



AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E O AUMENTO DO NÍVEL DOS OCEANOS E SEUS IMPACTOS NAS ÁREAS URBANAS DA ORLA NE/E DE SANTA CATARINA

Alessandra Hodecker-Dietrich¹ Juarês José Aumond²

Resumo

Objetivo do estudo: Apresentar os resultados das pesquisas sobre as mudanças climáticas e o impacto da elevação do nível do mar nas áreas urbanas da orla nordeste e leste do estado de Santa Catarina, no Brasil.

Metodologia / abordagem: Este trabalho apresenta dados primários e um levantamento bibliométrico em acervo digital, publicados em periódicos científicos, analisados por especialistas e publicados entre 2005 e 2022.

Originalidade/relevância: Atualmente existem centenas de bibliografias sobre as mudanças climáticas em níveis internacional e nacional. No âmbito regional, tendo em vista a relevância econômica, ecológica e demográfica das áreas urbanas da orla catarinense, há carência de estudos apresentados de forma sistemática e integrada.

Contribuições teóricas / metodológicas: Os estudos atuais com projeções georreferenciadas permitem entender os efeitos e agravamento provocados pelas atividades humanas sobre o sistema natural.

Principais resultados: As mudanças climáticas e o impacto da elevação do nível do mar nas áreas de elevada concentração urbana da orla catarinense, somados à suscetibilidade das condições naturais, agravada pelo uso e ocupação desordenados do espaço, ainda carecem de mapeamentos e informações integrados necessários para o planejamento urbano para mitigar os efeitos das mudanças climáticas.

Conclusão: Os impactos no crescimento econômico e a ocupação do território também representam uma oportunidade para a prospecção coletiva da capacidade adaptativa e resiliência dos ecossistemas urbanos diante das mudanças climáticas atuais.

Palavras chaves: mudanças climáticas, elevação do nível do mar, vulnerabilidade ambiental, planejamento urbano, litoral brasileiro.

Cite as - American Psychological Association (APA)

Hodecker-Dietrich, A. & Aumond, J. J. (2024). As mudanças climáticas e o aumento do nível dos oceanos e seus impactos nas áreas urbanas da orla NE/E de Santa Catarina. *Revista de Gestão Ambiental e Sociedade - GeAS.*, 13(1), 1-29, e23742. <https://doi.org/10.5585/2024.23742>

¹ FURB / Blumenau (SC) – Brasil. Formada em Ciências Biológicas (Bacharel e Licenciada, em 2014). Mestre em Engenharia Ambiental (PPGEA, em 2016). Doutora em Desenvolvimento Regional (PPGDR, em 2021); pela Universidade Regional de Blumenau - FURB. alessandrahodecker@gmail.com

² Blumenau (SC) – Brasil. FURB Possui graduação em Geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1969), mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Santa Catarina (1992) e doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (2007).





CLIMATE CHANGE AND RISING SEA LEVELS AND THEIR IMPACT ON URBAN AREAS ALONG THE NE/E COAST OF SANTA CATARINA

Abstract:

Objective of the study: To present the results of research into climate change and the impact of sea level rise in urban areas along the northeastern and eastern coastal regions of the state of Santa Catarina in Brazil.

Methodology/approach: This work presents primary data and a bibliometric survey of digital collections, published in scientific journals, analyzed by specialists and published between 2005 and 2022.

Originality/relevance: There are currently hundreds of bibliographies regarding climate change on both an international and national level. On a regional level, given the economic, ecological and demographic importance of the urban areas along the coast of Santa Catarina, there is a lack of studies presented in a systematic and integrated manner.

Theoretical/methodological contributions: Current studies using georeferenced projections make it possible to understand the causes and worsening effects of human activities on natural systems.

Main results: Climate change and the impact of rising sea levels on areas of high urban concentration along the Santa Catarina coast, added to the susceptibility of natural conditions, aggravated by the disorderly use and occupation of space, still lack the integrated mapping and information necessary for urban planning to mitigate the effects of climate change.

Conclusion: The impacts on economic growth and land occupation also represent an opportunity for the collective exploration of the adaptive capacity and resilience of urban ecosystems in the face of current climate change.

Key words: climate change, sea level rise, environmental vulnerability, urban planning, brazilian coastline.

EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA SUBIDA DEL NIVEL DEL MAR Y SU IMPACTO EN LAS ZONAS URBANAS DE LA COSTA NE/E DE SANTA CATARINA

Resumen

Objetivo del estudio: Presentar los resultados de la investigación sobre el cambio climático y el impacto del aumento del nivel del mar en las zonas urbanas de las costas nordeste y este del estado de Santa Catarina en Brasil.

Metodología / enfoque: Este trabajo presenta datos primarios y una encuesta bibliométrica en colecciones digitales, publicadas en revistas científicas, analizadas por expertos y publicadas entre 2005 y 2022.

Originalidad / relevancia: En la actualidad existen cientos de bibliografías sobre el cambio climático a nivel internacional y nacional. A nivel regional, dada la importancia económica, ecológica y demográfica de las áreas urbanas del litoral catarinense, faltan estudios presentados de forma sistemática e integrada.

Contribuciones teóricas / metodológicas: Los estudios actuales que utilizan proyecciones georreferenciadas permiten comprender los efectos y empeoramientos causados por las actividades humanas sobre el sistema natural.

Principales resultados: El cambio climático y el impacto de la elevación del nivel del mar en áreas de alta concentración urbana del litoral catarinense, sumados a la susceptibilidad de las condiciones naturales, agravada por el uso y ocupación desordenada del espacio, aún carecen de la cartografía integrada y de la información necesaria para que la planificación urbana mitigue los efectos del cambio climático.

Conclusión: Los impactos sobre el crecimiento económico y la ocupación del suelo también representan una oportunidad para la exploración colectiva de la capacidad de adaptación y resiliencia de los ecosistemas urbanos frente al cambio climático actual.

Palabras clave: cambio climático, subida del nivel del mar, vulnerabilidad ambiental, planificación urbana, litoral brasileño.



Introdução

As mudanças climáticas resultam de processos naturais que ocorreram ao longo da história da Terra. No entanto, estudos atuais mostram o impacto das atividades humanas no clima e identificam as causas das mudanças climáticas, sejam elas naturais ou provocadas pelo homem. Essas mudanças afetam diversos elementos do sistema climático e podem ser detectadas por meio de evidências e registros calibrados. O período mais recente da história da Terra, conhecido como Antropoceno, é caracterizado pela influência significativa das atividades humanas na paisagem global e na evolução do planeta.

As previsões do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC indicam o aumento na temperatura global até o ano 2100, principalmente, devido às emissões de gases de efeito estufa decorrentes das atividades humanas. Estima-se que 17% dessas emissões sejam causadas pelas mudanças no uso da terra e das florestas. É consenso entre os relatórios do IPCC (2007, 2014 e 2020) que as mudanças climáticas têm origem predominantemente antropogênica. Os efeitos das mudanças climáticas são evidentes na frequência e intensidade dos eventos climáticos e meteorológicos extremos, como furacões, tempestades tropicais, degelo dos polos e estiagens prolongadas. Esses eventos estão relacionados às mudanças climáticas em curso e têm impactos destrutivos em todo o mundo, incluindo o Brasil.

As variações climáticas tornam as projeções de curto prazo cada vez mais irregulares, substituindo a linearidade temporal e espacial por uma desorganização meteorológica. O crescimento populacional e econômico aumenta a demanda por recursos naturais, o que afeta a economia e implica em investimentos em agricultura, infraestrutura urbana e indústrias. Os desastres ambientais resultam da interação entre as condições naturais do ambiente e as alterações antropogênicas e sociais. Essas alterações amplificam a vulnerabilidade e o risco das regiões.

A pesquisa foi estruturada de forma a abordar em caráter abrangente os aspectos relevantes relacionados aos impactos da elevação do nível do mar nas regiões costeiras do estado de Santa Catarina, no Brasil. Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica detalhada, buscando reunir informações atualizadas sobre estudos anteriores realizados na área, bem como os principais conceitos e teorias relacionados ao tema. Em seguida, foram coletados dados primários por meio de levantamentos de campo, incluindo medições do nível do mar, análises de projeções e elaboração de mapas para identificar as áreas mais vulneráveis às inundações. Além disso, foram realizadas entrevistas e aplicação de questionários com as comunidades locais afetadas a fim de compreender os desafios enfrentados por essas populações, bem como suas percepções sobre a necessidade de medidas adaptativas. Por fim, os resultados foram analisados e interpretados de forma crítica,



considerando as diferentes perspectivas e contribuições da literatura existente. Essa estrutura metodológica permitiu uma abordagem abrangente do tema, reunindo dados quantitativos e qualitativos para fornecer uma compreensão mais completa dos impactos da elevação do nível do mar nessa região específica.

