

ANÁLISE TEMPORAL DOS IMPACTOS SOBRE O SISTEMA DE DUNAS DO DISTRITO DE QUINTÃO, PALMARES DO SUL – RS

Filipe Aguiar Rocha ¹
Flávia Farina ²

INTRODUÇÃO

As zonas costeiras são ambientes em constante mudança, sujeitas a ações erosivas e deposicionais, além de sensíveis do ponto de vista ecológico. Os sistemas de dunas, associados à grande maioria das praias arenosas brasileiras, contribuem para preservar as características do ambiente costeiro devido a proteção que exercem contra ressacas e ondas de tempestades, porém, são altamente dinâmicas e suscetíveis às mudanças no uso do solo e à degradação quando expostas a práticas inadequadas de manejo. Historicamente, o avanço da industrialização e da expansão agrícola nos ambientes litorâneos no Brasil têm causado, de forma expressiva, impactos sobre ecossistemas relevantes e sensíveis, como aqueles ocasionados pelo incremento das áreas urbanas em termos de expansão e densificação, da implantação de cultivos agrícolas e de espécies exóticas.

Exemplos típicos do estado do Rio Grande do Sul são o plantio de arroz na planície costeira, a prática da silvicultura sobre dunas (CORDAZZO et al 2006) e a intensificação da ocupação sazonal no período de veraneio. Essa população flutuante extensiva conduz à alteração da paisagem, dos ecossistemas e à extrapolação dos limites sanitários, elevando a concentração de poluentes e o volume de dejetos e resíduos, precarizando as condições sanitárias e contaminando os recursos hídricos (STROHAECKER 2016; LOPES et al, 2018; FUJIMOTO et al, 2006). Além disso, espécies endêmicas da fauna do estado estão ameaçadas de extinção devido ao pisoteio, deposição de lixo, silvicultura e, principalmente, à remoção da primeira linha de dunas com a finalidade de urbanização e especulação imobiliária (SILVEIRA, 2023).

No setor costeiro do município de Palmares do Sul as mudanças na paisagem geradas pela urbanização e pela silvicultura impactam de modo considerável o ambiente. A

¹ Professor da Área do Conhecimento de Humanidades da Universidade de Caxias do Sul -UCS, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, farocha2@ucs.br;

² Professora Associada do Departamento de Geodésia, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, flavia.farina@ufrgs.br.

instalação de residências sobre o sistema de dunas, inclusive sobre dunas móveis gera um duplo risco, tanto pela destruição do sistema quanto pelo avanço e soterramento das dunas sobre os terrenos e residências. Ademais, Quintão é o segundo balneário do estado com maior crescimento médio em relação a população permanente nos meses de veraneio, sendo que em janeiro de 2015 o incremento populacional atingiu quase 500% (ZUANAZZI & BARTELS, 2016).

Em razão do exposto, o objetivo deste trabalho é mapear e analisar os impactos antrópicos sobre o sistema de dunas do Distrito de Quintão, RS, no período entre os anos de 2002 e 2022, utilizando sensoriamento remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG), visando avaliar as alterações decorrentes e fornecer subsídios para a gestão costeira.

Uma grande quantidade de informações pode ser extraída das imagens de sensoriamento remoto e, quando implementadas em um SIG, podem ser integradas, derivadas e modeladas para compor diversos cenários de interesse (LONGLEY et al., 2015). Na literatura há muitos exemplos de trabalhos em zonas costeiras empregando as técnicas apontadas (FOLHARINI & OLIVEIRA, 2020; FERNANDES et al, 2020; PORTZ et al, 2014).

MATERIAIS E MÉTODOS

O Distrito de Quintão, localizado no setor costeiro do município de Palmares do Sul (Figura 1), abrange uma área de 141,17km² e, em 2015, tinha população permanente de 3.336 habitantes (ZUANAZZI & BARTELS, 2016). O sistema de dunas de Quintão tem área de 96,19 Km² (Figura 1) e é caracterizado pela faixa de praia, dunas móveis e obliteradas, nas quais ocorrem baixios úmidos ou alagados, com vegetação pioneira, campestre e arbustivas de porte pequeno.

