

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

DANIELA FORGIARINI DA SILVA

RELAÇÃO ENTRE O SERVIÇO DE PROTEÇÃO COSTEIRA E O VALOR DE
MERCADO DO IMÓVEL DO LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL (RS)

PORTO ALEGRE

2023

DANIELA FORGIARINI DA SILVA

RELAÇÃO ENTRE O SERVIÇO DE PROTEÇÃO COSTEIRA E O VALOR DE
MERCADO DO IMÓVEL DO LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL (RS)

Dissertação de mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Sensoriamento Remoto como requisito parcial
para a obtenção do título de mestre em
Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento.

Orientador(a): Prof.^a Dr.^a Tatiana Silva da Silva
Co-orientador(a): Prof.^a Dr.^a Luciana Slomp Esteves

PORTO ALEGRE

2023

CIP - Catalogação na Publicação

Da Silva, Daniela Forgiarini
RELAÇÃO ENTRE O SERVIÇO DE PROTEÇÃO COSTEIRA E O
VALOR DE MERCADO DO IMÓVEL DO LITORAL NORTE DO RIO
GRANDE DO SUL (RS) / Daniela Forgiarini Da Silva. --
2023.

124 f.

Orientadora: Tatiana Silva Da Silva.

Coorientadora: Luciana Slomp Esteves.

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, 2023.

1. Serviços Ecossistêmicos. 2. Valoração Ambiental.
3. Erosão Costeira. 4. Web Scraping. 5. Regressão
Geograficamente Ponderada. I. Da Silva, Tatiana Silva,
orient. II. Esteves, Luciana Slomp, coorient. III.
Título.

ATA AUTENTICADA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia

Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto
SENSORIAMENTO REMOTO - Mestrado Acadêmico
Ata de defesa de Dissertação

Aluno: Daniela Forgiarini da Silva, com ingresso em 28/02/2020

Título: Relação entre o serviço ecossistêmico de proteção costeira e o valor de mercado do imóvel no litoral norte do Rio Grande do Sul, RS

Data: 19/04/2023

Horário: 10:00

Local: LabModel-RAZ - IGEO

Banca Examinadora	Avaliação	Origem
Fernando Comerlato Scottá	Aprovado	Externo
Marcos Wellausen Dias de Freitas	Aprovado	UFRGS
Vinicius Halmenschlager	Aprovado	UFRGS

Avaliação Geral da Banca: Aprovado

Data da homologação:

Porto Alegre, 14 de junho de 2023

Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto
Av. Bento Gonçalves, 9500 Prédio 44202 Setor 5 - Bairro Agronomia - Telefone 3308-6221
Porto Alegre - RS

Documento gerado sob autenticação nº QLJ.741.300.16Q
Pode ser autenticado, na Internet, pela URL <http://www.ufrgs.br/autenticacao>,
tendo validade sem carimbo e assinatura.

Dedico este trabalho ao meu pai por acreditar em mim, e a minha mãe por sempre estar ao meu lado, auxiliando-me e ajudando. Não teria chegado aqui se não fossem vocês.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a minha mãe que esteve ao meu lado nos bons e ruins momentos, onde é meu maior exemplo, que nada vem de graça, somente com estudo e dedicação você consegue. Ao meu pai por acreditar em mim, e mostrar-me o quanto sou capaz, pai não importa o tempo que leve vou conseguir tudo que quero, realmente você estava certo sou muito mais forte do que pensava, você sempre vai estar nos meus pensamentos independente de onde esteja.

A minha orientadora magnânima Tatiana que me auxiliou nesta jornada, com sugestões, conselhos profissionais e pessoais, de fato aguentou uma ariana, com ascendente em áries e lua em escorpião, é muito crazy mesmo... Tati o mundo é dos arianos... nós te amamos, quando nada dá certo a culpa vai ser sempre do mercúrio retrógrado. Obrigada por tudo, você tem um enorme coração.

A minha co-orientadora Luciana, pois não nos conhecemos pessoalmente, até o final desta escrita, mas suas correções, ideias, sugestões acrescentaram este trabalho e minha vida profissional, muito obrigada.

Aos meus colegas do Labmodel, que se transformaram em amigos, agradeço de coração por fazerem parte da minha trajetória, nos meus momentos de surto quando não sabia o que fazer... obrigada Nunes, Jú, Laurinha, Zé, André, Gi e Vladi.

Por fim, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS pelo ensino gratuito de qualidade, em tempo de incerteza. Aos professores do Programa de Pós Graduação em Sensoriamento Remoto - PPGSR, desta instituição, que em meio a uma pandemia foram dedicados, atenciosos e souberam passar conhecimento em meio ao caos, meu respeito e admiração.

RESUMO

A erosão costeira é um problema mundial, que acarreta em perdas de serviços ecossistêmicos, como o de proteção costeira. Este estudo avaliou se a perda do serviço ecossistêmico de proteção costeira afeta o valor de mercado dos imóveis do Litoral Norte do Rio Grande do Sul (RS). A estrutura metodológica foi dividida em três seções: a) identificação da oferta do serviço ecossistêmico de proteção costeira, através do modelo *Coastal Vulnerability - InVEST*; b) coleta dos dados de valor de mercado dos imóveis por m², através da ferramenta *Web Scraping*; c) análise espacial dados obtidos na fase a e b, utilizando o modelo de regressão de mínimos quadrados ordinários (RMQO) - modelo global, e a regressão geograficamente ponderada (RGP) - modelo local, descrito por Brunson *et al.* (1996). Para verificar a autocorrelação nos dois modelos, foi utilizado o índice de Moran sobre os resíduos. Devido aos resultados apresentados de autocorrelação do modelo RMQO, houve a necessidade de utilizar outro modelo para explicar a relação das variáveis, no caso o modelo RGP. Com isto, a RGP obteve um R² de 44,33%. Os outros resultados do modelo RGP mostraram que há uma relação inversa entre as variáveis valor de mercado dos imóveis por m² e a exposição costeira. Porém, entre os limites políticos dos municípios de Xangri-Lá e Capão da Canoa há uma relação positiva entre as variáveis. E também, há uma dependência espacial sobre os valores dos imóveis por m². Desta forma, a variável serviço ecossistêmico de proteção costeira é importante na constituição do valor do m² do imóvel, mas a dependência espacial é um fator determinante na relação, podendo levar a modelos tendenciosos. Exemplo disto, foram os resultados entre os limites políticos dos municípios de Xangri-Lá e Capão da Canoa. Para este caso, o valor do m² criou um valor artificializado, porque ficou mais associado à infraestrutura construída do que ao natural, que é a praia. Além disso, o estudo mostrou que outros instrumentos podem ser utilizados para obtenção da valoração do serviço ecossistêmico de proteção costeira, em vez da largura de praia.

Palavras-chave: Serviços Ecossistêmicos.Valoração Ambiental.Erosão Costeira.

ABSTRACT

Coastal erosion is a worldwide problem, which leads to losses of ecosystem services, such as coastal protection. This study assessed whether the loss of the coastal protection ecosystem service affects the market value of the real estate on the Northern Coast of Rio Grande do Sul (RS). The methodological structure was divided into three sections: a) identification of the supply of the coastal protection ecosystem service, through the Coastal Vulnerability - InVEST model; b) collection of the property market value data per m², through the Web Scraping tool; c) spatial analysis of the data obtained in phase *a* and *b*, using the ordinary least squares regression model (OLS) - global model, and the geographically weighted regression (GWR) - local model, described by Brunson *et al.* (1996). The Moran index on the residuals was used to verify autocorrelation in the two models. Due to the presented results of autocorrelation of the OLS model, there was the need to use another model to explain the relationship of the variables, in this case, the GWR model. With this, GWR obtained an R² of 44.33%. The other results of the GWR model showed that there is an inverse relationship between the variables property market value per m² and coastal exposure. However, between the political boundaries of the municipalities of Xangri-Lá and Capão da Canoa, there is a positive relationship between the variables. And also, there is a spatial dependence on the property values per m². In this way, the variable coastal protection ecosystem service is important in the constitution of the value of the m² of the property, but spatial dependence is a determining factor in the relationship, which can lead to biased models. An example of this was the results between the political boundaries of the Xangri-Lá and Capão da Canoa municipalities. For this case, the value of the m² created an artificialized value, because it became more associated with the built infrastructure than with the natural one, which is the beach. Furthermore, the study showed that other instruments can be used to obtain the valuation of the ecosystem service of coastal protection instead of beach width.

Keywords: Ecosystem Services. Environmental Valuation. Coastal Erosion.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Hierarquia da CICES - Classificação.....	27
Figura 2: Quadro ilustrativo das abordagens para estimativa dos valores da natureza.....	30
Figura 3: Matriz de pesos geograficamente.....	41
Figura 4: Fluxograma da Estrutura Metodológica.....	43
Figura 5: Mapa temático da área de estudo.....	44
Figura 6: Fluxograma da metodologia da identificação da oferta e risco do serviço ecossistêmico de proteção costeira.....	46
Figura 7: Fluxograma do processo de <i>Web Scraping</i> , localização e formatar espacialmente.....	49
Figura 8: Mapa temático do valor do imóvel por m ² e de exposição relativa do Litoral Norte (RS).....	50
Figura 9: Fluxograma do processo utilizado na análise estatística.....	52
Figura 10: Fluxograma da distribuição da ordem dos grupos de resultados.....	52
Figura 11: Mapa temático da Exposição Costeira Relativa à Risco de Erosão e Inundação do Litoral Norte (RS).....	54
Figura 12: Histograma dos valores dos imóveis m ² dos municípios (RS).....	57
Figura 13: Mapa temático do valor do m ² vs Exposição Costeira - Tramandaí (RS).....	59
Figura 14: Mapa temático do valor do m ² vs Exposição Costeira - Xangri-Lá (RS).....	60
Figura 15: Mapa temático da densidade de <i>kernel</i> dos valores por m ² dos imóveis nos municípios de Tramandaí e Xangri-Lá (RS).....	61
Figura 16: Mapa temático da distribuição dos resíduos do modelo RMQO no Litoral Norte (RS).....	66
Figura 17: Mapa temático da distribuição espacial dos resíduos do modelo RGP no Litoral Norte (RS).....	70
Figura 18: Mapa temático do Coeficiente β_1 - RGP.....	72
Figura 19: Mapa temático do Coeficiente β_1 entre os municípios de Terra de Areia e Arroio do Sal, e Osório e Xangri-Lá.....	74

Figura 20: Mapa de Exposição Relativa de Risco de Erosão e Inundação dos municípios Cidreira e Imbé.....	91
Figura 21: Mapa de Exposição Relativa de Risco de Erosão e Inundação do município de Osório e Capão da Canoa.....	92
Figura 22: Mapa de Exposição Relativa de Risco de Erosão e Inundação do município Terra de Areia e Arroio do Sal.....	93
Figura 23: Mapa de Exposição Relativa de Risco de Erosão e Inundação do município Torres.....	94
Figura 24: Mapa temático do valor do m ² vs Exposição Costeira - Balneário Pinhal.....	95
Figura 25: Mapa temático do valor do m ² vs Exposição Costeira - Cidreira.....	96
Figura 26: Mapa temático do valor do m ² vs Exposição Costeira - Imbé.....	97
Figura 27: Mapa temático do valor do m ² vs Exposição Costeira - Osório.....	98
Figura 28: Mapa temático do valor do m ² vs Exposição Costeira - Capão da Canoa.....	99
Figura 29: Mapa temático do valor do m ² vs Exposição Costeira - Terra de Areia.....	100
Figura 30: Mapa temático do valor do m ² vs Exposição Costeira - Arroio do Sal.....	101
Figura 31: Mapa temático do valor do m ² vs Exposição Costeira - Torres.....	102
Figura 32: Mapa temático da densidade de <i>kernel</i> dos valores por m ² dos imóveis nos municípios de Balneário Pinhal e Cidreira (RS).....	103
Figura 33: Mapa temático da densidade de <i>kernel</i> dos valores por m ² dos imóveis nos municípios de Imbé e Osório (RS).....	104
Figura 34: Mapa temático da densidade de <i>kernel</i> dos valores por m ² dos imóveis nos municípios de Capão da Canoa e Terra de Areia (RS).....	105
Figura 35: Mapa temático da densidade de <i>kernel</i> dos valores por m ² dos imóveis nos municípios de Arroio do Sal e Torres (RS).....	106
Figura 36: Mapa temático dos Resíduos dos municípios de Balneário Pinhal e Cidreira.....	108
Figura 37: Mapa temático dos Resíduos dos municípios de Tramandaí e Imbé.....	109
Figura 38: Mapa temático dos Resíduos dos municípios de Osório e Xangri-Lá.....	110
Figura 39: Mapa temático dos Resíduos dos municípios de Capão da Canoa e Terra de Areia.....	111
Figura 40: Mapa temático dos Resíduos dos municípios de Arroio do Sal e Torres.....	112

Figura 41: Mapa temático da distribuição do Coeficiente β_1 dos municípios de Balneário Pinhal e Cidreira.....	116
Figura 42: Mapa temático da distribuição do Coeficiente β_1 dos municípios de Tramandaí e Imbé.....	117
Figura 43: Mapa temático da distribuição do Coeficiente β_1 dos municípios de Osório e Xangri-Lá.....	118
Figura 44: Mapa temático da distribuição do Coeficiente β_1 dos municípios de Capão da Canoa e Terra de Areia.....	119
Figura 45: Mapa temático da distribuição do Coeficiente β_1 dos municípios de Arroio do Sal e Torres.....	120
Figura 46: Mapa temático do Coeficiente β_1 do limite político entre os municípios de Balneário Pinhal e Cidreira, e entre Cidreira e Tramandaí.....	121
Figura 47: Mapa temático do Coeficiente β_1 do limite político entre os municípios de Tramandaí e Imbé, e entre Imbé e Osório.....	122
Figura 48: Mapa temático do Coeficiente β_1 do limite político entre os municípios de Capão da Canoa e Terra de Areia, e entre Arroio do Sal e Torres.....	123
Gráfico 1: Histograma dos valores dos imóveis em m ² do Litoral Norte (RS).....	57
Gráfico 2: Diagrama de dispersão do valor dos imóveis e distância à linha de costa.....	62
Gráfico 3: Diagrama de dispersão dos valores estimados vs exposição costeira do modelo RMQO no Litoral Norte (RS).....	63
Gráfico 4: Histograma da distribuição do R ² do modelo RGP no Litoral Norte (RS)..	68
Gráfico 5: Histograma da distribuição dos resíduos do modelo RGP no Litoral Norte (RS).....	69
Gráfico 6: Histograma do Coeficiente β_1 do modelo RGP.....	71
Gráfico 7: Histograma da distribuição dos resíduos de cada município do Litoral Norte (RS).....	107
Gráfico 8: Histograma da distribuição do R ² de cada município do Litoral Norte (RS).....	114
Gráfico 9: Histograma da distribuição do Coeficiente β_1 de cada município do Litoral Norte (RS).....	115

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Revisão dos índices de vulnerabilidade costeiras.....	23
Quadro 2: Quadro dos Métodos de Valoração e relação com os tipos de valores....	29
Quadro 3: Definições de valoração ambiental.....	30
Quadro 4: Terminologias para as variáveis y e x	38
Quadro 5: Dados da população fixa do Litoral Norte (RS).....	45
Quadro 6: Classificação das variáveis biogeofísicas do modelo proposto baseado na classificação <i>Coastal Vulnerability Model – InVEST</i>	47
Quadro 7: Dados de entrada do <i>Coastal Vulnerability Model – InVEST</i>	47
Quadro 8: Configuração usada para o modelo RGP.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados individuais dos municípios do Litoral Norte (RS) sobre o risco de exposição relativa à erosão e inundação.....	53
Tabela 2: Distribuição do sumário do valor do imóvel por m ² (em US \$) - municípios do Litoral Norte (RS).....	56
Tabela 3: Distribuição do sumário dos valores de exposição costeira para cada município do Litoral Norte - RS.....	58
Tabela 4: Sumário dos resultados dos Mínimos Quadrados Ordinários - Variável do Modelo.....	63
Tabela 5: Diagnóstico dos Mínimos Quadrados Ordinários.....	64
Tabela 6: Sumário do Índice Global de Moran dos modelos RMQO.....	65
Tabela 7: Sumário dos resultados do modelo RGP.....	68
Tabela 8: Sumário do Índice Global de Moran dos modelos RGP.....	69
Tabela 9: Distribuição do sumário do Resíduos do modelo RGP.....	69
Tabela 10: Distribuição do sumário do Coeficiente β_1 do modelo RGP.....	71
Tabela 11: Distribuição do sumário do Coeficiente β_1 do modelo RGP para cada município.....	73
Tabela 12: Distribuição do sumário do Resíduos do modelo RGP para cada município do Litoral Norte - RS.....	106
Tabela 13: Distribuição do sumário do R ² Local do modelo RGP - Pontos (municípios).....	113

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEA	Agência Europeia do Ambiente
AICc	Critério de Informação de Akaike corrigido
ANA	Agência Nacional de Águas
CCVI	Índice de Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas
CE	Ceará
CICES	Classificação Internacional Comum de Serviços Ecosistêmicos
Climate-ADAPT	Plataforma Europeia para a Adaptação Climática
CSI	Índice de sensibilidade costeira
ESVD	Banco de Dados de Valores de Serviços Ecosistêmicos
FEPAM/RS	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz
Roessler	
FEGS-CS	Sistema de Classificação de Bens e Serviços do Ecossistema
Final	
FVI	Índice de vulnerabilidade a inundações
GERCO/RS	Programa de Gerenciamento Costeiro do Rio Grande do Sul
GWR	<i>Geographically Weighted Regression</i>
HTML	<i>Hyper Text Markup Language</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
InVEST	<i>Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs</i>
IPBES	Plataforma Intergovernamental de Políticas Científicas sobre
Biodiversidade, Serviços Ecosistêmicos	
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
MEA	Avaliação do Ecossistema do Milênio
MVC	Método de Valoração Contingente
NA	Não aplicável
NatCap	Projeto de Capital Natural
NCC	Coalizão de Capital Natural
NE	Nordeste

N	Norte
ONGs	Organizações Não-Governamentais
OLS	<i>Ordinary Least Squares</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PSA	Pagamento por Serviços Ambientais
RGP	Regressão Geograficamente Ponderada
RMQO	Regressão de Mínimos Quadrados Ordinários
RJ	Rio de Janeiro
RS	Rio Grande do Sul
SC	Santa Catarina
TEEB	A Economia de Ecossistemas e Biodiversidade
VE	Valor de existência
VERA	Valor econômico do recurso ambiental
VO	Valor de opção
VU	Valor de uso
VUD	Valor de uso direto
VUI	Valor de uso indireto
WAVES	Contabilidade de Riqueza e Avaliação de Serviços de Ecossistemas
XML	<i>Extensible Markup Language</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

a.C.	Antes de Cristo
€	Euro
hab	habitantes
km	Quilômetros
km ²	Quilômetros quadrados
m	metros
m ²	metros quadrados
US\$	Dólar

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 Contextualização e Justificativa.....	17
2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	19
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
3.1 Zona Costeira.....	20
3.2 Vulnerabilidade Costeira.....	22
3.4 Serviços Ambientais.....	26
3.5 Valoração Ambiental.....	28
3.5.1 Exemplos de iniciativas, projetos e estudos sobre valoração ambiental.....	31
3.6 Visão geral sobre os métodos utilizados.....	34
3.6.1 <i>Coastal Vulnerability Model - InVEST</i>	34
3.6.2 <i>Web Scraping</i>	36
3.6.3 Regressão Clássica e Espacial.....	37
3.6.3.1 Contribuição da regressão espacial para o valor de mercado dos imóveis.....	42
4 METODOLOGIA.....	42
4.1 Área de estudo.....	43
4.2 Estrutura metodológica.....	46
4.2.1 Estrutura dos dados e fontes de informações do <i>Coastal Vulnerability Model - InVEST</i>	46
4.2.2 Coleta dos dados dos imóveis e procedimentos utilizados.....	48
4.2.3 Análise espacial.....	50
5 RESULTADOS.....	52
5.1 Resultados do <i>Coastal Vulnerability Model - InVEST</i> e sua avaliação qualitativa do modelo.....	53
5.2 Mapeamento dos valores dos imóveis.....	55
5.3 Resultados do modelo de regressão mínimos quadrados ordinários - RMQO.....	62
5.3.1 Resultados das variáveis do modelo RMQO.....	62
5.3.2 Resultados do diagnóstico do modelo RMQO.....	64
5.3.3 Resultados do Índice Global de Moran e Resíduos - RMQO.....	65
5.4 Resultados do modelo de regressão geograficamente ponderada - RGP.....	67
5.4.1 Resultados do diagnóstico do modelo RGP.....	67
5.4.2 Resultados do Índice Global de Moran e Resíduos - RGP.....	68
5.4.3 Resultados do Coeficiente β_1 - RGP.....	71
6 DISCUSSÃO.....	74
7 CONCLUSÃO.....	78

8 REFERÊNCIAS.....	80
APÊNDICES.....	91
APÊNDICE A - Mapas temáticos dos Resultados do <i>Coastal Vulnerability Model - InVEST</i>	91
APÊNDICE B - Mapas temáticos dos resultados dos valores dos imóveis por m ² vs exposição costeira.....	94
APÊNDICE C - Mapas temáticos da densidade de <i>kernel</i> dos valores por m ² dos imóveis dos municípios do Litoral Norte (RS).....	103
APÊNDICE D - Tabelas dos resultados da distribuição dos Resíduos para cada município do Litoral Norte (RS).....	106
APÊNDICE E - Histogramas dos resultados da distribuição dos Resíduos para cada município do Litoral Norte - RS.....	107
APÊNDICE F - Mapas temáticos dos resultados da distribuição dos Resíduos para cada município do Litoral Norte - RS - modelo RGP.....	108
APÊNDICE G - Tabela dos resultados da distribuição dos R ² para cada município do Litoral Norte - RS.....	113
APÊNDICE H - Histogramas dos resultados da distribuição dos R ² para cada município do Litoral Norte - RS.....	114
APÊNDICE I - Histogramas dos resultados da distribuição do Coeficiente β_1 para cada município do Litoral Norte - RS.....	114
APÊNDICE J - Mapas temáticos dos resultados da distribuição do Coeficiente β_1 para cada município do Litoral Norte - RS.....	116
APÊNDICE K - Mapa temáticos dos Resultados da distribuição do Coeficiente β_1 limite dos municípios do Litoral Norte - RS.....	121

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização e Justificativa

A erosão costeira é um problema em nível mundial (NGUYEN *et al.*, 2016) e vem sendo acelerada com o aumento da densidade demográfica, as mudanças climáticas e o aumento do nível do mar (LUIJENDIJK *et al.*, 2018; PRATES *et al.*, 2012).

Ambientes costeiros, como dunas e praias, oferecem importantes serviços ecossistêmicos, incluindo o de proteção costeira, no qual oferecem barreiras naturais de proteção contra as tempestades, minimizando danos causados por erosão ou inundação. Além disso, oferecem, também, serviços de recreação e turismo (ALEXANDRAKIS *et al.*, 2015; GOPALAKRISHNAN *et al.*, 2011; LANDRY *et al.*, 2020).

O serviço ecossistêmico de proteção costeira é um fator importante, além de afetar diretamente na qualidade dos recursos naturais costeiros, como na qualidade da praia e das dunas, e também na sustentabilidade ecológica em longo prazo (LANDRY *et al.*, 2020). O serviço ecossistêmico de proteção costeira pode ter métricas quantitativas, entre elas a valoração em moeda. Sendo valorado globalmente em torno de US \$4769 (US\$/ha/ano) a US \$25368 (US\$/ha/ano) por Costanza *et al.* (2014).

A falta deste serviço pode acarretar perdas econômicas e de infraestrutura em propriedades, empreendimentos à beira-mar, infraestruturas de cunho público. Além de poder afetar outros serviços ecossistêmicos (ALEXANDRAKIS *et al.*, 2015; HUANG *et al.*, 2007; LANDRY *et al.*, 2020).

Geralmente, as práticas de reposição deste serviço ecossistêmico envolvem a construção de obras de engenharia costeira, como construção muros de contenção e espigões (GOPALAKRISHNAN *et al.*, 2011; LANDRY; HINDSLEY, 2011). Estas construções afetam a qualidade estética da costa e interferem na dinâmica costeira,

podendo acelerar a erosão nas praias adjacentes (ESTEVEES; SANTOS, 2002; HUANG *et al.*, 2007).

Além disso, cerca de 40% da população mundial vivem em uma faixa de 100 km da linha de costa (UNOC, 2017). No Brasil, 26,6% da população vivem nas zonas costeiras (BRASIL, 2019; RIO GRANDE DO SUL, 2004; RAMSAR, 2010). E, Rio Grande do Sul (RS) é o sexto Estado mais populoso do país. No Litoral Norte do RS é uma das regiões que mais cresceu nos últimos anos, tendo 3% da população gaúcha (RIO GRANDE DO SUL, 2021).

O Litoral Norte (RS) é predominantemente urbanizado, composto por moradores fixos e flutuantes no período de veraneio, além de uma região altamente vulnerável aos efeitos das mudanças climáticas globais (GERMANI *et al.*, 2020). Eventos de maré meteorológica, cada vez mais frequentes, ocasionam inundações e erosões costeiras, sendo mais suscetíveis as regiões com altitudes mais baixas (VIANNA *et al.*, 2020).

Fatores, no Litoral Norte (RS), como a urbanização, associada à infiltração e compactação do solo, concentração de sangradouros em torno da linha de costa e ocorrência crescente de tempestades e inundações, vêm contribuindo para a erosão costeira afetando. Como por exemplo, as dunas frontais. E também, ocasionando o afloramento do lençol freático (CALLIARI *et al.*, 2010; VIANNA; CALLIARI, 2015).

Além disso, em 2021 houve um acréscimo de vendas de imóveis em torno de 65% em alguns municípios, como por exemplo Torres (65%), Tramandaí (34%) e Imbé (50%) (RODRIGUES, 2020). O Litoral Norte (RS) ultrapassou 400 mil habitantes fixos, estima-se que aumentou mais de 20% da população na sua linha de costa desde o CENSO 2010 (IBGE, 2022).

Com isto, há uma necessidade de estudos voltados à valoração ambiental do serviço ecossistêmico de proteção costeira, fundamental para o desenvolvimento, administração e conservação dos habitats (LANDRY; HINDSLEY, 2011; GOPALAKRISHNAN *et al.*, 2011; HUANG *et al.*, 2007; TORRES; HALEY, 2006). Neste contexto, a questão central deste estudo é: a perda do serviço ecossistêmico de proteção costeira afeta o valor de mercado do imóvel da linha de costa?

O objetivo geral do estudo é avaliar o efeito da oferta e o risco de perda dos serviços ecossistêmicos de proteção costeira sobre o valor de mercado de imóveis do Litoral Norte (RS). Como respectivos objetivos específicos, citam-se: 1) identificar e aplicar métricas que avaliem relativamente a provisão do serviço ecossistêmico de proteção costeira; 2) desenvolver e aplicar métodos de análise espacial para as análises de variação no valor médio de imóveis em áreas próximas da linha de costa, e para a valoração relativa dos serviços ecossistêmico de proteção costeira.

2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O presente estudo está dividido da seguinte forma: uma breve introdução sobre o trabalho, ilustrando a sua proposta, contextualização e justificativa da temática. Além do objetivo geral e seus objetivos específicos.

Logo após está disposto o revisão do referencial teórico com seis tópicos ilustrativo sobre temas variáveis: 3.1 Zona Costeira; 3.2 Vulnerabilidade Costeira; 3.4 Serviços Ambientais; 3.5 Valoração Ambiental; 3.5.1 Exemplos de iniciativas, projetos e estudos sobre valoração ambiental; 3.6 Visão geral sobre os métodos utilizados: 3.6.1 *Coastal Vulnerability Model - InVEST*; 3.6.2 *Web Scraping*; 3.6.3 Regressão Clássica e Espacial: 3.6.3.1 Contribuição da regressão espacial para o valor de mercado dos imóveis.

Já a metodologia é dividida em duas seções: 4.1 Área de estudo e 4.2 Estrutura metodológica. Na seção 4.2 concentra toda a estrutura metodológica, sendo dividida em três seções subsequentes: 4.2.1 Estrutura dos dados e fontes de informações do *Coastal Vulnerability Model - InVEST*; 4.2.2 Coleta dos dados dos imóveis e procedimentos utilizados; 4.2.3 Análise espacial.

E por fim, os resultados, seguidos da discussão do trabalho, e fechamento do trabalho, com considerações finais, as limitações referente ao trabalho, além de futuras recomendações, ou seja, a conclusão, e também as referências e os apêndices.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Zona Costeira

As zonas costeiras são um espaço geográfico de interação entre ar, mar e terra, apresentam uma diversidade marcada por transições entre os meios terrestres e marinhos, com interações de alta fragilidade (MDMB, 2020; PRATES *et al.*, 2012; TORRES; HANLEY, 2016).

Estas apresentam um mosaico de ecossistemas de alta complexidade ambiental, interligados entre si, onde se encontram importantes recursos naturais vivos e não-vivos de grande importância para as atividades humanas. Concentrando atividades sociais e econômicas, que são o foco de muitas economias locais e nacionais (NGUYEN *et al.*, 2016). As zonas costeiras são parte do patrimônio natural, histórico, étnico e cultural (BRASIL, 1988).

Cerca de 40% da população mundial vivem na linha de costa (UNOC). Sendo 15 das 20 megacidades (com população acima de 10 milhões) são localizadas em zonas costeiras (LUIJENDIJK *et al.*, 2018). Há uma tendência para aumento da densidade populacional nestas áreas (LUIJENDIJK *et al.*, 2018; MDMB, 2020; MORAES, 1997; SMALL; NICHOLLS, 2003). Uma estimativa de cerca de 50% da população mundial até 2030 (NEUMANN *et al.*, 2015).

No Brasil, as zonas costeiras são constituídas por 17 estados e 400 municípios, sendo que 13 são capitais. O Brasil é constituído por cerca de 3,5 milhões de quilômetros quadrados de zonas costeira e marinha, e 8.500 km de litoral. O Rio Grande do Sul é o sexto Estado mais populoso do país, e o Litoral Norte é uma das regiões que mais cresceu nos últimos anos, tendo 3% da população gaúcha (RIO GRANDE DO SUL, 2021).

Entre os anos de 1985 a 2020 o litoral brasileiro notou-se especialmente que houve uma redução de 15% do seu habitat natural, ou seja, uma perda aproximada de 70 mil hectares. Sendo diversas as causas deste decréscimo, como especulação imobiliária, empreendimentos aquícolas e salineiros, expansão de espécies

invasoras, dentre outros. Na região do Estado do Rio Grande do Sul vale salientar o avanço dos pinheiros sobre campos dunares. (MAPBIOMAS, 2021).

O ambiente costeiro está em constante mudança, devido às interações entre ondas, vento e correntes oceânicas (GOPALAKRISHNAN *et al.*, 2011). Constitui um sistema ecológico dinâmico e recalcitrante (LANDRY *et al.*, 2020). Embora atraente pelos recursos naturais que oferece, os impactos crescem em torno das zonas costeiras devido a mudanças climáticas, elevação do nível do mar, e efeitos da intensa atividade humana (NGUYEN *et al.*, 2016).

Os ambientes costeiros oferecem uma barreira natural de proteção contra as tempestades. Limitando os danos potenciais causados por inundações ou erosão, além de oferecerem, também, serviços de recreação e turismo (ALEXANDRAKIS *et al.*, 2015; LANDRY *et al.*, 2020).

Porém, a erosão costeira é um problema no mundo todo, sendo causada por fatores combinados, como desenvolvimento induzido pelo homem, aumento global do nível do mar, mudanças climáticas, tempestades, inundações, exploração intensa dos recursos das áreas costeiras, dentre outros (ALEXANDRAKIS *et al.*, 2015; HUANG *et al.*, 2007; LANDRY *et al.*, 2020).

Conseqüentemente, há perdas na recreação costeira, prejuízo no turismo, ameaça às propriedades e empreendimentos à beira-mar ou infraestruturas públicas, impactos ambientais, prejuízo no crescimento econômico (ALEXANDRAKIS *et al.*, 2015; GRANJA; DE CARVALHO, 2000; HUANG *et al.*, 2007; JENSEN *et al.*, 2001; LANDRY *et al.*, 2020; VILIBIC *et al.*, 2000).

Assim, a erosão costeira tem implicações sociais, ambientais e econômicas importantes. Avaliar a vulnerabilidade costeira (ALEXANDRAKIS *et al.*, 2015; NGUYEN *et al.*, 2016), e as conseqüentes implicações econômicas (ALEXANDRAKIS *et al.*, 2015) é um passo necessário para identificar medidas de gestão.

3.2 Vulnerabilidade Costeira

É fundamental avaliar a vulnerabilidade costeira, porém há uma gama de definições sobre o termo vulnerabilidade, tanto no contexto social, quanto no ambiental e econômico. Há uma falta de padronização do termo. É essencial haver a descrição clara no estudo que envolva o termo vulnerabilidade, para que não haja equívocos (NGUYEN *et al.*, 2016).

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) desde 1991, em seu relatório, tem sugerido metodologias para avaliação de vulnerabilidade costeira sobre os impactos das mudanças climáticas. Também, a Agência Europeia do Ambiente (AEA) desenvolve definições e estudos voltados aos impactos das mudanças climáticas. Mantém e gera uma Plataforma Europeia para a Adaptação Climática (*Climate - ADAPT*¹) (EEA, 2021; NGUYEN *et al.*, 2016).

Conforme, Romieu *et al.* (2010), a vulnerabilidade é o risco natural, definido como o grau de perda para um determinado elemento, ou conjunto de elementos em risco. Para o IPCC (2007, p.883), a vulnerabilidade “é uma função de caráter, magnitude e taxa das mudanças climáticas e variações de exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação”.

Conforme o IPCC (2012, p.5), a vulnerabilidade é “a propensão ou predisposição para ser adversamente afetada”, sendo o resultado de diversos fatores históricos, sociais, econômicos, políticos, condições culturais, institucionais, de recursos naturais e ambientais e processos. Na concepção de IPCC (2019, p.699): “vulnerabilidade engloba uma variedade de conceitos e elementos, incluindo sensibilidade ou suscetibilidade a danos e falta de capacidade para enfrentar e se adaptar”.

De acordo com Nguyen *et al.* (2016), em seu estudo de revisão sobre os temas ligados à vulnerabilidade costeira, e índices de vulnerabilidade, é dependente da escala, tanto no espaço, quanto no tempo. Também há três variantes sobre a vulnerabilidade costeira: exposição, sensibilidade / suscetibilidade e capacidade / capacidade adaptativa/enfrentamento (NGUYEN *et al.*, 2016; ROMIEU *et al.*, 2010).

¹ Para mais informações disponível no site <<https://climate-adapt.eea.europa.eu/>>.

A variável de exposição consiste no risco biofísico ou ameaça devido às mudanças climáticas. Já a sensibilidade é o potencial do sistema em ser afetado por mudanças, categorizado em dois subcomponentes principais: sensibilidade humana ou populacional, e fatores de sensibilidade ao uso da terra. E a variável capacidade adaptativa é a capacidade do sistema de se ajustar às mudanças climáticas, sendo que muitos autores utilizam esta variável como fatores socioeconômicos ligados a ela (NGUYEN *et al.*, 2016).

O estudo de Nguyen *et al.* (2016) foi realizado um levantamento bibliográfico sobre as metodologias criadas para obtenção dos índices de vulnerabilidade. Sendo analisado mais de 50 artigos científicos, alguns destes estudos analisados sobre os índices de vulnerabilidade em zonas costeiras estão citados abaixo (Quadro 1).

Quadro 1: Revisão dos índices de vulnerabilidade costeiras.

Nome do indicador	Objetivo	Referência
Indicador geral de vulnerabilidade	Estimar e comparar a vulnerabilidade geral de cidades muito diferentes	Mehrotra <i>et al.</i> (2009)
Índice de vulnerabilidade a inundações (FVI)	Desenvolver uma metodologia de Índice de Vulnerabilidade a Inundações, com base em 3 fatores de vulnerabilidade: exposição, suscetibilidade e resiliência; esses fatores estão interligados com os três componentes, usando 19 indicadores	Balica; Wright (2009); Balica; Wright (2010) e Balica <i>et al.</i> , (2009)
Índices de vulnerabilidade costeira	O índice de vulnerabilidade costeira para identificar áreas em risco de erosão e / ou eventos climáticos extremos	Gornitz (1991)
Índice de vulnerabilidade costeira multi-escala: uma ferramenta para gestores costeiros	Índice de vulnerabilidade costeira multi-escala com base nas características costeiras, forçantes costeiros, fatores socioeconômicos	McLaughlin; Cooper (2010)
Índice de sensibilidade costeira	Índice de sensibilidade costeira (CSI) para avaliar e caracterizar a suscetibilidade	Abuodha; Woodrofe (2010)

Indicador de vulnerabilidade de inundação provocada por tempestades	Componentes que influenciam a vulnerabilidade das áreas costeiras urbanas europeias a inundações causadas por tempestades para aumentar a conscientização sobre o aumento potencial de eventos de inundação	Harvey <i>et al.</i> (2009)
Indicadores de vulnerabilidade para aumento do nível do mar e gestão costeira	Indicadores de vulnerabilidade para aumento do nível do mar e gestão costeira	Preston <i>et al.</i> (2008)
Indicadores para avaliação da vulnerabilidade costeira	Indicadores para avaliação da vulnerabilidade costeira em escala regional para entender e gerenciar as complexidades de uma área de estudo específica	Torresan <i>et al.</i> (2008)
Vulnerabilidade física e social ao aumento do nível do mar e inundações provocadas por tempestades	Vulnerabilidade física e social ao aumento do nível do mar e inundações por tempestades para planejadores locais em uma região para entender como a elevação do nível do mar aumentará a vulnerabilidade das pessoas e da infraestrutura a inundações de tempestades de furacões no próximo século	Kleinosky <i>et al.</i> (2007)
Metodologias espaciais e numéricas em avaliação de risco de erosão costeira e inundação	Análise espacial e numérica em escalas locais	Bonetti <i>et al.</i> (2013)
Um estudo de caso de avaliação costeira de vulnerabilidades às mudanças climáticas	Um estudo de caso de avaliação de vulnerabilidades às mudanças climáticas na costa mais sensível do Canadá, Graham Island.	Dolan; Walker (2006)
Avaliar os impactos dos desastres naturais nos grupos de renda (vulnerabilidade social)	Distribuição dos impactos de desastres naturais entre grupos de renda: um estudo de caso de Nova Orleans	Cutter <i>et al.</i> , (2001); Masozera <i>et al.</i> , (2007)
Selecionar indicadores e métodos para medir a vulnerabilidade revelada e	Focar na dimensão social da vulnerabilidade para selecionar indicadores e métodos para	Birkmann; Fernando (2008)

emergente das comunidades costeiras na escala local	medir a vulnerabilidade revelada e emergente das comunidades costeiras na escala local: suscetibilidade e grau de exposição, capacidades de enfrentamento e ferramentas de intervenção	
Índice de Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas (CCVI)	Um novo ranking global, calculando a vulnerabilidade de 170 países aos impactos das mudanças climáticas nos próximos 30 anos	Maplecroft (2010)
Avalie os impactos das mudanças climáticas	Avalie os impactos das mudanças climáticas com base em 5 perigos climáticos cruzados com 4 efeitos setoriais para a parte ocidental do delta do rio Mekong no Vietnã (Kien Giang, Ca Mau)	Mackey; Russell (2011)
Metodologia convencional para avaliar a vulnerabilidade às mudanças climáticas	Metodologia geral para avaliar a vulnerabilidade às mudanças climáticas seguiu a estrutura conceitual fornecida pelo IPCC	Yoo <i>et al.</i> , (2011)
Índice de vulnerabilidade às mudanças climáticas	Construir um índice de vulnerabilidade às mudanças climáticas	Yusuf; Francisco (2009)

Fonte: Nguyen *et al.* (2016).

Nota: Tabela adaptada do autor sobre o índice de vulnerabilidade costeira do Nguyen *et al.* (2016), usados para avaliar a vulnerabilidade aos impactos das mudanças climáticas, adaptado.

Como pode-se notar no Quadro 1 alguns estudos para a identificação do índice de vulnerabilidade costeira não fazem distinção da variável de sensibilidade e capacidade adaptativa. Outros ignoram estas variáveis e somente utilizam o risco físico. Cabe salientar que este trabalho não procura achar a melhor definição para a vulnerabilidade costeira.

Cada vez mais, fica evidente em muitos estudos a importância da avaliação da vulnerabilidade costeira, tanto para fins ambientais, como para gestão costeira integrada, tomada de decisões, contextos políticos, institucionais, sociais e, principalmente nos últimos anos, fatores econômicos (ALEXANDRAKIS *et al.*, 2015; NGUYEN *et al.* 2016).

A necessidade de estudos, com a dinâmica de análises espaciais com a vulnerabilidade costeira são frequentes, auxiliando local e global, havendo a necessidade de outros estudos que complementam o tema (NGUYEN *et al.* 2016).

3.4 Serviços Ambientais

Existem várias definições e classificações envolvendo os serviços ecossistêmicos, como a Avaliação do Ecossistema do Milênio - MEA (2005), a Economia de Ecossistemas e Biodiversidade (TEEB) (2010), Classificação Internacional Comum de Serviços Ecossistêmicos (CICES) (2016), entre outros (COSTANZA *et al.*, 2017).

Para este estudo, a definição que será utilizada é a do MEA (2005), e a classificação de CICES (2016). Desta forma, os serviços ecossistêmicos são características, funções ou processos ecológicos que contribuem direta ou indiretamente para o bem-estar humano, e para as atividades econômicas; são benefícios obtidos dos ecossistemas para a sociedade (COSTANZA *et al.*, 1997; MEA, 2005).