A elevação do nível do mar nas regiões costeiras é um fenômeno de extrema relevância e atualidade, com implicações diretas na vida de milhões de pessoas em todo o mundo. No entanto, apesar da ampla conscientização sobre os riscos associados a esse processo, ainda há lacunas significativas no entendimento dos impactos específicos que ocorrem em determinadas áreas costeiras, como no estado de Santa Catarina. Portanto, este artigo tem como objetivo preencher essa lacuna, fornecendo uma análise abrangente e atualizada dos resultados de pesquisas realizadas ao longo de duas décadas nessa região. Ao reunir informações sobre os impactos da elevação do nível do mar, bem como as medidas adaptativas necessárias para enfrentar esses desafios, este estudo busca contribuir para a tomada de decisões informadas e para a implementação de políticas eficazes de adaptação nas comunidades costeiras.

Revisão Bibliográfica

Mudanças Climáticas

As mudanças climáticas são decorrentes de processos naturais que têm ocorrido ao longo da história geológica da Terra (Salgado-Labouriau, 1998). Entretanto, estudos realizados tanto no passado quanto no presente permitem a compreensão dos efeitos das atividades humanas sobre o clima, bem como a identificação das causas das mudanças climáticas, sejam elas naturais ou antrópicas. Salgado-Labouriau (1998) define a mudança climática como uma alteração intensa que envolve diversos elementos do sistema climático. Para detectar as variações climáticas ocorridas no passado, é possível utilizar métodos que permitem a calibração das evidências e registros das mudanças climáticas, conforme relatado por Oliveira (2008) e Oliveira et al. (2015).

De acordo com Aumond e Silva (2018), o Antropoceno refere-se ao período mais recente da história da Terra, em que a influência humana tornou-se uma força geológica significativa, moldando a paisagem global e interferindo a evolução do planeta. A atividade humana desencadeou efeitos dramáticos sobre a Terra, incluindo a perturbação rápida do equilíbrio instável da morfologia da paisagem, o aumento e intensificação dos processos de erosão e sedimentação que causam as Mudanças Climáticas (Aumond & Silva, 2018). As previsões do Painel Intergovernamental das Mudanças Climáticas (IPCC) para o futuro do clima indicam um aumento na temperatura média global de 1,8° C a 4° C até o ano 2100, nos