A delimitação do sistema de dunas neste estudo corresponde ao “sistema deposicional laguna-barreira IV”, desenvolvido no Holoceno, caracterizado pelo campo de dunas eólicas bem desenvolvido, com altura variando entre 2 e 8 km, predominantemente do tipo barcanoide, que migram no sentido sudoeste (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995).

A partir da pesquisa prévia dos antecedentes, foram selecionadas e coletadas informações pertinentes (espaciais e dados estatísticos), organizadas em um banco de dados no SIG ArcMap 10.6. Ainda com base nos antecedentes e no conhecimento prévio da área, definiram-se os usos do solo urbano e a silvicultura com as categorias de impacto no ambiente. A obtenção de tais classes se deu pela interpretação visual sobre imagens dos

satélites Landsat7 para o ano de 2002, Landsat8 para 2013 e Landsat9 para o ano de 2022. As imagens selecionadas consideram as datas de maior proximidade com os dados censitários do IBGE, de modo a correlacionar as informações mapeadas com aquelas levantadas em nível de domicílio. O mapeamento foi executado sobre diferentes composições coloridas fusionadas com resolução espacial de 15m e utilizados como apoio imagens NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), para aprimorar a extração da vegetação, imagens históricas do *Google Earth* e, eventualmente, visualização em nível de solo com o *Street View*. A avaliação da dinâmica das classes foi subsidiada pela preparação de mapas e gráficos das mudanças ocorridas na cobertura e uso da terra, incluindo-se área; ganhos e perdas de cada classe e; mapas diferença, ressaltando o avanço ou redução de cada categoria mapeada.

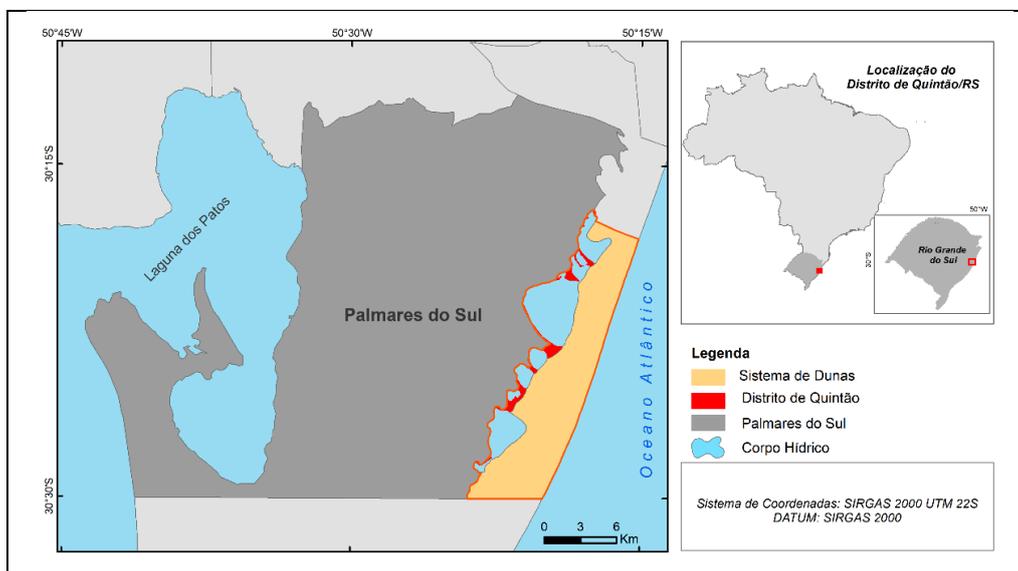


Figura 1: Localização e delimitação da área de estudo

Com o objetivo de compreender as características da urbanização em termos de infraestrutura, foram organizadas informações censitárias a respeito das características dos domicílios para os anos 2000 (IBGE, 2002) e 2010 (IBGE, 2012). Esperava-se utilizar um intervalo maior, porém não há disponibilidade de dados para Quintão no censo de 1990 e ainda não estão disponíveis os dados em nível de setor do censo de 2022. Neste contexto, foram consideradas 17 variáveis dos domicílios particulares e coletivos, relacionadas com a ocupação (número e média de moradores), formas de abastecimento de água (rede geral, poço, nascente, outra forma), esgotamento sanitário (rede geral esgoto ou pluvial; fossa séptica; fossa rudimentar; via rio, lago ou mar); destino do lixo (coletado ou outra forma) e acesso a rede elétrica (com ou sem). Essas variáveis foram espacializadas no SIG e tiveram

