

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO

MARCO ANTONIO DE OLIVEIRA

ANÁLISE DE APTIDÃO AMBIENTAL
PARA A INSTALAÇÃO DE TERMINAIS HIDROVIÁRIOS
NA LAGOA MIRIM

PORTO ALEGRE

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO

MARCO ANTONIO DE OLIVEIRA

ANÁLISE DE APTIDÃO AMBIENTAL PARA A INSTALAÇÃO DE TERMINAIS
HIDROVIÁRIOS NA LAGOA MIRIM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, da UFRGS, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, sob a orientação da Prof^a Dr^a Tatiana Silva da Silva

PORTO ALEGRE

2020

CIP - Catalogação na Publicação

Oliveira, Marco Antonio de
Análise de aptidão ambiental para a instalação de
terminais hidroviários na Lagoa Mirim / Marco Antonio
de Oliveira. -- 2020.
84 f.
Orientadora: Tatiana Silva da Silva.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Centro Estadual de Pesquisas em
Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Programa de
Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Porto Alegre,
BR-RS, 2020.

1. Transporte Hidroviário. 2. Lagoa Mirim. 3.
Sensoriamento Remoto. 4. Análise Multicritério. 5.
AHP. I. Silva, Tatiana Silva da, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi produzido com dedicação e com a ajuda de pessoas importantes. O agradecimento especial é dedicado à minha família, por todo apoio, paciência e compreensão que obtive durante essa caminhada.

À Prof. Tatiana, por fazer o melhor pelos seus orientados na busca de oportunidades e conhecimento. Agradeço por toda a orientação, paciência e amizade que levarei comigo pelo resto da vida.

Aos meus amigos que foram essenciais, tanto os de longa data como os que presenciaram toda esta etapa, principalmente pelas conversas, risadas e pelo incentivo para chegar até o fim desta caminhada.

Aos professores e colegas do Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto (PPGSR), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado acadêmico.

“O impossível é só mais uma barreira a ser ultrapassada.”

Bernardo Pestana

RESUMO

O transporte hidroviário é o modelo menos oneroso do que qualquer outro disponível no mundo por consumir menos energia: apresenta menor consumo de combustível por tonelada transportada, menor emissões de CO₂ e impactos ambientais. No Brasil, apesar de suas condições geográficas favoráveis, a valorização deste meio de transporte é muito inferior ao rodoviário, que recebe os maiores investimentos. A implementação da Hidrovia Uruguai-Brasil possibilitaria a ampliação do comércio entre os países e o fortalecimento da navegação interior no Rio Grande do Sul. Com isso, este estudo procura oferecer uma análise de aptidão ambiental locacional para a instalação de terminais hidroviários na Lagoa Mirim através da análise multicritério. Para isso, foi utilizado o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) através do *software* Terrset para a geração de dois tipos de modelagens: aquática, através das variáveis batimetria, sistemas ambientais aquáticos e vulnerabilidade ao perigo tecnológico; e de margem, através das variáveis sistemas ambientais de margem, unidades de conservação, comunidades tradicionais, distância da orla lagunar e distância de rodovias, descartando as áreas protegidas por lei. Ainda, a modelagem de margem resultou em três cenários: Conservacionista - conservação ambiental, Desenvolvimentista - desenvolvimento regional e o de Gestão. Para isso, cada variável foi reclassificada e atribuído diferentes pesos, de acordo com a relevância nos cenários e, os mapas foram classificados em cinco classes padronizadas de graus de aptidão. A modelagem aquática, que visa a análise de aptidão para canais hidroviários secundários no corpo d'água, apresentou cerca de 82% das áreas classificadas com alto grau de aptidão. O cenário Conservacionista, que propôs a preservação dos sistemas ambientais mais sensíveis e apresentou cerca da metade das áreas com alto grau de aptidão ambientais e a outra metade com grau médio e baixo. O cenário Desenvolvimentista que propôs o desenvolvimento regional, flexibilizando os aspectos naturais, apresentou cerca de 90% das áreas classificadas como alto grau de aptidão ambiental para a instalação de terminais hidroviários. O cenário de gestão, que representa a visão intermediária entre o conservacionista e desenvolvimentista, apresentou mais da metade das áreas classificadas com alto grau de aptidão. Por fim, áreas foram selecionadas e comparadas conforme os cenários gerados para uma leitura completa do potencial locacional. Portanto, através do método utilizado, foi possível abordar propostas locais de terminais hidroviários na Lagoa Mirim de diferentes visões, disponibilizando estes resultados como

instrumentos de apoio à tomada de decisão a autoridades governamentais, visando o mínimo impacto ambiental.

Palavras-chave: transporte hidroviário, Lagoa Mirim, análise multicritério, AHP.

ABSTRACT

Waterway transport is the least expensive model available in the world: it requires less energy, fuel consumption per ton transported, CO₂ consumption and, consequently, has less environmental impacts. In Brazil, despite its favorable geographical conditions, the appreciation of this type of transportation is lower than that of the road, which receives the largest investments. The implementation of the Uruguay-Brazil Waterway would allow the expansion of trade between countries and the strengthening of inland navigation in Rio Grande do Sul. Thus, this study seeks to offer a locational analysis of environmental suitability for the installation of waterway terminals in Mirim Lagoon through multicriteria analysis. The Analytic Hierarchy Process (AHP) method was used through the Terrset software to generate two types of modeling: aquatic, using the bathymetry variables, aquatic environmental systems and vulnerability to technological danger; and margin, through the variable environmental margin systems, conservation units, traditional communities, distance from the lagoon shore and distance from highways, excluding areas protected by law. Still, margin modeling resulted in three scenarios: Conservationist - environmental conservation, Developmentalist - regional development; and Management. For this, each variable was reclassified and assigned different weights, according to the relevance in the scenarios, and the maps were classified into five standard classes of degrees of aptitude. The aquatic modeling, which aims to analyze the suitability for secondary waterway channels in the body of water, presented about 82% of the classified areas with a high degree of suitability. The Conservationist scenario, which proposed the preservation of the most sensitive environmental systems, presented about half of the areas with a high degree of environmental suitability and the other half with a medium and low degree. The Developmentalist scenario that proposed regional development, making natural aspects more flexible, presented about 90% of the areas classified as having a high degree of environmental aptitude for the installation of waterway terminals. The management scenario that represents a moderate view between the conservationist and developmentalist, presented more than half of the classified areas with a high degree of aptitude. Finally, areas were selected and compared according to the scenarios generated for a complete reading of the location potential. Therefore, through the method used, it was possible to approach locational proposals for waterway terminals in Mirim Lagoon from different point of views, making these results

available as instruments to support decision making to government authorities, aiming at the minimum environmental impact.

Keywords: waterway transport, Mirim Lagoon, multicriteria analysis, AHP

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área de estudo: parte aquática e de margem.....	21
Figura 2 - Matriz modal do Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, 2015) e Brasil (LOGIT & GISTRAN, 2012).0	26
Figura 3 - Modal hidroviário do Rio Grande do Sul. Fonte: SEPLAN (2016)	29
Figura 4 - Mapa com os Sistemas Ambientais Aquáticos	36
Figura 5 - Mapa com os Sistemas Ambientais de Margem.....	39
Figura 6 - Mapa com as rodovias na área de estudo da margem da Lagoa mirim	40
Figura 7 - Representação da Batimetria da Lagoa Mirim	41
Figura 8 - Mapa representando o indicador de distância da orla lagunar.....	43
Figura 9 - Mapa com a Vulnerabilidade ao Perigo Tecnológico na Lagoa Mirim.....	44
Figura 10 - Unidades de Conservação na região de abrangência do estudo	46
Figura 11 - Fluxograma de geração da modelagem aquática	51
Figura 12 - Fluxograma geral para a geração dos cenários	53
Figura 13 - Fluxograma que apresenta o processamento das variáveis – Cenário Conservacionista.....	55
Figura 14 - Fluxograma que apresenta o processamento das variáveis – Cenário Desenvolvimentista	58
Figura 15 - Fluxograma que apresenta o processamento das variáveis – Cenário de Gestão ..	61
Figura 16 - Mapa resultante da modelagem aquática	64
Figura 17 - Resultado da modelagem de margem para o Cenário Conservacionista.....	66

Figura 18 - Resultado da modelagem de margem para o Cenário Desenvolvimentista.....**Erro!**
Indicador não definido.

Figura 19 - Resultado da modelagem de margem para o Cenário de Gestão..... 70

Figura 20 - Sobreposição dos cenários gerados. C = Conservacionista; G = de Gestão; D = Desenvolvimentista; 1 = Muito Baixo; 2 = Baixo; 3 = Médio; 4 = Alto; 5 = Muito Alto 71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Visão geral do Sistema Hidroviário na Europa, Estados Unidos e Brasil.....	24
Tabela 2 - Custos sociais em relação às modalidades de Transporte (em %)	25
Tabela 3 - Classificação por aptidão da variável Sistemas Ambientais Aquáticos	51
Tabela 4 - Classificação por aptidão da variável Vulnerabilidade ao Perigo Tecnológico	52
Tabela 5 - Matriz de comparação pareada para a modelagem aquática	52
Tabela 6 - Pesos calculados para cada variável da modelagem aquática	53
Tabela 7 - Classificação por aptidão da variável Sistemas Ambientais de Margem – Cenário Conservacionista.....	55
Tabela 8 - Matriz de comparação pareada das variáveis - Cenário Conservacionista	57
Tabela 9 - Pesos calculados para cada variável da modelagem de margem - Cenário Conservacionista.....	57
Tabela 10 - Classificação por aptidão da variável Sistemas Ambientais de Margem – Cenário Desenvolvimentista	59
Tabela 11 - Matriz de comparação pareada das variáveis – Cenário Desenvolvimentista.....	60
Tabela 12 - Pesos calculados para cada variável da modelagem de margem – Cenário Desenvolvimentista	60
Tabela 13 - Classificação por aptidão da variável Sistemas Ambientais de Margem – Cenário de Gestão	62
Tabela 14 - Matriz de comparação pareada das variáveis – Cenário de Gestão	63
Tabela 15 - Pesos calculados para cada variável da modelagem de margem – Cenário de Gestão	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Sistemas Ambientais Aquáticos categorizados	35
Quadro 2 - Definição dos Sistemas Ambientais de Margem.....	37
Quadro 3 - Escala de Comparação de Saaty	49
Quadro 4 - Áreas de restrição e limites de proteção amparadas por sua respectiva lei.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP – *Analytic Hierarchy Process*

AHSUL – Administração das Hidrovias do Sul

ALM – Agência da Lagoa Mirim

APABF – Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca

ARIE – Área de Relevante Interesse Ecológico

CT – Comunidades Tradicionais

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

ESM – *Ecosystem Services Modeler*

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IGEO – Instituto de Geociências

IPH – Instituto de Pesquisas Hidráulicas

IRGA – Instituto Riograndense de Arroz

IUCN – *Internacional Union for Conservation of Nature*

MMA – Ministério do Meio Ambiente

PHE – Plano Hidroviário Estratégico

REBIO – Reserva Biológica

RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Natural

SA – Sistemas Ambientais

SEMA – Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura

SIG – Sistema de Informação Geográfica

UC – Unidades de Conservação

UFPel – Universidade Federal de Pelotas

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

ZEE-RS – Zoneamento Ecológico-Econômico do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	OBJETIVOS	20
1.2	ÁREA DE ESTUDO.....	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO.....	22
2.1	NAVEGAÇÃO HIDROVIÁRIA INTERIOR	22
2.1.1	NO MUNDO E NO BRASIL	22
2.1.2	NO RIO GRANDE DO SUL.....	25
2.1.3	TERMINAIS HIDROVIÁRIOS E O PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES	26
2.2	A HIDROVIA DA LAGOA MIRIM.....	27
2.2.1	BACIA HIDROGRÁFICA DA LAGOA MIRIM.....	27
2.2.2	A HIDROVIA.....	28
2.2.3	HISTÓRICO DA REGIÃO E INVESTIMENTOS REALIZADOS.....	29
2.2.4	IMPLEMENTAÇÃO DA HIDROVIA	31
2.3	GEOPROCESSAMENTO APLICADO A SOLUÇÕES DE ALOCAÇÃO.....	32
3	METODOLOGIA	34
3.1	ESTRUTURA DE DADOS E FONTE DE INFORMAÇÃO	34
3.1.1	SISTEMAS AMBIENTAIS.....	34
3.1.2	FACILIDADE DE ACESSO.....	39

3.1.3	BATIMETRIA.....	40
3.1.4	COMUNIDADES TRADICIONAIS.....	41
3.1.5	DISTÂNCIA DA ORLA LAGUNAR.....	42
3.1.6	VULNERABILIDADE AO PERIGO TECNOLÓGICO.....	43
3.1.7	ÁREAS DE PROTEÇÃO LEGAL.....	44
3.2	AVALIAÇÃO DE APTIDÃO AMBIENTAL.....	47
3.2.1	MODELOS ECOSSISTÊMICOS.....	47
3.2.2	ANÁLISE MULTICRITÉRIO E TOMADA DE DECISÃO.....	48
3.3	MODELOS DE APTIDÃO E GERAÇÃO DE CENÁRIOS.....	50
3.3.1	MODELAGEM AQUÁTICA.....	50
3.3.2	MODELAGEM DE MARGEM – CENÁRIOS.....	53
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
4.1	MODELAGEM AQUÁTICA.....	64
4.2	MODELAGEM DE MARGEM – CENÁRIOS.....	66
4.2.1	CENÁRIO CONSERVACIONISTA.....	66
4.2.2	CENÁRIO DESENVOLVIMENTISTA.....	68
4.2.3	CENÁRIO DE GESTÃO.....	69
4.3	SOBREPOSIÇÃO DOS CENÁRIOS.....	71
5	CONCLUSÕES.....	74
6	REFERÊNCIAS.....	75

1 INTRODUÇÃO

Em países de grandes dimensões, a problemática envolvendo transportes é de extrema importância, refletindo diretamente no desenvolvimento, tanto para a circulação de pessoas e mercadorias quanto para a integração e crescimento de regiões mais distantes. No início do século XXI, o Brasil começou a delinear um novo marco de atuação na economia mundial, com maior diversificação e ampliação de mercados e aumento da escala produtiva. Entretanto, de forma contraditória, esse momento não chegou acompanhado de infraestrutura de transportes adequada e necessária para sustentá-lo, principalmente no que se refere à infraestrutura portuária, seja essa marítima ou interior. Dentro do conjunto econômico mundial da atualidade, globalizado e dinâmico, os portos ganham destaque estratégico, influenciando ações e políticas de governos estaduais. Com a função de ligar mercados, os terminais portuários são polos concentradores e disseminadores que permitem a concretização dos fluxos de mercadorias e pessoas (ANTAQ, 2013).

O Brasil, de acordo com Silva (2006), está no grupo de países de possuem o menor índice de aproveitamento de suas vias com potencial de navegação. Na matriz energética brasileira, o transporte hidroviário corresponde apenas 5%, enquanto o rodoviário apresenta-se com 60% e, quando se refere ao Estado do Rio Grande do Sul, 85,3% do volume de cargas são transportados por rodovias (BRASIL, 2015). De acordo com o Plano Hidroviário Estratégico - PHE (PHE/MT, 2013) e sob o ponto de vista socioambiental, o transporte hidroviário é mais eficiente quanto ao consumo de energia, com menor consumo de combustível por tonelada transportada, menores níveis de emissão de CO₂ e menores os impactos ambientais. Mesmo com estas vantagens, o Brasil continua a favorecer o transporte por rodovia.

A rede fluvial do Rio Grande do Sul é composta por rios, lagoa, lagoas e lagoas que estão inseridos em duas bacias hidrográficas: a do Rio Uruguai e a do Atlântico Sul. Conforme Silva e Sellitto (2008), a Bacia do Atlântico Sul representa a principal área de desenvolvimento da navegação no interior do Estado, que corresponde os rios Jacuí, Caí, Taquari, Sinos e Gravataí, formando o Lago Guaíba, a Laguna dos Patos e a Lagoa Mirim. Esta bacia abrange 54% da área do território do Estado do Rio Grande do Sul com uma área de 160.000 km² (SILVA, 2006).

No intuito de estimular o transporte hidroviário, existe a ideia de implementação da Hidrovia Uruguai-Brasil, que possibilitará a ampliação do comércio entre os dois países e o fortalecimento da navegação interior do Rio Grande do Sul (PINTO *et al.*, 2017). De acordo com a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), o Uruguai possui importantes centros de produção de arroz próximos à Lagoa Mirim e ao Rio Jaguarão e o Rio Grande do Sul é destaque na produção de arroz, sendo estimada uma produção de mais de 8 milhões de toneladas (IBGE, 2017). Com isso, poderá favorecer-se com o transporte de cargas através da Lagoa Mirim, Canal São Gonçalo e Lagoa dos Patos até Porto do Rio Grande (BRASIL, 2009). Além disso, o Brasil poderia exportar açúcar, soja, combustíveis e carga em contêineres para o Uruguai.

Segundo Pinto *et al.* (2017), com a utilização da hidrovia, o fluxo na BR-471, que se estende até a fronteira com o Uruguai, diminuiria, sendo importante para a Reserva Ecológica do Taim, *habitat* de animais silvestres. Poderia evitar também quase 10 mil viagens de caminhões por ano se as cargas fossem transportadas por hidrovias, diminuindo o consumo de combustível, o impacto no meio ambiente e o desgaste da rodovia. Com isso, é perceptível a importância desse meio de transporte tanto para a economia quanto para o meio ambiente.

Contudo, para que essa ideia se concretize, serão necessários investimentos em infraestrutura como dragagens, adequação de terminais, balizamento, sinalização e melhorias na interconexão com outros meios de transportes (PINTO *et al.*, 2017). Além disso, mudanças no uso ao longo de corpos d'água podem influenciar na qualidade das águas. O mau uso destes ambientes, como o desmatamento e a urbanização desenfreada, tendem a desestabilizar o solo, desencadeando de processos erosivos, assoreamento e consequente diminuição da biodiversidade local (GORAYEB *et al.*, 2005). Mudanças assim podem ser monitoradas e modeladas pelo uso conjunto de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica – SIG, facilitando a solução de problemas de gestão servindo como suporte à decisão.

Um aspecto importante a ser considerado é a identificação de áreas adequadas para a instalação de terminais hidroviários ao longo da orla da Lagoa Mirim, tanto para a movimentação de carga quanto de pessoas. O estudo com base em indicadores ambientais, socioeconômicos e situação legal/institucional visa o mínimo impacto ambiental e otimização

de logística para os serviços a serem utilizados. Sendo assim, este é o objetivo central deste estudo.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é determinar e selecionar indicadores ambientais para mapear o grau de aptidão para a instalação de terminais hidroviários para carga e pessoas na Lagoa Mirim.

São objetivos específicos da dissertação:

- Propor indicadores ambientais para determinar áreas aptas para a instalação de terminais hidroviários na Lagoa Mirim;
- Avaliar a adequabilidade de modelos com base ecossistêmica como insumo para a avaliação da aptidão;
- Elaborar uma estrutura de tomada de decisão para realizar uma avaliação de aptidão/restrrição por meio da análise multicritério;
- Gerar mapas de cenários de aptidão da Lagoa Mirim à instalação de terminais hidroviários.

1.2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo deste estudo é a parte pertencente ao Brasil da Lagoa Mirim, localizada na fronteira entre o estado do Rio Grande do Sul e o Uruguai entre as latitudes 32°09' e 33°37'S e longitudes 52°35' e 53°59'W. Possui um comprimento aproximado de 185 km, sentido noroeste sudeste, com largura média de 20 km e um espelho d'água com uma área de aproximadamente 3750 km², sendo que 2.750 km² estão no lado brasileiro e o restante no lago uruguaio (PIEDRAS et al., 2012).

A Lagoa Mirim possui ligação com a Lagoa dos Patos através do Canal São Gonçalo de 76 km de extensão com profundidades em torno de 6 m, adequadas para a navegação. O canal também possui uma barragem com eclusa para transposição, destinada a evitar a penetração de água salgada e a salinização das águas da lagoa no período de estiagem,

assegurando a qualidade e um melhor aproveitamento dos recursos naturais como armazenamento de água, irrigação e navegação (ALBA *et al.*, 2010).

Para o estudo, foi selecionada a área aquática da Lagoa Mirim para uma análise de aptidão para canais hidroviários secundários e uma região de largura de 5 km a partir da margem do corpo d'água para a análise de aptidão de instalação de terminais hidroviários, conforme a figura 1. A área de margem corresponde porções dos municípios do Chuí, Santa Vitória do Palmar, Rio Grande, Arroio Grande e Jaguarão.

