

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL

NATÁLIA PEPPES GAUER

**AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL POR MEIO DE UM
MODELO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO NO NORTE DA PLANÍCIE COSTEIRA
DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL**

IMBÉ

2015

NATÁLIA PEPPE GAUER

**AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL POR MEIO DE UM
MODELO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO NO NORTE DA PLANÍCIE COSTEIRA
DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL**

Monografia apresentada como pré-requisito para conclusão de curso de graduação em Ciências Biológicas com ênfase em Biologia Marinha e Costeira e em Gestão Ambiental Marinha e Costeira da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em convênio com a Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Ott

Co-orientador: Me. Carlos Vinicius da Cruz Weiss

IMBÉ

2015

Aos examinadores,

Este trabalho está formatado segundo “Silva, L.N. *et.al.* **Manual de trabalhos acadêmicos e científicos**: orientações práticas à comunidade universitária da UERGS. Porto Alegre: UERGS,2013. 149p” que é baseado nas normas da ABNT.

CIP - Catalogação na Publicação

Peppes Gauer, Natália

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL POR MEIO DE UM MODELO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO NO NORTE DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL / Natália Peppes Gauer. -- 2015.
61 f.

Orientador: Paulo Henrique Ott.

Coorientador: Carlos Vinicius da Cruz Weiss.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Curso de Ciências Biológicas: Gestão Ambiental Marinha e Costeira, Porto Alegre, BR-RS, 2015.

1. Geoprocessamento aplicado ao planejamento e gestão ambiental. I. Ott, Paulo Henrique, orient. II. da Cruz Weiss, Carlos Vinicius, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

NATÁLIA PEPPE GAUER

**AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL POR MEIO DE UM
MODELO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO NO NORTE DA PLANÍCIE COSTEIRA
DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas, com ênfase em Gestão Ambiental Marinha e Costeira na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul e Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Ott
Co-orientador: Me. Carlos Vinicius da Cruz Weiss

Aprovado em: 01/07/2015

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Roberto Armanini Tagliani

Prof. Dr. Jean Marcel de Almeida Espinoza

Prof. Dr. Ênio Lupchinski Junior

IMBÉ

2015

Dedico a minha família, em especial minha
mãe Maria de Fátima Prestes Peppes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família por todo amor, incentivo e apoio incondicional em todos os dias da minha vida;

Agradeço imensamente ao meu amigo, namorado, companheiro, Carlos Vinicius da Cruz Weiss pelo incentivo, dedicação, paciência e orientação, que se fez imprescindível para realização desta pesquisa;

Ao professor Paulo Ott, pela orientação e dedicação;

Aos colegas e amigos do CECLIMAR que me acompanharam durante esses anos de biologia, agradeço pela companhia, amizade e respeito;

Aos bibliotecários Stella e Ângelo, pela amizade, carinho e ajuda nesses anos de curso e na realização desse trabalho;

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a Universidade Estadual do Rio Grande do Sul e seus corpos docentes;

À banca examinadora, por aceitar o convite e dedicação na avaliação dessa pesquisa;

Aos professores universitários; aos profissionais técnicos, integrantes de ONGS ambientais; os doutorandos; aos gestores das unidades de conservação e da bacia hidrográfica; sou muito grata a todos estes que dedicaram seu tempo respondendo o questionário multicritério. Foram fundamentais para aprimorar a análise.

À Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS –FEPAM, pela disponibilidade de informações online e de livre acesso ao público, que foram muito úteis nesta pesquisa acadêmica, assim como em tantas outras.

*“No vale el tiempo pero valen las memorias,
no se cuentan los segundos, se cuentan
historias”.*
Eduardo Cabra / René Pérez

RESUMO

A concentração populacional, ao coincidir geograficamente com a concentração de habitats e recursos naturais, exerce fortes pressões sobre a zona costeira do Rio Grande do Sul. A análise de vulnerabilidade ambiental permite avaliar as fragilidades dos sistemas ambientais frente a diferentes pressões antrópicas. Devido a evidente pressão sobre esses ambientes, e a carência de estudos no âmbito da priorização da conservação e planejamento do litoral norte do Rio Grande do Sul, este trabalho tem como objetivo implementar um modelo de decisão hierárquica, sobre uma base de dados georreferenciada utilizando variáveis de pressão e fatores ambientais, a fim de avaliar a vulnerabilidade ambiental em nove municípios do Litoral Norte do Rio Grande do Sul. Para isso, a metodologia baseou-se em critérios de natureza social, econômica e ambiental. Foi empregado na análise, o método AHP (Analytic Hierarchy Process), que adota a variação linear dos critérios, estipulando seus pesos por meio da comparação pareada entre os critérios em uma tabela de cruzamento. A atribuição dos pesos para aplicação no método AHP foi baseada no método Delphi, dando suporte sistematizado ao apoio às decisões. Os resultados das análises geraram mapas do potencial ambiental, pressão e vulnerabilidade ambiental da área de estudo, possibilitando uma interpretação integrada e sistemática dos critérios envolvidos na pressão dos ambientes. A pressão associada a fatores ambientais geraram um índice de vulnerabilidade ambiental. A metodologia proposta e os resultados podem ser considerados como uma importante ferramenta ao apoio a decisão, pois fornece subsídios na elaboração de planos, metas e ações na gestão, planejamento ambiental e conservação dos recursos naturais.

Palavras-chave: Litoral Norte do Rio Grande do Sul. Vulnerabilidade ambiental. Análise multicritério. Planejamento ambiental.

ABSTRACT

The population concentration, to coincide geographically with the concentration of habitats and natural resources, exerts strong pressure on the coastal area of Rio Grande do Sul. Environmental vulnerability analysis allows to evaluate the fragilities of environmental systems due to different anthropogenic pressures. Due to obvious pressure about these environments, and the lack of studies within the prioritization of conservation and planning the north coast of Rio Grande do Sul, this study aims to implement a hierarchical decision model, on a georeferenced database using variables pressure and environmental factors in order to assess the environmental vulnerability in nine cities of the North Coast of Rio Grande do Sul. For this, the methodology was based on criteria of social, economic and environmental. Was employed in the analysis, the Analytic Hierarchy Process method (AHP), which adopts the linear change of the criteria, their weights stipulating by paired comparison criteria in a cross table. The allocation of weights for use in the AHP method was based on the Delphi method, supporting systematic support for decisions. The results of the analyzes generated maps of the environmental potential, pressure and environmental vulnerability of the study area, enabling an integrated and systematic interpretation of the criteria involved in pressure environments. The pressure associated with environmental factors generated an environmental vulnerability index. The proposed methodology and the results can be considered as an important tool to support the decision, because it provides subsidies in a developed plans, goals and actions in management, environmental planning and conservation of natural resources.

Key-works: North Coast of Rio Grande do Sul. Environmental Vulnerability. Multi-criteria analysis. Environmental planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização dos nove municípios de estudo no litoral norte do Rio Grande do Sul.....	21
Figura 2: Fluxograma metodológico.	24
Figura 3: Procedimentos realizados para a classificação por redes neurais auto organizáveis.....	26
Figura 4: Ponderação dos critérios através do questionário.	31
Figura 5: Ponderação dos critérios na tabela de cruzamento Saaty.....	33
Figura 6: Distribuição dos critérios selecionados nos nove municípios avaliados do litoral norte do Rio Grande do Sul.	36
Figura 7: Mapa de análise normalizada da pressão ambiental, de acordo com os critérios selecionados, nos nove municípios avaliados do litoral norte do Rio Grande do Sul.....	39
Figura 8: Localização dos recursos naturais selecionados nos nove municípios avaliados do litoral norte do Rio Grande do Sul.	42
Figura 9: Mapa de análise normalizada dos remanescentes naturais selecionados, nos nove municípios avaliados do litoral norte do Rio Grande do Sul.....	43
Figura 10: Mapa de análise normalizada da vulnerabilidade ambiental, nos nove municípios avaliados do litoral norte do Rio Grande do Sul.	45
Figura 11: Sobreposição das curvas de nível no mapa da vulnerabilidade ambiental nos nove municípios avaliados do litoral norte do Rio Grande do Sul.....	47
Figura 12: Unidades de Conservação, rios, canais e lagoas, no mapa da vulnerabilidade ambiental, nos nove municípios avaliados do litoral norte do Rio Grande do Sul.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização populacional de nove municípios do litoral norte do Rio Grande do Sul.....	23
Tabela 2: Representação da tabela da escala relativa de Saaty.	28
Tabela 3: Tabela de ponderação dos pesos dos critérios selecionados.....	60
Tabela 4: Tabela de cruzamento de Saaty.	60

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	13
2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS	15
2.1 ANÁLISE DA BIODIVERSIDADE	15
2.2 CARACTERIZAÇÃO DA FAIXA LITORÂNEA DO RIO GRANDE DO SUL	16
2.3 INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL	17
2.4 VULNERABILIDADE AMBIENTAL	18
2.5 MODELO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO	19
3 ÁREA DE ESTUDO	21
4 MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS E OBTENÇÃO DE DADOS	24
4.1.1 Dados vetoriais.....	25
4.1.2 Dados a partir de licenças ambientais	25
4.1.3 Classificação de imagem	26
4.2 HIERARQUIZAÇÃO E PONDERAÇÃO DOS CRITÉRIOS	27
4.3 DEFINIÇÃO DAS ESTATÍSTICAS PARA OS CRITÉRIOS	28
4.4 CRUZAMENTO DAS VARIÁVEIS	29
4.5 MAPAS TEMÁTICOS	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1 ATRIBUIÇÃO DE PESOS DE IMPORTÂNCIA	31
5.2 FATOR DE PRESSÃO AMBIENTAL	33
5.3 FATOR AMBIENTAL	40
5.4 INDÍCE DE VULNERABILIDADE	44
6 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
APÊNDICES	57

1 INTRODUÇÃO

As diversas características ambientais da planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil possibilitam a utilização diversificada de seus espaços. Porém, segundo Spörl e Ross (2004), qualquer alteração no meio físico natural (relevo, solo, vegetação, clima e recursos hídricos), comprometem a funcionalidade do sistema, desfazendo o seu estado de equilíbrio dinâmico. Sendo assim, a supressão da vegetação na agricultura e pecuária, exploração e contaminação dos recursos naturais, ocupação desordenada, as variadas e abundantes fontes de poluição são alguns dos fatores que desestabilizam esse equilíbrio (BRACK, 2009). Como consequência, a perda de biodiversidade compromete a qualidade de vida e o potencial de um desenvolvimento sustentável, pela perda de espécies de valor alimentar, ornamental, forrageiro e medicinal, e pelos serviços ambientais como o controle da erosão do solo, produção de oxigênio e sequestro de carbono.

Os habitats naturais que ocupavam grandes áreas estão sendo degradados e extintos rapidamente. A fragmentação desses habitats, pelas estradas, campos, cidades e outras atividades humanas, é considerada uma das maiores ameaças à conservação da biodiversidade existente (PRIMACK; RODRIGUES, 2001). As Unidades de Conservação representam um papel fundamental na conservação e preservação dos recursos naturais, porém, também se encontram isoladas em paisagens fragmentadas e pequenas. Essas áreas sofrem muito com a pressão das áreas de entorno, intensificando o efeito de borda e comprometendo a qualidade e integridade dos seus ecossistemas (TAMBOSI, 2008).

Neste sentido, o estudo realizado pelo Ministério do Meio Ambiente, denominado Avaliações e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade das Zonas Costeira e Marinha (2002), esclarece que as regiões costeiras são as mais ameaçadas do planeta, fato este aumenta a preocupação da integridade e equilíbrio do meio ambiente. Acrescenta que essas regiões são “alvo privilegiado da exploração desordenada, e muitas vezes predatória, de recursos naturais, e ainda por terem se tornado, já na era industrial, o principal local de lazer, de turismo ou de moradia de grandes massas de populações urbanas”.

Contudo, a concentração populacional, ao coincidir geograficamente com a concentração de habitats e recursos naturais, exerce fortes pressões sobre a zona costeira do Rio Grande do Sul. Com o aumento populacional em constante crescimento, assim como das atividades produtivas, a procura de alternativas viáveis para o controle da qualidade do meio ambiente se intensificaram (TEDESCO, 1995).

Spörl e Ross (2004) afirmam que, o reconhecimento dos ambientes naturais e a avaliação da vulnerabilidade servem de base para o zoneamento, gerando subsídios para melhores definições de diretrizes a serem implementadas no planejamento ambiental e urbano. Segundo Tagliani (2002), a análise da vulnerabilidade em áreas costeiras é fundamental, pela dinâmica dos processos naturais como ventos, transporte de sedimentos, nutrientes, alagamentos e assoreamento nessa região ser mais intensa que em regiões interiorizadas. Não só como também, pela grande biodiversidade, heterogeneidade de habitats, presença de áreas de interesse sociopolítico e econômico, e das múltiplas pressões antrópicas ocorrentes na planície costeira do Rio Grande do Sul. Portanto, a análise de vulnerabilidade ambiental permite avaliar as fragilidades dos sistemas ambientais frente a diferentes pressões.

A Análise Multicritério em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) tem se mostrado um eficiente método para interpretação da vulnerabilidade ambiental e estado de conservação dos ecossistemas. Nessa perspectiva, o SIG é uma ferramenta importante quanto à visualização, processamento e análise de dados espaciais, e geração de mapas temáticos, os quais possibilitam uma interpretação integrada e sistemática dos critérios envolvidos na pressão dos ambientes. Não obstante, fornece subsídios na elaboração de planos, metas e ações na gestão e organização do espaço e conservação dos recursos naturais.

1.1 OBJETIVOS

Devido a evidente pressão sobre as zonas litorâneas, e a carência de estudos no âmbito da priorização da conservação e planejamento do litoral norte do Rio Grande do Sul, este trabalho tem como objetivo avaliar a vulnerabilidade ambiental em nove municípios da região, por meio de um modelo de análise hierárquica multicriterial sobre uma base de dados georreferenciados, apontando os níveis de impacto ambiental de acordo com critérios selecionados. Para isso, constituem os objetivos específicos:

- a) Definir as variáveis mais relevantes quanto a pressão exercida sobre os ambientes do litoral norte do Rio Grande do Sul, atribuindo pesos de acordo com sua importância;
- b) Criar e ajustar camadas de informação representativas para cada variável;
- c) Gerar um modelo multicriterial hierárquico que possa identificar os principais impactos, atualmente existentes na região, considerando os critérios de vulnerabilidade ambiental;

d) Realizar um diagnóstico do meio físico natural, ou seja, do estado de conservação dos ecossistemas da região;

e) Indicar áreas importantes e prioritárias para conservação e manejo no litoral norte do Rio Grande do Sul.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS

2.1 ANÁLISE DA BIODIVERSIDADE

O termo biodiversidade expressa os níveis de organização biológica, como diversidade taxonômica, filogenética, funcional, morfológica, genética, ecossistêmica e de paisagem; além da variedade de interações e processos ecológicos como migração, dispersão, polinização, predação, competição e ciclagem de nutrientes (PURVIS; HECTOR, 2000). A diversidade de organismos, que constituem os ecossistemas, é responsável por serviços essenciais à sobrevivência e ao bem-estar das populações humanas, como o controle da erosão e retenção de sedimentos, a formação de solos, a ciclagem de nutrientes, a polinização, o controle biológico, a regulação hídrica, de gases, climática e de distúrbios físicos (FRONTEIRAS DA BIODIVERSIDADE- UFRGS, 2011).

As metas nacionais de biodiversidade para contribuição aos compromissos internacionais estabelecidos no âmbito da Convenção da Diversidade Biológica (CDB) se destacam: a necessidade de integração dos valores da biodiversidade em estratégias nacionais e locais de desenvolvimento; e a necessidade de, até 2020, agentes de todos os níveis programarem planos para produção e consumo sustentáveis, e restringir os impactos da utilização de recursos naturais dentro de limites ecológicos seguros. Não só, uma das metas é a redução da degradação e fragmentação de todos os biomas em pelo menos 50 % (BRASIL, 2010).