calculados os valores relativos e as diferenças (incremento e decréscimos) entre as duas datas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interpretação das imagens resultou no mapeamento das classes de uso do solo para os anos 2002, 2013 e 2022. A categoria silvicultura é composta por eucalipto (*Eucalyptus*) e pinus (*Pinus spp.*), identificada no ano de 2002 principalmente como plantio planejado, sendo nos anos seguintes, especialmente em 2022, observada a ocorrência de grandes extensões, com grupos esparsos compostos de pinus. O uso urbano localiza-se na metade norte, composta por edificações unifamiliares, para fins de residenciais permanentes e, nas zonas mais próximas da linha da costa, encontram-se também estruturas destinadas a pequenos comércios e serviços, principalmente do tipo pousada para hospedagem no período de veraneio, assim como moradias de segunda residência. A Tabela 1 mostra os valores absolutos e relativos de cada classe mapeada para as três datas consideradas e, a Figura 2, apresenta os mapas da cobertura e uso da terra para os anos 2002 e 2022.

Tabela 1: Evolução da área ocupada pelas classes de cobertura e uso da terra

Classe	Área total (km ²) e relativa (%) por anos de análise					
	2002		2013		2022	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Urbano	4,44	4,62	5,84	6,07	7,01	7,29
Silvicultura	1,32	1,37	3,86	4,01	18,02	18,73
Sistema de dunas inalterado	90,43	94,01	86,49	89,92	71,16	73,98
Total	96,19	100	96,19	100	96,19	100

No ano de 2002 o Sistema de Dunas ocupava 90,43 Km² da área de estudo (94,01 %), a Silvicultura 1,32 Km² (1,37%) e a classe Urbano 4,44 Km² (4,62%). Já no ano de 2013, o Sistema de Dunas teve redução de 4% em relação a área ocupada em 2002. No mesmo ano, a Silvicultura passou a ocupar 3,86 Km², ou seja, aumentou 192% em relação a 2002 e, a classe Urbano, apresentou ganho de área de pouco mais de 31%. Em 2022, o Sistema de Dunas reduziu cerca de 18% em relação ao ano de 2013 e, por outro lado, a silvicultura e o uso urbano exibiram incremento de 367% e 20%, respectivamente.