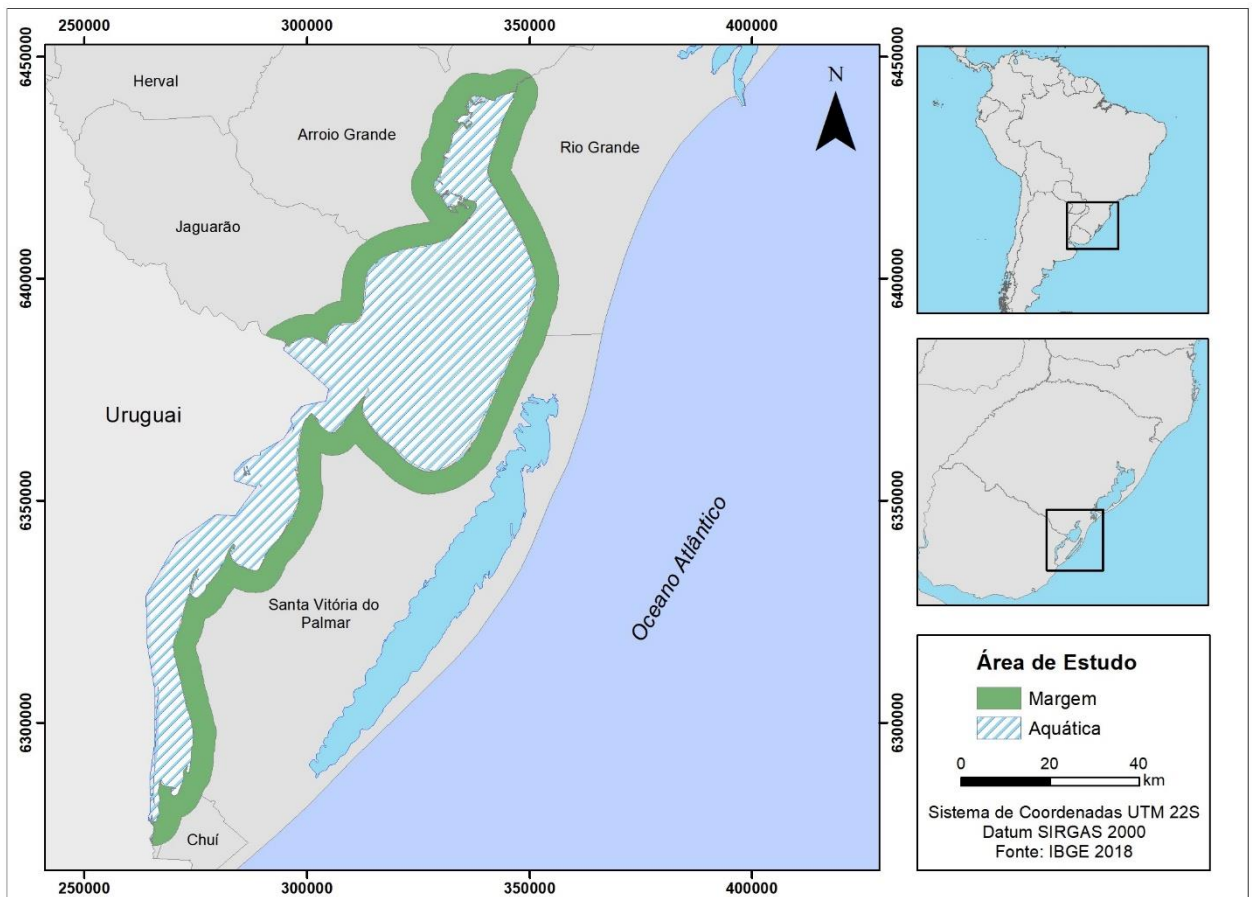


Figura 1 – Área de estudo: parte aquática e de margem

2 REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO

A revisão teórica, objeto deste capítulo, fará um apanhado histórico da navegação hidroviária pelo mundo, Brasil e no Estado do Rio Grande do Sul, focando principalmente na sua importância e atual situação. Além disso, será uma apresentação dos principais conceitos aplicados neste estudo no que se refere às técnicas empregadas e conceitos associados.

2.1 NAVEGAÇÃO HIDROVIÁRIA INTERIOR

Neste tópico será abordada sucintamente a navegação hidroviária interior no mundo, Brasil e no Rio Grande do Sul, com seu histórico e dados relevantes para o estudo. Ainda serão apresentados o conceito de terminais hidroviários e o problema de localização de instalações.

2.1.1 NO MUNDO E NO BRASIL

No mundo, as vias navegáveis correspondem cerca de 450.000 km de extensão, dos quais apenas 190.000 km são utilizados para a navegação (FERNANDES *et al.*, 2005). Na Europa e nos Estados Unidos o transporte hidroviário tem importante participação na matriz de transportes. Neles, o modal hidroviário integra a malha de transporte geral do continente e do país, operando de forma interligada com os demais modais. Por serem planejadas de forma abrangente, não ocorrem concorrências predatórias entre as modalidades (MMA, 2006).

Especificamente na Europa, a hidrovía é uma das vertentes do aproveitamento diversificado das águas, sendo o principal objetivo de sua consolidação o desenvolvimento regional, ampliação das áreas agricultáveis, o controle das cheias, estabilização do leito e a utilização racional das águas. No continente, a água não é abundante e, aliada à abundância de reservas de carvão, conduziram estes países a priorizarem a energia térmica viabilizada pelo transporte hidroviário do insumo. Aliado a isso, os investimentos para o uso múltiplo da água englobaram da mesma forma a energia, navegação e o controle das cheias (MMA, 2006).

Conforme Costa (1998), a Europa possui 26.000 km de hidrovias, sendo 40% formadas por canais e interligações. Destaca-se os países como a França, com 8.000 km de vias navegáveis; Suíça, que apesar de ser pequena e longe do mar, possui um movimento de cargas maior que o Brasil. Os Estados Unidos criaram uma vasta rede de hidrovias, com aproximadamente 40.000 km, destacando os rios Mississippi, Tennessee, Missouri, Ohio e Arkansas.

No continente africano, destacam-se a navegação nos rios Congo e Níger, situados na costa atlântica. Ainda o rio Nilo, juntamente com seus afluentes e canais, forma uma rede com cerca de 3.200 km de vias navegáveis que transportam mercadorias e granel, essencialmente. Curiosamente, desde o tempo dos faraós, os sacerdotes egípcios mantinham o registro dos níveis de água do rio Nilo, possibilitando o conhecimento do regime do rio, regime de cheias, resultando nos primeiros trabalhos de hidrologia da história.

Outra hidrovia importante para transporte interno é a intercosteira do Golfo, tendo um percurso cerca de 1.800 km, paralelo à costa marítima do território americano, junto ao golfo do México. Esta foi desenvolvida em grande parte no Estado do Texas, onde a grande indústria petrolífera e a derivada petroquímica representam o suporte para o transporte de cargas especiais, resultando em um movimento anual de 400.000.000 t (AZAMBUJA, 2005).

Para a América do Sul, grande parte do transporte hidroviário interior é realizado através de rios que se desenvolvem no território brasileiro, em sua totalidade ou parcialmente. Até início da década de 1960, o interior do Brasil não apresentava produção que estabelecesse uma navegação fluvial em escala empresarial e que justificasse maiores intervenções de melhoria no leito fluvial ou mesmo maiores investimentos privados em embarcações. As rodovias atendiam muito bem as necessidades de integração e baixa demanda de cargas (MMA, 2006). Este panorama começou a ser alterado no início dos anos 1970, época em que a fronteira agrícola, partindo do Rio Grande do Sul e Paraná, avançou sobre os cerrados de Mato Grosso do Sul e Goiás. Até então, somente os rios do Rio Grande do Sul, além do rio Paraná, movimentavam maiores demandas de grãos e outras cargas.

No geral, o sistema hidroviário brasileiro expressa um baixo índice de aproveitamento da rede hidroviária apesar de seu elevado potencial. Conforme a tabela 1, é possível realizar um

comparativo entre nações de acordo com o PHE do Ministério dos Transportes (PHE/MT, 2013). Nele constam os principais aspectos em relação as hidrovias na Europa, Estados Unidos e Brasil.

Tabela 1 - Visão geral do Sistema Hidroviário na Europa, Estados Unidos e Brasil

Aspecto	Europa	Estados Unidos	Brasil
Tamanho em km²	10.180.000	9.826.675	8.514.877
Extensão das hidrovias (km)	51.668	41.009	41.994
Extensão das hidrovias navegáveis (utilizadas para o comércio) em km	UE25: 37.200 UE27 2008: 40.929	19.312	20.956
Carga anual transportada pelo THI	Reno: 310 milhões de toneladas	Mississippi: 483 milhões de toneladas	Brasil total: 25 milhões de toneladas
Tamanho da frota (quantidade de embarcações)	17.679	40.512	857

Fonte: PHE/MT (2013)

Porém, para a transição do campo potencial para o de implementação de ações, que busquem o aproveitamento do transporte hidroviário, é necessária a adoção de políticas baseadas em estudos que integrem aspectos científicos-tecnológicos, ambientais e socioeconômicos. Este modal proporciona benefícios ambientais como a diminuição da utilização de combustíveis fósseis e, por consequência, a diminuição da emissão de gases poluentes.

Outro exemplo de estudo sobre impactos dos transportes sobre o meio ambiente foi realizado em 12 países componentes da comunidade Europeia. A comparação entre os diferentes modais mostrou que o transporte fluvial apresentou os menores índices de impactos ambientais (Tabela 2).

Tabela 2 - Custos sociais em relação às modalidades de Transporte (em %)

Custos Sociais	Aéreo	Ferroviário	Fluvial	Rodoviária	Total
Poluição atmosférica	2	4	3	91	100
Poluição sonora	26	10	0	64	100
Uso da terra	1	7	1	91	100
Construção/Manutenção	2	37	5	56	100
Acidentes	1	1	0	98	100

Fonte: COSTA (1998)

2.1.2 NO RIO GRANDE DO SUL

De acordo com Vieira (1993), o Rio Grande do Sul possui um sistema geral de transportes bem estruturado para a configuração espacial de seu território. As hidrovias tiveram expressiva participação na movimentação de cargas durante o tempo tecnológico de baixo calado, ativando os portos de Pelotas e Porto Alegre. Porém, nos anos 60 ocorreu uma expansão considerável da quilometragem de rodovias, alterando o balanço de movimentação de cargas no sistema de transporte do Brasil e, por consequência, do Rio Grande do Sul. Enquanto as rodovias se expandiam e se modernizavam, as ferrovias e hidrovias estavam em processo de declínio com a extinção de empresas que atuavam nessas atividades.

O estado do Rio Grande do Sul teve grande parte do processo de colonização através de seus rios, como o dos Sinos, o Taquari e o Jacuí, por onde se deslocaram os imigrantes alemães e italianos que deram origem a diversas cidades, como São Leopoldo, Estrela e Lajeado. Segundo Azambuja (2005), após o declínio devido à expansão das rodovias, na década de 70 ocorreu o ressurgimento no Estado do segmento hidroviário, o que resultou em incentivos governamentais para a construção de modernas embarcações, em infraestrutura como dragagens, construção de barragens eclusadas e derrocamentos, e da revogação de alguns dispositivos legais que inibiam o seu desenvolvimento.

A Figura 2 apresenta a matriz modal atual do Rio Grande do Sul e do Brasil. Analisando apenas o Estado, é perceptível a supremacia do modal rodoviário perante os outros

modais, embora em comparação ao Brasil como um todo, o modal hidroviário seja superior no Rio Grande do Sul.

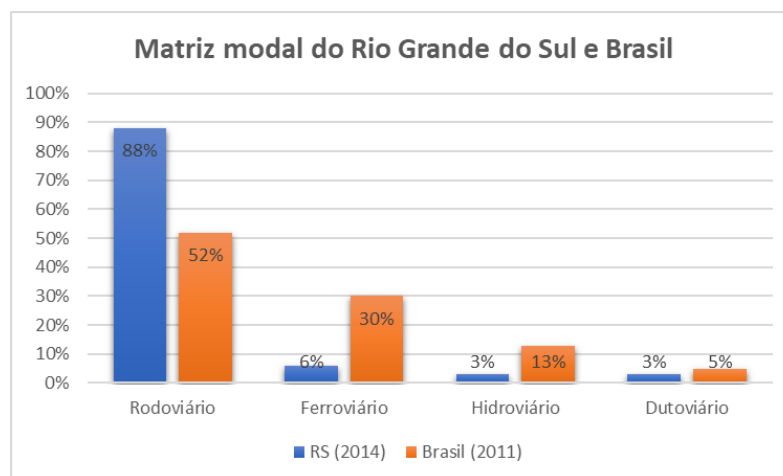


Figura 2 - Matriz modal do Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, 2015) e Brasil (LOGIT & GISTRAN, 2012).0

2.1.3 TERMINAIS HIDROVIÁRIOS E O PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES

Os terminais hidroviários podem receber várias denominações de acordo com as suas características construtivas e operacionais como um porto, terminal ou embarcadouro. O conceito de terminais hidroviários interiores difere da maioria dos portos e terminais marítimos, principalmente pelos mínimos problemas de proteção, com exceção de cheias e correntezas fortes em rios em algumas épocas do ano (REZENDE, 2003). Um terminal pode ser qualquer instalação ou ponto onde cargas ou/e pessoas fazem intercâmbio entre os modos de transporte, iguais ou não. São importantes pontos de transferências entre modais diferentes, podendo assegurar a continuidade do fluxo de carga (PISSINELLI, 2016).

A decisão sobre a localização de instalações é um processo que demanda tempo e estudo das alternativas antes de qualquer escolha. De acordo com Gaither & Franzier (2002), não há uma melhor localização definitiva, mas diversas localizações boas. Se um local for

visivelmente superior aos demais em todos os sentidos, a decisão quanto à localização será fácil e outros locais com grande potencial surgem como boas opções.

Galvão *et al.* (2003) estudaram a utilização do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para a localização de um centro de distribuição. Com o objetivo de auxiliar na tomada de decisão para selecionar um local adequado, os autores recomendaram a realização de um *checklist* apontando como necessárias as forçantes locacionais: área de implantação (custos, disponibilidade); entradas (águas e efluentes, gás natural, energia elétrica, transporte, matéria-prima); mercado; aspectos ambientais; vegetação, fauna e clima; ocupação urbana; recursos humanos; qualidade de vida; taxas e impostos; incentivos fiscais e tributários.

Owen & Daskin (1998) relatam que encontrar locais para instalações é uma tarefa difícil, sendo necessário analisar não apenas o bom desempenho de acordo com o estado atual do sistema, mas também que estas novas instalações permaneçam no local e em operação por um período de tempo prolongado, mesmo com as mudanças relativas aos fatores ambientais, populacionais e tendências econômicas.

2.2 A HIDROVIA DA LAGOA MIRIM

Neste tópico serão abordados, de forma sintética, a caracterização da bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, os projetos e obras que ocorreram ao longo do tempo na região de influência da Hidrovia, localizada na extremidade sul do Brasil e leste do Uruguai, procurando ressaltar sua importância geopolítica e seus aspectos históricos e geográficos. Para concluir, é realizado um apanhado de ações relacionadas à Hidrovia da Lagoa Mirim.

2.2.1 BACIA HIDROGRÁFICA DA LAGOA MIRIM

A bacia hidrográfica da Lagoa Mirim está localizada na extremidade sul do território brasileiro e ao leste da República Oriental do Uruguai, entre as coordenadas geográficas de 31° 30' a 34° 35' de latitude Sul e 53° 31' a 55° 15' de longitude Oeste, ocupa uma área de 62.250 km², distribuídos entre os territórios brasileiro e uruguaio, o que corresponde a 47% na e 53%

respectivamente. A Lagoa Mirim e o complexo de áreas úmidas em seu entorno formam uma das principais bacias hidrográficas transfronteiriças da América do Sul, de grande importância ecológica e econômica ligada à agricultura, pecuária e indústria para o Rio Grande do Sul e para o Uruguai (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

A Lagoa Mirim é considerada o segundo maior corpo d'água do Brasil de características lacustres, com comprimento de 174 km no sentido nordeste-sudoeste do Brasil, largura média de 45 km, apresentando uma superfície líquida de 3.749 km², sendo 2.838 km² situados em território brasileiro e 911km² em território uruguaio. Além da vasta malha hidrográfica, a lagoa é alimentada também por grandes precipitações em sua bacia de recepção. Em cheias normais, o corpo hídrico varia em torno de 2 e 3 metros, produzindo alagamento nas planícies aluviais de inundação; em cheias excepcionais, como ocorreu em 22/06/1941, chegando a 5,30 m por influência de forte vento de nordeste. É, portanto, influenciada pelo regime de ventos que, quando de quadrante nordeste, as águas aumentam no porto de Santa Vitória do Palmar e baixam no sangradouro; quadrante sudoeste, ocorre a situação contrária com vazante para a Lagoa dos Patos (VIEIRA, 1988).

Esta região apresenta grande biodiversidade, recebendo importante afluxo de aves migratórias, sendo considerada área prioritária para conservação de invertebrados, mamíferos, aves, anfíbios e répteis (MENEGHETI, 2008; MMA, 2000). Também se destaca pelo uso das águas da Lagoa Mirim, que consiste na extração direta para a irrigação das lavouras de arroz, tanto em território brasileiro como no uruguaio. O estado do Rio Grande do Sul é responsável por 70% da produção nacional de arroz, correspondendo a 8460.2 t na safra de 2017/18 (CONAB, 2019). As águas da Lagoa Mirim também são utilizadas como fonte de água potável para as populações que a circundam, inclusive para os municípios de Rio Grande e Pelotas (SEMA, 2006).

2.2.2 A HIDROVIA

A região abrangida pela hidrovia é a mais populosa e desenvolvida do Estado do Rio Grande do Sul, onde se localizam as maiores cidades e polos industriais. É constituída pelos

rios Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí, Camaquã e Jaguarão, que se ligam à Lagoa dos Patos através do Lago Guaíba, tendo segmento no canal São Gonçalo, Lagoa Mirim e na bacia do Rio Uruguai, compondo um eixo importante e fundamental para o intercâmbio comercial entre o Brasil e o Uruguai (Fig. 3). Uma vez implementada a hidrovia, a movimentação de cargas no Rio Grande do Sul poderia ser efetuada através dos portos de Estrela, Cachoeira do Sul, Porto Alegre, Pelotas, Jaguarão e Santa Vitória do Palmar.

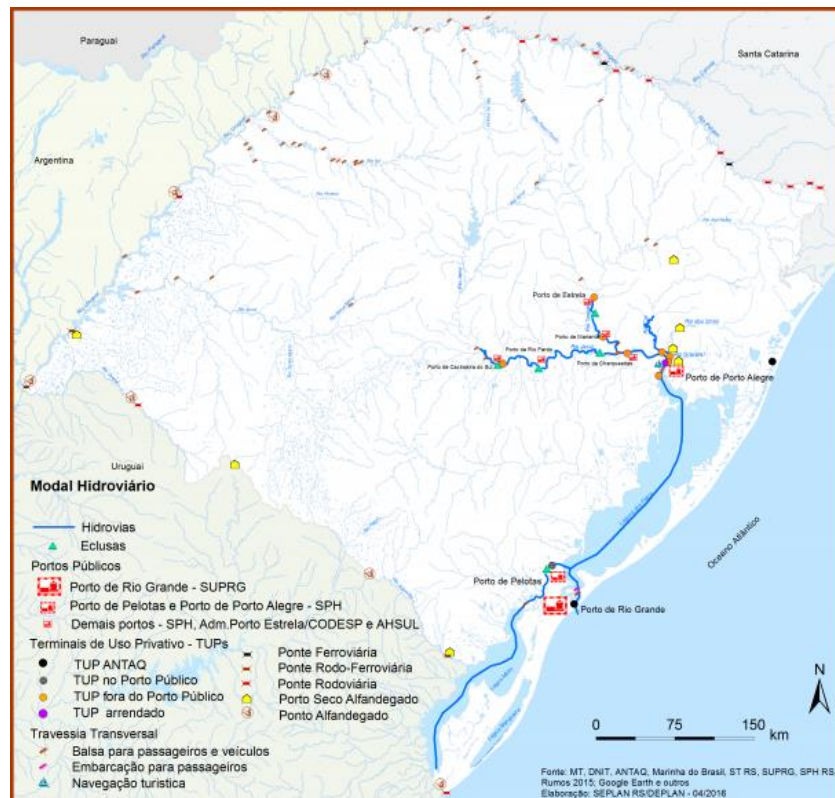


Figura 3 - Modal hidroviário do Rio Grande do Sul. Fonte: SEPLAN (2016)

2.2.3 HISTÓRICO DA REGIÃO E INVESTIMENTOS REALIZADOS

De acordo com o documento elaborado pela Comissão Mista Brasil-Uruguai para o Desenvolvimento da Lagoa Mirim em 1970, desde o ano de 1779 tinha-se a ambição de povoamento das margens da lagoa. Posteriormente, foram realizados estudos na região com a

finalidade de mitigar os efeitos causados pelas grandes inundações na Lagoa Mirim que prejudicavam o desenvolvimento das atividades agrícolas nas proximidades das margens.

