, portanto, irrelevante expor o mapa de declividade. Porém, foi imprescindível no desenvolvimento do trabalho.

4 - Mapa de geomorfologia

Com relação a geomorfologia a planície é resultado da evolução de vários sistemas deposicionais do tipo "laguna-barreira" desenvolvidos sob o controle das flutuações do nível do mar ali transcorridos durante o quaternário.

O mapa de geomorfologia (figura 8) utilizado neste trabalho foi elaborado, em meio analógico, pelo prof. Jorge A. Villwock e prof. Luiz Tomazelli.

Os dados analógicos foram transformados em digitais via mesa digitalizadora. Posteriormente os dados digitalizados foram transformados em raster par viabilizar sua utilização no cruzamento de fatores.

5 - Mapa de geologia

O mapa de geologia utilizado foi fornecido pelo Centro de Ecologia, já em meio digital e em formato raster. Os dado geológicos pertencentes a área de estudo estão detalhados na figura 9.

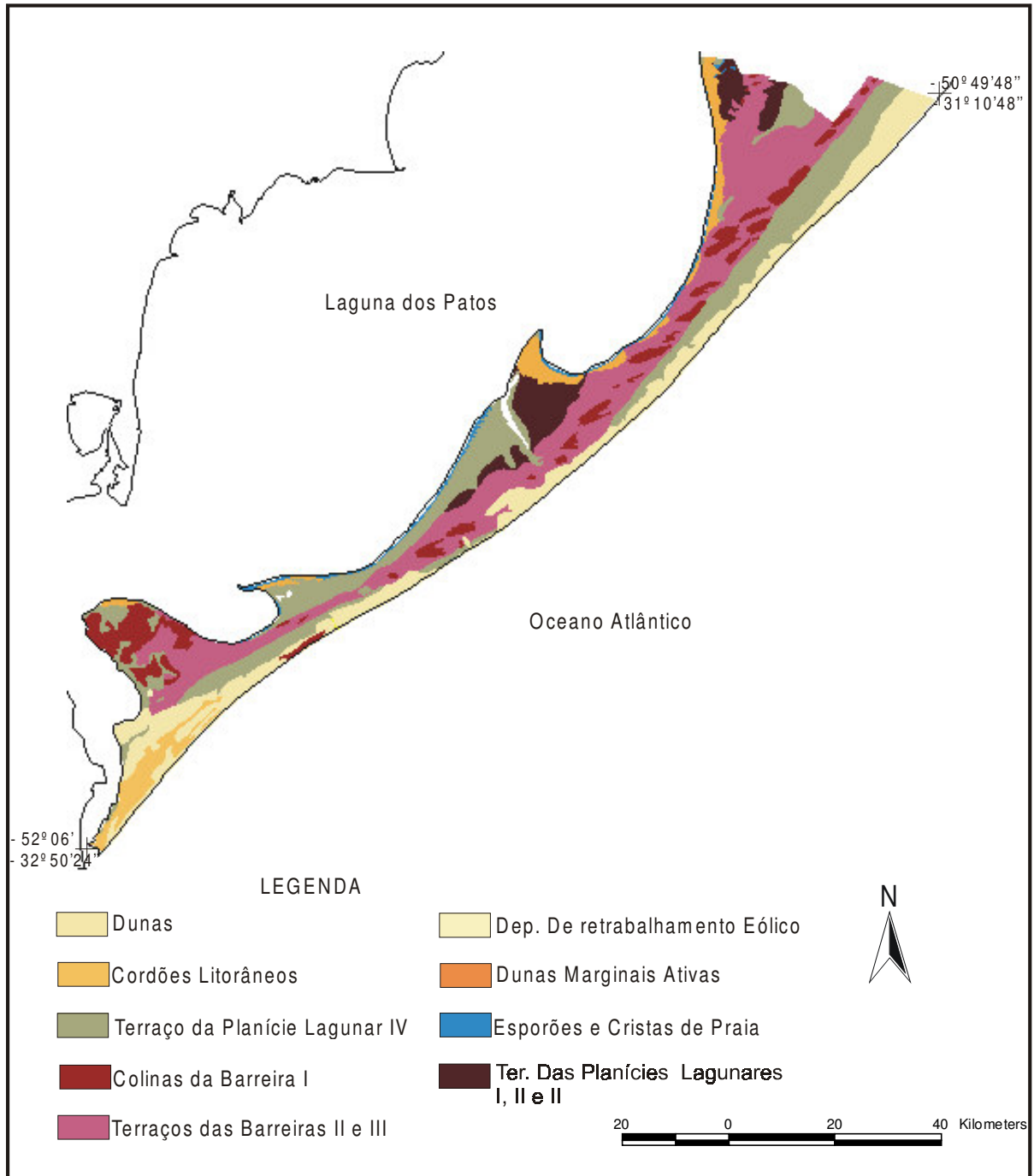


Figura 8 – Mapa de Geomorfologia

6 – Mapa de vegetação

mapa de vegetação gerado a partir de uma interpretação visual sobre uma imagem de satélite falsa cor analógica, foi