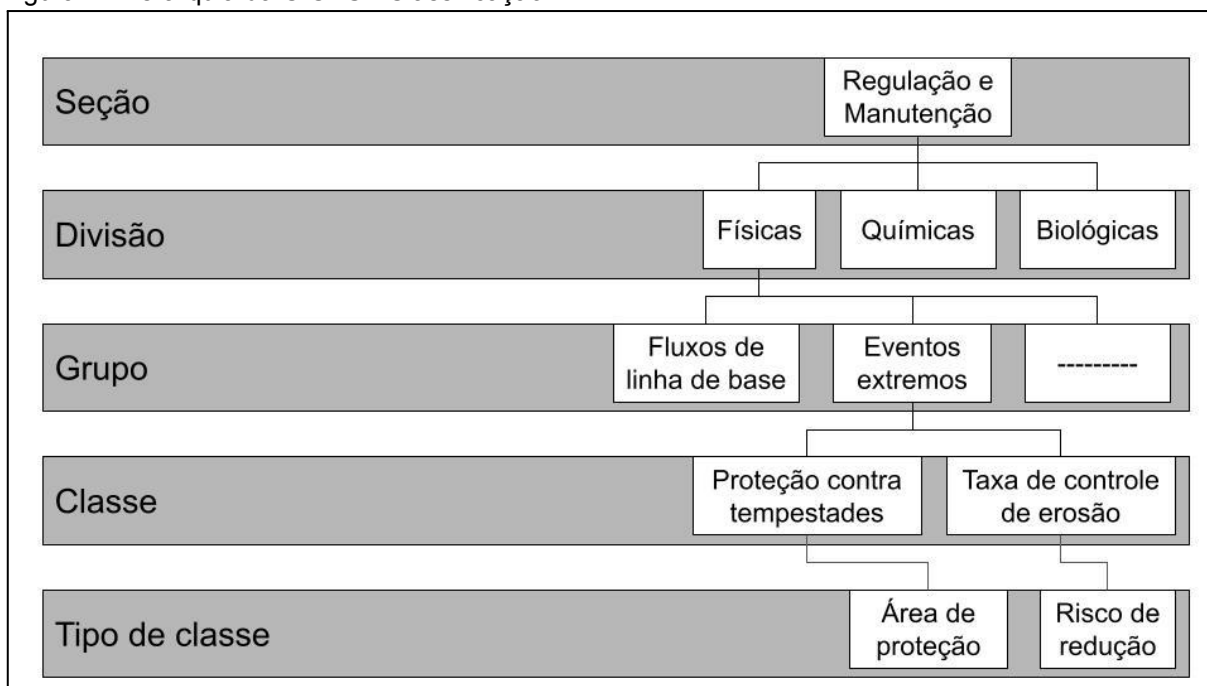
A classificação do CICES foi desenvolvida para fornecer uma classificação com base científica, com a finalidade de ser usada para fins de contabilidade do capital natural (COSTANZA *et al.*, 2017). Não tem o objetivo de substituir outras classificações propostas dos serviços ecossistêmicos (CICES, 2021).

Facilitando o entendimento, medição e análise das informações, suas equivalências gerais sobre a classificação de CICES são referentes à do MEA, TEEB, Plataforma Intergovernamental de Políticas Científicas sobre Biodiversidade, Serviços Ecossistêmicos (IPBES), e Sistema de Classificação de Bens e Serviços do Ecossistema Final (FEGS-CS). Todos disponíveis em sua plataforma (CICES, 2021).

A classificação do CICES foi criada em 2009 com base na classificação do MEA (2005), aproveitando a terminologia que já era conhecida. Porém, a estrutura do CICES é alinhada com os princípios da contabilidade dos ecossistemas de forma a diminuir o risco de contagem dupla dos benefícios gerados. Assim, o CICES

considera apenas os serviços finais, e evita a inclusão dos serviços intermediários. A sua estrutura hierárquica organiza os serviços em função de escalas temáticas (Figura 1) (HAINES-YOUNG; POTSCHIN, 2018).

Figura 1: Hierarquia da CICES - Classificação.



Fonte: HAINES-YOUNG; POTSCHIN (2018, p.9), como base.

Nota: Ilustração da hierarquia da CICES mostra como exemplo a classe regulação e manutenção.

CICES é dividido em três das quatro categorias utilizadas pela MEA (2005): provisão, regulação, manutenção e cultural; serviços de suporte não são incluídos. Os serviços ecossistêmicos de provisão consistem em materiais nutricionais, não-nutricionais e produtos energéticos dos sistemas vivos (HAINES-YOUNG; POTSCHIN, 2018).

Os de regulação e manutenção são todas as maneiras pelas quais os organismos vivos podem mediar ou moderar o ambiente. E o cultural é considerado principalmente como as configurações ambientais, locais ou situações que dão origem a mudanças nos estados físicos ou mentais das pessoas (HAINES-YOUNG; POTSCHIN, 2018).

Este estudo será focado no serviço ecossistêmico de regulação e manutenção, divisão “regulação das condições físicas, químicas e biológicas”, grupo “regulação de fluxos de linha de base e eventos extremos”, classe “taxa de controle de erosão e amortecimento; atenuação do movimento de massa e ciclo hidrológico e

regulação do fluxo de água (incluindo controle de enchentes e proteção costeira)” (CICES V5.1, 2018).

Para facilitar a escrita e leitura sobre o serviço ecossistêmico envolvido durante o trabalho, será utilizado o termo *proteção costeira*, como serviço ecossistêmico de regulação e manutenção, referente aos exemplos de classificação citados anteriormente.

3.5 Valoração Ambiental

A valoração ambiental é uma das questões mais urgentes e desafiadoras que os economistas ambientais enfrentam atualmente (NIJKAMP *et al.*, 2008). Pode ser englobada na contribuição do Produto Interno Bruto (PIB) de vários países (COSTANZA *et al.*, 2014; GHERMANDI; NUNES, 2013).

O valor dos serviços ecossistêmicos globais, em 2011, foi estimado entre US \$125 trilhões/ano e US \$145 trilhões/ano (em US \$2007). E mudanças no uso do solo, entre 1997 e 2011, causaram uma perda de serviços ecossistêmicos entre US \$4,3 e US \$20,2 trilhões/ano (COSTANZA *et al.*, 2014). Os autores acreditam que essas estimativas são conservadoras.

Barreto (2013, p.1) relata a importância de valorar “as vantagens econômicas de um país por causa de sua riqueza natural e devem ser destacadas e quantificadas. Por mais difícil que pareça ser nas primeiras aproximações para calculá-las. E, também, os danos e prejuízos devem ser valorados”. Com isto, a valoração ambiental consiste em identificar o valor de um recurso ambiental, ou do custo de reparação de um dano ambiental (ABNT, 2009).

Existem vários métodos de valoração ambiental que podem objetivar distintas parcelas de valores econômicos sobre os recursos ambientais, como a da ABNT (2009, p.8) (Quadro 2), e de forma mais detalhada em Pascual *et al.* (2012, p.193) (Figura 2), baseado em Gómez-Baggethun e Groot (2010).

Quadro 2: Quadro dos Métodos de Valoração e relação com os tipos de valores.

Métodos de Valoração		VU			VE
		VU D	VUI	VO	
Métodos indiretos	Custos de reposição			NA	NA
	Custos de re-localização			NA	NA
	Custos defensivos ou de proteção evitados			NA	NA
	Custos de controle evitados			NA	NA
	Custo de oportunidade de conservação			NA	NA
Métodos diretos	Produtividade Marginal			NA	NA
	Mercados de bens substitutos			NA	NA
	Custo de viagem			NA	NA
	Preços hedônicos				NA
	Valoração contingente				

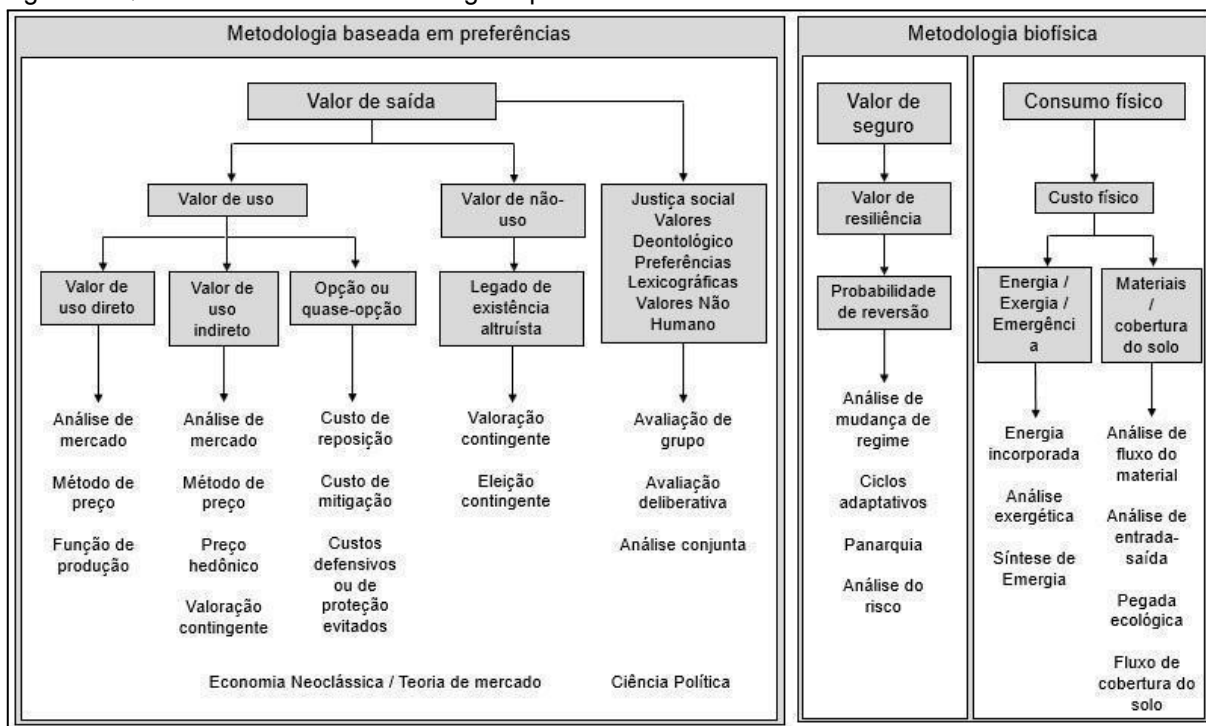
Fonte: ABNT (2009, p.8).

Nota: VU - Valor de uso; VUD - Valor de uso direto; VUI - Valor de uso indireto; VO - Valor de opção; VE - Valor de existência; NA - não aplicável: o método não capta este tipo de valor.

O Quadro 2 mostra como os métodos de valoração são classificados conforme a ABNT (2009, p.8). Pode-se ver que há dois grandes grupos: métodos diretos e indiretos. E são classificados dentro disso de valor de uso, em quatro grupos: indireto, direto, opção, e existência. Sendo o único que agrega o valor de existência a valoração contingente.

A Figura 2 mostra o esquema do quadro ilustrativo das abordagens para estimativa dos valores da natureza de Pascual *et al.* (2010, p.193). Como pode-se notar, ele é um pouco diferente do Quadro 2, havendo duas metodologias: baseada em preferências e biofísica, similar a do Quadro 2, já a segunda se associa ao consumo tanto natural como antrópico.

Figura 2: Quadro ilustrativo das abordagens para estimativa dos valores da natureza.



Fonte: Relatório TEEB² (2010) no capítulo 5 de Pascual *et al.* (2010, p.193).

Porém, todo método envolve limitações, dados de informação, hipóteses, comportamentos individuais e coletivos associados (ABNT, 2009). Também no Quadro 3, há algumas definições com base na ABNT (2009).

Quadro 3: Definições de valoração ambiental.

Valor/Método	Definição
Valor econômico do recurso ambiental (VERA)	Somatório dos valores de uso e de existência/não-uso de um recurso ambiental
Valor de uso (VU)	Valor atribuído a um recurso ambiental pelo seu uso presente ou pelo seu potencial de uso futuro
Valor de uso direto (VUD)	Valor atribuído a um recurso ambiental, em função do bem-estar que ele proporciona através do seu uso direto na atividade de produção ou no consumo
Valor de uso indireto (VUI)	Valor atribuído a um recurso ambiental pelo bem-estar que ele proporciona através de suas funções ecossistêmicas

² O TEEB - Economia dos Ecossistemas e Biodiversidade, foi a segunda iniciativa internacional, depois da Avaliação Ecossistêmica do Milênio - MEA (2005), entre 2007 a 2010, desenvolvida pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, no qual proporcionou a entização dos serviços ecossistêmicos nos canais de grande mídia e dos negócios (CONSTANZA *et al.*, 2014).

Valor de opção (VO)	Valor atribuído a um recurso ambiental, hoje desconhecido e realizável no futuro, associado a uma disposição de conservá-lo para uso direto ou indireto
Valor de existência (VE)	Valor de “não-uso” que deriva de uma posição moral, cultural, ética ou altruística em relação aos direitos de existência de espécies não humanas ou de preservação de outras riquezas naturais, mesmo que não apresentem uso atual ou possibilidade de uso futuro
Métodos diretos	Utilizam mercados de bens e serviços substitutos e complementares ou mercados hipotéticos para medir as variações de bem-estar diretamente da demanda dos indivíduos pela qualidade ambiental
Métodos indiretos	Valoram os benefícios ambientais usando os custos evitados, relacionados indiretamente com as mudanças na qualidade ambiental, sem estarem diretamente relacionados com uma alteração de bem-estar, medida pela disposição a pagar ou a receber dos indivíduos
$VERA = VU + VE$ $VERA = (VUD+VUI+VO) + VE$	

Fonte: ABNT (2009, p. 2 e 5).

Conforme o Quadro 3, o serviço ecossistêmico estudado, proteção costeira, pode ser associado ao valor de uso indireto e ao método indireto, proporcionando a qualidade e manutenção das praias de forma indireta, evitando danos causados por erosões e inundações costeiras, e métodos indiretos.

Para alguns, a valoração ambiental é um pensamento egocêntrico, em que o meio ambiente está a serviço da sociedade. Mas a contribuição em expressar o valor monetário dos serviços ecossistêmicos é uma unidade de fácil compreensão para a grande maioria das pessoas sobre a importância dos serviços ecossistêmicos. É a unidade que se comunica melhor para diferentes públicos (COSTANZA *et al.*, 2014; COSTANZA *et al.*, 2017).

3.5.1 Exemplos de iniciativas, projetos e estudos sobre valoração ambiental

Algumas iniciativas e projetos em grande escala que podem-se destacar correlacionando aos temas serviços ecossistêmicos e do capital natural, desenvolvidas desde 1997, como MEA, TEEB, Parceria de Serviços Ecossistêmicos, IPBES, Estratégia de biodiversidade da União Europeia para 2020, Contabilidade de

Riqueza e Avaliação de Serviços de Ecossistemas (WAVES), Projeto de Capital Natural (NatCap) e Coalizão de Capital Natural (NCC) (COSTANZA *et al.*, 2017).

Também há vários estudos que tentam estimar a valoração global, como, por exemplo, GROOT *et al.* (2012) e COSTANZA *et al.* (2014), que relataram uma revisão no Banco de Dados de Valores de Serviços Ecossistêmicos (ESVD³).

O estudo de COSTANZA *et al.* (2014) estimou que houve um pequeno aumento no valor anual total dos serviços ecossistêmicos gerados pelos sistemas marinhos. Enquanto houve uma redução no valor total anual dos serviços gerados pelos sistemas terrestres (incluindo aqui sistemas intermareais). Esta redução deve-se à perda de ecossistemas terrestres que geram serviços de grande valor, como as florestas tropicais, mangues e marismas.

Estes valores médios globais dos serviços de controle de erosão gerados pelos sistemas costeiros foram estimados em torno de US \$4769 / ha / ano. Enquanto os de manguezais e marismas foram estimados em US \$3929 / ha / ano, e os de recifes de coral em US \$153214 / ha / ano (COSTANZA *et al.* 2014).

Alexandrakis *et al.*, (2015) apontaram no seu estudo que o recuo da linha de costa na Ilha de Creta (Grécia) nos próximos 10 anos, devido à erosão costeira, irá resultar em perda média de receita de $48,7 \times 10^3$ €/m² por ano, atingindo a $140,4 \times 10^3$ €/m² por ano nos próximos 30 anos.

Já os impactos relacionados à erosão em praias no setor do turismo podem gerar US \$ 73 milhões / ano, como o caso da ilha de San Andrés, na Colômbia (CASTAÑO-ISAZA *et al.*, 2015).

Os cálculos da disposição a pagar para casas próximas à praia podem variar de US \$421 a US \$487 por metro adicional de praia na maré alta, ou US \$272 a US \$465 por metro adicional na praia na maré baixa. E a disposição a pagar para aumento na largura das dunas pode variar de US \$212 a US \$383 por metro (LANDRY; HINDSLEY, 2011).

³ Para mais informações disponível em <<https://www.es-partnership.org/?s=ESVD>>.

O turismo e recreação em zonas costeiras são serviços com uma demanda alta e há um aumento na procura destes serviços, podendo contribuir para o bem-estar de grandes populações costeiras (GHERMANDI; NUNES, 2013). Porém, a erosão é uma ameaça significativa no valor da indústria do turismo, biodiversidade costeira e serviços de proteção, de forma que as projeções de aumento na vulnerabilidade costeira têm recebido atenção (ALEXANDRAKIS *et al.*, 2015).

Já no Brasil, estudos como o de Lins-de-Barros (2005) sobre questões de erosão costeira através de eventos de tempestade na valorização do imóvel no município de Maricá, Rio de Janeiro (RJ). Constataram que a desvalorização do imóvel é evidente, mas ao decorrer da temporalidade, se caso não haja um novo evento, há uma valorização dos imóveis, devido ao aumento da densidade demográfica.

Além desses, outros autores no Brasil estão trabalhando com o tema valoração ambiental como: Do Carmo e Antunes (2013); Silva *et al.* (2007); Correia, *et al.* (2014). Até o momento só foi encontrado no Brasil um único trabalho de sensoriamento remoto que envolva o tema, o de Macedo (2013). O estudo consiste na valoração das alterações de cobertura e uso do solo sobre projeções futuras no valor monetário da expansão canavieira, relacionados aos impactos nos serviços ecossistêmicos.

No Brasil já há investimentos relacionados indiretamente na preservação dos serviços ecossistêmicos. Como o Programa Produtor de Água, desenvolvido pela Agência Nacional de Águas (ANA), que tem o objetivo de incentivar o produtor rural a investir em ações que ajudem a preservar a água. O programa usa o conceito de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), no qual os produtores recebem estímulos de apoio técnico e financeiro para investirem no cuidado do tratamento com as águas (ANA, 2022).

Além disso, o Brasil tem a Lei nº 14.119, que institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, gerada no ano de 2021. Esta define o serviço ambiental, no artigo 2º, inciso III, como: “atividades individuais ou coletivas que favorecem a manutenção, a recuperação ou a melhoria dos serviços ecossistêmicos”

(BRASIL, 2021). Esta Lei gera suporte jurídico sobre a matéria. Há uma tendência na avaliação de serviços ecossistêmicos no Brasil e no mundo.

Atualmente a valoração ambiental do serviço ecossistêmico de proteção costeira é realizada através da largura da praia. No entanto, a largura da praia é sazonal, ou seja, em determinada estação do ano há um acréscimo e em outro um recuo. Eventos de erosão e inundação costeira vêm sendo cada vez mais frequentes e intensos (LUIJENDIJK *et al.*, 2018; PRATES *et al.*, 2012).

Tornando a erosão um fator que pode levar à desvalorização. Além de influenciar em outros serviços ecossistêmicos, como turismo, recreação e conservação de habitats (GOPALAKRISHNAN *et al.*, 2011).

3.6 Visão geral sobre os métodos utilizados

Para facilitar a leitura do trabalho, principalmente na metodologia foram criadas estas três seções. Em que cada uma delas dá um contexto geral dos métodos, ilustra e tira as dúvidas principais dos leitores. As seções, como afirmado no título, fornecem uma visão geral dos métodos utilizados. Assim não cabe ao trabalho aprofundá-los.

3.6.1 *Coastal Vulnerability Model - InVEST*

O modelo *Coastal Vulnerability* está contido na plataforma do *InVEST - Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs*. Sendo um conjunto de modelos de *software* livre, e de código aberto usados para mapear e valorizar os bens e serviços da natureza, que sustentam e preenchem a vida humana (NCP, 2022).

O *InVEST* é desenvolvido em parceria com várias instituições pelo mundo. Como por exemplo, a Academia Chinesa de Ciências, a Universidade de Minnesota e o Centro de Resiliência de Estocolmo, e as maiores Organizações Não-Governamentais - ONGs ambientais do mundo, como *The Nature Conservancy* e *World Wildlife Fund* (NCP, 2022).

O modelo produz um índice qualitativo de exposição costeira à erosão e inundação, bem como um resumo da densidade populacional humana nas proximidades da linha de costa. O modelo classifica a linha de costa em risco relativo baixo, moderado ou alto de exposição costeira à erosão e inundação (INVEST, 2022). O índice de exposição costeira para cada ponto ao longo de um litoral em um intervalo especificado pelo usuário.

Desta forma, o modelo mapeia de forma indireta o serviço ecossistêmico de proteção costeira, ou seja, quanto maior o risco de erosão e inundação menor o serviço ecossistêmico de proteção costeira, e quanto menor o risco maior o serviço ecossistêmico.

O índice de exposição incorpora sete variáveis biogeofísicas: relevo, habitats naturais, exposição ao vento, exposição de ondas, potencial de maré meteorológica, geomorfologia e mudança do nível do mar. As duas últimas variáveis citadas anteriormente são opcionais no modelo (INVEST, 2022).

A variável potencial de maré meteorológica é a estimativa da exposição relativa a marés de tempestades obtida através da distância do ponto da costa até a borda da plataforma continental, ou para outro contorno de batimetria especificado pelo usuário (INVEST, 2022).

As variáveis de exposição ao vento e exposição de ondas podem ser utilizadas com dados fornecidos do *InVEST* acompanhados na sua instalação, é o conjunto de dados *Wavewatch III*.

E as únicas variáveis que o usuário está livre para classificá-las são as variáveis geomorfologia e habitats naturais, ou seja, pode pontuar de 1 (muito baixo) a 5 (muito alto) o seu risco. Um exemplo disso está na Tabela 1, na seção 4.2.1 da metodologia. Demais variáveis são classificadas de acordo com o critério do modelo, ou seja, o usuário só fornece os dados de entrada para o modelo.

Além disso, o índice de exposição, segundo o modelo, tem como base uma classificação que varia de: exposição muito baixo (classificação = 1) a muito alta (classificação = 5). Baseada em métodos propostos por Gornitz (1990) e Hammar-Klose e Thiler (2001). E também baseado na mistura de critérios definidos pelo usuário e pelo modelo.

É um modelo que sempre está sendo atualizado periodicamente, de fácil acesso e utilização, além de, como foi relatado antes, ser gratuito para sua utilização.

Os dados de vento e ondas compilados por WAVEWATCH III, disponíveis pela NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) foram validados, conforme Casagrande *et al.* (2018) por estudos como os de Aguiar *et al.* (2014), Melo Fo *et al.* (2010) e Franco *et al.* (2008). Desta forma, apesar dos dados serem em nível mundial, são dados compatíveis com a realidade do estudo.

Deve-se ressaltar que o modelo *Coastal Vulnerability* não mapeia e nem valoriza o serviço ecossistêmico de proteção costeira, mas calcula um índice de risco. Por conseguinte, quanto menor o risco de erosão ou tempestade na linha de costa maior será a oferta do serviço ecossistêmico de proteção costeira, ou quanto maior o risco menor é a oferta do serviço ecossistêmico.

3.6.2 *Web Scraping*

A coleta de dados realizada manualmente via internet é uma técnica demorada, pois exige recursos e tempo. Principalmente dependendo da complexidade dos *sites* em que forem coletados os dados (DIOUF *et al.*, 2019).

Uma técnica não muito nova é a automatização da coleta de dados na internet o *web scraping*, também conhecida como *screen scraping*, *data mining*, *web harvesting* e demais variações similares (MITCHELL, 2019).

O *web scraping* é a prática de coletar dados de forma automatizada, realizando a requisição através do *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP), a um servidor da web. Com o intuito de extrair das páginas *Hyper Text Markup Language* (HTML), ou de outros arquivos de um determinado *site* as informações desejadas (MITCHELL, 2019; VARGIU; URRU, 2013).

O HTML é um arquivo de texto que ao longo do tempo foi evoluindo, como proposto por Tim Berners-Lee (1989), sendo a linguagem mais importante da internet. Tem uma estrutura de marcações, onde define quais são projetadas, como cabeçalho, *links*, tabelas, dentre outros. Estas marcações são feitas por sequências predefinidas de caracteres, as *tags*. E as marcações informam ao navegador como o documento está estruturado, ou seja, como é visto pelo usuário (MUNZERT *et al.*, 2015).

Cada *tag* tem início e fim (MUNZERT *et al.*, 2015). Por exemplo, quero saber o endereço de determinado imóvel há uma *tag* informando o endereço de determinado imóvel, com seu início (dado de entrada), a informação (endereço), e o encerramento da *tag* (fim).

Para extrair os dados da internet é fundamental habilitar o *software* para a comunicação com servidores e serviços *web*. O mais comum é o HTTP é o protocolo para a comunicação entre um cliente *web* (navegador, por exemplo), e um servidor (AMARAL, 2018). Usa-se o HTTP para fazer o *web scraping*, as duas funções mais importantes dentro do *web scraping* são: *GET* solicita documentos ao servidor, e *POST* que pode ser utilizada para enviar arquivos (MUNZERT *et al.*, 2015).

Existem algumas linguagens de programação que podem realizar o *web scraping*, como *Python*, *Rstudio*, *Java*, dentre outras. Para a compreensão deste estudo será relatada a utilização da linguagem de programação *Python* sobre *web scraping*.

As bibliotecas utilizadas do *Python* para realizar o *web scraping* são: *Selenium - Webdriver* e *BS4 BeautifulSoup*. Inicialmente são estas duas bibliotecas, mas para gerar um banco de dados uma terceira biblioteca deve ser utilizada a biblioteca *Pandas*.

A biblioteca *Selenium - Webdriver* executa e automatiza as tarefas em navegadores da *web* e, desta forma analisa, extrai e coleta dados (MUTHUKADAN, 2022). A biblioteca *BS4 - BeautifulSoup* extrai e organiza as informações de conteúdos HTML e *Extensible Markup Language* (XML) (RICHARDSON, 2022). Enquanto a biblioteca *Pandas* é uma ferramenta de análise e manipulação de dados de código aberto, é a biblioteca própria da linguagem de programação Python” (PANDAS, 2022).

3.6.3 Regressão Clássica e Espacial

Os modelos de regressão são utilizados em diferentes áreas do conhecimento, é uma ferramenta estatística que basicamente indica a relação entre uma variável dependente, y , uma ou mais variáveis independentes, $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, de forma que possa explicar y em termos de x , ou para estudar como y varia com

variações em x . Porém nunca há uma relação exata entre as duas variáveis (WOOLDRIDGE, 2013).

“Todo modelo de regressão baseia-se em pressupostos” (HILL *et al.*, p.46, 2010). Existem outras terminologias da variável y e x , como visto no Quadro 4.

Quadro 4: Terminologias para as variáveis y e x .

y	x
Variável Dependente	Variável Independente
Variável Explicativa	Variável Explicativa
Variável Resposta	Variável de Controle
Variável Prevista	Variável Previsora
Regressando	Regressor

Fonte: WOOLDRIDGE (2013, p.21).

O modelo de regressão linear simples, também chamado de modelo de regressão linear de duas variáveis ou modelo de regressão linear univariado, está relacionado às duas variáveis x e y (WOOLDRIDGE, 2013). Pode ser uma regressão linear positiva ou negativa, ou seja, as variáveis dependente e independente são proporcionais, ou as variáveis são inversamente proporcional

Além disso, segundo Hill *et al.*, (2010, p.148) “o termo linear em uma modelo de regressão linear simples não significa uma relação linear entre as variáveis, mas um modelo em que os parâmetros aparecem em forma linear. Ou seja, o modelo é linear nos parâmetros, mas não necessariamente linear nas variáveis”.

O modelo de regressão linear clássico é ainda uma ferramenta bastante usada. Consiste em ajustar uma reta com um conjunto de pares da variável dependente, y , e a variável independente, x , ε o termo de erro e i o indicador da i -ésima observação. A expressão matemática deste modelo é dada da seguinte fórmula:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i \quad (1.1)$$

em que β_0 é o coeficiente que representa o intercepto com o eixo dos y_i , ou a variável constante do modelo. O β_1 representa a inclinação que a reta forma com o

eixo das abscissas, ou seja, coeficiente angular. O termo ε é o erro ou resíduo entre o valor ajustado pelo modelo de regressão e o valor observado. O erro ou resíduo é a discrepância entre o valor verdadeiro e o valor estimado de y .

Wooldridge (2013, p.22) relata que “a variação em y é, simplesmente, β_1 multiplicado pela variação em x . Isso significa que β_1 é o parâmetro de inclinação da relação entre y e x ”, sendo β_0 o parâmetro intercepto, ou um termo constante.

Porém, é um modelo que tem limitações, pois, quando a localização entre as variáveis for de interesse para o estudo outros modelos, e análises estatísticas devem ser utilizadas (UBERTI, 2016).

Com isto, os modelos de regressão espacial podem sanar essas limitações. Dentro da regressão espacial existem modelos com efeitos espaciais globais, considerados uma regressão espacial mais simples, e os modelos de regressão com efeitos espaciais locais (CÂMARA *et al.*, 2004).

Este trabalho foi concentrado em dois modelos bastante utilizados em econometria:

a) Modelo de Regressão dos Mínimos Quadrados Ordinários (RMQO ou *Ordinary Least Squares* - OLS), considerado uma regressão clássica;

b) Modelo de Regressão Geograficamente Ponderada (RGP ou *Geographically Weighted Regression* - GWR), desenvolvida pelos Brunson *et al.*, (1996). Também chamada de regressão local, que vem crescendo sua utilização no meio da econometria espacial (ZILLI, 2020), devido às limitações do RMQO em não explicar relações espaciais entre as variáveis dependente e explicativa.

A RMQO é um modelo bastante utilizado em diversas áreas e verifica a linearidade entre uma variável dependente e uma ou mais variáveis explicativas. Por exemplo, a relação entre o valor do imóvel em m^2 e a exposição costeira. Trata-se de um modelo bastante simples, com hipóteses bastante restritas, mas os parâmetros de desempenho são conhecidos.

A RMQO foi introduzida por Gauss em 1794, mas o nome apareceu primeiro no apêndice do tratado de Legendre, *Nouvelles Méthodes pour la Détermination des*

Orbits des Comètes, publicado em Paris em 1806. Baseia-se no princípio dos mínimos quadrados, minimiza não só um erro, mas os erros para todas as observações. Fornece a soma mínima dos quadrados dos resíduos para o melhor ajuste, ou seja, quanto menor for o erro quadrático total, melhor será a estimativa, sugere-se procurar a estimativa mínima desta soma de quadrados (BUSSAB; MORETTIN, 2017).

RGP é um método recente e avançado para a modelagem espacial de processos heterogêneos (não estacionários). Isto é, processos que variam (seja na média, mediana, variância etc.) de região para região (BRUNSDON *et al.*, 1996).

A ideia do método é estimar parâmetros individuais para cada localização observada. Sendo assim, não assume um único modelo dentro da área de estudo, ou seja, “permite estimar e mapear os parâmetros reais para cada local no espaço, em oposição a ter uma superfície de tendência ajustada a eles” (BRUNSDON *et al.*, p.282, 1996).

A expressão matemática do RGP é dada da seguinte fórmula:

$$y_i = \beta_0(ui, vi) + \sum_{\kappa} \beta_{\kappa}(ui, vi)x_{i\kappa} + \varepsilon_i \quad (1.2)$$

A função $\beta_{\kappa}(ui, vi)$ varia de acordo com os valores de (ui, vi) , que representam as coordenadas geográficas latitude e longitude da observação (região) i , resultando em um modelo distinto para cada região do estudo.

A forma matricial para estimação dos parâmetros da RGP é dada por:

$$\hat{\beta}(i) = (X^t W(ui, vi) X)^{-1} X^t W(ui, vi) y \quad (1.3)$$

em que $W(ui, vi)$ é uma matriz diagonal e distinta para cada ponto i de coordenadas (ui, vi) , contendo em sua diagonal principal os pesos W_{ij} obtidos por meio das funções de ponderação, ou, em inglês, *kernel*. A substituição de todos os pesos W_{ij} pelo valor 1 equivale à matriz identidade, que, substituída a fórmula 1.3, a faz retornar ao modelo clássico de regressão linear (ALBUQUERQUE *et al.*, 2017). A ilustração da matriz de pesos geograficamente está na Figura 3.

$$W(u_i, v_i) = \begin{bmatrix} w_{i1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & w_{i2} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & w_{in} \end{bmatrix}$$

Figura 3: Matriz de pesos geograficamente.
Fonte: Albuquerque *et al.*, (2017).

Outro aspecto da análise exploratória espacial é a caracterização da dependência espacial, verificando se os valores estão correlacionados no espaço. Desta forma, para verificar se o valor observado é dependente dos valores vizinhos são utilizados métodos de estimação de autocorrelação espacial e variograma (CÂMARA *et al.*, 2004).

A dependência entre as observações é um indicador de quanto o poder explicativo do modelo é válido ou não, por isso é necessário verificar se há autocorrelação ou não. A autocorrelação é quando no modelo em determinadas circunstâncias levam a termos de erros correlacionados uns com os outros, geralmente acontece quando se tem dados de séries temporais (HILL *et al.*, 2010, WOOLDRIDGE, 2013).

Neste caso, é necessário verificar se há autocorrelação espacial nos resíduos dos modelos de regressão. Geralmente, inicia-se utilizando o modelo de regressão global, caso haja autocorrelação, o modelo mais adequado para análise é o modelo de regressão local, no qual os parâmetros variam no espaço.

O primeiro passo, dentro da análise de autocorrelação espacial é realizar uma investigação nos resíduos, através de análise gráfica e mapeamento dos resíduos, e depois realizar os testes de autocorrelação espacial – Moran e Geary – nos resíduos da regressão que indicam sua presença (CÂMARA *et al.*, 2004).

Para verificar se há autocorrelação espacial ou não neste trabalho, foi utilizado o índice de Moran, que testa a hipótese nula de que há independência espacial. Um valor próximo a zero indica ausência de autocorrelação espacial ou independência espacial com relação à variável testada. Valores positivos, entre 0 a +1 indicam correlação positiva, e valores negativos, entre 0 a -1 indicam correlação inversa (CÂMARA *et al.*, 2004).

3.6.3.1 Contribuição da regressão espacial para o valor de mercado dos imóveis

Na econometria espacial, cada vez mais, são aplicados modelos de regressão espacial. Sendo uma ferramenta usada para prever valores dos imóveis do mercado imobiliário (SERBANOIU, 2019).

Além disso, o anexo da ABNT (2011) traz recomendações para utilizar modelos de regressão linear, tratamento por fatores, tratamento de dados por regressão espacial, análise envoltória de dados, e tratamento de dados por redes neurais artificiais. A norma também recomenda a utilização de métodos comparativos de dados de mercado. No entanto, caso as avaliações sejam em massa de imóveis, busca-se realizar uma conjugação de métodos (ZILLI, 2020).

Em avaliações em massa, principalmente, no mercado imobiliária há processos espaciais com dependência e autocorrelação espacial. Pois "têm maior relação com os imóveis da vizinhança próxima do que com os mais distantes" (THEODORO *et al.*, 2019, p.464).

Alguns trabalhos como de Zilli (2020) e Trivelloni (2005), utilizam técnicas estatísticas espaciais para determinar os valores do m² dos imóveis. Porém, é um método que abrange várias variáveis independentes, e ainda está em processo de desenvolvimento. E, o valor de mercado é mutante, conforme os diversos fatores sociais, ambientais e econômicos (TRIVELLONI, 2005).

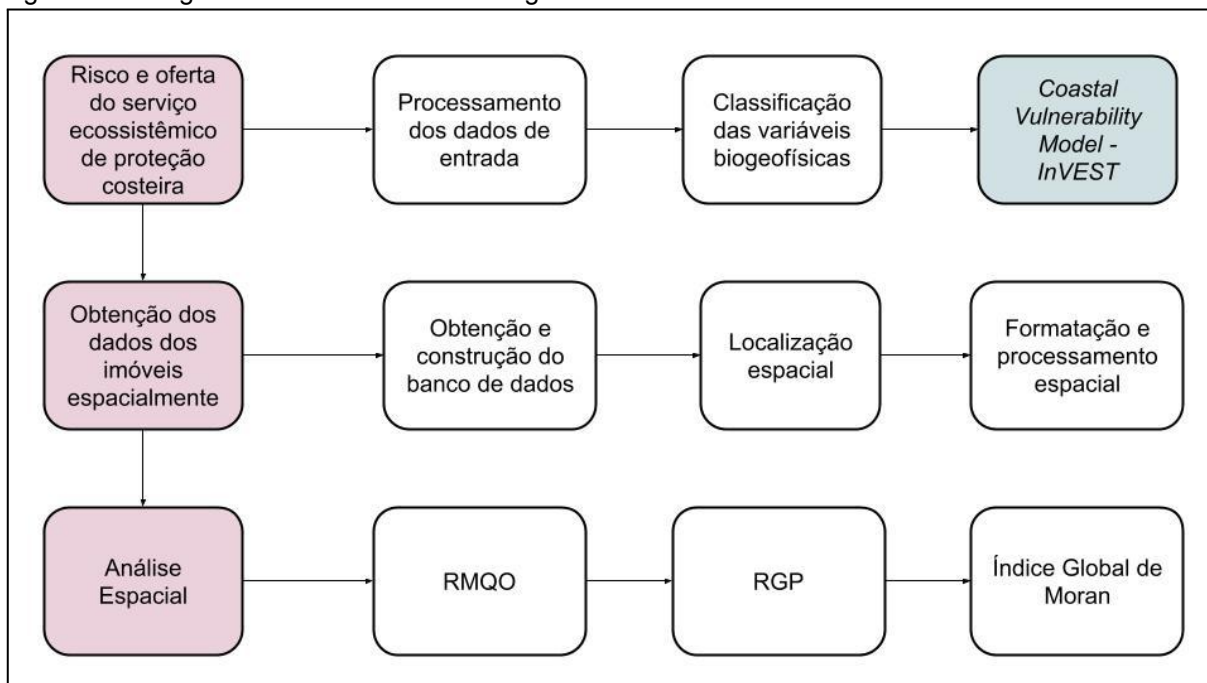
Com isto, utilizar valores reais do mercado imobiliário são fundamentais para o modelo, um mecanismo que contribui para o desempenho é o *Web Scraping*, descrito na seção anterior.

4 METODOLOGIA

A metodologia é dividida da seguinte forma: primeiro tópico a área de estudo. Já a estrutura metodológica foi desenvolvido em três seções: 4.2.1 Estrutura dos dados e fontes de informações do *Coastal Vulnerability Model - InVEST*; 4.2.2 Coleta

dos dados dos imóveis e procedimentos utilizados; 4.2.3 Análise espacial. O fluxograma dos processos citados estão ilustrados abaixo, Figura 4.

Figura 4: Fluxograma da Estrutura Metodológica.



Nota: Sendo os tópicos a esquerda um breve resumo de cada etapa da metodologia da pesquisa, e ao lado direito a descrição resumida das atividades realizadas na metodologia, note que há uma sequência de cada passo, sendo a sequência da esquerda superior e inferior. Os quadrados rosas de cima a baixo correspondem a seção 3.6.1, o segundo tópico a seção 3.6.2, e o terceiro a seção 3.6.3.

4.1 Área de estudo

A região costeira do RS é demarcada por sua formação geológica recente (cerca de 5.000 a.C.). O relevo e a bacia de drenagem têm 43.000 km², envolvendo 46 municípios. Estende-se no sentido norte-sul, com aproximadamente 618 km de costa retilínea. E, é dividida em 4 grandes setores: Litoral Norte, Litoral Médio Leste, Litoral Médio Oeste e Litoral Sul (FEPAM, 2000; FEPAM, 2021a).

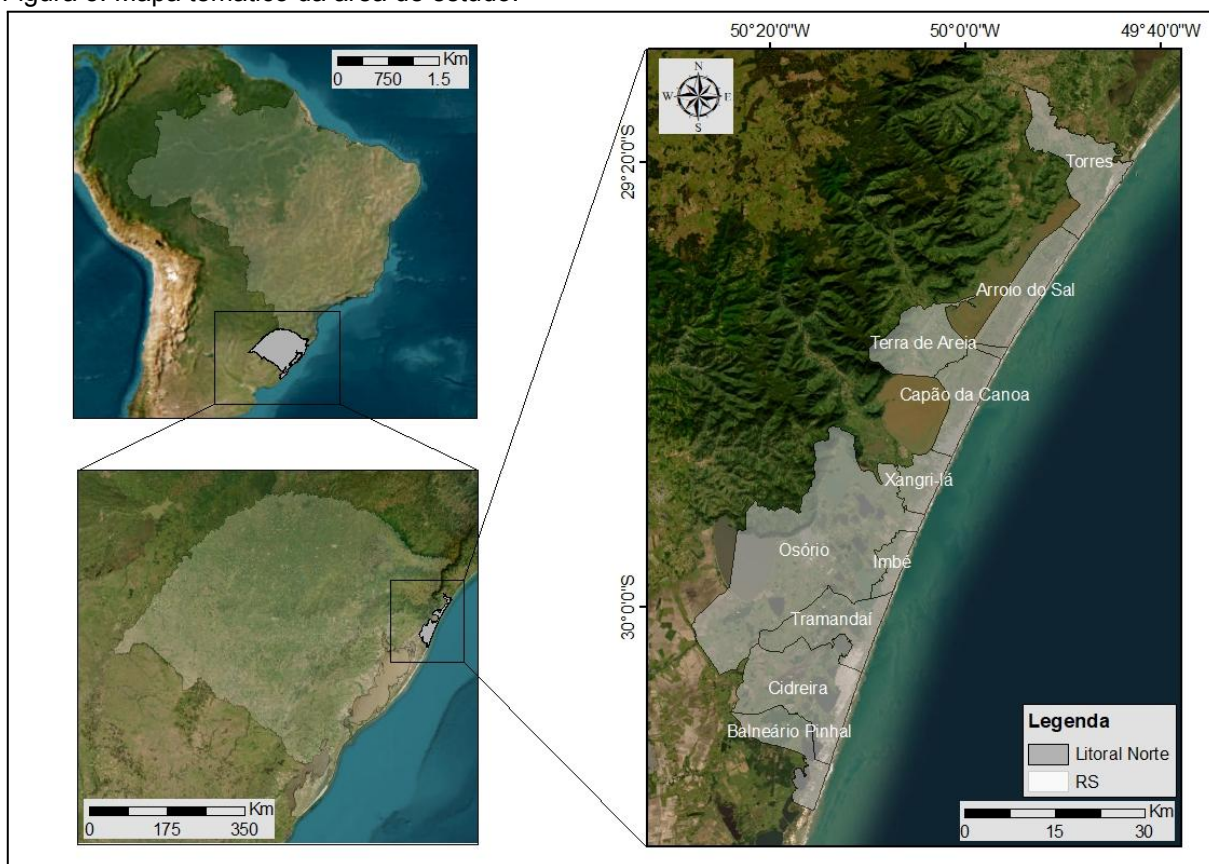
Para este estudo, a divisão do litoral foi baseada no Programa de Gerenciamento Costeiro (GERCO/RS), que o divide em três setores: Litoral Norte, Litoral Médio e Litoral Sul (FEPAM, 2021b).