Conforme mencionado em Azambuja (2005), enquanto os estudos uruguaios recomendavam o represamento das águas para proporcionar condições de geração de energia elétrica, os técnicos brasileiros defendiam a construção de um canal que possibilitava o deságue direto da Lagoa Mirim para o oceano Atlântico. Mas, devido ao custo elevado das obras que foram propostas, ambas foram descartadas. Para as áreas cultiváveis, ambos os países realizaram obras de irrigação para o aproveitamento de grandes extensões de terra para o cultivo de arroz, com destaque para a construção da barragem de Chasqueiro em Arroio Grande.

No setor de transportes, os investimentos realizados iniciaram a partir da década de 40 com a construção do Porto de Santa Vitória do Palmar, uma instalação às margens da Lagoa Mirim composta por um armazém com 500 m², um trapiche de atracação e um terrapleno construído parte em nível e parte inclinado. Naquele momento foi realizada a construção da estrada pavimentada de acesso, ligando o porto ao centro da cidade. Para aquele tempo, a construção do porto foi considerada um forte símbolo de presença do Brasil na região fronteiriça.

Ainda de acordo com Azambuja (2005), segundo relatórios do Departamento Nacional de Portos, Rios e Canais, foi projetado pelo Governo Federal a regularização do leito do rio Jaguarão, desde a cidade à foz, assim como a manutenção de profundidades adequadas para a prática da navegação. Com isso, foi construído o porto de Jaguarão de grande importância para a região. Hoje está desativado devido à implantação e pavimentação da BR 116 entre Pelotas – Jaguarão e o abandono do transporte hidroviário no início dos anos 50.

Outro grande momento para o transporte foi a implantação da malha rodoviária na região da Lagoa Mirim, contemplando diversas rodovias federais. Uma delas é a BR 471, que inicia no município de Soledade e prolonga-se até o Chuí, fronteira com o Uruguai. Via de extrema importância para o acesso ao porto de Rio Grande, para uma região entre a Lagoa Mangueira e Mirim produtora de arroz, pecuária de corte sofisticada e polo de ovinocultura. Além disso, impulsionou o setor de turismo. Destacam-se também as BR 116, que atravessa

diversos estados entre Fortaleza e Jaguarão, BR 158 e 293 que se desenvolvem sentido norte do Estado.

2.2.4 IMPLEMENTAÇÃO DA HIDROVIA

A Hidrovia da Lagoa Mirim passou a fazer parte dos planos governamentais a partir de 1999, que buscavam o desenvolvimento hidroviário do país. Neste mesmo ano, o Governo Federal através da Administração das Hidrovias do Sul – AHSUL e da Companhia Docas do Estado de São Paulo – CODESP, iniciou a realização de levantamentos de campo visando determinar os custos necessários à implantação de navegação.

No ano de 1998 foi elaborado pela Agência da Lagoa Mirim – ALM, vinculada à Universidade Federal de Pelotas – UFPel, o projeto de Viabilidade da Navegação na Lagoa Mirim e Canal São Gonçalo, visando uma avaliação da viabilidade técnica e econômica de reestabelecer o transporte hidroviário na Bacia da lagoa Mirim, em virtude do interesse de empresas uruguaias em utilizar esse meio de transporte (CAMPÊLO & DUHÁ, 2009). Este demonstrou que, com exceção de lugares como Sangradouro, onde a lagoa se une ao Canal São Gonçalo, e alguns pontos na foz de afluentes e no porto de Santa Vitória do Palmar, as profundidades eram adequadas e os serviços de dragagem nos lugares mencionados não eram de grande relevância. Também ficou demonstrada a existência de demanda na região e competitividade do modal hidroviário com o rodoviário para o transporte entre a Lagoa e os portos de Rio Grande, Porto Alegre e Estrela.

Importante destacar outro projeto intitulado “Hidrovias do Mercosul”. Esta iniciativa tem como objetivo principal a implementação de um corredor de transporte hidro-ferroviário de arroz para São Paulo, partindo do porto de Santa Vitória do Palmar por hidrovia até o porto de Estrela – RS, partindo até São Paulo por meio ferroviário. Este vem sendo gerenciado pelo governo federal, através da Secretaria Especial de Portos, DNIT, Administração do Porto de Estrela, AHSUL e ALM, Prefeitura de Santa Vitória do Palmar e o Instituto Riograndense de Arroz – IRGA.

2.3 GEOPROCESSAMENTO APLICADO A SOLUÇÕES DE ALOCAÇÃO

O sensoriamento remoto e, mais especificamente, os SIGs tornaram possíveis os estudos de grande escala espacial e temporal de problemas ambientais, caracterização territorial através de imagens e criação de mapas.

Para Valério Filho *et al.* (1995) e Xavier-da-Silva *et al.* (1993), o uso do Geoprocessamento possibilitou a aquisição, manipulação e o cruzamento de dados para análise indireta de parâmetros ambientais e expressão territorial, principalmente de grandes extensões e, com isso, serve de subsídio para diversos tipos de análise ambiental, como por exemplo o mapeamento e classificação de dunas, avaliação de risco à erosão de praias, evolução temporal de uso do solo, vegetação, ocupação urbana, ente outros.

A utilização de técnicas de SIG torna possível a realização de análises integradas na área ambiental. Pompermayer (2003) utilizou a técnica de análise multicritério com o objetivo de auxiliar a gestão de recursos hídricos nas bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá no estado de São Paulo. A análise multicritério é uma das análises lógicas possíveis de se programar em *softwares* SIG, podendo ser implementada de forma booleana ou *fuzzy*. Com isso, para o estudo de análise de riscos ambientais é um ferramental adequado por apresentar resultados graduais ou escalonados (MOLAK, 1997). Outro exemplo na região é o trabalho de Tagliani (2002), que utilizou uma análise ambiental integrada dos municípios de Pelotas, Rio Grande e São José do Norte como suporte para avaliar a situação da atividade da mineração, com o objetivo de determinar áreas de conservação ambiental em uma proposta de zoneamento ecológico-econômico.

Bastos (2012) e Pinto *et al.* (2017) realizaram a análise locacional de terminais hidroviários através do método SMARTER na hidrovía Brasil-Uruguaí. Esta metodologia Multicritério de Apoio à Decisão tem como principal vantagem a não necessidade de atribuição de pesos ou constantes de escala para os critérios considerados, bastando que os atributos sejam ordenados, classificando-os do mais importante para o menos importante. Neste estudo, os critérios analisados foram: produção agrícola, estrutura portuária, PIB da localidade, extensão a dragar e valores das transações comerciais das localidades candidatas com o Uruguaí.

Goulart & Saito (2012) realizaram um estudo sobre os impactos ecológicos do projeto hidroviário da Lagoa Mirim, baseado em um raciocínio qualitativo. Através deste, foi possível visualizar tendências de perdas das características físico-químicas da lagoa, declínio de macrófitas, invertebrados, aves aquáticas e espécies de peixes. Estes dados podem ser utilizados para minimizar os danos ambientais.

Há também estudos que apresentam os esforços realizados na avaliação de critérios baseados em modelagem espacial com base ecossistêmica e que podem servir como suporte a gestão, ferramentas de avaliação e planejamento como em sistemas lagunares costeiros. Segundo Asmus *et al.* (2018), a base ecossistêmica considera que os sistemas marinhos e costeiros são entendidos como um conjunto de ecossistemas compostos por elementos naturais, econômicos e sociais, de caráter funcional capaz de gerar produtos que beneficiam a eles mesmos ou à dinâmica socioeconômica que os envolve. Ribeiro *et al.* (2017) elaboraram estruturas baseadas em SIG utilizando o modelo ecossistêmico *InVEST Overlap Analysis*, desenvolvido pelo *Natural Capital Project*, identificando as áreas costeiras e aquáticas intensamente utilizadas, através do mapeamento dos usos atuais e modelagem de cenários. Estes ambientes são avaliados quanto ao seu potencial multiuso, frequência ou intra-atividade.

Prestes *et al.* (2019) relatam que a abordagem dos serviços ecossistêmicos pode ser um elo conceitual entre informações para gestão ambiental, como a vulnerabilidade, e formuladores de políticas e público em geral. Relacionaram informações do modelo de avaliação de vulnerabilidade ambiental, *Habitat Risk Assessment*, com a abordagem a abordagem dos serviços ecossistêmicos para verificar as possíveis perdas e atividades impactantes na Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca (APABF), uma unidade de conservação federal de ambiente marinho costeiro. Este modelo sintetiza as informações sobre as interações entre múltiplas atividades humanas e *habitats* utilizando dados espaciais. Com isso, é possível identificar maior risco cumulativo, potencial de recuperação e a atividade de maior impacto sobre os *habitats* relacionados.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentado a metodologia proposta, com as fontes e a estrutura das informações que serão utilizadas e o método de aplicação.

3.1 ESTRUTURA DE DADOS E FONTE DE INFORMAÇÃO

Para a realização do estudo, foram utilizados uma série de informações provenientes do projeto de extensão “Análise Integrada e Capacitação na Aquisição e Estruturação de Dados Geográficos” (Instituto de Geociências - UFRGS) e de outras fontes. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente - MMA, indicadores ambientais são informações de fácil compreensão, utilizadas em processos de tomada de decisão. São úteis como ferramenta de avaliação de fenômenos ambientais, apresentando tendências e progressos que se alteram com o tempo. Estes refletem o estado do meio ambiente, relacionando as pressões sofridas pelas atividades econômicas sobre a qualidade do meio ambiente com as respostas formadas pela sociedade para combater tais pressões (ALFARO & OYAGUE, 1997).

Não há um conjunto de indicadores que seja aceito universalmente, pois se considera o comportamento dinâmico de cada ambiente e finalidade específica de estudo. Para Khure (1998), os indicadores ambientais selecionados devem ser adequados para revelarem aspectos importantes de uma organização, quantificar aspectos como efeitos e impactos.

3.1.1 SISTEMAS AMBIENTAIS

Os sistemas ambientais são definidos como unidades espaciais básicas que refletem homogeneidade em termos de estrutura e funcionamento, delimitados para o corpo hídrico da Lagoa Mirim e sua margem, utilizados neste estudo (SEMA, 2019). Neste caso, foram subdivididos em sistemas ambientais aquáticos e de margem.

Os sistemas ambientais aquáticos consideram aspectos tridimensionais relacionados a profundidade do corpo d'água, áreas abrigadas ou não ao quadrante do vento sul e nordeste. Já

os sistemas ambientais ao longo da margem tiveram como critério principal a cobertura e uso do solo (SEMA, 2019).

SISTEMAS AMBIENTAIS AQUÁTICOS

Os sistemas ambientais (SA) foram identificados no estudo feito por Ribeiro (2017). Foram definidos e descritos espacialmente unidades dentro da área de abrangência como sistemas ambientais, tanto para o domínio aquático quanto no setor das margens da Lagoa Mirim. Os sistemas ambientais aquáticos foram delimitados com base em um gradiente ambiental de profundidades (aproximadamente simétrico) que configura os baixios (zona de profundidade rasa nas margens), zonas de profundidade intermediárias e o canal de navegação do corpo hídrico. Com isso, delinear-se os três maiores sistemas ambientais das áreas estratégicas: sistemas de baixios, sistemas intermediários e sistema de canal hidroviário.

Ainda, para os sistemas de baixo e intermediário, uma segunda categorização foi aplicada, diferenciando estes ambientes em áreas abrigadas ou não abrigadas ao quadrante do vento sul e nordeste. Com isso, foram categorizados cinco sistemas ambientais aquáticos (Quadro 1) e representados através da figura 4. A profundidade limite para a delimitação dos baixios foi determinada com base na profundidade média da zona eufórica acrescida de uma margem de segurança, tanto para corrigir o fator de oscilação da coluna d'água quanto para garantir uma delimitação resguardada do sistema ambiental com maiores atributos para conservação, sendo atribuído o valor de 2,0 m para a Lagoa Mirim.

Quadro 1 - Sistemas Ambientais Aquáticos categorizados

Sistema Ambiental	Descrição
Baixio Aberto	Águas rasas vulneráveis ao vento do quadrante nordeste e sul
Baixio Abrigado	Águas rasas protegidas ao vento do quadrante nordeste e sul
Intermediário Aberto	Águas intermediárias vulneráveis ao vento do quadrante nordeste e sul

Intermediário Abrigado	Águas intermediárias protegidas ao vento do quadrante nordeste e sul
Aquaviário	Áreas de uso intensivo para navegação

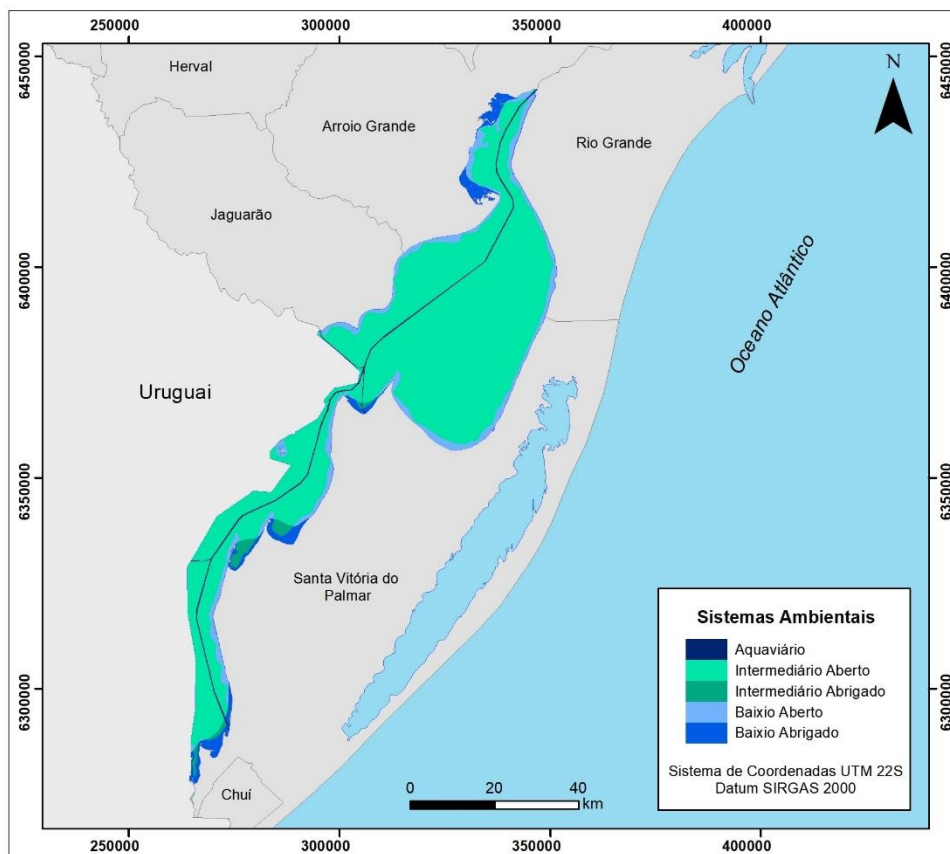


Figura 4 - Mapa com os Sistemas Ambientais Aquáticos

SISTEMAS AMBIENTAIS DE MARGEM

Os sistemas ambientais de margem foram definidos com base de dados de cobertura e uso do solo, feições de transporte terrestre e localização de indústrias, realizado pelo Zoneamento Ecológico-Econômico – ZEE-RS na escala de 1:25.000 (SEMA, 2019). Na área de estudo de margem da Lagoa Mirim, os sistemas ambientais foram identificados e descritos através do quadro 2, e representados sentados os sistemas ambientais através da figura 5.

Quadro 2 - Definição dos Sistemas Ambientais de Margem

Sistema Ambiental	Descrição
Áreas úmidas	São ecossistemas na interface entre ambientes terrestres e aquáticos, continentais ou costeiros, naturais ou artificiais, permanente ou periodicamente inundados ou com solos encharcados. As águas podem ser doces, salobras ou salgadas, com comunidades de plantas e animais adaptados à sua dinâmica hídrica (CNZU, 2015 <i>apud</i> JUNK <i>et al.</i> , 2014).
Campo Predominantemente Associado à Pecuária	Áreas cobertas predominantemente por vegetação herbácea, especialmente gramíneas, em um relevo suave e plano (MMA, 2008). Apresenta-se normalmente associado à pecuária.
Lagunas e Lagoas Costeiras	São consideradas as lagoas e as lagunas presentes na região.
Mata Ciliar	Matas Ciliares são formações vegetais que margeiam os corpos d'água e ocupam áreas dinâmicas da paisagem em relação aos sistemas hidrológicos, ecológicos e geomorfológicos (SEMA, 2007). De acordo com o novo Código Florestal, Lei nº 12.651 de 2012, são áreas protegidas.
Praia e Duna Lagunar	Sistema constituído principalmente por depósitos de areia ou cascalhos ao longo do perímetro de lagunas costeiras, em que incidem ondas de pequena e micro escala responsáveis pelo retrabalhamento do sedimento (SEMA, 2019)
Silvicultura	Sistema de florestas de espécies introduzidas ou nativas que visam a produção de madeira, fibra, carvão, resina, entre outros (SEMA, 2019).
Florestal	É caracterizado pela grande densidade de árvores altas e a redução da penetração da luz, o que impede do crescimento

	de outras estruturas vegetacionais (IBGE, 2011). De acordo com o novo Código Florestal, Lei nº 12.651 de 2012, são áreas protegidas.
Lêntico	Composto por ambientes aquáticos de água parada ou cuja dinâmica é muito pequena, como por exemplo, lagoas, lagos e açudes (SEMA, 2019).
Lótico	Composto por ambientes aquáticos de água corrente, como, por exemplo, rios, nascentes, ribeiras e riachos (SEMA, 2019).
Predominantemente Agrícola	Sistema composto por áreas de solos utilizados para cultivo, podendo também haver pecuária. Semelhante em forma com o sistema de campos, porém associados a um manejo mais intensivo e, por consequência, com um maior nível de alteração e transformação quando comparado ao sistema natural de origem (SEMA, 2019).
Urbano	Sistema caracterizado pela concentração de pessoas em um determinado ambiente com complexa infraestrutura, no qual há trocas, ligações, transferências materiais e imateriais, que envolve fluxos, circulação e escalas variadas (IBGE, 2016)
Viário	Sistema caracterizado por um conjunto de infraestruturas que tem como objetivo a comunicação terrestre entre dois ou mais lugares como as rodovias e ferrovias. (SEMA, 2019)

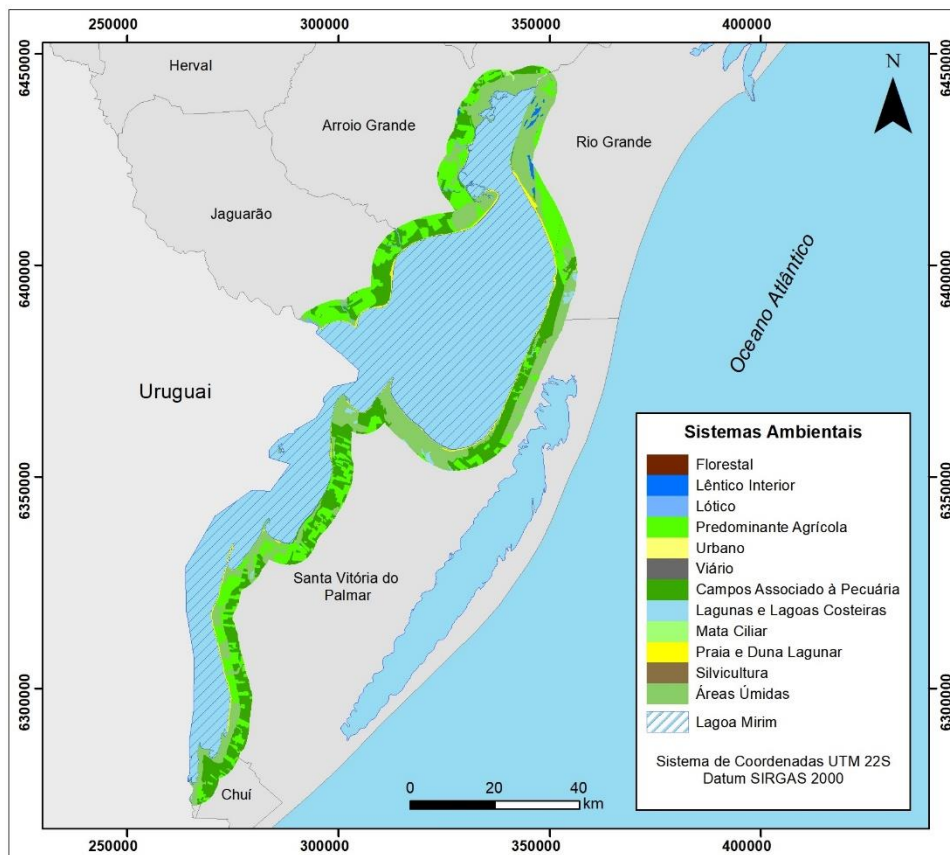


Figura 5 - Mapa com os Sistemas Ambientais de Margem

3.1.2 FACILIDADE DE ACESSO

Um fator de importância para a instalação de terminais hidroviários é a presença de vias que permitem o acesso de pessoas e veículos automotores, realizando a integração da hidrovia com o sistema viário. Segundo Oliveira & Silva (2015), tanto a facilidade de acesso quanto a mobilidade e a capacidade ambiental são vistas como aspectos centrais de sustentabilidade para um novo modelo de planejamento de transporte.