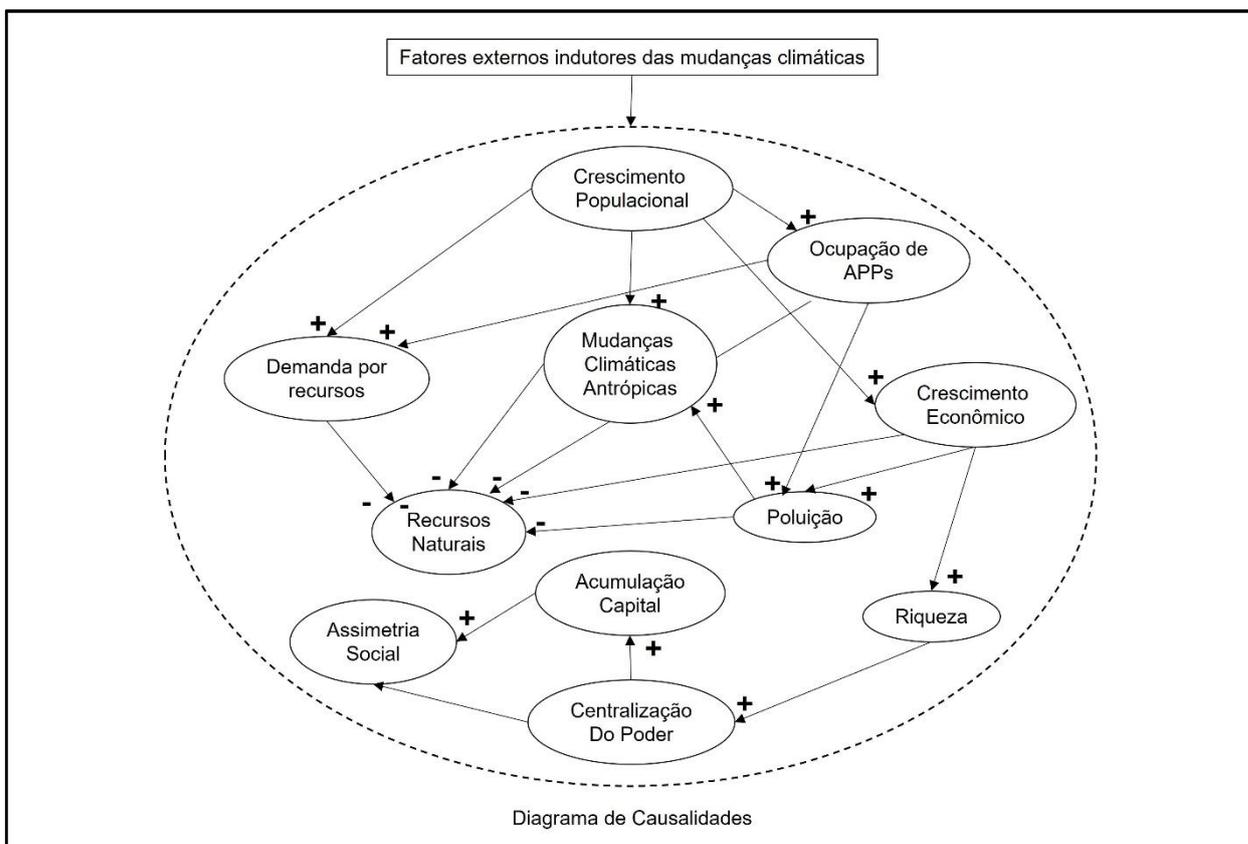
cenários considerados "pessimistas". Cerca de 17% das emissões globais de gases de efeito estufa (GEE) devem ser causadas pelas mudanças no uso da terra e das florestas. O IPCC, em seus relatórios (publicados em 1990, 1997, 2001, 2007, 2014 e 2021), destaca com 98% de confiança que as mudanças climáticas previstas têm sua origem predominantemente antropogênica, sendo resultantes da capacidade do ser humano em perturbar o sistema climático, além da dinâmica natural do planeta (IPCC, 2019; IPCC, 2021).

Devido às mudanças climáticas globais, os eventos climáticos e meteorológicos extremos estão se tornando cada vez mais frequentes e intensos, causando efeitos desastrosos (Aumond e Bacca, 2018). O aumento dos impactos destrutivos desses eventos extremos é observado em todo o mundo (incluindo o Brasil) destacando-se os furacões, os tufões, as tempestades tropicais, as massas polares, as nevascas inesperadas, o degelo acelerado dos polos e dos glaciares, bem como as estiagens prolongadas de extrema intensidade. Conforme apontado por Aumond e Silva (2018), esses eventos estão relacionados às mudanças climáticas em curso. Além disso, a variação espacial e temporal das condições climáticas tem alterado os padrões climáticos e meteorológicos, afetando a frequência das chuvas e dos ventos.

Essas variações tornam cada vez mais irregulares as possíveis projeções do clima a curto prazo, que eram relativamente previsíveis até então. A linearidade temporal e espacial das variáveis parece estar sendo substituída pela desorganização meteorológica (Aumond, 2017). Aumond (2017) apresenta as causas externas e internas das mudanças climáticas (Figura 1). No diagrama, o autor indica que o crescimento populacional e econômico aumentará a demanda por recursos naturais, o que afeta diretamente a economia (por meio dos investimentos pesados em agricultura e infraestrutura urbana, com necessidade crescente de recursos naturais para atender as indústrias, entre outros). Destaca-se que quanto maior o crescimento populacional, aumentam, também, as ocupações em Áreas de Preservação Permanente (APPs) e demanda por recursos naturais.

Figura 1

Diagrama das Causalidades das Mudanças Climáticas e seus desdobramentos



Autor: Adaptado de Aumond (2017).

De acordo com Aumond e Silva (2018), os desastres ambientais são compostos por dois aspectos que se interligam. Primeiro, as condições naturais do ambiente, que são afetadas pelas mudanças temporais da dinâmica de superfície, condições geológicas e geomorfológicas da região. Depois, as alterações antropogênicas e sociais, que são influenciadas pela presença humana e acentuam a condição de risco e de vulnerabilidade.