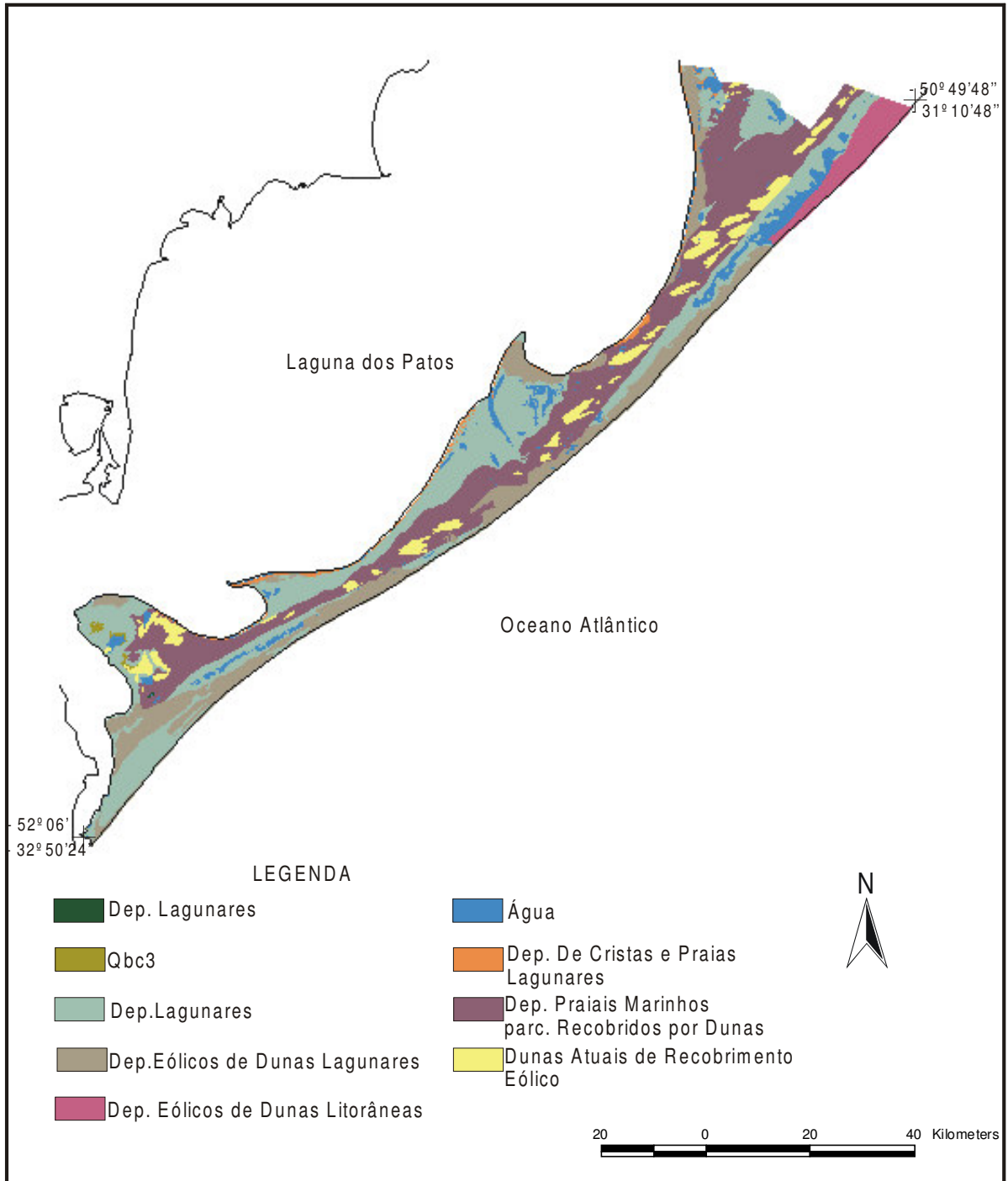


Figura 9 – Mapa de Geologia

realizado por consultores contratados pela FEPAM, em 1995. O resultado foi um mapa analógico dos tipos de vegetação da área. Este mapa (figura 10) foi digitalizado e rasterizado

para poder viabilizar sua utilização como fator a ser cruzado. É composto das seguintes classes:

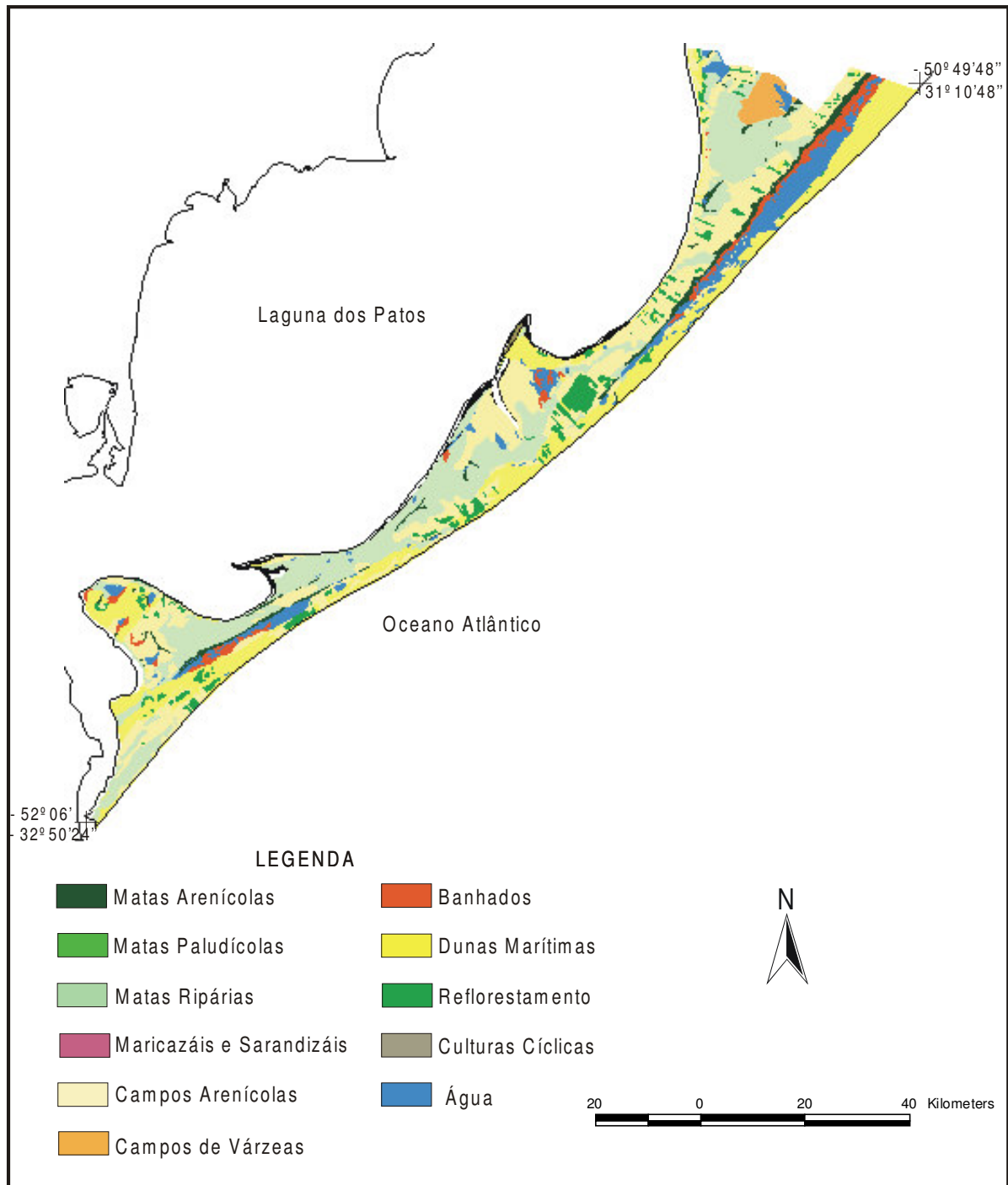


Figura 10 - Mapa de Vegetação

1- Matas arenícolas - compostas por pequenos fragmentos florestais.

2- Matas paludícolas - matas situadas em áreas deprimidas da planície litorânea em condições de umidade e com lençol freático aflorando em determinadas épocas do ano e solo com maior teor de matéria orgânica das secas.

3- Matas ripárias (ciliar)- acompanham os arroios e rios e dependendo da extensão do curso d'água, seu porte é mais desenvolvido (arbóreo).

- 4- Maricazais/sarandizais
- 5- Campos arenícola/inundáveis
- 6- Banhados
- 7- Culturas cíclicas anuais/pastagens
- 8- Dunas
- 9- Florestamento/reflorestamento
- 10- Lagoas/cursos d'água

3º Etapa - Cruzamento

1 - Geração do mapa de capacidade de uso

A elaboração do mapa de capacidade de uso da terra envolveu os fatores: declividade e pedologia.

Onde a declividade atua como fator condicionante do relevo da área, definindo o potencial e as limitações a determinados usos e culturas.

A pedologia também é um agente natural condicionante, porém, passível de ações que auxiliam no aumento da produtividade, a custos adicionais. O cruzamento dessas informações foi realizado através de rotinas disponíveis em **software** de **SIG**.