O Brasil é o país com a maior diversidade de espécies no mundo, com mais de 20% do total, espalhadas nos seis biomas terrestres e nos três grandes ecossistemas marinhos; com mais de 103.870 espécies animais e 43.020 espécies vegetais descritas (BIODIVERSIDADE, 2015). Porém, o bioma Mata Atlântica, atualmente, é considerado uma das florestas tropicais mais ameaçadas de extinção e um dos “hotspots” da biodiversidade mundial e prioritária para sua conservação em nível global (MYERS,2000). Ocorre desde o nordeste do Brasil até o limite sul do Litoral Norte do Rio Grande do Sul. Seus remanescentes de vegetação nativa estão reduzidos a 22% de sua cobertura original, e cerca de 7% apenas estão conservados em fragmentos acima de 100 hectares (ANUÁRIO MATA ATLÂNTICA, 2013). Dentre os biomas brasileiros, este abriga o maior número de espécies ameaçadas, com 185 espécies de vertebrados (69,8% do total de espécies ameaçadas no Brasil), sendo 118 aves, 16 anfíbios, 38 mamíferos e 13 répteis. Da flora, possui 276 espécies em algum nível de ameaça, o que

corresponde a 50 % do total da Lista Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção Brasileira (CAMPANILI, 2010). Segundo o relatório técnico da FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA E INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (2015), o que antes ocupava 13 milhões de hectares no Rio Grande do Sul, hoje a Mata Atlântica ocupa menos que 8 % de sua cobertura original.

O Rio Grande do Sul, além do bioma Mata Atlântica, também abrange o bioma Pampa. No Brasil, este bioma está restrito ao estado, corresponde a 63% do território estadual e a 2,07% do território brasileiro. Caracteriza-se pelo predomínio dos campos nativos, presente também matas ciliares, matas de encosta, matas de pau-ferro, formações arbustivas, butiazais, banhados e afloramentos rochosos. Estimativas indicam entorno de 3000 espécies de plantas, 500 espécies de aves e mais de 100 espécies de mamíferos terrestres. Ademais, é neste bioma que se localiza a maior parte do aquífero Guarani. Porém, apresenta 54% de sua superfície ocupada por atividades antrópicas e muitas espécies ameaçadas de extinção (PAMPA, 2015).

2.2 CARACTERIZAÇÃO DA FAIXA LITORÂNEA DO RIO GRANDE DO SUL

A planície costeira do Rio Grande do Sul apresenta uma costa retilínea frente de sucessões de cordões litorâneos, regionalmente denominados por barreiras. Apresenta extensos campos de dunas, os quais progradam sobre banhados, e um conjunto de lagoas e lagunas de origem em diferentes transgressões e regressões do oceano (TOMAZELLI; VILLWOCK, 2000). É dividida em litoral norte, médio e sul. No Litoral Médio encontra-se a Laguna dos Patos, “formando o maior complexo lagunar do mundo, drenando 30% da área do Estado pela bacia do Guaíba”. No Litoral Sul, “encontra-se a Laguna dos Patos e a Lagoa Mirim, as quais constituem-se nas duas maiores lagoas do Brasil” (FEPAM, 2015).

O Litoral Norte apresenta o maior cordão de lagoas interligadas da América Latina (FEPAM, 2015). Esse complexo de lagoas está conectado em rosário paralelo à linha da costa, desaguando no mar por meio do estuário de Tramandaí (VILLWOCK, 1972). O litoral norte é integrado por 19 municípios de intensa urbanização, 3.700 km² de superfície e 102 km de costa. Há grande variação sazonal da população e economia predominantemente associadas à atividade turística nos meses de verão (FEPAM, 2015). Desde o município de Tramandaí até o limite norte do estado a planície costeira é estreita, compreendendo até as escarpas da Serra Geral, borda leste da bacia do Paraná (VILLWOCK, 1994). Esta área localiza-se sobre a

reserva da biosfera da Mata Atlântica, área de preservação permanente de interesse nacional (MATOS; GRUBER, 2009). Segundo WEISS (2015), citando TAGLIANI (1995), a geomorfologia define o padrão de mosaico ambiental, como a distribuição e riqueza de espécies, padrões de uso e ocupação do solo, e o desenvolvimento socioeconômico. Este mesmo autor conclui que, os processos geológicos definem a organização estrutural e funcional dos ecossistemas.

2.3 INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL

O planejamento das cidades no Brasil é prerrogativa constitucional da gestão municipal que responde, inclusive, pela delimitação oficial da zona urbana, rural e demais territórios para onde são direcionados os instrumentos de planejamento ambiental. Os principais instrumentos são: Plano Diretor Municipal; Zoneamento Ecológico-Econômico – ZEE; Plano de Bacia Hidrográfica, o Plano Ambiental Municipal, a Agenda 21, e o Plano de Gestão Integrada da Orla (INSTRUMENTOS..., 2014).

O Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), definiu a Zona Costeira como área de patrimônio nacional. O PNGC, parte integrante da Política Nacional para os Recursos do Mar (PNRM) e Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), visa orientar a utilização nacional dos recursos na Zona Costeira, de forma a contribuir para elevar a qualidade da vida e a proteção do patrimônio natural, histórico, étnico e cultural. Assim como, controlar agentes causadores de poluição ou degradação ambiental que ameacem a qualidade de vida na zona costeira. O licenciamento ambiental, fiscalização, controle e proteção do meio ambiente, no âmbito de suas competências, são de responsabilidade do órgão do poder executivo (federal, estadual ou municipal) integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). Cabe ao Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro – ZEEC, orientar o processo de ordenamento territorial sob desenvolvimento sustentável da zona costeira, em consonância com as diretrizes das ZEE's do território nacional, servindo de apoio às ações de monitoramento, licenciamento, fiscalização e gestão (BRASIL, 1988).

Cabe a FEPAM o licenciamento ambiental no estado do Rio Grande do Sul. Tem como principais responsabilidades a aplicação da legislação ambiental e fiscalização; a avaliação, monitoramento e divulgação de informação da qualidade ambiental; diagnóstico e planejamento de atividades. Nesse contexto, serve de apoio, informação e orientação técnica à mobilização dos atores importantes como os Municípios, os Comitês de Bacia e organizações

da sociedade civil. No estado, os municípios são responsáveis pelo licenciamento ambiental das atividades de impacto local, estabelecidas pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente, através do Código Estadual de Meio Ambiente pela Lei 11520 de 2000 (FEPAM, 2015).

Em 18 de julho de 2000, pela lei 9.985, o governo federal instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), o qual estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação. O SNUC divide as unidades de conservação em duas categorias: (1) unidades de proteção integral, que têm a conservação da biodiversidade como o objetivo principal, incluindo parques nacionais, reservas biológicas, estações ecológicas, monumentos naturais e refúgios de vida silvestre; e (2) unidades de uso sustentável, que permitem a compatibilização de variadas formas e graus de exploração, as quais têm a proteção da biodiversidade como um objetivo secundário. Nesta segunda categoria estão incluídas as áreas de proteção ambiental, áreas de relevante interesse ecológico, floresta nacional, reservas extrativistas, reservas de fauna, reservas de desenvolvimento sustentável e reservas particulares do patrimônio natural (RPPN's) (SILVA, 2005).

2.4 VULNERABILIDADE AMBIENTAL

Conforme o Dicionario de la Naturaleza (1987) apud Fragilidade ... (2014) entende-se por fragilidade ou vulnerabilidade do meio ambiente "o grau de suscetibilidade ao dano, ante a incidência de determinadas ações" ou ainda, "o inverso da capacidade de absorção de possíveis alterações sem que haja perda de qualidade". Para Alves (2004), a noção de vulnerabilidade é definida como uma situação de três elementos (ou componentes): exposição ao risco, incapacidade de reação e dificuldade de adaptação diante da materialização do risco.

Tagliani (2002) entende por vulnerabilidade ambiental a susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer. Albuquerque (2000) afirma que a interação entre homem e o meio ambiente é o agente fornecedor de desastres, seja por ação direta como o assoreamento dos rios e a devastação de florestas, ou a exploração inadequada de recursos naturais. Além dessas abordagens, alguns autores, como Ross (1994), consideram a vulnerabilidade ou fragilidade dos ambientes naturais relacionada ao relevo, à geologia, declividade, às classes de solo, ao uso da terra, cobertura vegetal e ao clima.

Para Castellani (2004), o conceito de vulnerabilidade ambiental consiste no conjunto de fatores ambientais de mesma natureza que, diante de atividades que ocorrem ou que virão a ocorrer, poderá sofrer transtornos e afetar total ou parcialmente a estabilidade ecológica da região em que ocorre. Contudo, Kawakubo (2005) explica que o mapeamento da fragilidade do ambiente constitui uma importante ferramenta no ordenamento do meio, auxiliando na indicação de áreas mais favoráveis e menos favoráveis à sua ocupação.

2.5 MODELO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO

O meio ambiente é resultado da combinação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos, fazendo da paisagem um conjunto único e indissociável, em constante evolução. Para Xavier (2001), em análise ambiental, todo fenômeno é passível de ser localizado, possuindo extensão determinável e de constante alteração. Afirma também, que nenhum fenômeno age isoladamente, sendo possível revelar relações causais entre as correlações associadas ao fenômeno. Bertrand (1972) considera que é a análise ambiental que faz as correlações entre esses elementos.

A AHP (Analytic Hierarchy Process) é um dos métodos de decisão multicritério mais utilizados. A principal característica do método é a hierarquização das alternativas, o que facilita sua aplicação (GOMES *et al.*, 2004). Esta técnica baseada na lógica de comparação pareada foi desenvolvida por Thomas L. Saaty em 1978, sendo amplamente utilizada desde então. De acordo com Saaty (1980), a AHP é utilizada para solucionar problemas em ambientes complexos que envolvem diversas variáveis na tomada de decisão, para priorizar e selecionar alternativas.

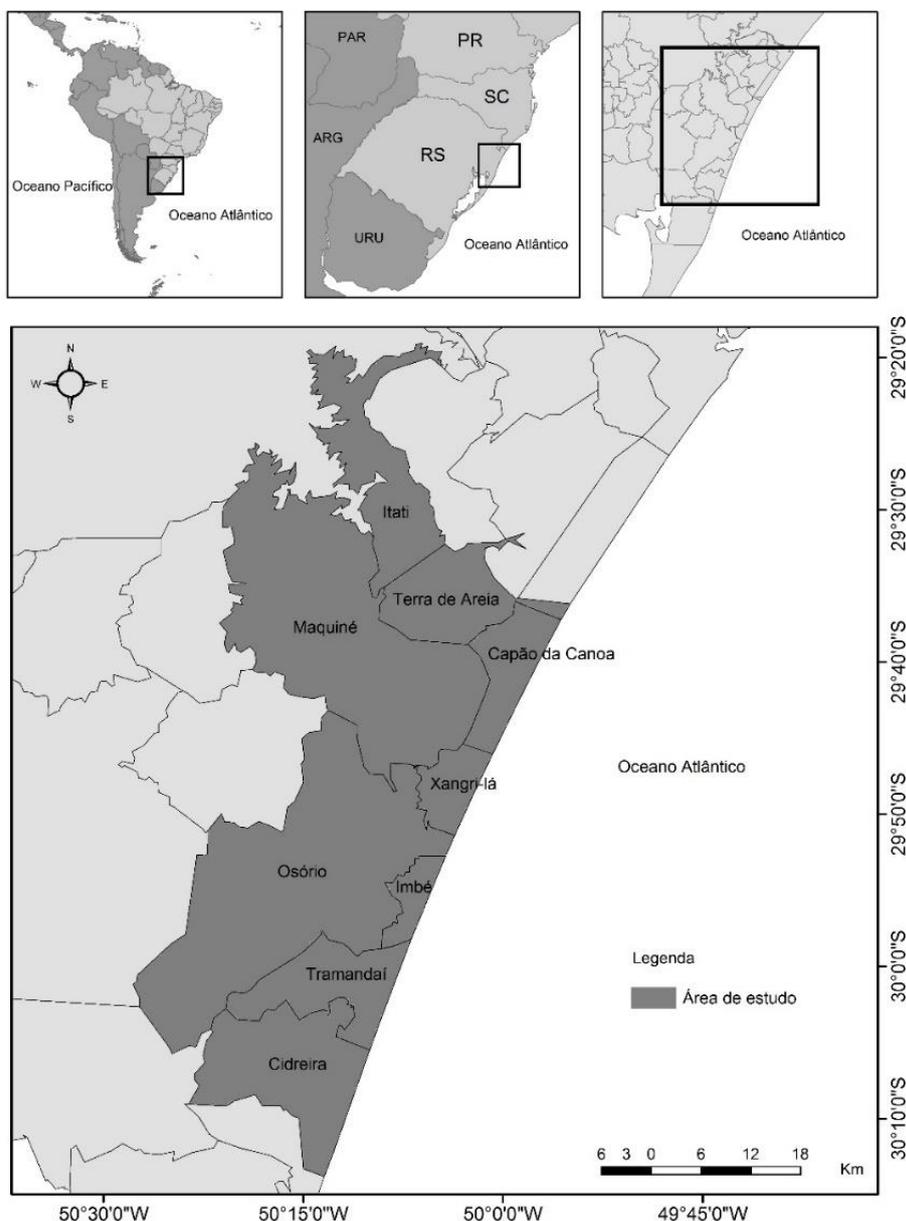
Esse método é decomposto em quatro etapas de acordo com Saaty (2008). Na primeira etapa, o problema é definido para determinar o objetivo do processo; e os domínios da informação são determinados, usados como critérios. Na segunda, cria-se a árvore hierárquica, sendo possível conter subcritérios, gerando nos últimos níveis as alternativas, que apenas uma será selecionada como resultado do processo inteiro. A terceira consiste na construção de um conjunto de matrizes, servindo para comparar por pares os critérios da árvore hierárquica. Em uma última etapa, ao fazer essa comparação por pares, cada critério de importância relativa é atribuído ao relacionamento entre os outros fatores, seguindo uma escala pré-definida.

Segundo Moura (2007), a ponderação dos critérios deve ser feita por conhecedores dos fenômenos e das variáveis da situação avaliada, ou pelo conhecimento prévio de situações semelhantes. A possibilidade de se ponderar de modo inadequado diminui com o número de ponderações atribuídas. Nas Projeções Relativas à Dinâmica da Dimensão Global e Visualização Prospectiva para 2007, 2015 e 2022 é suposto que o julgamento coletivo de especialistas, até mesmo vários indivíduos desprovidos de uma ampla variedade de conhecimentos especializados, é mais adequado que a opinião de um só indivíduo. Dentro desse contexto, existe o método Delphi, uma técnica que busca o consenso de um grupo de especialistas no suporte sistematizado ao apoio às decisões estratégicas (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000). A caracterização do método Delphi apresenta três prerrogativas básicas, conforme Martino (1993), o anonimato dos respondentes, a representação estatística da distribuição dos resultados e o *feedback* das respostas.

3 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo deste trabalho (figura 1), compreendida entre os paralelos $30^{\circ} 13' 21''$ e $29^{\circ} 32' 39''$ de latitude Sul e entre os meridianos $50^{\circ} 14' 40''$ e $50^{\circ} 03' 02''$ de longitude Oeste, situa-se exclusivamente no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. Abrange a área dos municípios da faixa costeira, Cidreira; Osório; Imbé; Tramandaí; Xangri-Lá; Capão da Canoa; Terra de Areia; Itati; e Maquiné (figura 1; tabela 1), totalizando 2.224,405 km² e 60% do território do litoral norte.

Figura 1: Mapa de localização dos nove municípios de estudo no litoral norte do Rio Grande do Sul.



Fonte: autor (2014).