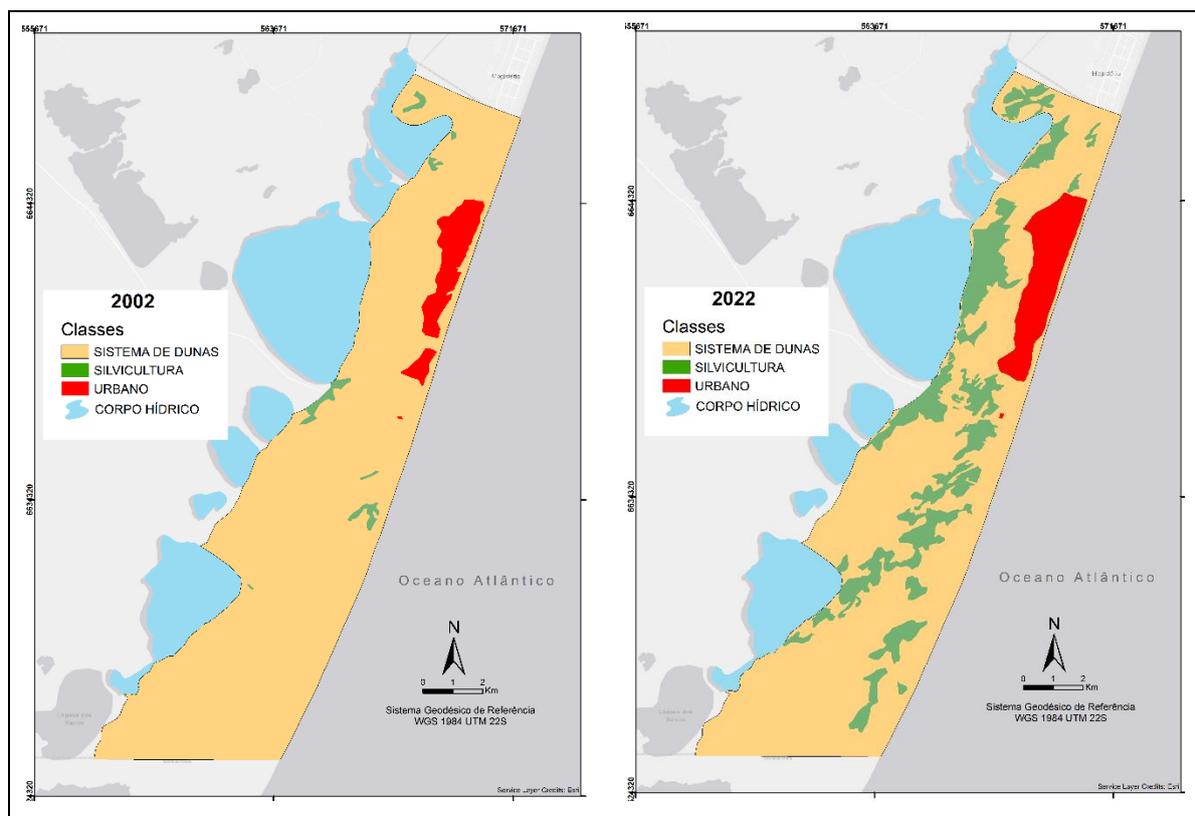


Figura 2: Evolução das classes de cobertura e uso da terra entre os anos 2002 e 2022.

Considerando-se as datas limites do estudo temporal (2002 e 2022), pode-se constatar o aumento percentual significativo da área urbanizada, atingindo 57,88%. Esse processo no sistema de dunas, em especial sobre as móveis, traz prejuízos tanto para o ambiente quanto para os residentes: por se tratar de um sistema dinâmico, desconsiderado pelos habitantes quando da ocupação, as dunas estão avançando sobre os terrenos e habitações, ocasionando o soterramento de diversas residências (Figura 3 A e B).

No mesmo intervalo de 20 anos a silvicultura teve ampliação de cerca de 1.265%. A Lei Federal nº 5.106 de 1966 estimulava com incentivos fiscais a implantação de florestas exóticas no Estado (Brasil, 1966) e possivelmente tenha impactado a área em questão. A silvicultura é predominantemente da espécie de pinus, destinada principalmente para a produção de resina e lenha. O mapa das classes de uso da terra do ano de 2022 (Figura 2) mostrou a ampliação desta categoria, de modo esparso, parcialmente creditada a dispersão de sementes das lavouras de pinus por meio do regime de ventos de alta energia provenientes da direção nordeste e, como apontado por Moran et al (2000), em razão da habilidade de colonizar *habitats* marginais pobres em nutrientes (Figura 3 C e D).



Figura 3: Uso urbano e dispersão de espécies exóticas.

Fontes: Imagens A, C e D: GoogleEarth e Street View (2022); Imagem B: RBS-Marco Favero (2020).

A presença da silvicultura é um fator importante de degradação ambiental visto que ela proporciona a descaracterização da paisagem e, de acordo com Portz (2008), ocasiona o empobrecimento do solo devido a retirada de nutrientes do substrato, aumenta a acidificação do solo, altera o equilíbrio hídrico, reduzindo a biodiversidade da flora natural e, conseqüentemente, a estrutura da fauna.