2 - Geração do mapa de adequação de uso

Os mapas temáticos de uso da terra e capacidade de uso da terra foram cruzados para obtenção de áreas de adequação de uso da terra. O resultado foi um mapa de adequação de uso da terra, onde as terras foram enquadradas nas seguintes categorias: ausência de adequação, baixa adequação, média adequação e alta adequação.

3 - Geração do mapa de índices de vulnerabilidade física

Este foi obtido através do cruzamento (por regra de decisão) dos seguintes indicadores:

- Mapa de uso da terra, no qual o principal indicador é a "superfície exposta", entendida como a porção da área onde se encontra área construída e áreas sem cobertura de mata natural ou plantada (florestamento);

- mapa de vegetação;

- mapa de adequação;

- Mapa de geologia;

- Mapa de geomorfologia.

Após a determinação do mapa de índices de vulnerabilidade do meio físico foi adicionado dois fatores restritivos criados pela legislação ambiental existente, quais sejam:

- mapa de legislação (onde está representada a mata ciliar que por lei deveria existir no entorno dos rios e corpos d'água).

- Mapa do zoneamento da Mata Atlântica determinada pela RBMA.

Mediante a determinação do índice de vulnerabilidade física, foi analisado a fragilidade da área mediante a ação antrópica e foi proposta uma orientação para ocupação e uso para as áreas considerados críticas no que se refere à preservação ambiental e a ocupação segundo leis vigentes. Para tanto foram utilizados os mapas temáticos elaborados neste estudo, a legislação vigente e a bibliografia existente sobre o assunto.

3.3 - Materiais

- **Hardware** e periféricos como: impressora, mesa digitalizadora, etc.
- Programas disponíveis e passíveis de ocupação: Arc-info; Idrisi, AutoCAD e outros para edição final como o Corel Draw, etc.
- Equipamentos disponíveis nas dependências da CEPSRM e FEPAM.
 - Imagens Landsat
 - Cartas do mapeamento sistemático da DSG, na escala 1: 50.000.
 - GPS - **Global Positioning Systems**

4.RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1- Capacidade de uso da terra

A capacidade de uso indica o grau de intensidade de cultivo que pode aplicar-se em um terreno sem que haja perdas do solo devido a degradação.

Neste sentido a capacidade de uso da terra é um dos fatores a ser cruzado para a geração dos índices de vulnerabilidade física da área. Para obtê-los foi necessário cruzamento dos dados de declividade com os de pedologia.

Na área de estudo a declividade predominante está entre 0 a 3%, ou seja, predominantemente áreas planas. Estas abrangem uma área de 1780,3 km² dos 1784.95 km² da área total; restando apenas 4.65 km² pertencente à classe 3 a 5%. Caracterizada desta forma, a declividade não é fator condicionante na degradação do solo quando analisada separadamente.

No que tange a pedologia, os solos ali encontrados são pobres e pouco desenvolvidos e resultam de deposição recente, portanto material não consolidado. As unidades de solos

identificadas na área , bem como suas características e abrangência estão relacionada na tabela 1.

Tabela 1 - Área de abrangência em Km² das unidades de solo

Tipos de solo	Abrangência km ²	Características
Dunas	694.65	Origem quase que exclusivamente de deposição de material quartzoso, de origem eólica, sem cobertura vegetal que os tornem fixos.
Areias Quartzosa Hidromórfica Húmica (AQHH)	407.16	São solos que apresentam mais de 16kg de carbono orgânico p/m ² a 1 metro de profundidade. Solos com baixa e pequena capacidade de retenção de água e nutrientes, alta suscetibilidade à erosão. Apresentam baixa saturação de bases.
Glei Húmico Solódico e Eutrófico* (GHSE)	149.14	São solos que apresentam características semelhantes as areias quartzosas. São solos que apresentam saturação por sódio de 6 a menos de 15%. *Estes solos apresentam limitações quanto ao excesso de água (deficiência de oxigênio e impedimento a mecanização.
Plintossolo Àlico e Planossolo* Eutrófico/ Distrófico (PAPED)	279.91	São solos de drenagem moderada a imperfeita, com horizonte plíntico. E apresenta altos teores de alumínio troçável. *Solos imperfeitamente ou mal drenados encontrados em várzeas, com relevo plano a suave ondulado e quando possuem alta saturação de base (+ de 50%) são Eutróficos e quando a saturação é menos de 50% são considerados Distróficos.
Planossolo Solódico e Solos* Aluviais Eutróficos (PSSA)	247.63	Solos que apresentam altos teores de sódio o que os torna limitados para a agricultura. *São solos de textura indiscriminada, relevo plano substrato de sedimentos fluviais recentes.

Para a determinação da capacidade de uso da terra foi utilizado o sistema de capacidade de uso da terra dividido em classes, subclasses e unidades. O esquema do sistema representado na figura 11 foi adaptado de Peralta(1963).

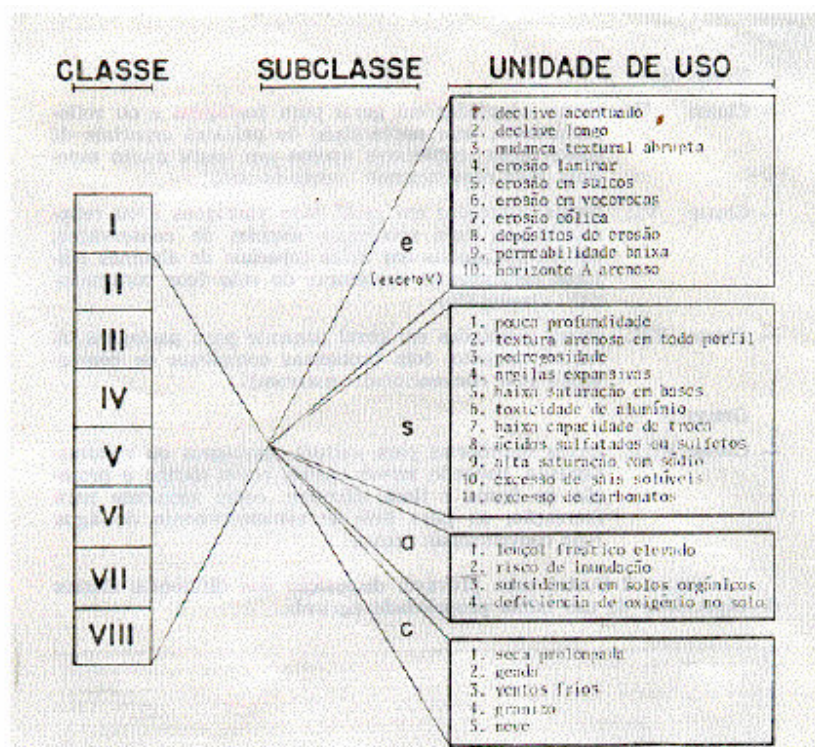


Figura 11 – Sistema de capacidade de uso do terra.

O mapa de capacidade de uso da terra foi obtido a partir do cruzamento via Crosstab do **software** IDRISI das limitações dadas pela declividade e pelos solos, conforme apresentado na tabela 2. O resultado deste cruzamento, é o mapa de Capacidade de uso da terra esta representada na figura 12.