O Litoral Norte (RS) é composto pelos municípios na linha de costa de Balneário Pinhal, Cidreira, Tramandaí, Imbé, Osório, Xangri-Lá, Capão da Canoa,

Terra de Areia, Arroio do Sal e Torres. Suas coordenadas geográficas entre 29° 17' a 30° 18' de latitude Sul e 49° 44' a 50° 24' de longitude Oeste. Com uma superfície de 3.700 km² e extensão 120 km da costa (FEPAM, 2021b).

É delimitado ao sul pelo município de Balneário Pinhal, ao norte pelo rio Mampituba, a leste pelo oceano e, a oeste delimitada em função de sua formação geológica, relevo, bacia de drenagem e limites políticos (Figura 5) (FEPAM, 2000).

Figura 5: Mapa temático da área de estudo.



Fonte: IBGE (2019).

Nota: A primeira imagem acima à esquerda é a América do Sul, destacado o Brasil e o Estado do Rio Grande do Sul, abaixo à esquerda é destacado o Estado do Rio Grande do Sul e o Litoral Norte - RS, à direita se destaca o Litoral Norte - RS, com seus respectivos nomes dos municípios da linha de costa.

Tem uma população total aproximada de 198.235 habitantes, sendo que na época do veraneio chega a 340.436 habitantes. Capão da Canoa, Tramandaí e Osório são os municípios mais populosos. Possui característica de sazonalidade devido ao turismo de verão, mas alguns municípios apresentaram significativo crescimento em sua população residente nas duas últimas décadas (RIO GRANDE DO SUL, 2021).

Porém, existe uma estimativa do IBGE que a população fixa aumentou mais de 400 mil habitantes (IBGE, 2022), o Quadro 5, ilustra as estimativas dos municípios do Litoral Norte que fazem parte da área de estudo.

Quadro 5: Dados da população fixa do Litoral Norte (RS).

Município	População no último censo (2010)	População estimada (2021)	Porcentagem do aumento segundo estimativa de 2021 em cada município (%)	Densidade demográfica (2010)
Balneário Pinhal	10.856 pessoas	14.645 pessoas	34,90	104,63 hab/km ²
Cidreira	12.668 pessoas	16.897 pessoas	33,38	51,52 hab/km ²
Tramandaí	41.585 pessoas	53.507 pessoas	28,67	287,97 hab/km ²
Osório	40.906 pessoas	46.815 pessoas	14,45	61,65 hab/km ²
Imbé	17.670 pessoas	23.721 pessoas	34,24	448,53 hab/km ²
Xangri-Lá	12.434 pessoas	17.126 pessoas	37,74	204,88 hab/km ²
Capão da Canoa	42.040 pessoas	55.009 pessoas	30,85	432,96 hab/km ²
Terra de Areia	9.878 pessoas	11.323 pessoas	14,63	69,67 hab/km ²
Arroio do Sal	7.740 pessoas	10.483 pessoas	35,44	64,01 hab/km ²
Torres	34.656 pessoas	39.381 pessoas	13,63	215,84 hab/km ²
Total	230.433	288.907	25,38	-----

Fonte: Dados do IBGE (2022).

O Litoral Norte foi classificado como área crítica para a gestão costeira, pois apresenta mais de 75% da linha de costa urbanizada. Estando sujeita a erosão de longo-termo e risco de destruição de estruturas costeiras durante tempestades. Além de alta taxa relativa de crescimento populacional (ESTEVEES, 2003; ESTEVEES, 2004).

O Litoral Norte tem acima de 77% da linha de costa urbanizada e ao longo de 55% as construções estão no topo de dunas (ESTEVEES *et al.*, 2003; ESTEVEES 2004). A redução na altura das dunas e na largura das dunas, e também da praia reduz o nível de proteção costeira oferecido pelo sistema duna-praia.

Com o aumento das estimativas da população fixa de 25.38% (IBGE, 2022), e o aumento dos imóveis no Litoral Norte (ROGRIGUES, 2020). Por ser considerada

área crítica para gestão costeira (ESTEVEES, 2003; ESTEVEES, 2004). A tendência é que haja conflitos ambientais, sociais e econômicos nesta região.

4.2 Estrutura metodológica

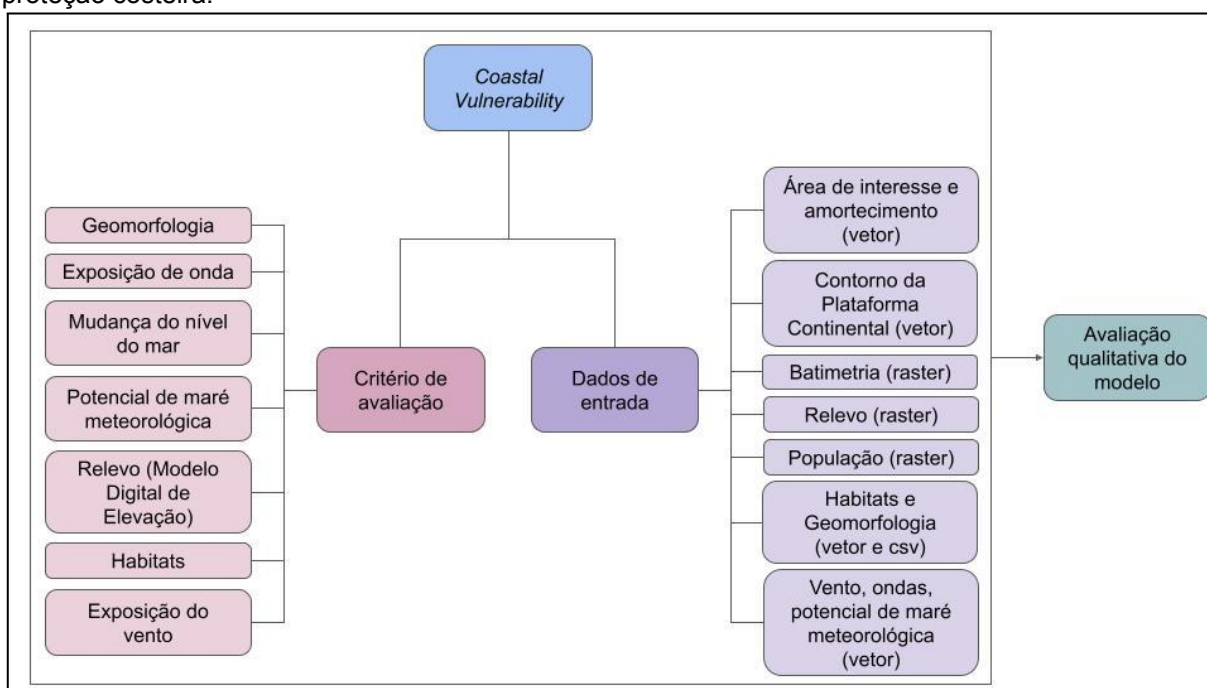
4.2.1 Estrutura dos dados e fontes de informações do *Coastal Vulnerability Model - InVEST*

A primeira parte da estrutura metodológica se concentrou em indicar a oferta do serviço ecossistêmico de proteção costeira através do *Coastal Vulnerability Model - InVEST*, versão 3.11.0, desenvolvido pelo Projeto Capital Natural (INVEST, 2021), descrito na seção 3.6.1.

Para a avaliação qualitativa do modelo foram utilizados trabalhos científicos e reportagens recentes sobre eventos meteorológicos, danos causados por erosão e inundações que ocorreram no Litoral Norte RS.

E, os critérios de avaliação das sete biogeofísicas foram baseados de acordo com a classificação do *Coastal Vulnerability Model - InVEST*, a variável de mudança do nível do mar não foi utilizada no modelo. Para melhor compreensão de cada etapa um fluxograma ilustrativo abaixo (Figura 6).

Figura 6: Fluxograma da metodologia da identificação da oferta e risco do serviço ecossistêmico de proteção costeira.



A classificação do critério de avaliação das variáveis biogeofísicas estão no Quadro 6, a origem e entrada dos dados estão dispostos no Quadro 7. As únicas variáveis que o usuário pode classificá-las são: geomorfologia e habitats, descritas na seção 3.6.1, estas variáveis foram classificadas com base nas sugestões do próprio modelo, dados de entrada Quadro 7.

Quadro 6: Classificação das variáveis biogeofísicas do modelo proposto baseado na classificação *Coastal Vulnerability Model – InVEST*.

Rank	1 (muito baixo)	2 (baixo)	3 (moderado)	4 (alto)	5 (muito alto)
Geomorfologia	-----	Falésia média	Planície	Lagoas	Praia
Relevo (Modelo Digital de Elevação)	81 a 100 Percentil	61 a 80 Percentil	41 a 60 Percentil	21 a 40 Percentil	0 a 20 Percentil
Habitats	Sistemas de Matas (sistema de mata ciliar, sistema florestal, sistema de silvicultura)	Sistemas de áreas úmidas	Duna baixa	----	Sem habitat
Exposição de onda	81 a 100 Percentil	21 a 40 Percentil	41 a 60 Percentil	61 a 80 Percentil	81 a 100 Percentil
Potencial de maré meteorológica	0 a 20 Percentil	21 a 40 Percentil	41 a 60 Percentil	61 a 80 Percentil	81 a 100 Percentil

Fonte: Guia online do *Coastal Vulnerability Model – InVEST*⁴.

Quadro 7: Dados de entrada do *Coastal Vulnerability Model – InVEST*.

Dados de entrada	Variáveis	Origem dos dados de entrada
Área de interesse (Vetor) e a Área de amortecimento (Vetor)	Municípios do Litoral Norte (Balneário Pinhal, Cidreira, Tramandaí, Imbé, Osório, Xangri-lá, Capão da Canoa, Terra de Areia, Arroio do Sal e Torres)	Dados do Instituto Brasileira de Geografia e Estatística - IBGE, disponível no endereço < www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/10861-mapas-regionais.html?=&t=sobre >

⁴Para informações dos dados de entrada está disposto no Quadro 7.

Vento; ondas; Potencial de maré meteorológica ⁵ (Vetor)	Dados padrão de vento e ondas compilados de 8 anos de <i>WAVEWATCH III</i>	Dados disponíveis pelo pacote de download do <i>InVEST</i> (2022)
Batimetria (Raster)	Dados batimétricos, resolução 30m	Dados utilizados da Gridded Bathymetry - GEBCO, disponível no endereço < www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/ >
Relevo (Raster)	Modelo digital de elevação, resolução 30m	Dados do United States Geological Survey – USGS, disponível no endereço < earthexplorer.usgs.gov >
Contorno da Plataforma Continental (Vetor)	Plataforma Continental no valor de 180m	Baseado nos estudos de CALLIARI et al. (2009) e CASTRO et al. (2006)
Habitats e Geomorfologia (csv e Vetor)	Tabela de classificação (csv) de habitats e geomorfologia (classificação do rank na Quadro 6), com sua distância de proteção em metros, e com o Vetor correspondente (shapefile separados polígonos)	Dados do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do RS – ZEE, para porção do RS e MapBiomas para porção de SC.
População (Raster)	Densidade populacional média (pessoas por quilômetro quadrado), resolução 30m	Dados do Geoserver, disponível no endereço < geoserver.org >

4.2.2 Coleta dos dados dos imóveis e procedimentos utilizados

A segunda parte da estrutura metodológica foi concentrada na coleta de dados dos valores dos imóveis no Litoral Norte (RS), e processá-los, através da ferramenta denominada *Web Scraping*, descrita na seção 3.6.2.

Primeiramente, para a escolha das informações coletadas foram escolhidos os primeiros cinco *sites* de vendas de imóveis no Litoral Norte (RS). Disponibilizados através de um *site* de busca, ou seja, no *site* de busca foi informado “vendas de imóveis no Litoral Norte (RS)”. Onde foram escolhidos os primeiros cinco listados no *site* de busca, depois nos cinco sites escolhidos, em cada um dos *sites*, foram buscadas vendas de imóveis referente a cada município, exemplo: imóveis à venda em Balneário Pinhal, em Cidreira, e assim por diante.

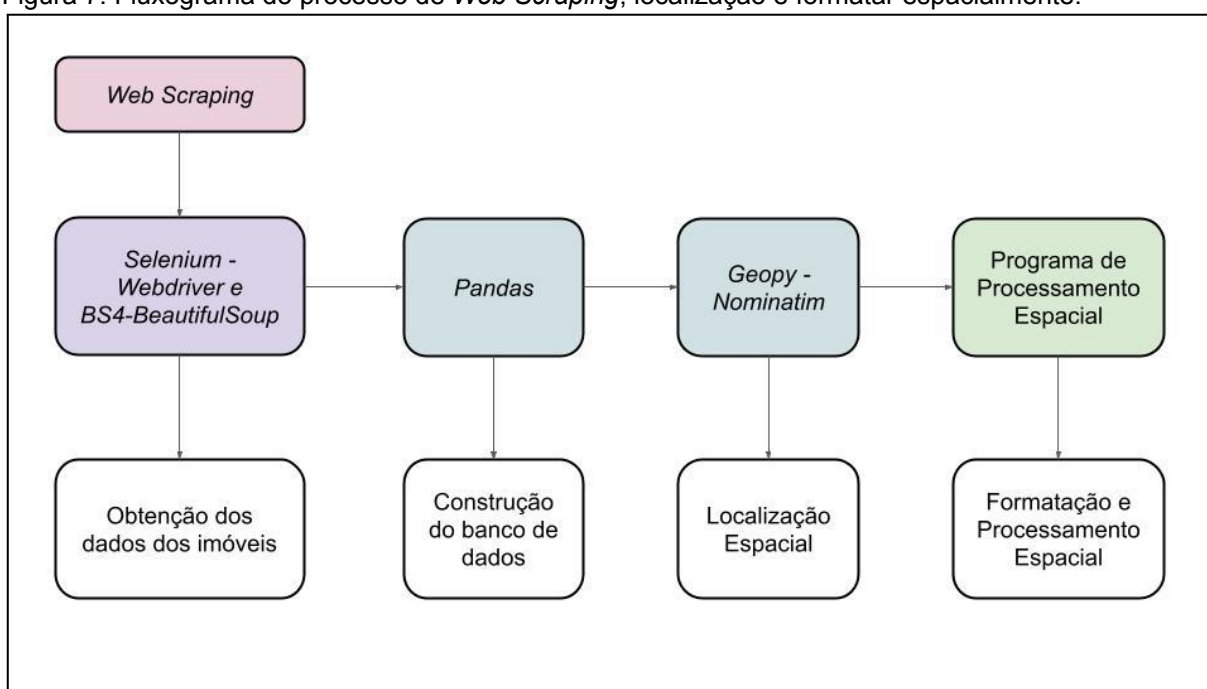
⁵ É a estimativa da exposição relativa a marés de tempestades dada através da distância do ponto da costa até a borda da plataforma continental, ou para outro contorno de batimetria especificado pelo usuário (INVEST, 2022).

Com isto, foi realizada a ferramenta *Web Scraping*, para a raspagem dos dados na internet. No *Web Scraping*, a geolocalização e formatação dos dados espaciais foram utilizados como linguagem de programação *Python*, versão 3.10, através dos editores de código-fonte *Visual Studio Code* e *Colab/Colaboratory*, as bibliotecas utilizadas neste processo foram:

- 1) *Selenium - Webdriver* - solicitada autorização dos *sites* para utilizar as informações contidas nos sites sobre os imóveis.
- 2) *BS4 - BeautifulSoup* - utilizado para transformar as informações em texto.
- 3) *Pandas* usado para construção do banco de dados.
- 4) *Geopy - Nominatim* - usado para encontrar as coordenadas geográficas, latitude e longitude, através do endereço dos imóveis.

Os dados selecionados e formatados adequadamente, processados espacialmente pelo software *ArcMap®*, versão 10.5.1. Para melhor compreensão um fluxograma das principais atividades desta seção, Figura 7.

Figura 7: Fluxograma do processo de *Web Scraping*, localização e formatar espacialmente.

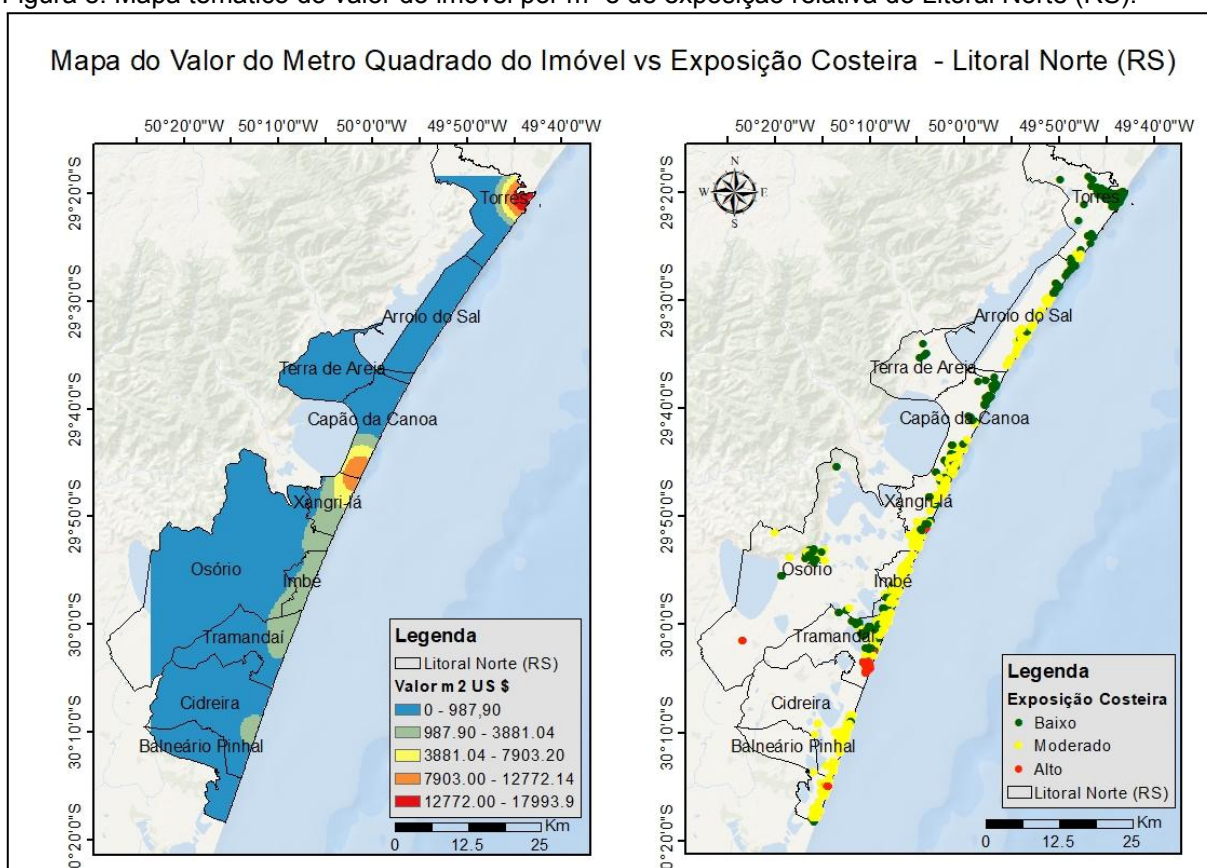


Nota: Figura do Fluxograma das ações desenvolvidas para a coleta dos dados dos imóveis, desde sua obtenção e processo espacial, as atividades são feitas em sequência da esquerda para direita, no quadro rosa está descrito a ferramenta *Web Scraping*, os quadros em azul e roxo são as bibliotecas utilizadas do Python, o quadro em verde identifica os processados espacialmente, e em branco são as atividades propostas.

4.2.3 Análise espacial

Primeiramente, foi realizada a união dos dados obtidos das duas seções anteriores, 4.2.1 e 4.2.2. Utilizando o cálculo da distância ao ponto mais próximo da exposição costeira, fornecido pelo *Coastal Vulnerability Model - InVEST*, para associar com o valor do imóvel mais próximo a ele. Este processo foi utilizado a ferramenta disponível no *software ArcMap®*, a ilustração do resultado deste processo pode ser vista na Figura 8.

Figura 8: Mapa temático do valor do imóvel por m² e de exposição relativa do Litoral Norte (RS).



Nota: A sua esquerda o mapa de calor do valor do imóvel por metro quadrado, e a sua esquerda o mapa de exposição relativa de risco de erosão e inundação do *Coastal Vulnerability Model - InVEST*, note que o dado a direita ele foi unido com os valores dos dados do imóvel por metro quadrado, ou seja, como foi descrito a ação desenvolvida no parágrafo anterior.

Depois para utilização dos modelos em consonância foi realizada a remoção de valores atípicos, referentes a alguns valores de imóveis que estão muito acima dos demais. Para que possa haver uma distribuição normal na sua análise estatística, foram removidos. Esta verificação foi utilizada no *software RStudio*, versão 3.3.0. Após o tratamento dos dados, para adequação dos modelos ajustados,

foram obtidos 2099 pontos de amostras no Litoral Norte (RS), em que o menor m² do imóvel foi de 37m².

Logo após a análise observacional foi realizada uma análise de regressão que permitiu modelar, examinar e explorar as relações espaciais dos dados obtidos para entender melhor os fatores que ficaram por trás dos padrões espaciais observados.

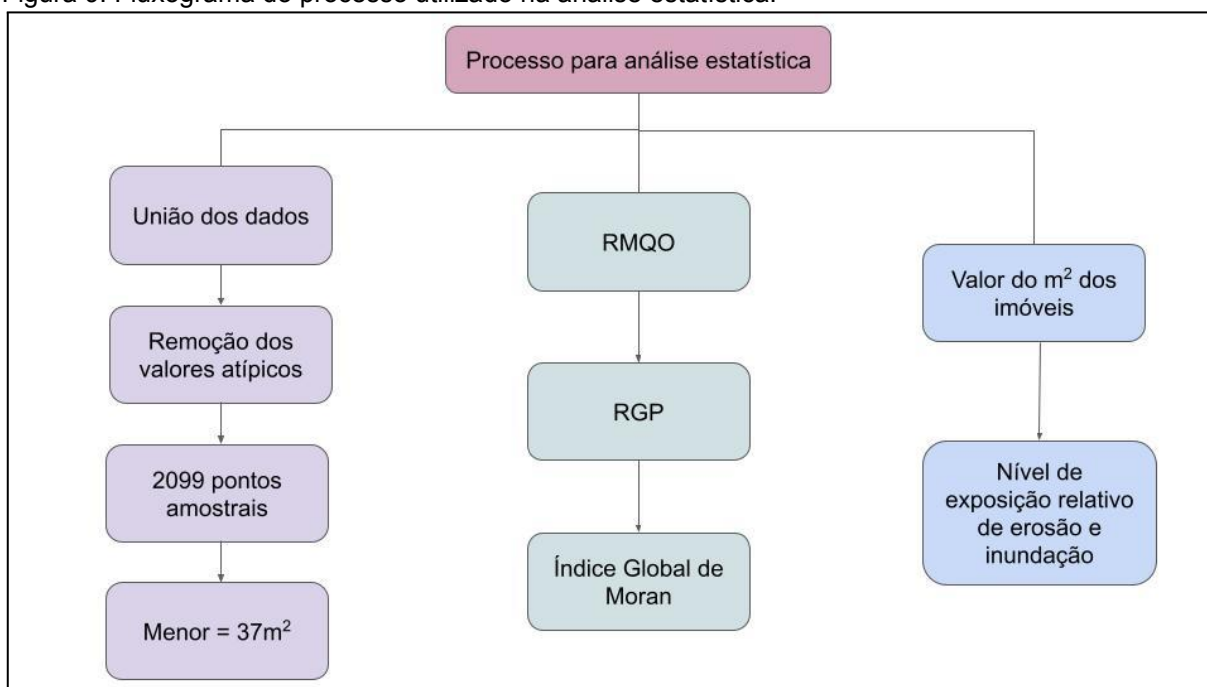
Para isto, foi utilizada a regressão de mínimos quadrados ordinários (RMQO), um método de regressão clássica. Conjugada à regressão geograficamente ponderada (RGP ou *Geographically Weighted Regression - GWR*), descrito por Brunson *et al.* (1996), um método de regressão espacial local, ambos descritos na seção 3.6.3. Para as duas análises de regressão, foi utilizado o *software ArcMap®*.

Os valores do risco de exposição costeira à erosão e inundação foram utilizados os dados brutos, ou seja, variáveis contínuas. Para mera ilustração dos mapas foi feito o arredondamento destas variáveis contínuas, transformando para discretas, e depois transformadas em variáveis qualitativas ordinais (exemplo: baixo = 2, moderado = 3 e alto = 4). Este processo foi realizado somente para visualização dos mapas.

Para medir a autocorrelação espacial dos resíduos, nas duas regressões, foi usado o Índice de Moran implementado no *software ArcMap®*. Foi escolhido para os dois modelos, como variável dependente, o valor do m² dos imóveis, já a variável independente foi o nível de exposição relativo à erosão e inundação, fornecido pelo *Coastal Vulnerability Model - InVEST*. Como há apenas uma única variável independente, as duas regressões são univariadas.

Para uma melhor compreensão confeccionado um fluxograma dos processos listados anteriormente, Figura 9.

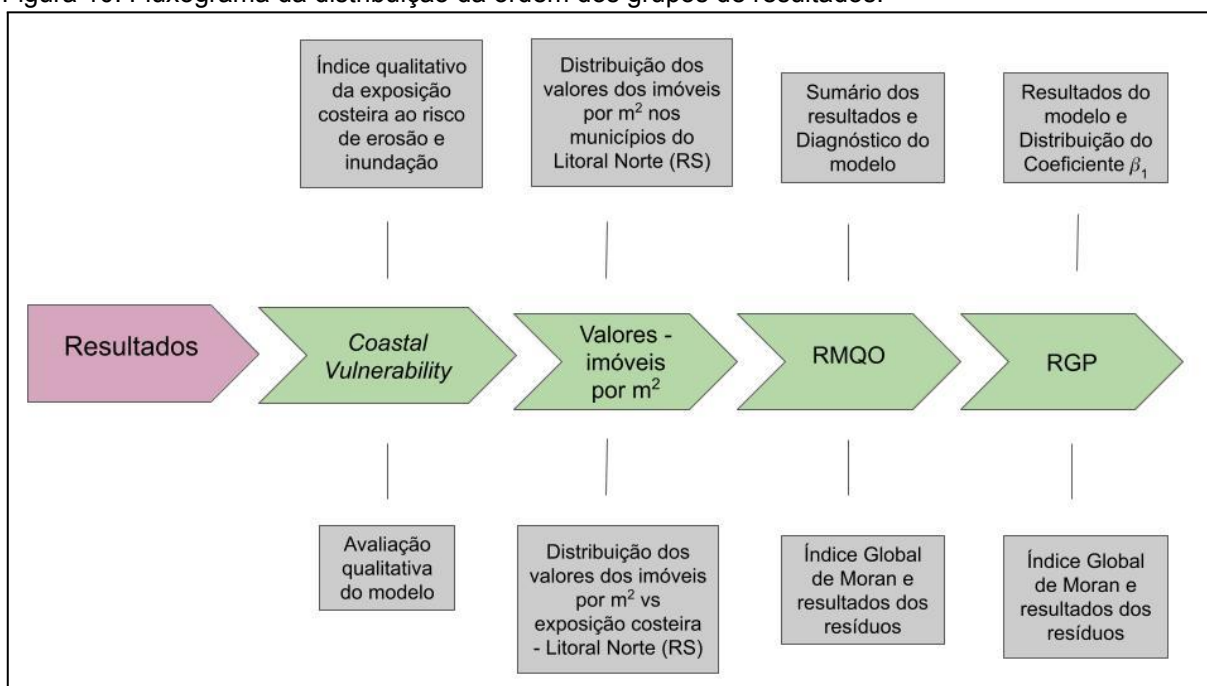
Figura 9: Fluxograma do processo utilizado na análise estatística.



5 RESULTADOS

Para melhor compreensão do leitor sobre os resultados obtidos foi confeccionado um fluxograma da ordem dos grupos de resultados, Figura 10.

Figura 10: Fluxograma da distribuição da ordem dos grupos de resultados.



5.1 Resultados do *Coastal Vulnerability Model - InVEST* e sua avaliação qualitativa do modelo

Foram plotados na linha de costa do Litoral Norte (RS) 4011 pontos, entre cada 30 metros, com valores como segue: 5% alto, 62% moderado, e 33% baixo no total (Tabela 1). Tramandaí, Xangri-Lá, Balneário Pinhal e Cidreira apresentam alta exposição. Tramandaí com 35% dos seus pontos distribuídos na linha de costa de exposição alta.

Já Osório e Terra de Areia com pontos na linha de costa de 100% moderados de exposição costeira. Os municípios com valores de baixo a moderado são: Imbé, Capão da Canoa, Arroio do Sal e Torres. Um panorama ilustrativo geral de como ficou distribuído em destaque, na Figura 11, demais municípios estão dispostos no APÊNDICE A.

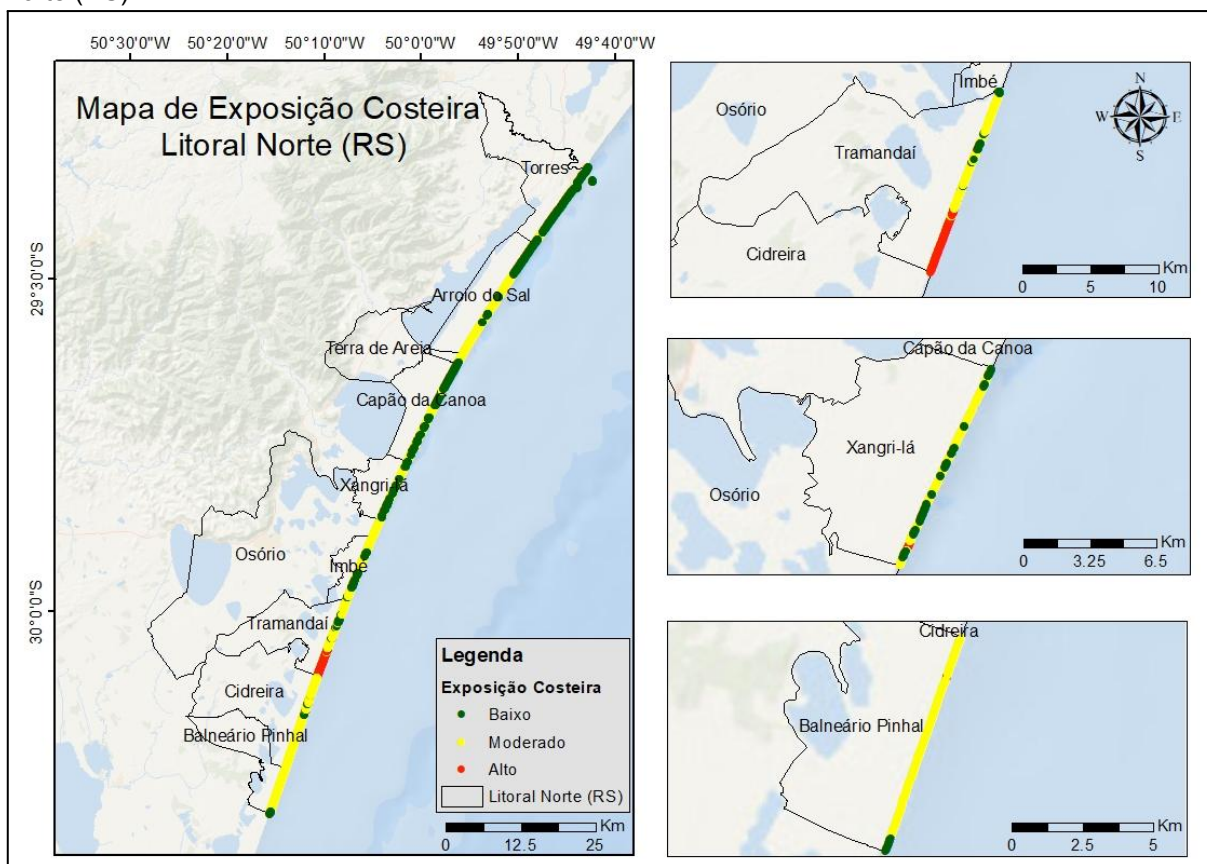
Tabela 1: Resultados individuais dos municípios do Litoral Norte (RS) sobre o risco de exposição relativa à erosão e inundação.

Municípios	Baixo (%)	Moderado (%)	Alto (%)	Total (Quantidade de pontos na linha de costa)
Balneário Pinhal	6	92	2	268
Cidreira ⁶	3,72	95,90	0,37	537
Tramandaí	9	56	35	465
Imbé	18	82	-	350
Osório	-	100	-	96
Xangri-lá ⁷	30,23	66,28	3,39	344
Capão da Canoa	51	49	-	580
Terra de Areia	-	100	-	48
Arroio do Sal	31	69	-	651
Torres	91	9	-	509

⁶ Dados arredondados.

⁷ Dados arredondados.

Figura 11: Mapa temático da Exposição Costeira Relativa à Risco de Erosão e Inundação do Litoral Norte (RS).



Nota: A esquerda mapa de exposição costeira do Litoral Norte (RS), a direita de cima para baixo mapa de exposição costeira do município de Tramandaí, Xangri-Lá e Balneário Pinhal.

Para a avaliação qualitativa do modelo, foram verificados trabalhos científicos e reportagens de eventos meteorológicos. Segundo Esteves (2004) foi mapeada erosão significativa em regiões no Litoral Norte (RS) como: Balneário Pinhal, Cidreira, Tramandaí e Xangri-Lá, igualmente, conforme os resultados apresentados no modelo.

Tabajara *et al.* (2012) mostrou na porção sul do município de Xangri-Lá, que há presença de erosão, devido a fatores como urbanização (MARTINHO *et al.*, 2010; TOMAZELLI *et al.*, 2008). E, aumento de sangradouros na linha de costa (VIANNA *et al.*, 2020).

Vianna *et al.* (2020) relatam que no evento meteorológico de 2016, o mais intenso dos últimos 40 anos do litoral gaúcho, que ao sul do município de Tramandaí é uma área propícia à erosão, devido ao número elevado de sangradouros e expansão urbana. Além disso, há várias lagoas costeiras na região, em períodos

intensos de pluviosidade há aumento de sangradouros (CALLIARI *et al.*, 2010). Propiciando a erosão costeira nesta região.

Na porção ao norte de Cidreira os valores de exposição costeira são altos, provavelmente devido ao vento dominante (NE-SW), que são mais intensos causando erosão. Além de não estar próximo da escarpa da Serra, que faz a redução da velocidade dos ventos (MARTINHO *et al.*, 2010; TOMAZELLI *et al.*, 2008).

Já em Balneário Pinhal provavelmente os valores altos de exposição costeira devem-se ao número intenso de sangradouros (VIANNA *et al.*, 2020). Que são intensificados em períodos de pluviosidade devido ao grande número de lagoas costeiras (CALLIARI *et al.*, 2010).

No município de Torres, com ventos predominantes de NE, e de S-SW, a proximidade com a escarpa da Serra reduz a velocidade dos ventos, sendo sua maior ameaça o processo de urbanização (MARTINHO *et al.*, 2010; TOMAZELLI *et al.*, 2008). E, no evento meteorológico de 2016, a região mais afetada em Torres foi na porção norte, mas este evento não foi tão significativo como para outros municípios do Litoral Norte (RS) (VIANNA *et al.*, 2020).

Chama-se atenção os resultados entre os limites políticos dos municípios de Osório e Imbé, com valores moderados de exposição costeira, no modelo. Há indícios de eventos recentes que causaram erosão nas interpraias, em ressacas nos invernos de 2020 e 2021 (JORNAL CIDADES, 2020; JORNAL DA CIDADES; 2021). Provavelmente deve-se porque na porção sul do Litoral Norte, a partir do município de Imbé não está mais sobre a influência da escarpa da Serra, deixando os ventos mais intensos (MARTINHO *et al.*, 2010; TOMAZELLI *et al.*, 2008).

5.2 Mapeamento dos valores dos imóveis

A caracterização da distribuição dos valores dos imóveis por m² no Litoral Norte para cada município é apresentada na Tabela 2 e Gráfico 1, Figura 12 e Figura 8 (esta figura está disponível na seção 4.2.3). Para os resultados da distribuição espacial do cálculo da distância ao ponto mais próximo da exposição costeira, descrito na seção 4.2.3, e do valor m² do imóvel estão apresentados na Figura 8, na seção 4.2.3.

Como pode-se notar, os valores do imóvel por m² não seguem distribuição normal no Litoral Norte (RS), os valores mínimo e máximo estão muito distantes entre si. Além da média e mediana não terem valores próximos, e o seu desvio padrão estar com valores altos (Tabela 2).

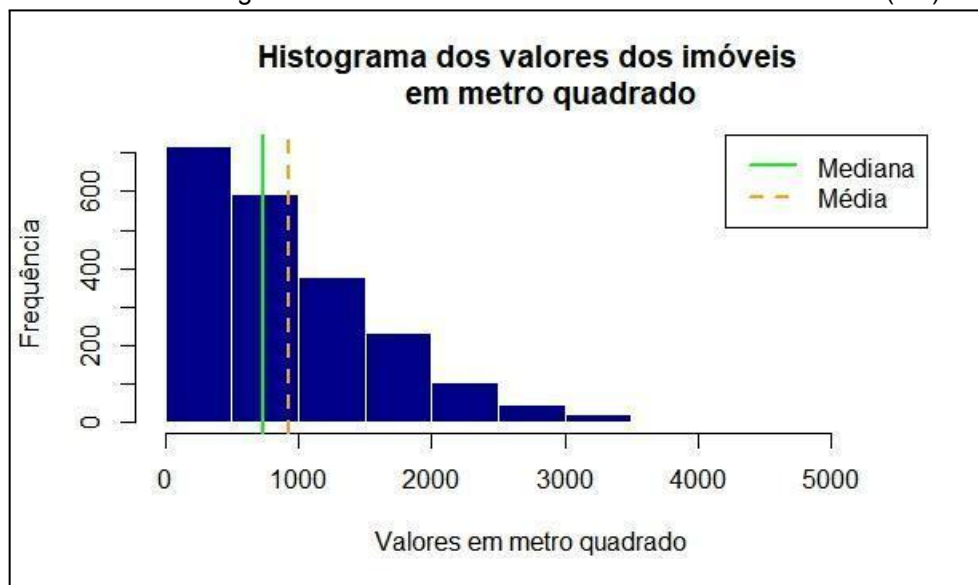
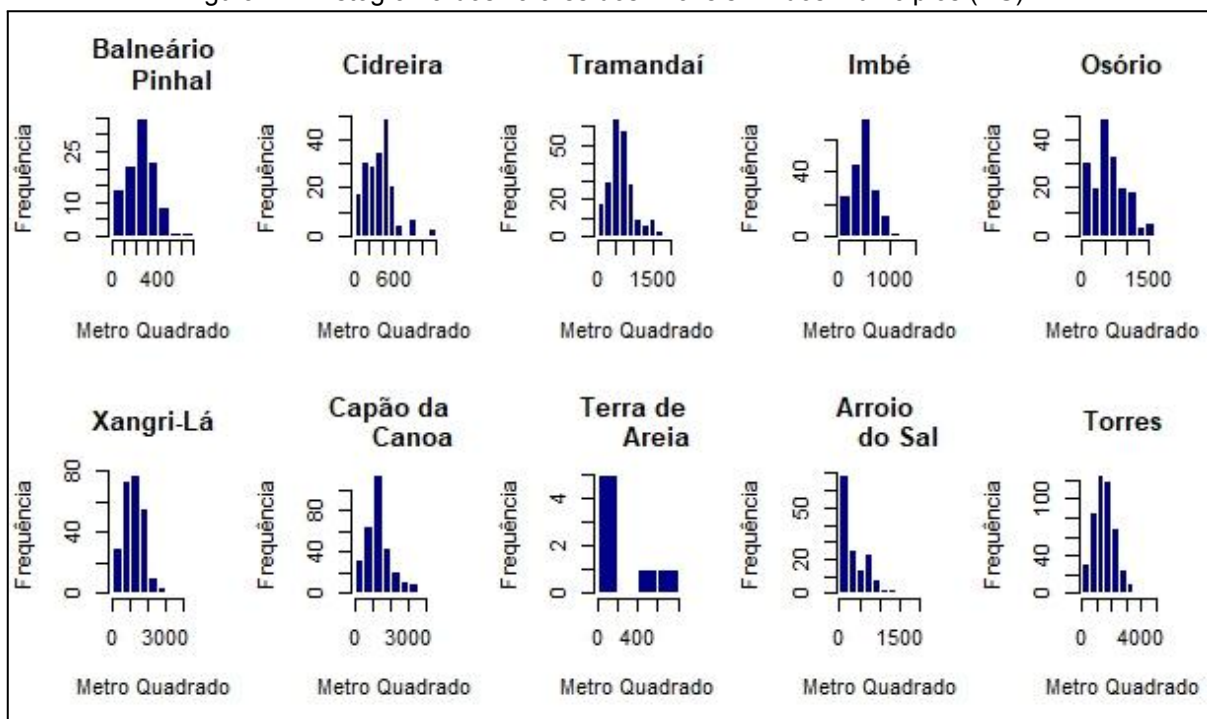
Tabela 2: Distribuição do sumário do valor do imóvel por m² (em US \$) - municípios do Litoral Norte (RS).

Valor por m ²	Mínimo	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Máximo	Desvio Padrão
Balneário Pinhal	3,19	184,57	184,57	254,69	332,52	605,17	122,54
Cidreira	46,95	205,55	373,99	361,46	459,72	1117,97	201,26
Tramandaí	35,03	446,23	613,76	659,16	804,52	2149,94	363,56
Imbé	43,32	332,60	475,38	472,55	591,59	1573,81	247,11
Osório	0,91	393,13	563,08	609,96	841,11	1786,43	363,91
Xangri-Lá	95,55	719,90	1179,12	1180,08	1587,52	4469,39	588,33
Capão da Canoa	2,00	858,45	1262,76	1338,80	1615,53	4476,03	763,32
Terra de Areia	1,88	42,47	69,01	202,51	264,11	733,54	275,55
Arroio do Sal	29,85	64,69	272,33	373,69	633,86	1990,69	372,62
Torres	3,89	995,01	1460,82	1521,83	1979,30	5229,92	768,78
Geral	0,91	390,13	733,38	925,60	1329,65	5229,92	728,52

Fonte: *RStudio*, versão 3.3.0.

Quando se observa a distribuição dos valores por m² dos imóveis por município, e se compara entre municípios, muda a relação, como por exemplo: com valores muito baixos, como o caso da média do município de Terra de Areia, até valores muito altos na média no município de Torres.