A área de estudo integra componentes de diferentes regiões biogeográficas, o que lhe confere uma grande riqueza de espécies e ecossistemas (WAECHTER, 1985). Destacam-se a Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí, remanescentes de matas de restinga, mata paludosa, Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, campos, banhados, marisma, lagoas e dunas. É uma região bastante reconhecida pela presença do complexo de lagoas costeiras, que se comunicam por meio de canais permanentes, canais sazonais, e banhados.

Os municípios da área de estudo estão em grande parte contidos na Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí. Imbé, Xangri-Lá, Capão da Canoa, Terra de Areia e Itati abrangem 100% de sua área na bacia; Tramandaí com 96,56%; Maquiné 99,64%; Osório 64,56% e Cidreira com 77,11% (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER, 2014).

A área de estudo conta com cinco Unidades de Conservação, três de proteção integral e duas de uso sustentável. Em Itati, encontra-se a Área de Proteção Ambiental Rota do Sol. Nesta, seus 54.670 hectares apresentam grande beleza cênica com os cânions Josafá e Pedras Brancas, além de rios, banhados, nascentes e florestas. Suas principais funções é servir de zona de amortecimento para a Estação Ecológica Estadual Aratinga e de corredor ecológico entre o Parque Nacional da Serra Geral e a Reserva Biológica da Serra Geral (SEMA, 2010). A unidade de proteção de uso sustentável inclui a Estação Ecológica da Aratinga (5.882 ha), que protege integralmente a vida silvestre e os recursos hídricos abrangendo o vale do arroio Carvalho, importante tributário do rio Três Forquilhas (SEMA,2010).

Em Itati também está localizada a Reserva Biológica Estadual da Mata Paludosa. Com 113 hectares, seus objetivos incluem a proteção integral da flora e fauna silvestres, dos remanescentes da Floresta de Terras Baixas - 5 a 30 metros acima do nível do mar (SEMA, 2010). Ainda em Itati, mas compreendendo também Maquiné e Terra de Areia, encontra-se a Reserva Biológica Estadual da Serra Geral. Seus 4.845,76 hectares de Serra Geral, dentro dos limites da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, desempenham um papel fundamental de proteger integralmente 60 nascentes, abrangendo os córregos que formam o Rio Maquiné, que desagua na Lagoa dos Quadros (SEMA,2010).

Osório é o município de maior extensão de área no estudo (663,552 km²), abrange os biomas Mata Atlântica e o Pampa (tabela 2). É conhecido como "Cidade das Lagoas" por possuir uma rede de 29 lagoas, e "Cidade dos Bons Ventos". Desde 2007, possui a maior usina eólica da América Latina, o Parque Eólico de Osório. É em Osório que se localiza a Área de Proteção Ambiental do Morro da Borússia. A Unidade de Conservação de uso

sustentável tem seus 6896,75 hectares constituída de terras públicas e privadas, sendo permitida ocupação humana, uso e extração dos recursos naturais e turismo, de acordo com o plano de manejo.

O município de Maquiné possui a menor densidade demográfica entre os municípios, seguido de Itati, e o segundo de maior área, com mais de 621 km². Já Imbé, possui a maior densidade demográfica (448,53 hab./km²) e menor área de território (39,395 km²) dentre os nove municípios de estudo (tabela 2). Este mesmo município abrange a foz da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí, com as lagoas Tramandaí e Armazém, as quais o separam territorialmente de Tramandaí e Osório. Esse ecossistema é composto por vegetação de marisma, fundo lodoso, influência das marés e apresenta grande diversidade biológica.

Tabela 1: Caracterização populacional de nove municípios do litoral norte do Rio Grande do Sul.

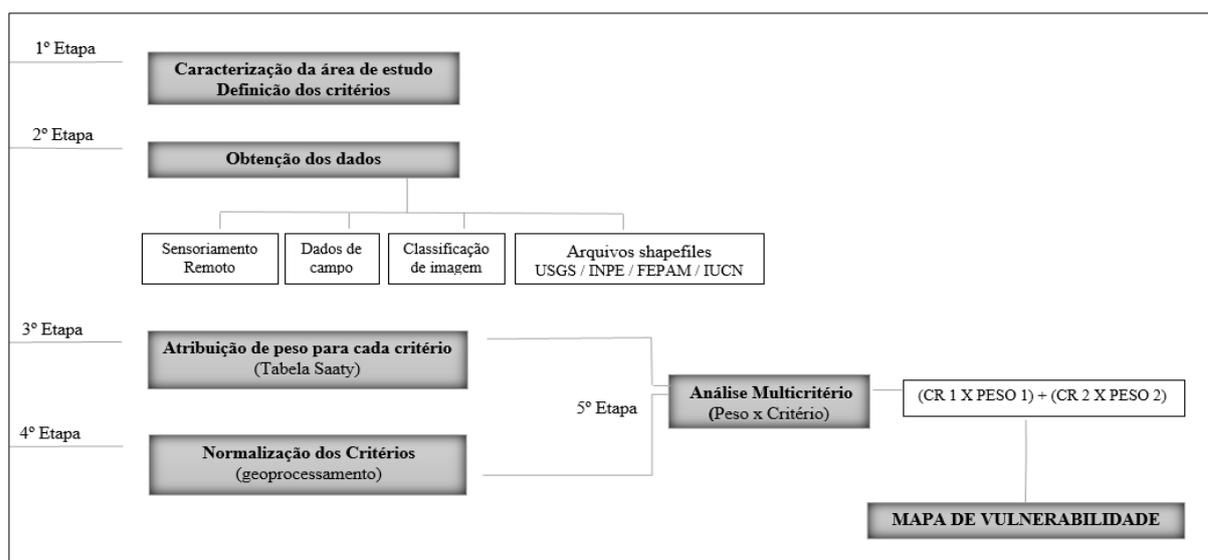
<i>Município</i>	<i>População estimada (hab.)</i>	<i>Área de unidade territorial (Km²)</i>	<i>Densidade demográfica (hab./km²)</i>	<i>Bioma</i>
<i>Capão da Canoa</i>	42.040	97,100	432,96	Mata Atlântica e Pampa
<i>Cidreira</i>	12.688	245,885	51,52	Pampa
<i>Imbé</i>	17.670	39,395	448,53	Pampa
<i>Itati</i>	2.584	206,910	12,49	Mata atlântica
<i>Maquiné</i>	6.905	621,694	11,11	Mata Atlântica e Pampa
<i>Osório</i>	40.906	663,552	61,65	Mata Atlântica e Pampa
<i>Terra de Areia</i>	9.878	141,773	69,67	Mata Atlântica e Pampa
<i>Tramandaí</i>	41.585	144,408	287,97	Pampa
<i>Xangri-Lá</i>	12.434	60,688	204,88	Pampa

Fonte: Adaptado de IBGE (2010).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos aplicados nesta pesquisa basearam-se na definição, aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados georreferenciados, conforme detalhado no fluxograma abaixo (Figura 3).

Figura 2: Fluxograma metodológico.



Fonte: autor, 2014.

4.1 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS E OBTENÇÃO DE DADOS

Os critérios selecionados contemplam algumas das atividades antrópicas com significativo potencial de pressão sobre ambiente e à biodiversidade dos municípios do Litoral Norte do Rio Grande do Sul (e.g. FEPAM, 2000; BRACK, 2009; PORTZ et al., 2010). Os critérios definidos foram: urbanização, pressão turística, fontes poluidoras, rede viária, mineração, agricultura, pecuária, silvicultura setor petroquímico, parques eólicos. Devido sua relevância nos índices de vulnerabilidade ambiental dos ambientes, a pressão turística foi considerada como critério no questionário, a fim de discutir sua verdadeira importância quanto a pressão ambiental e a visão dos especialistas no questionário. Contudo, este critério não foi incluído para geração do mapa de vulnerabilidade ambiental, devido a impossibilidade de mensurar espacialmente o mesmo.

Devido sua relevância nos índices de vulnerabilidade ambiental dos ambientes, a pressão turística foi considerada como critério no questionário, a fim de discutir sua

verdadeira importância quanto a pressão ambiental e a visão dos especialistas no questionário. Não utilizados dados deste critério para geração do mapa de vulnerabilidade ambiental, devido a impossibilidade de mensurar espacialmente o mesmo.

Além dos critérios supracitados, obteve-se dados voltados ao meio ambiente, como localização das Unidades de Conservação, rios e canais naturais, lagoas, áreas úmidas, dunas, remanescentes de Mata Atlântica e curvas de nível. Os dados georreferenciados dos critérios e das características ambientais foram obtidos a partir de três formas, conforme descrito a seguir.

4.1.1 Dados vetoriais

Foram obtidos arquivos do tipo *Shapefile* para as variáveis de pressão da urbanização e rede viária, assim como para os dados ambientais, incluindo Unidades de Conservação, rios e canais naturais, lagoas e áreas úmidas. Esses dados foram obtidos a partir de um banco de dados de arquivos digitais para uso em SIG da FEPAM, de livre acesso ao público pelo site da fundação (<http://www.fepam.rs.gov.br/>).

4.1.2 Dados a partir de licenças ambientais

Para obtenção dos dados dos parques eólicos, fontes poluidoras, terminais petroquímicos e mineração, fez-se uma busca genérica no site da FEPAM, em todos os nove municípios da área de estudo, pelas atividades consideradas para obtenção das licenças ambientais contendo as coordenadas de localização dos empreendimentos.

O critério “parques eólicos” foi selecionado pelo ramo da atividade “geração de energia a partir de fonte eólica”, de código 3. 510,30. O critério “setor petroquímico” foi selecionado pelo ramo da atividade “Terminal de petróleo e derivados”, de código 4730,5.

Dentre as atividades consideradas fontes poluidoras pelo decreto estadual N° 30.527, de 30 de dezembro de 1981, este trabalho se refere apenas às atividades poluidoras “Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos”, encontrado por ramo de atividade código 3510,3; e “Sistemas de esgotamento sanitário –SES”, código 3512,1. Posteriormente, as coordenadas presentes nas licenças ambientais para cada empreendimento foram implementadas em um SIG.

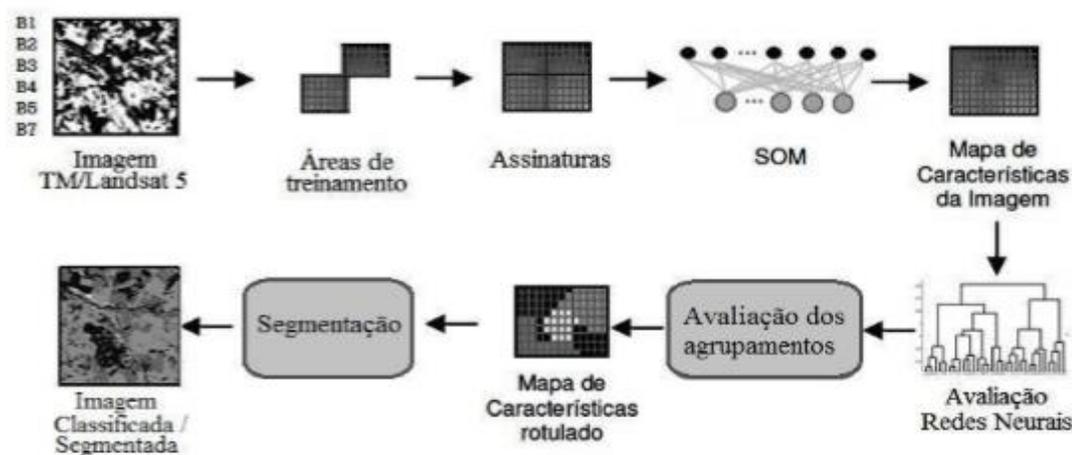
4.1.3 Classificação de imagem

Os critérios “agricultura”, “pecuária” e “silvicultura”, e dados ambientais “remanescentes de Mata Atlântica” e “dunas”, foram obtidos através de classificação de imagem supervisionada. Os critérios “agricultura” e “pecuária” foram classificados conjuntamente e denominados de agropecuária. Nos dados digitais para uso em SIG do banco de dados da FEPAM, também se encontram as áreas de silvicultura, identificadas por ela em trabalhos de vistoria e licenciamento ambiental. Contudo, para abranger além da atividade licenciada, de forma a incluir também os espécimes dispersados, optou-se por uma classificação de imagem.

A classificação supervisionada de imagem foi realizada no software Idrisi Selva, utilizando imagem do sensor TM/Landsat 5 de resolução 30 m (isto é, cada “pixel” da imagem representa 0,09 ha de área no terreno), e bandas 1,2,3,4,5 e 7. A imagem utilizada foi obtida gratuitamente através do banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), do ano de 2011.

O procedimento para classificação da imagem seguiu as seguintes etapas: composição colorida da imagem, áreas de treinamento, extração de assinaturas, análise SOM (redes neurais), mapa rotulado, segmentação e mapa de classificação final (figura 3).

Figura 3: Procedimentos realizados para a classificação por redes neurais auto organizáveis.



Fonte: Adaptado de Gonçalves (2008) por Weiss (2014).

4.2 HIERARQUIZAÇÃO E PONDERAÇÃO DOS CRITÉRIOS

A atribuição dos pesos de importância dos critérios foi baseada no método Delphi, de acordo com suas prerrogativas, através da elaboração de um questionário preenchido por um grupo de profissionais, com âmbito de conhecimento empírico, que aplicaram valores de importância comparada dos critérios, de acordo com o impacto ao meio ambiente. O questionário foi elaborado pelo formulário *online* do Google Forms, o qual é um aplicativo da plataforma Google Drive. A ferramenta permite facilidade de uso, anonimato e manipulação das respostas dos participantes a qualquer momento, e *feedback* das respostas.

Para envio do questionário, foi necessária busca dos contatos de endereço eletrônico dos participantes através de site das prefeituras, universidades e contato pessoal. O grupo de participantes envolveu professores universitários e doutorandos da área de gestão ambiental, gerenciamento costeiro, ecologias, engenharias, energias renováveis; agentes ambientais; técnicos da FEPAM; Secretarias Municipais do Meio Ambiente; Secretarias Municipais de Planejamento Urbano; Secretarias de Turismo (de todos os municípios da área do estudo que apresentam estas secretarias), Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do estado; técnicos do comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí; gestores de Unidades de Conservação e pesquisadores de ONGs ambientais.

No questionário (apêndice A), o participante teve a opção de responder se atua em algum dos nove municípios do estudo, e identificar-se. Dos campos obrigatórios, sua área de trabalho como: pesquisador, técnico, gestor, consultor, pertencente de ONGs ambientais, associações, ou outros; e a ponderação dos critérios.

Os critérios apresentavam-se dispostos em linhas, e os pesos para ponderação em colunas. O participante pôde atribuir um peso para cada critério, de 1 a 10, não sendo permitida a repetição de peso de importância. O critério de peso 1 exerceria maior pressão nos ambientes, e peso 10 exerceria menor pressão, assim devendo atribuir os valores intermediários. Nesse entendimento, quanto menor a pressão exercida exercida no meio (valoração 10), menor a vulnerabilidade ambiental do meio pressionado. Com a atribuição dos pesos dos especialistas por meio do questionário, fez-se a média dos resultados para cada variável.

Os pesos obtidos para cada variável serviram como base para a construção da tabela de importância Saaty (tabela 2), onde todas as variáveis ficam em linha (eixo x) da tabela e todas também em coluna (eixo y). As variáveis são todas comparadas entre si, e assim atribuídos os

pesos de importância Saaty, de acordo com os pesos atribuídos pelos especialistas. Saaty (1980) atribui valores de ponderação que variam de "igualmente preferido" até "extremamente preferido" na escala, determinando a importância relativa de uma alternativa em relação a outra (variando de 1 a 9 na escala de avaliação e de 1 a 1/9 para seu recíproco).

Tabela 2: Representação da tabela da escala relativa de Saaty.

Escala	Avaliação Numérica	Recíproco
Extremamente preferido	9	1/9
Muito forte ao extremo	8	1/8
Muito fortemente preferido	7	1/7
Forte a muito forte	6	1/6
Fortemente preferido	5	1/5
Moderado a forte	4	1/4
Moderadamente preferido	3	1/3
Igual a moderado	2	1/2
Igualmente preferido	1	1

Fonte: Adaptado de Saaty (2005).