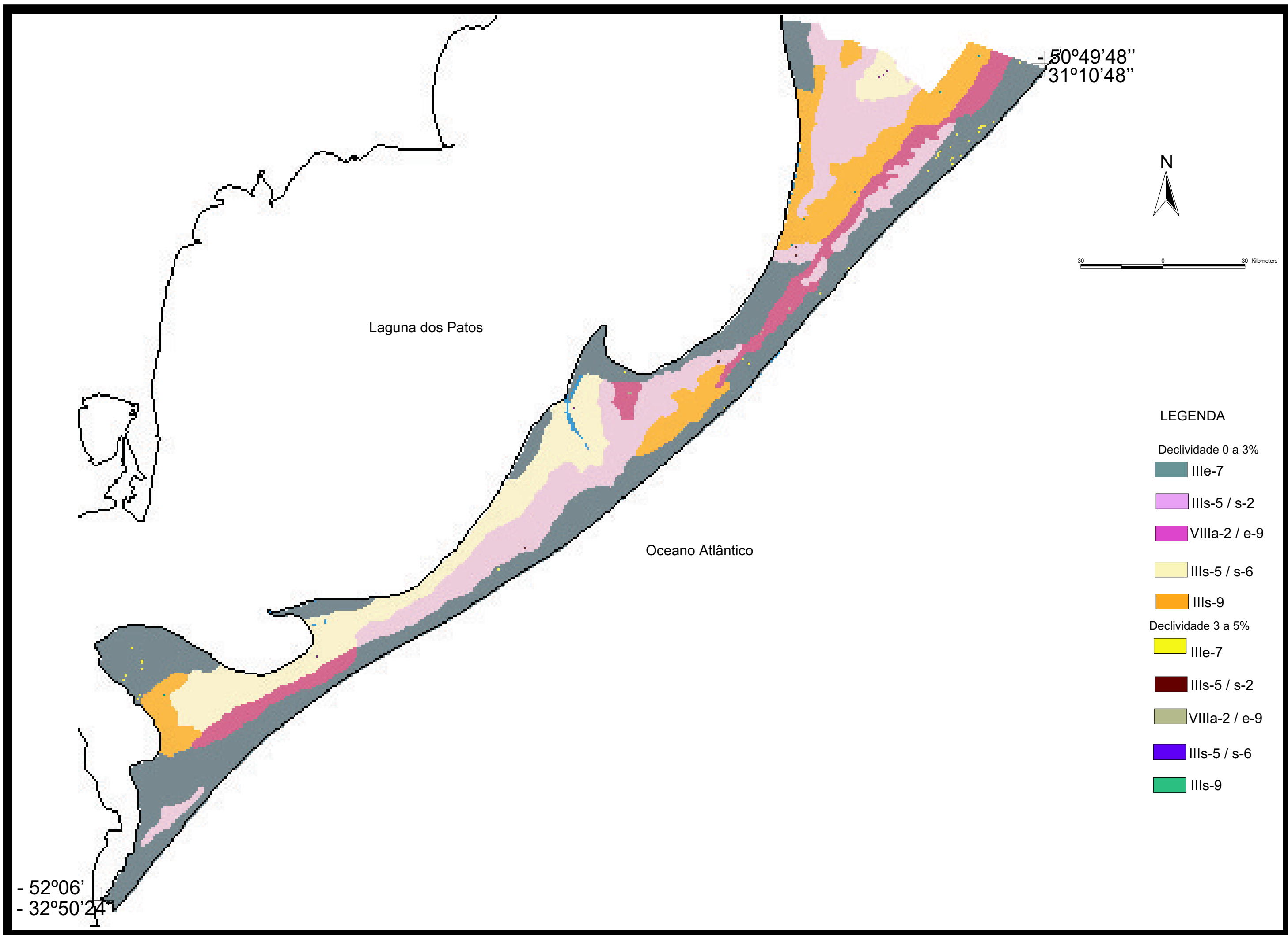


Figura 12 - Mapa de capacidade de uso da terra

Tabela 2 - Determinação da unidade de capacidade de uso pelo cruzamento das limitações dadas pelos solos e declividades

Unidade de Solo	Declividade	Abrangência Km ²	Declividade	Abrangência Km ²
	0-3%		3-5%	
Dunas	IIIe-7	692.19	IIIe-7	2.45
AQHH	IIIs-5, s-2	406.61	IIIs-5, s-2	0.45
GHSE	VIIIa-2, e-9	148.63	VIIIa-2, e-9	0.51
PAPED	IIIs-5, s-6	279.47	IIIs-5, s-6	0.45
PSSA	IIIs-9	246.91	IIIs-9	0.72

Na classificação da capacidade de uso da terra foram identificadas duas classe III e a classe VIII; subdivididas em 7 unidades diferentes, conforme descrito na tabela 3.

Tabela 3 - Classificação no sistema de capacidade de uso

Classe III	Terras passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens ou reflorestamento, com problemas complexos de conservação do solo.
Unidades	IIIe-7 - localizada entre as declividades 0 a 10%, apresentando como principal limitação a forte erosão eólica.
	IIIs-5, s-2 - localizada entre as declividades 0 a 10%, apresenta baixa saturação em base e textura arenosa em todo o perfil.
	IIIs-5, s-6 - localizada entre as declividades 0 a 10%, apresenta baixa saturação em bases e alto teor de alumínio.
	IIIs-9 - localizada entre as declividades 0 a 10%, solos mal drenados e apresentam alto saturação em sódio o que tornam impróprios para a agricultura.



Figura 13 - Mapa de adequação de uso da terra

Classe VIII	Terras não adequadas para cultivo anuais, perenes, pastagens e reflorestamento, apropriada para proteção de fauna silvestre e flora, recreação e armazenamento de água.
Unidade	VIIIa-2, e-9 - localizada entre as declividades 0 a 10%, apresenta risco de inundação e baixa permeabilidade.

4.2 - Fator Adequação de uso da terra

Adequar o uso à capacidade da terra produzir é uma das praticas mais importantes para não degradar o solo e dele retirar o seu máximo.

A adequação do uso da terra é resultado do cruzamento dos dados de uso atual da terra e de capacidade de uso da terra.

O resultado deste cruzamento realizado através do modulo Crosstab, do Idrisi; é representado pela figura 13. Os dados relativos as quatro classes geradas neste cruzamento estão relacionados na tabela 4.

Tabela 4 - Área de abrangência das classes de adequação de uso da terra.

Classe de adequação de uso	Área abrangida km ²
Ausência de adequação	547.70
Baixa adequação	523.47
Média adequação	465.95
Alta adequação	209.09

4.3 - Geração dos índices de vulnerabilidade do meio físico

A determinação do índice de vulnerabilidade do meio físico é um dos fatores mais importantes para planejamento de uso e ocupação do solo. É o primeiro passo em direção a um desenvolvimento com racionalidade, ou seja, o homem terá condições de planejar a intensidade de suas atividades e ações de acordo com a capacidade de suporte do meio físico.