E também, a distribuição em muitos dos municípios não é homogênea, por exemplo, o município de Osório em que o valor do metro mínimo é US \$0,91, o máximo US \$9347,83 e um desvio padrão US \$363,91. Outro exemplo é Torres, que tem o maior valor US \$768,78, mínimo de US \$3,89, e o desvio padrão de US \$768,78, com o maior desvio padrão da área de estudo.

Gráfico 1: Histograma dos valores dos imóveis em m² do Litoral Norte (RS).Figura 12: Histograma dos valores dos imóveis m² dos municípios (RS).

Os mapas dos valores dos imóveis por m² para cada município e os mapas de exposição costeira, conforme os cálculos da distância ao ponto mais próximo da exposição costeira, estão disponíveis para cada município no APÊNDICE B.

Os valores de exposição costeira em relação aos imóveis (Tabela 3) como se pode notar, mostra que em Cidreira, Imbé, Capão da Canoa, Terra de Areia, Arroio

do Sal e Torres há índices de exposição costeira entre baixo e moderado (conforme os cálculos da distância ao ponto mais próximo da exposição costeira). Demais municípios com índices baixo e alto, nota-se que o município de Osório não tem pontos altos de exposição costeira no modelo do *Coastal Vulnerability*.

Porém, quando se faz o cálculo da distância ao ponto mais próximo da exposição costeira, muitos dos imóveis adquirem esta relação, pela proximidade dos pontos de exposição alta do município de Xangri-Lá. A ilustração espacial da disposição dos índices de exposição costeira, Figura 13 e 14.

Tabela 3: Distribuição do sumário dos valores de exposição costeira para cada município do Litoral Norte - RS.

Exposição Costeira	Mínimo	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Máximo
Balneário Pinhal	2,301	2,813	2,899	3,021	3,277	3,512
Cidreira	2,279	2,843	3,157	3,029	3,312	3,312
Tramandaí	2,434	2,509	3,073	2,968	3,346	3,544
Imbé	2,130	2,559	2,737	2,767	3,073	3,382
Osório	2,113	2,730	2,767	2,983	3,486	3,544
Xangri-Lá	2,113	2,217	2,793	2,627	2,793	3,653
Capão da Canoa	1,844	2,217	2,663	2,561	2,793	2,793
Terra de Areia	1,844	1,844	1,844	2,027	2,165	2,486
Arroio do Sal	1,914	2,298	2,580	2,645	2,899	3,319
Torres	1,643	1,643	1,643	1,862	1,973	2,583
Geral	1,643	2,214	2,684	2,581	2,899	3,653

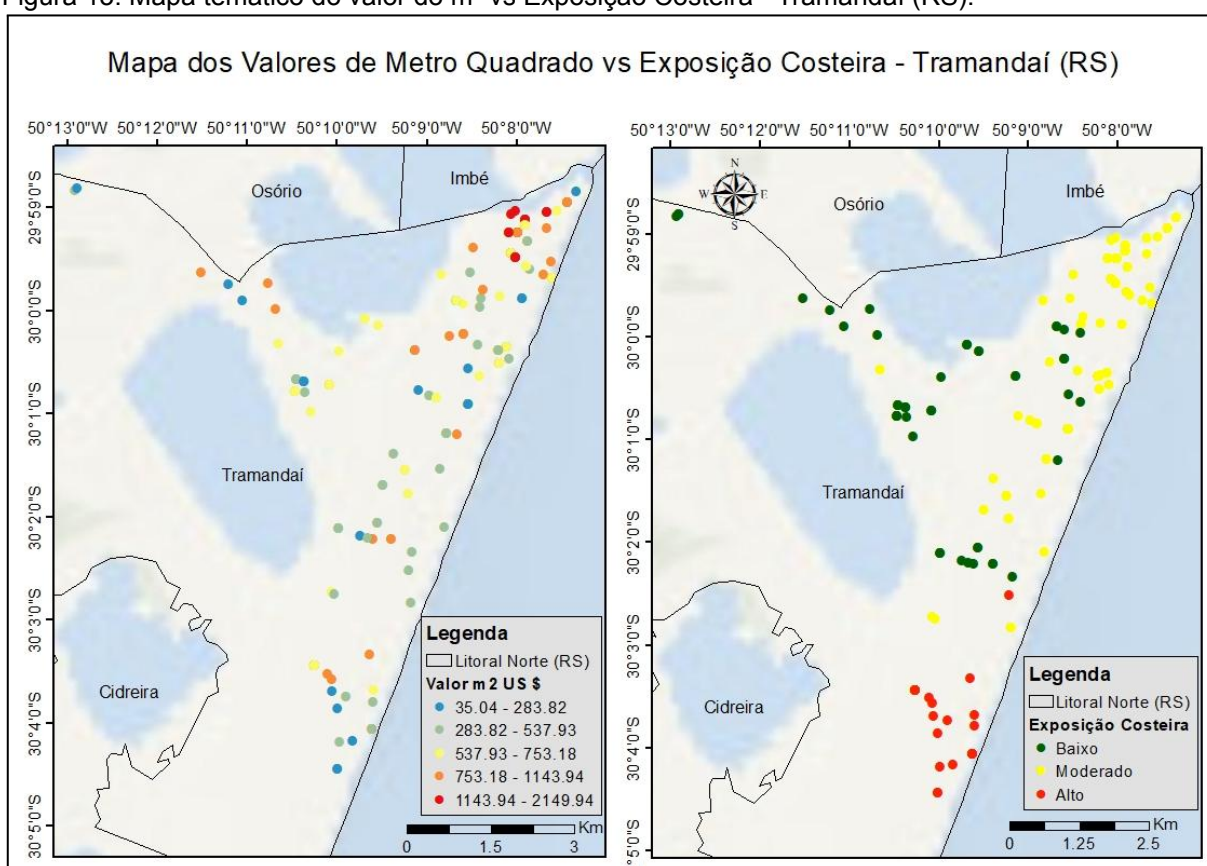
Fonte: *RStudio*, versão 3.3.0.

Também, foram encontrados os pontos de exposição mais altos no município de Tramandaí, num raio de 5km, em relação aos valores altos de exposição costeira, estão com valores variando de US \$35,04 a US \$1323,04, com desvio padrão US \$255,5093.

Já no município de Xangri-Lá, também num raio de 5km, em relação aos valores altos de exposição costeira, os valores variam de US \$48,41 a US \$2353,95, com padrão US \$421,0403.

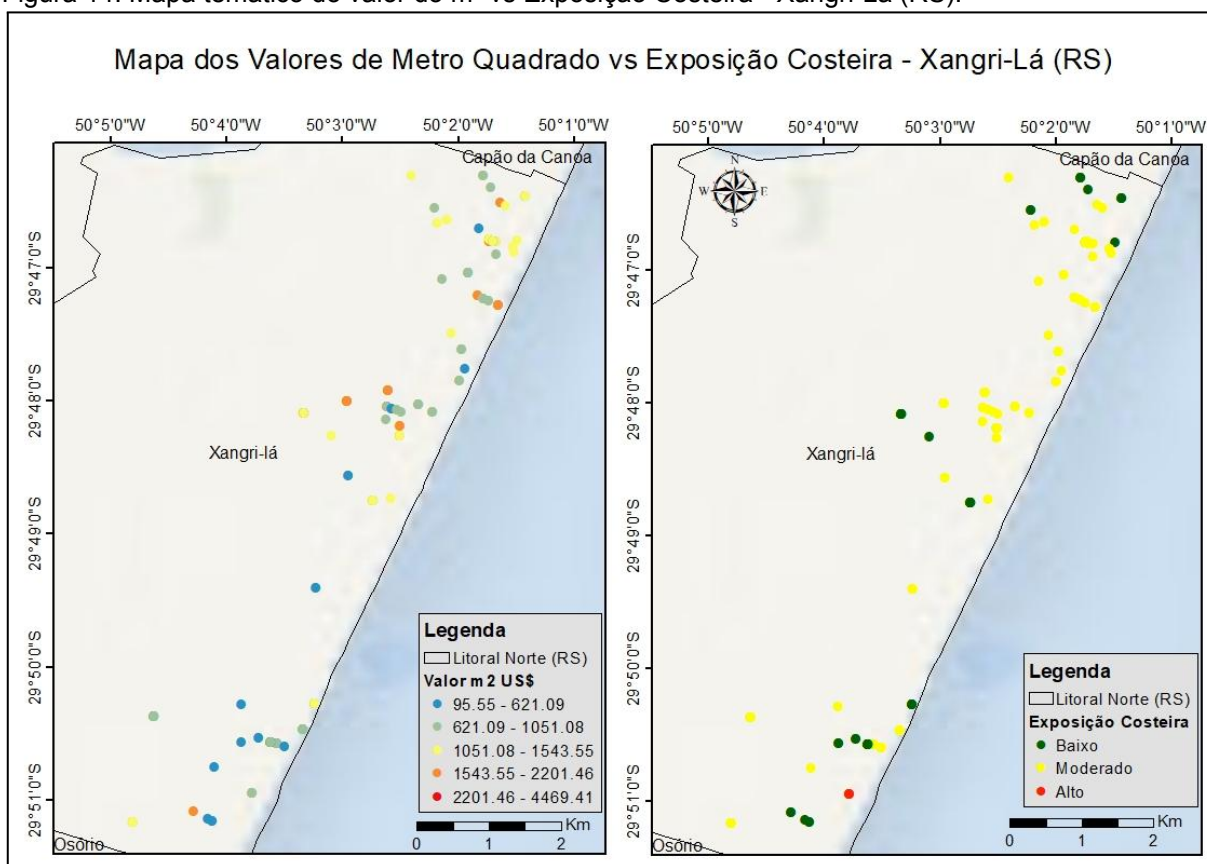
Apesar dos dois resultados mostrarem valores de distribuição não-homogênea, a distribuição espacial dos dois municípios ilustra que quanto mais próximos os valores estão do risco de erosão é menor os valores do m² dos imóveis (Figuras 13 a 15). Os mapas dos demais municípios estão dispostos no Apêndice B e C.

Figura 13: Mapa temático do valor do m² vs Exposição Costeira - Tramandaí (RS).



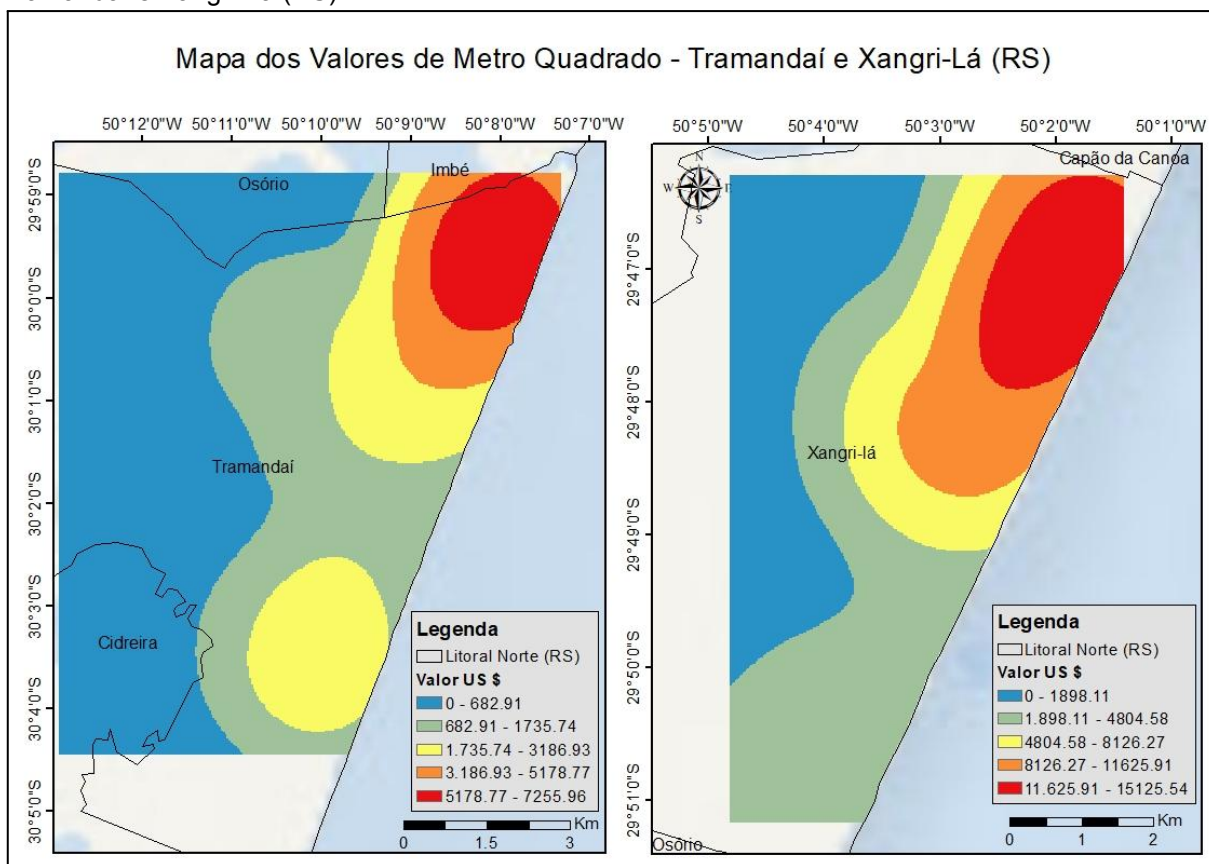
Nota: A esquerda o mapa do valor do m² do imóvel do município de Tramandaí, e a direita o mapa da exposição costeira, do município de Tramandaí, segundo o cálculo da distância e a proximidade das informações descritas na metodologia 4.2.3.

Figura 14: Mapa temático do valor do m² vs Exposição Costeira - Xangri-Lá (RS).



Nota: A esquerda o mapa do valor do m² do imóvel do município de Xangri-Lá, e a direita o mapa da exposição costeira, do município de Xangri-Lá, segundo o cálculo da distância e a proximidade das informações descritas na metodologia 4.2.3.

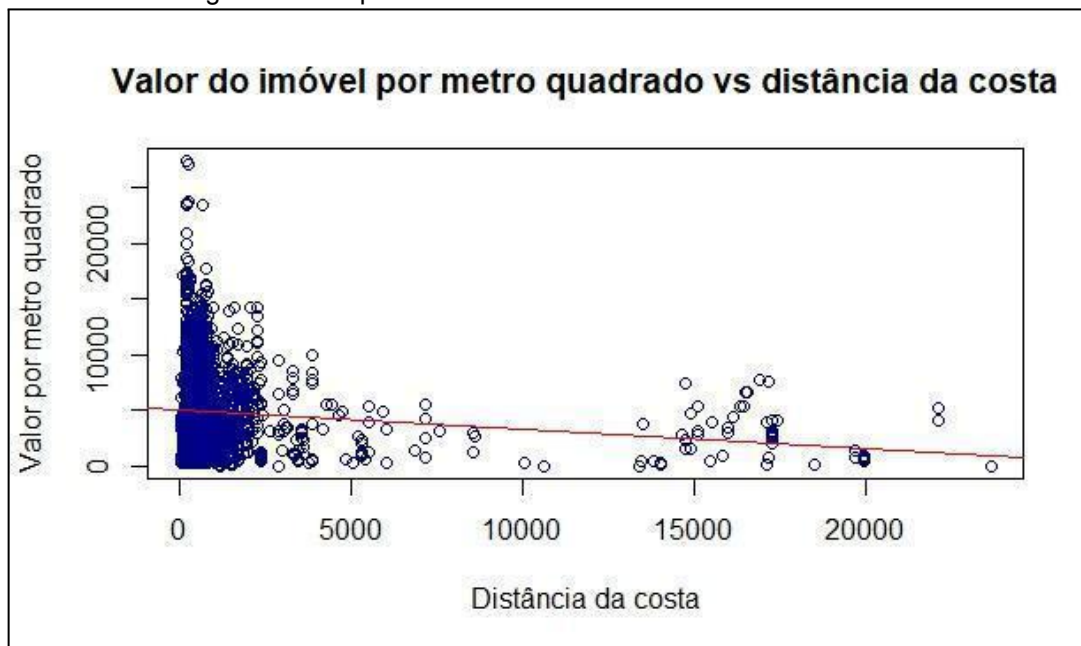
Figura 15: Mapa temático da densidade de *kernel* dos valores por m² dos imóveis nos municípios de Tramandaí e Xangri-Lá (RS).



Nota: A esquerda mapa temático da densidade de *kernel* dos valores por m² do imóvel no município de Tramandaí, e a direita mapa temático da densidade de *kernel* dos valores por m² do imóvel no município de Xangri-Lá.

Outros resultados são decorrentes do cálculo da distância ao ponto mais próximo da exposição costeira (Gráfico 2), que apontam uma distribuição proporcional, de forma geral, de quanto mais próxima da linha de costa, tanto maior o valor m² do imóvel.

Gráfico 2: Diagrama de dispersão do valor dos imóveis e distância à linha de costa.



5.3 Resultados do modelo de regressão mínimos quadrados ordinários - RMQO

Os resultados obtidos do modelo RMQO são: resultados dos parâmetros modelo, na Tabela 4, e diagnóstico do modelo, na Tabela 5. Também foi calculado o Índice Global de Moran sobre os resíduos. Para facilitar a compreensão do leitor, foram divididos em seções os resultados do modelo de regressão de mínimos quadrados ordinários.

5.3.1 Resultados das variáveis do modelo RMQO

O coeficiente de estimativa β_0 , ou o coeficiente intercepto, que é uma variável não variável na regressão, corresponde a 14444,05 (Tabela 4). O coeficiente de estimativa β_1 , coeficiente angular, que representa a inclinação da reta, corresponde a -3230,6.

Isto quer dizer que, quando o β_0 for igual a 14444,05, o valor do preço do imóvel em m^2 será igual 14444,05, e o valor da exposição costeira é igual a 0. E, quando o valor de β_1 for igual -3230,6, o valor da variação esperada no preço do imóvel em m^2 será igual -3230,6 e o valor da exposição costeira aumenta em 1.

Com os valores de erro padrão dos coeficientes e do Teste T, com $\alpha = 5\%$, o t_{obs} pertence à região crítica, e é maior que o $t_{crítico}$, ou seja, rejeita a hipótese nula,

desta forma. Com 95% de confiança há evidência de que a exposição costeira é relevante para explicar o valor do m² do imóvel.

Além disso, o valor da probabilidade é igual a zero, significa que o p-valor é igual a zero, ou seja, mais um resultado reafirmando a rejeição da hipótese nula.

Tabela 4: Sumário dos resultados dos Mínimos Quadrados Ordinários - Variável do Modelo.

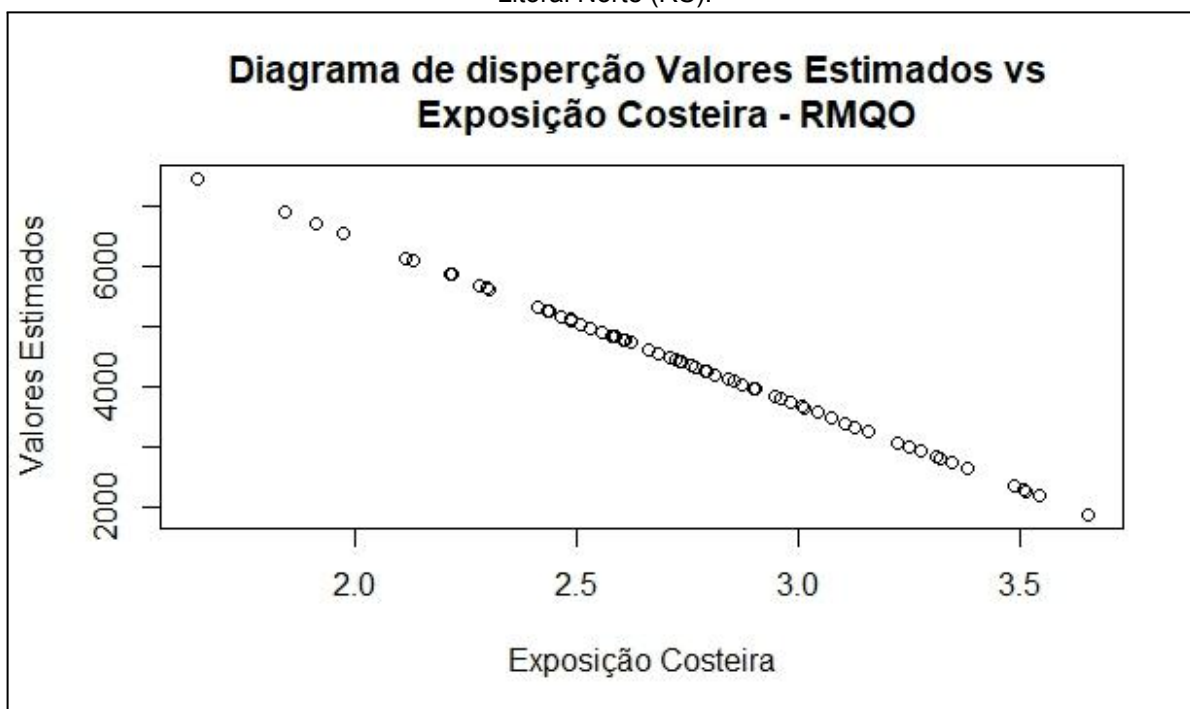
Variável	Coefficient e	Erro padrão	Teste - T	Probabilid ade	Robusta_ SE	Robusta_t	Probabilid ade Robusta
Intercepto	14444,05	807,27	17,89	0,00*	719,1014 29	20,08624 2	0,00*
Exposição	-3230,6	270,29	-11,95	0,00*	235,4810 30	-13,72	0,00*

Fonte: Realizado através do software ArcMap 10.5.1.

Nota: Sempre quando houver um * asterisco ao lado de um número indica um p-valor estatisticamente significativo ($p < 0,01$).

Ainda, o sinal negativo no coeficiente de estimativa de β_1 corresponde a uma correlação negativa, ou seja, provável relação inversamente proporcional em que, quanto maior for o valor m² do imóvel, menor será o valor da exposição costeira. O diagrama de dispersão dos valores estimados do valor em m² do imóvel e a exposição costeira são apresentados no Gráfico 3.

Gráfico 3: Diagrama de dispersão dos valores estimados vs exposição costeira do modelo RMQO no Litoral Norte (RS).



5.3.2 Resultados do diagnóstico do modelo RMQO

O R^{28} , também chamado de coeficiente determinante/explicação, é igual a 0,06 (Tabela 5), ou seja, 6,38% é a proporção da variável valor do m^2 do imóvel para explicar a variável exposição costeira.

Quando o p-valor está estatisticamente significativo em relação às estatísticas F, Wald e Koeker⁹. Sendo assim, a hipótese nula para os ambos testes, sugerindo que a variável explicativa não é efetiva para o modelo. E também, dá indícios de autocorrelação. Com isto, faz-se necessário a execução do Índice Global de Moran sobre os resíduos, o que ocorre nos resultados das três estatísticas na Tabela 5.

Tabela 5: Diagnóstico dos Mínimos Quadrados Ordinários.

Variável de entrada:	Dados	Variável dependente:	Valor do imóvel por metro quadrado
Número de observações	2099	Critério de Informação de Akaike corrigido (AICc)	40439,86
R^2	0,06	R^2 ajustado	0,06
Estatística F	142,86	Prob(>F), (1,2350) graus de liberdade:	0,00*
Estatística Wald	188,21	Prob(>qui-quadrado), (1) graus de liberdade	0,00*
Estatística Koenker (BP) ¹⁰	11,70	Prob(>qui-quadrado), (1) graus de liberdade	0,00*
Estatística Jarque-Bera ¹¹	1255,88	Prob(>qui-quadrado), (2) graus de liberdade	0,00*

Fonte: Realizado através do software ArcMap 10.5.1.

Nota: Sempre quando houver um * asterisco ao lado de um número indica um p-valor estatisticamente significativo ($p < 0,01$).

⁸ “Quando $0 < R^2 < 1$, isto é interpretado como a porcentagem da variação de y, em torno de sua média, que é explicada pelo modelo de regressão” (HILL; JUDGE; GRIFFITHS, 2010, p.142).

⁹ A Estatística F conjunta com a Estatística Wald são medidas de significância estatística geral do modelo. A Estatística F é confiável apenas quando a Estatística Koenker não é estatisticamente significativa. Se a Estatística Koenker for significativa, deve-se consultar a Estatística Wald para determinar a significância geral do modelo. A hipótese nula para ambos os testes é que as variáveis explicativas do modelo não são efetivas (ARCGIS, 2023a).

¹⁰ Teste para determinar se as variáveis explicativas no modelo têm uma relação consistente com a variável dependente tanto no espaço geográfico quanto no espaço de dados (ARCGIS, 2023a).

¹¹ Indica se os resíduos são normalmente distribuídos (ARCGIS, 2023a).

5.3.3 Resultados do Índice Global de Moran e Resíduos - RMQO

O valor do Índice Global de Moran para RMQO é de 0,91 (Tabela 6), apontando alta autocorrelação espacial no modelo, como mostra a Figura 16 do mapa dos resíduos, em ambos os casos temos uma distribuição espacial não-homogênea.

Desta forma, devido à autocorrelação do modelo global, houve a necessidade de utilizar outro modelo além do RMQO, para explicar a relação das variáveis, ou seja, utilizar um modelo local, neste caso o modelo RGP.

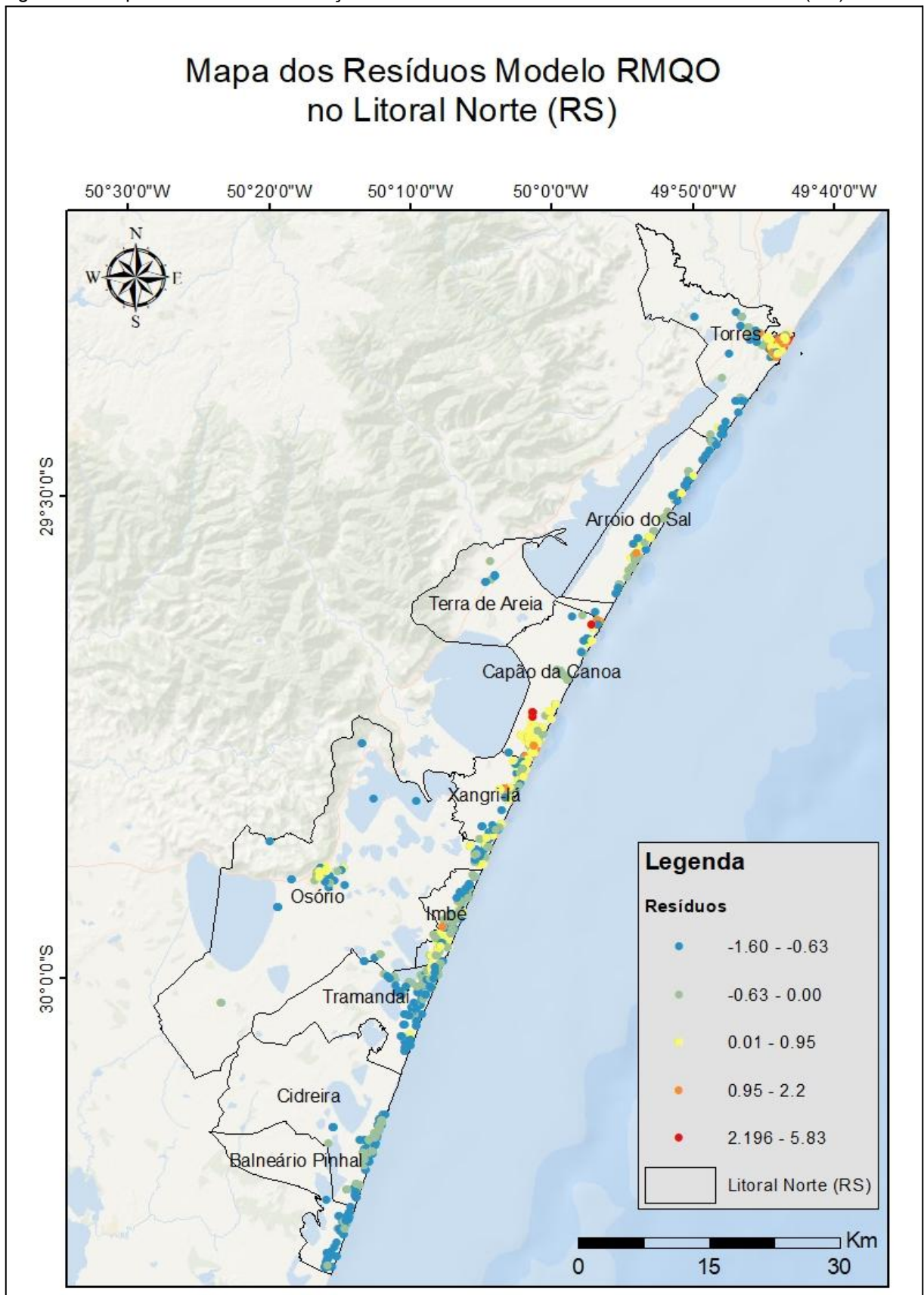
Tabela 6: Sumário do Índice Global de Moran dos modelos RMQO.

Modelo	Índice de Moran	Índice Esperado	Varição	Escore-Z	P-Valor
RMQO	0,91	-0,00	0,00	94,97	0,00

Fonte: Realizado através do software ArcMap 10.5.1.

Nota: Para o modelo RMQO dado o escore-z de 94,97, há menos de 1% de probabilidade de que esse padrão agrupado possa ser resultado de uma chance aleatória.

Figura 16: Mapa temático da distribuição dos resíduos do modelo RMQO no Litoral Norte (RS).



5.4 Resultados do modelo de regressão geograficamente ponderada - RGP

Os resultados obtidos do modelo RGP são: diagnóstico do modelo, ou seja, informações resumidas sobre as variáveis e parâmetros do modelo (Tabela 7). Índice Global de Moran sobre os resíduos, e análise dos resíduos (Tabela 8 e Figura 17). Análise do R^2 para os pontos locais do modelo (APÊNDICE G e APÊNDICE H). Resultados do coeficiente β_1 dos pontos locais do modelo (Tabela 10 e 13, Gráfico 6 e Figura 18 e 19).

Para obtenção dos melhores resultados do modelo RGP, foi configurado o modelo da seguinte forma:

Quadro 8: Configuração usada para o modelo RGP.

Configuração do modelo RGP	
Tipo de kernel ¹²	Adaptivo
Método de largura de banda	AICc

Nota: Foi escolhido o AICc no método de de largura de banda, pois foi encontrado o menor AICc, e também porque não demonstrou dentro do modelo nenhum dado com problemas de multicolinearidade local¹³, ou seja, não indica resultados instáveis.

Para melhor compreensão do leitor os resultados do modelo foram distribuídos em sessões sequenciais.

5.4.1 Resultados do diagnóstico do modelo RGP

O diagnóstico geral (Tabela 7 e Gráfico 4), do modelo RGP apresentou um R^2 de 0,44, ou seja, 44,33% é a proporção da variabilidade do valor do m^2 do imóvel, que é explicada pela variabilidade da exposição costeira, aumentando consideravelmente em relação ao RMQO.

Já o AICc¹⁴ mostra ser menor comparado ao RMQO, o que, em termos de resultados do modelo, é satisfatório, pois quanto menor o AICc melhor é o modelo. Além disso, o modelo mostra os resultados para cada ponto observado, desta forma a análise foi concentrada nestes dados.

¹² Especifica se o Kernel é construído como uma distância fixa ou se é permitido variar em extensão em função da densidade do recurso - Fixed: distância fixa; Adaptável: especifica nº de vizinhos (ARCGIS, 2023).

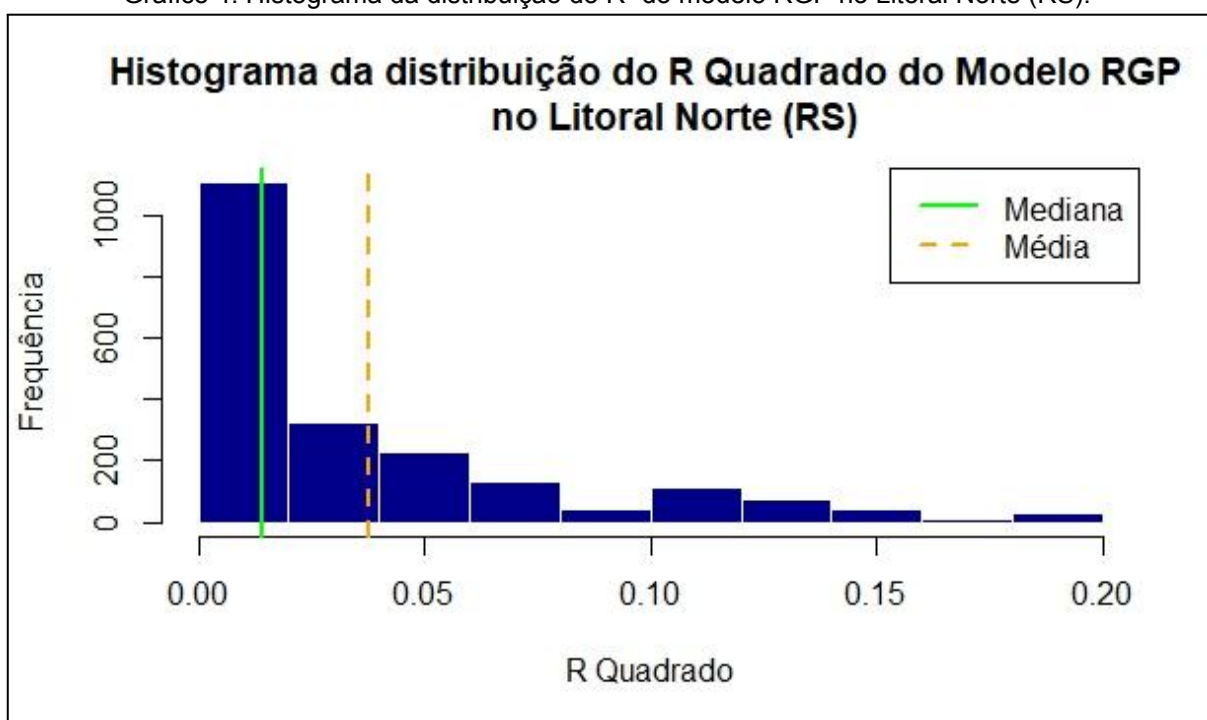
¹³ Multicolinearidade quando duas ou mais variáveis são redundantes ou juntas contam a mesma história, os resultados não são confiáveis quando duas ou mais variáveis exibem multicolinearidade. Está disponível na saída do modelo no campo de número de condição - COND (ARCGIS, 2022).

¹⁴ O melhor modelo é o que possui menor valor de AICc (CÂMARA et al., 2004).

Tabela 7: Sumário dos resultados do modelo RGP.

Vizinhos	Quadrados dos Resíduos ¹⁵	Número Efetivo ¹⁶	Sigma ¹⁷	AICc ¹⁸	R ²	R ² ajustado
577	169738149 29,80	15,56	2854,30	39370,38	0,44	0,44

Fonte: Realizado através do software ArcMap 10.5.1.

Gráfico 4: Histograma da distribuição do R² do modelo RGP no Litoral Norte (RS).

5.4.2 Resultados do Índice Global de Moran e Resíduos - RGP

O Índice de Global de Moran dos resíduos mostrou uma diminuição dos valores quando comparado ao modelo anterior (Tabela 8). Os valores dos resíduos (Tabela 9 e Gráfico 5) também são espacialmente melhores distribuídos, com maior homogeneidade (Figura 17), demonstrando que para análise este modelo é melhor.

¹⁵ Diferença entre o valor y observado e seu valor estimado no modelo RGP (ARCGIS, 2023).

¹⁶ Valor reflete uma compensação entre a variância dos valores ajustados e o viés nas estimativas dos coeficientes e está relacionado à escolha da largura de banda (ARCGIS, 2023).

¹⁷ É o desvio padrão estimado para os resíduos, que é usado para cálculos do AICc (ARCGIS, 2023).

¹⁸ Medida de desempenho do modelo, é útil para comparar diferentes modelos de regressão (ARCGIS, 2023).

E os resíduos estão com valores próximos a zero. Os resíduos dos municípios individuais estão disponíveis no APÊNDICE D, APÊNDICE E e APÊNDICE F.

Tabela 8: Sumário do Índice Global de Moran dos modelos RGP.

Modelo	Índice de Moran I	Índice Esperado	Varição	Escore-Z	P-Valor
RGP	0,47	-0,00	0,00	48,98	0,00

Fonte: Realizado através do software ArcMap 10.5.1.

Nota: Para o modelo RGP dado o escore-z de 48,98, há menos de 1% de probabilidade de que esse padrão agrupado possa ser resultado de uma chance aleatória.

Tabela 9: Distribuição do sumário do Resíduos do modelo RGP.

Modelo	Mínimo	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Máximo
RGP	-2,74	-0,59	-0,13	0,03	0,55	3,30

Fonte: RStudio, versão 3.3.0.

Gráfico 5: Histograma da distribuição dos resíduos do modelo RGP no Litoral Norte (RS).

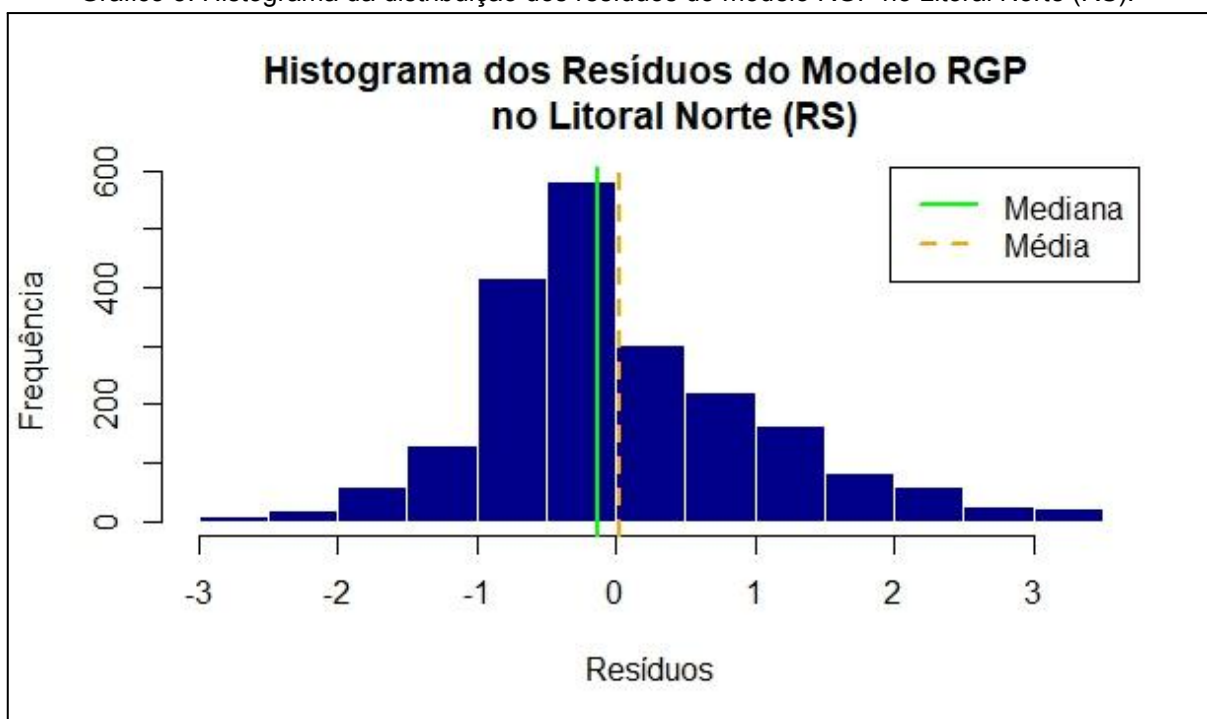
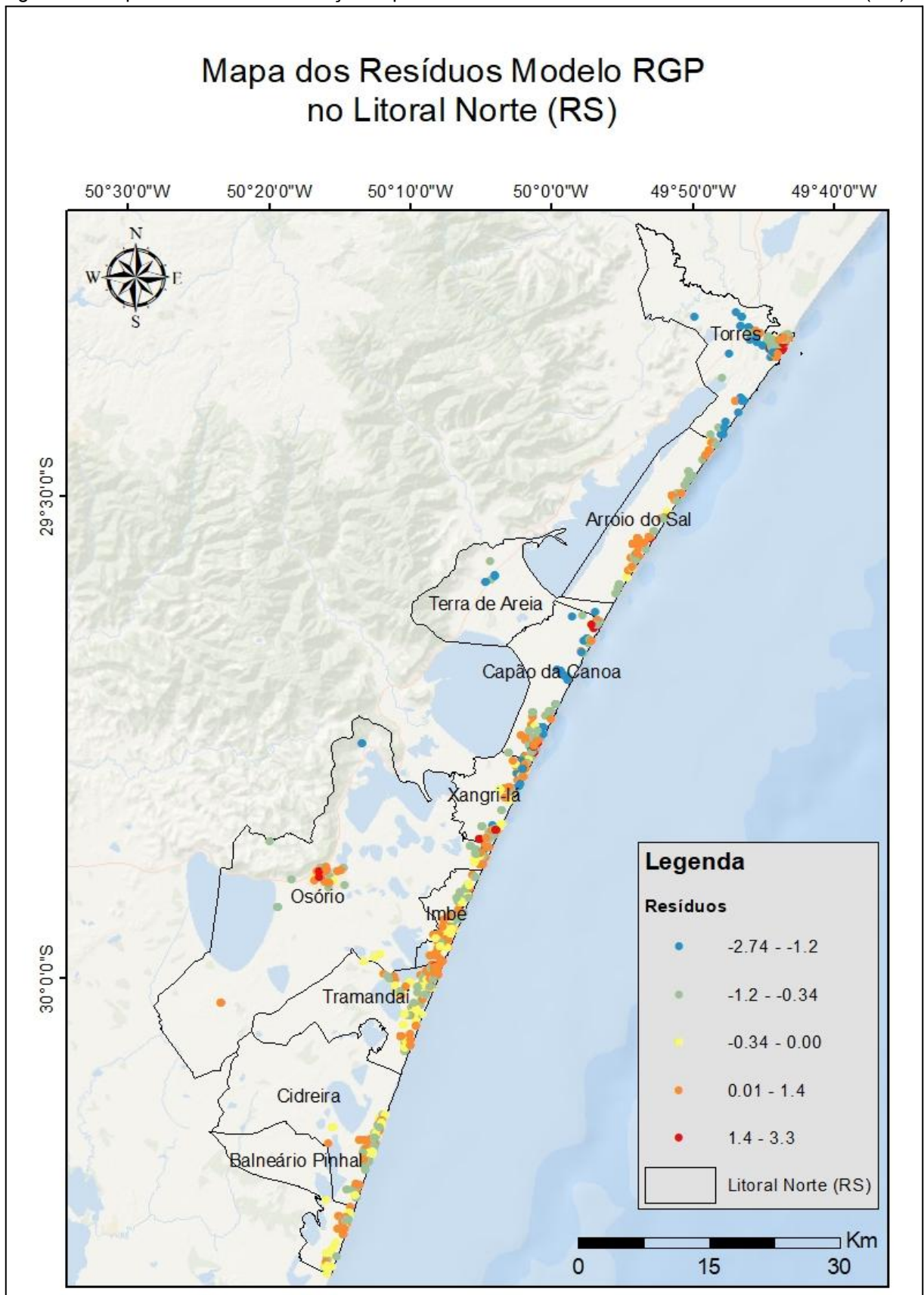


Figura 17: Mapa temático da distribuição espacial dos resíduos do modelo RGP no Litoral Norte (RS).