A partir da tabela de cruzamento (Apêndice C), pode-se definir um peso para cada variável. Esse valor foi ponderado, variando de 0 a 1, para posteriormente ser aplicado no modelo de análise hierárquica, definindo o quanto o critério é mais ou menos relevante em relação aos outros.

4.3 DEFINIÇÃO DAS ESTATÍSTICAS PARA OS CRITÉRIOS

A fim de propor um índice de pressão sobre o meio ambiente, foram considerados os critérios: urbanização, fontes poluidoras, rede viária, mineração, agropecuária, silvicultura, setor petroquímico e parques eólicos. A partir de cada variável foi estimado sua distância euclidiana, ou seja, considerando os fatores de pressão, quanto mais perto dessas variáveis, inclusive a mesma, maior será a pressão exercida no ambiente. Logo, quanto mais longe da variável menor será a pressão. O fator distância euclidiana foi empregado em um arquivo *raster* (GeoTIFF), onde os pixels, com resolução de 30 m, possuíam valores mais altos quanto mais perto das variáveis, e mais baixos quanto mais longe.

Para as variáveis ambientais, a lógica seguida foi a mesma, com os dados de Unidades de Conservação, rios e canais naturais, lagoas, áreas úmidas, dunas e remanescentes de Mata

Atlântica, foram calculadas as distâncias euclidianas de cada variável em um arquivo *raster* de formato da área de estudo. Para cada variável ambiental quanto mais perto, inclusive a mesma, maior o potencial de conservação da área (menor valor do pixel), e quanto mais longe, menor o potencial (maior o valor do pixel). É importante destacar que os valores de pixel estão ao contrário nos fatores “pressão” e “variáveis ambientais”, devido a lógica matemática, pois posteriormente as informações irão se cruzar para estipular um índice de vulnerabilidade. Pensando em valores numéricos de pixel, quanto maior o valor no fator pressão maior será a vulnerabilidade, enquanto maior o valor no fator ambiental mais afastado de áreas ambientais estará o pixel. De forma inversa, quanto menor o valor numérico do pixel no fator pressão e menor no fator ambiental, menor será a vulnerabilidade.

4.4 CRUZAMENTO DAS VARIÁVEIS

Conforme mostrado no fluxograma metodológico (Figura 7), na etapa 3, as variáveis foram todas normalizadas, para que seja possível fazer o cruzamento entre elas. Para o fator “pressão”, após cada variável ser normalizada, cada uma foi multiplicada pelo seu peso de importância, definidos pela aplicação na tabela Saaty, segundo a ponderação dos especialistas, tal como comentado anteriormente.

Posteriormente a atribuição dos pesos, as variáveis do fator “pressão” foram cruzadas entre si, gerando um arquivo matricial que indicaram a pressão ambiental segundo tais critérios. Para o fator “ambiental”, não foi considerado pesos distintos de importância, pois foi utilizada a premissa que todas as variáveis ambientais possuem igual importância quanto sua preservação. Assim sendo, as variáveis para esse fator foram cruzadas resultando em uma matriz, representando distâncias desses recursos naturais.

Por fim, os resultados do fator “pressão” e do fator “ambiental” foram cruzados, utilizando a lógica matemática dos valores de pixel explicadas anteriormente, gerando uma matriz de um índice de vulnerabilidade baseado na pressão antrópica e na preservação ambiental.

4.5 MAPAS TEMÁTICOS

Para demonstrar os resultados foram gerados cenários, demonstrados em mapas, dos fatores de pressão antrópica na área de estudo, de acordo com os critérios, e dos fatores ambientais selecionados. A sobreposição e o cruzamento desses mapas determinaram a vulnerabilidade ambiental.

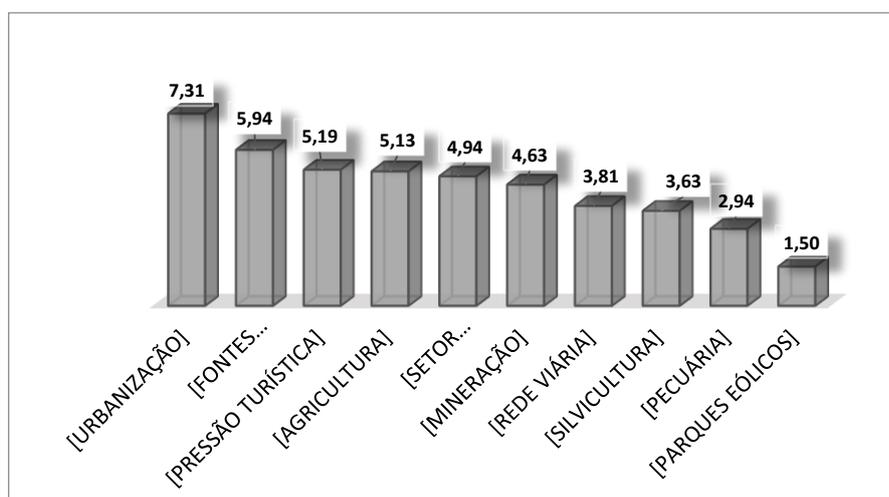
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ATRIBUIÇÃO DE PESOS DE IMPORTÂNCIA

Conforme mencionado anteriormente, as ponderações de cada critério variaram de 1 a 10, sendo que quanto maior o peso atribuído, menor impacto representativo ao ambiente do critério, e quanto menor o peso, maior impacto. De acordo com os questionários retornados até a data estipulada, cerca de 30% do seu total, foram feitas médias inversas dos pesos atribuídos de cada critério (Figura 5), ajustadas no gráfico em ordem crescente para melhor visualização da hierarquização dos critérios. Das somas e inversão das médias dos pesos das variáveis, por meio do questionário, os parques eólicos obtiveram concepção de menor impacto ao meio ambiente (1,5), enquanto a urbanização o maior índice de impacto (7,31) (Apêndice B). Em sequência, os critérios de maior ao menor impacto ao meio ambiente foram: urbanização, fontes poluidoras, pressão turística, agricultura, setor petroquímico, mineração, rede viária, silvicultura, pecuária, parques eólicos.

O turismo assume uma grande importância socioeconômica nos municípios em questão, mas também expõe grandes impactos negativos e de natureza cumulativa nos ecossistemas costeiros (MATOS; GRUBER, 2009; PORTZ *et al.*, 2010). A pressão exercida pelo turismo ficou como terceira principal fonte de pressão ao ambiente, ou seja, segundo os especialistas é um critério que pode aumentar significativamente a vulnerabilidade ambiental nas cidades do litoral norte.

Figura 4: Ponderação dos critérios através do questionário.



Fonte: autor (2015).

A tabela de cruzamento Saaty (Apêndice D) definiu o quanto mais ou menos relevante é o critério em relação aos outros. Assim, resultou as ponderações apresentadas na figura 6, onde a urbanização continuou dominando sobre os outros critérios (0,3158 do peso total, normalizado de 0 a 1), ou seja, representa a maior fonte de pressão sobre o meio ambiente. Os aterros sanitários e os sistemas de esgotamento sanitário representaram a segunda maior fonte de pressão (0,2079). Na sequência, a agropecuária (0,1305) representou maior relevância sobre as outras variáveis. O setor petroquímico obteve relevância sobre a mineração, rede viária, silvicultura, rede viária e parques eólicos. O método de geração de energia pelo vento através de aerogeradores, representou a atividade de menor impacto sobre o meio (0,0096).

As espécies exóticas invasoras estão entre as principais causas da perda de biodiversidade (CAMPANILI; SCHAFFER, 2010). Sendo a silvicultura de plantas exóticas, como *Pinus* spp. com alta capacidade invasora, é considerada atividade de alto potencial poluidor no Rio Grande do Sul, e cultivo de exóticas como *Eucalyptus* spp., *Acacia mearnsii*, consideradas de baixa capacidade invasora, de médio potencial poluidor (PORTARIA FEPAM N.º 51/2014).

O crescimento populacional, ligados ao consumo e desperdício excessivos, poderá elevar ainda mais os fatores de exploração insustentável dos solos e dos recursos hídricos. A fragmentação dos remanescentes florestais em meio a monoculturas é a principal ameaça à biodiversidade da Mata Atlântica, além da irrigação das culturas consumirem grande percentual da água doce disponível. Associado à agricultura está o uso intensivo dos agrotóxicos no estado, o que a saúde tanto dos consumidores dos alimentos e dos trabalhadores que atuam diretamente no uso dos produtos quanto da fauna, visto que esses produtos dispersam pelo vento por grandes distâncias.

A malha viária é a principal forma de locomoção e de realização de serviços no país. Porém, a construção de estradas é um dos processos antrópicos que mais afeta a dinâmica dos processos ecológicos (FORMAN; ALEXANDER, 1998). Sendo que, a fragmentação é o principal efeito causado pelas estradas, além de apresentarem uma barreira intransponível para algumas espécies (Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas, 2015).

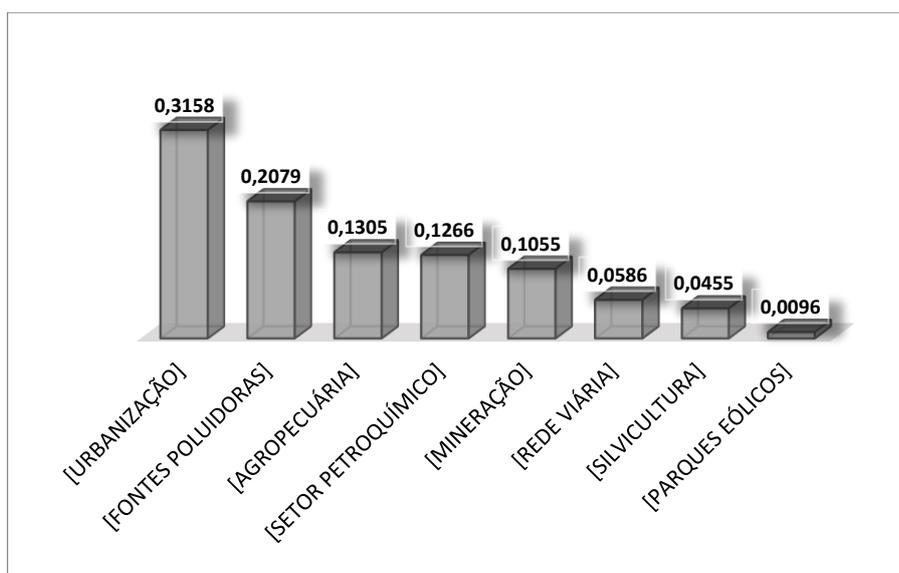
Levando em consideração que a fragmentação dos ambientes é considerada a principal causa a perda da biodiversidade, as estradas e a agropecuária são os principais agentes causadores dessa perda.

As estradas também transportam os minérios amplamente extraídos na região, como areia, argila, turfa, calcário, diatomito e outros. As características evolutivas e sedimentares da

planície costeira do litoral norte permitiram a acumulação de uma variedade de recursos minerais típicos de cada ambiente.

A maioria da matéria prima extraída da natureza não se encontra em formas adequadas para uso direto, sendo necessário que passe por processos de transformação, como por exemplo o petróleo. Essa energia para chegar ao local de consumo é transportada por gasodutos, linhas de transmissão, rodovias, ferrovias, entre outros. Da exploração à comercialização de seus derivados, vários tipos de impactos ambientais podem ser identificados no setor petroquímico, como vazamentos e efeitos sísmicos na etapa de extração; geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos em todos os processos; emissões atmosféricas no refino; vazamentos acidentais em terra ou no mar no transporte e destinação final dos produtos (PANDEFF *et al.*, 2008).

Figura 5: Ponderação dos critérios na tabela de cruzamento Saaty.



Fonte: autor (2015).

5.2 FATOR DE PRESSÃO AMBIENTAL

As pressões exercidas pela concentração da população e de atividades geradas pela urbanização, contribuem para acentuar as modificações do meio ambiente, com o comprometimento da qualidade de vida e dos habitats naturais.

Os Centros urbanos, dados obtidos através do banco de dados da FEPAM, representam 1,40% da área de estudo. Os dados de agropecuária (Figura 6, mapa (b)), obtidos através de

classificação de imagem, apresentam que 36,84% da área de estudo é predominado por uma área densa de agricultura e pecuária na maioria dos municípios, principalmente pelo plantio de arroz, muito próximos de lagoas e dos rios, e em áreas úmidas. Isto relaciona-se ao alto grau de contaminação de solos e mananciais hídricos desses ambientes, provido do uso de defensivos agrícolas e eutrofização das águas por fertilizantes, e conseqüentemente grande probabilidade de perda da biodiversidade aquática. Esta atividade também está ligada a perda da diversidade genética, pelo plantio de espécies exóticas ou transgênicas. Pelas características do relevo e possuir áreas de preservação permanente, Maquiné e Itati apresentam as menores áreas utilizadas para agropecuária. Capão da Canoa possui pequeno fragmento desta atividade.

Levando em consideração que a fragmentação dos ambientes é considerada a principal causa a perda da biodiversidade, a estradas e a agropecuária são os principais agentes propiciadores dessa perda no litoral norte.

Os dados de silvicultura (Figura 6, mapa (d)), obtidos também por classificação de imagem, representam 3,87% da área de estudo é usado para o plantio de árvores exóticas, principalmente pinus e eucalipto, além das plântulas dispersadas. A maior cobertura vegetal dessas espécies se encontra em Osório e Cidreira. Porém, ocorre porções fragmentadas dispostas em todas as regiões da área. Imbé, Maquiné e Itati apresentam fragmentos muito pequenos de silvicultura.

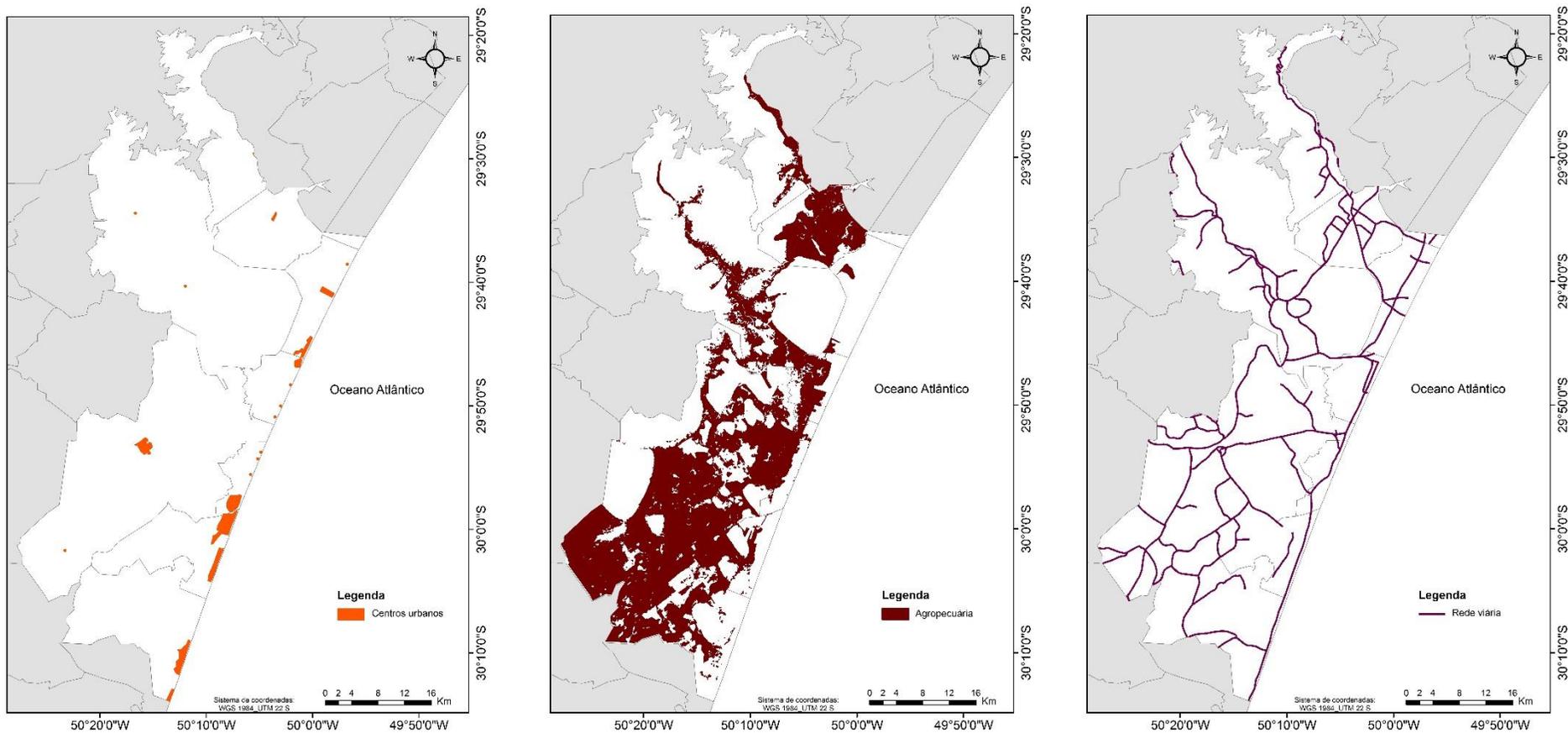
O mapa (e) da Figura 6 apresenta os dados de mineração e fontes poluidoras, obtidos através dos licenciamentos da FEPAM. Foi encontrado 25 empreendimentos de mineração na área de estudo, de diferentes produtos de extração, principalmente de areia. É possível observar que, é em Osório e Maquiné a preferência pela atividade. Imbé é o único, ainda, que não possui extração de minerais.