Desta forma é evidente que a identificação destes índices implica numa mudança de organização e sobretudo planejamento de ações antes de realizá-las. É necessário antes de qualquer coisa analisar as condições oferecidas pelo meio físico para poder extrair o máximo dele sem degradá-lo.

O mapa de índices de vulnerabilidade do meio físico foi gerado a partir do cruzamento, via regra de decisão, dos seguintes fatores:

- Fator uso da terra;
- Fator vegetação;
- Fator de adequação de uso da terra;
- Fator geologia;
- Fator geomorfologia.

Uma vez gerados, os fatores serão utilizados no processo de tomada de decisão.

Buscando entender melhor o processo de decisão, é importante definir o que é regra de decisão. Neste contexto, regra de decisão é o procedimento pelo qual os critérios são

combinados para obter uma avaliação específica e através do qual diferentes fatores são cotejados para tomada de decisão final. A regra pode ser simples, envolvendo apenas um limite básico, ou basear-se na comparação entre vários fatores em avaliação por múltiplos critérios. A regra de decisão apoia-se basicamente em um índice composto e o relacionamento de como as varias possibilidades devem ser comparadas usando este índice.

Cada fator utilizado no processo de tomada de decisão recebe um peso em função da importância atribuída a cada fator, pelo tomador de decisão, no estudo em questão. Este peso é definido levando em consideração a escala de pesos utilizada no processo de tomada de decisão por múltiplos critérios do **software** Idrisi, na rotina WEIGHT.

Definidos os pesos de cada fator, estes irão compor a matriz de comparação pareada (tabela 6). A matriz gerada será utilizada no módulo **Weight**, onde os critérios são avaliados e verificados o grau de consistência utilizado no desenvolvimento da avaliação. A matriz não deve apresentar consistência superior a 0,10, senão deve ser reavaliada. Se for superior a 0,10, o programa registra o erro da matriz e indica o fator que deve ser reavaliado.

Ao término do processo de análise da matriz, foi gerado um coeficiente (ver tabela 7) para cada fator. Cada fator é multiplicado por seu referido coeficiente através da rotina SCALAR. Posteriormente, com a soma dos fatores resultantes do processo SCALAR, obtivemos o mapa de vulnerabilidade física da área, como mostra a figura 14.

A utilização dos valores da escala para a formação da matriz de comparação pareada é dada de acordo com intensidade e importância de um evento em relação a outro evento. Abaixo, o significado dos números da matriz pareada.

Tabela 5 - Definição e explicação dos pesos

Intensidade de Importância	Definição e Explicação
1	Igual importância - os dois fatores contribuem igualmente para os objetivos.
3	Moderada importância - um fator é ligeiramente mais importante que outro.
5	Essencial importância - um fator é claramente mais importante que o outro.
7	Demonstrada importância - um fator é fortemente favorecido e sua maior importância é demonstrada na prática.
9	Extrema importância - a evidência que diferencia os fatores é de maior ordem possível.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários - possibilidade de compromissos adicionais.
1/	Quando acrescido de 1/ na frente do número, significa que este fator é de menor importância que outro fator na proporção do número que segue. Ex.: 1/3 - Em relação ao fator cotejado, este fator é moderadamente menos importante que o outro fator.

Tabela 6 - Matriz de comparação pareada

Fatores	Usfim	Vegeta	Adequa	Geolo	Geomo
Usofim	1				
Vegeta	2	1			
Adequa	1.2	1/3	1		
Geomo	1/2	1/3	1/3	1	
Geolo	1/2	1/3	1/3	1/2	1

Tabela 7 - Coeficientes gerados pelo cálculo de peso

Fatores	Coeficiente
Usofim	0.1858
Vegeta	0.3918
Adequa	0.2256
Geomo	0.1120
Geolo	0.0848

4.4 Análise do mapa de vulnerabilidade do meio físico e o uso do solo (ação antrópica)

A população total da área de estudo, conforme o censo 1996, é de 27.867 habitantes, sendo que em Tavares 65,5% da população do município está no meio rural e em S. José do Norte 38,8% vivem no meio rural.

As atividades econômicas desenvolvidas na área de estudo tem na agropecuária sua principal fonte de renda. Sendo atividades predominantes: a pecuária extensiva e a agricultura, principalmente no que se refere a cultura de cebola. A cultura de arroz vem perdendo espaço, mas no entanto em termos de valor de produção o arroz supera a cebola.

O setor industrial na região é constituído principalmente por indústrias de pescado e secundariamente