Para a geração deste indicador, foi utilizada a base disponibilizada pela Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura – SEMA (2016) na escala de 1:25.000. O indicador facilidade de acesso foram utilizadas apenas rodovias, estradas asfaltadas e as principais de vias de areia

usadas por carros, sendo excluídos os caminhos sobre dunas e atalhos (Fig. 6). e áreas próximas a estas vias de acesso serão priorizadas para o estudo.

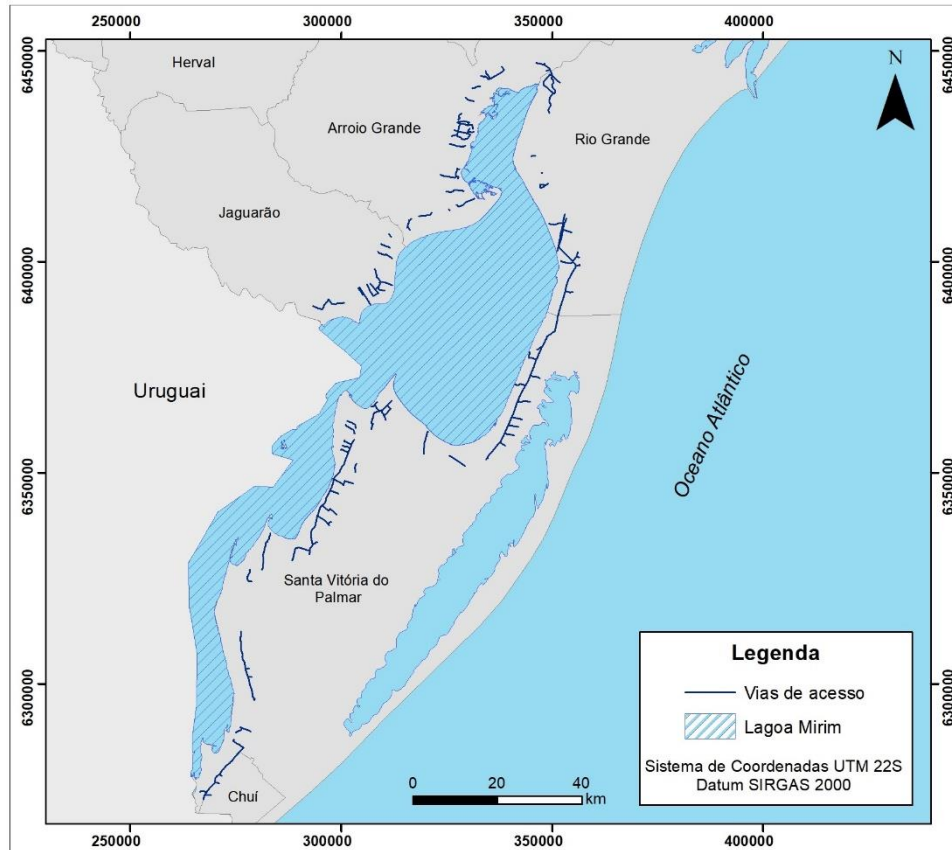


Figura 6 - Mapa com as rodovias na área de estudo da margem da Lagoa mirim

3.1.3 BATIMETRIA

A batimetria da Lagoa Mirim foi obtida no trabalho do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da UFRGS (1998) na escala de 1:10.000. Os dados foram utilizados em sua forma contínua, formato matricial. As profundidades predominantes, em mais de 95% da área do corpo d'água, verificadas em 1998, variaram entre 1 e 5 metros, podendo atingir cerca de 12 metros em alguns pontos. A variável da Batimetria da Lagoa Mirim foi representado no mapa a seguir (Fig. 7)

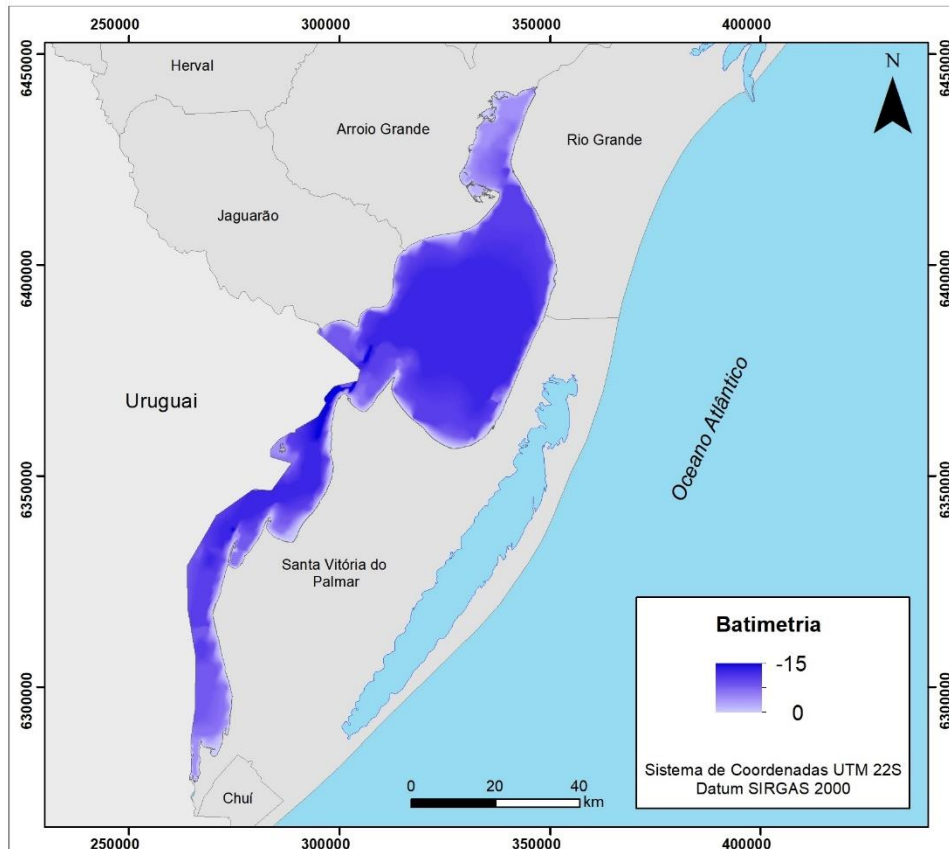


Figura 7 - Representação da Batimetria da Lagoa Mirim

3.1.4 COMUNIDADES TRADICIONAIS

A denominação comunidades tradicionais refere-se a aquelas que apresentam um modelo de ocupação do espaço e uso dos recursos naturais voltado principalmente para a subsistência, com fraca articulação com o mercado, baseado em um uso intensivo de mão de obra familiar, tecnologias de baixo impactos, derivadas de conhecimentos patrimoniais e, normalmente, de base sustentável (ARRUDA, 1999). Na região da bacia da Lagoa Mirim estão presentes os pescadores artesanais, povos indígenas e comunidades de quilombolas, povos que possuem características em comum como a relação direta com a natureza, o manejo de florestas, campos e águas, o conhecimento profundo dos ciclos da natureza relacionados ao plantio, colheita, coleta de sementes e pesca, de onde tiram seu sustento, mantendo as espécies que compõem a biodiversidade (PERUCCHI, 2015).

De acordo com o Artigo 4º da Lei 11.959/2009, “consideram-se atividade pesqueira artesanal, para os efeitos desta Lei, os trabalhos de confecção e de reparos de artes e petrechos de pesca, os reparos realizados em embarcações de pequeno porte e o processamento do produto da pesca artesanal”. Diegues (1999) também apresenta que essas sociedades desenvolveram formas particulares de manejo dos recursos naturais, visando a propagação cultural e social e não diretamente o lucro. O Rio Grande do Sul, segundo Garcez & Botero (2005), é o quarto estado brasileiro mais importante na produção artesanal de pescado, sendo o maior na produção de camarão rosa.

Na área delimitada de estudo na margem da Lagoa Mirim, foram encontradas comunidades tradicionais de pescadores artesanais, como apresentado em Pieve (2009), em Arroio Grande, em Santa Isabel do Sul; Jaguarão e Santa Vitória do Palmar, no Porto, Capilha e Anselmi. Estas comunidades desempenham um papel importante na pesca nacional.

3.1.5 DISTÂNCIA DA ORLA LAGUNAR

Praias lagunares promovem o interesse humano para o desenvolvimento de atividades comerciais, imobiliárias, de lazer, turísticas e ecológicas. Além do mais, torna-se uma variável importante para a efetivação de um sistema de transporte como o hidroviário.

Para a geração deste indicador, foi utilizada a margem da Lagoa Mirim como base os limites políticos disponibilizados pela SEMA (2016) na escala de 1.25.000 (Fig. 8). Com isso, quanto menor a distância entre a margem de um corpo d’água e o terminal hidroviário, maior será a eficiência ao sistema de transporte com relação ao abastecimento de embarcações, lavagem de tanques, carga e descarga, acesso aos trapiches, ocorrência de vazamento de cargas perigosas no manuseio e no transbordo, coleta das águas residuárias e do lixo das embarcações.

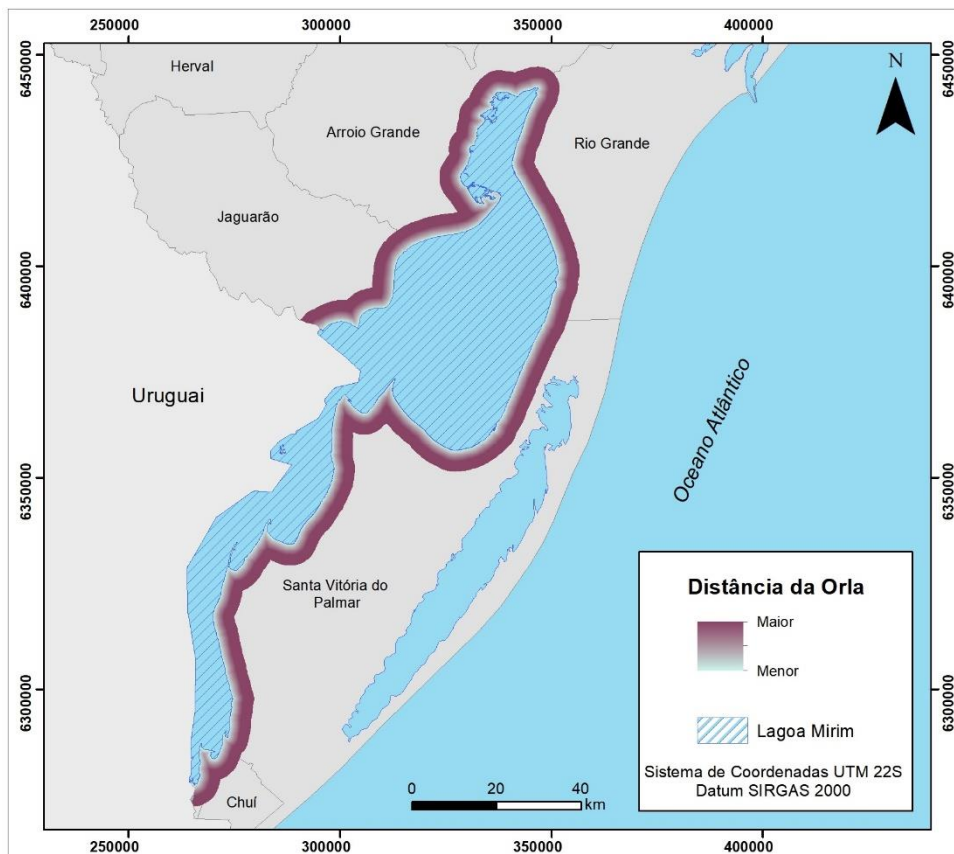


Figura 8 - Mapa representando o indicador de distância da orla lagunar

3.1.6 VULNERABILIDADE AO PERIGO TECNOLÓGICO

O Perigo Tecnológico foi determinado a partir de um modelo de sobreposição entre os elementos expositores de perigo e a fragilidade dos sistemas ambientais aquáticos e margens adjacentes de corpos d'água, como para o Lago Guaíba (POSSANTTI & SILVA, 2018). O modelo consiste em apresentar no espaço a vulnerabilidade de serviços ambientais e seus sistemas associados em decorrência de desastres na infraestrutura tecnológica interior e adjacente ao corpo hídrico, como por exemplo um possível dano sobre os sistemas ambientais de um acidente industrial. De acordo com MEA (2005), serviços ambientais entende-se como os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas como de fornecimento (comida, água, madeira e fibras); reguladores (afetam o clima, inundações, doenças, resíduos e qualidade da

água); culturais (proporcionam benefícios recreativos, estéticos e espirituais); suporte (formação do solo, fotossíntese e ciclagem de nutrientes).

Através disso, os valores de vulnerabilidade ao perigo tecnológico na Lagoa Mirim variaram de 1 a 4, onde 1 representa “grau muito baixo” e 4 “grau alto”. Portanto, esta variável foi representada no mapa a seguir (Fig. 9).

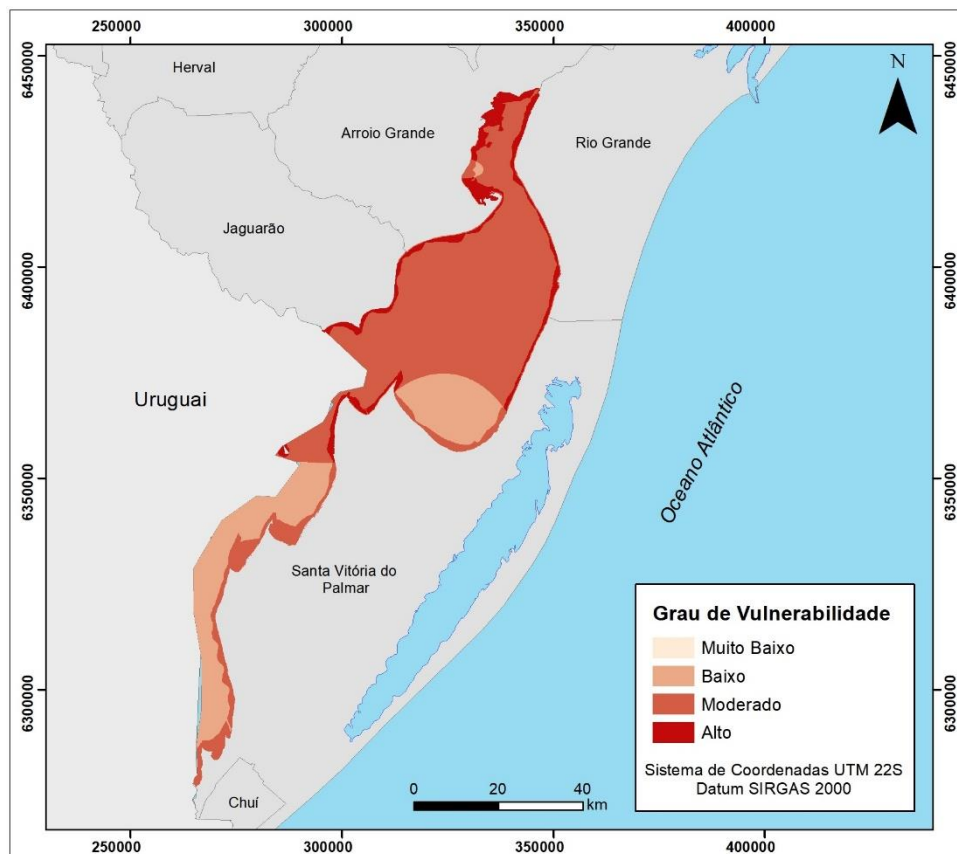


Figura 9 - Mapa com a Vulnerabilidade ao Perigo Tecnológico na Lagoa Mirim

3.1.7 ÁREAS DE PROTEÇÃO LEGAL

O conceito de áreas protegidas não se limita às unidades de conservação. A *International Union for Conservation of Nature (IUCN)*, considera como área protegida “uma área terrestre e/ou marinha especialmente dedicada à proteção e manutenção da diversidade

biológica e dos recursos naturais e culturais associados, manejados através de instrumentos legais ou outros instrumentos efetivos” (IUCN, 1994), enquanto que a Convenção sobre Diversidade Biológica, que ocorreu em 1992, considera como área protegida “uma área definida geograficamente que é destinada, ou regulamentada, e administrada para alcançar objetivos específicos de conservação”.

A criação de áreas protegidas pode ser considerada uma importante estratégia de controle do território que visa estabelecer limites e dinâmicas próprias de uso e ocupação (MEDEIROS & GARAY, 2006). Esse controle e os critérios de uso que o sustentam buscam valorizar os recursos naturais existentes tanto do ponto de vista econômico, cultural, espiritual ou religioso, como pela necessidade de preservar biomas, ecossistemas e espécies raras ou ameaçadas de extinção.

De modo geral, as áreas protegidas no Brasil podem ser enquadradas nas seguintes categorias: 1) unidade de conservação; 2) área de preservação permanente; 3) reserva legal; 4) terra indígena e 5) áreas de reconhecimento internacional. Algumas dessas categorias podem ser subdivididas em diferentes categorias com estratégias de gestão e manejo próprias. As áreas protegidas na região de estudo são apresentadas na figura X, e contemplam:

- Área de Relevante Interesse Ecológico Pontal dos Latinos e Pontal dos Santiagos (ARIE): é uma unidade de uso sustentável administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Foi criada pela Resolução do CONAMA nº 005 de 1984 por considerar haver uma necessidade urgente de tomar medidas para melhor salvaguardar algumas áreas naturais de grande importância ecológica. Esta ARIE está presente no município de Santa Vitória do Palmar, apresentando uma área de 2992.26 hectares.
- Reserva Particular do Patrimônio Natural Estância Santa Rita (RPPN): é uma unidade de uso sustentável administrada pelo ICMBio e criada pela Portaria nº 167, de 21 de dezembro de 1998. Está localizada no município de Santa Vitória do Palmar, apresentando uma área de 340 hectares.
- Estação Ecológica do Taim: é uma unidade de proteção integral administrada atualmente pelo ICMBio, criada através do Decreto nº 92.963, de 21 de julho de 1986. Situada nos municípios de Rio Grande e Santa Vitória do Palmar, abrangendo glebas do Banhado do

Taim e Ilha do Taquari. Abrange uma área de 32.806 hectares e é um importante sistema de habitat e refúgio para inúmeras espécies.

- Reserva biológica do Mato Grande (REBIO): é uma unidade de proteção integral administrada pela SEMA-RS, criada através do Decreto Estadual nº 23.798, de 12 de março de 1975. Está localizada no município de Arroio Grande, abrigando banhados, campos arenosos e matas de restinga em uma área de 5161 hectares.

Para a geração deste indicador, foi utilizada como base os limites das unidades de conservação disponibilizados pela SEMA (2016) na escala de 1.25.000 (Fig. 9).