As fontes poluidoras, relacionadas apenas aos aterros sanitários e aos sistemas de esgotamento sanitário, estão localizadas em todos os municípios, exceto em Maquiné e Itati. Por serem municípios com maior área rural e pela declividade, estes municípios possuem deficiências no saneamento básico, até mesmo no transporte de água tratada. É relevante observar Xangri-Lá e Capão da Canoa, possuem maior números desses empreendimentos, são encontradas duas estações de lagoas de estabilização e três aterros, incluindo os de material de construção, em Capão da Canoa; e em Xangri-Lá, um aterro e três estação de lagoas de estabilização. Tramandaí, além dos resíduos gerados no município, recebe lixo de 10 municípios da região, inclusive de Imbé e Cidreira, dispostos em apenas um aterro sanitário.

O município possui, uma estação de tratamento de esgoto em processo final de licenciamento, e uma estação de lagoas de estabilização. É crescente a problemática de saneamento do município de Imbé, visto que apresenta maior densidade demográfica da área e grande aumento da população no verão, não possui sistema de esgotamento sanitário.

De acordo com os dados obtidos através do licenciamento ambiental da FEPAM, foi identificado cinco parques eólicos na área de estudo (Figura 6, mapa (f)). Um parque eólico no centro Xangri-Lá até a divisa com Maquiné e Osório; um parque ao sul de Tramandaí; um parque ao norte de Imbé na divisa com Osório. Itati, Terra de Areia e Capão da Canoa ainda não possuem parques eólicos.

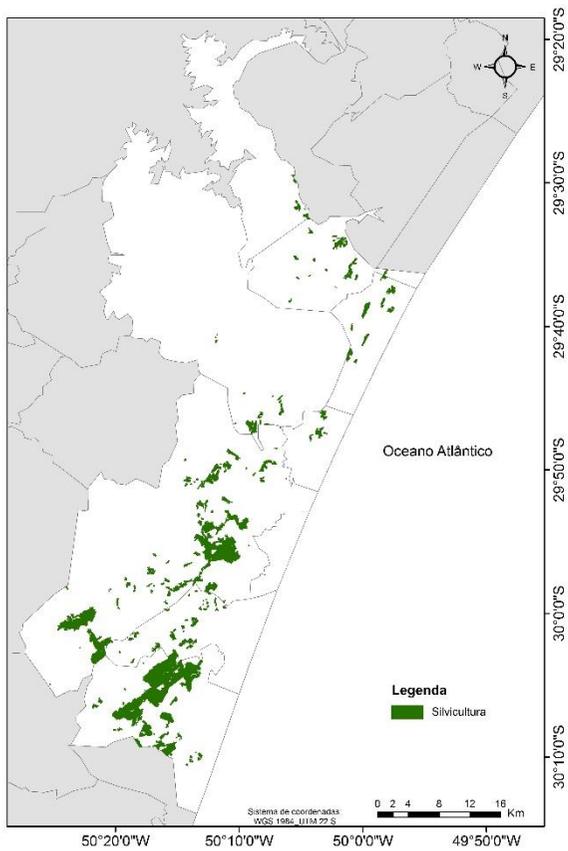
Figura 6: Distribuição dos critérios selecionados nos nove municípios avaliados do litoral norte do Rio Grande do Sul. a) Centros urbanos; b) Agropecuária; c) Rede Viária; d) Silvicultura; e) Fonte poluidora e Mineração; f) Setor petroquímico e Parques.



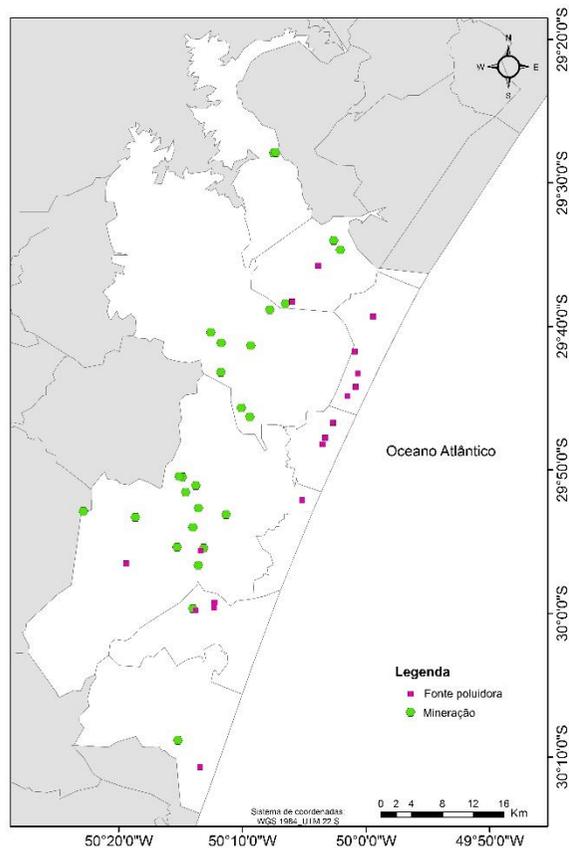
A

B

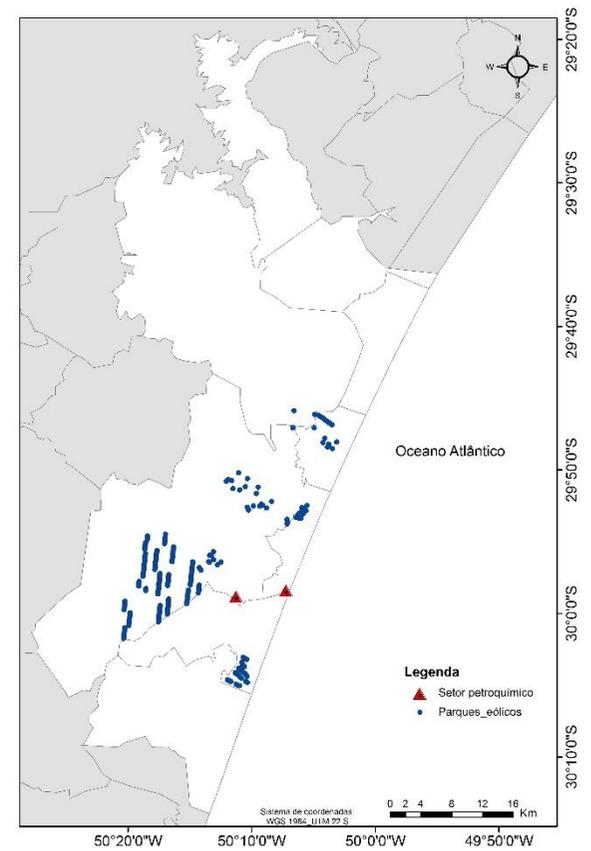
C



D



E



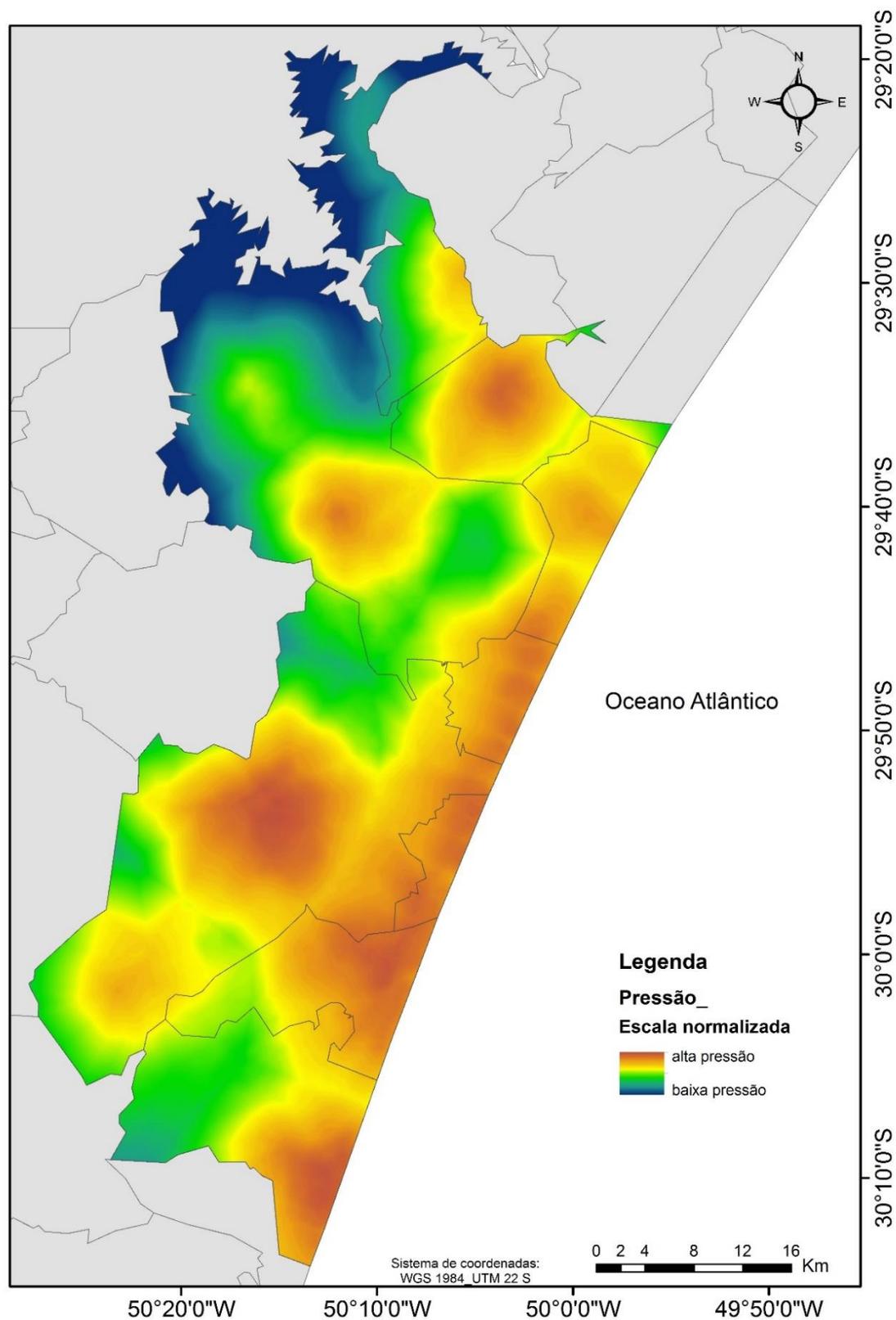
F

Fonte: autor (2015).

Após a normalização dessas variáveis de “pressão” e aplicação de seus pesos de importância, elas foram cruzadas entre si, gerando um arquivo matricial indicando a pressão ambiental, representado na Figura 7. O mapa do modelo está predisposto em escala de cores, variando do azul ao vermelho intenso, facilitando a visualização da escala de pressão e a compreensão. É importante salientar que a escala utilizada na área de estudo é apenas local, estando normalizada de 0 a 100 por cento, portanto não considera áreas adjacentes à região de estudo. A mudança na escala de coloração (e. g. mudança brusca de cor) não significa uma quebra de classe, e sim uma mudança suave nos valores de "pressão".

É possível observar que as áreas de maior índice de pressão ambiental, de acordo com os critérios, estão concentradas nos centros urbanos. Quase todo o território da planície costeira está sobre pressão antrópica, possui apenas alguns locais de baixa pressão no leste de Maquiné, norte de Osório e oeste de Cidreira. A Serra Geral apresenta os menores índices de pressão antrópica, nas áreas mais distantes das cidades, mesmo com atividades de agropecuária e estradas.

Figura 7: Mapa de análise normalizada da pressão ambiental, de acordo com os critérios selecionados, nos nove municípios avaliados do litoral norte do Rio Grande do Sul.



Fonte: autor (2015).

5.3 FATOR AMBIENTAL

A área de estudo apresenta diversidade de recursos naturais, sendo dominada principalmente pelos recursos hídricos. Como representado no mapa (g) (figura 8) são poucas as lagoas isoladas, mas há um grande cordão de lagoas conectadas por canais naturais, as quais desembocam no mar pelo estuário do complexo lagunar Tramandaí- Armazém. A conectividade pode ser determinante na estrutura das comunidades, pois auxiliam na recolonização, migração e efeito resgate das populações. A área apresenta duas grandes lagoas, a Lagoa dos Quadros em Capão da Canoa, e a Lagoa dos Barros em Osório. A Lagoa dos Quadros pertence a Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí, localiza-se na planície costeira e possui como principais tributários o Rio Maquiné e o Canal Cornélios ao norte. É na Serra Geral se concentram-se as principais fontes de água do litoral norte (mapa G).

As unidades de conservação representam 9,77% da área de estudo. A Unidade de Conservação Área de Proteção Ambiental Rota do Sol abrange metade do território de Itati. Neste município também está localizada a Reserva Biológica Estadual da Mata Paludosa, o qual protege um expressivo número de animais selvagens, muitos constam em listas nacionais e internacionais de espécies vulneráveis ou ameaçadas de extinção (SEMA, 2010).

Em Maquiné, localiza-se a Reserva Biológica Estadual da Serra Geral, com pequena proporção em Itati e Terra de Areia, é constituída de remanescentes de Mata Atlântica, nascentes e rios. As áreas úmidas estão distribuídas ao longo da planície costeira ligadas as lagoas. Há grande concentração de áreas úmidas em Osório, em divisa com Imbé e ao longo do Rio Tramandaí, e principalmente em Xangri-Lá (Figura 8, mapa (h)). As áreas úmidas disponibilizam nutrientes para processos vitais, permitem a recarga de aquíferos, retém nutrientes, purificam a água, estabilizam zonas costeiras, barram inundações e regulam o regime hídrico dos corpos de água na região. Além disso, possuem caráter socioeconômico e cultural para a população humana, sendo fundamentais para comunidades urbanas e rurais no litoral norte do estado (MMA, 2014).