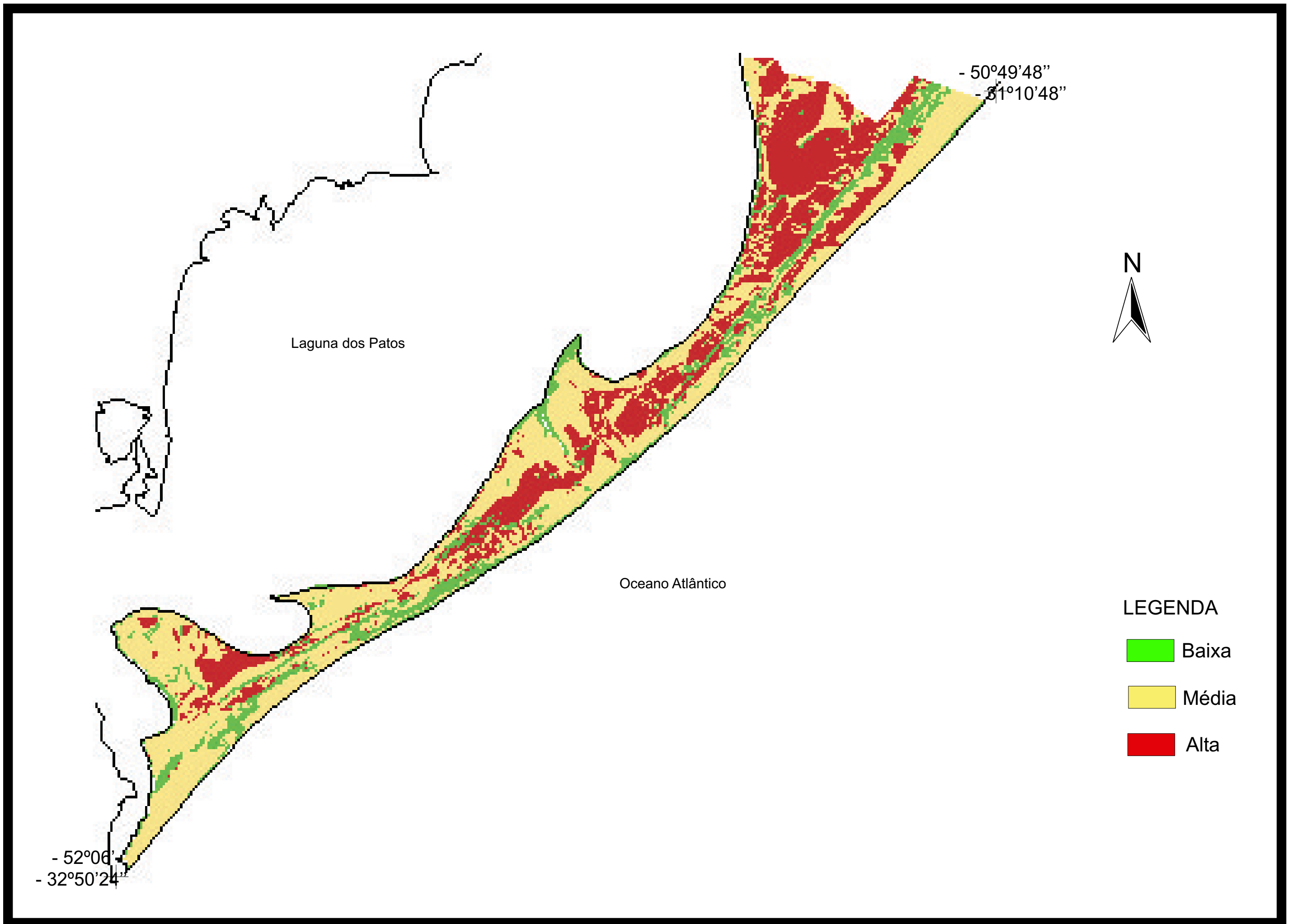


Figura 14 - Mapa dos índices de vulnerabilidade física

por madeira. Devido as poucas indústrias instaladas, apenas 10% da população está empregada neste setor. O crescimento populacional anual da região é muito baixo e por vezes é negativo.

A participação do setor terciário na economia do Estado é pouco significativa. No entanto sua participação é mais significativa do que o setor secundário.

È importante ressaltar que a vulnerabilidade do ambiente com restrições de uso e acesso e o rigor climático tem contribuição significativa no isolamento cultural e socioeconômico em que se encontra a região.

Ao se analisar os índices de vulnerabilidade física (figura 14) com o uso da terra (figura 6 e 6A) se pode observar:

Nas áreas indicadas como sendo de alto índice de vulnerabilidade, encontramos as áreas utilizadas pelo homem para cultivo temporário ou permanente e as áreas de banhado.

Os principais tipos de produtos cultivados são, a cebola, o arroz e o feijão; mesclados com pastagens que abrigam um o milho rebanho bovino superior a 70.000 cabeças e ovino menos significativo, segundo dados do Anuário Estatístico da FEE (1997).

Nas áreas de média vulnerabilidade encontramos os campos arenosos e as areias, ambos caracterizados pela deficiência muito grande de vegetação e alta erosão eólica. Neste domínio estão concentrados os florestamentos, que são plantado por motivos econômicos. O solo é muito pobre e pouco

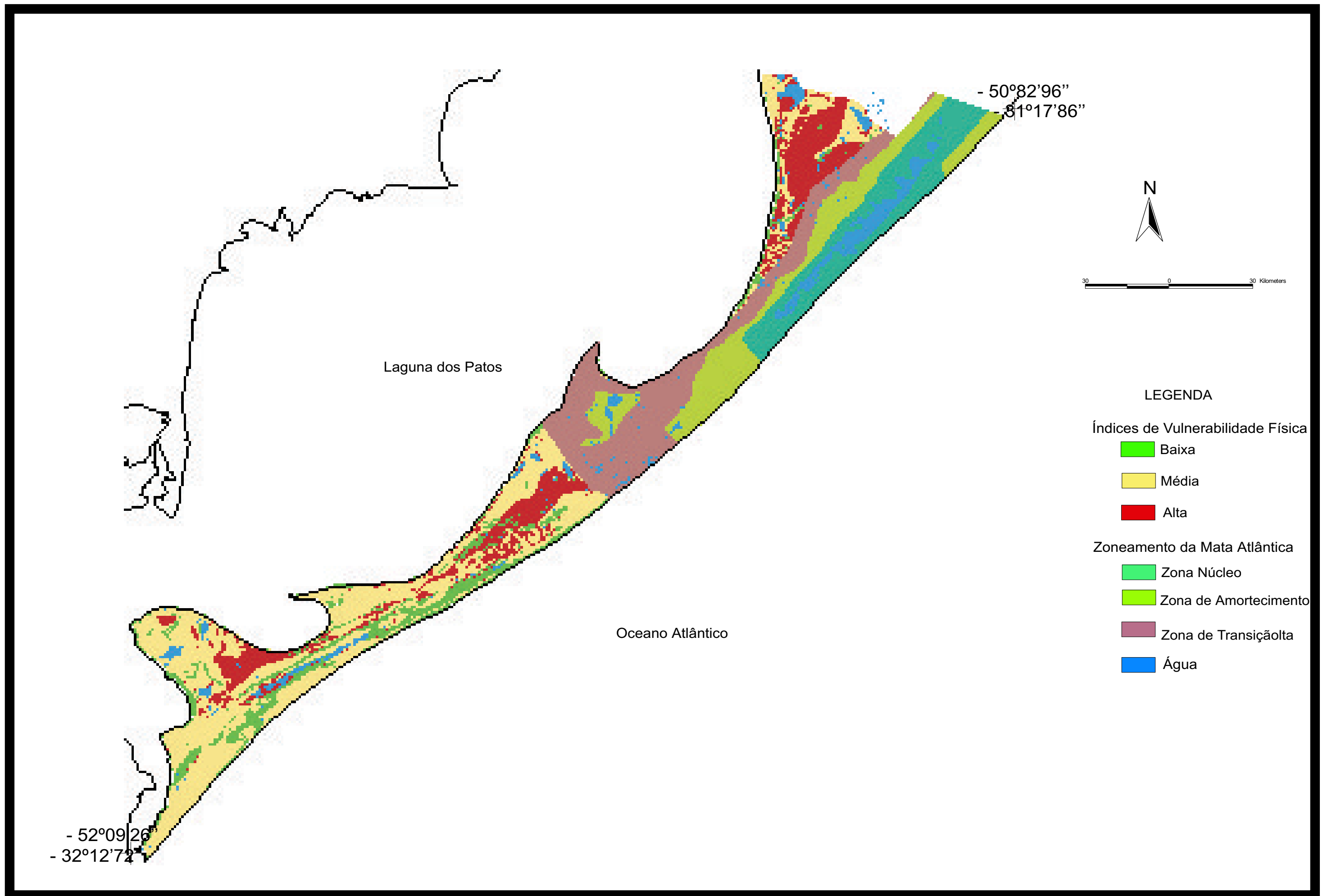


Figura 15 - Mapa de índices de vulnerabilidade física mais zoneamento da Mata Atlântica

desenvolvido, permitindo o desenvolvimento de restritas atividades sustentadas.

Nas áreas de baixa vulnerabilidade estão concentradas as áreas de vegetação arbórea mais densa e em seu entorno.

Por fazer parte de um sistema costeiro jovem, de baixa fertilidade e com reduzida profundidade do lenço freático a região apresenta alta vulnerabilidade no desenvolvimento de atividades sustentadas, bem como dos recursos hídricos existentes.

O desenvolvimento de atividades sustentadas sem uso de técnicas de conservação do solo associado a um ambiente inóspito sob o ponto de vista antrópico, modificam significativamente as condições naturais da região.

Neste contexto, fica evidente que o nas áreas onde o homem ocupa ou desenvolve atividades sustentada, estas tornam-se mais frágeis e, conseqüentemente, sujeitas a degradação.