Impactos da elevação do nível do mar

A elevação do nível do mar resultante das mudanças climáticas apresenta impactos significativos aos recursos naturais e às questões socioeconômicas, especialmente em áreas costeiras. A elevação do nível do mar amplifica os impactos de eventos extremos e riscos costeiros, acarretando diversos efeitos adversos nos ecossistemas marinhos e nos serviços ecossistêmicos (Moftakhari et al., 2017; Fagherazzi et al., 2020; Masson-Delmotte et al., 2021; Martyr-Koller et al., 2021). Experimentos com modelos mostram que o aumento do nível do mar no século 20 não pode ser explicado apenas por processos naturais. As atividades humanas no antropogênico tornaram-se uma causa dominante para a recente mudança no nível do mar (Nicholls, 2018; IPCC, 2019; IPCC, 2021).



Os componentes que contribuem com a compreensão sobre o aumento do nível do mar tem melhorado significativamente, isto é, os estudos neste campo da ciência têm ampliado as metodologias de física para a modelagem da dinâmica dos sistemas oceânicos (que envolvem geleiras, correntes de águas quentes, entre outros). Embora não existam estudos completos com simulações de mudanças regionais da temperatura do oceano, Church et al., (2013) discutem diversas publicações que permitiram uma avaliação da amplitude provável das elevações do nível do mar para o século 21. Para Becker e Karpytchev (2023), a adaptação ao futuro aumento do nível do mar é baseada em projeções de modelos climáticos continuamente aprimoradas. Embora essas projeções sejam acompanhadas de incertezas inerentes, inclusive devido à variabilidade climática interna. Desta forma, negligenciar essa incerteza pode levar a uma subestimação do futuro aumento do nível do mar, tendo a sua estimativa e seus impactos ainda não totalmente explorados (Becker & Karpytchev, 2023).

O aumento global do nível do mar tem o potencial de causar uma série de impactos, como inundações, erosão costeira e salinização de águas superficiais e subterrâneas (Nicholls, 2018). Esses efeitos representam uma ameaça para a perda ou degradação de grandes áreas costeiras, bem como para os ativos e atividades econômicas associadas, resultando no deslocamento de milhões de pessoas e degradação significativa do *habitat* costeiro. Destaca-se ainda, que as zonas costeiras são os principais motores da economia global e locais de urbanização significativa, abrigando 65% das maiores e numerosas cidades do mundo. Se as tendências atuais continuarem, a população costeira quase dobrará até 2060 (Neumann et al., 2015).