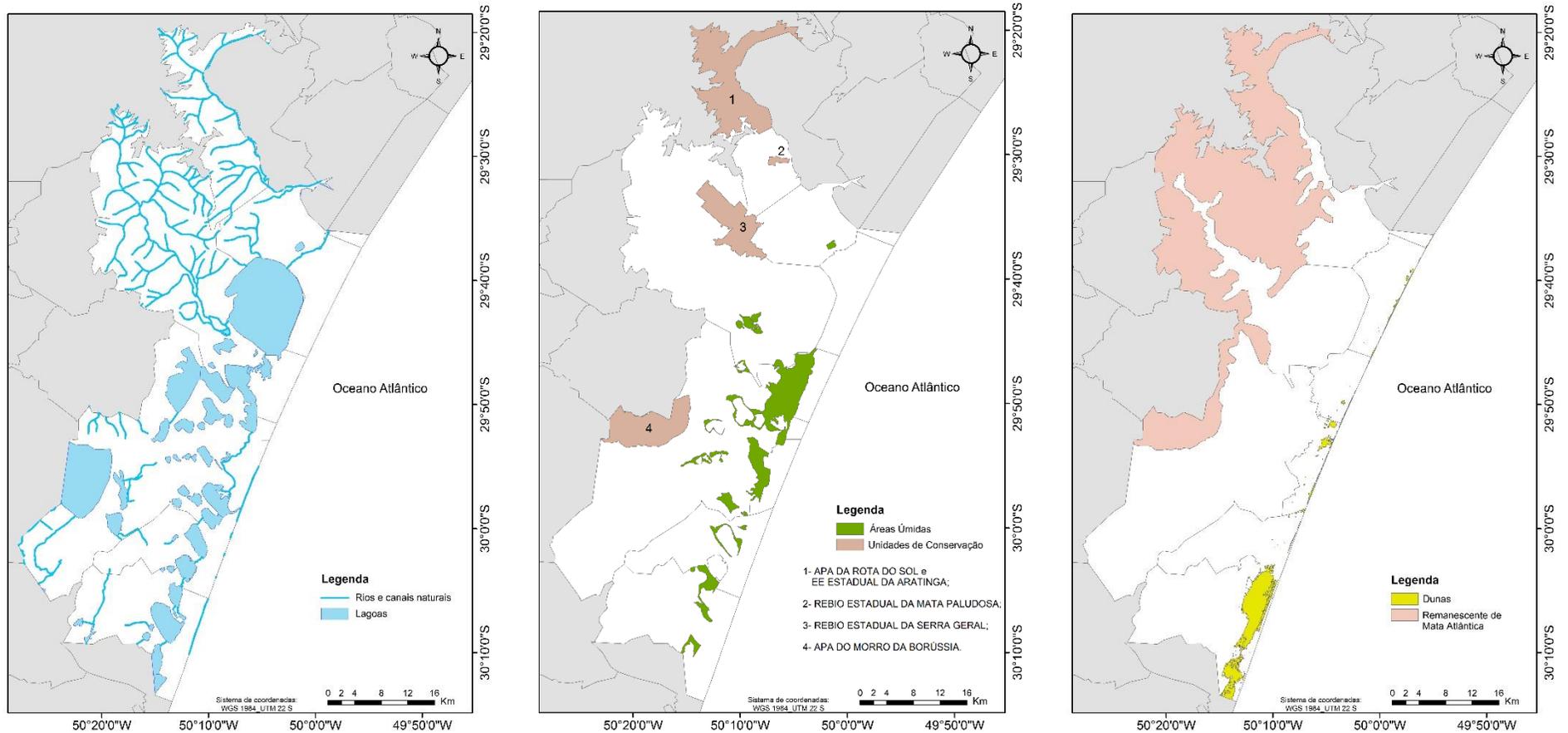
As dunas, que anos atrás predominavam nos municípios praias, restando alguns segmentos remanescentes do campo eólico original, e apenas em Cidreira um grande campo de dunas. Este campo de dunas móveis cobre uma área de aproximadamente 31,4 km², sendo limitada pela zona urbanizada, pela praia e pela Fortaleza e Manoel Nunes. As dunas desempenham papel fundamental na manutenção da morfologia da costa, atuando como barreira física contra ação de fortes ventos, ondas e tempestades. Constituem uma área de

refúgio, alimentação, nidificação de aves, e habitat para uma grande diversidade de espécies vegetais e animais (GIANUCA, 1998).

Os remanescentes de Mata Atlântica representam 29,25 % da área de estudo, abrangem as áreas de altitude de Osório, grande parte do território de Maquiné e quase o todo de Itati (Figura 8, mapa (i)).

Após a normalização dessas variáveis “ambientais”, elas foram cruzadas entre si, gerando um arquivo matricial indicando padrão de diversidade de ambientes naturais, representado na Figura 9. O mapa do modelo está predisposto em escala de cores, variando do azul ao bege, facilitando a visualização da escala de aptidão e a compreensão. O azul extremo representa a maior diversidade dos fatores ambientais, e variando ao bege, áreas com menor diversidade dos fatores ambientais. Neste contexto, as áreas com maior potencial ambiental apresentam-se distribuídas em uma faixa central da área de estudo, devido a grande concentração dos recursos hídricos. Maquiné e Itati apresentam o menor potencial ambiental, porém, localizam-se em nas áreas de remanescentes de Mata Atlântica com presença de muitos rios e unidade de conservação.

Figura 8: Localização dos recursos naturais seleccionados nos nove municípios avaliados do litoral norte do Rio Grande do Sul. G) Rios e canais naturais; Lagoas H) Áreas úmidas e Unidades de Conservação I) Dunas e Remanescentes de Mata Atlântica.



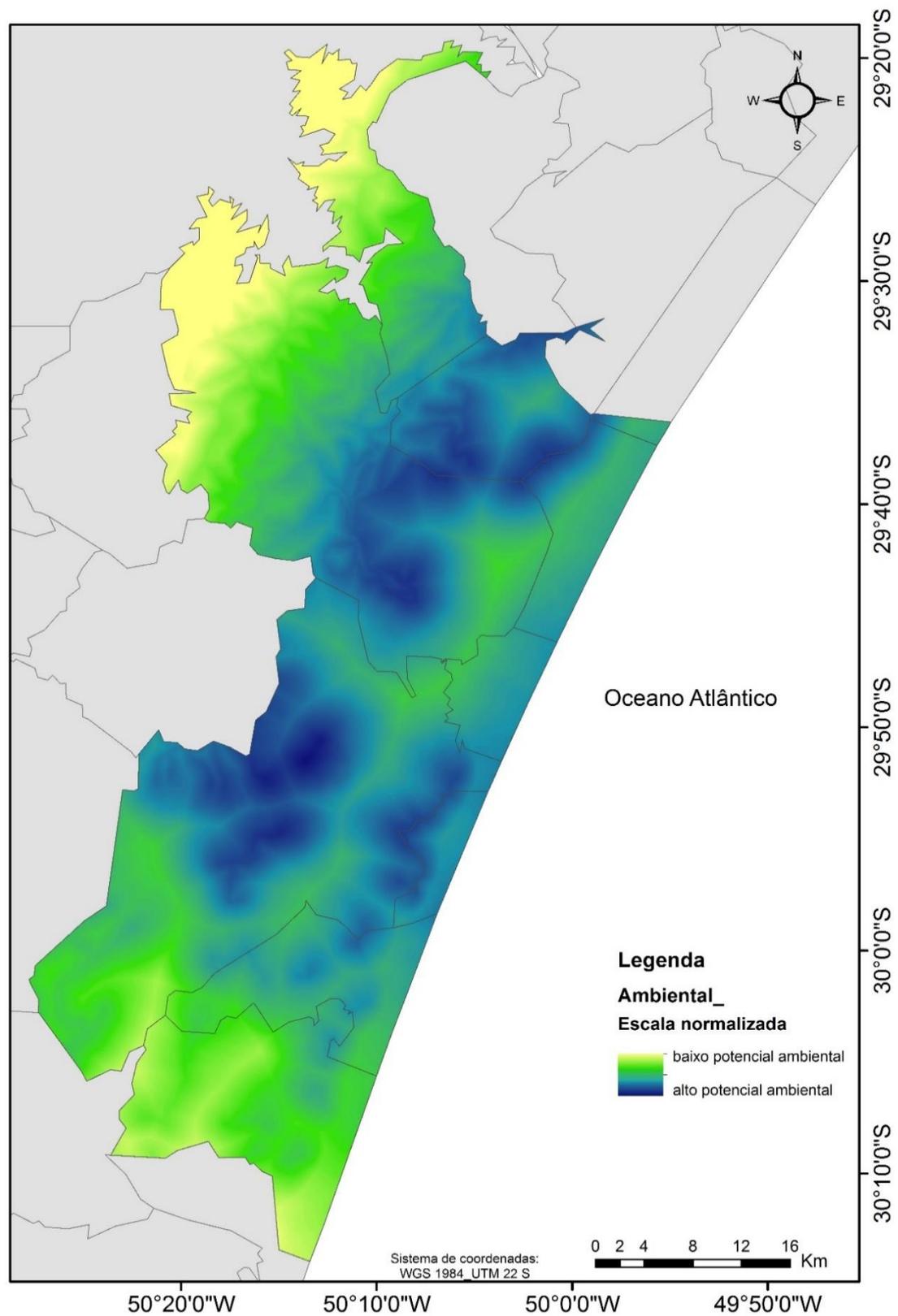
G

H

I

Fonte: autor (2015).

Figura 9: Mapa de análise normalizada dos remanescentes naturais selecionados, nos nove municípios avaliados do litoral norte do Rio Grande do Sul.



Fonte: autor (2015).

5.4 INDÍCE DE VULNERABILIDADE

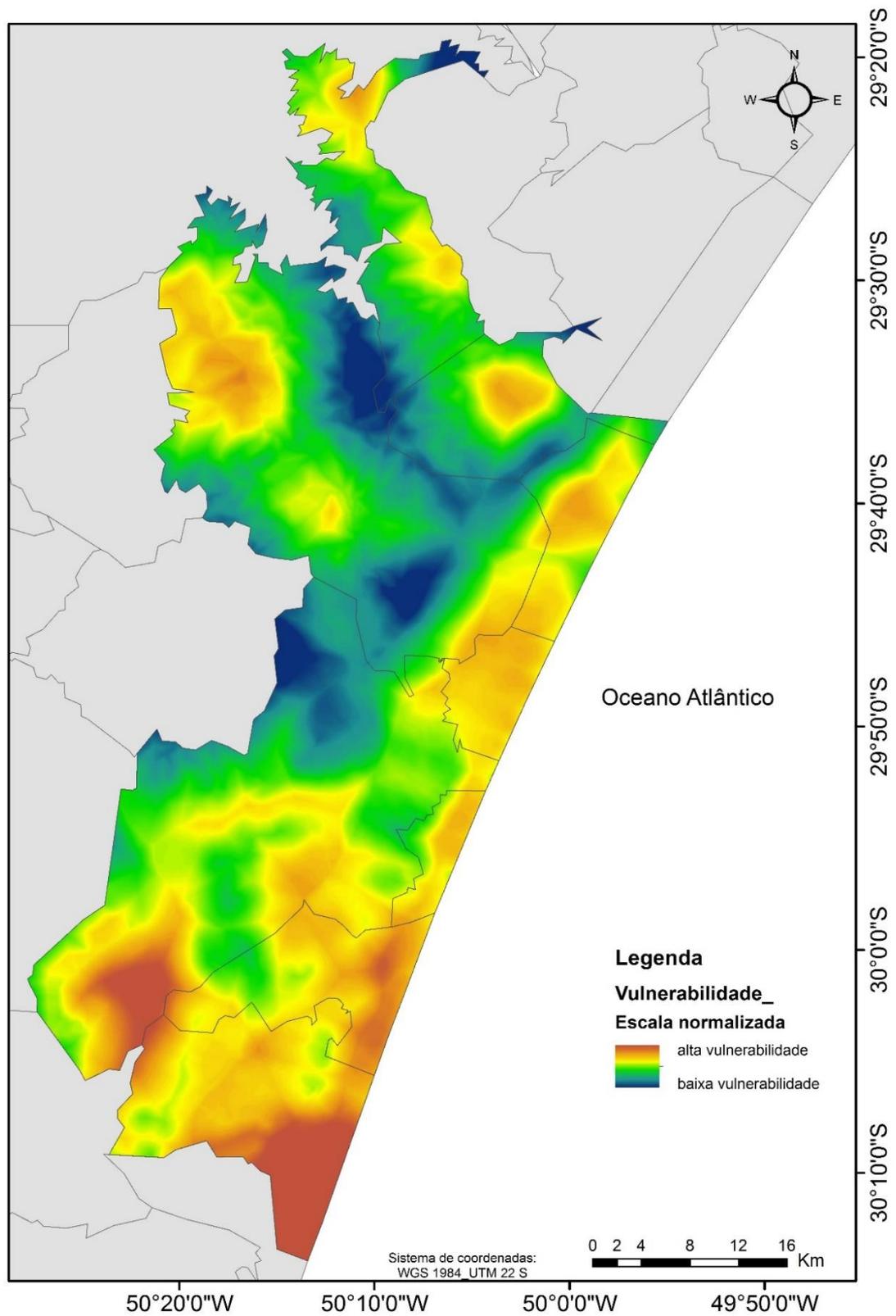
O cruzamento dos dados normalizados do fator pressão ambiental (Figura 7) com os ambientais (Figura 9), resultou no mapa da vulnerabilidade ambiental, representado na Figura 10. O mapa do modelo está predisposto em escala de cores, variando do azul ao vermelho intenso, facilitando a visualização e a compreensão. Na escala de cor, o vermelho se dá as áreas de maior vulnerabilidade ambiental e conforme varia ao azul, a vulnerabilidade diminui.

Constata-se, através da análise da Figura 10, que os municípios Osório e Cidreira apresentam os maiores índices de vulnerabilidade ambiental dentre os nove municípios do litoral norte. A área de Osório onde observa-se alto índice vulnerabilidade pela presença de parques eólicos, estradas, silvicultura e agropecuária na área, além de não se identificar recursos naturais considerados nesta análise. Cidreira apresentou alta vulnerabilidade ambiental mais próxima ao centro urbano, onde se localiza a estrada (interpraias), e de atividades agropecuárias. Entretanto, essa região apresenta grande importância ecológica pela presença de lagoas, canais e o campo dunas. Assim sendo, carece de manejo e eficiência nas ações de proteção desses recursos naturais, perante suas notáveis funções ecossistêmicas.

É possível observar que, os municípios praias apresentam índices consideráveis de vulnerabilidade, perfazendo quase a área total dos municípios, além de não apresentarem zonas de baixa vulnerabilidade ambiental.

As manchas de índice de vulnerabilidade mais baixo estão distribuídas em meio a matrizes antrópicas, principalmente a estradas e uso agrícola. Porém, como apresentam baixos níveis de vulnerabilidade, é indispensável concentrar os esforços para a conservação dessas áreas, visto que possuem aptidão de distribuição contínua interconectando ambientes, a qual deve ser mantida na forma mais intensa. O extremo norte de Itati, a porção leste de Maquiné e o norte de Osório, apresentam os menores índices de vulnerabilidade ambiental. No entanto, é necessário lembrar que nessas áreas também estão presentes atividades antrópicas de alto potencial impactante, como as mineradoras e estradas.

Figura 10: Mapa de análise normalizada da vulnerabilidade ambiental, nos nove municípios avaliados do litoral norte do Rio Grande do Sul.