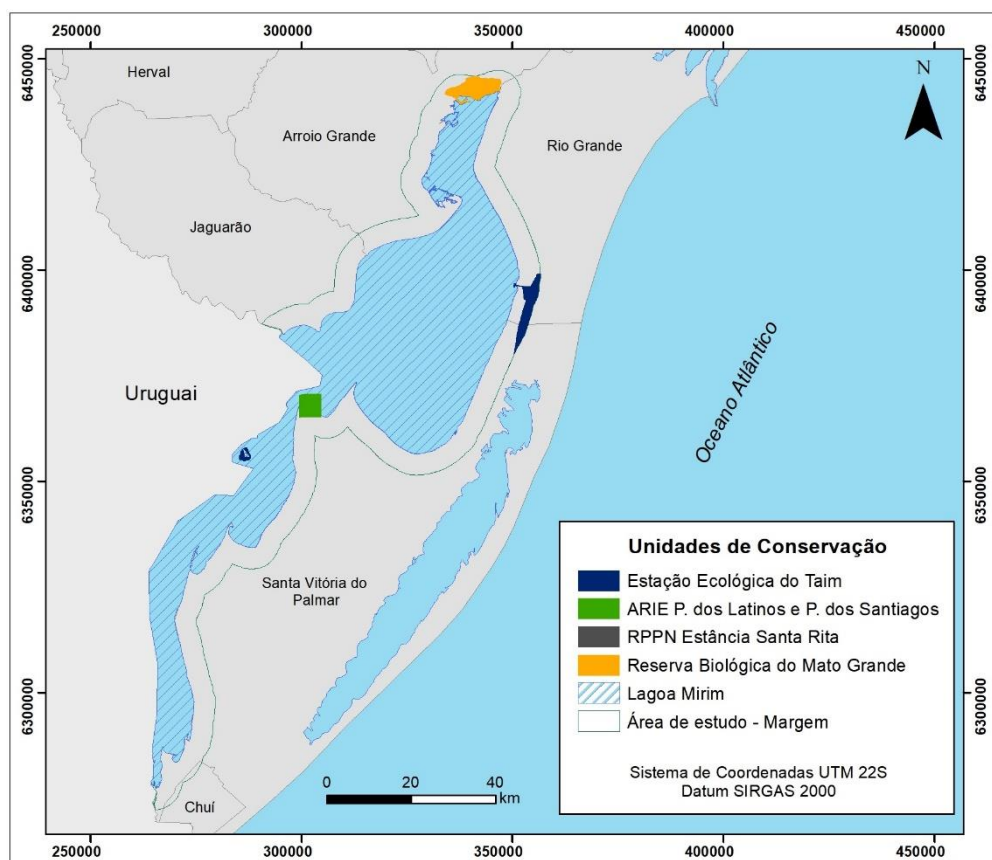


Figura 10 - Unidades de Conservação na região de abrangência do estudo

3.2 AVALIAÇÃO DE APTIDÃO AMBIENTAL

A avaliação de aptidão ambiental foi realizada através de três etapas: a primeira foi a aplicação dos modelos de base ecossistêmica *Overlapping Use* e *Habitat Risk Assessment do Ecosystem Services Modeler (ESM) do software Terrset*, os quais serviram como *input* para a análise multicritério. A segunda etapa consiste no pré-processamento das informações geradas, tanto dos dados convencionais quanto dos dados produzidos por meio dos modelos apresentados e, por fim a análise multicritério através do módulo *MCE (Multi-criteria Evaluation)* no TerrSet.

3.2.1 MODELOS ECOSSISTÊMICOS

Modelos ecossistêmicos são utilizados para mapear e avaliar os recursos e os serviços ecossistêmicos, com a finalidade de preservação e conservação. Os modelos do *InVEST* permitem a avaliação e quantificação das alternativas de gestão para a seleção de áreas importantes a investimentos, prezando a proteção dos benefícios ecossistêmicos (RIBEIRO, 2017).

Com o modelo ecossistêmico *Overlap analysis* é possível realizar a avaliação da disposição das áreas de maior concentração de usos, a compatibilidade e as incompatibilidades entre as atividades e ecossistemas, proporcionando com maior precisão onde e como os usos estão sobrepostos. Dentro deste, há o módulo *Overlapping Use*, pertencente ao *Ecosystem Services Modeler (ESM) do software Terrset®*, onde é possível realizar o mapeamento dos usos atuais e a modelagem de cenários que refletem mudanças no uso de áreas costeiras e marinhas (RIBEIRO, 2017).

Há modelos que possibilitam avaliar o potencial de ocorrência de eventos nocivos ou a exposição aos mesmos em curto, médio ou longo prazo, devido às pressões de atividades econômicas, principalmente as de grandes investimentos na produção (MMA, 2008). Dentro do modelo ecossistêmico ESM do *software Terrset®*, foi aplicado o módulo *Habitat Risk Assessment*, onde foi possível a avaliação dos riscos que os usos representam os ecossistemas

e as consequências potenciais da exposição dos estressores na prestação de serviços ecossistêmicos.

Ambos modelos foram utilizados por Ribeiro (2017) para a mesma área de estudo, onde as simulações resultantes serão consideradas para este estudo. Entretanto, foram simulados novos cenários com a finalidade de alocação de terminais hidroviários na Lagoa Mirim.

3.2.2 ANÁLISE MULTICRITÉRIO E TOMADA DE DECISÃO

O método AHP foi desenvolvido na década de 1970, por Thomas L. Saaty. Segundo Schmoldt *et al.* (2001), é utilizado para diversos tipos de estudo pelo fato de possuir estrutura flexível e de ser um modelo numérico facilmente aplicável. Este método é uma prática estruturada para tomada de decisão complexa afim de solução de problemas (SAATY, 1980). Através deste método, é possível transformar comparações, muitas vezes empíricas, em valores numéricos que podem ser comparados e analisados. Com isso, é atribuído um peso para cada fator, permitindo a avaliação de cada um dos elementos dentro de uma hierarquia definida (WEISS, 2014).

Segundo Zambon *et al.* (2005), este método baseia-se em uma matriz quadrada $n \times n$, onde linhas e colunas correspondem aos indicadores analisados no problema em questão. Assim, o valor de a_{ij} representa a importância relativa do indicador da linha i com o da coluna j . Como esta matriz é recíproca, apenas a face triangular inferior da mesma é avaliada. Como resultado deste procedimento, são originados pesos para cada indicador.

Para a utilização do método de análise multicritério de comparação pareada de variáveis, utiliza-se indicadores padronizados e normalizados, podendo ocorrer através das lógicas booleana e *fuzzy*, muito implementadas em *softwares* SIG. A lógica booleana, de acordo com Meirelles (1997), é o fundamento da matemática computacional baseada em números binários. Corresponde apenas a uma matriz formada por zeros (0) e uns (1), trabalhando com dois tipos de respostas como, por exemplo, falso ou verdadeiro, sendo de fácil e simples aplicação (MOREIRA, 2005). Já a lógica *fuzzy*, que é uma extensão da lógica booleana, admite

valores intermediários entre 0 e 1 (ou 0 e 255). Conforme Katinsky (1994), é a parte lógica da matemática dedicada aos princípios formais do raciocínio incerto ou aproximado, variando em uma escala de valores contínuos e servindo para estudar regiões onde causam incertezas de uso.

Para este estudo foi utilizado o *software Terrset* e a metodologia baseada em Eastman (1997), utilizando alguns dos módulos disponibilizados. O módulo *distance* realiza o cálculo da distância euclidiana de cada célula à sua mais próxima num conjunto de células alvo (TAGLIANI, 2002), transformando-os em superfícies de distância. O módulo *fuzzy* reescala através da combinação linear crescente ou decrescente ponderada resultando em células de valor entre 0 e 255.

O módulo *weight* foi utilizado para comparar cada variável com as demais por meio de uma matriz de comparação pareada, de acordo com a sua importância relativa e diferentes pesos para cada uma. Estas relações são estabelecidas através da escala de comparação de Saaty (1977), representada no quadro 3.

Quadro 3 - Escala de Comparação de Saaty

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
Extremo	Muito forte	Forte	Moderado	Igual	Moderado	Forte	Muito forte	Extremo	
Menor importância						Maior importância			

Fonte: Saaty (1977)

O módulo *MCE* foi utilizado para uma avaliação conjunta dos dados e a realização das modelagens finais e, além disso, foi possível a geração de diferentes cenários através da reclassificação de cada variável, alterando sua importância e, por consequência, seus pesos. Para uma análise completa do estudo, foi realizada a sobreposição dos cenários através do módulo *crosstab* do *Terrset*. De acordo com Eastman (2003), este módulo processa duas operações: a primeira é a tabulação cruzada na qual as categorias de uma imagem são comparadas com as de uma segunda ou terceira, resultando em uma imagem associada a uma tabela listando os totais da tabulação.

Todos os dados foram configurados para o Datum SIRGAS 2000 e o Sistema de Coordenadas UTM 22S, padronizados para uma escala espacial comum e rasterizados com base

em um raster de 30 metros de resolução espacial. Por fim, os mapas finais foram gerados através do *software* ArcGIS 10.6, com a licença institucional da UFRGS.

3.3 MODELOS DE APTIDÃO E GERAÇÃO DE CENÁRIOS

Os modelos de decisão são utilizados para representar, de modo simplificado, os elementos considerados importantes para uma situação em questão, utilizando métodos de apoio a decisão, especificamente um método de decisão multicritério (ALMEIDA, 2011). Sob o ponto de vista operacional, através destes métodos, é possível a realização de uma avaliação integrada do estudo em questão (MUNDA, 2008).

O desenvolvimento de cenários é utilizado em uma ampla variedade de contextos que variam desde a tomada de decisão política ao planejamento empresarial, e de avaliações ambientais globais à gestão da comunidade local (REGRA et al., 2013). Para este estudo, foi gerado dois tipos de modelagem: aquática e de margem. A aquática foi elaborada com a finalidade de realizar uma análise de aptidão para canais hidroviários secundários a partir do canal principal da Lagoa Mirim. A modelagem de margem foi gerada com a finalidade de localizar áreas de aptidão para a instalação de terminais hidroviários no corpo d'água, sendo possível elaborar três diferentes cenários, propostos para refletir diferentes situações de flexibilidade.

Os cenários propostos foram: Conservacionista (enfoque maior na proteção ambiental); Desenvolventista (panorama flexível para o desenvolvimento hidroviário regional); e o de Gestão (visão intermediária entre os cenários conservacionista e desenvolventista).

3.3.1 MODELAGEM AQUÁTICA

A análise de localização de instalação de terminais hidroviários na Lagoa Mirim está diretamente relacionada com a ramificação da hidrovia principal para atender possíveis novos terminais. Deste modo, foi realizada a modelagem cartográfica em SIG da área da Lagoa Mirim

com este propósito, através das variáveis (a) Batimetria, (b) Sistemas Ambientais Aquáticos e (c) Vulnerabilidade ao Perigo Tecnológico, descartando as áreas protegidas por lei. A figura 10 apresenta um fluxograma da geração da modelagem aquática, apresentando as três variáveis e os módulos utilizados.

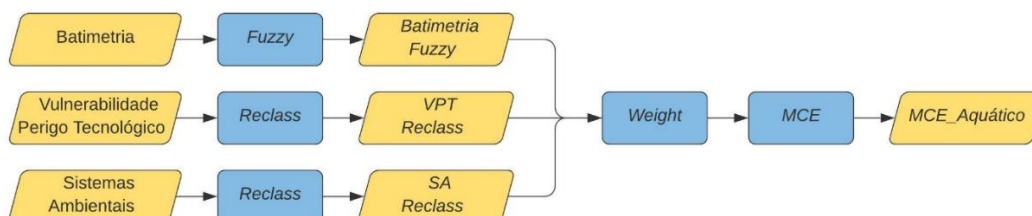


Figura 11 - Fluxograma de geração da modelagem aquática

Os Sistemas Ambientais aquáticos foi a variável que recebeu maior relevância. Cada um recebeu um valor de classe atendendo a ideia de áreas aptas para ramificações do canal hidroviário principal no corpo d’água. A tabela 3 apresenta as classes de cada sistema ambiental, com valores entre 0 (menor aptidão, maior restrição) e 255 (maior aptidão, menor restrição).

Tabela 3 - Classificação por aptidão da variável Sistemas Ambientais Aquáticos

Sistema Ambiental Aquático	Classe
Sistema de Baixios Abrigados	40
Sistema de Baixios Aberto	80
Sistema Intermediário Abrigados	150
Sistema Intermediário Aberto	200
Sistema Aquaviário	240

A variável de vulnerabilidade ao perigo tecnológico recebeu relevância intermediária e apresenta informações de grau de vulnerabilidade “muito baixo” a “alto”. Através do módulo

reclass, foi atribuído valores de aptidão entre 50 (menor aptidão, maior restrição) e 210 (maior aptidão, menor restrição), apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Classificação por aptidão da variável Vulnerabilidade ao Perigo Tecnológico

Vulnerabilidade ao Perigo Tecnológico	Classe
Muito Baixo	210
Baixo	150
Moderado	100
Alto	50

A variável batimetria recebeu relevância menor entre as variáveis. Nesta, foi aplicado o módulo *fuzzy* na função crescente de valores de profundidades, onde 0 (menor aptidão, maior restrição) e 255 (maior aptidão, menor restrição), ou seja, quanto maior o valor de profundidade, maior será o grau de aptidão para as ramificações do canal hidroviário.

Vale ressaltar as áreas de restrição legal que sobrepõe as variáveis: Reserva Biológica do Mato Grande, ARIE Pontal dos latinos e Pontal dos Santiagos e a Estação Ecológica do Taim – Ilha do Taquari. Estas áreas foram excluídas do resultado final.

Para a geração do mapa da modelagem da parte aquática, através do *software* Terrset, foi aplicado o módulo *Weight* para a geração dos pesos de cada variável através de uma matriz de comparação pareada (Tabela 5) de acordo com a escala de comparação de Saaty (1977) e assim, gerado os pesos para cada (Tabela 6).

Tabela 5 - Matriz de comparação pareada para a modelagem aquática

	Batimetria	SA	VPT
Batimetria	1		
SA	4	1	
VPT	3	1/3	1

Tabela 6 - Pesos calculados para cada variável da modelagem aquática

Variáveis	Peso
Sistemas Ambientais Aquáticos	0.6144
Vulnerabilidade ao Perigo Tecnológico	0.2684
Batimetria	0.1172
Razão de Consistência: 0.06 - Aceitável	

3.3.2 MODELAGEM DE MARGEM – CENÁRIOS

A análise de localização de instalação de terminais hidroviários na Lagoa Mirim pode ser ampliada com a definição de novos cenários de decisão. Os cenários criados compreendem situações em que o ponto de vista do decisor em relação à ordem de importância das variáveis aplicadas difere da situação inicial. Portanto, as variáveis receberam classificações e pesos diferentes para cada cenário, mostrando diferentes visões na área de conservação ambiental, desenvolvimento regional e uma visão intermediária entre eles.

Os cenários foram gerados através das variáveis (a) Sistemas Ambientais de Margem, (b) Unidades de Conservação, (c) Comunidades Tradicionais, (d) Distância da Orla Lagunar e (e) Distância de Rodovias, descartando as áreas protegidas por lei. A figura 11 apresenta um fluxograma geral para a geração dos cenários, apresentando as cinco variáveis e os módulos utilizados.

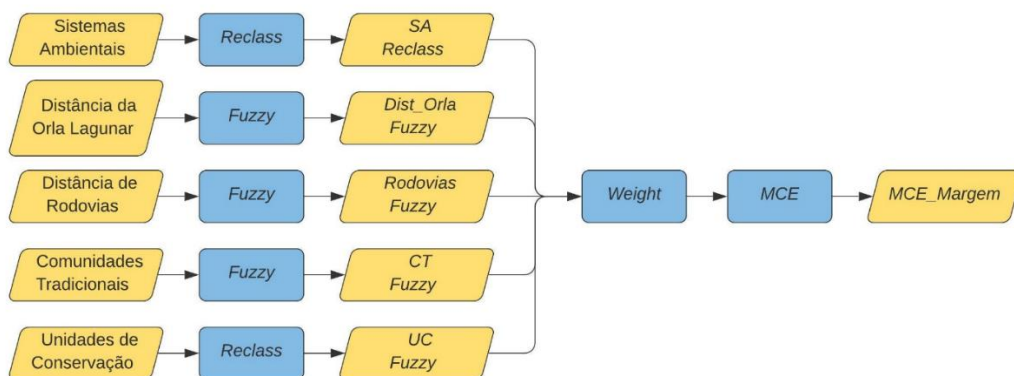


Figura 12 - Fluxograma geral para a geração dos cenários

Para todos os cenários foram consideradas as áreas de restrição legal. Estas variáveis de restrição absoluta são amparadas por leis ambientais federais, estaduais e municipais, que possuam algum grau de proteção ou restrição para determinados tipos de usos (OLIVEIRA, 2005). O quadro 4 apresenta as variáveis restritivas, a área limite de restrição e a as leis que as amparam.

Quadro 4 - Áreas de restrição e limites de proteção amparadas por sua respectiva lei

Restrições	Área Limite de Restrição	Lei
I – Unidades de Conservação	-	Lei Federal nº 12.651/12
II – Dunas	-	Lei Federal nº 12.651/12
III – Matas Nativas	-	Lei Federal nº 12.651/12
IV – Áreas úmidas	-	Lei Federal nº 12.651/12
V – Florestas	-	Lei Federal nº 12.651/12
VI – Corpos d’água com largura entre 200 e 600 de largura)	200 metros	Lei Federal nº 12.651/12
VII – Lagos e Lagoas (maiores que 20 hectares)	100 metros	Lei Federal nº 12.651/12
VIII – Lagos e Lagoas (menores que 20 hectares)	50 metros	Lei Federal nº 12.651/12
IX – Orla Lagunar – Área Urbana	50 metros	Lei Federal nº 12.651/12
X – Orla Lagunar – Área Rural	200 metros	Lei Federal nº 12.651/12

3.3.2.1 CENÁRIO CONSERVACIONISTA

O cenário conservacionista foi proposto para refletir um enfoque maior na proteção dos sistemas ambientais mais sensíveis na intenção de reduzir os impactos negativos que possam ser desenvolvidos com a instalação de terminais hidroviários na Lagoa Mirim. Neste cenário, foi atribuído maior peso nas variáveis: Sistemas Ambientais, Unidades de Conservação

e Comunidades Tradicionais. A figura 13 apresenta o fluxograma com o processamento das variáveis para a geração do mapa do cenário conservacionista.

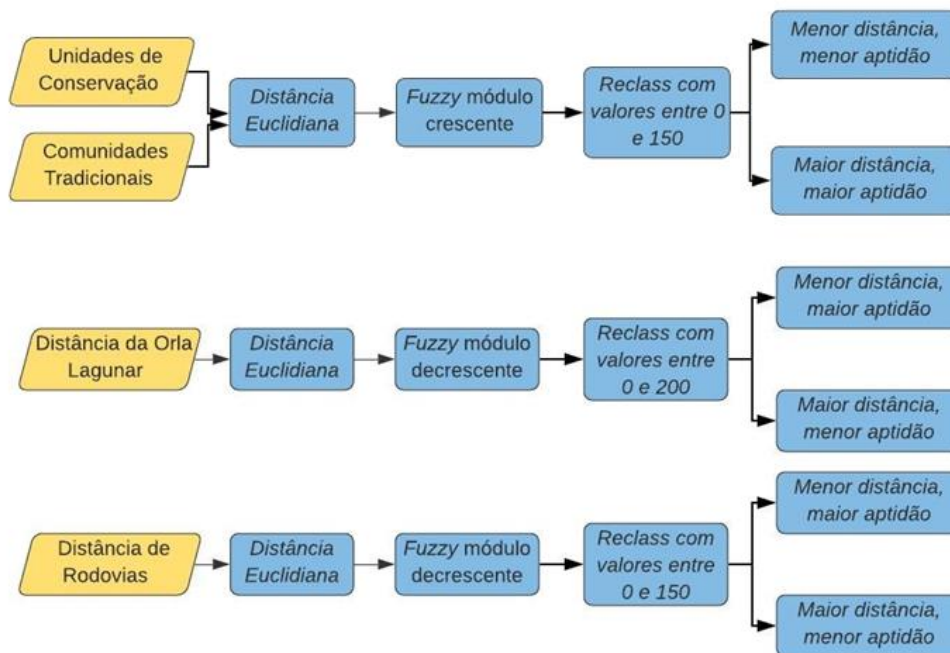


Figura 13 - Fluxograma que apresenta o processamento das variáveis – Cenário Conservacionista

Os Sistemas Ambientais (SA) continentais foi a variável que recebeu maior relevância neste cenário. Cada um deles recebeu um valor de classe atendendo a ideia de conservação ambiental. A tabela 7 apresenta as classes de cada sistema ambiental, organizadas pelo seu grau de aptidão para a instalação de terminais hidroviários na Lagoa Mirim com valores entre 0 (menor aptidão, maior restrição) e 255 (maior aptidão, menor restrição).