Para fins comparativos, os dados do Projeto MapBiomias (2024) extraídos para os mesmos anos de interesse, revelam aumento de 8,98% na área urbana e 193,94% na silvicultura. A discrepância entre estes valores os obtidos no presente trabalho é atribuída às diferentes resoluções de imagens e metodologias de classificação empregadas. O MapBiomias utiliza uma abordagem de classificação pixel a pixel, sobre imagens Landsat, com 30m de resolução espacial, o que pode levar a resultados subestimados em áreas urbanas desenvolvidas sobre sistemas de dunas, quando o crescimento é irregular e com edificações isoladas, dificultando a interpretação por parte dos classificadores automatizados. Da mesma forma, a expansão da silvicultura não ocorreu por meio de áreas produtivas contínuas, mas por dispersão da espécie, resultando em elementos isolados ou formação de conjuntos de dimensão reduzida.

Entre as diversas análises empreendidas sobre os impactos associados ao uso urbano, destaca-se que a ampliação de 66% do número de domicílios, entre os anos 2000 (740 domicílios) e 2022 (1.210 domicílios), não foi acompanhada de melhorias na infraestrutura:

permaneceu a predominância de sistemas de abastecimento de água do tipo poço ou nascente (85% em 2000 e 88% em 2010), combinados com sistemas de esgotamento sanitário de fossa séptica (cerca de 91%, em ambos os anos) e fossa rudimentar (6,60% em 2000 e 8,51% em 2010). Essas fossas, em especial a rudimentar, representam um risco significativo, conforme Santos (2015) os resíduos orgânicos e a carga bacteriana são levados diretamente ao solo e, dependendo do tipo do solo, a percolação do material poderá alcançar facilmente o lençol freático, contaminando a água e o ambiente. A predominância do abastecimento de água de poços rasos próximos as fossas também é um grave risco de contaminação da população local por doenças de veiculação hídrica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos, de modo geral, mostram um crescimento exponencial de 334,55% da área total das classes geradoras de impacto, resultando em uma perda de 21,31% da área do Sistema de Dunas, indicando um processo contínuo de degradação ambiental, que pode ter consequências duradouras para a resiliência da linha costeira e para os ecossistemas associados. A substituição das dunas por outros usos sujeita o ambiente a maior suscetibilidade durante as tempestades, interfere na dinâmica costeira e pode acelerar processos erosivos em praias adjacentes (ESTEVEES & SANTOS, 2004).

Apesar dos programas oficiais que visam o gerenciamento costeiro, a urbanização dessas zonas ainda persiste como um dos principais fatores geradores de sua degradação. No Rio Grande do Sul, a gravidade da dispersão do pinus levou à elaboração, por parte do governo, de um plano de manejo e controle da invasão por pinus (SEMA, 2017). Esse documento contempla a proposição de ações de prevenção, manejo, controle e recuperação dos ambientes e tem como um dos objetivos elaborar o mapeamento detalhado das áreas prioritárias para conservação, nas quais está incluído o município de Palmares do Sul. Os dados levantados no presente trabalho corroboram a necessidade urgente da efetivação desse plano, assim como de elaboração de um plano de manejo de dunas para o município. Ademais, recomenda-se estudos adicionais que explorem alternativas de desenvolvimento urbano compatíveis com a conservação ambiental na região, especialmente quanto a infraestrutura. Neste sentido, é reforçada a importância do uso contínuo de tecnologias de sensoriamento remoto e SIG para o monitoramento ambiental, permitindo uma resposta rápida e eficaz às mudanças observadas, em diversas escalas de análise.

A continuidade do estudo deve ser valer do uso de análises de mudança automatizadas, da integração de dados censitários para o ano de 2022 quando disponibilizadas e, ainda, do uso de imagens de alta resolução para detalhar zonas de interesse.

Palavras-chave: Análise de mudança; Sistema de dunas, Sensoriamento Remoto.

REFERÊNCIAS

BRASIL, LEI Nº 5.106, DE 02 DE SETEMBRO DE 1966. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/15106.htm. Acesso em: 06 mai. 2022.

CORDAZZO, C. V. et al. Plantas das dunas da costa sudoeste Atlântica: guia ilustrado. Useb, 2006.

ESTEVES, L.S., & DOS SANTOS, I.R. (2001). Impacto Econômico da erosão na praia do Hermenegildo (RS), Brasil. *Pesquisas Em Geociências*, v, 28(2), p. 393–403, 2002.