5.4.3 Resultados do Coeficiente β_1 - RGP

A distribuição dos valores do Coeficiente β_1 no modelo RGP mostra valores positivos e negativos, com uma tendência maior de valores negativos, como mostra a média e mediana (Tabela 10 e Gráfico 6). Há uma tendência para cada ponto da amostra ser inversamente proporcional: quanto maior o valor em m² do imóvel, menor o nível de exposição costeira. A Figura 18 apresenta sua distribuição espacial geral, e entre os municípios de Xangri-Lá e Capão da Canoa.

Tabela 10: Distribuição do sumário do Coeficiente β_1 do modelo RGP.

Modelo	Mínimo	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Máximo
RGP	-5344,8	-1808,4	-1205,2	-1077,6	-397,7	2961,7

Fonte: *RStudio*, versão 3.3.0.

Gráfico 6: Histograma do Coeficiente β_1 do modelo RGP.

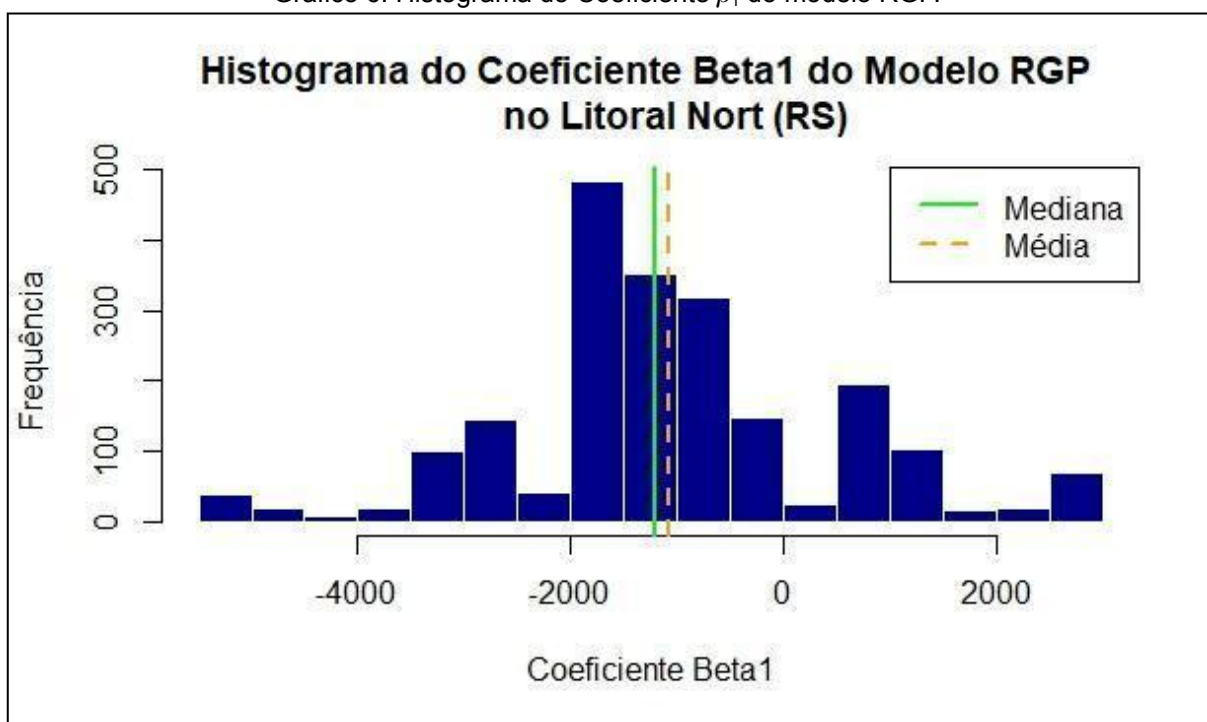
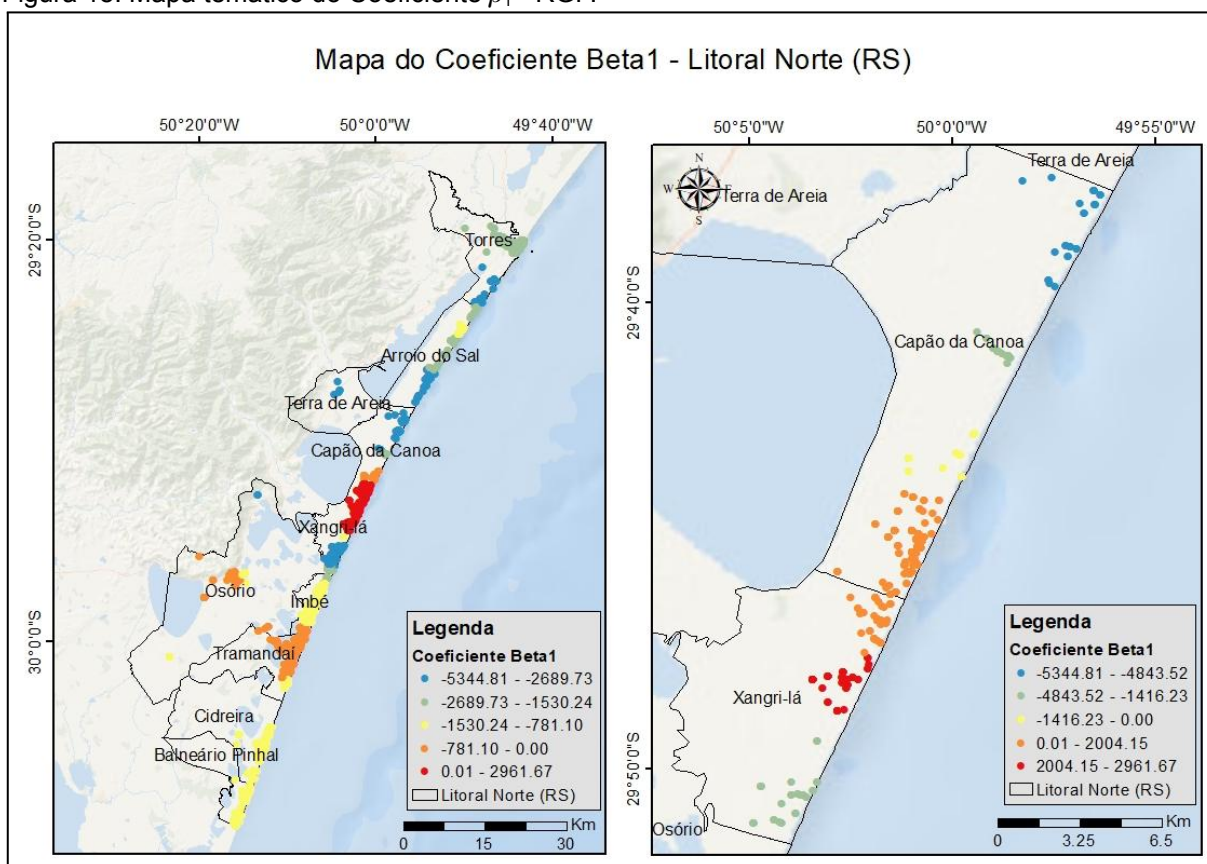


Figura 18: Mapa temático do Coeficiente β_1 - RGP.

Nota: A esquerda o mapa geral do Coeficiente β_1 , e a direita o mapa do Coeficiente β_1 dos municípios de Xangri-Lá e Capão da Canoa.

Na distribuição do sumário do Coeficiente β_1 para cada município, pode-se verificar que no município de Xangri-Lá (Figura 18 e 19, e Tabela 11), há uma maior incidência para valores positivos, conforme é ilustrado na média e mediana. Já, no município de Capão da Canoa (Figura 18 e Tabela 11), os valores variam entre positivos e negativos. Nos demais municípios, os valores são negativos em toda a extensão avaliada.

Para o município de Terra de Areia (Figura 19), com os valores mais negativos, os Gráficos da distribuição estão dispostos no APÊNDICE I. A distribuição espacial do Coeficiente β_1 entre os limites políticos dos municípios de Terra de Areia e Arroio do Sal, e entre Osório e Xangri-Lá, na Figura 19.

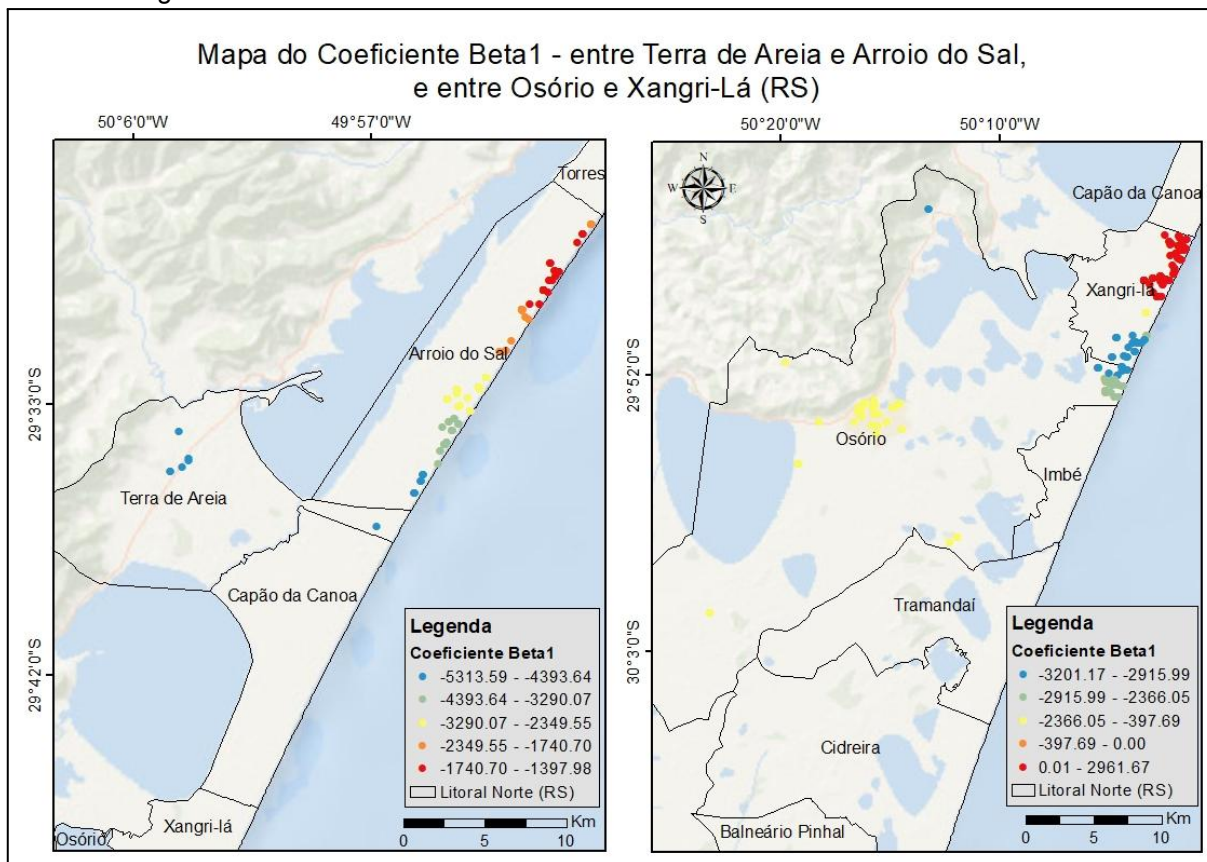
Além disso, os mapas temáticos ilustram que perto dos limites políticos de cada município os valores ficam muito próximos (Figura 18 e 19). Outros mapas temáticos com os limites políticos dos municípios e de cada município estão disponíveis no APÊNDICE J e APÊNDICE K.

Tabela 11: Distribuição do sumário do Coeficiente β_1 do modelo RGP para cada município.

Modelo	Mínimo	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Máximo	Desvio padrão
Balneário Pinhal	-933,5	-897,5	-876,7	-865	-833,3	-812,5	34,1
Cidreira	-1375,4	-1298,3	-1197,6	-1195,8	-1120,9	-954,4	111,6
Tramandaí	-1124,6	-627,1	-487,0	-507,2	-345,7	-138,2	212
Imbé	-1921,2	-1272,1	-1141,2	-1157,5	-988,6	-684,8	259,7
Osório	-3140,2	-2826,9	-2704,2	-2115,5	-774,1	-397,7	1010,3
Xangri-Lá	-3201,2	1239,1	1479,2	783,8	2579,1	2961,7	2258,2
Capão da Canoa	-5344,8	160	594	-247	774,1	1148,4	1971,8
Terra de Areia	-5314	-5230	-5223	-5227	-5217	-5159	45,4
Arroio do Sal	-4619	-3318	-2443	-2540	-1741	-1398	944,9
Torres	-4889	-1842	-1788	-1925	-1760	-1695	944,9

Fonte: *RStudio*, versão 3.3.0.

Figura 19: Mapa temático do Coeficiente β_1 entre os municípios de Terra de Areia e Arroio do Sal, e Osório e Xangri-Lá.



Nota: A esquerda o mapa temático dos valores do Coeficiente β_1 entre os limites políticos dos municípios de Terra de Areia e Arroio do Sal, e a direita o mapa temático dos valores do Coeficiente β_1 entre os limites políticos dos municípios de Osório e Xangri-Lá.

6 DISCUSSÃO

Primeiramente, sobre o coeficiente de determinação, ou R^2 , esta é uma medida descritiva, pois na regressão não se deve visar apenas à maximização do R^2 (HILL *et al.*, 2010). Desta forma, devem-se analisar e discutir outras medidas de diagnóstico, além do coeficiente de determinação.

No caso do presente estudo, o coeficiente de determinação é variável ao longo dos pontos no espaço, como mostra o modelo RGP, com valores muito baixos e altos (Tabela 13). Porém, o R^2 geral do modelo é relativamente alto, 44,33%, para apenas uma variável independente sobre a variável dependente.

Existem outras variáveis independentes que influenciam nesta temática, o valor do m² do imóvel, é um tema bastante abrangente (ZILLI, 2020; TRIVELLONI, 2005). Não sendo o objetivo do estudo.

Os resultados dos resíduos do modelo RGP estão próximos a zero (Tabela 9, Figura 17 e Gráfico 5), sendo um indicador de que os coeficientes estão normalmente distribuídos. Hill *et al.* (2010, p.159) relatam que “é desejável criar um modelo em que os erros sejam normalmente distribuídos”, para testar a veracidade do modelo.

Os dados de valores do m² dos imóveis no mercado variam muito de município para município. Há a estimativa de aumento da população fixa, em média no Litoral Norte (RS), em torno de 25.38% (IBGE, 2022). Associada com aumento de compras de imóveis (RODRIGUES, 2020).

Com o aumento da especulação imobiliária, pode gerar perdas, ou destruição nos serviços ecossistêmicos, em especial de proteção costeira. Como já foi descrito em trabalhos anteriores como Esteves (2003), Esteves *et al.* (2003), Esteves (2004), Calliari *et al.* (2010); Vianna e Calliari (2015) e Vianna *et al.* (2020).

Além disso, os valores de exposição costeira, conforme o modelo *Coastal Vulnerability* do *InVEST*, variam de baixo a alto, para risco de erosão costeira ou inundação. Trabalhos anteriores relatam que eventos de erosão e/ou inundação, além de cada vez mais frequentes, são mais intensos em regiões com altitudes mais baixas (VIANNA *et al.*, 2020).

Sobre os resultados observados individuais dos municípios no RGP, em alguns casos há uma relação linear positiva¹⁹ em determinada parte da extensão territorial do município, como é o caso entre os municípios de Xangri-Lá e Capão da Canoa (Figura 18). Demonstra uma relação de influência no valor do seu coeficiente β_1 ²⁰ entre estes dois municípios.

Estes dois municípios estão entre os três municípios que têm os maiores valores por m² dos imóveis no Litoral Norte (RS). E, os parâmetros locais refletem a presença de forte dependência espacial entre os municípios (CÂMARA *et al.*, 2004). De acordo com a primeira lei da geografia de Waldo Tobler (1979) em que todas as

¹⁹ Significa, neste caso, que quanto maior o valor do m² do imóvel, maior o valor de exposição costeira.

²⁰ Coeficiente angular.

coisas são parecidas, mas coisas mais próximas se parecem mais que coisas mais distantes (CÂMARA et al., 2022).

Provavelmente, há uma concentração muito grande de valores por m² de imóveis entre o limite político de cada município de Xangri-Lá e Capão da Canoa. Torres mesmo com valores maiores por m² de imóveis em relação a esses dois municípios, não tem coeficiente β_1 positivo²¹. Além disso, os valores de exposição costeira em Torres são baixos, e entre o limite político dos municípios de Xangri-Lá e Capão da Canoa são moderados.

Com isto, uma questão que pode-se levantar seria: na porção do município ao norte de Torres, e o município que faz divisa (ao lado limite político município de SC e entre Torres) se fossem analisados, haveria coeficiente β_1 positivo? Já que os coeficientes β_1 menos negativos estão ao norte do município.

Torres tem menor declividade que os outros municípios do Litoral Norte (RS), sendo menos impactada. Somente próximo ao Rio Mampituba ocorrem eventos que podem causar danos, mas numa escala menor que outros municípios do Litoral Norte (RS) (VIANNA et al., 2020). Mesmo assim, estes eventos não afetaram o modelo (*Coastal Vulnerability Model - InVEST*).

Nesta área o coeficiente β_1 é menos negativo²², justamente próximo ao Rio Mampituba. E também, os dados espaciais analisados não são temporais. Desta forma, não há como analisar eventos meteorológicos anteriores, ou seja, se o valor do m² do imóvel é afetado quando há eventos meteorológicos (só se indicado risco de erosão pelo modelo), como inundações, tempestades, e etc. nesta região.

Sobre dois municípios que são normalmente distribuídos nos coeficientes β_1 , e são negativos, Tramandaí e Imbé. Houve, em 2016, o maior evento meteorológico nos últimos 40 anos no Litoral Norte (RS), e Tramandaí foi o mais afetado, devido estar situado em uma região estuária com baixo relevo, seguido de Imbé (VIANNA et al., 2020).

Nesta região, ao sul do município de Tramandaí, há pouca variabilidade dos dados espaciais de imóveis, e é uma região com alta exposição costeira, conforme o modelo *Coastal Vulnerability - InVEST*. Mostrando provável associação inversamente proporcional com valores de m² de imóveis e exposição costeira.

²¹ Coeficiente angular positivo significa regressão positiva, ou seja, quanto maior o valor do m² do imóvel, maior o valor de exposição costeira.

²² Coeficiente angular negativo significa regressão negativa, ou seja, quanto maior o valor do m² do imóvel, menor o valor de exposição costeira.

O município de Cidreira também teve uma variação pequena entre os valores dos coeficientes β_1 , com valores negativos. Sendo um município que mostra estabilidade na sua linha de costa, devido à diminuição dos ventos nordeste (NE) e aumento dos ventos norte (N) (direção continental) (CASAGRANDE *et al.*, 2018).

No entanto, há um pequeno acréscimo na linha de costa em Cidreira, mas não é estável, e a erosão supera o seu acréscimo. Sendo 19,4% de acréscimo, contra 80,6% de erosão (ESTEVEES, 2004). Porém, neste acréscimo ou recuo da antepraia, pode haver sazonalidade, ou seja, no verão a largura da praia aumenta e no inverno há uma declividade com recuo da linha de costa (CASAGRANDE *et al.*, 2018).

Esta sazonalidade é normal no Litoral Norte (RS), havendo a necessidade de dados temporais. Neste município há valores altos de exposição costeira ao norte, mas não há imóveis nesta região (Cidreira). Deve-se salientar que estes pontos de exposição costeira estão próximos aos pontos a sul do município de Tramandaí, que, como já foi mencionado anteriormente, também tem alta exposição costeira.

Outro fator, é uma situação de mudanças climáticas que podem alterar a variação da linha de costa (DIAS, 1985; DILLENBURG *et al.*, 2005; BELÉM, 2007; NASCIMENTO, 2008). Além, dos feitos de projeções do aumento do nível do mar, associados com a variação da morfologia da antepraia (GERMANI *et al.*, 2020).

No entanto, a desvalorização sobre o valor do imóvel é simultânea em eventos, mas com a temporalidade e, caso não ocorram novos eventos, ocasiona a perda desta relação (LINS-DE-BARROS, 2005). Provavelmente, isto acontece em alguns municípios onde não há exposição costeira alta, e sim moderada e baixa, como foi mencionado anteriormente o município de Torres no evento meteorológico de 2016.

Além disso, o modelo RGP avalia cada ponto de acordo com seus vizinhos no espaço (BRUNSDON *et al.*, 1996). Desta forma, provavelmente valores no limite político dos municípios, o modelo apresenta limitações em sua avaliação. Uma alternativa seria usar uma área de amortecimento na análise, dentro da área de estudo, de maneira análoga ao modelo *Coastal Vulnerability - InVEST*²³.

Porém, é uma suposição, uma vez que o presente trabalho não avalia a eficácia do modelo espacial local. Existem outros modelos espaciais locais, como a Regressão Logística Geograficamente Ponderada (*Geographically Weighted Logistic*

Regression - GWLR), utilizada por Atkinson *et al.* (2003). Este modelo analisou a dependência da localização geográfica na relação entre erosão e controles geomorfológicos da região do País de Gales.

O menor valor do coeficiente β_1 , negativo, está localizado no município de Capão da Canoa, ao norte, e também com o segundo maior valor, positivo, ao sul do município. Já, em Xangri-Lá, encontra-se o quinto menor valor do coeficiente angular, negativo, ao sul do município, e o primeiro maior valor do coeficiente angular, positivo, ao norte.

Como pode-se ver, existe uma variabilidade da distribuição espacial dos dados muito grande nestes dois municípios. Estes valores positivos do coeficiente angular nos dois municípios estão próximos ao limite territorial, entre Xangri-Lá e Capão da Canoa, sugerindo um indício de dependência espacial dos dados.

No entanto, os extremos dos valores do coeficiente angular nestes dois municípios, citados no parágrafo anterior, sugerem que a relação entre a variável dependente valor do m² do imóvel e a variável independente exposição costeira tem um limite no seu linear. Em certo momento é inversamente proporcional à sua regressão, mas em outro é proporcional.

Em alguns pontos dos dois municípios a oferta ou o risco do serviço de proteção costeira é essencial no valor do m² do imóvel, mas em outros casos a área construída sobressai a exposição costeira.

7 CONCLUSÃO

O estudo mostrou que a utilização de técnicas na identificação da oferta e do risco de perda dos serviços ecossistêmicos de proteção costeira sobre o valor do m² do imóveis do Litoral Norte (RS). Pode ser um indicativo para novas formas de valoração ambiental sobre o serviço ecossistêmico de proteção costeira, além da técnica tradicional de largura da praia.

Mas, há um limite para seu uso, devido à relação aos dados espaciais, em municípios com dados espaciais próximos e valores parecidos. Ocasionalmente provável dependência espacial, que podem influenciar no resultado final da análise.

E, dependendo do dado espacial, a dependência espacial pode interferir mais que a própria oferta ou risco dos serviços ecossistêmicos de proteção costeira sobre o valor do m² do imóvel.

A variável é importante na constituição do valor do m² do imóvel, mas a dependência espacial é um fator determinante na relação, o que pode levar a modelos tendenciosos. Exemplo disto, estão nos resultados e a discussão dos municípios de Xangri-Lá e Capão da Canoa. E para este caso, do valor do m², criou-se um valor artificializado, pois está muito mais associado à infraestrutura construída do que ao natural, que é a praia.

Além disso, o modelo *Coastal Vulnerability - InVEST* mostrou ser uma ferramenta eficaz para verificar a oferta ou risco do serviço ecossistêmico de proteção costeira. Outra vantagem de utilizá-lo é que ele é gratuito e de fácil acesso. Porém, como em qualquer modelo existem limitações, além da dificuldade de achar dados espaciais locais.

Outra dificuldade no trabalho foi a avaliação qualitativa do modelo, pois foram utilizados estudos científicos e reportagens sobre a área de estudo do tipo “fotografia”, e não dados espaço-temporais.

Sobre os dados dos valores do m² dos imóveis, a ferramenta *Web Scraping* ajudou na busca da coleta destes dados, comprovando ser uma ferramenta eficaz na construção da base de dados espaciais para o estudo.

E, a regressão espacial local foi determinante na análise final do estudo, mostrando que de fato há relação inversamente proporcional entre as variáveis, mas que existe um limite, sendo a espacialidade um fator determinante para a análise.

Com isto, conclui-se com o estudo que há possibilidade de inovar com outras técnicas de valoração ambiental sobre os serviços ecossistêmicos de proteção costeira. Além das tradicionalmente adotadas nos trabalhos acadêmicos, como é o caso da largura da praia.

No entanto, mostra que a espacialidade é um fator dinâmico em qualquer área que envolvam dados espaciais, enfatizando a importância em muitos casos para que seja realizada uma análise exploratória geoespacial sobre os dados, e não apenas a convencional. E também, que dependendo da região, a importância da infraestrutura construída sobressai o serviço ecossistêmico de proteção costeira.

Desta forma, sugere-se a continuidade deste trabalho, com a construção de um modelo de validação espacial-temporal automatizados; a construção de um modelo similar ao modelo *Coastal Vulnerability - InVEST*. Pois existem métodos de análise de dados automatizados que podem fazer a construção de um modelo analítico para cada área, dando margem para que seja replicado em outras áreas utilizando técnicas de aprendizagem de máquina.

Há a necessidade de haver uma área de amortecimento na regressão espacial local, recomendando-se o uso de *software* gratuitos, utilizar padrões de reconhecimento das áreas de estudo. Pois outra dificuldade no estudo foi em achar dados biogeofísicos (habitats, geomorfologia) locais, e automatizar a ferramenta *Web Scraping*, para futuros trabalhos.

8 REFERÊNCIAS

ABUODHA, Pamela A.; WOODROFFE, Colin D. **Vulnerability assessment**. In: GREEN, David D. (Ed.), *Coastal Zone Management*, Thomas Telford Ltd, London, p. 262-290, 2010.

ALBUQUERQUE, Pedro Henrique Melo *et al.* **Regressão Logística Geograficamente Ponderada Aplicada a Modelos de Credit Scoring**. Revista Contabilidade Finança, v.28, n.73, abr/2017. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rcf/a/NmgB7DwPJZjQLfz5yGmytmp/?lang=pt#>>. Acesso em 10 fev. 2023.

ALEXANDRAKIS, George *et al.* **Valuating the effects of beach erosion to tourism revenue. A management perspective**. *Ocean & Coastal Management*, v.11, p.1-11, 2015.

AMARAL, André Sampaio do. **Uma Metodologia Orientada a Dados para Precificação de Imóveis**. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia de Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN, 2018. Disponível em <<https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/43618>>. Acesso em 07 nov. 2022.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Ministério do Desenvolvimento Regional. Acesso à Informação. Ações e programas. Programa Produtor de Água. 2022. Disponível em <<https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/programa-produtor-de-agua>>. Acesso em 18 nov. 2022.

ARCGIS. ArcMap. Tolls. 2022. Disponível em <<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-statistics-toolbox/geographically-weighted-regression.htm>>. Acesso em 05 ago. 2022.

ARCGIS. Tool Reference. Geoprocessing Tools.Spatial Statistics toolbox.Modeling Spatial Relationships toolset. Modeling Spatial Relationships toolset concepts. Disponível em <<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/how-ols-regression-works.htm>>. Acesso em 15 de jan. 2023a.

ARCGIS.Tools.Tool reference.Spatial Statistics toolbox.Modeling Spatial Relationships toolset. Disponível em <<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.5/tools/spatial-statistics-toolbox/geographically-weighted-regression.htm>>. Acesso em 15 de jan. 2023b.

ATKINSON, Peter M. *et al.* **Exploring the relations between riverbank erosion and geomorphological controls using geographically weighted logistic regression.** *Geographical Analysis*, v. 35, n.1, p.58-82, 2003.

BALICA, Stefania *et al.* **Flood vulnerability indices at varying spatial scales.** *Water Science & Technology*, v.60, n.10, p. 2571, 2009.

BALICA, Stefania; WRIGHT, Nigel George. **A network of knowledge on applying an indicator-based methodology for minimizing flood vulnerability.** *Hydrological Processes*, v.23, n.20, p. 2983-2986, 2009.

BALICA, Stefania; WRIGHT, Nigel George. **Reducing the complexity of the flood vulnerability index.** *Environmental Hazards*, v.9, n.4, p.321-339, 2010.

BARRETO, Maria Esther. **A valoração econômica como instrumento de gestão ambiental aplicável à compensação ambiental: o caso do parque estadual do Ibitipoca – MG.** Âmbito Jurídico, SP, 2013.

BELÉM, A. L. **Impactos das mudanças climáticas globais no risco de inundações em zonas costeiras.** In: Jornadas Internacionales sobre Gestión del Riesgo de Inundaciones y Deslizamientos de Laderas. Brasil. 2007.

BIRKMANN, Joern; FERNANDO, Nishara. **Measuring revealed and emergent vulnerabilities of coastal communities to tsunami in Sri Lanka.** *Disasters*, v.32, n.1, p. 82-105, 2008.

BONETTI, Jarbas *et al.* **Spatial and numerical methodologies on coastal erosion and flooding risk assessment.** In: FINKL, C. (Ed.), *Coastal Hazards, Coastal Research Library Series*, Springer, Dordrecht, p. 423-442, 2013.

BRASIL. Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, v.3, p.8633, 18 mai. 1988, Seção 1.

BRASIL. Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nos 8.212, de 24 de julho de

1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, p.7, 14 jan. 2021, Seção 1.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Gestão Territorial. Gerenciamento Costeiro no Brasil, 2019. Disponível em <www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro>. Acesso em 09 jun. 2020.

BRUNSDON, Chris *et al.* **Geographically Weighted Regression: A Method for Exploring Spatial Nonstationarity**. Geographical Analysis, John Wiley & Sons, Ltd, v.28, n.4, p.281-298, 1996.

BUSSAB, Wilton de O.; MORETTIN, Pedro A. **Estatística Básica**, ed.9, São Paulo: Saraiva, 2017.

CALLIARI, Lauro Julio *et al.* **Perigos e riscos associados a processos costeiros no Litoral Sul do Brasil (RS): Uma síntese**. Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology, v.14, n.1, p.51-63, 2010.

CÂMARA *et al.* Análise de Dados de Área. In: Druck, Suzana *et al.*(org.).Análise Espacial de Dados Geográficos. EMBRAPA, Brasília, 2004. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>> . Acesso em 02 jun. 2022.

CÂMARA, Gilberto. **"Mapas são Dados, não Desenhos! (parte 2)"**. Coluna "FuturoGeo" - Revista InfoGeo. 2022. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/infogeo/infogeo6.pdf>>. Acesso em 21 nov. 2022.

CASAGRANDE, Alice Ioppi *et al.* **Tendências de variação na linha de costa de Cidreira (RS) e suas relações com parâmetros oceanográficos e meteorológicos**. Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul, n. 31, p. 35-62, 2018.

CASTAÑO-ISAZA, Juliana *et al.* **Valuing beaches to develop payment for ecosystem services schemes in Colombia's Seaflower marine protected area**. Ecosystem Services, v.11, p.22–31, 2015.

CICES. European Environment Agency. Disponível em <<https://cices.eu/resources/>>. Acesso em 10 jan 2023.

CICES V5.1. European Environment Agency. 2018. Disponível em <<https://cices.eu/resources/>>. Acesso em 10 jan 2023.

CORREIA, M. Ribeiro, *et al.* **Crescimento urbano e impactos ambientais na zona costeira do município de Maricá, Rio de Janeiro (RJ)**. Revista Geonorte, v.5, n.15, p.77-82, 2014.

COSTANZA, Robert *et al.* **The value of the world's ecosystem services and natural capital**. Nature, v.387, p.253-260, 1997.

COSTANZA, Robert *et al.* **Changes in the global value of ecosystem services**. Global Environmental Change, v.26, p.152-158, 2014.

COSTANZA, Robert *et al.* **Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go?** *Ecosystem Services*, v.28, p.1-16, 2017.

CUTTER, S.L. *et al.* **Indicators of Social Vulnerability to Hazards. Unpublished paper.** University of South Carolina, Hazards Research Lab, Columbia, S.C, 2001.

DIOUF, Rabiyaou *et al.* **Web Scraping: State-of-the-Art and Areas of Application.** IEEE International Conference on Big Data (Big Data), p-6040-6042, 2019. Disponível em <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9005594>>. Acesso em 07 nov. 2022.

DIAS, J. A. **Registos da migração da linha de costa nos últimos 18 000 anos na plataforma continental portuguesa setentrional.** In: Atas da I Reunião do Quaternário Ibérico, v.1, p. 281-195, 1985.

DILLENBURG, S. R. *et al.* **Modificações de longo período da linha de costa das barreiras costeiras do Rio Grande do Sul.** *Gravel*, v.3, n.1, p. 4-9, 2005.

DO CARMO, José Simão Antunes. **Experiência de recuperação de um sistema dunar e proposta de instrumentos complementares de proteção, atração e valorização ambiental.** *Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management* v.13, n.3, p.317-328, 2013.

DOLAN, A.H.; WALKER, Ian James. **Understanding vulnerability of coastal communities to climate change related risks.** *Journal of Coastal Research*, v.39, n.39, p. 1316-1323, 2006.

EEA. Agência Europeia do Ambiente. Disponível em <<https://www.eea.europa.eu/pt>>. Acesso em 10 abr. 2021.

ESTEVES, Luciana Slomp. **Shoreline Changes and Coastal Evolution as Parameters to Identify Priority Areas for Management in Rio Grande do Sul, Brazil.** *Revista Pesquisas em Geociências*, v.31, n.2, p15-30, 2004.

ESTEVES, Luciana Slomp. **Identificação de áreas prioritárias para gerenciamento costeiro no Rio Grande do Sul.** II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa. IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. II Congresso do Quaternário dos Países de Língua Ibéricas. 2003.

ESTEVES, Luciana Slomp *et al.* **Coastal Development and Human Impacts Along the Rio Grande do Sul Beaches, Brazil.** *Journal of Coastal Research*, v.35, p.548-556, 2003.

ESTEVES, Luciana Slomp; SANTOS, Isaac Rodrigues dos. **Impacto Econômico da erosão na praia do Hermenegildo (RS), Brasil.** *Pesquisas em Geociências*, v.28, n.2, p.393-403, 2002.

FEPAM. Diretrizes Ambientais para o desenvolvimento dos Municípios do Litoral Norte. Fundação Estadual de Proteção Ambiental | FEPAM, Cadernos de Planejamento e Gestão Ambiental - n.1, 2000.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - RS. Programas e Projetos. 2021a. Disponível em <<http://www.fepam.rs.gov.br/programas/gerco.asp>>. Acesso em 23 mar. 2021.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - RS. QUALIDADE AMBIENTAL 2021b. Disponível em <www.fepam.rs.gov.br/qualidade/bal_res_litoralnorte.asp>. Acesso em 03 fev. 2021.

GERMANI, Yana Friedrich *et al.* **O papel da antepraia na resposta costeira durante a elevação do nível do mar na Barreira Regressiva de Torres a Imbé, RS.** Pesquisas em Geociências, v.47, n.3, p.1-22, 2020.

GHERMANDI, Andrea; NUNES, Paulo A.L.D. **A global map of coastal recreation values: Results from a spatially explicit meta-analysis.** Ecological Economics, v.86, p.1-15, 2013.

GÓMEZ-BAGGETHUN, Erik; GROOT, Rudolf de. Natural Capital and Ecosystem Services: The Ecological Foundation of Human Society. In: HESTER, R. E.; HARRISON, R. M. (Ed.). **Ecosystem Services, Issues in Environmental Science and Technology.** Ed. Royal Society of Chemistry, Cambridge, v.30, p.105–121, 2010.

GOPALAKRISHNAN, Sathya *et al.* **The value of disappearing beaches: A hedonic pricing model with endogenous beach width.** Journal of Environmental Economics and Management, v.61, p.297-310, 2011.

GORNITZ, Vivien. **Global coastal hazards from future sea level rise.** Global and Planetary Change, v.3, n.4, p.379-398, 1991.

GORNITZ, Vivien. **Vulnerability of the east coast, U.S.A. to future sea level rise.** Journal of Coastal Research, n.9, p.201-237, 1990.

GRANJA, Helena M.; DE CARVALHO, G.S. **Inland beach migration (“beach erosion”) and the coastal zone management (the experience of the Northwest coastal zone of Portugal).** Periodicum Biologorum, v.102, p.413-424, 2000.

GROOT, Rudolf de *et al.* **Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units.** Ecosystem Services, v.1, n.1, p.50-61, 2012.

HAINES-YOUNG, Roy; POTSCHIN, Marion. **Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1, Guidance on the Application of the Revised Structure.** Fabis Consulting Ltd, The Paddocks, Chestnut Lane, Barton in Fabis, Nottingham, NG11 0AE, UK, 2018.

HAMMAR-KLOSE, Erika S.; THIELER, E. Robert. **Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise: A Preliminary Database for the U.S. Atlantic, Pacific, and Gulf of Mexico Coasts.** U.S. Geological Survey, Digital Data Series DDS-68, 1 CD-ROM, 2001.

HARRISON, R. M. (Ed.). **Ecosystem Services, Issues in Environmental Science and Technology**. Ed. Royal Society of Chemistry, Cambridge, v.30, p.105–121, 2010.

HARVEY, A. R. *et al.* **Preliminary assessment and roadmap for the elaboration of Climate Change Vulnerability Indications at regional level**. AEA Report No., n. ED45669, 2009.

HILL, R. Carter *et al.* *Econometria*. Tradução: Alfredo Alves de Farias, Revisão Técnica: Edric Martins Ueda, Ed.3ª, São Paulo, Saraiva, 2010.

HUANG, Ju-Chin *et al.* **Economic Valuation of Beach Erosion Control**. *Marine Resource Economics*, v.22, n.3, p.221-238, 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades*. 2022. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em 19 nov. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Geociências*. Organização do território. Divisão regional. 2019. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/divisao-regional/15778-divisoes-regionais-do-brasil.html?=&t=downloads>>. Acesso em 10 set. 2020.

INVEST. InVEST User Guide. Tools to Facilitate Ecosystem Service Analyses: Coastal Vulnerability Model. Disponível em <<http://releases.naturalcapitalproject.org/invest-userguide/latest/#tools-to-facilitate-ecosystem-service-analyses>>. Acesso em 20 mar. 2021.

INVEST. InVEST User Guide. Tools to Facilitate Ecosystem Service Analyses: Coastal Vulnerability Model. Disponível em <<http://releases.naturalcapitalproject.org/invest-userguide/latest/#tools-to-facilitate-ecosystem-service-analyses>>. Acesso em 08 out. 2022.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. Appendix I: Glossary. In: PARRY, M.L., et al. (Eds.). **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, p. 869-883, 2007.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. In: FIELD, C.B., et al (Eds.) **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, p.582, 2012.

IPCC, 2019: Annex I: Glossary [WEYER, N.M. (ed.)]. In: PÖRTNER, H.-O., et al. (Eds.). **IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate**. In Press. Disponível em <<https://www.ipcc.ch/srocc/>>. Acesso em 15 abr. 2021.

JENSEN, J. *et al.* **Analysis of the water levels along the German North Sea coastline**. Ed. E. Ö, 5th International Conference on the Mediterranean Coastal

Environment (MEDCOAST 01), Middle East Technical University, Ankara, Turkey, p.1129-1140, 2001.

JORNAL CIDADES, Ressaca causa a erosão e compromete parte da Interpraias, entre Imbé e Osório. 2021. Disponível em <https://www.jornaldocomercio.com/_conteudo/jornal_cidades/2021/07/804310-ressaca-causa-a-erosao-e-compromete-parte-da-interpraias-entre-imbe-e-osorio.html>. Acesso em 30 jan. 2023.

JORNAL CIDADES. Ressaca causa erosão em trecho da Interpraias entre Imbé e Osório. 2020. Disponível em <https://www.jornaldocomercio.com/_conteudo/jornal_cidades/2020/07/748214-ressaca-causa-erosao-em-trecho-da-interpraias-entre-imbe-e-osorio.html>. Acesso em 30 jan. 2023.

KLEINOSKY, Lisa R. *et al.* **Vulnerability of Hampton roads, Virginia to storm-surge flooding and sea-level rise**. Natural Hazards, v.40, n.1, p. 43-70, 2007.

LANDRY, Craig E.; HINDSLEY, Paul. **Valuing Beach Quality with Hedonic Property Models**. Land Economics. v.87, n.1, p.92–108, 2011.

LANDRYA, Craig E. *et al.* **Economic Values of Coastal Erosion Management: Joint Estimation of Use and Existence Values with recreation demand and contingent valuation data**. Journal of Environmental Economics and Management, v.103, p.1-17, 2020.

LINS-DE-BARROS, Flavia Moraes. **Risco, vulnerabilidade física à erosão costeira e impactos sócio-econômicos na orla urbanizada do município de Maricá, Rio de Janeiro**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v.6, n.2, p. 83-90, 2005. Disponível em <<https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/54>>. Acesso em 10 out. 2021.

LUIJENDIJK, Arjen *et al.* **The State of the World's Beaches. Scientific Reports**. Scientific Reports, v.8, n.6641, 2018.

MACEDO, Rodrigo de Campos. **Modelagem dinâmica espacial e valoração das alterações de cobertura e uso da terra relacionadas à expansão canavieira**. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos - SP, 2013. Disponível em <http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/INPE_5088a022702572f49ee63c900756ec4f>. Acesso em 08 out. 2021.

MACKEY, P.; RUSSELL, M. **Climate Change Scenarios, Sea Level Rise for Ca Mau, Kien Giang- Climate Change Impact and Adaptation Study in the Mekong Delta**. Asian Development Bank, TA 7377 – VIE. Sinclair Knight Merz (SKM), Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology, and Environment (IMHEN), and The Kien Giang Peoples Committee, Melbourne VIC 8009 Australia, 2011.