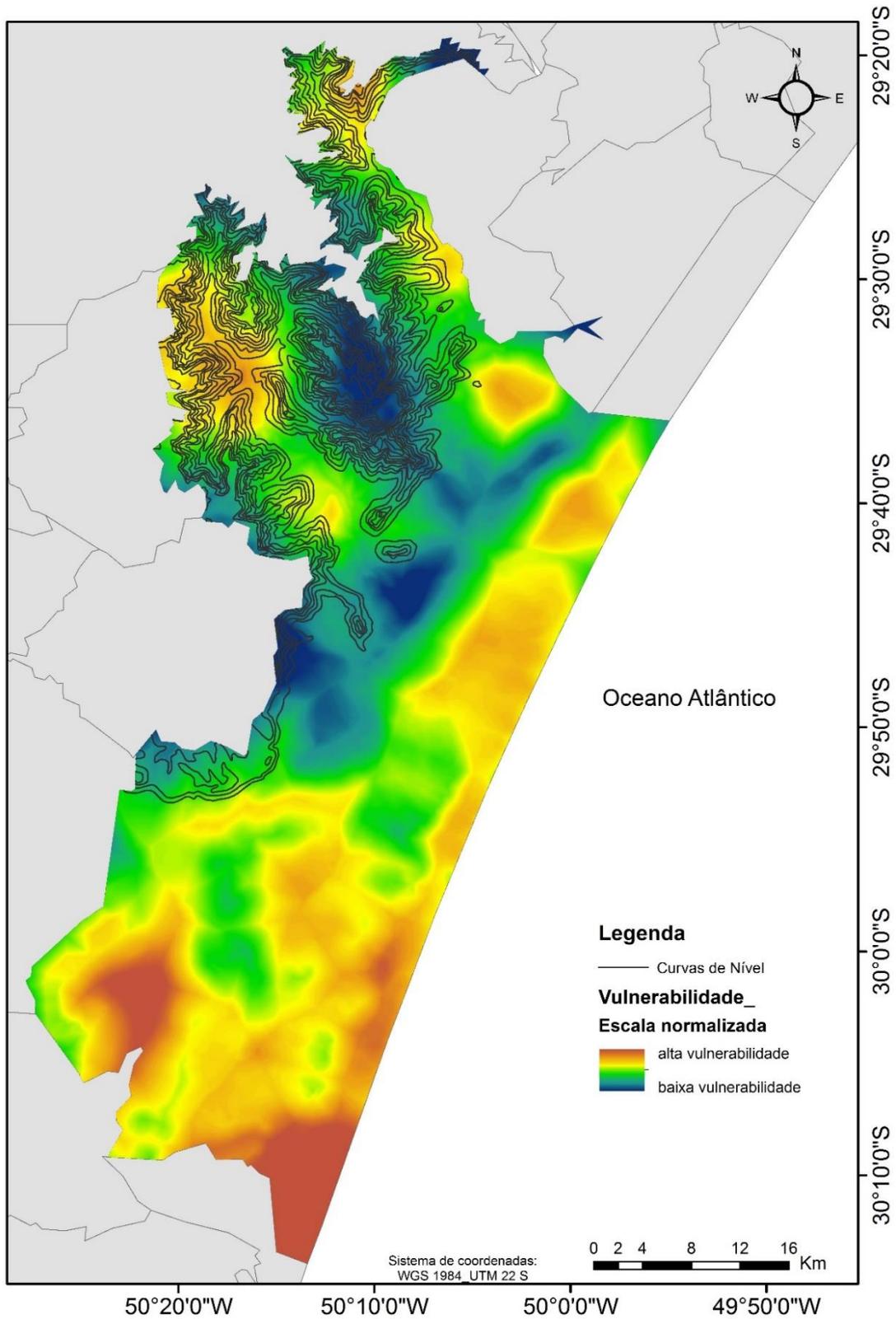
Fonte: autor (2015).

As curvas de nível no mapa de vulnerabilidade (Figura 11) permitiu consolidar o discutido anteriormente sobre os nove municípios. É possível observar que, a maior parte da área de estudo está localizada na planície costeira. Já a Serra Geral, é restrita aos municípios de Itati, Maquiné, Terra de Areia e Osório. Analisando o mapa, em Maquiné e Itati, os vales apresentam maior vulnerabilidade ambiental que os topos, fato associado a presença de urbanização, estradas e agropecuária.

A sobreposição da localização de alguns dos dados ambientais no mapa de vulnerabilidade (figura 12) foi propício para melhor interpretação dos resultados. É possível observar que, as unidades de conservação ambiental localizadas em Itati (APA da Rota do Sol, abrange uma unidade de proteção integral, e a REBIO Estadual da Mata Paludosa, também de proteção integral) apresentam índices de vulnerabilidade ambiental relativamente altos, ocasionado principalmente pela presença da estrada Rota do Sol e agropecuária. É preciso levar em consideração que, a REBIO Estadual da Mata Paludosa sendo localizada muito próxima a urbanização e estradas, e com área relativamente pequena de 113 hectares, apresenta grande vulnerabilidade ambiental, sofrendo com efeito de borda e altos riscos de atropelamento da fauna.

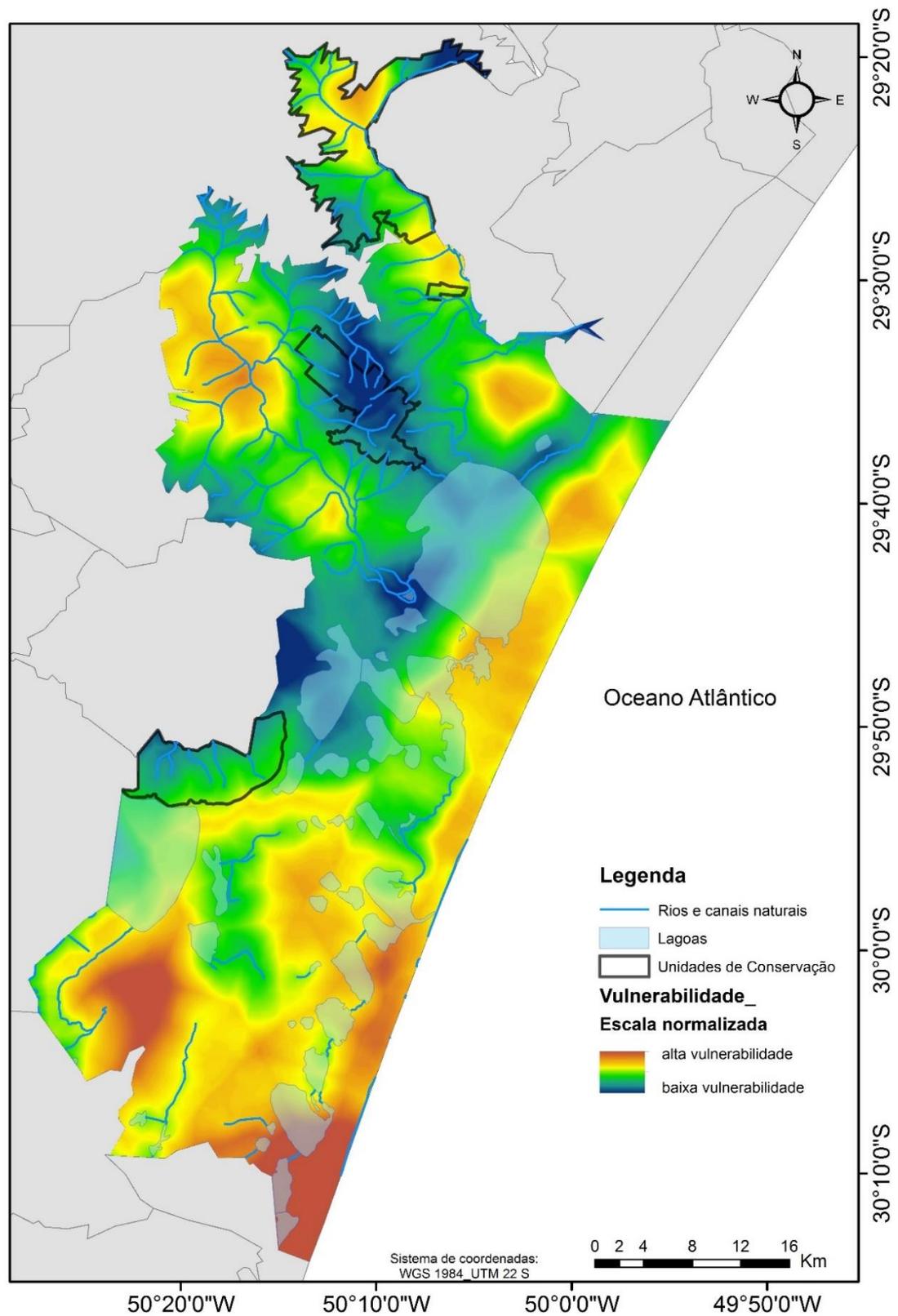
A REBIO Estadual da Serra Geral, localizada no alto da Serra Geral em Maquiné (figura 12), apresenta os menores índices de vulnerabilidade de toda a área de estudo. Podemos inferir com isso, que os esforços atribuídos para conservação dos recursos naturais e da biodiversidade dessa área estão sendo valorosos.

Figura 11: Sobreposição das curvas de nível no mapa da vulnerabilidade ambiental nos nove municípios avaliados do litoral norte do Rio Grande do Sul.



Fonte: autor (2015).

Figura 12: Unidades de Conservação, rios, canais e lagoas, no mapa da vulnerabilidade ambiental, nos nove municípios avaliados do litoral norte do Rio Grande do Sul.



Fonte: autor (2015).

6 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O expressivo aumento da população no litoral norte decorrente, de estar próximo à capital Porto Alegre, de estradas que ligam o Estado ao resto do País, da concentração de recursos naturais; das praias, e da facilidade para implementação de culturas e pecuária; representa a fonte de conflitos e problemáticas ambientais ocorrentes nessa região. Diante dessa realidade, é necessário desenvolver ferramentas e técnicas de planejamento capazes de assegurar a sustentabilidade ambiental e socioeconômica desse processo.

A procura de qualidade de vida, principalmente nos meses de verão, ao meio de grande riqueza de recursos naturais e paisagísticas, é o principal objetivo do turismo no litoral. Porém, esse apresenta aspectos negativos quanto ao impacto exercido sobre o meio ambiente, devido à falta de um planejamento sustentável que leve em consideração a capacidade de suporte do meio e a carência de saneamento básico. Estes aspectos negativos afetam não só a atividade turística, mas também outros sectores econômicos, direta e indiretamente associados.

A metodologia baseada método Delphi, partindo do conhecimento empírico de profissionais de áreas de atuação distintas e que se complementam, aplicada em um método estatístico AHP (baseado em árvore de decisão), evitou a implicação de subjetividade na atribuição de pesos de importância para as variáveis. Pode-se ressaltar que, para propor uma avaliação a nível ecossistêmico, tal como nessa pesquisa, de um índice de vulnerabilidade ambiental, os critérios de pressão antrópica são indispensáveis na avaliação, e o cruzamento dessas informações com os dados ambientais, tal como proposto, se torna imprescindível.

A resolução espacial dos dados utilizados de sensoriamento remoto, sendo todos padronizados em uma resolução espacial de 30 metros, foi adequada para a escala de trabalho. O método de análise hierárquica multicriterial utilizado, reflete um processo de racionalidade sistemática, o qual permitiu considerar o problema como um todo e analisar as interações entre os componentes que constituíram a hierarquia da árvore de decisão. Este método, que aborda problemas complexos em termos de interações específicas, permitiu, através de equações matemáticas, sintetizar suas análises para propor uma avaliação geral das prioridades relativas às várias soluções consideradas. Portanto, este modelo é considerado flexível podendo ser utilizado em qualquer área, necessitando apenas ajustar os critérios e dados ambientais da área em questão.

Os modelos gerados pela metodologia proposta no trabalho tendem a acrescentar argumentos e subsídios para posteriores pesquisas. Podem ser considerados como uma importante ferramenta ao apoio a decisão, principalmente no planejamento ambiental, a ser realizado pelas prefeituras, Comitê de Bacia Hidrográfica e órgãos ambientais; como também na identificação de áreas prioritárias a conservação e avaliação dos impactos antrópicos no meio ambiente.

Relacionando estas informações geradas, verificou-se que a pressão ambiental predomina em todos os municípios, principalmente na faixa costeira. Osório apresentou maior vulnerabilidade ambiental, especialmente concentrada na divisa com Cidreira, relacionada com a presença de estradas, silvicultura e a agropecuária serem dominantes na área, além de não ser uma área privilegiada ambientalmente, segundo os critérios utilizados. Cidreira também mostrou altos índices de vulnerabilidade, concentrado na porção mais próxima ao mar, com presença marcante do centro urbano extenso, estradas e agropecuária. Não obstante, essa região de maior vulnerabilidade apresenta o maior campo de dunas do litoral norte, lagoas, canais e áreas úmidas. Sabendo que legislação brasileira no novo Código Florestal Brasileiro não protege dunas não vegetadas, e pela grande importância destes recursos, além da riqueza de habitats naturais da área e fauna associada às dunas com presença de espécies ameaçadas de extinção, como o *Ctenomys flamarioni* (tuco-tuco), é urgente ações voltadas ao manejo e proteção dessa área.

As áreas que apresentaram menor vulnerabilidade ambiental estão relacionadas à riqueza de recursos hídricos, o que sobrepôs a presença de estradas, agropecuária e mineradoras. Estas áreas estão dispostas formando um grande corredor, sendo possível observar formação de conexão com a Unidade de Conservação REBIO da Serra Geral, em Maquiné, com outros ambientes da planície costeira. Sugere-se com isso, uma análise e avaliação destes ambientes, quanto a composição, a estrutura e funções ecológicas.

Sob uma perspectiva de sustentabilidade ampliada e devido aos níveis de impacto na área, o manejo das áreas de baixa vulnerabilidade, a criação de unidades de conservação ou ampliação das existentes e definição de corredores ecológicos protegidos pela legislação brasileira, são identificadas neste trabalho como ações prioritárias para a conservação da biodiversidade, a fim de evitar a fragmentação, degradação dos solos e da água, juntamente com a fiscalização e educação ambiental. Podendo com isso, atender os objetivos nacionais de conservação da natureza, da Mata Atlântica e do Pampa, segundo as estratégias globais de conservação da biodiversidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, F. J. B. A psicologia Social dos desastres. Existe um lugar para ela no Brasil? Disponível em: <http://www.cchla.ufpb.br> Acesso em: 12 mai. de 2015.

ALVES, H. P.; TORRES H. Vulnerabilidade socioambiental na cidade de São Paulo, uma análise de famílias e domicílios em situação de pobreza e risco ambiental. **São Paulo em Perspectiva**, Vol. 20 n° 1, p. 44-60, 2004.

ANUÁRIO MATA ATLÂNTICA. **Texto Síntese: A Mata Atlântica**. [2013]. Disponível em: http://www.rbma.org.br/anuario/mata_01_sintese.asp Acesso em: 12 mai. de 2015.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia física global: um esboço metodológico. 1972, São Paulo, Instituto de Geografia USP 27p.

BIODIVERSIDADE. Brasília: MMA [2015]. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade> Acesso em: 10 mar. de 2015.

BRACK, P. Vegetação e paisagem do Litoral Norte do Rio Grande do Sul: exuberância, raridade e ameaças à biodiversidade. In Wurdig, N.L. & de Freitas, S.M.F. (Org.). **Ecosistemas e Biodiversidade do Litoral Norte do RS**. Editora Nova Prova, 2009, Porto Alegre, Brasil, p. 32-55.

BRASIL. Avaliação e Ações prioritárias para a Conservação da Biodiversidade das Zonas Costeira e Marinha; Secretaria de Estado de Ciências, Tecnologia e Meio Ambiente do Pará – SECTAM, Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte – IDEMA, Sociedade Nordestina de Ecologia – SNE. Brasília: MMA/SBF, 2002.

BRASIL. **Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, 18 de julho de 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm Acesso em: 12 jun. de 2015.

BRASIL. Rio Grande do Sul. Instituto Brasileiro de Biogeografia e Estatística [2010]. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=43&search=rio-grande-do-sul> Acesso em: 03 mar. de 2015.

BRASIL. Diretoria do Programa Nacional de Conservação da Biodiversidade - DCBio. Quarto Relatório Nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica. Brasília: MMA, 2010.

CAMPANILI, M.; SCHAFFER. W. B. (org.). **Mata Atlântica: patrimônio nacional dos brasileiros**. Brasília: MMA, 2010.

CATELLANI, R. **Utilização de Técnicas em Sistemas de Informações Geográficas para a determinação da Vulnerabilidade Natural e Ambiental da região do Campo Petrolífero do Canto do Amaro na Bacia Potiguar/RN**. 2004. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geociências, UFRN, Natal, 2004.

Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas [2015]. Disponível em: <http://cbee.ufla.br/portal/imgs/imagesCMS/publicacao/pdf/57.pdf> Acesso em: 3 abr. de 2015.

RIO GRANDE DO SUL. **Resolução nº 288, de 02 de outubro de 2014.** Atualiza e define as tipologias, que causam ou que possam causar impacto de âmbito local, para o exercício da competência Municipal para o licenciamento ambiental, no Estado do Rio Grande do Sul. *Consema*, Porto Alegre, 20 out. de 2014. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/upload/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20Consema%20288-2014.pdf> Acesso em: 23 mai. de 2015.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto estadual Nº 30.527, de 30 de dezembro de 1981.** Enumera as fontes de poluição. *Palácio Paratini*, Porto Alegre, 30 dez. 1981. Disponível em: http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.ASP?Hid_Tipo=TEXTO&Hid_TodasNormas=24649&hTexto=&Hid_IDNorma=24649 Acesso em: 07 jun. de 2015.

FORMAN, R. T. T.; ALEXANDER, L. E. *Roads and their major ecological effects*. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics, Palo Alto, v. 29, n. 1, p. 207-231, 1998.

FRAGILIDADE ambiental. In: DICIONÁRIO ambiental. Disponível em: <http://www.ecolnews.com.br/dicionarioambiental/conceitos-f.htm> Acesso em: 26 nov. 2014.

FRONTEIRAS DA BIODIVERSIDADE- UFRGS. **A importância da biodiversidade** [2011]. Disponível em: http://www.ecologia.ufrgs.br/biofronteiras/biodiversidade_rs.htm Acesso em: 16 abr. de 2015.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER. PORTARIA FEPAM N.º 51/2014. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/legislacao/arq/Portaria051-2014.pdf> Acesso em: 16 abr. de 2015.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER – RS. **L10 - Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí.** Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/bacia_tramandai.asp. Acesso em: 5 dez. 2014.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA E INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos remanescentes florestais da mata atlântica período 2013-2014.** São Paulo, 2015 p.60. Disponível em: http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/atlas_2013-2014_relatorio_tecnico_2015.pdf Acesso em: 17 abr. de 2015. Relatório técnico.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER. Qualidade ambiental. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/litoranea.asp> Acesso em: 23 abr. de 2015.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER. Litoral Norte. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/programas/gerco_norte.asp Acesso em: 23 abr. de 2015.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER. Institucional. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/institucional/funcoes.asp> Acesso em: 2 jun. de 2015.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER. Diretrizes ambientais para o desenvolvimento dos municípios do Litoral Norte. 2000, N. 1. Porto Alegre/RS. Disponível em <http://www.fepam.rs.gov.br> . Acesso em: 15.junho.2015.

GIANUCA, N.M. Invertebrados bentônicos da praia. In: SEELIGER, U.ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J.P. (ed). **Os ecossistemas costeiros e marinho do extremo sul do Brasil**. Ecoscientia, 1998, f. 326.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br> Acesso em: 15 nov. de 2014.

INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO. Brasília: MMA, [2014]. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/planejamento-ambiental-urbano/instrumentos-de-planejamento>. Acesso em: 24 nov. 2014.

KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; CAMPOS, K. C.; LUCHIARI, A.; ROSS, J. L. S. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, 12, 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 2203-2210.

MARTINO, J. P. **Technological forecasting for decision making**. 3. ed. New York: Mc Graw-Hill Inc., 1993.

MATOS, E. A. C.; GRUBER, N. L. S. Os efeitos da atividade turística no litoral norte do rio grande do sul. **Para Onde?**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, 2009. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/paraonde/article/viewFile/22102/12861> Acesso em: 23 abr. de 2015.

MOURA, A. C. M. Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano. 2. ed. Belo Horizonte: A autora, 2005. 272p.

MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **NATURE**, London, GB, v. 403, n. 6772, fev. / 2000, p. 853-858. Disponível em: <http://se.server.ethz.ch/staff/af/Fi159/M/My042.pdf> Acesso em: 17 abr. de 2015.

PAMPA. Brasília: MMA [2015]. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/pampa> Acesso em: 10 mar. de 2015.

PANDEFF, P. A et al. Avaliação de impactos socioambientais da indústria petroquímica: o caso do Comperj e a APA-guapimirim/rj. In: **Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, 4. 2008. Niterói. Disponível em: http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg4/anais/T7_0036_0229.pdf acesso em: 18 mai. de 2015.

PORTZ, L.; MANZOLLI, R.P.; GRUBER, N.L.S.; CORREA, I.C.S. Tourism and degradation in the coastline of Rio Grande do Sul: conflicts and management. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 22: 153-166, 2010.

PRIMACK, R. B; RODRIGUES E. **Biologia da Conservação**. Ed. E. Rodrigues, 2001. 328p.

Projeções Relativas à Dinâmica da Dimensão Global e Visualização Prospectiva para 2007, 2015 e 2022. Disponível em: <http://www.iea.usp.br/publicacoes/textos/projecoes-relativas-a-dinamica-da-dimensao-global-e-visualizacao-prospectiva-para-2007-2015-e-2022> Acesso em: 06 jun.de 2015.

PURVIS, A. & HECTOR, AA. (2000) Getting the measure of biodiversity. **NATURE**, London, GB, v. 405, p. 212–219.

MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **NATURE**, London, GB, v. 403, n. 6772, fev. / 2000, p. 853-858.

Reserva Biológica Estadual Mata Paludosa. Rio Grande do Sul: SEMA [2010]. Disponível em: http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=174 Acesso em: 07 jun. de 2015.

Reserva Biológica da Serra Geral. Rio Grande do Sul: SEMA [2010]. Disponível em: http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=174 Acesso em: 07 jun. de 2015.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. In: Revista do Departamento de Geografia, nº8, FFLCH-USP, São Paulo, 1994.

SAATY, T.L. **The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation**. New York: McGraw-Hill, Inc. 1980.

SAATY, T.L. **The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation**. New York: McGraw-Hill, Inc. 1980.

SAATY, T.L. Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors - The Analytic Hierarchy/Network Process. RACSAM (Review of the Royal Spanish Academy of Sciences, Series A, Mathematics), 102(2), p. 251– 318, 2008

SEMA. Área de Proteção Ambiental Rota do Sol. Rio Grande do Sul [2010]. Disponível em: http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=174 Acesso em: 07 jun. de 2015.

SEMA. Área de Proteção Ambiental Morro de Osório. Rio Grande do Sul [2010]. Disponível em: http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=175 Acesso em: 07 jun. de 2015.

SEMA. Bacia Hidrográfica do Tramandaí [2014]. Disponível em: http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=57&cod_conteudo=5866 Acesso em: 23 abr. de 2015.

SEMA. Estação Ecológica Estadual Aratinga [2010]. Disponível em: http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=174 Acesso em: 07 jun. de 2015.

SEMA. Reserva Biológica Estadual Mata Paludosa. Rio Grande do Sul [2010]. Disponível em:

http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=174 Acesso em: 07 jun. de 2015.

SEMA. Reserva Biológica da Serra Geral [2010]. Disponível em:

http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=174 Acesso em: 07 jun. de 2015.

SILVA, L.N. *et.al.* **Manual de trabalhos acadêmicos e científicos**: orientações práticas à comunidade universitária da UERGS. Porto Alegre: UERGS,2013. 149p

SILVA, M. O programa brasileiro de unidades de conservação. *Megadiversidade* 1(1): 2005, 22–26.

SPRÖL, C. ROSS, J. L. S. **Análise comparativa a fragilidade ambiental com aplicação de três modelos**. Revista GEOUSP – Espaço e Tempo, São Paulo, n 15, p 39-49, 2004.

TAGLIANI, C.R.A. **A mineração na porção média da Planície Costeira do Rio Grande do Sul: estratégia para a gestão sob enfoque de Gerenciamento Costeiro Integrado**.

2002. p. 274, Tese de doutorado - Instituto de Geociências, Programa de pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2002.

TAGLIANI, C.R. Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações. In: XI SBRS, Belo Horizonte, MG, Anais. p. 1657-1664, 2003

TAGLIANI, P. R. A. Estratégias de Planificação Ambiental para o Sistema Ecológico da Restinga da Lagoa dos Patos-Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos. 228 p. 1995.

TAMBOSI, L. R. Análise da paisagem no entorno de três unidades de conservação: subsídios para criação da zona de amortecimento. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

TEDESCO, M.J. Uso do solo para descarte de resíduo In: GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; TEDESCO, M.J. (Ed) **Princípios de fertilidade do solo**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Departamento de Solos, 1995, p.223-238, cap. 17.

TOMAZELLI, L. J. & VILLWOCK, J. A. “O Cenozóico Costeiro do Rio Grande do Sul”. In: HOLZ, M & DE ROS, L. F. **Geologia do Rio Grande do Sul**. 2000. p. 375-406.

VILLWOCK, J. A. Contribuição à geologia do holoceno da província costeira do Rio Grande do Sul – Brasil. Porto Alegre, UFRGS. 1972, f.133 Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

WAECHTER, J. L. **Aspectos ecológicos da vegetação de restinga no Rio Grande do Sul**. Comunicações do Museu de Ciências da PUCRS, série botânica: n.33, p.49-68, 1985.

WEISS, C. V. **Análise locacional e estimativa da capacidade de suporte para a expansão sustentável da energia eólica na zona costeira do extremo sul do Brasil**. 2014. f.103

Dissertação (Gerenciamento Costeiro) - Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande. 2014.

WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A. Delphi: uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, v. 01, n. 12, p. 54-65, febr. 2000.

XAVIER da SILVA, J. Geoprocessamento para análise ambiental. Ed. do Autor, Rio de Janeiro, 2001. 227 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A- Avaliação da vulnerabilidade ambiental no norte da planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil

(continua)

Este questionário tem como objetivo auxiliar na avaliação de indicadores ambientais na pesquisa realizada como trabalho de conclusão do curso de Ciências Biológicas: ênfase em Gestão Marinha e Costeira e ênfase em Biologia Marinha e Costeira. O trabalho, proposto pela aluna Natália Peppes e intitulado “Avaliação da vulnerabilidade ambiental por meio de um modelo de análise multicritério no norte da planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil”, visa avaliar a vulnerabilidade ambiental em nove municípios do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, por meio de um modelo de análise hierárquica multicriterial sobre uma base de dados georreferenciados, apontando as áreas mais frágeis de acordo com as pressões antrópicas exercidas sobre o meio.

A identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades na planície costeira, podem auxiliar nas definições de diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão territorial. Devido à grande biodiversidade, heterogeneidade de habitats, presença de áreas de interesse sociopolítico e econômico, e das múltiplas pressões antrópicas na zona costeira e principalmente na área de estudo, faz-se ainda mais importante o conhecimento, a preservação, conservação e controle de áreas representativas dos ecossistemas nessa região. Com base na análise ambiental por meio de um índice de vulnerabilidade torna-se acessível e simples apontar e sugerir recuperação e reabilitação das áreas descaracterizadas.

Por isso, apresentamos esta pesquisa para convidá-lo a contribuir na ponderação dos indicadores mais relevantes para a avaliação da vulnerabilidade ambiental, embasando suas respostas no seu conhecimento e profissionalismo. A participação nesta pesquisa é absolutamente voluntária e sua colaboração também será reconhecida nos agradecimentos. Caso não queira que sua identidade seja exposta não a colocaremos em hipótese alguma.

Desde já agradecemos sua colaboração!

Pesquisador Responsável: Natália Peppes Gauer

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

Contato: nataliapeppes@gmail.com

***Obrigatório**

Termos de Consentimento Livre Esclarecido

Enviando o formulário você declara ter sido informado e concorda em participar, como voluntário, do projeto de pesquisa acima descrito. Confirmando que as respostas foram embasadas em seu conhecimento, tal como o cargo que exerce sobre a gestão municipal, e permite a utilização dos mesmos na pesquisa intitulada “Avaliação da vulnerabilidade ambiental por meio de um modelo de análise multicritério no norte da planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil”.

Obrigada

QUESTIONÁRIO

INFORMAÇÕES DO CONTATO *

Município a que representa

Nome:

(Opcional)

*

Área de trabalho

- Pesquisador
 Técnico
 Gestor
 Consultor
 ONG / Associações
 Outro:

PONDERAÇÃO DOS INDICADORES *

Pondere de 1 à 10 (sendo 1 o mais importante e 10 menos importante), os indicadores que mais exercem pressão sobre o meio ambiente, ou seja, selecione como número 1 o indicador que mais exerce pressão sobre o meio, e como 10 o que menos exerce pressão. Quanto menor a pressão exercida pelo indicador menor será a vulnerabilidade do meio pressionado.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
URBANIZAÇÃO	<input type="radio"/>									
PRESSÃO TURÍSTICA	<input type="radio"/>									
REDE VIÁRIA	<input type="radio"/>									
FONTES POLUIDORAS	<input type="radio"/>									
PARQUES EÓLICOS	<input type="radio"/>									
MINERAÇÃO	<input type="radio"/>									
SILVICULTURA	<input type="radio"/>									
AGRICULTURA	<input type="radio"/>									
PECUÁRIA	<input type="radio"/>									
SETOR PETROQUÍMICO	<input type="radio"/>									

APÊNDICE B – Tabela 3: Tabela de ponderação dos pesos dos critérios selecionados.

<i>ORDEM: mais impactante p/ menos imp.</i>	<i>CRITÉRIOS</i>	<i>SOMATÓRIOS</i>	<i>MÉDIAS DOS PESOS</i>	<i>PONDERAÇÃO DO PESOS</i>
1	[URBANIZAÇÃO]	43	2,69	7,31
2	[FONTES POLUIDORAS]	65	4,06	5,94
3	[PRESSÃO TURÍSTICA]	77	4,81	5,19
4	[AGRICULTURA]	78	4,88	5,13
5	[SETOR PETROQUÍMICO]	81	5,06	4,94
6	[MINERAÇÃO]	86	5,38	4,63
7	[REDE VIÁRIA]	99	6,19	3,81
8	[SILVICULTURA]	102	6,38	3,63
9	[PECUÁRIA]	113	7,06	2,94
10	[PARQUES EÓLICOS]	136	8,50	1,50

APÊNDICE C- Tabela 4: Tabela de cruzamento de Saaty.

<u>SAATY, 1980</u>	[URBANIZAÇÃO]	[FONTES POLUIDORAS]	[AGROPECUÁRIA]	[SETOR PETROQUÍMICO]	[MINERAÇÃO]	[REDE VIÁRIA]	[SILVICULTURA]	[PARQUES EÓLICOS]	SOMA	PONDERAÇÃO (VALOR DE IMPORTÂNCIA NA TABELA SAATY)
[URBANIZAÇÃO]	0,00	3,00	5,00	5,00	5,00	6,00	7,00	9,00	40,00	0,315800356528577
[FONTES POLUIDORAS]	0,33	0,00	3,00	3,00	3,00	4,00	5,00	8,00	26,33	0,207901901381313
[AGROPECUÁRIA]	0,20	0,33	0,00	2,00	2,00	3,00	4,00	5,00	16,53	0,130530814031812
[SETOR PETROQUÍMICO]	0,20	0,33	0,50	0,00	3,00	3,00	3,00	6,00	16,03	0,126583309575205
[MINERAÇÃO]	0,20	0,33	0,50	0,33	0,00	3,00	3,00	6,00	13,37	0,105529952473300
[REDE VIÁRIA]	0,17	0,25	0,33	0,33	0,33	0,00	2,00	4,00	7,42	0,058554649439674
[SILVICULTURA]	0,14	0,20	0,25	0,33	0,33	0,50	0,00	4,00	5,76	0,045471491812061
[PARQUES EÓLICOS]	0,11	0,13	0,20	0,17	0,17	0,20	0,25	0,00	1,22	0,009627524758059