Metodologia

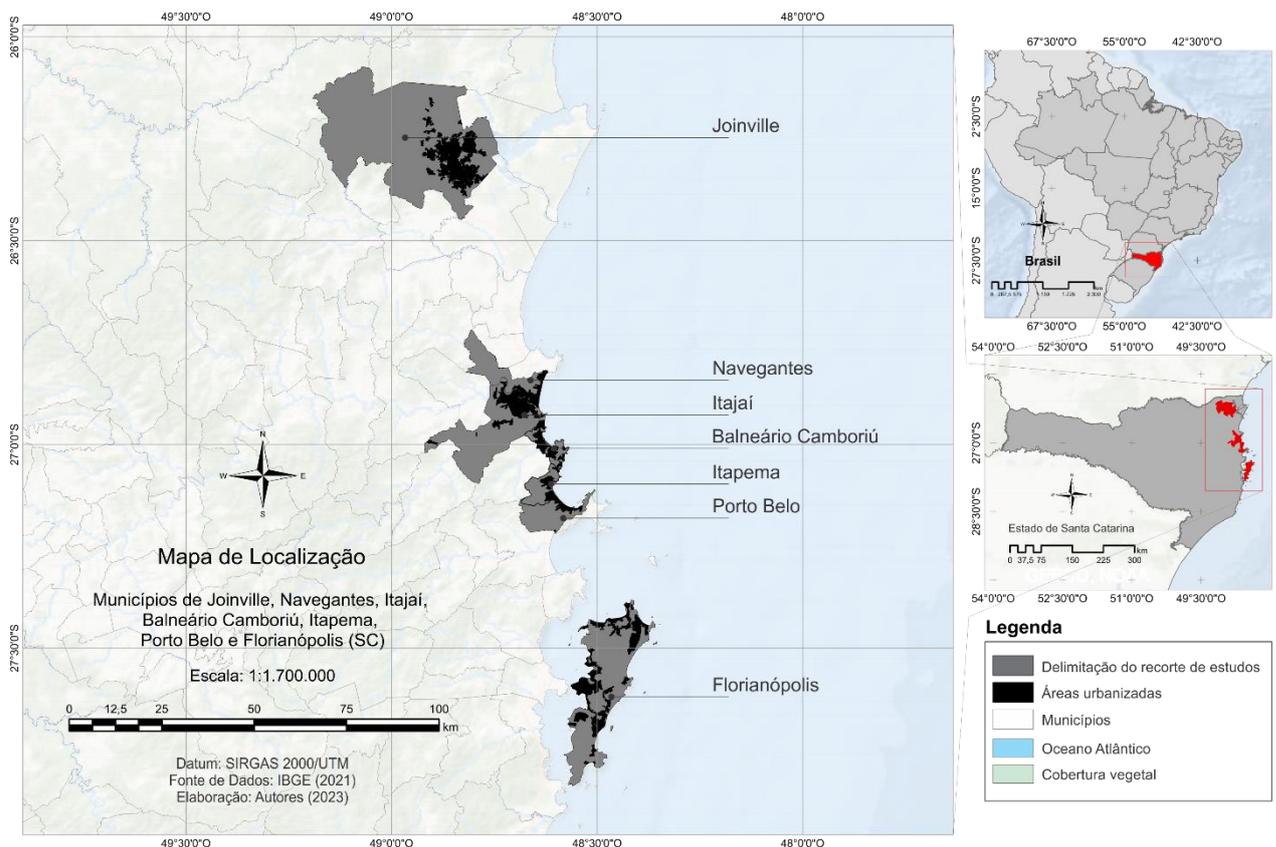
A presente pesquisa abrange a faixa litorânea leste e nordeste de Santa Catarina, incluindo os municípios de Itajaí (Hodecker & Aumond, 2016), Navegantes (Hodecker & Aumond, 2016), Balneário Camboriú (Gomes, 2018), Itapema (Jandrey, 2019), Joinville (Braun, 2017), Florianópolis (Montanari, 2015; Montanari & Pollete, 2015) e Porto Belo (Moura, 2005). As áreas de destaque estão localizadas próximas à foz do rio Itajaí, conforme podem ser observadas na Figura 2. O estuário do rio Itajaí é de grande importância econômica na região, pois abriga os portos de Itajaí e Navegantes, que são as principais vias de comércio marítimo do estado. Além disso, há uma grande quantidade de indústrias pesqueiras ao longo das margens, tornando-a a região com maior desembarque pesqueiro do Brasil (Schettini, 2002). O Porto de Itajaí é atualmente o maior exportador de produtos refrigerados do Brasil, o que atrai a instalação de empresas em seu território e região adjacente.

Os municípios de Itajaí e Navegantes desempenham um papel fundamental no desenvolvimento econômico de Santa Catarina, graças às suas atividades portuárias. Juntos,

os portos movimentam uma grande quantidade de cargas de contêineres. De acordo com dados de 2021, Itajaí possui a 34ª maior economia do Brasil e o terceiro maior Produto Interno Bruto (PIB) de Santa Catarina. Os dados do PIB divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021) também indicaram que a concentração urbana dos municípios da região de Itajaí-Balneário Camboriú (junto com outros sete cidades próximas) possui a maior fatia do PIB a preços correntes de Santa Catarina. Juntos, eles representam um montante de R\$ 44,4 bilhões de reais por ano, tornando essa região a sexta maior economia do Brasil, superando a concentração urbana de Florianópolis, que ocupava o primeiro lugar no estado em 2018.

Figura 2

Mapa de localização da área do estudo que abrange o litoral nordeste na orla de Santa Catarina, em destaque para os municípios citados acima



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Para a seleção dos dados e análises, foram estabelecidos critérios que incluem textos documentais (dissertações e teses) publicados em periódicos das bibliotecas acadêmicas da região estudada no período de 2005 a 2022. A busca foi realizada utilizando as palavras-chave “mudanças climáticas”, “transgressão marinha” e “Vale do Itajaí”. Para elaboração dos cenários de elevação do Nível Médio do Mar (NMM), foi utilizado *software* ARCGIS – ESRI

(2015) em conjunto com arquivos de Modelo Digital do Terreno (MDT). As informações cartográficas foram processadas no formato *raster* e, posteriormente, convertidas para arquivo vetorial para facilitar a intersecção e cálculos com outras bases cartográficas.