MAPBIOMAS. **Manguezais, praias, dunas & apicuns - nos últimos 36 anos**. Outubro, 2021. Disponível em

<mapbiomas.org/reducao-das-praias-e-dunas-no-brasil-foi-de-15-nos-ultimos-36-anos#:~:text=As%20praias%2C%20dunas%20e%20areas,2020%2C%20apenas%20382%20mil%20hectares.>. Acesso em 13 abr. 2022.

MAPLECROFT, V. **Big Economies of the Future – Bangladesh, India, Philippines, Vietnam and Pakistan – Most at Risk from Climate Change**. Climate Change Vulnerability Maps (United Kingdom, St Stephen's), 2010.

MASOZERA, Michel *et al.* **Distribution of impacts of natural disasters across income groups: A case study of New Orleans**. Ecological Economics, v.63, n.2-3, p.299-306, 2007.

MCLAUGHLIN, Suzanne; COOPER, Andrew. **A multi-scale coastal vulnerability index: a tool for coastal managers?** Environmental Hazards, v.9, n.3, p. 233-248, 2010.

MEA. 2005. **Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis**. Island Press, United States of America. 155p. Disponível em <pdf.wri.org/ecosystems_human_wellbeing.pdf>. Acesso em 08 jun. 2020.

MEDEIROS, Elana Carolina de Souza, ARAÚJO, Rogério César Pereira de. **Valoração econômica dos serviços ambientais do controle de erosão da praia do Icaraí, Caucaia-CE**. Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural-SOBER, 48, 2010.

MEHROTRA, S. *et al.* **Framework for city climate risk assessment**. World Bank, Commissioned Research, Fifth Urban Research Symposium, Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda. Marseille, France, p. 84, 2009.

MINISTÉRIO DA DEFESA MARINHA DO BRASIL. Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro. Disponível em <www.marinha.mil.br/secirm/gerco>. Acesso em 13 jun. 2020.

MITCHELL, Ryan. **Web Scraping com Python: Coletando mais dados da web moderna**. 2ª ed. Novatec, 2019.

MORAES, Antonio Carlos Robert. **Beira do mar, lugar comum? A valorização e a valoração dos espaços litorâneos**. Paisagem E Ambiente, v.10, p.51-69, 1997.

MUNZERT, Simon *et al.* **Automated Data Collection with R a Practical Guide to Web Scraping and Text Mining**. John Wiley & Sons Inc., 2015.

MUTHUKADAN, Baiju. Selenium Documentation. 2022. Disponível em <https://selenium-python.readthedocs.io/>. Acesso em 07 nov. 2022.

NASCIMENTO, J. R. **Mudanças morfológicas da extremidade NE da Ilha Comprida (SP) nos últimos dois séculos**. Geologia USP. Série Científica, v. 8, n. 1, p. 25-39, 2008.

_____. **NBR 14653-6: avaliação de bens - Parte 6: Recursos naturais e ambientais**, Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR 14.653-2: avaliação de bens - Parte 2: Imóveis urbanos**, Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

NCP. NATURAL CAPITAL PROJECT. 2022. Disponível em <<https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>>. Acesso em 09 out. 2022.

NEUMANN, Barbara *et al.* **Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding – a global assessment**. PLOS ONE, v.10, 2015.

NGUYEN, Thang T.X. *et al.* **Indicator-based assessment of climate-change impacts on coasts: a review of concepts, approaches and vulnerability indices**. Ocean Coast. Manag. 123, p.18-23, 2016.

NIJKAMP, Peter *et al.* **Economic valuation of biodiversity: a comparative study**. Ecological Economics, v. 67, ed.2, p. 217-231, 2008.

PANDAS. Pandas Documentation. 2022. Disponível em <<https://pandas.pydata.org/>>. Acesso em 07 nov. 2022.

PASCUAL, Unai *et al.* The Economics of Valuing Ecosystem Services and Biodiversity. In: KUMAR, Pushpam (Ed.). **The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic**, 2010.

PRATES, Ana Paula Leite *et al.* **Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil**. Brasília: MMA, p.152, 2012.

PRESTON, B.L. *et al.* **Mapping Climate Change Vulnerability in the Sydney Coastal Councils Group**. Report prepared for the Sydney Coastal Councils Group, 2008.

RAMSAR. **Cuidar das Zonas Úmidas: Uma resposta às mudanças climáticas**. 2010. Disponível em <www.mma.gov.br/estruturas/205/_publicacao/205_publicacao29112010033202.pdf>. Acesso em 13 jun. 2020.

RICHARDSON, Leonard. Beautiful Soup Documentation. 2022. Disponível em <<https://www.crummy.com/software/BeautifulSoup/bs4/doc/>>. Acesso em 07 nov. 2022.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão. Departamento de Planejamento Governamental. Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul. Ed.6º, Porto Alegre-RS, 2021.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. 1ª Etapa do Plano da Bacia do Rio Tramandaí, Relatório Temático A.1 - Diagnóstico da Dinâmica Social da Bacia, p. 76, 2004. Disponível em <comitetramandai.blogspot.com/p/documentacao.html>. Acesso em 10 jun. 2020.

RODRIGUES, Leonardo. **Arrecadação mostra aumento na venda de imóveis no Litoral Norte durante a pandemia**. GZH Economia, Rio Grande do Sul, 29 set.

2020. Disponível em <<https://gauchazh.clicrbs.com.br/economia/noticia/2020/10/arrecadacao-mostra-aumento-na-venda-de-imoveis-no-litoral-norte-durante-a-pandemia-ckgvebx9x0028012tkjI0splr.html>>. Acesso em 8 nov. 2021.

ROMIEU, Emmanuel *et al.* **Vulnerability assessment within climate change and natural hazard contexts: Revealing gaps and synergies through coastal applications.** Sustainability Science, v.5, n.2, p.159-170, 2010.

SERBANOIU, Ion Vantorim (Org). **Planta de valores imobiliários: relatório sobre a modernização da metodologia de avaliação de imóveis em Belo Horizonte.** Belo Horizonte: Prefeitura, 2019. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/fazenda/simposio-modelagem-de-avaliacao-de-imoveis>>. Acesso em: 05 nov. 2022.

SILVA, Iracema Reimão, *et al.* **Potencial de danos econômicos face à erosão costeira, relativo às Praias da Costa do Descobrimento–Litoral Sul do estado da Bahia.** Pesquisas em Geociências, v.34, n.1, p.35-44, 2007.

SMALL, Christopher; NICHOLLS, Robert J. **A global analysis of human settlement in coastal zones.** Journal of Coastal Research, v.19, nº 3, 2003, p.584-599. Disponível em <www.jstor.org/stable/4299200>. Acesso 08 fev. 2021.

TABAJARA, Luiz Liberato Cavalcanti de Albuquerque *et al.* **Critérios para a Classificação e Manejo de Costa Arenosa Dominada por Ondas e com Intensa Ocupação Urbana: o caso de Imbé, RS, Brasil.** Revista de Gestão Costeira Integrada, vol.13, n.4, 2014, Lisboa. Disponível em <https://scielo.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1646-88722013000400002?script=sci_arttext&pid=S1646-88722013000400002>. Acesso em 18 jan. 2023.

TABAJARA, Luiz Liberato Cavalcanti de Albuquerque *et al.* **Dunas frontais de Xangri-Lá, litoral Norte do RS: inventário, classificação e escolha de áreas prioritárias ao manejo.** Pesquisas em Geociências, vol.39, n.1, p.35-52, jan/abr 2012, Porto Alegre - RS.

THEODORO, Lais Thuany Cardoso, *et al.* **Avaliação em massa de imóveis rurais através da regressão clássica e da geoestatística.** Revista Brasileira de Cartografia, v.71, n.2, p.459-485, 2019.

TORRESAN, Silvia *et al.* **Assessing coastal vulnerability to climate change: comparing segmentation at global and regional scales.** Sustainability Science, v.3, n.1, p. 45-65, 2008.

TORRES, Cati; HANLEY, Nick. **Economic valuation of coastal and marine ecosystem services in the 21st century: an overview from a management perspective.** Universitat de les Illes Balears, 2016.

TRIVELLONI, Carlos Alberto Peruzzo. **Método para determinação do valor da localização com uso de técnicas inferenciais e geoestatísticas na avaliação em massa de imóveis.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Faculdade em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2005.

UBERTI, Marlene Salete. **Avaliação em massa de imóveis rurais através de modelagem clássica, espacial e geoestatística**. Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Inovação), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Rio de Janeiro-RJ, 2016.

UNOC - United Nations Ocean Conference. 2017. Ocean Factsheet Package: People and Oceans. Disponível em: <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2017/05/Ocean-factsheet-package.pdf>>. Acesso em 14 fev. 2023.

VARGIU, Eloisa; URRU, Mirko. **Exploiting web scraping in a collaborative filtering- based approach to web advertising**. Artificial Intelligence Research. v.2, n.1, p.44-54, 2013. Disponível em <<https://www.sciedu.ca/journal/index.php/air/article/view/1390/0>>. Acesso em 07 nov. 2022.

VILIBIĆ, Ivica *et al.* **Storm surges in the Adriatic Sea: an impact on the coastal infrastructure**. Periodicum Biologorum, v. 102, p.483-488, 2000.

VIANNA, Humberto Dias; CALLIARI, Lauro Julio. **Variabilidade do sistema praia-dunas frontais para o litoral norte do Rio Grande do Sul (Palmares do Sul a Torres, Brasil) com o auxílio do Light Detection and Ranging – Lidar**. Pesquisas em Geociências, v.42, n.2, p. 141-158, 2015.

VIANNA, Humberto Dias *et al.* **Inundação e erosão na costa Norte do Rio Grande do Sul - Brasil. Estudo de Caso: A maré meteorológica de outubro de 2016**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v.21, n.4, p.719-739, 2020.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. **Introdução à econometria: uma abordagem moderna**. Tradução José Antônio Ferreira, revisão técnica Galo Carlos Lopez Noriega. Ed.4^a, Cengage Learning, São Paulo, 2013.

ZILLI, Carlos Augusto. **Regressão Geograficamente Ponderada Aplicada na Avaliação em Massa de Imóveis Urbanos**. Dissertação (Engenharia de transportes e gestão Territorial), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2020.

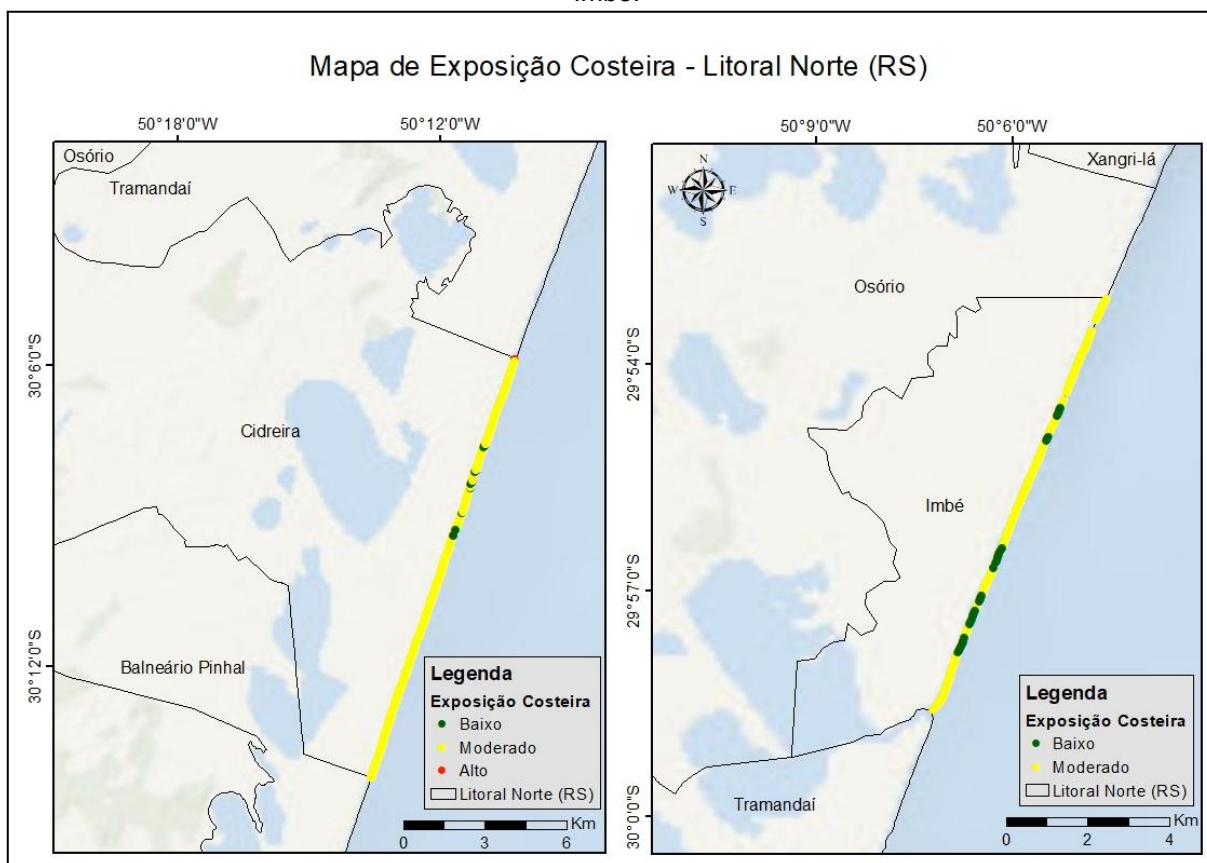
YOO, Gayoung *et al.* **Development and application of a methodology for vulnerability assessment of climate change in coastal cities**. Ocean and Coastal Management, v.54, n.7 p. 524-534, 2011.

YUSUF, Arief Anshory; FRANCISCO, Herminia. **Climate Change Vulnerability Mapping for Southeast Asia**. Economy and Environment Program for Southeast Asia (EEPSEA). Swedish international development cooperation Agency and Canadian International development Agency, Singapore 048421, 2009.

APÊNDICES

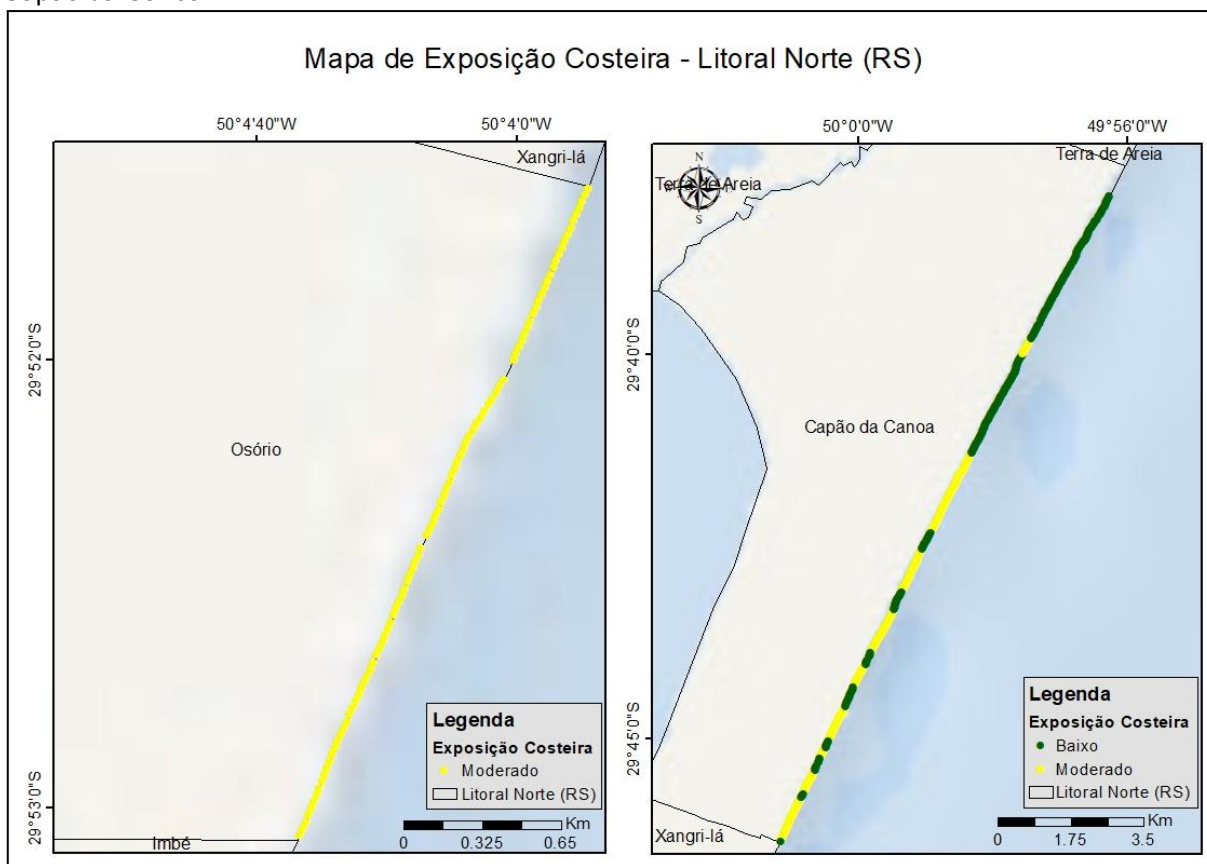
APÊNDICE A - Mapas temáticos dos Resultados do Coastal Vulnerability Model - InVEST

Figura 20: Mapa de Exposição Relativa de Risco de Erosão e Inundação dos municípios Cidreira e Imbé.



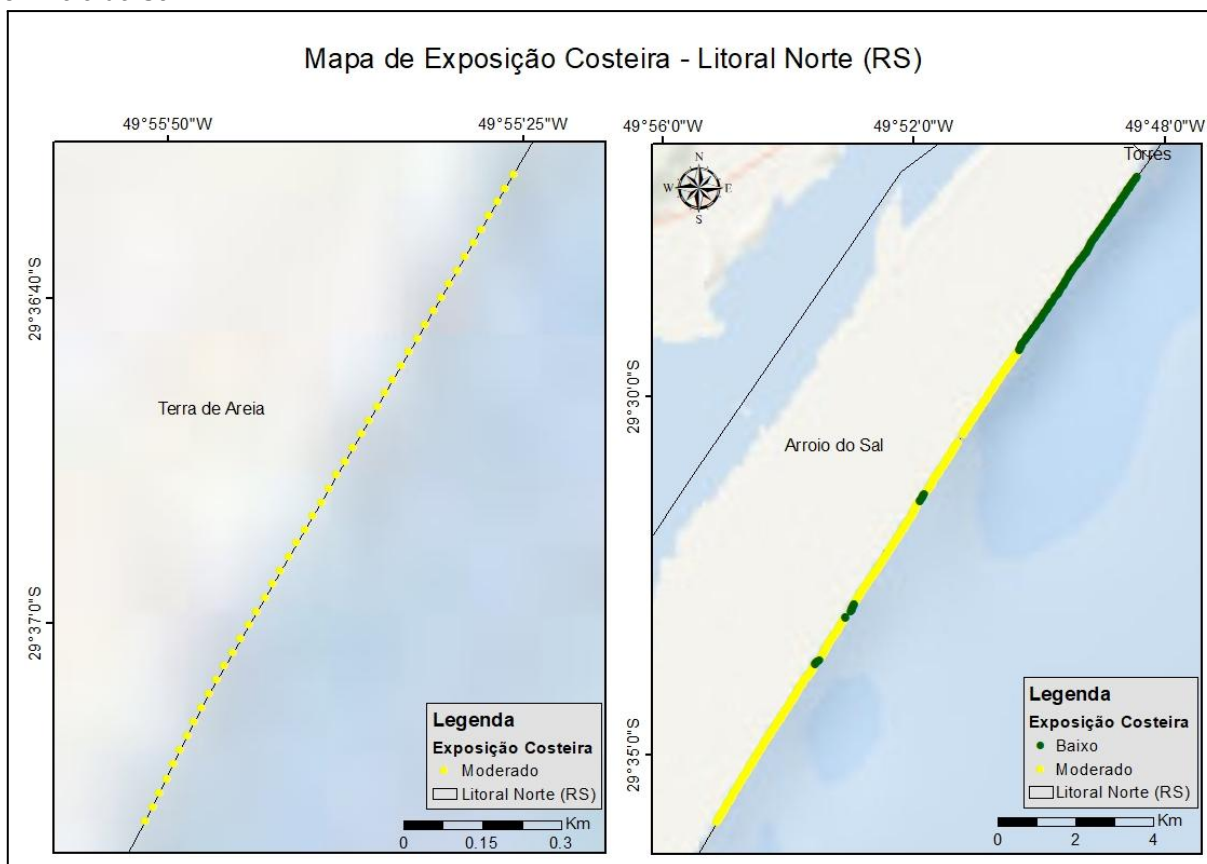
Nota: A esquerda mapa de Exposição Relativa de Risco de Erosão e Inundação dos municípios Cidreira, e a direita mapa de Exposição Relativa de Risco de Erosão e Inundação dos municípios Imbé.

Figura 21: Mapa de Exposição Relativa de Risco de Erosão e Inundação do município de Osório e Capão da Canoa.



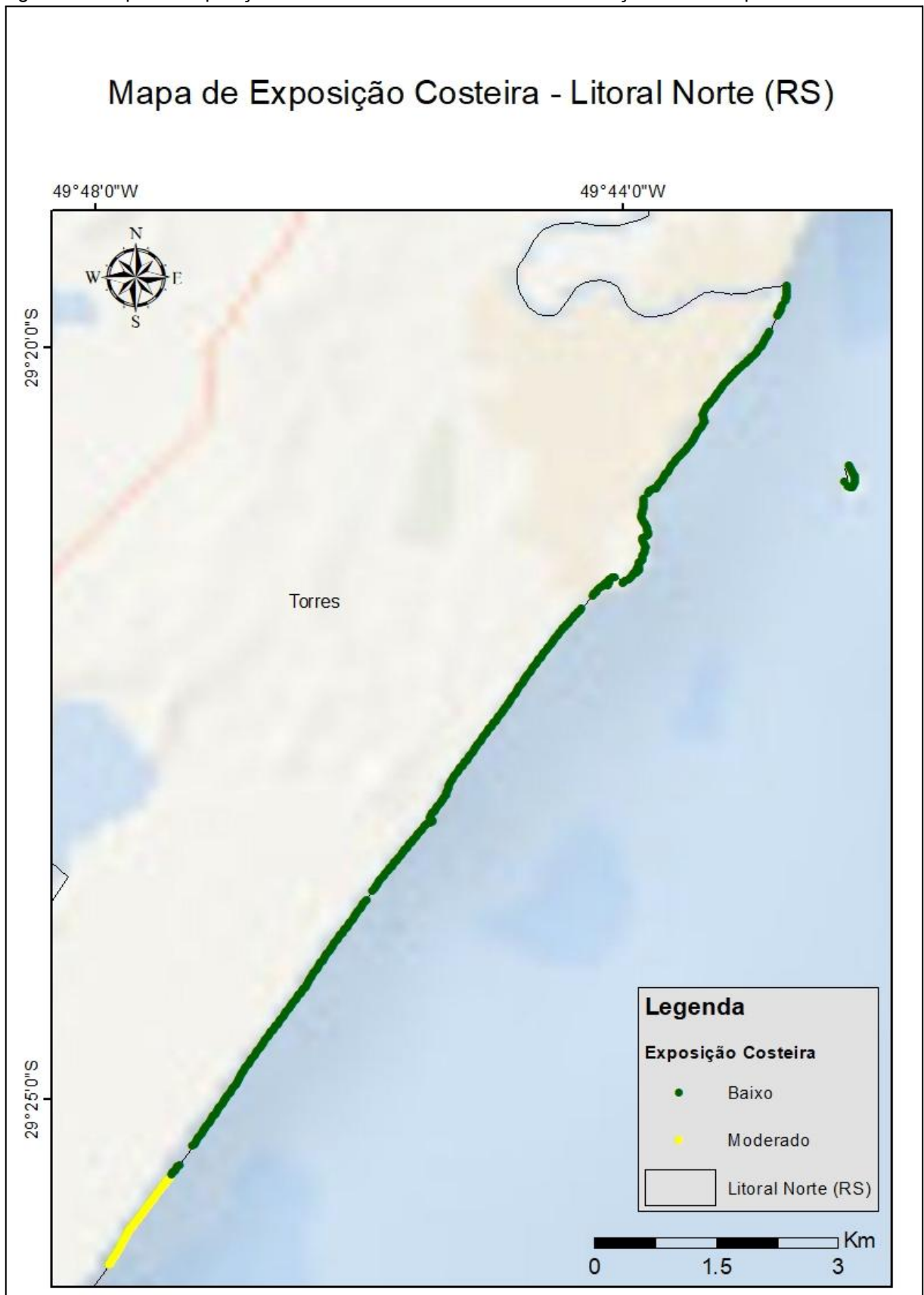
Nota: A esquerda mapa de Exposição Relativa de Risco de Erosão e Inundação dos municípios Osório, e a direita mapa de Exposição Relativa de Risco de Erosão e Inundação dos municípios Capão da Canoa.

Figura 22: Mapa de Exposição Relativa de Risco de Erosão e Inundação do município Terra de Areia e Arroio do Sal.



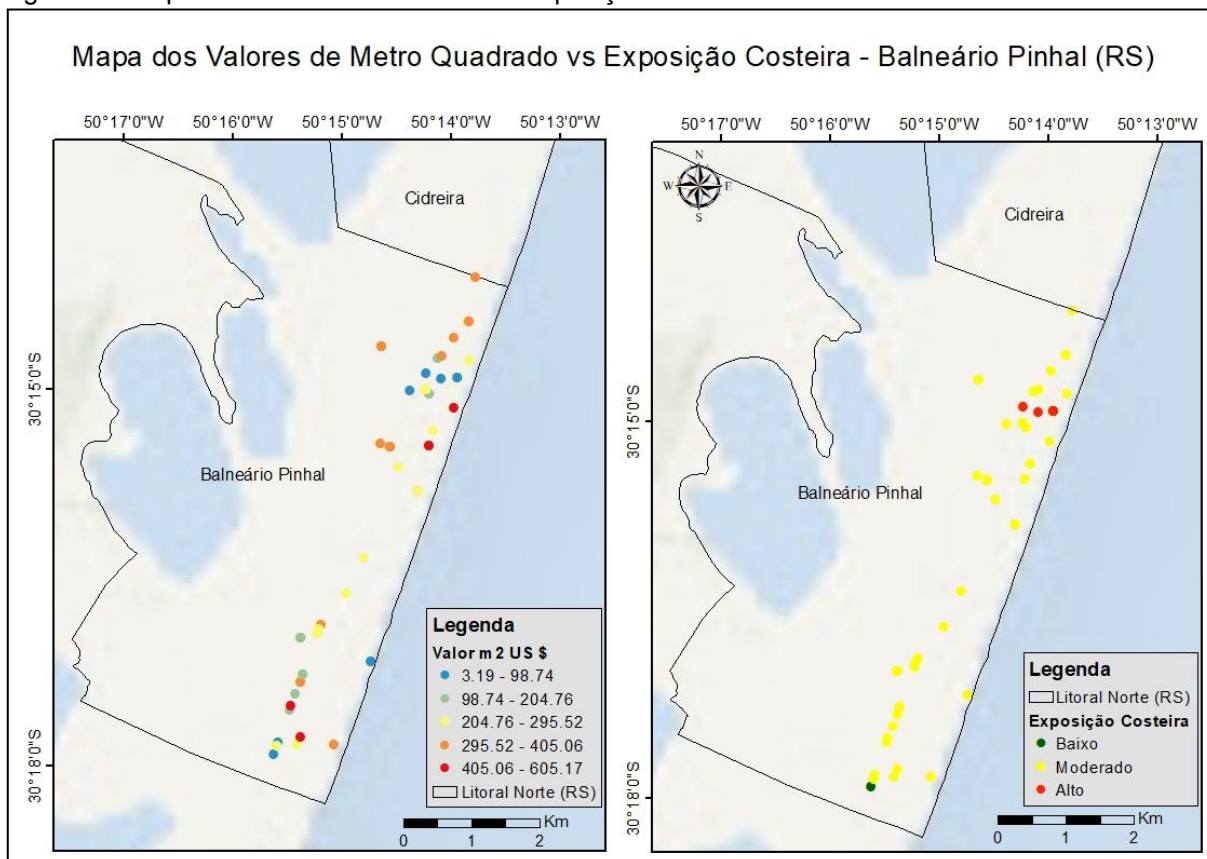
Nota: A esquerda mapa de Exposição Relativa de Risco de Erosão e Inundação dos municípios Terra de Areia, e a direita mapa de Exposição Relativa de Risco de Erosão e Inundação dos municípios Arroio do Sal.

Figura 23: Mapa de Exposição Relativa de Risco de Erosão e Inundação do município Torres.



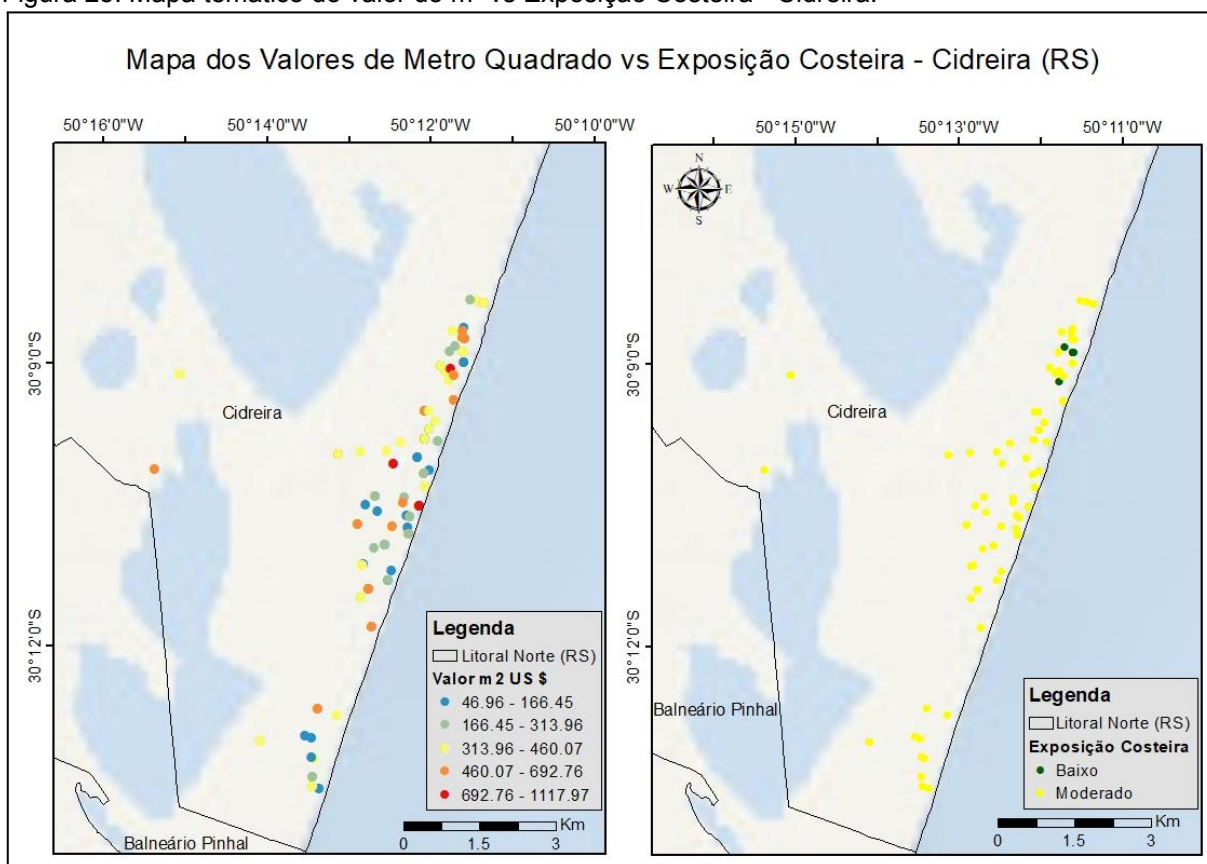
APÊNDICE B - Mapas temáticos dos resultados dos valores dos imóveis por m² vs exposição costeira

Figura 24: Mapa temático do valor do m² vs Exposição Costeira - Balneário Pinhal.



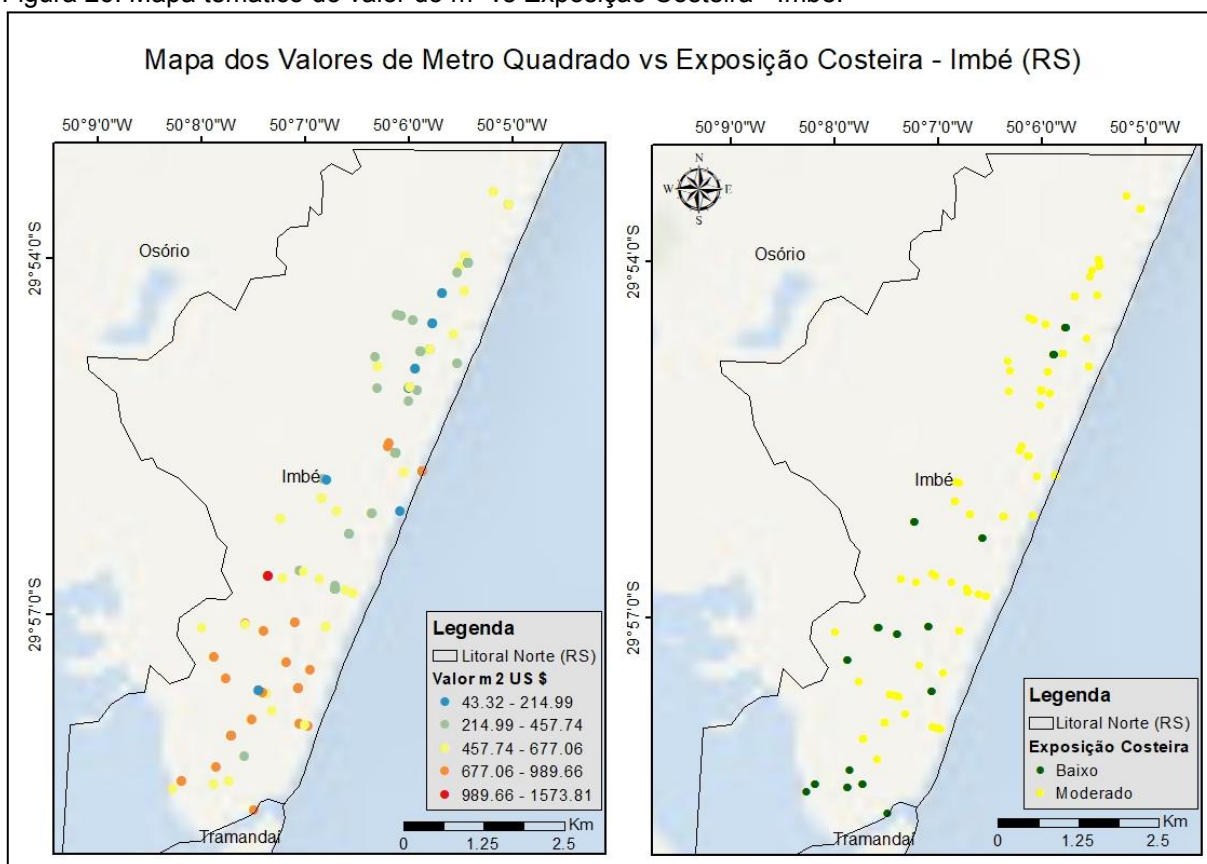
Nota: A esquerda o mapa do valor do m² do imóvel do município de Balneário Pinhal, e a direita o mapa da exposição costeira, do município de Balneário Pinhal, segundo o cálculo da distância e a proximidade das informações descritas na metodologia 4.2.3.

Figura 25: Mapa temático do valor do m² vs Exposição Costeira - Cidreira.



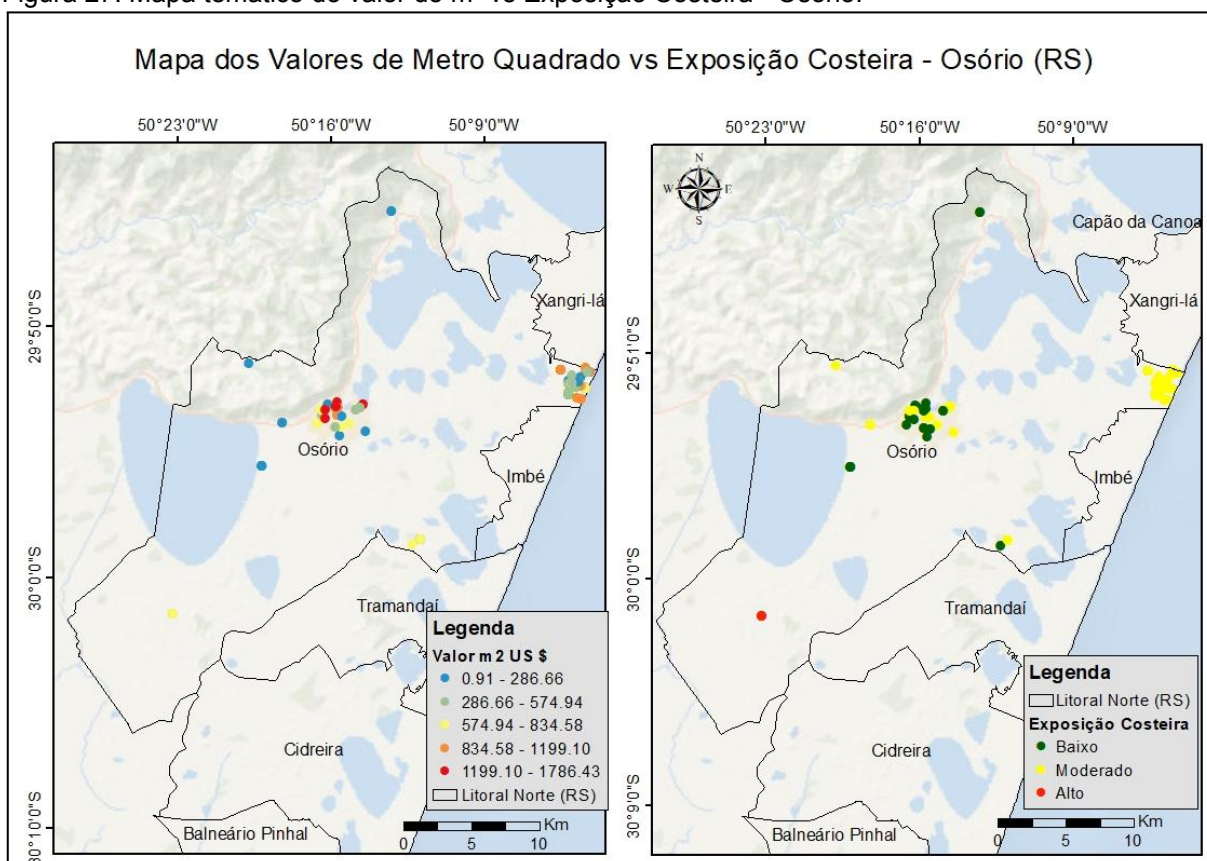
Nota: A esquerda o mapa do valor do m² do imóvel do município de Cidreira, e a direita o mapa da exposição costeira, do município de Cidreira, segundo o cálculo da distância e a proximidade das informações descrito na metodologia 4.2.3.

Figura 26: Mapa temático do valor do m² vs Exposição Costeira - Imbé.



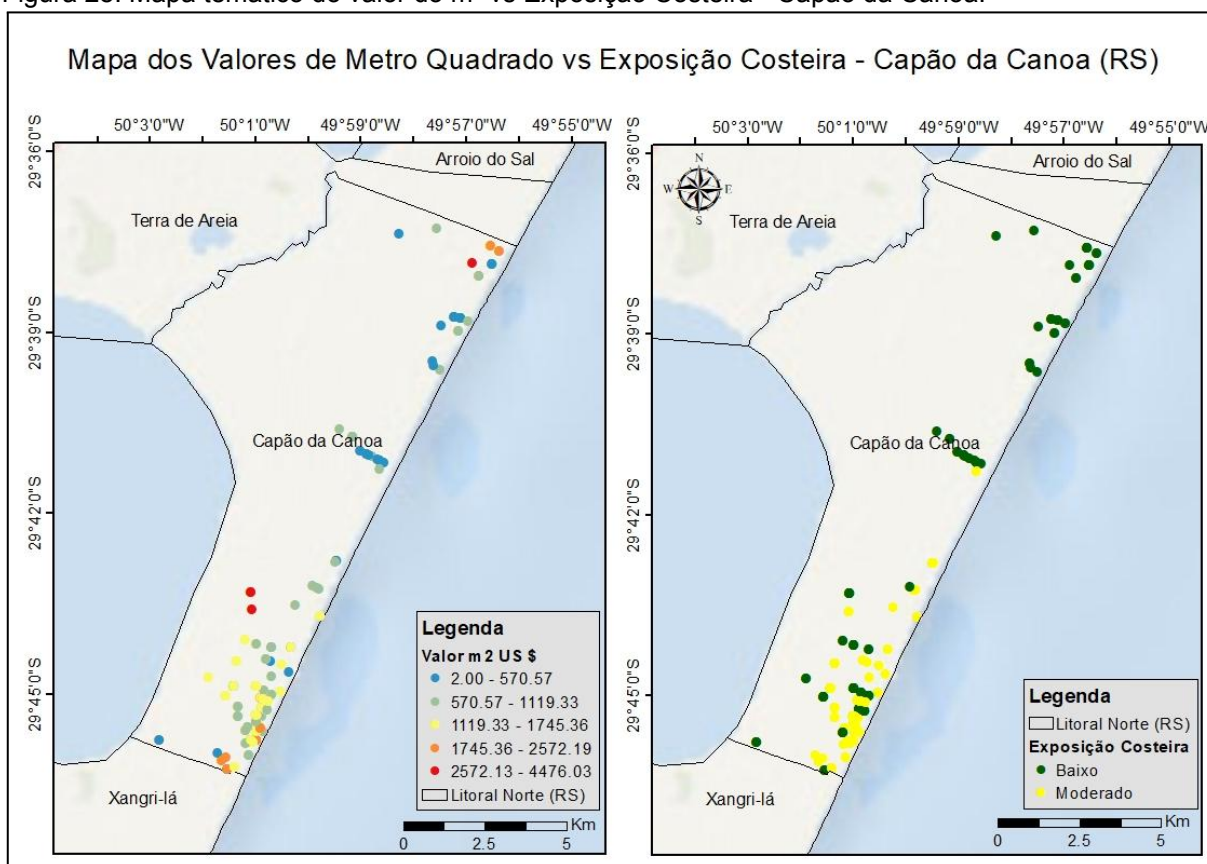
Nota: A esquerda o mapa do valor do m² do imóvel do município de Imbé, e a direita o mapa da exposição costeira, do município de Imbé, segundo o cálculo da distância e a proximidade das informações descritas na metodologia 4.2.3.