Tabela 7 - Classificação por aptidão da variável Sistemas Ambientais de Margem – Cenário Conservacionista

Sistema Ambiental	Classes
	Cenário Conservacionista
Áreas úmidas	0
Lagunas e Lagoas Costeiras	0

Mata Ciliar	0
Praia e Duna Lagunar	0
Lêntico	0
Lótico	0
Florestal	0
Viário	130
Campos Predominantemente Associado à Pecuária	150
Predominantemente Agrícola	150
Urbano	150
Silvicultura	255

A variável de unidades de conservação (UC) recebeu relevância intermediária. Entende-se que a operacionalidade de um terminal hidroviário, tanto para cargas como para pessoas, pode provocar impactos ambientais importantes para as áreas adjacentes: poluição por acidentes tecnológicos (derramamentos, incêndios); poluição da água por resíduos sólidos gerados em embarcações e instalações as margens; poluição do ar; poluição sonora. Com isso, a variável, além de áreas de restrição amparadas por lei, foi utilizada também como zonas de aptidão através da distância euclidiana.

Com isso, após a utilização do módulo *distance, fuzzy* na função crescente e *reclass*, foi atribuído valores entre 0 (menor aptidão, maior restrição) e 150 (maior aptidão, menor restrição), ou seja, quanto maior for a distância entre o terminal hidroviário e as unidades de conservação, maior será a aptidão para a instalação de terminais hidroviários na Lagoa Mirim.

Para a variável de comunidades tradicionais (CT) aplicou-se a mesma ideia da variável de unidades de conservação, atribuindo valores entre 0 (menor aptidão, maior restrição) e 150 (maior aptidão, menor restrição), ou seja, quanto maior for a distância entre o terminal hidroviário e as comunidades tradicionais, maior será a aptidão para a instalação de terminais hidroviários na Lagoa Mirim.

As variáveis de distância da orla da lagoa e de rodovias receberam relevância menor. Para elas, foram aplicados os módulos: *distance* para definir a distância euclidiana; *fuzzy* na função decrescente; e o *reclass*, para reclassificar as classes de aptidão. Para a distância da orla, foi atribuído valores entre 0 (menor aptidão, maior restrição) e 200 (maior aptidão, menor restrição) e para as rodovias, valores entre 0 (menor aptidão, maior restrição) e 150 (maior aptidão, menor restrição).

Para a geração do mapa do cenário 1 – Conservacionista, através do *software* Terrset, foi aplicado o módulo *Weight* para a geração dos pesos de cada variável através de uma matriz de comparação pareada (Tabela 8) de acordo com a escala de comparação de Saaty (1977) e assim, gerado os pesos para cada (Tabela 9).

Tabela 8 - Matriz de comparação pareada das variáveis - Cenário Conservacionista

	SA	UC	CT	Orla	Rodovias
SA	1				
UC	1/3	1			
CT	1/3	1	1		
Orla	1/5	1/3	1/3	1	
Rodovias	1/7	1/5	1/5	1/3	1

Tabela 9 - Pesos calculados para cada variável da modelagem de margem - Cenário Conservacionista

Variáveis	Peso
Sistemas Ambientais	0.4691
Unidades de Conservação	0.2010
Comunidades tradicionais	0.2010
Distância da Orla	0.0862
Distância de Rodovias	0.0427
Razão de Consistência: 0.03 - Aceitável	

3.3.2.2 CENÁRIO DESENVOLVIMENTISTA

O cenário desenvolvimentista foi proposto com a visão de desenvolvimento regional, flexibilizando os aspectos ambientais e culturais, sem deixar de considerar as restrições ambientais e legais. Neste cenário foi atribuído maior peso nas variáveis: Distância de rodovias, Distância da orla lagunar e os sistemas ambientais. A figura 14 apresenta o fluxograma com o processamento das variáveis para a geração do mapa do cenário desenvolvimentista.

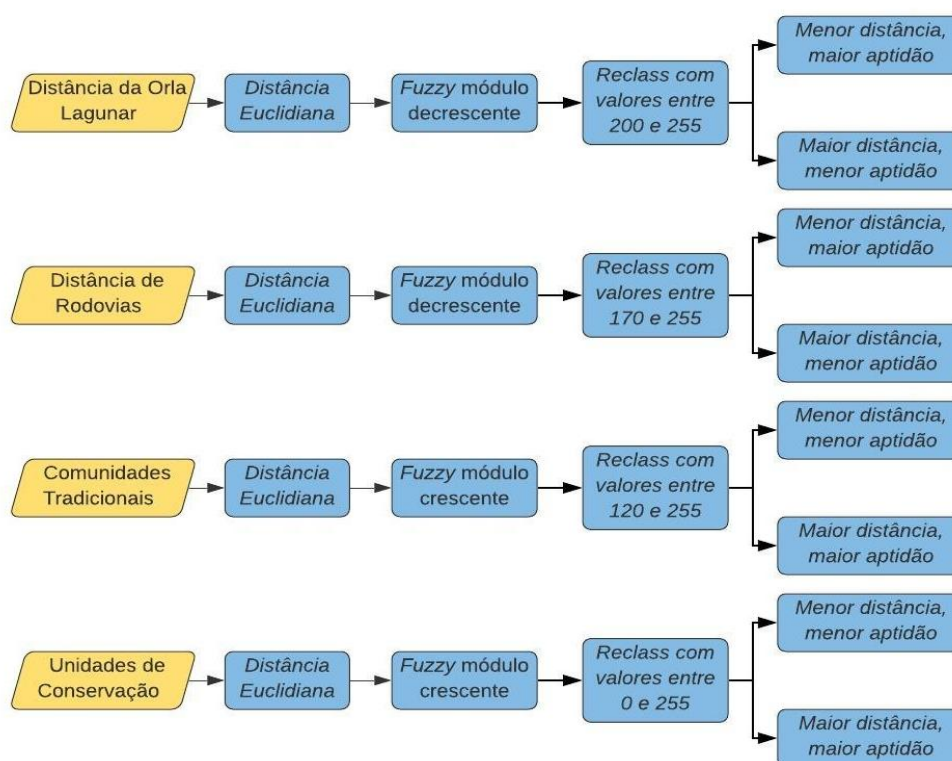


Figura 14 - Fluxograma que apresenta o processamento das variáveis – Cenário Desenvolvimentista

As variáveis de distância de rodovias e da orla lagunar receberam relevância maior para este cenário. Após a aplicação dos módulos *distance*, *fuzzy* e *reclass*, foi atribuído valores entre 170 (menor aptidão, maior restrição) e 255 (maior aptidão, menor restrição) para a

distância de rodovias, valores entre 200 (menor aptidão, maior restrição) e 255 (maior aptidão, menor restrição) para a distância da orla lagunar.

A variável Sistemas Ambientais (SA) recebeu relevância intermediária. Cada um deles recebeu um valor de classe atendendo a ideia de desenvolvimento regional. A tabela 10 apresenta as classes de cada sistema ambiental, organizadas pelo seu grau de aptidão para a instalação de terminais hidroviários na Lagoa Mirim com valores entre 0 (menor aptidão, maior restrição) e 255 (maior aptidão, menor restrição).

Tabela 10 - Classificação por aptidão da variável Sistemas Ambientais de Margem – Cenário Desenvolventista

Sistema Ambiental	Classes
	Cenário Desenvolventista
Lagunas e Lagoas Costeiras	0
Lêntico	0
Lótico	0
Florestal	0
Áreas úmidas	0
Praia e Duna Lagunar	50
Mata Ciliar	100
Urbano	200
Viário	200
Predominantemente Agrícola	230
Campos Predominantemente Associado à Pecuária	235
Silvicultura	255

As variáveis de comunidades tradicionais e unidades de conservação receberam menor relevância. Para elas, foram aplicados os módulos: *distance* para definir a distância euclidiana; *fuzzy* na função crescente; e o *reclass*, para a reclassificação das classes de aptidão. Para as comunidades tradicionais, foi atribuído valores entre 120 (menor aptidão, maior restrição) e 255 (maior aptidão, menor restrição) e para as unidades de conservação, valores entre 0 (menor aptidão, maior restrição) e 255 (maior aptidão, menor restrição).

Para a geração do mapa do cenário 2 – Desenvolventista, através do *software* Terrset, foi aplicado o módulo *Weight* para a geração dos pesos de cada variável através de uma matriz de comparação pareada (Tabela 11) de acordo com a escala de comparação de Saaty (1977) e assim, gerado os pesos para cada (Tabela 12).

Tabela 11 - Matriz de comparação pareada das variáveis – Cenário Desenvolventista

	Rodovias	Orla	SA	CT	UC
Rodovias	1				
Orla	1/3	1			
SA	1/3	1/3	1		
CT	1/5	1/3	1	1	
UC	1/3	1/3	3	3	1

Tabela 12 - Pesos calculados para cada variável da modelagem de margem – Cenário Desenvolventista

Variáveis	Peso
Distância de Rodovias	0.4312
Distância da Orla	0.2538
Comunidades tradicionais	0.1610
Sistemas Ambientais	0.0824
Unidades de Conservação	0.0716
Razão de Consistência: 0.06 - Aceitável	

3.3.2.3 CENÁRIO DE GESTÃO

Este cenário foi proposto para mostrar a visão intermediária entre o cenário conservacionista e o desenvolvimentista. Foi realizado classificações diferentes dos outros cenários e, por consequência, novos pesos atribuídos a elas. A figura 15 apresenta o fluxograma com o processamento das variáveis para a geração do mapa do cenário de gestão.

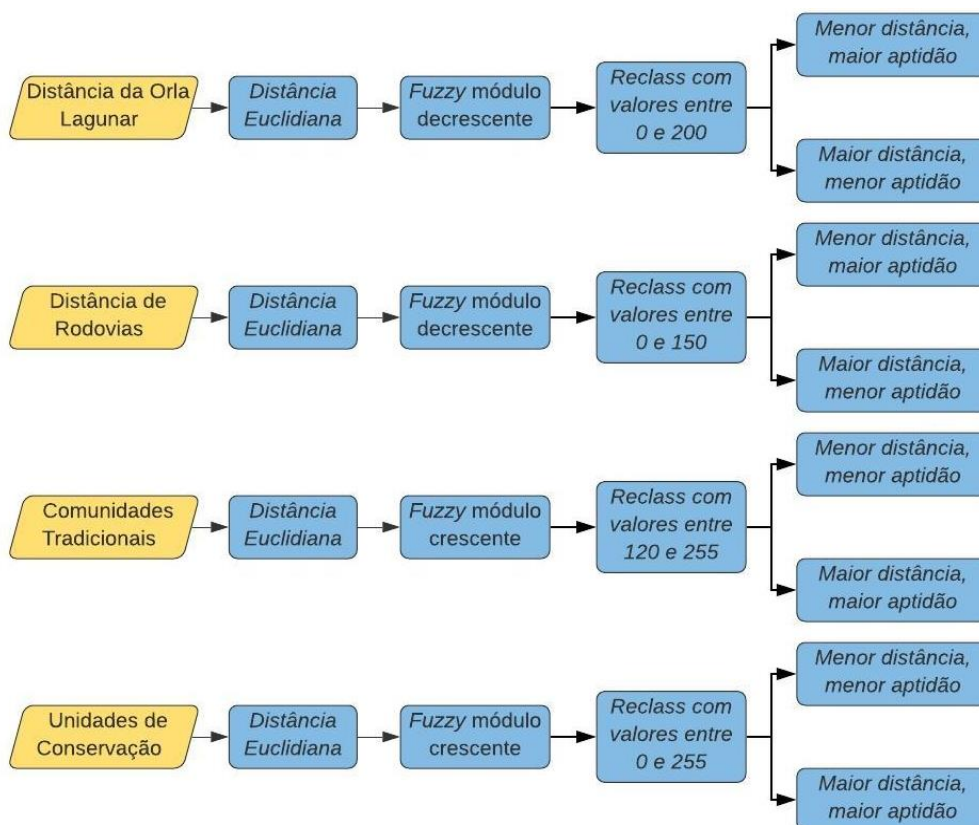


Figura 15 - Fluxograma que apresenta o processamento das variáveis – Cenário de Gestão

Os Sistemas Ambientais (SA) foi a que recebeu a maior relevância neste cenário. A tabela 13 apresenta as classes de cada sistema ambiental, organizadas pelo seu grau de aptidão com valores entre 0 (menor aptidão, maior restrição) e 255 (maior aptidão, menor restrição) para a instalação de terminais hidroviários na Lagoa Mirim.

Tabela 13 - Classificação por aptidão da variável Sistemas Ambientais de Margem – Cenário de Gestão

Sistema Ambiental	Classes
	Cenário de Gestão
Lagunas e Lagoas Costeiras	0
Lêntico	0
Lótico	0
Florestal	0
Áreas úmidas	0
Praia e Duna Lagunar	25
Mata Ciliar	50
Viário	170
Urbano	175
Predominantemente Agrícola	190
Campos Predominantemente Associado à Pecuária	200
Silvicultura	255

As variáveis de distância das rodovias e da orla lagunar receberam relevância intermediária. Foram aplicados os módulos: *distance* para definir a distância euclidiana; *fuzzy* na função decrescente; e o *reclass*, para a reclassificação das classes de aptidão. Para a distância das rodovias, foi atribuído valores entre 0 (menor aptidão, maior restrição) e 200 (maior aptidão, menor restrição) e para a orla lagunar, valores entre 0 (menor aptidão, maior restrição) e 150 (maior aptidão, menor restrição).

As variáveis de comunidades tradicionais e unidades de conservação receberam menor relevância. Foram aplicados os módulos: *distance* para definir a distância euclidiana; *fuzzy* na função crescente; e o *reclass*, para a reclassificação das classes de aptidão. Para as comunidades tradicionais, foi atribuído valores entre 120 (menor aptidão, maior restrição) e 255 (maior

aptidão, menor restrição) e para as unidades de conservação, valores entre 0 (menor aptidão, maior restrição) e 255 (maior aptidão, menor restrição).

Para a geração do mapa do cenário 3 – de Gestão, através do *software* Terrset, foi aplicado o módulo *Weight* para a geração dos pesos de cada variável através de uma matriz de comparação pareada (Tabela 14) de acordo com a escala de comparação de Saaty (1977) e assim, gerado os pesos para cada (Tabela 15).

Tabela 14 - Matriz de comparação pareada das variáveis – Cenário de Gestão

	SA	Rodovias	Orla	CT	UC
SA	1				
Rodovias	1/3	1			
Orla	1/5	1/3	1		
CT	1/5	1/5	1/3	1	
UC	1/5	1/5	1/3	1	1

Tabela 15 - Pesos calculados para cada variável da modelagem de margem – Cenário de Gestão

Variáveis	Peso
Sistemas Ambientais	0.4828
Distância de Rodovias	0.2695
Distância da Orla	0.1284
Comunidades tradicionais	0.0597
Unidades de Conservação	0.0597
Razão de Consistência: 0.05 - Aceitável	

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo foram gerados cenários para demonstrar o índice de aptidão e de restrição na área de estudo de acordo com as variáveis para a instalação de terminais hidroviários na Lagoa Mirim. Assim, foram gerados mapas temáticos para as modelagens aquática e de margem, e os cenários conservacionista, desenvolvimentista e de gestão.

4.1 MODELAGEM AQUÁTICA

A partir dos pesos para cada variável e através do módulo *MCE*, foi possível a geração do mapa que apresenta as áreas de aptidão. Para uma melhor visualização e entendimento, os dados foram escalonados em cinco classes a partir da escala *Likert*, como apresentado na figura 16.

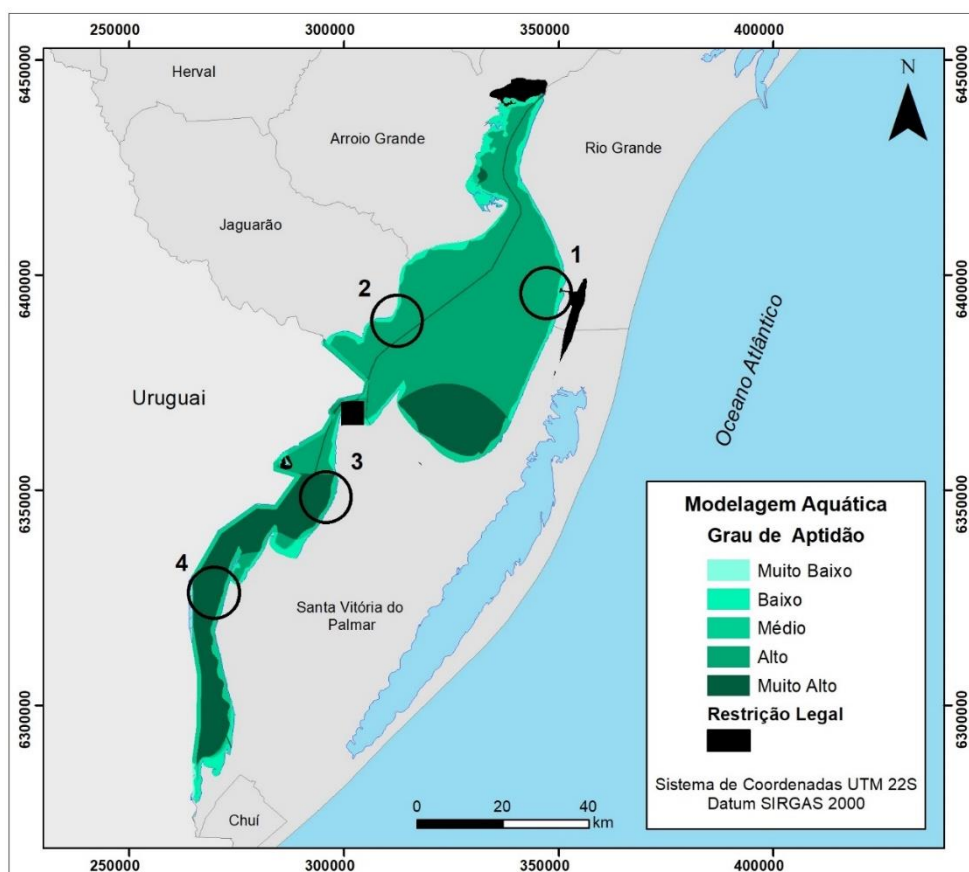


Figura 16 - Mapa resultante da modelagem aquática

O mapa resultante da modelagem aquática, baseado nas variáveis de batimetria, sistemas ambientais aquáticos e vulnerabilidade ao perigo tecnológico apresentou a maior quantidade de áreas com maior aptidão, entre “Alto” e “Muito Alto”, localizadas na margem direita e na porção sul na lagoa. Em termos de área, em hectares, cada classe de aptidão apresentou: 464 ha para “Muito Baixo”; 28162 ha para “Baixo”; 22900 ha para “Médio”; 168164 ha para “Alto”; e 80630 ha para “Muito Alto”.

Foram selecionadas regiões para um maior detalhamento. As regiões 1 e 2 apresentaram aptidão de classe “Alto” onde os valores de profundidade variaram entre 5 e 6 m, grau de vulnerabilidade ao perigo tecnológico moderado e associado ao Sistema Intermediário Aberto. Para a classe de aptidão “Baixo”, os valores de profundidade estão entre 1 e 2 m, grau de vulnerabilidade ao perigo tecnológico alto e associado ao Sistema de Baixo Aberto, definindo assim a classe associada.

A região 3 apresentou aptidão de classe “Muito Alto” onde os valores de profundidade variaram entre 5 e 6 m, grau de vulnerabilidade ao perigo tecnológico baixo e associado ao Sistema Intermediário Aberto. Para a classe de aptidão “Alto”, os valores de profundidade estão entre 4 e 5 m, grau de vulnerabilidade ao perigo tecnológico moderado e associado ao Sistema Intermediário Aberto. Para a classe de aptidão “Médio”, os valores de profundidade estão entre 1 e 2 m, grau de vulnerabilidade ao perigo tecnológico moderado e associado ao Sistema de Baixo Aberto. Para a classe de aptidão “Baixo”, os valores de profundidade estão entre 1 e 2 m, grau de vulnerabilidade ao perigo tecnológico alto e associado ao Sistema de Baixo Aberto.

A região 4 apresentou aptidão de classe “Muito Alto” onde os valores de profundidade variaram entre 4 e 6 m, grau de vulnerabilidade ao perigo tecnológico moderado e associado ao Sistema Intermediário Aberto. Para a classe de aptidão “Médio”, os valores de profundidade estão entre 1 e 2 m, grau de vulnerabilidade ao perigo tecnológico alto e associado ao Sistema de Baixo Aberto, definindo assim a classe associada.

4.2 MODELAGEM DE MARGEM – CENÁRIOS

4.2.1 CENÁRIO CONSERVACIONISTA

A partir dos pesos para cada variável e através do módulo *MCE*, foi possível a geração do mapa que apresenta as áreas de aptidão para a instalação de terminais hidroviários. Para uma melhor visualização e entendimento, os dados foram escalonados em cinco classes a partir da escala *Likert*, como apresentado na figura 17.