FERNANDES, R.T.V. Geoprocessamento aplicado a análise de erosão costeira no Delta do Piranhas-Açu, Rio Grande do Norte. *Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v.9, p. 460-479, 2020.

FOLHARINI, S.; OLIVEIRA, R. Utilização do Land Change Modeler® na modelação prospectiva do uso e cobertura do solo na microrregião de Santos, Brasil para o ano de 2022. *GOT: Revista de Geografia e Ordenamento do Território*, n. 19, p. 57, 2020. Disponível em: <http://cegot.org/ojs/index.php/GOT/article/view/2020.19.003>. Acesso em: 12 abr. 2022.

FUJIMOTO, Nina S. V. M. Et al. “Litoral norte do estado do Rio Grande do Sul: indicadores socioeconômicos e principais problemas ambientais”. In: *Desenvolvimento e Meio Ambiente*. v. 13. Editora UFPR, p. 99-124. 2006.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Documentação do Censo 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

LONGLEY, P.A. et al. *Geographic information science and systems*. John Wiley & Sons, 2015.

LOPES, E. B. et al. A ocupação urbana no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil, e suas implicações no turismo de segunda residência. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 10, p. 426-441, 2018.

MORAN, V. C. et al. Biological control of alien, invasive pine trees (*Pinus* species) in South Africa. In: *Proceedings of the Xth International Symposium on Biological Control of Weeds*. Montana State University Bozeman, Montana, p. 941-953. 2000.

PORTZ, L.C. et al. Gestão de dunas costeiras: o uso de sistema de informações geográficas (SIG) na implantação de planos de gestão no litoral do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Gestão Costeira Integrada= Journal of Integrated Coastal Zone Management*. Lisboa: Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, 2014. Vol. 14, n. 3, p. 517-534, 2014.

PORTZ, L.C. Contribuição para o estudo do manejo de dunas: caso das praias de Osório e Xangrilá, litoral norte do Rio Grande do Sul. UFRGS, PPGE, 2008.

PROJETO MAPBIOMAS – Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>. Acesso em: 12 de ago. 2024.

RBS. Rede Brasil Sul de Televisão. Engolidos pela areia: as dunas móveis que cobrem ruas e casas no Litoral Norte. GZH: Marco Favero, Porto Alegre, 06 de fevereiro de 2020. Disponível, Em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/comportamento/verao/noticia/2020/02/engolidos-pela-areia-as-dunas-moveis-que-cobrem-ruas-e-casas-no-litoral-norte-ck69okz1y0gjw01qd3ynkmnun.html>. Acesso em: 06 fev 2022.

SANTOS, S. J. A.; et al. Disposição dos resíduos sólidos domésticos no meio ambiente em comunidades rurais do município de Picuí, Paraíba. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE AGROECOLOGÍA, 5., 2015. Anais [...]. La Plata: SOCLA, p. 1-5, 2015.

SEMA. Secretaria Estadual do Ambiente de Desenvolvimento Sustentável do Estado do Rio Grande do Sul. PLANO DE PREVENÇÃO E CONTROLE DA INVASÃO BIOLÓGICA DO PINUS spp. NO LITORAL MÉDIO. Porto Alegre, 2017.

SILVEIRA, F. F. Fauna Digital do Rio Grande do Sul, 2018. Bird and Mammal Evolution, Systematics and Ecology Lab - UFRGS Disponível em: <https://www.ufrgs.br/faunadigitalrs/mamiferos/ordem-rodentia/familia-ctenomyidae/tuco-tuco-ctenomys-flamarioni/>. Acesso em: 12 de ago. 2024.

STROHAECKER, T. M. Trajetória do planejamento territorial no Litoral Norte do Rio Grande do Sul. Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul, n. 27, p. 68-93, 2016.

VILLWOCK, J. A. & TOMAZELLI, L. J. Geologia costeira do Rio Grande do Sul. Notas Técnicas CECO/IG, Porto Alegre, v. 8, p. 1-45, 1995.

ZUANAZZI, P. T., & BARTELS, M. Estimativas para a população flutuante do Litoral Norte do RS. Porto Alegre: FEE, 2016.