Figura 27: Mapa temático do valor do m² vs Exposição Costeira - Osório.



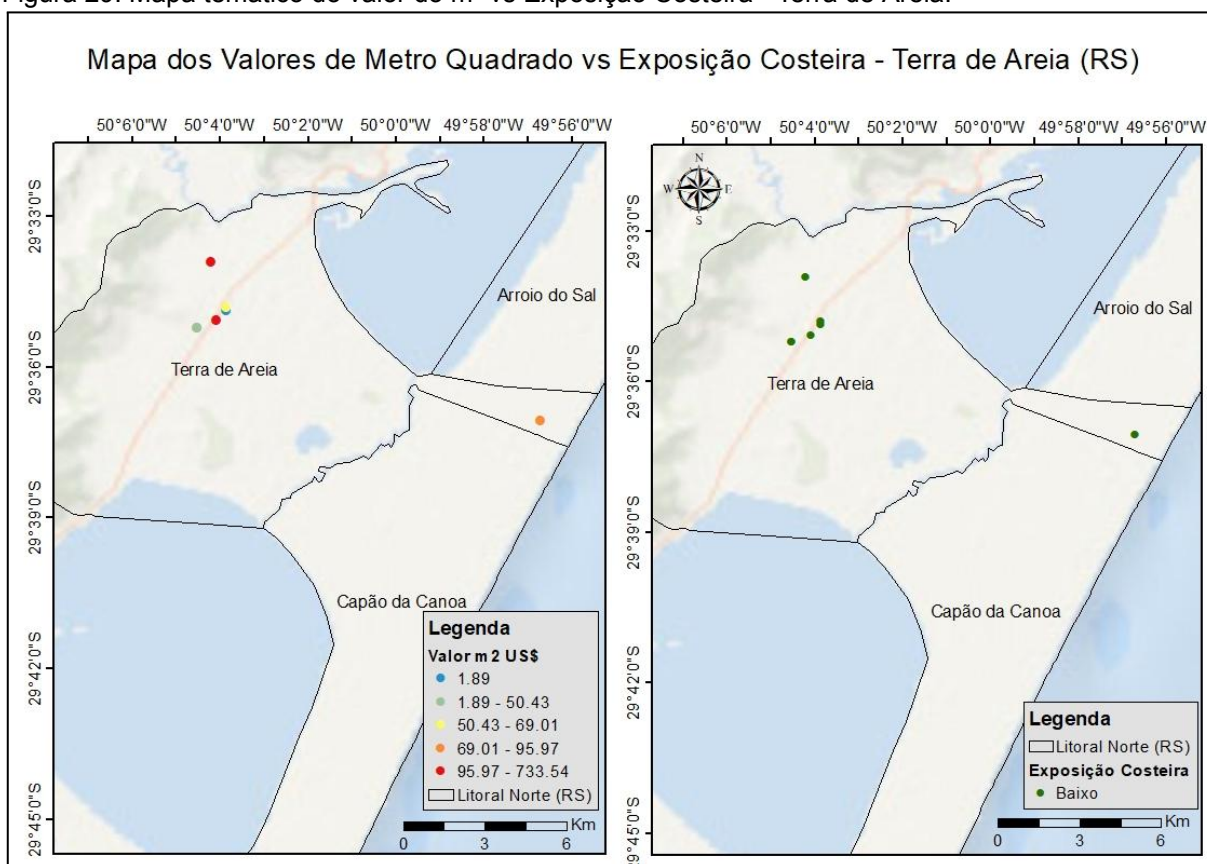
Nota: A esquerda o mapa do valor do m² do imóvel do município de Osório, e a direita o mapa da exposição costeira, do município de Osório, segundo o cálculo da distância e a proximidade das informações descrito na metodologia 4.2.3.

Figura 28: Mapa temático do valor do m² vs Exposição Costeira - Capão da Canoa.



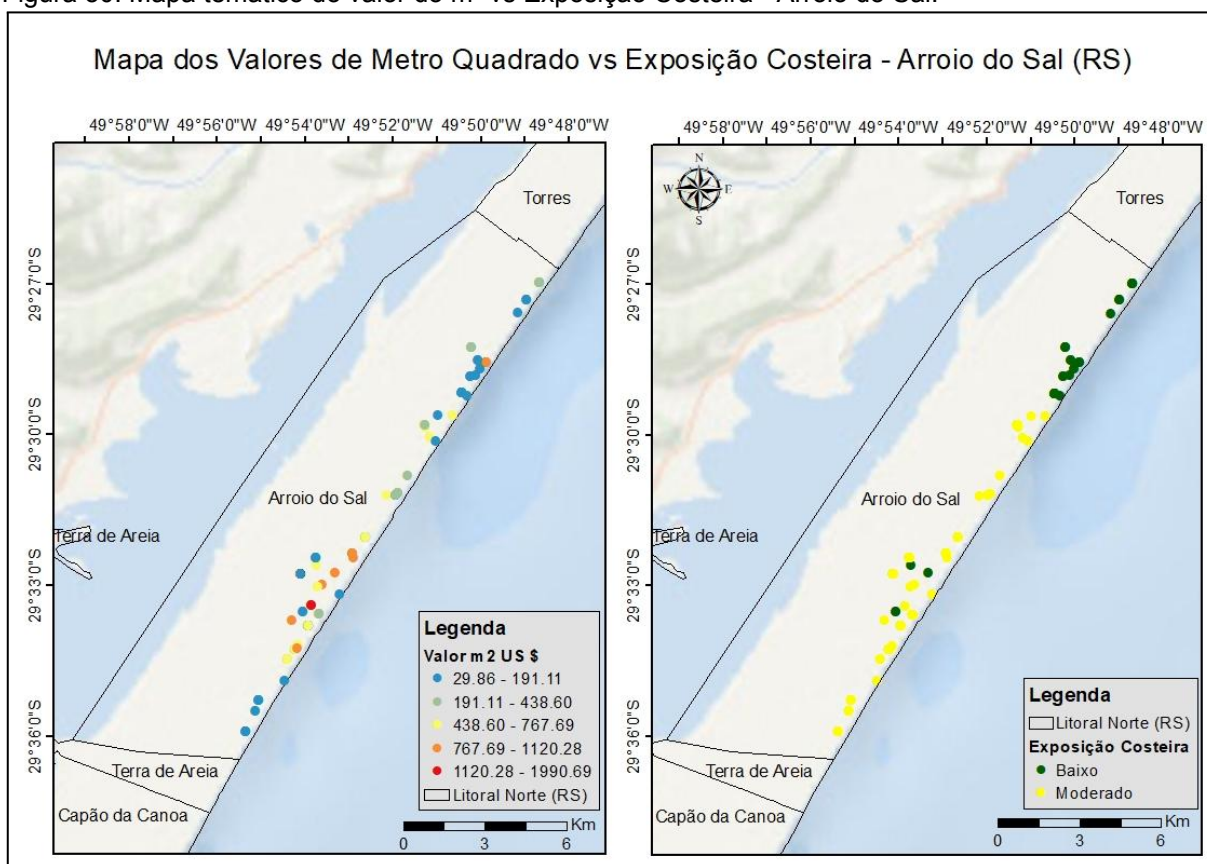
Nota: A esquerda o mapa do valor do m² do imóvel do município de Capão da Canoa, e a direita o mapa da exposição costeira, do município de Capão da Canoa, segundo o cálculo da distância e a proximidade das informações descritas na metodologia 4.2.3.

Figura 29: Mapa temático do valor do m² vs Exposição Costeira - Terra de Areia.



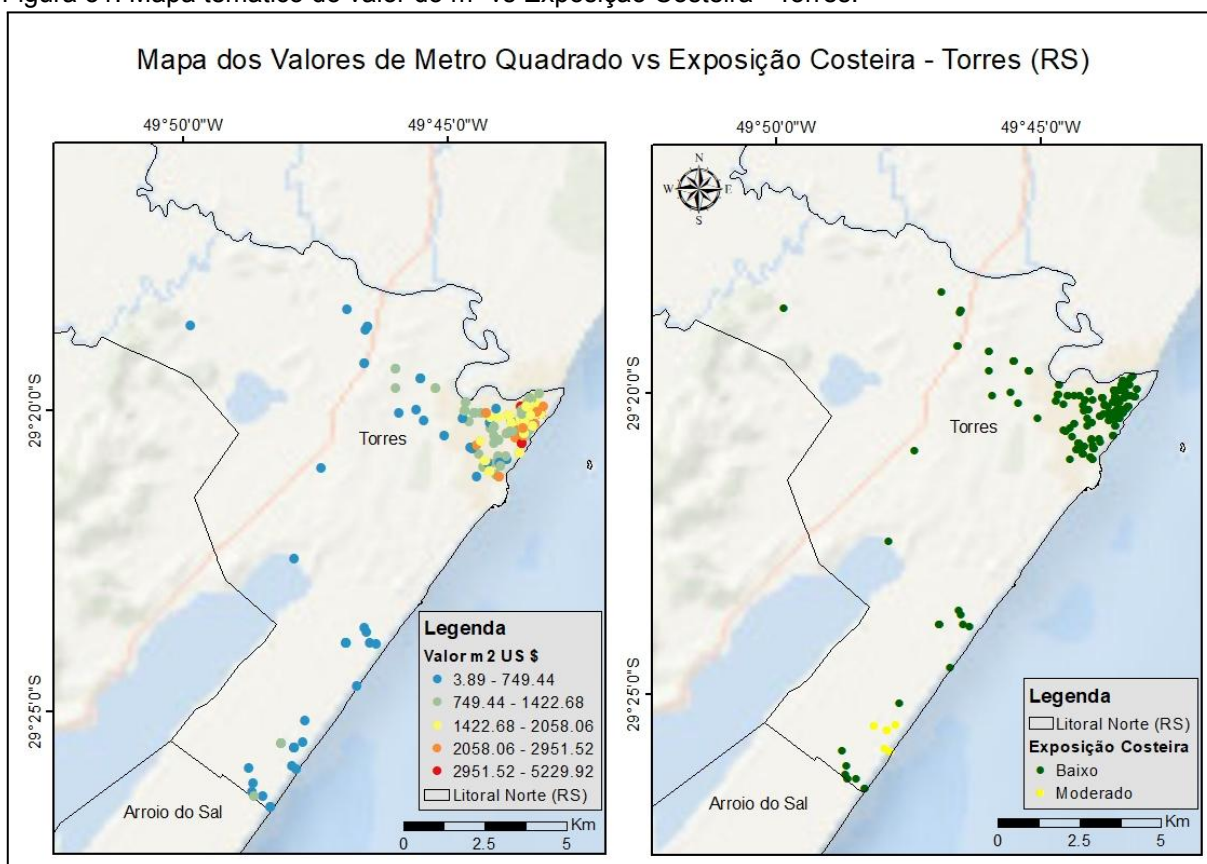
Nota: A esquerda o mapa do valor do m² do imóvel do município de Terra de Areia, e a direita o mapa da exposição costeira, do município de Terra de Areia, segundo o cálculo da distância e a proximidade das informações descritas na metodologia 4.2.3.

Figura 30: Mapa temático do valor do m² vs Exposição Costeira - Arroio do Sal.



Nota: A esquerda o mapa do valor do m² do imóvel do município de Arroio do Sal, e a direita o mapa da exposição costeira, do município de Arroio do Sal, segundo o cálculo da distância e a proximidade das informações descritas na metodologia 4.2.3.

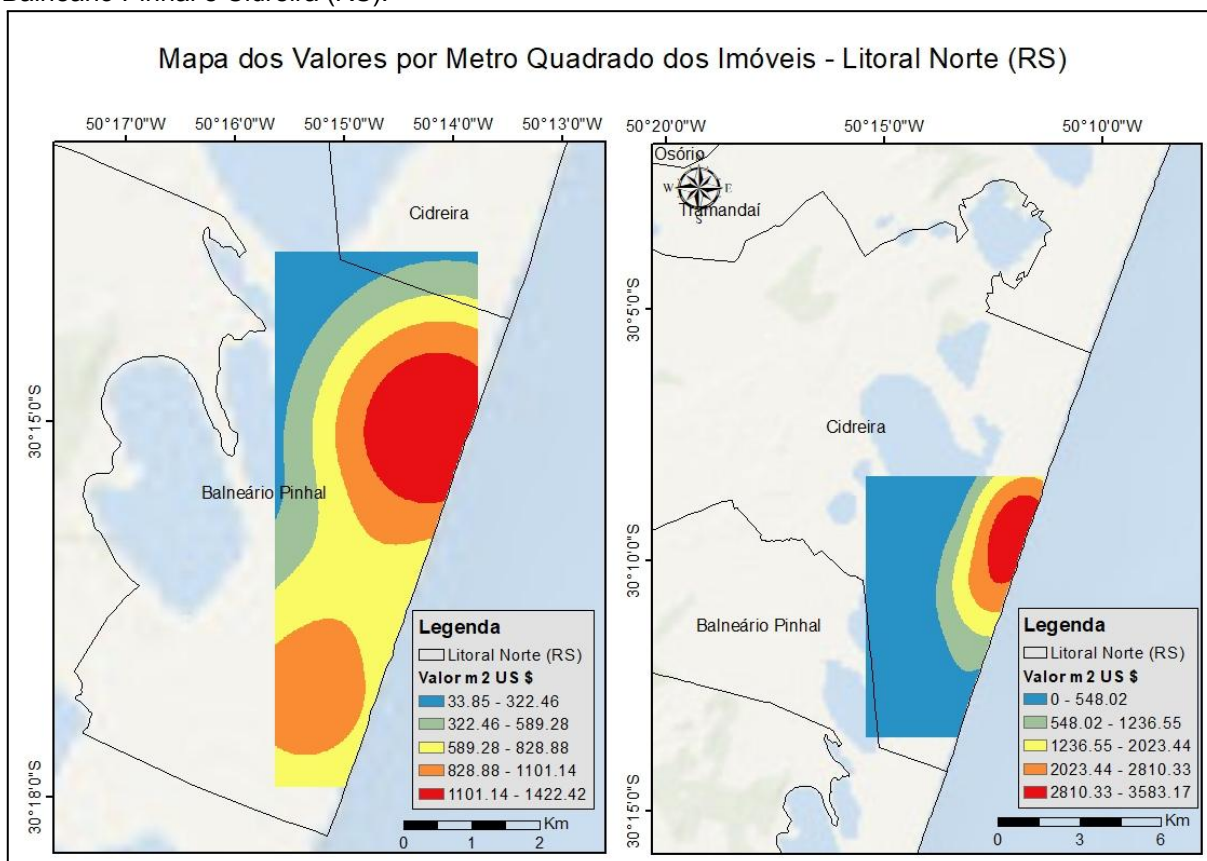
Figura 31: Mapa temático do valor do m² vs Exposição Costeira - Torres.



Nota: A esquerda o mapa do valor do m² do imóvel do município de Torres, e a direita o mapa da exposição costeira, do município de Torres, segundo o cálculo da distância e a proximidade das informações descritas na metodologia 4.2.3.

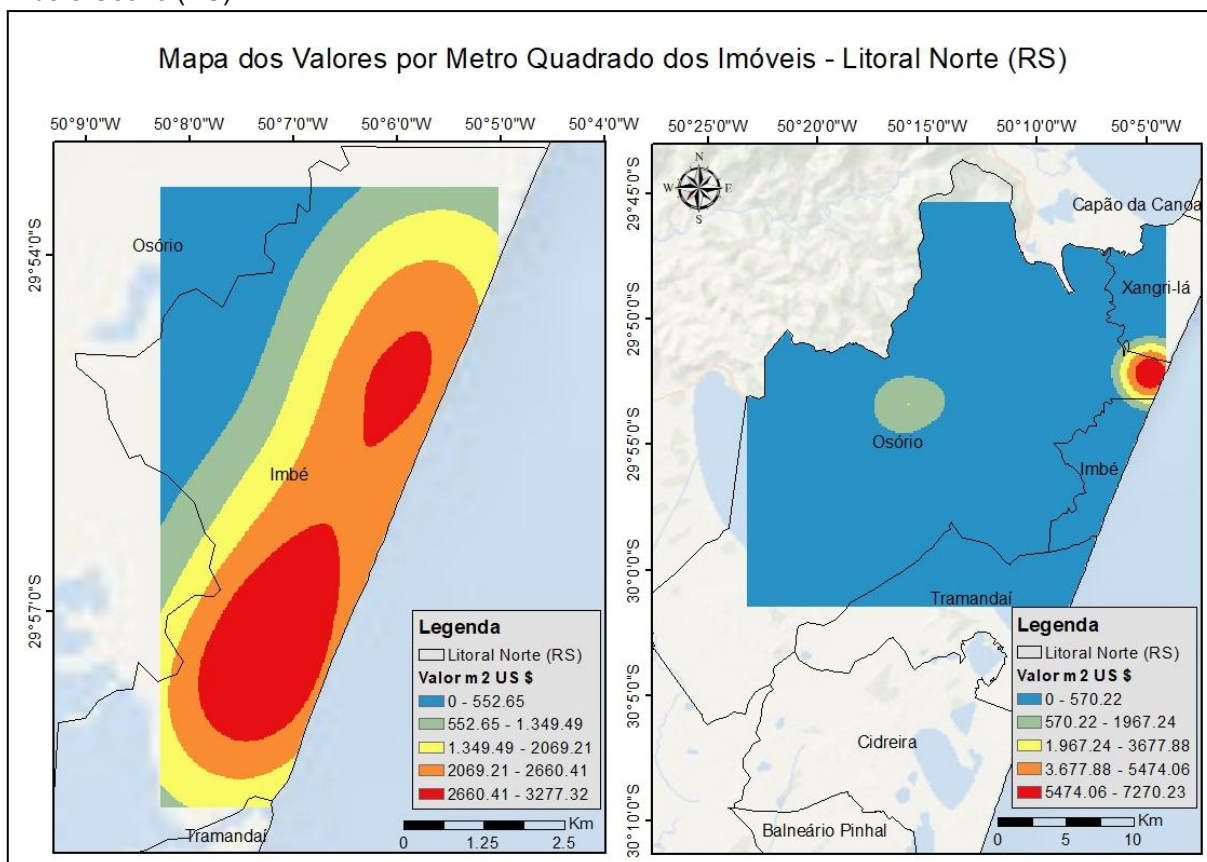
APÊNDICE C - Mapas temáticos da densidade de *kernel* dos valores por m² dos imóveis dos municípios do Litoral Norte (RS)

Figura 32: Mapa temático da densidade de *kernel* dos valores por m² dos imóveis nos municípios de Balneário Pinhal e Cidreira (RS).



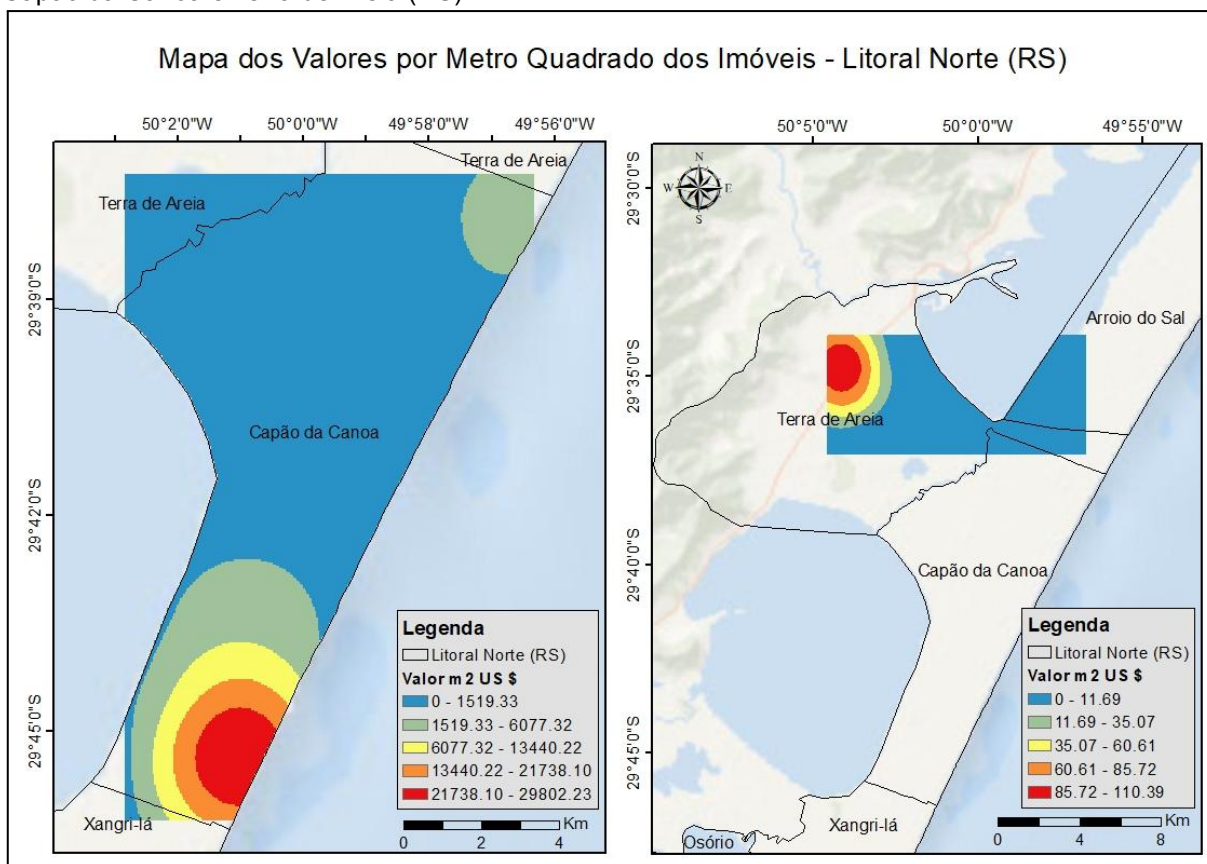
Nota: A esquerda mapa temático da densidade de *kernel* dos valores por m² do imóvel no município de Balneário Pinhal, e a direita mapa temático da densidade de *kernel* dos valores por m² do imóvel no município de Cidreira.

Figura 33: Mapa temático da densidade de *kernel* dos valores por m² dos imóveis nos municípios de Imbé e Osório (RS).



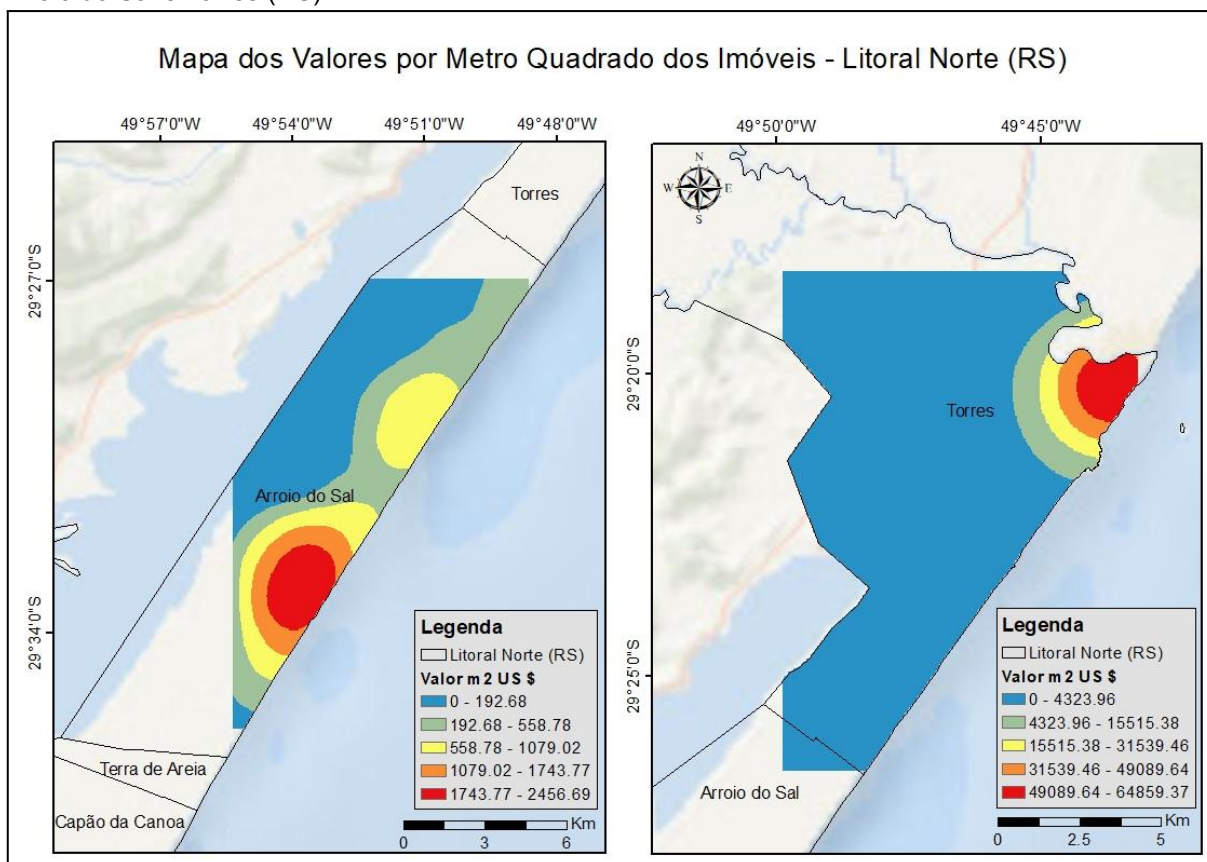
Nota: A esquerda mapa temático da densidade de *kernel* dos valores por m² do imóvel no município de Imbé, e a direita mapa temático da densidade de *kernel* dos valores por m² do imóvel no município de Osório.

Figura 34: Mapa temático da densidade de *kernel* dos valores por m² dos imóveis nos municípios de Capão da Canoa e Terra de Areia (RS).



Nota: A esquerda mapa temático da densidade de *kernel* dos valores por m² do imóvel no município de Capão da Canoa, e a direita mapa temático da densidade de *kernel* dos valores por m² do imóvel no município de Terra de Areia.

Figura 35: Mapa temático da densidade de *kernel* dos valores por m² dos imóveis nos municípios de Arroio do Sal e Torres (RS).



Nota: A esquerda mapa temático da densidade de *kernel* dos valores por m² do imóvel no município de Arroio do Sal, e a direita mapa temático da densidade de *kernel* dos valores por m² do imóvel no município de Torres.

APÊNDICE D - Tabelas dos resultados da distribuição dos Resíduos para cada município do Litoral Norte (RS)

Tabela 12: Distribuição do sumário do Resíduos do modelo RGP para cada município do Litoral Norte - RS.

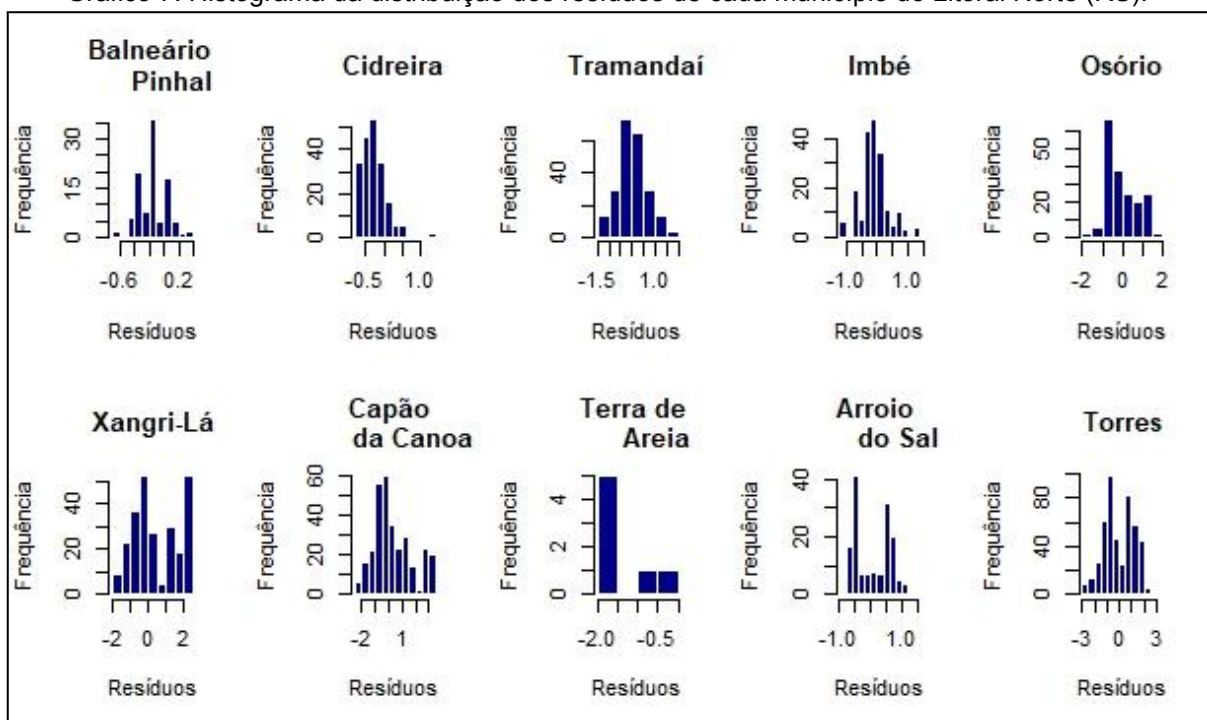
Litoral Norte - RS	Mínimo	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Máximo
Balneário Pinhal	-0,62521	-0,32913	-0,12879	-0,15106	-0,04015	0,35832
Cidreira	-0,7875	-0,4992	-0,3382	-0,2796	-0,1175	1,2332
Tramandaí	-1,072602	-0,371497	-0,023647	-0,008446	0,349699	1,618539
Imbé	-1,11697	-0,35296	-0,16243	-0,09437	0,13422	1,32946
Osório	-1,53286	-0,51951	-0,24342	-0,03392	0,49196	1,67150
Xangri-Lá	-1,79445	-0,57457	0,03927	0,42816	1,62801	2,34344

Capão da Canoa	-2,46441	-0,70104	-0,03397	0,26521	1,05920	3,29650
Terra de Areia	-1,7292	-1,6794	-1,6025	-1,3615	-1,2214	-0,3972
Arroio do Sal	-0,89905	-0,53504	0,09908	0,05555	0,52305	1,52371
Torres	-2,73794	-0,90504	-0,08229	-0,06484	0,90809	3,22913

Fonte: *RStudio*, versão 3.3.0.

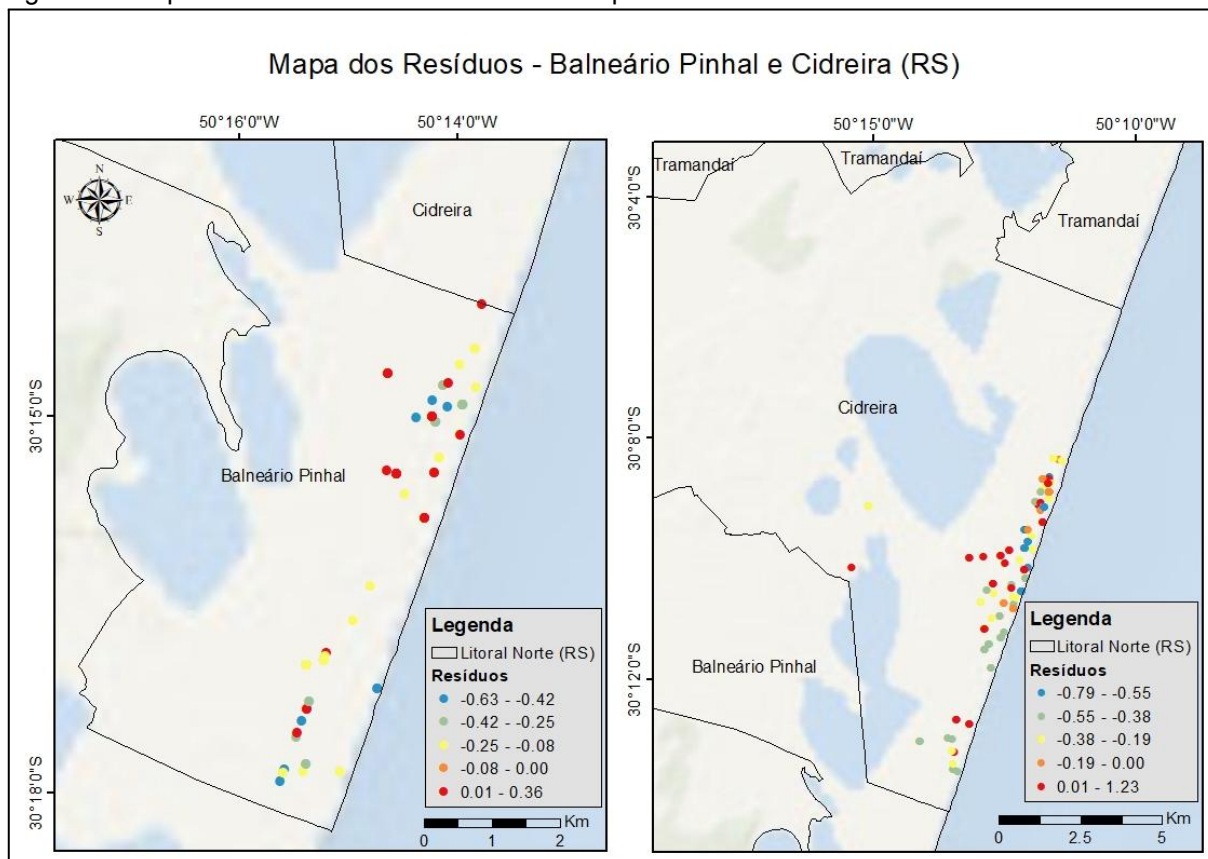
APÊNDICE E - Histogramas dos resultados da distribuição dos Resíduos para cada município do Litoral Norte - RS

Gráfico 7: Histograma da distribuição dos resíduos de cada município do Litoral Norte (RS).



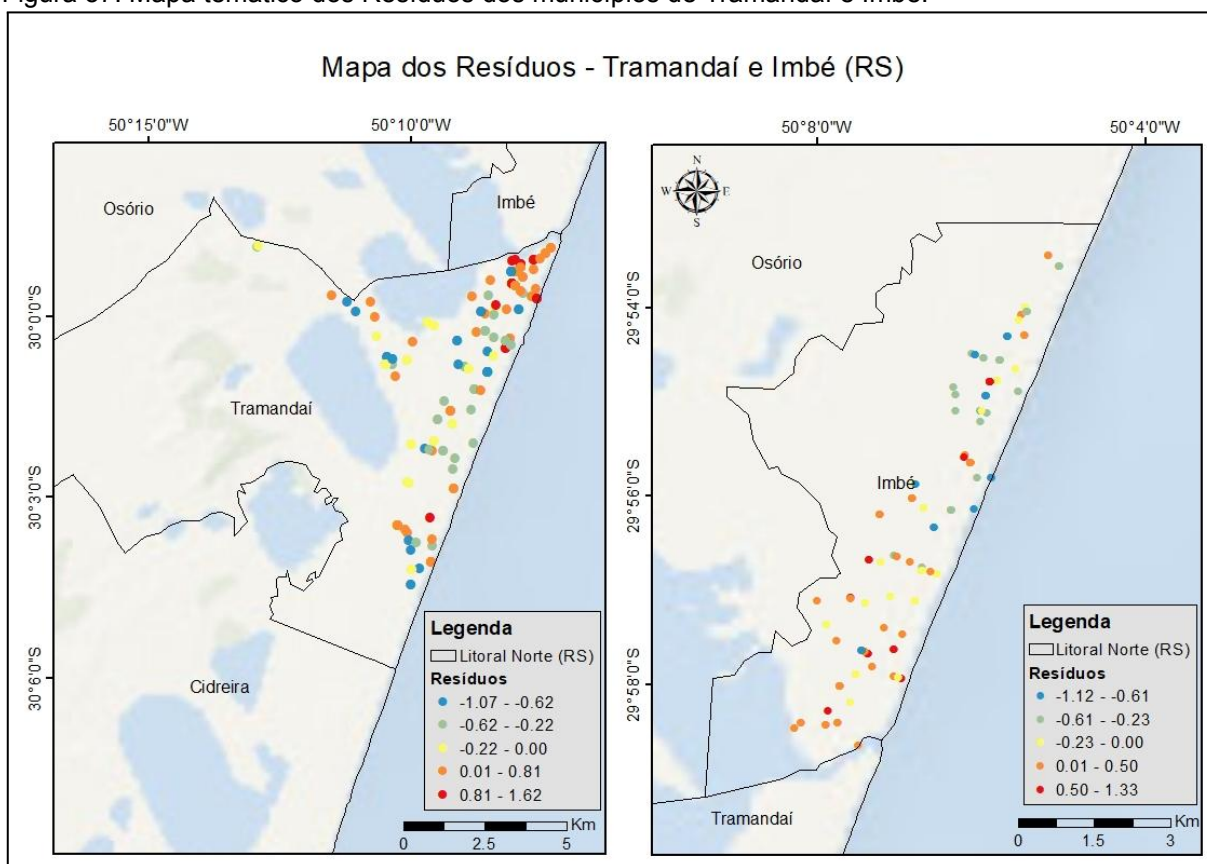
APÊNDICE F - Mapas temáticos dos resultados da distribuição dos Resíduos para cada município do Litoral Norte - RS - modelo RGP

Figura 36: Mapa temático dos Resíduos dos municípios de Balneário Pinhal e Cidreira.



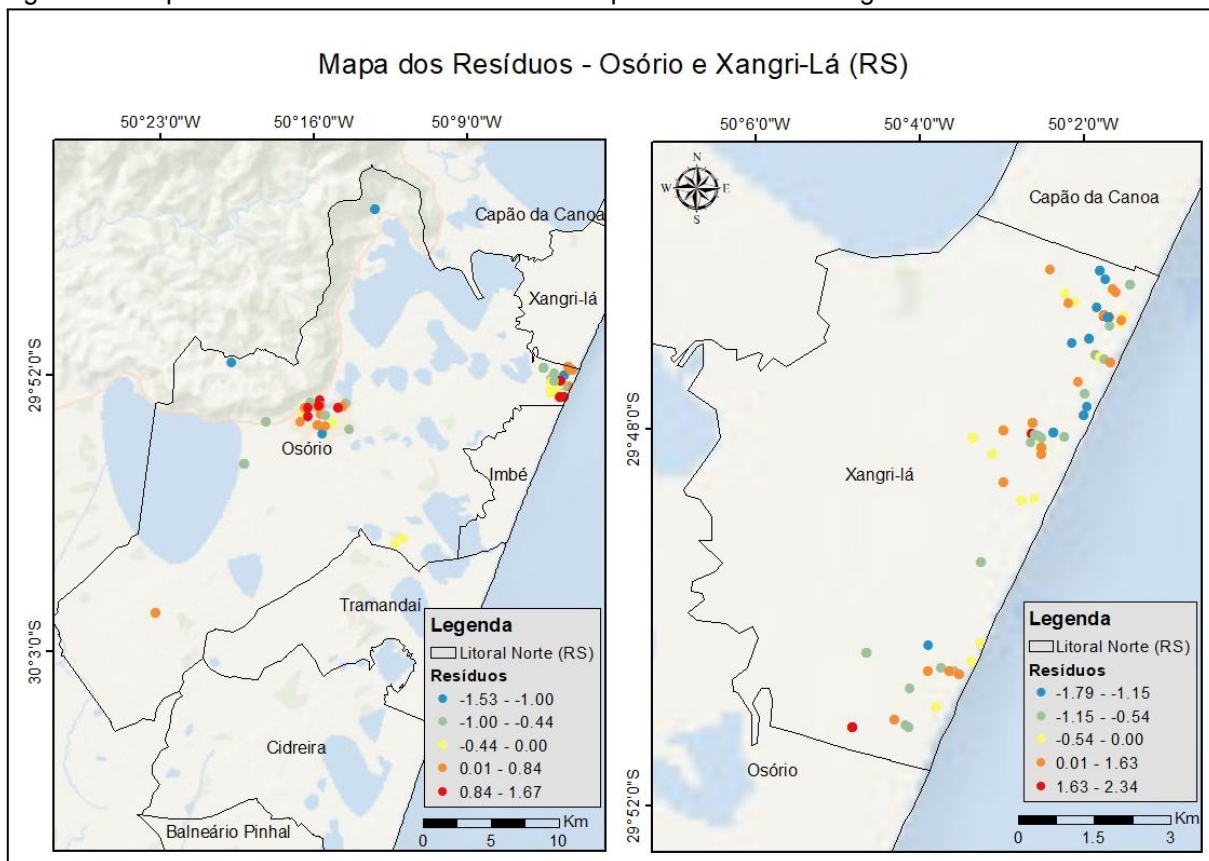
Nota: A esquerda o mapa dos resíduos do município de Balneário Pinhal, e a direita mapa dos resíduos do município de Cidreira.

Figura 37: Mapa temático dos Resíduos dos municípios de Tramandaí e Imbé.