Os cenários selecionados para esta pesquisa foram baseados no IPCC (2014), seguindo as projeções previstas para os anos de 2030, 2060 e 2100, conforme descrito no Relatório do IPCC (2013), para os padrões em *Representative Concentration Pathways* – RCP 2.6 e RCP 8.5. O primeiro cenário, RCP 2.6, é considerado o mais “otimista”, apresentando cotas mais baixas de elevação do nível do mar, segundo dados do IPCC (2014). Já o cenário RCP 8.5, determinado como “pessimista”, apresenta as projeções de cotas mais elevadas. A seleção destes cenários busca contemplar um intervalo de tempo maior e um aumento no nível do mar (em metros), como apresentado na Tabela 1.

Quadro 1

Valores médios do aumento global do nível médio do mar

Anos	RCP 2.6	RCP 8.5
2030	0,13m	0,13m
2060	0,26m	0,33m
2100	0,44m	Mínimo 0,74m – Máximo 0,98m

Nota: Quadro apresenta o prognóstico de valores médios do aumento global do nível médio do mar (em metros) baseado em IPCC (2014). Nesta tabela, encontram-se as previsões de cenários futuros, escolhidos nesta pesquisa. RCP 2,6 cenário otimista e RCP 8,5 cenário pessimista. Fonte: Adaptado de IPCC (2014).

Resultados e discussões

Os resultados do presente artigo descrevem cada uma das áreas pesquisadas que abrangem as áreas urbanas do litoral na orla nordeste e leste de Santa Catarina (Brasil), incluindo os municípios de Itajaí, Navegantes, Balneário Camboriú, Itapema, Joinville, Florianópolis e Porto Belo.

Itajaí

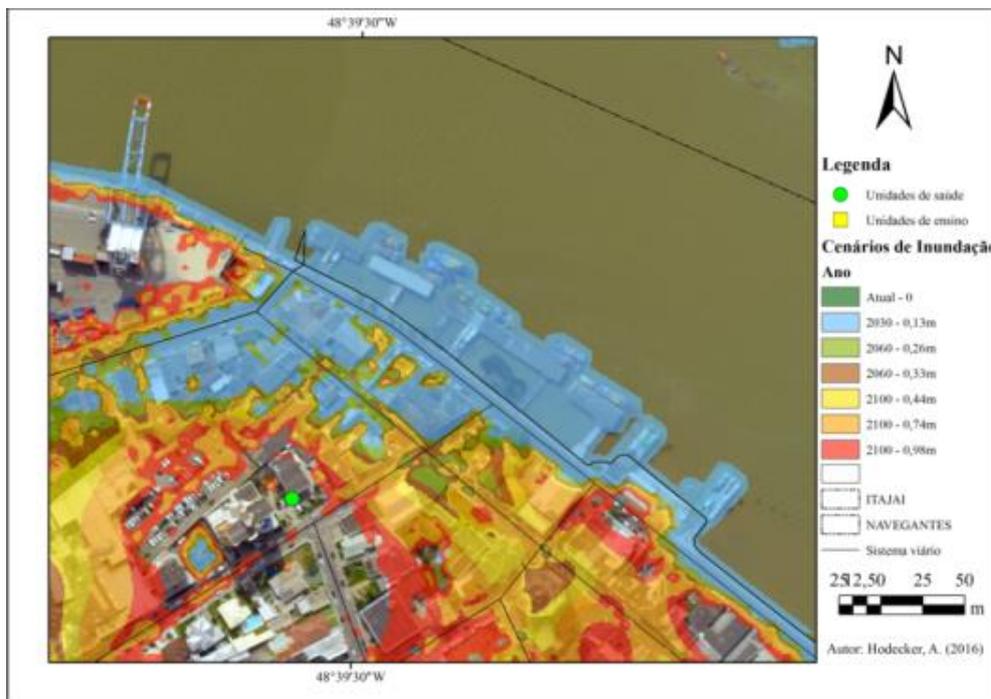
Nos mapas (figuras 3 e 4) gerados na pesquisa de Hodecker e Aumond (2016), encontra-se a representação baseados nos cenários publicados pelo IPCC (2014) para a região nordeste de Santa Catarina. De acordo com o IPCC (2014), até 2030, é esperado um aumento do nível do mar em 0,13m, atingindo toda a área abrangida até a cota indicada pela cor azul na Figura 3. Entre 2030 e 2060, o nível do mar atingirá toda a área inclusa até a cota ilustrada pela cor verde com elevação de 0,26m (cenário otimista, RCP 2,6) e até 0,33m de elevação, no cenário pessimista (RCP 8,5) representado pela cor marrom. Para o intervalo de tempo entre 2060 a 2100, a representação de abrangência da área atingida para elevação do