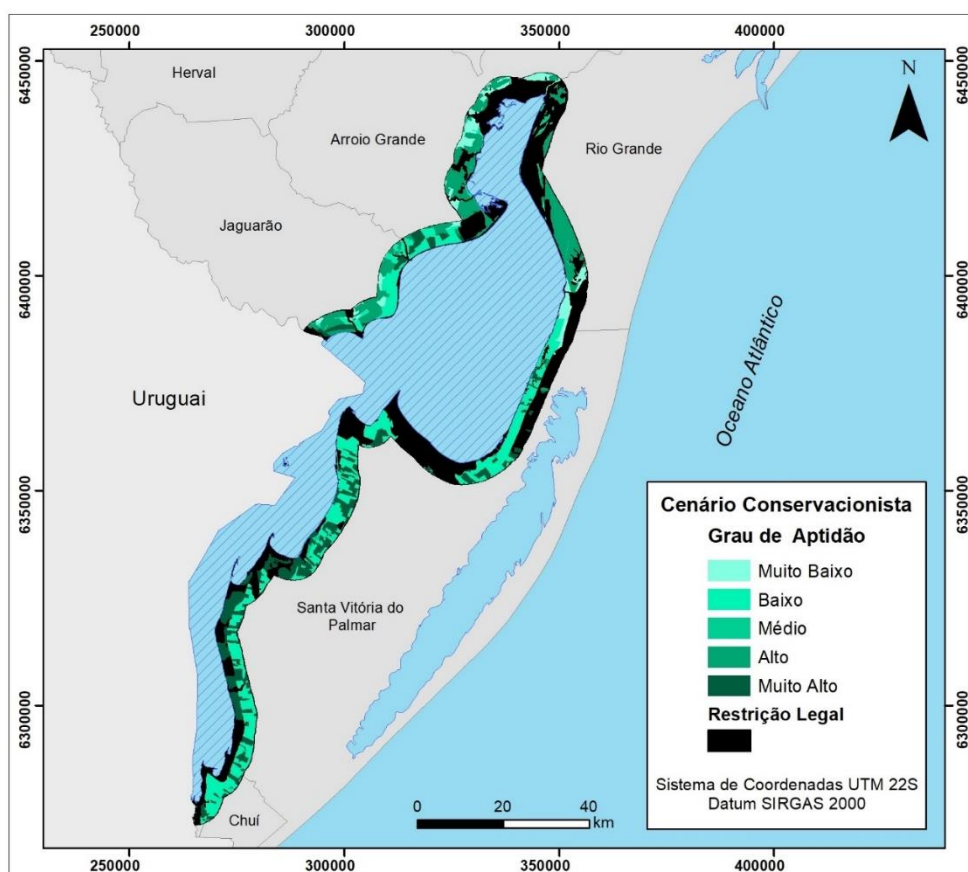


Figura 17 - Resultado da modelagem de margem para o Cenário Conservacionista

O mapa resultante da modelagem de margem para o cenário conservacionista, baseado nas variáveis de Sistemas Ambientais de Margem, Comunidades Tradicionais, Unidades de Conservação, distância de Rodovias e Distância da Orla, apresentou a maior quantidade de áreas com aptidão entre “Baixo”, “Alto” e “Muito Alto”.

A classe de aptidão “Muito Baixo” apresentou área aproximada de 8593 ha, está associada predominantemente ao Sistema Ambiental de Campos Predominantemente Associado à Pecuária, com grande parte das áreas a uma distância máxima de 15 km de comunidades tradicionais e distância máxima de 25 km de unidades de conservação. A maioria destas áreas contém rodovias ou estão muito próximas, com distância máxima de 3 km e a maioria delas fica a uma distância de no mínimo 3 km da orla lagunar, com algumas exceções que estão a 300 m da mesma.

As classe de aptidão “Baixo” e “ Médio” apresentara área aproximada, respectivamente, de 43206 e 1190 ha, estão associadas predominantemente aos Sistemas Ambientais de Campos Predominantemente Associado à Pecuária e Sistema Predominantemente Agrícola, com grande parte das áreas a uma distância máxima de 18 km de comunidades tradicionais e distância máxima de 22 km de unidades de conservação. A maioria destas áreas contém rodovias ou estão muito próximas, com distância máxima de 6 km e há um número maior de áreas próximas da orla lagunar e outras áreas estão há 2 km de distância da mesma.

A classe de aptidão “Alto” apresentou área aproximada de 27204 ha, está associada predominantemente aos Sistemas Ambientais de Campos Predominantemente Associado à Pecuária e Sistema Predominantemente Agrícola, com grande parte das áreas a uma distância máxima de 17 km de comunidades tradicionais e distância máxima de 25 km de unidades de conservação. A maioria destas áreas contém rodovias ou estão muito próximas, com distância máxima de 5 km e a maioria destas áreas estão há uma distância de no mínimo 2 km da orla lagunar.

A classe de aptidão “Muito Alto” apresentou área aproximada de 26273 ha, está associada predominantemente aos Sistemas Ambientais de Campos Predominantemente Associado à Pecuária e Sistema Predominantemente Agrícola, com grande parte das áreas a uma distância mínima de 15 km de comunidades tradicionais e distância mínima de 30 km de unidades de conservação. A maioria destas áreas contém rodovias ou estão muito próximas, com distância máxima de 6 km e estão bem distribuídas entre os 5 km de distância da orla lagunar proposta neste estudo.

4.2.2 CENÁRIO DESENVOLVIMENTISTA

A partir dos pesos para cada variável e através do módulo *MCE*, foi possível a geração do mapa que apresenta as áreas de aptidão para a instalação de terminais hidroviários. Para uma melhor visualização e entendimento, os dados foram escalonados em cinco classes a partir da escala *Likert*, como apresentado na figura 18.

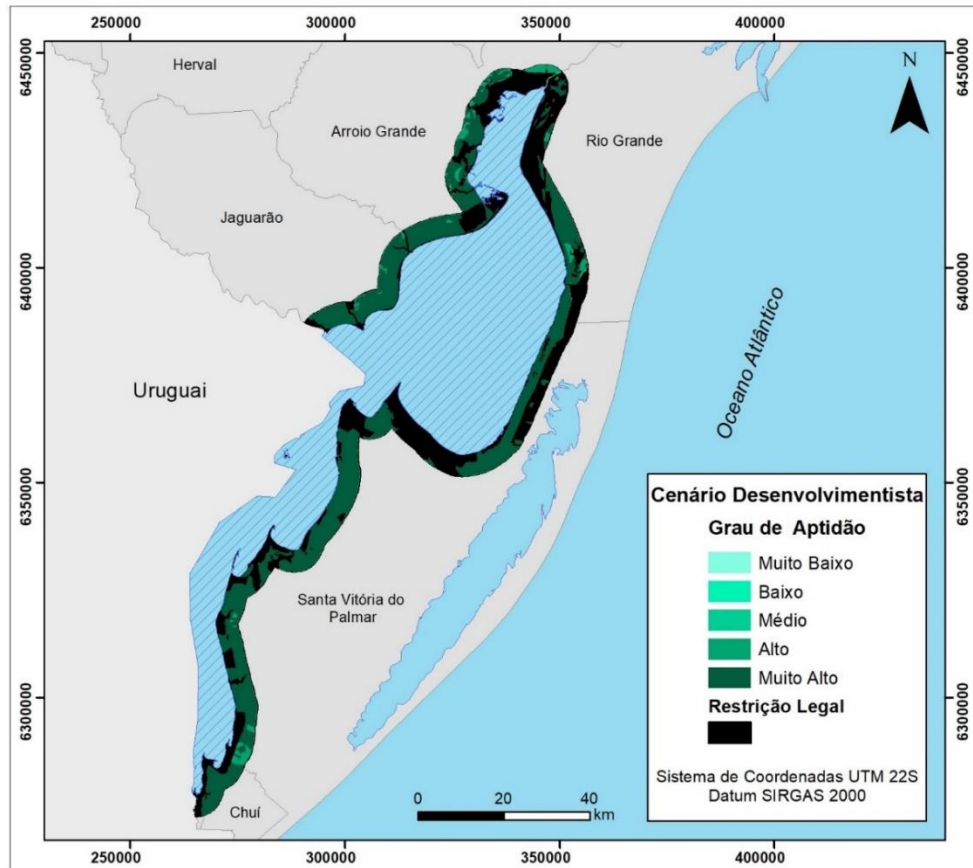


Figura 18 - Resultado da modelagem de margem para o Cenário Desenvolvimentista

O mapa resultante da modelagem de margem para o cenário desenvolvimentista, baseado nas variáveis de Sistemas Ambientais de Margem, Comunidades Tradicionais, Unidades de Conservação, distância de Rodovias e Distância da Orla, apresentou a maior quantidade de áreas com aptidão “Muito Alto”.

As classes de aptidão “Muito Baixo” e “Baixo” apresentaram área aproximada, respectivamente, de 448 e 8074 ha, estão associadas predominantemente aos Sistemas Ambientais de Campos Predominantemente Associado à Pecuária e Sistema Predominantemente Agrícola, com grande parte das áreas a uma distância máxima de 20 km de comunidades tradicionais e distância máxima de 25 km de unidades de conservação. A maioria destas áreas contém rodovias ou estão muito próximas, com distância máxima de 3 km e a maioria delas fica a uma distância mínima de 4 km da orla lagunar.

As classes de aptidão “Alto” e “Muito Alto” apresentaram área aproximada, respectivamente, de 124 e 97823 ha, estão associadas predominantemente aos Sistemas Ambientais de Campos Predominantemente Associado à Pecuária, Sistema Predominantemente Agrícola e Lântico Interior, com grande parte das áreas a uma distância mínima de 15 km de comunidades tradicionais e distância máxima de 20 km de unidades de conservação. A maioria destas áreas contém rodovias ou estão muito próximas, com distância máxima de 2 km e há um número maior de áreas que compreende a largura total de 5 km de proximidade com a orla lagunar.

4.2.3 CENÁRIO DE GESTÃO

A partir dos pesos para cada variável e através do módulo *MCE*, foi possível a geração do mapa que apresenta as áreas de aptidão para a instalação de terminais hidroviários. Para uma melhor visualização e entendimento, os dados foram escalonados em cinco classes a partir da escala *Likert*, como apresentado na figura 19.

O mapa resultante da modelagem de margem para o cenário de gestão, baseado nas variáveis de Sistemas Ambientais de Margem, Comunidades Tradicionais, Unidades de Conservação, distância de Rodovias e Distância da Orla, apresentou uma quantidade semelhante de áreas para todas as classes de aptidão, com exceção da classe “Muito Baixo”.

As classes de aptidão “Muito Baixo”, “Baixo” e “Médio” apresentaram área aproximada, respectivamente, de 120, 23353 e 28724 ha, estão associadas predominantemente aos Sistemas Ambientais de Campos Predominantemente Associado à Pecuária, Sistema

Predominantemente Agrícola e ao Sistema Viário Terrestre: Rodovias e Ferrovias, com grande parte das áreas a uma distância mínima de 10 km de comunidades tradicionais e distância mínima de 15 km de unidades de conservação. A maioria destas áreas contém rodovias ou estão muito próximas e a maioria delas fica a uma distância mínima de 2 km da orla lagunar.

As classes de aptidão “Alto” e “Muito Alto” apresentaram área aproximada, respectivamente, de 14489 e 39778 ha, estão associadas predominantemente aos Sistemas Ambientais de Campos Predominantemente Associado à Pecuária, Sistema Predominantemente Agrícola e Lântico Interior, com grande parte das áreas a uma distância mínima de 10 km de comunidades tradicionais e distância máxima de 15 km de unidades de conservação. A maioria destas áreas contém rodovias ou estão muito próximas, com distância máxima de 2 km e há um número maior de áreas que compreende a largura total de 5 km de proximidade com a orla lagunar.

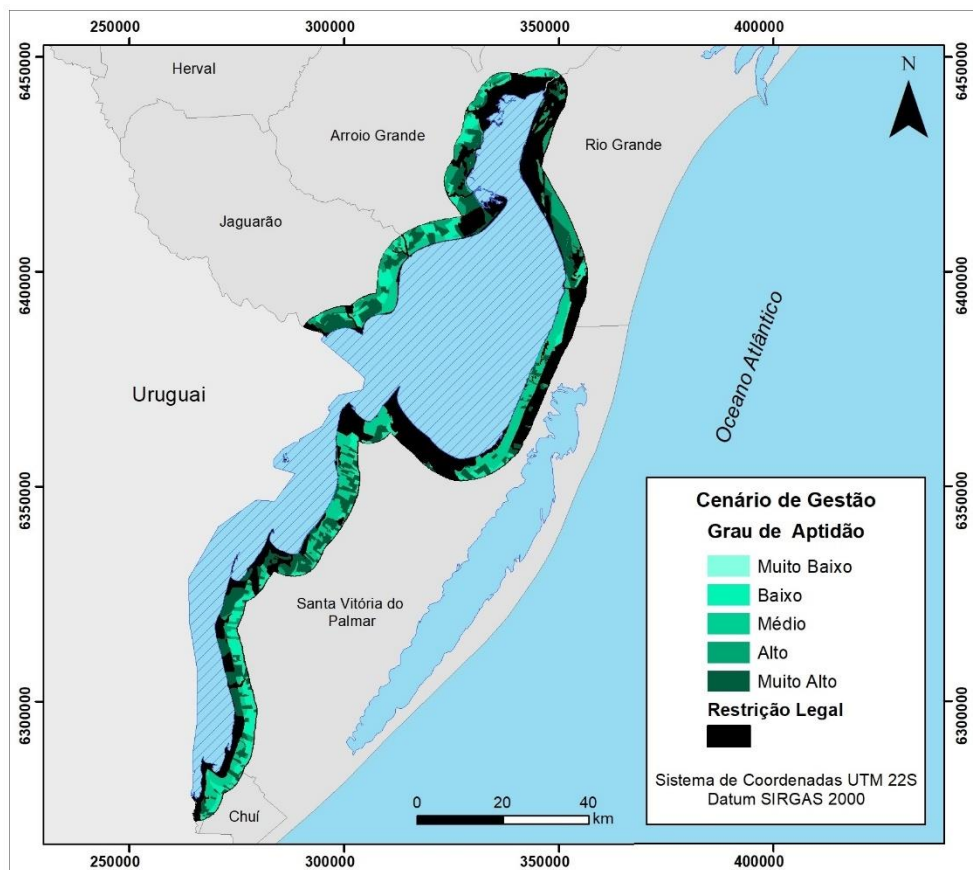


Figura 19 - Resultado da modelagem de margem para o Cenário de Gestão

4.3 SOBREPOSIÇÃO DOS CENÁRIOS

O mapa que segue (Fig. 20) contempla a sobreposição de todos os cenários gerados. Com isso, será possível realizar a comparação de classes de áreas específicas para os cenários Conservacionista, Desenvolvimentista e de Gestão, obtendo uma visão mais completa. Neste, foram destacadas quatro áreas com diferentes valores de aptidão para cada cenário.

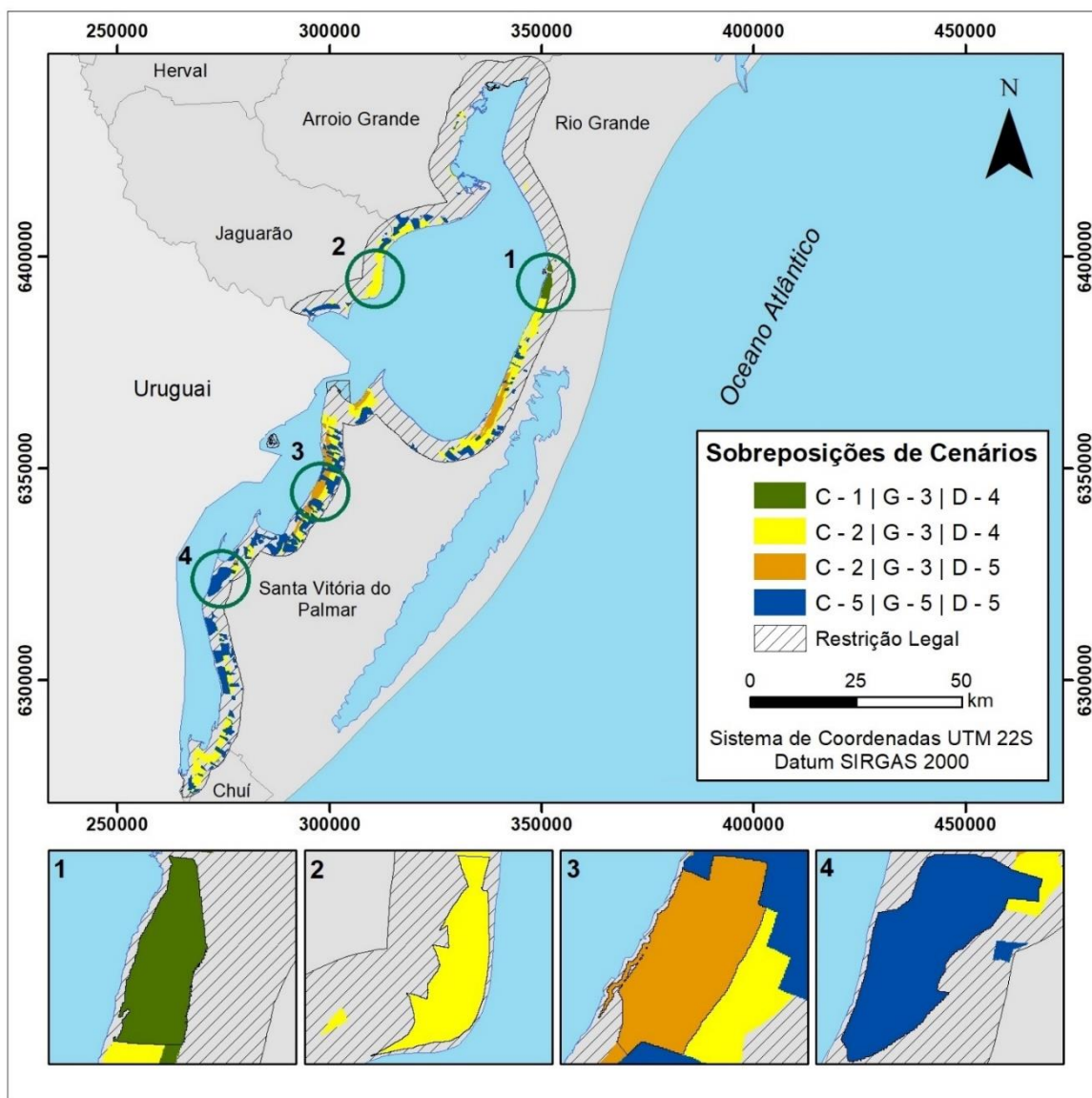


Figura 20 - Sobreposição dos cenários gerados. C = Conservacionista; G = de Gestão; D = Desenvolvimentista; 1 = Muito Baixo; 2 = Baixo; 3 = Médio; 4 = Alto; 5 = Muito Alto

ÁREA 1

Esta área possui aproximadamente 10.86 km² representados no mapa, é um exemplo com valores extremos de aptidão entre os cenários. Para os cenários: Conservacionista, apresentou o valor 1 (Muito baixo) de aptidão para a instalação de terminais hidroviários na Lagoa Mirim; de Gestão, o valor 3 (Médio); e Desenvolventista, valor 4 (Alto).

Este polígono sobrepõe a região que apresenta o sistema ambiental de campos predominantemente associados à pecuária, classe relevante para o cenário Desenvolventista. Além disso, esta área fica próxima a rodovias, cerca de 400 m e entre 300 e 2200 m de distância da orla lagunar. Estas variáveis foram as que tiveram maior relevância para este cenário.

Esta região também está próxima de comunidades tradicionais, cerca de 90 m e faz limite com a Estação Ecológica do Taim. Para o cenário conservacionista, estas variáveis são as mais relevantes, o que explica a classificação de Muito Baixo de aptidão.

ÁREA 2

Esta área possui aproximadamente 19.34 km² representados no mapa, é outro exemplo com valores extremos de aptidão entre os cenários. Para os cenários: Conservacionista, apresentou o valor 2 (Baixo) de aptidão; de Gestão, o valor 3 (Médio); e o Desenvolventista, valor 4 (Alto).

Este polígono sobrepõe a região que apresenta o sistema ambiental de campos predominantemente associados à pecuária, classe relevante para o cenário Desenvolventista. Além disso, nesta área há duas rodovias e está entre 180 e 2800 m de distância da orla lagunar. Estas variáveis foram as que tiveram maior relevância para este cenário e revela a classificação de “Alto” para o cenário. Esta região está, aproximadamente, a 30 km de comunidades tradicionais e entre 20 e 30 km de unidades de conservação. Estas informações, mais relevantes para o cenário Conservacionista, mostra o motivo pelo qual apresentou a classificação “Baixo” de aptidão.