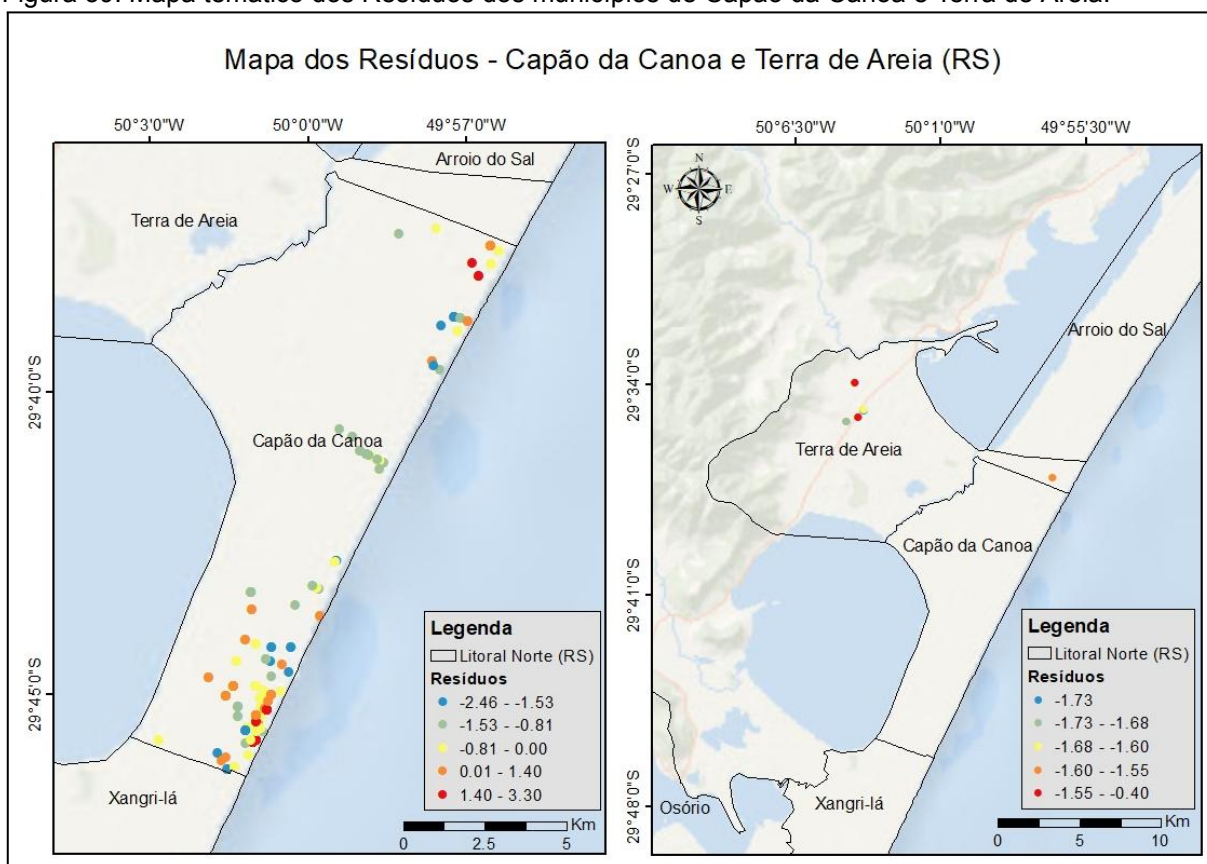
Nota: A esquerda o mapa dos resíduos do município de Tramandaí, e a direita mapa dos resíduos do município de Imbé.

Figura 38: Mapa temático dos Resíduos dos municípios de Osório e Xangri-Lá.



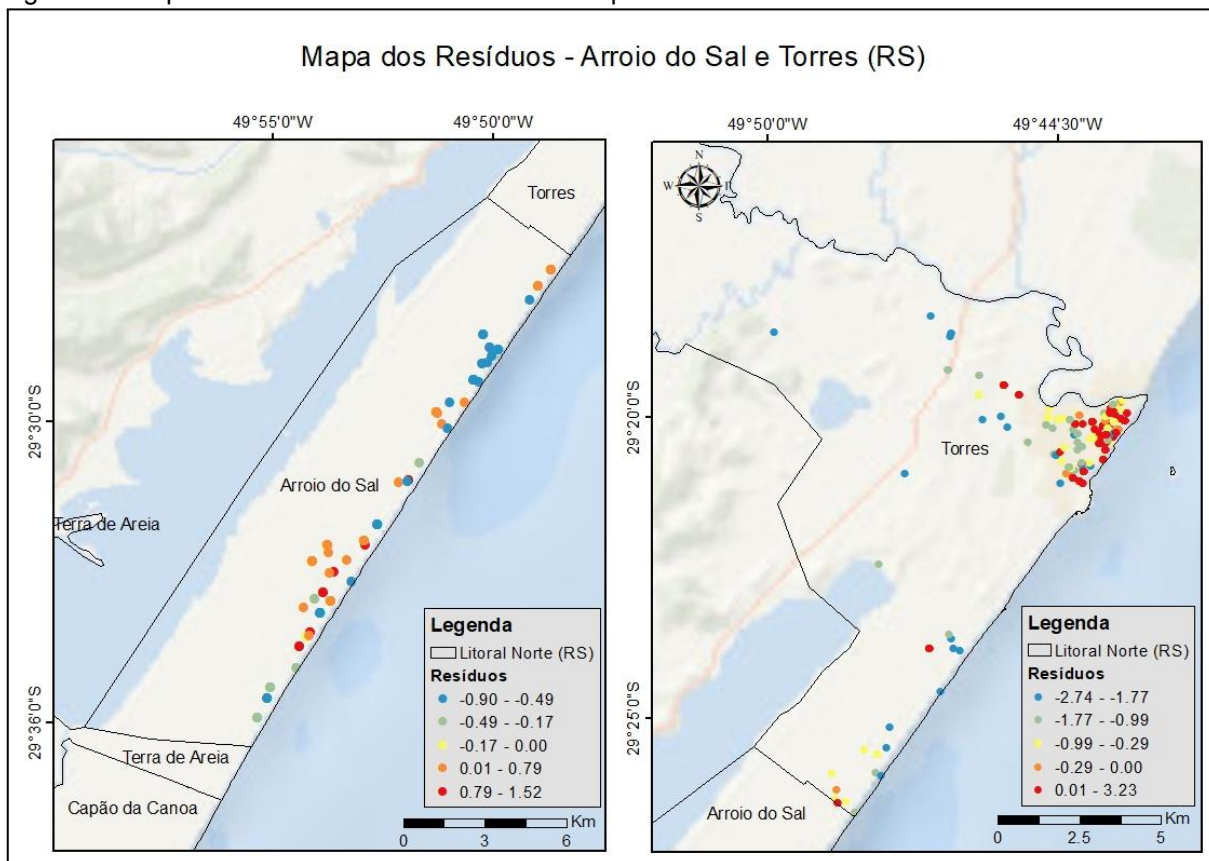
Nota: A esquerda o mapa dos resíduos do município de Osório, e a direita mapa dos resíduos do município de Xangri-Lá.

Figura 39: Mapa temático dos Resíduos dos municípios de Capão da Canoa e Terra de Areia.



Nota: A esquerda o mapa dos resíduos do município de Capão da Canoa, e a direita mapa dos resíduos do município de Terra de Areia.

Figura 40: Mapa temático dos Resíduos dos municípios de Arroio do Sal e Torres.



Nota: A esquerda o mapa dos resíduos do município de Arroio do Sal, e a direita mapa dos resíduos do município de Torres.

APÊNDICE G - Tabela dos resultados da distribuição dos R^2 para cada município do Litoral Norte - RS

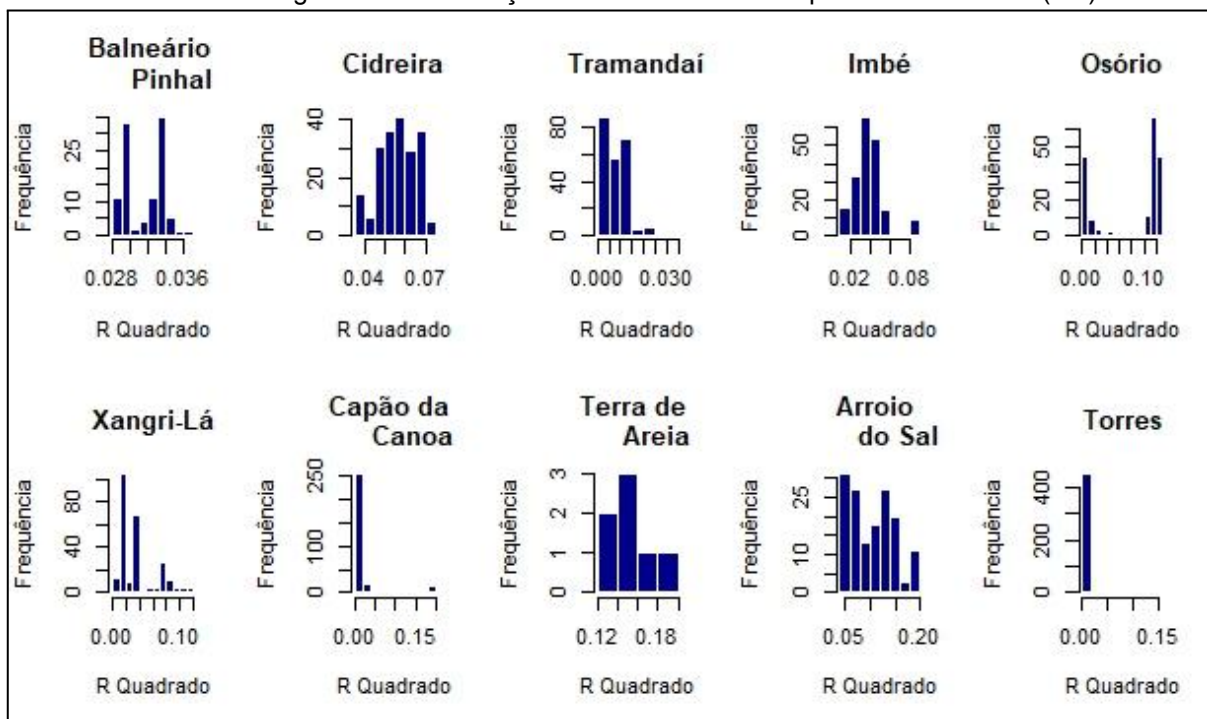
Tabela 13: Distribuição do sumário do R^2 Local do modelo RGP - Pontos (municípios).

Litoral Norte	Mínimo	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Máximo
Balneário Pinhal	0,02819	0,02949	0,03228	0,03154	0,03364	0,03611
Cidreira	0,03751	0,04985	0,05616	0,05591	0,06394	0,07032
Tramandaí	0,0004259	0,0032890	0,0068869	0,0080339	0,0118133	0,0317583
Imbé	0,01426	0,02953	0,03637	0,03783	0,04278	0,08154
Osório	0,002335	0,011254	0,116138	0,081797	0,119818	0,123505
Xangri-Lá	0,008284	0,011834	0,030617	0,034840	0,035347	0,115457
Capão da Canoa	$7,770 \times 10^{-6}$	$1,775 \times 10^{-3}$	$2,566 \times 10^{-3}$	$2,182 \times 10^{-2}$	$4,019 \times 10^{-3}$	$1,869 \times 10^{-1}$
Terra de Areia	0,1381	0,1431	0,1553	0,1575	0,1636	0,1960
Arroio do Sal	0,05294	0,06944	0,10294	0,10596	0,13988	0,19529
Torres	0,01003	0,01088	0,01124	0,01671	0,01198	0,15717

Fonte: *RStudio*, versão 3.3.0.

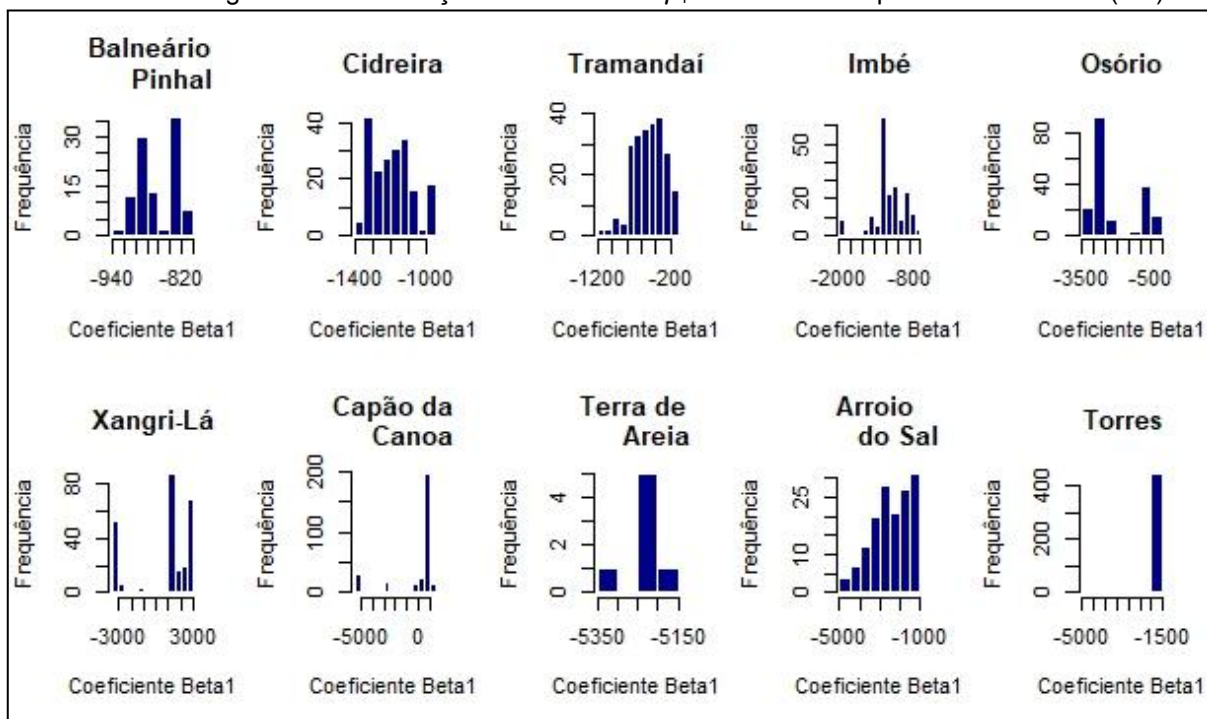
APÊNDICE H - Histogramas dos resultados da distribuição dos R^2 para cada município do Litoral Norte - RS

Gráfico 8: Histograma da distribuição do R^2 de cada município do Litoral Norte (RS).



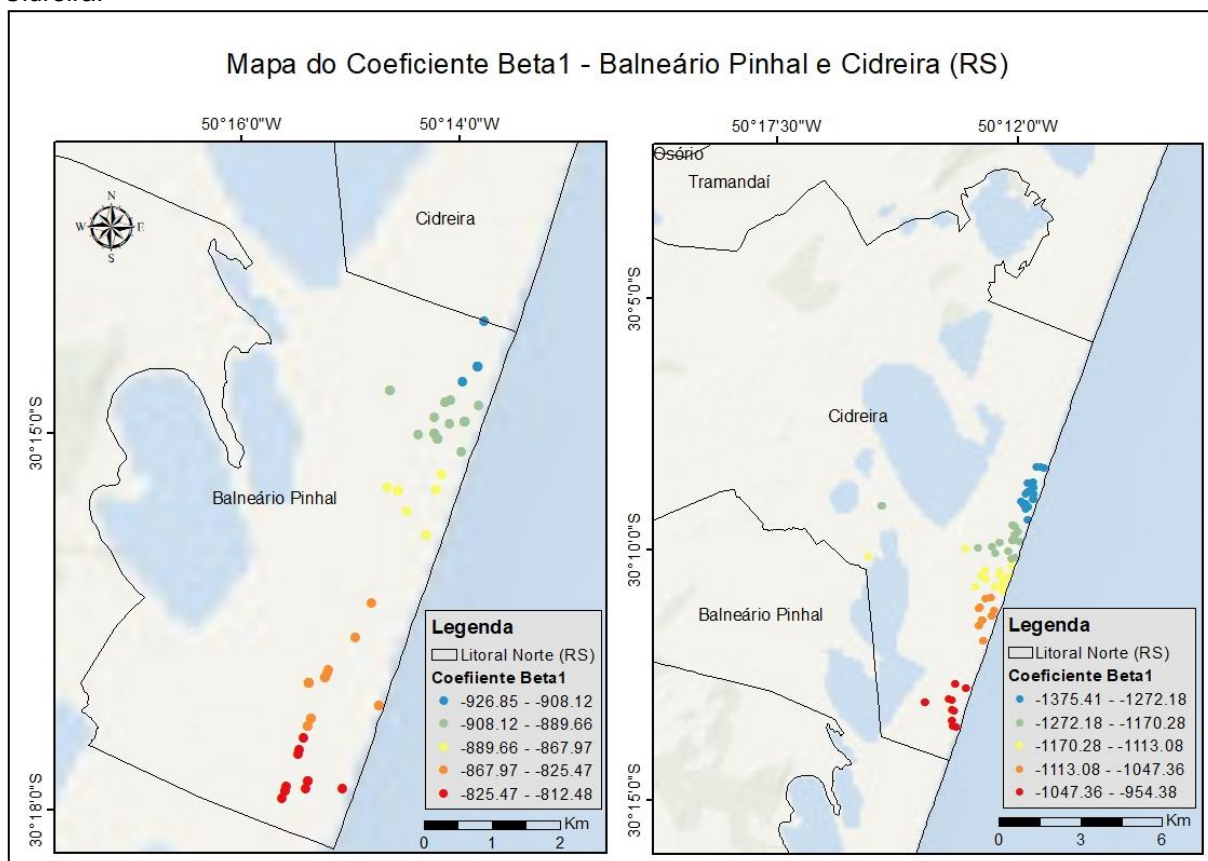
APÊNDICE I - Histogramas dos resultados da distribuição do Coeficiente β_1 para cada município do Litoral Norte - RS

Gráfico 9: Histograma da distribuição do Coeficiente β_1 de cada município do Litoral Norte (RS).



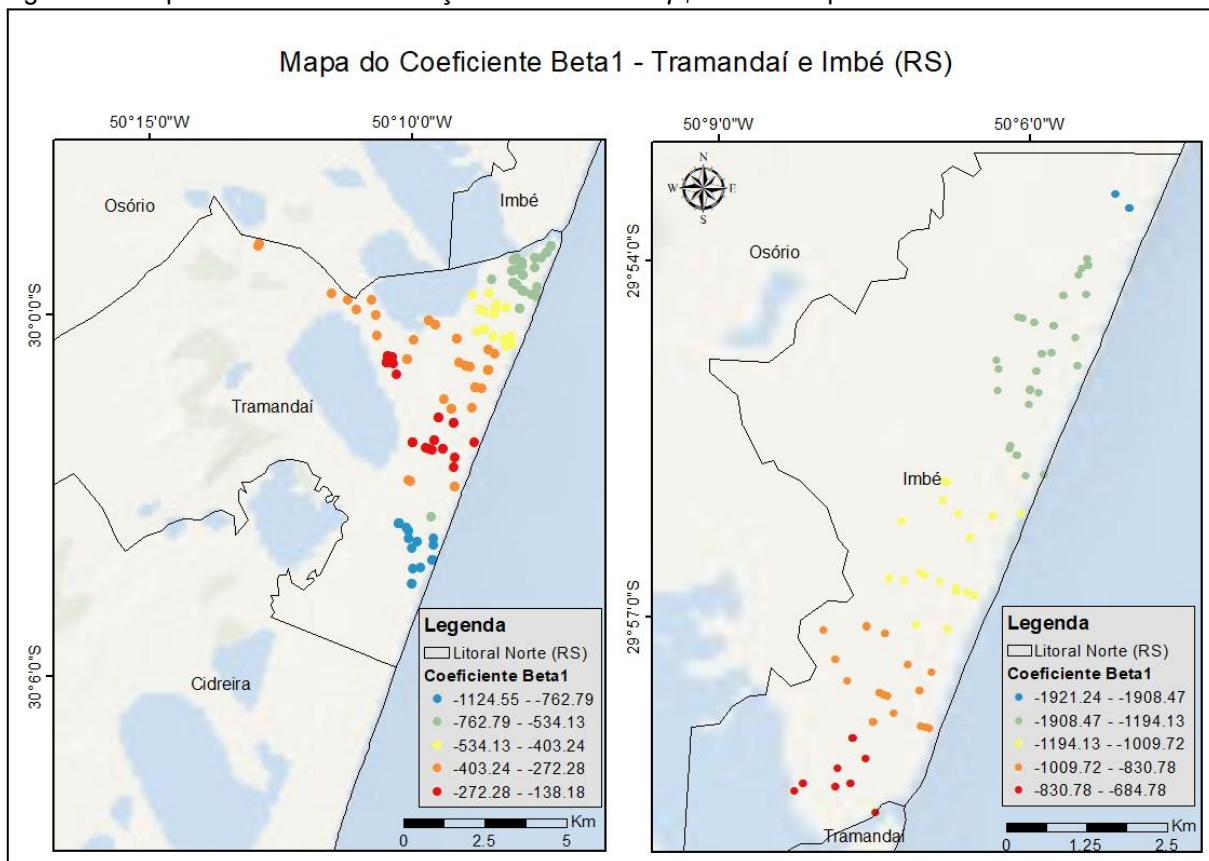
APÊNDICE J - Mapas temáticos dos resultados da distribuição do Coeficiente β_1 para cada município do Litoral Norte - RS.

Figura 41: Mapa temático da distribuição do Coeficiente β_1 dos municípios de Balneário Pinhal e Cidreira.



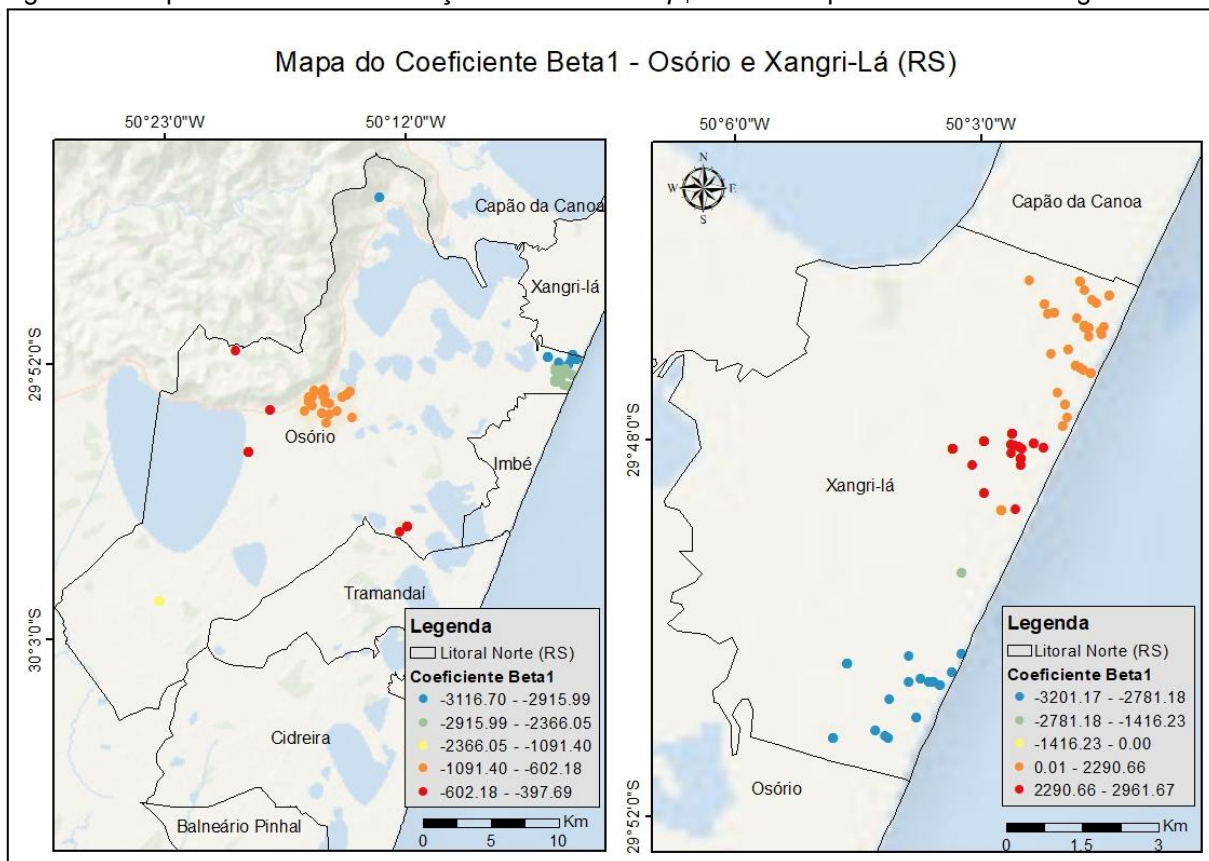
Nota: A esquerda mapa temático da distribuição do Coeficiente β_1 do município de Balneário Pinhal, e a direita mapa temático da distribuição do Coeficiente β_1 do município de Cidreira.

Figura 42: Mapa temático da distribuição do Coeficiente β_1 dos municípios de Tramandaí e Imbé.



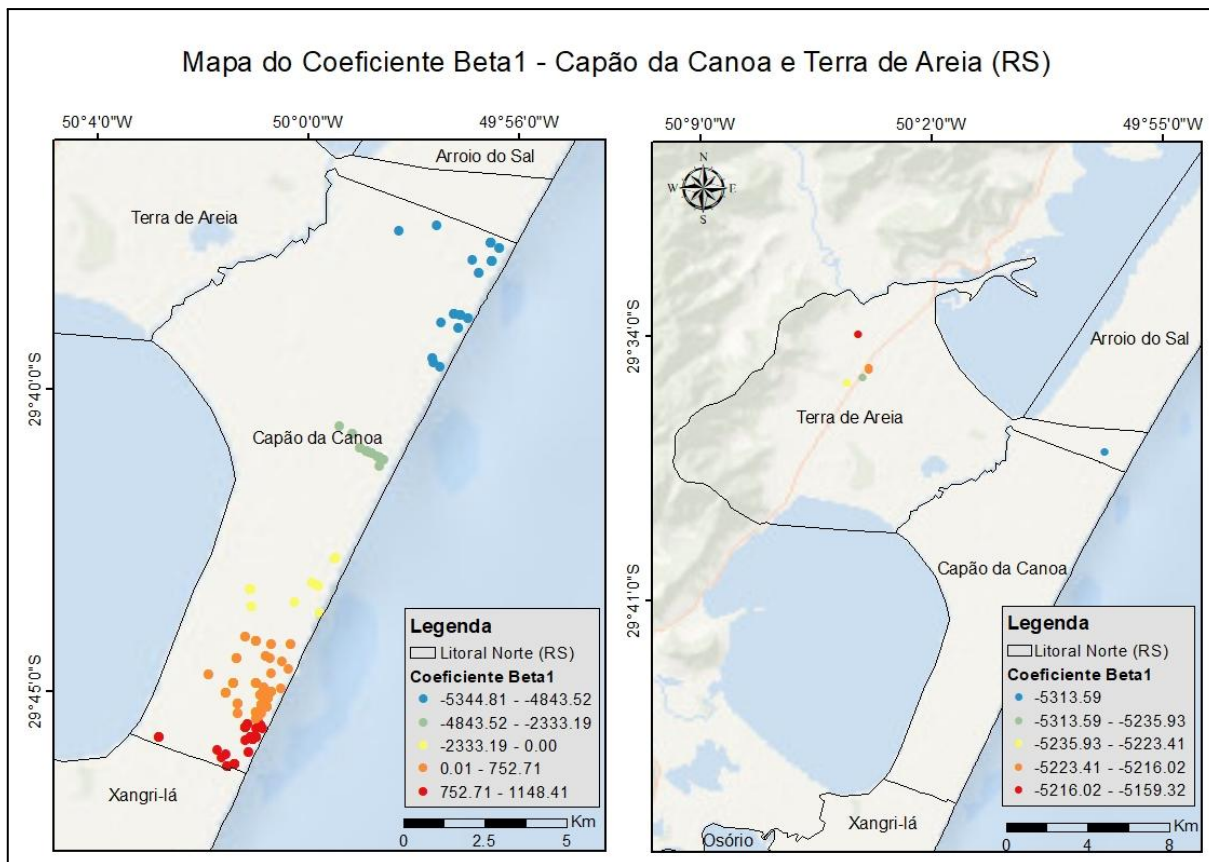
Nota: A esquerda mapa temático da distribuição do Coeficiente β_1 do município de Tramandaí, e a direita mapa temático da distribuição do Coeficiente β_1 do município de Imbé.

Figura 43: Mapa temático da distribuição do Coeficiente β_1 dos municípios de Osório e Xangri-Lá.



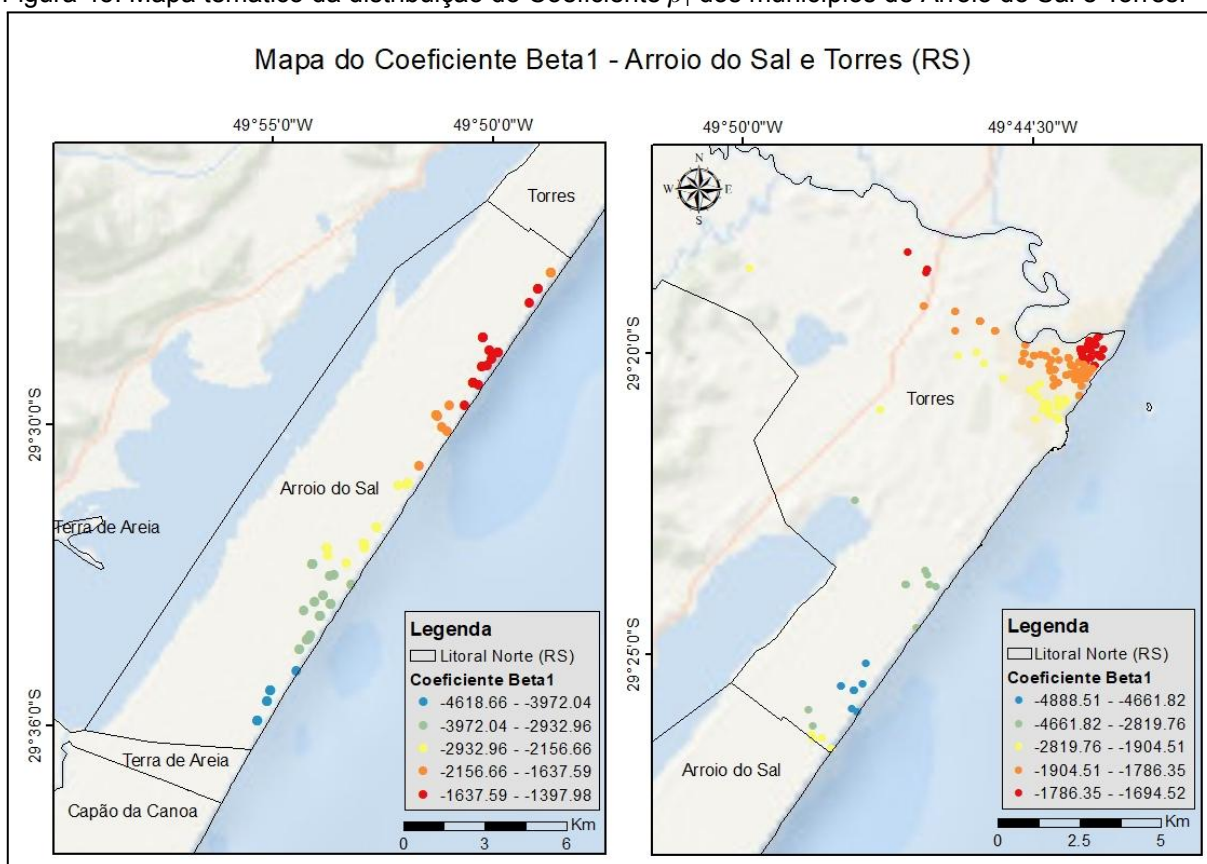
Nota: A esquerda mapa temático da distribuição do Coeficiente β_1 do município de Osório, e a direita mapa temático da distribuição do Coeficiente β_1 do município de Xangri-Lá.

Figura 44: Mapa temático da distribuição do Coeficiente β_1 dos municípios de Capão da Canoa e Terra de Areia.



Nota: A esquerda mapa temático da distribuição do Coeficiente β_1 do município de Capão da Canoa, e a direita mapa temático da distribuição do Coeficiente β_1 do município de Terra de Areia.

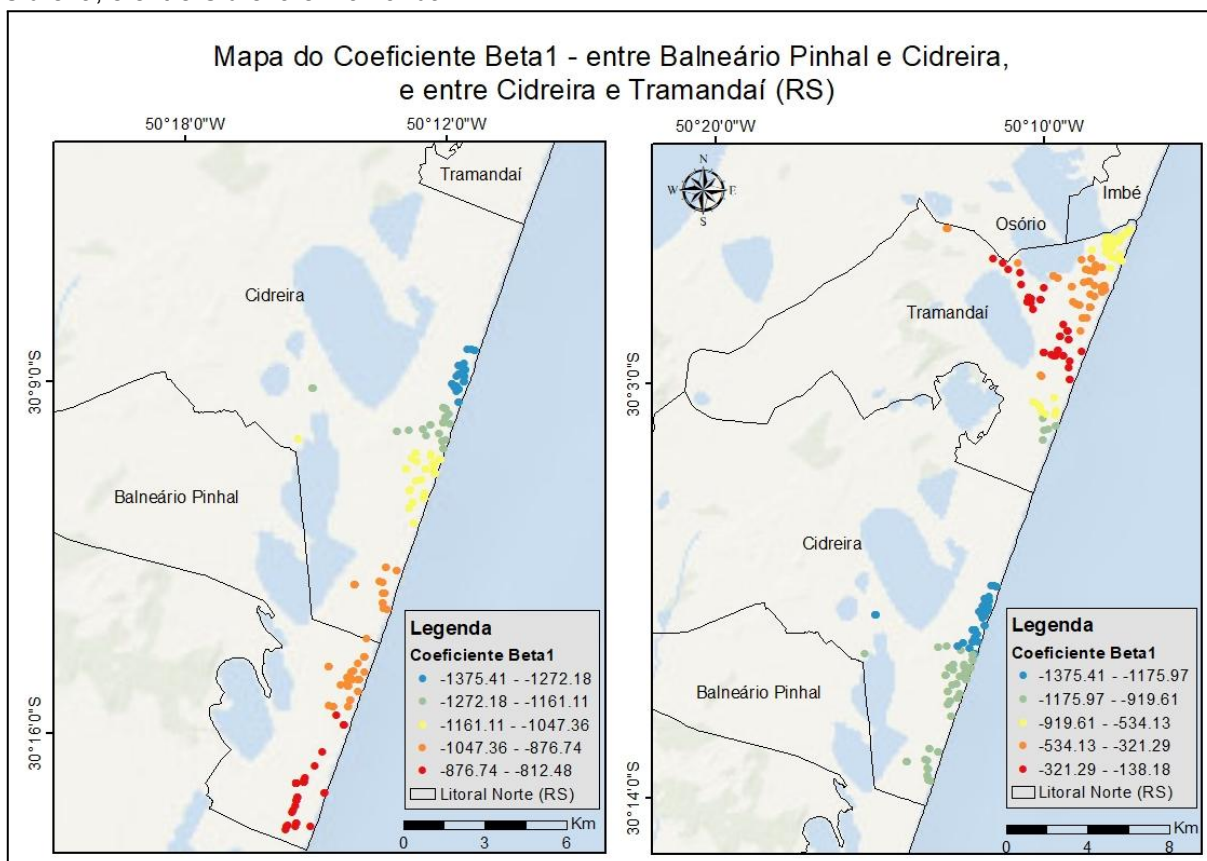
Figura 45: Mapa temático da distribuição do Coeficiente β_1 dos municípios de Arroio do Sal e Torres.



Nota: A esquerda mapa temático da distribuição do Coeficiente β_1 do município de Arroio do Sal, e a direita mapa temático da distribuição do Coeficiente β_1 do município de Torres.

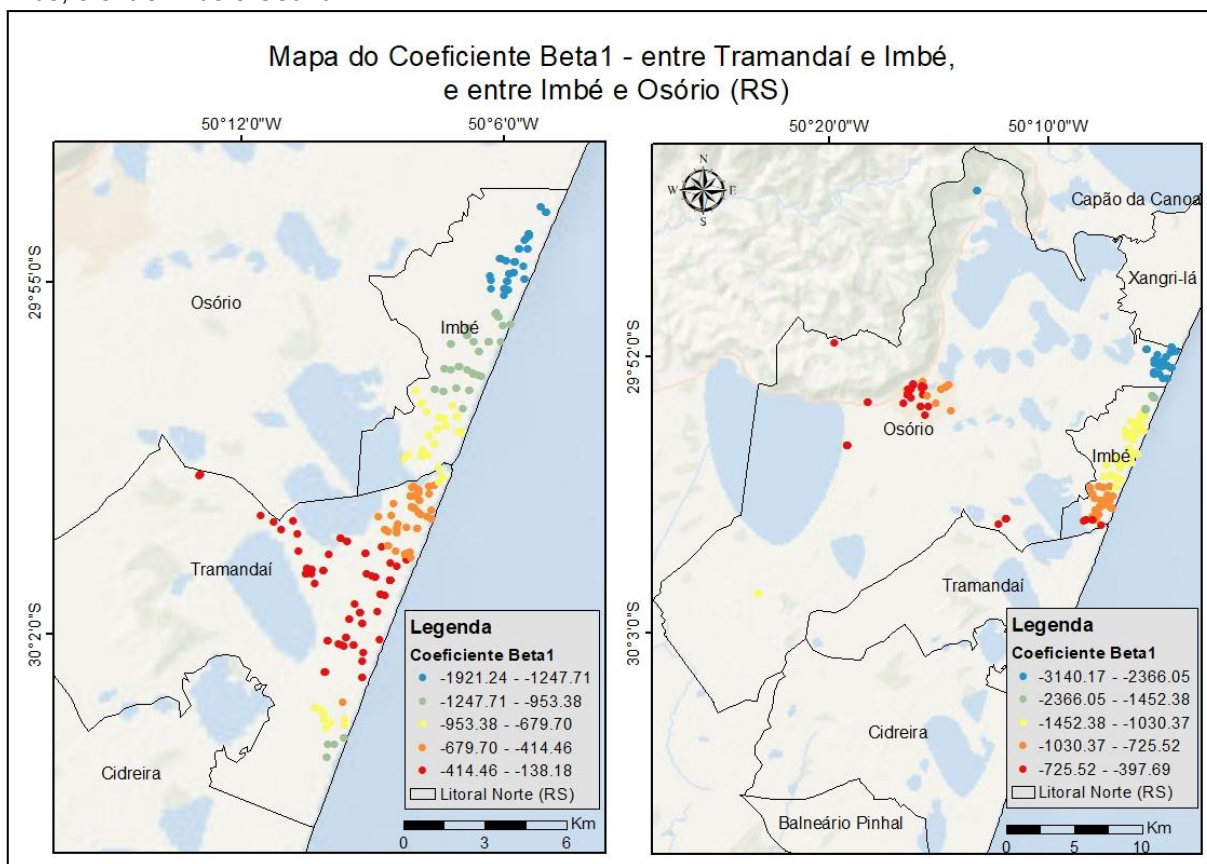
APÊNDICE K - Mapa temáticos dos Resultados da distribuição do Coeficiente β_1 limite dos municípios do Litoral Norte - RS

Figura 46: Mapa temático do Coeficiente β_1 do limite político entre os municípios de Balneário Pinhal e Cidreira, e entre Cidreira e Tramandaí.



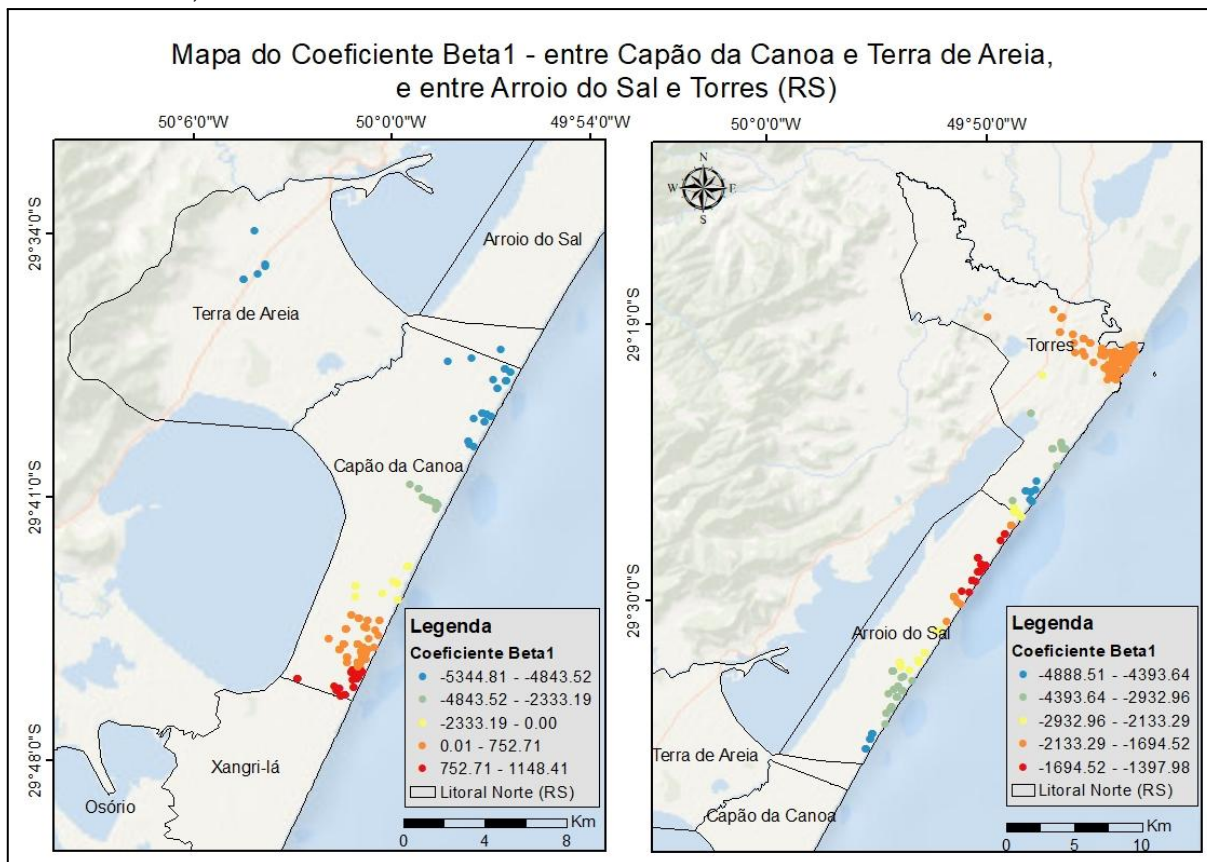
Nota: A esquerda mapa temático dos valores do Coeficiente β_1 dos municípios de Balneário Pinhal e Cidreira, e a direita mapa temático dos valores do Coeficiente β_1 dos municípios de Cidreira e Tramandaí.

Figura 47: Mapa temático do Coeficiente β_1 do limite político entre os municípios de Tramandaí e Imbé, e entre Imbé e Osório.



Nota: A esquerda mapa temático dos valores do Coeficiente β_1 dos municípios de Tramandaí e Imbé, e a direita mapa temático dos valores do Coeficiente β_1 dos municípios de Imbé e Osório.

Figura 48: Mapa temático do Coeficiente β_1 do limite político entre os municípios de Capão da Canoa e Terra de Areia, e entre Arroio do Sal e Torres.



Nota: A esquerda mapa temático dos valores do Coeficiente β_1 dos municípios de Capão da Canoa e Terra de Areia, e a direita mapa temático dos valores do Coeficiente β_1 dos municípios de Arroio do Sal e Torres.