A área de estudo abriga parte do Parque Nacional da Lagoa do Peixe e a RBMA, que envolve o parque. Assim, este entorno pertencente a RBMA apresenta zonas com restrições e potencialidades (figura 15) regularizadas por lei.

A zona núcleo é de máxima restrição, e representada pelas Unidades de Conservação constituídas legalmente (parques, reservas, etc.) e áreas de proteção permanente (encostas, topos de morros, etc. É proibido o corte e a exploração da vegetação. Suas potencialidades são o ecoturismo,

educação ambiental e pesquisa científica em local que se admite tal uso.

Na zona de amortecimento, é proibido:

- O corte e a exploração da floresta primária e secundária em estágio médio e avançado de regeneração;
- O corte da vegetação nas áreas de preservação permanente, reservas florestais, ocorrência de associação de vegetais relevantes, endêmicas ou ameaçadas de extinção, sítios de ocorrência de importância para a reprodução e sobrevivência da fauna nativa, ocorrência de conjuntos de importância histórica, artística ou sítios arqueológicos incluindo seus entornos imediatos com dimensões e características que são estabelecidas caso a caso;
- A coleta, o comércio e o transporte de plantas ornamentais oriundas de florestas nativas;
- A prática de queimadas para manejo agrossilvopastoril.

Nesta zona é permitida a extração de maneira sustentada das florestas nativas. Deve-se respeitar as classes de uso do solo nas atividades agrossilvopastoril. Os agrotóxicos devem ser evitados. As obras de irrigação e drenagem deverão garantir a perenidade e a qualidade dos recursos hídricos. As obras de aterro deverão garantir a estabilidade das encostas.

A zona de transição é a área mais externa da reserva e não possui instrumento legal de proteção específico. Em seus

domínios privilegia-se o uso sustentado da terra e recuperação das áreas degradadas.

Além das restrições impostas pelo meio físico e pelo zoneamento da RBMA, o Código Estadual de Meio Ambiente aprovado em agosto de 2000 define como áreas de preservação a vegetação situada ao longo dos cursos d'água, bem como lagoas, lagos e reservatórios naturais e artificiais. Também estão incluídos as nascentes, os "olhos d'água" em qualquer situação topográfica.

Ainda segundo este mesmo Código, a vegetação situada nas restingas, nas águas estuarinas que ficam sobre regime das marés e nas dunas frontais, nas margens de lagoas são áreas de preservação permanente.

Dentro deste panorama, a área de estudo pode ser considerada vulnerável para suportar atividades agropecuárias, pois necessita de complexas técnicas de conservação do solo e parte de sua área esta incluída em áreas de preservação permanente segundo leis ambientes vigentes.

Uma vez que a área exibir uma belíssima paisagem com lugares, como a Lagoa do Peixe, de requintada beleza e por sua alta fragilidade física; sugere-se a exploração e o desenvolvimento do turismo ecológico, bem como o desenvolvimento de trilhas ecológicas.

Cabe considerar que a conclusão do asfaltamento da BR-101 que liga Tavares a São José do Norte transformará radicalmente a situação vigente, trazendo alternativas diferentes à região. Neste sentido, é importante a comunidade

juntamente com o poder municipal procurem associar desenvolvimento da região como a vulnerabilidade do ambiente.

Da mesma forma, a instalação de uma mineradora em S. José do Norte deve ser vista com olhos críticos; pois ao mesmo tempo em que beneficiará a região trará grandes impactos ao ecossistema.

É certo que as alternativas de desenvolvimento da região devem ser orientadas para uma utilização integrada do ambiente de acordo com a capacidade de suporte físico do ecossistema em que se encontram.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia empregada no desenvolvimento do trabalho demonstrou que o SIG é uma ferramenta muito ágil para o processamento e armazenamento de dados, bem como muito útil no acompanhamento avaliação e planejamento do uso e ocupação do solo.

A utilização das imagens permitiu dados atualizados de uso da terra, pois esta área é muito carente de informações.

O desenvolvimento dos trabalhos confirmaram a grande vulnerabilidade da área e a necessidade de se planejar muito bem as atividades que serão ali desenvolvidas.

As informações geradas no desenvolvimento deste trabalho podem ser utilizadas como subsidio ao planejamento agrossilvopastoril da região, bem como para a ocupação humana.

O cruzamento dos fatores uso da terra, vegetação, adequação de uso da terra, geologia e geomorfologia permitiram a elaboração do índice de vulnerabilidade física da área, classificada em baixa, média e alta vulnerabilidade.

Ao analisarmos o resultado dos índices de vulnerabilidade física observa-se que as áreas de alta vulnerabilidade são as utilizadas pelo homem para o desenvolvimento de atividade sustentada, também estão abrangendo as áreas que envolvem os corpos d'água.

A área de estudo está enquadrada na sua maior parte, aproximadamente 917,88 Km², na classe média vulnerabilidade física.

A baixa vulnerabilidade é encontrada, de maneira geral, nas áreas onde a vegetação é mais densa e de maior porte.

Cabe ressaltar que as áreas identificadas como de baixa adequação de uso da terra coincidem com as áreas de alta vulnerabilidade física da área.

É de fundamental importância que sejam respeitadas as restrições impostas pelo meio físico, bem como determinações constantes no Código Estadual de Meio Ambiente somadas as restrições e potencialidades descritas no zoneamento da RBMA.

No que tange ao desenvolvimento da região é preciso desenvolver ali atividades que suportem as condições do meio físico e que não agridam o rico ecossistema que ali existe. Neste sentido sugere-se o desenvolvimento do turismo ecológico, bem como de trilhas ecológicas.

No que tange as atividades agropecuárias é preciso cada vez mais trabalhar com técnicas de conservação do solos e respeitar o limite imposto pelas características físicas da área. Pois, o uso da terra nada mais é do que um fator

cultural daptável às condições do meio físico, com possibilidade de intervenção no que tange a sua utilização.

Contudo, o desenvolvimento qualquer atividade sustentada deve ser orientadas para uma utilização integrada com o meio, de acordo com a capacidade de suporte físico do ecossistema em que se encontram.

6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSAD, Eduardo D. & SANO Edson E. Sistema de informações geográficas - Aplicações na Agricultura.2ª ed., revisada e ampliada - Brasília: EMBRAPA - SPI/ EMBRAPA - CPAC, 1998.

BARBOSA, Cláudio. Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento. INPE, SP, 1997.

BRAGA KNAK, Rosângela *et all.* Plano de manejo do Parque Nacional da Lagoa do Peixe - Fase 2 / Versão preliminar. Serviço Público Federal/ Ministério da Educação e do Desporto/ Fundação Universidade do Rio Grande. Rio Grande, 1998.

BURROUGH, P. & McDONNELL, R. Principales of geographical information systems. New York. Oxford University Press, 1998.

CÂMARA,G. *et all.* Anatomia de sistemas de informações geográficas. UNICAMP IX Escola de Computação, 1996. (1ª ed.) SAGRES Editora, Curitiba,1997 (2ª ed).