ÁREA 3

Esta área possui aproximadamente 9.58 km² e para os cenários: Conservacionista, apresentou o valor 2 (Baixo) de aptidão; de Gestão, o valor 3 (Médio); e Desenvolvementista, valor 5 (Muito Alto).

Este polígono sobrepõe a região que apresenta o sistema ambiental de campos predominantemente associados à pecuária, classe relevante para o cenário Desenvolvementista. Além disso, nesta área há duas rodovias principais e está entre 100 e 2200 m de distância da orla lagunar, revelando a classificação de “Muito Alta” para o cenário. Esta região está, aproximadamente, a 3.5 km de comunidades tradicionais e cerca de 5 km unidades de conservação. Estas informações, mais relevantes para o cenário Conservacionista, mostra o motivo pelo qual apresentou a classificação “Baixo” de aptidão.

ÁREA 4

Esta área possui aproximadamente 20.53 km² representado no mapa, é um exemplo de área com valores máximos de aptidão para a instalação de terminais hidroviários na Lagoa Mirim, onde os três cenários apresentaram valor de classe 5 “Muito Alto”.

Sobrepõe a região que apresenta o sistema ambiental predominantemente agrícola, classe relevante para o cenário Desenvolvementista. Além disso, esta área fica próxima a rodovias, cerca de 60 m e entre 160 e 2500 m de distância da orla lagunar. Estas variáveis foram as que tiveram maior relevância para este cenário, definindo assim a classe “Muito Alto”. Esta região está a uma distância de 20 km de comunidades tradicionais e cerca de 30 km de unidades de conservação. Para o cenário conservacionista, estas variáveis são as mais relevantes, o que explica a classificação “Muito Alto” de aptidão, caracterizando uma região ótima para o estudo.

5 CONCLUSÕES

O planejamento ambiental é uma das principais etapas de instalação de empreendimentos, principalmente ao envolver corpos d'água. Nesta fase está contida informações sobre restrições, exclusões e mitigações ambientais, e, no caso de instalações de terminais hidroviários, compreende uma série de alterações na paisagem envolvendo terminais de carga e pessoas.

A ideia de propor indicadores ambientais para determinar áreas aptas para a instalação de terminais hidroviários na Lagoa Mirim foi alcançada. A utilização de modelos com base ecossistêmica como insumo para as modelagens foi eficiente na medida em que foram baseados em diversas informações e dados temáticos.

Por meio da modelagem é possível a geração de cenários que explorem o potencial de aptidão para a instalação de terminais hidroviários, podendo servir de subsídios para estudos futuros sobre o tema e, além disso, este modelo pode ser aplicado em outras áreas do território brasileiro, necessitando ajustar as variáveis julgadas importantes da região. Neste estudo foram gerados cenários sob o ponto de vista de conservação ambiental e de desenvolvimento regional.

A utilização de ferramentas de geoprocessamento mostrou-se de grande importância para o estudo, principalmente por abordar propostas de problemas complexos e sintetizar resultados para uma avaliação geral de todo o cenário, além da flexibilidade a tomada de decisão levando em conta a lógica e opiniões de especialistas. O uso de *softwares* é uma grande vantagem para a organização, processamento e padronização de informações. Através do Terrset, além de fácil utilização, foi de grande importância para o estudo na criação de cenários, de tomada de decisão e por apresentar produtos de fácil visualização e análise.

Espera-se que os resultados obtidos neste estudo possam disponibilizar uma estimativa prévia para a alocação de terminais hidroviários na região da Lagoa Mirim e que possam ser utilizados por autoridades governamentais na tomada de decisão, visando o mínimo impacto ambiental.

6 REFERÊNCIAS

ALBA, J.M.F.; GOUVÊA, T.; ZARNOT, D. Caracterização geoambiental e histórico do processo de desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim. In: ALBA, J. M. F. (Org.). **Sustentabilidade Socioambiental da Bacia da Lagoa Mirim**. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, p. 17-28, 2010.

ALFARO, F. M.; OYAGUE, P. R. **Sistema Nacional de Información Ambiental**. Lima, 1997.

ALMEIDA, A. T. **O Conhecimento e o Uso de Métodos Multicritério de Apoio a Decisão**. Editora Universitária, Recife, 2011.

ANTAQ. Estudos de macrolocalização de terminais hidroviários no Brasil. In: **Agência Nacional de Transportes Aquaviários**. Relatório de Metodologia: Plano Nacional de Integração Hidroviária: Desenvolvimento de Estudos e Análises das Hidrovias Brasileiras e suas Instalações Portuárias com Implantação de Base de Dados Georreferenciada e Sistema de Informações Geográficas. Universidade Federal de Santa Catarina. 172p, 2013.

ARRUDA, R. “Populações tradicionais” e a proteção dos recursos naturais em unidades de conservação. **Ambiente & Sociedade**, (5), 79-92. 1999.

ASMUS, M.L.; NICOLODI, J.L.; SCHERER, M.E.G.; GIANUCA, K.S.; COSTA, J.C.; ANDRADE, L.F.G.; HALLAL, G.; FERREIRA, W. L. S.; RIBEIRO, J.N.A. ; PEREIRA, C.R.; BARRETO, B.T.; TORMA, L.F.; MASCARELLO, M.A.; VILLWOCK, A. Simples para Ser Útil: Base Ecológica para a Gestão Costeira. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. v. 44, p.4-19. 2018.

AZAMBUJA, J. L. F. **Hidrovia da Lagoa Mirim: Um marco de desenvolvimento nos caminhos do Mercosul**. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia – ênfase Transportes) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 182p. 2004

BASTOS, V. E. **Uma metodologia multicritério para a localização de terminais de transporte: o caso da Hidrovia Brasil-Uruguaí**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Rio Grande RS, 104p, 2012.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Decreto 5.051. Promulga a Convenção 169 da Organização Internacional do Trabalho - OIT sobre Povos Indígenas e Tribais. Portal da Legislação, Brasília, 2004.

_____. Resolução CONAMA nº 005, de 05 de junho de 1984. Dispõe sobre a implantação de Áreas de Relevante Interesse Ecológico. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=5>>, Acesso em: 16 de abr. 2020. Brasília, 1984

_____. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei Nº 11.959. Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, regula as atividades pesqueiras. **Portal da Legislação**, Brasília, 2009.

_____. Decreto – Lei nº 92.963, de 21 de julho de 1986. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 22 de julho de 1986.

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 2015.

_____. Portaria do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA nº 167-N, de 21 de dezembro de 1998. Reconhecimento da Reserva Particular do Patrimônio Natural de Estância Santa Rita. Disponível em: <http://sistemas.icmbio.gov.br/site_media/portarias/2010/02/12/PortRPPNEst%C3%A2nciaSantaRita.pdf>, Acesso em: 13 de mar. 2020. Brasília, 1998.

CAMPÊLO, M. R.; DUHÁ, P. A. D. **Navegação: a história do transporte hidroviário interior no Rio Grande do Sul**. Centhury. Porto Alegre, RS. 2009

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Arroz - Brasil. Série histórica de: área, produtividade e produção. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>> Acesso em: 18 de mar. de 2019. 2019.

COSTA, L. S. S. **As Hidrovias Interiores no Brasil**. Serviço de Documento da Marinha, Rio de Janeiro, 1998.

DIEGUES, A. C. A sócio-antropologia das comunidades de pescadores marítimos no Brasil. **Revista Etnográfica**, n. 2, vol. 3, 361-375p. 1999.

EASTMAN, J. R. **IDRISI for Windows version 2 tutorial exercises**. Worcester, Clark University. 1997.

EASTMAN, J.R. **IDRISI Kilimanjaro: Guide to GIS and Image Processing**. Clark Laboratories, Clark University, Worcester, p. 328. 2003

FERNANDES, F.; NEVES C.; SANTOS A. B.; IGNACIO A. V. Integração Sul-Americana a partir de investimentos em Infraestrutura: Avaliação dos Benefícios Decorrentes da Ampliação da Hidrovia do Rio Madeira. XIX Copinaval - Congresso Panamericano de Ingenieria Naval, Transporte Marítimo e Ingenieria Portuária. **Anais**, Guayaquil. 2005.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. Administração da Produção e Operações, **Pioneira Thomson Learning**, São Paulo – SP. 8ª ed. 598p. 2002.

GALVÃO JR, F. A.; GUALDA, N. D.; CUNHA, C. B. An Application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) for Locating a Distribution Center. **International Symposium on the Analytic Hierarchy Process**, Bali. 2003.

GARCEZ, D. S.; BOTERO, J. I. S. Comunidades de pescadores artesanais no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Atlântica (Rio Grande)**, v. 27, n. 1, p. 17-29, 2005.

GORAYEB, A., DA SILVA, E. V., DE ANDRADE MEIRELES, A. J. Impactos ambientais e propostas de manejo sustentável para a planície flúvio-marinha do Rio Pacoti-Fortaleza/Ceará. **Sociedade & Natureza**, v. 17, n. 33. 2005.

GOULART, F. F.; SAITO, C. H. Modelagem dos impactos ecológicos do projeto hidroviário da lagoa mirim (Brasil-Uruguai), baseada em raciocínio qualitativo. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, Itajaí, SC. v. 16, p. 19-31. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil. Rio de Janeiro: Diretoria de Geociências - IBGE, 2011, 176 p.

_____. Arranjos Populacionais e Concentrações Urbanas do Brasil. 2ª ed. Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv99700.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2020. 2016

_____. Estatística da Produção Agrícola 2017. Acesso em, 21 dez de 2018. 2017.

IUCN – International Union for Conservation of Nature. Guidelines for protected areas: management categories. Gland: International Union for Conservation of Nature – IUCN, World Conservation Monitoring Centre – WCMC, 1994.

JUNK, W.J.; PIEDADE, M.T.F.; LOURIVAL, R.; WITTMANN, F.; KANDUS, P.; LACERDA, L.D.; BOZELLI, R.L.; ESTEVES, F.A.; CUNHA, C.N.; MALTCHIK, L.; SCHONGART, J.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; AGOSTINHO, A.A. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification, for research, sustainable management, and protection. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems. Aquatic Conservation, v.24, p. 5-22, fev. 2014.

KATINSKY, M. Fuzzy set modelling in Geographical Information Systems. Dissertação (Mestrado), University of Wisconsin. Madison, USA. 1994.

KHURE, W. L. **Environmental performance evaluation EPE**. New Jersey, Prentice Hall PTR. 1998.

LOGIT E GISTRAN. Ministério dos Transportes. Projeto de Reavaliação de Estimativas e Metas do PNLT: relatório final. Brasília, DF. Disponível em: <<http://transportes.gov.br/images/2014/11/PNLT/2011.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2015. 2012.

MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT - MEA. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington. Disponível em <<http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>>. Acesso em: jan 2019. 2005

MEDEIROS, R.; GARAY, I. Singularidades do Sistema de Áreas Protegidas para Conservação e Uso da Biodiversidade Brasileira. **Editora Vozes**, 160p. 2006.

MEIRELLES, M.S.P. **Análise integrada do ambiente através de Geoprocessamento – uma proposta metodológica para elaboração de zoneamentos**. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 191p, 1997.

MENEGHETI, J. O. Necesidade de conservar los sitios de descanso y alimentación en las rutas de migración de aves acuáticas del cono sur de América. **BOTIC@ Boletín Trimestral de Información del CERNAR**. Año 5, 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Avaliação e Ações Prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos. **Instituto Estadual de Florestas- MG**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/SBF, 2000. 40p. 2000.

_____. Caderno setorial de recursos hídricos: transporte hidroviário. **Secretaria de Recursos Hídricos**. Brasília, DF. 121p. 2006.

_____. Macrodiagnóstico da Zona Costeira: Potencial de Risco Tecnológico. 149-153p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80033/Macrodiagnostico-capitulos/xpre9.SPMacrodiagGestCosteira_p213-224.pdf>. Acesso em: 04 de abr. 2019. 2008.

MOLAK, V. Fundamentals of risk analysis and risk management. **Lewis Publishers**, CRC Press, Inc. 1997.

MOREIRA, M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. 3ª edição. **Editora UFV**. 320p. 2005.

MUNDA, G. *Social Multi-criteria evaluation for a sustainable economy*, **Springer-Verlag**, Berlin Heidelberg, 2008.

OLIVEIRA, A. D. O. D. Subsídios para o planejamento do balneário do Mar Grosso, São José do Norte, RS: avaliação de aspectos geomorfológicos e morfodinâmicos com auxílio

de geotecnologias. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Física, Química e Geológica) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS. 157p. 2005.

OLIVEIRA, G. M. D.; SILVA, A. N. R. D. Desafios e perspectivas para avaliação e melhoria da mobilidade urbana sustentável: um estudo comparativo de municípios brasileiros. **Transportes**, v. 23, n. 1, p. 59-68, 2015.

OLIVEIRA, H. A.; FERNANDES, E. H. L.; MÖLLER JR. O. O.; COLLARES G. L. Processos Hidrológicos e Hidrodinâmicos da Lagoa Mirim. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 1, p. 34-45, 2015.

OWEN, S. H.; DASKIN, M. S. Strategic facility location: A review. **European Journal of Operational Research**, 111(3), 423-447. 1998.

PERUCCHI, L. C. Cartilha do pescador artesanal: etnoecologia, direitos e territórios na Bacia do Rio Tramandaí. Maquiné. **Via Sapiens**, 88 p, 2015.

PIEDRAS, S. R. N.; SANTOS, J. D.; FERNANDES, J. M.; TAVARES, R. A.; SOUZA, D. M.; POUEY, J. L. O. F. Caracterização da atividade pesqueira na Lagoa Mirim, Rio Grande do Sul -Brasil. *Revista Brasileira de Agrociência*, 18(2-4): 107-116. 2012.

PIEVE, S. M. N. **Dinâmica do conhecimento ecológico local, etnoecologia e aspectos da resiliência dos pescadores artesanais da Lagoa Mirim – RS**, Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural, Porto Alegre, 195f. 2009.

PINTO, A. S., DE LIMA, M. L. P., BASTOS, V. E. Análise Locacional de Terminais Hidroviários utilizando o método o SMARTER: O Caso da Hidrovia Brasil-Uruguai. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, 10, 156-185. 2017.

PISSINELLI, G. **Decisão multicritério aplicada à análise para localização de terminal intermodal**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção e de Manufatura) - Universidade Estadual de Campinas, Limeira, SP, 94p, 2016.

PLANO HIDROGRÁFICO ESTRATÉGICO - PHE/MT. Relatório de Diagnóstico e Avaliação. Ministério dos Transportes. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/plano-hidroviário-estratégico.html>>. Acesso em: outubro de 2019. 2013.

POSSANTTI, I. B.; SILVA, T. S. Desenvolvimento de um Modelo de Exposição ao Risco Tecnológico da Infraestrutura de Transportes Associados aos Exutórios das Bacias dos rios formadores do Lago Guaíba. In: X Encontro Nacional de Gerenciamento Costeiro 2017, Rio Grande. **Anais de Resumos do X Encontro Nacional de Gerenciamento Costeiro**. 2017.

PRESTES, L. D.; RIBEIRO, J. N do A.; ASMUS, M. L.; SILVA, T. da S. Integrando informações sobre vulnerabilidade ambiental e serviços ecossistêmicos como suporte a gestão territorial. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física e Aplicada, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. **Anais**. 2019. No prelo.

POMPERMAYER, R.S. **Aplicação da Análise Multicritério em Gestão de Recursos Hídricos: Simulação para as Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 137p, 2003.

REGRA, A.P.M.; DUARTE, C.G.; MALHEIROS, T.F. Uma análise do Projeto “Cenários Ambientais 2020” proposto pela Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 30, p. 89-98, dez. 2013.

REZENDE, J. H. **Um estudo sobre a gestão de resíduos e efluentes em marinas, terminais hidroviários de passageiros e embarcações de turismo e lazer no Reservatório de Bariri/Hidrovia Tietê-Paraná**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Naval) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 143p, 2003.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Infraestrutura e Logística. Plano Estadual de Logística de Transportes do Estado do Rio Grande do Sul: PELT-RS – 2012-2037. Termo de Referência. Porto Alegre, RS. 2015.

_____. Plano Estadual de Logística e Transporte do Rio Grande do Sul (PELT-RS) – base vetorial em formato *shapefile*. Porto Alegre, 2016.

RIBEIRO, J.N. do A. **Aplicação de modelos ecossistêmicos em sistemas de lagoas costeiras como suporte à Gestão**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 213p, 2017.

RIBEIRO, J. N. A.; SILVA, T. S.; ASMUS, M. L.; MULLER, J. A.; YAMAZAKI, P. H. Modelo 'InVEST' como subsídio à compatibilização de usos em ambientes aquáticos costeiros. In: X Encontro Nacional de Gerenciamento Costeiro - ENCOGERCO, 2017, Rio Grande, RS. **Anais de resumos do X Encontro Nacional de Gerenciamento Costeiro**. Florianópolis, p. 136-137. 2017.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto nº 23.798, de 12 de março de 1975. Cria Parques Estaduais e Reservas Biológicas, e dá outras providências. Porto Alegre: Governo do Estado do RS, 1975

SAATY, T. L. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15, 234-281. 1977.

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

SCHMOLDT, D.; KANGAS, J.; MENDOZA, G.; PESONEN, M. *The Analytic Hierarchy Process in Natural Resource and Environmental Decision Making, Managing Forest Ecosystems*, Dordrecht, Boston, London: **Kluwer Academic Publishers**, 3. 2001.

SECRETARIA DE COORDENAÇÃO E PLANEJAMENTO – SEPLAN. Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul – infraestrutura: hidrovias e portos. Disponível em: <<https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/hidrovias-portos-e-aeroportos>>. Acesso em: out de 2018. 2016.

SECRETARIA DO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - SEMA. **Diretrizes ambientais para restauração e matas ciliares**. Departamento de Florestas e Áreas Protegidas. Porto Alegre: SEMA, 2007. 33p.

_____. Porto Alegre: Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/sema/jsp/rhcommrim.jsp>>. Acesso em: 23 fev. 2019. 2006.

_____. Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: SEMA. Base de dados. Escala 1:25.000. 2016.

_____. Zoneamento Ecológico-Econômico do Rio Grande do Sul (ZEE-RS). Porto Alegre: Governo do Estado do Rio Grande do Sul. 679p. 2019.

SILVA, E. O. **Aplicação do Geoprocessamento na Implantação e na Operação de Hidrovias**. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Transportes) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro. 206p, 2006.

SILVA, F. S.; SELMITTO M. A. Sistema hidroviário e portuário do Rio Grande do Sul: visão geral e contextual da infra-estrutura - **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 9 n. 12: p. 55-65, 2008.

TAGLIANI, C.R.A. **A mineração na porção média da Planície Costeira do Rio Grande do Sul: estratégia para a gestão sob um enfoque de Gerenciamento Costeiro Integrado**. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 252p, 2002.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS. Estudo para Avaliação e Gerenciamento da Disponibilidade Hídrica da Bacia da Lagoa Mirim. Porto Alegre: UFRGS Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), 1998.

VALÉRIO FILHO, M.; ARAÚJO JUNIOR, G. J. L. Técnicas de Geoprocessamento e Modelagem Aplicadas no Monitoramento de Áreas Submetidas aos Processos Erosão do Solo. **Anais do 5º Simpósio Nacional de Controle de Erosão**. Bauru, SP, p. 279-282. 1995.

VIEIRA, E. F.; RANGEL, S. R. S. Geografia Econômica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. **Sagra-luzzatto**, 1993.

_____. Planície Costeira do Rio Grande do Sul: Geografia física, vegetação e dinâmica sócio-demográfica. **Sagra**. Porto Alegre, RS. 256p. 1988.

WEISS, C.V.C. **Análise locacional e estimativa da capacidade de suporte para a expansão sustentável da energia eólica na zona costeira do extremo sul do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento Costeiro) Universidade Federal do Rio Grande – FURG. Rio Grande, RS. 2014.

XAVIER-DA-SILVA, J.; CARVALHO FILHO, L.M. Sistemas de Informação Geográfica: uma proposta metodológica. **Anais da IV Conferência Latino-Americana sobre Sistemas de Informação Geográfica e II Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento**. São Paulo, SP. p. 609-628. 1993.

ZAMBON, K. L.; CARNEIRO, A. A. D. F. M.; SILVA, A. N. R. D.; & NEGRI, J. C. Análise de decisão multicritério na localização de usinas termoeletricas utilizando SIG. **Pesquisa Operacional**, 25(2), 183-199. 2005.