- CARVALHO, Vitor C. De. & RIZZO, Hidely Grassi. A zona costeira brasileira - Subsídios para uma avaliação ambiental. Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal/Secretaria de Coordenação de assuntos de Meio ambiente. Brasília, Distrito Federal, 1994.
- CIN, R. D. & SIMEONI, U. A model for determining the classification, vulnerability and riskin southern coastal zone of the Marche (Italy). In: Journal of Coastal Research - Na International Forum for the Litoral Sciences. Vol. 10, N° 1, Forte Lauderdale, Florida. Winter 1994. P. 18-29.
- CRÓSTA, Álvaro P. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. Unicamp, 1992.
- CUNHA, Sanda B. da; GUERRA, Antônio J. T. Organizadores. Avaliação e Perícia Ambiental. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1999.
- EASTMAN, J. R. Idrisi for windous 2.0 - User's guide. Worcester - Clark University Graduete School of Geography, January, 1997.
- FAO. A framework for land evaluation. Rome, 1976.
- FEDERAL INTERAGENCY COORDINATING COMITTE (1988). Part 1 - Technology for the information age. In: ANTENUCCI. J. C. et all. Geographic information systems: A guide of the technology. Ed. Chapman & Hall, New York, 1991.
- FORMAGGIO, A. R.; ALVES, D. S.; EPIPHANIO, J. C. U. Sistema de informações geográficas na obtenção de mapas agrícolas e

da taxa de adequação de uso da terra. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, volume 16, 1992.

FROIDEFOND, J. M. & SOIANO-SIERRA, E. J. Sensoriamento remoto sobre ecossistemas de manguezal da Ilha de Santa Catarina, Brasil. I: Adequação da técnica. In: Anais do VIII simpósio de sensoriamento remoto - Bahia - 14 a 19 abril de 1996. In: Anais do VIII simpósio de sensoriamento remoto - Bahia - 14 a 19 abril de 1996.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZI JÚNIOR, R.; BERTOLINI, D.; SPINDOLA, C. R. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campina. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983.

LOPES ASSAD, M. Sistema de informações geográficas na avaliação da aptidão agrícola da terra. In: ASSAD, E. D. & SANO, E. E. Sistema de informações geográficas. Aplicação na agricultura. EMBRAPA-CPAC. Planaltina, Brasil. 1983.

LIMA, S. C. *et all.* A implementação de um sistema de informações geográficas para subsidiar os estudos de sustentabilidade ambiental dos agrossistemas nos cerrados. In: Anais do VIII simpósio de sensoriamento remoto - Bahia - 14 a 19 abril de 1996.

MADRUGA, *et all.* Geoprocessamento X Planejamento rural. In: Jornal do CREA-RS. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia. Junho/99 - Ano VI - N° 43.

MARCUZZO, S.; PAGEL, S.M.; CHIAPPETTI, M.I.S.A reserva da biosfera da Mata Atlântica no Rio Grande do Sul - Situação atual, ações e perspectivas. Série Cadernos da Reserva da Biosfera. Caderno n° 11. São Paulo. Versão 1998.

MAYESR. In:VALÉRIO FILHO, M. Gerenciamento de bacias hidrográficas com aplicação de técnicas de geoprocessamento. In: RORNISIELO, S.M. T. et all. Análise ambiental: estratégias e ações. São paulo: T.^a Queiroz/Fundação Salim Farah Maluf. Rio Claro, SP - Centro de Estudos Ambientais, UNESP, 1995.

MERCHANT, J.W.; & ROTH, E.A. "Inventory and evaluation of rangeland in the Cimarron National Grassland , Kansas". Proceedings of Pacora VII Symposium, p. 92-97, 1980.

MIRANDA, E. *et all.* Sistema de informações geográficas na avaliação da sustentabilidade agrícola. In: Anais do VIII simpósio de sensoriamento remoto - Bahia - 14 a 19 abril de 1996.

MONCERATT, A. E. & FERREIRA PINTO, S. A. Caracterização e adequação do uso da terra utilizando técnicas de sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas. In: Anais do VIII simpósio de sensoriamento remoto - Bahia - 14 a 19 abril de 1996. In: Anais do VIII simpósio de sensoriamento remoto - Bahia - 14 a 19 abril de 1996.

NOVO, Evelyn M. L. Sensoriamento remoto. Principios e aplicações. Ed. Edgard Blücher LTDA. S. José dos Campos, 1988 (1^a ed.), 2^a Ed. 1995. São Paulo, SP.

- PHIL. Parentes (1988). Part 1 - Technology for the information age. In: ANTENUCCI. J. C. et all. Geographic information systems: A guide of the technology. Ed. Chapman & Hall, New York, 1991.
- RAMALHO FILHO, A. PEREIRA, E. G.; BEEK, K. J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola da terra. Brasília. SUPLAN/EMBRAPA - SNCLS, 1978.
- ROIG, H et all. A aplicação do SIG ao zoneamento da reserva extrativista do Alto Jurua. In: Caderno de Informações Georreferenciadas - CIG, Vol. 1. N° 1, 1996. Artigo 6. Unicamp, SP.
- ROCHA, Jasle et all. Gerenciamento de operações agrícolas em sistemas de informações geo-referenciadas. In: Caderno de Informações Georreferenciadas - CIG, Vol. 1. N° 1, 1996. Artigo 5. Unicamp, SP.
- RICHARDS, J. ^a Remote sensing digital image analysis - An introduction. Heidelberg: Springer - Verlag. 1986.
- RORNISIELO, S.M. T. et all. Análise ambiental: estratégias e ações. São paulo: T.^a Queiroz/Fundação Salim Farah Maluf. Rio Claro, SP - Centro de Estudos Ambientais, UNESP, 1995.
- SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Código estadual de meio ambiente. Governo do estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 03 de agosto de 2000.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DA PRES. DA REPÚBLICA. Levantamento de recursos naturais. Volume 33. Folha SH. 22 POA e parte das folhas SH. 21 Uruguaiana e SI. 22 Lagoa Mirim. 1985.

TEIXEIRA, Amndio L. A. et all. Introdução aos sistema de informações geográficas. Rio Claro. Edição do Autor. 1992.

TOMAZELLI, L. J. et all. A erosão costeira no Rio Grande do Sul. XXXIX Congresso de geologia, Salvador. Anais, volume 4. 1996.

VALÉRIO FILHO, M. Gerenciamento de bacias hidrográficas com aplicação de técnicas de geoprocessamento. In: RORNISIELO, S.M. T. et all. Análise ambiental: estratégias e ações. São paulo: T.^a Queiroz/Fundação Salim Farah Maluf. Rio Claro, SP - Centro de Estudos Ambientais, UNESP, 1995.

VILLWOCK, J.A. Geology of the coastal province of Rio Grande do Sul, southem Brazil. A sunthesis. Pesquisas. 1984.

VILLWOCK, J.A. et all. Geology of the Rio Grande do Sul coastal province. In: RABASSA, J. Quaternary of South American and Antartic Peninsula. A. A. Balkema. Rotterdam.

ZUQUETE, L. Metodologia de Áreas de Risco. II Semana de Recursos Naturais da RMPA. Porto Alegre - RS, 1994.