nível do mar baseia-se em um mínimo de 0,44m representado pela cor amarela, e no cenário pessimista de 0,74m representado pela cor laranja, podendo atingir o máximo de 0,98m, representado pela cor vermelha. Desta forma, a análise de determinado(s) cenário(s) futuro(s) baseia-se na premissa de que a representação das cores equivale à soma da(s) área(s) do(s) cenário(s) anterior(es). No cenário pessimista de 2100, por exemplo, a representação da cor vermelha abrange todas as áreas inundadas até 2100, bem como todas as cores que representam inundações das cotas inferiores.

A área analisada localiza-se na parte central do município, e abrange o importante terminal de *ferry boat*, que faz o transporte intermunicipal entre Itajaí e Navegantes. Em detalhe (Figura 3), observa-se que no cenário mais otimista (2030), a inundação tomará toda a estrutura portuária e as ruas com as casas mais antigas do município (centro histórico). Pode-se afirmar que os impactos serão percebidos a partir dos próximos anos.

Figura 3

Detalhe da área 02, em Itajaí, compreende a zonas urbanas, com comércios, instituições de ensino e saúde, afetando inclusive a estrutura do ferry boat



Fonte: Elaborado por Hodecker (2016).

Para a área 02 (Figura 3), localizada em Itajaí, os efeitos da inundação serão significativos no primeiro cenário (2030). A avenida Prefeito Paulo Bauer será afetada em toda a sua extensão, juntamente com o primeiro quarteirão da rua Doutor Pedro Ferreira. Esta área é composta principalmente por indústrias, comércio de peixes e casas antigas de valor histórico e cultural. Além disso, as embarcações destinadas à atividade pesqueira ao longo



do rio Itajaí também serão afetadas. De acordo com os autores (Hodecker & Aumond, 2016), a elevação do nível do mar no primeiro cenário (2030) também atingirá uma área natural composta por remanescentes de restinga e mangue. No entanto, a presença desse ecossistema ajudará a minimizar os impactos causados pela elevação do nível do mar, atuando como uma contenção natural de riscos. A vegetação da restinga e do mangue reduzirá os impactos, como a erosão nos espaços públicos, incluindo a avenida, a praça e a quadra de esportes. No entanto, no cenário de 2100, com uma elevação de 0,74m, a inundação invadirá toda a área do ecossistema, representando um risco maior para esta região.

Ao contrário de outras áreas, esta região apresenta uma área natural de ecossistemas significativamente maior. No entanto, recentes intervenções urbanas e obras de engenharia têm ocupado essa área. Com o cenário projetado para 2030, esses ecossistemas, incluindo manguezais e estuários, que já estão sob pressão urbana e especulação imobiliária, estarão altamente vulneráveis. Há, inclusive, o risco de extinção de espécies de flora e fauna que dependem desse ambiente (Tognella et al., 2009; Zimmermann & Branco, 2009).

Os ecossistemas costeiros desempenham um papel crucial na minimização das alterações climáticas por meio do sequestro e fixação de carbono. Além disso, eles contribuem significativamente para a capacidade adaptativa do sistema costeiro, sendo assim uma parte importante das medidas de adaptação às alterações climáticas (Duarte et al., 2013). É fundamental reconhecer a importância desses ecossistemas e implementar políticas de conservação para garantir sua sustentabilidade a longo prazo.

Navegantes

De acordo com a projeção da modelagem da pesquisa de Hodecker e Aumond (2016), a área de restinga localizada na zona litorânea do município de Navegantes não sofrerá com impactos diretos da elevação do nível do mar. Destaca-se que a inundação no cenário mais pessimista atingirá, inclusive, a prefeitura municipal de Navegantes, além de zonas urbanas, com comércios, instituições de ensino e saúde, comprometendo, inclusive, a estrutura do *ferry boat* localizado próximo à prefeitura (Figura 4). O bairro São Pedro, em Navegantes, sofrerá fortes impactos pela elevação do nível do mar. No cenário mais otimista, com elevação de 0,13m, a inundação afetará todas as residências localizadas mais próximas à foz do rio Itajaí. As elevações previstas até o ano de 2060 inundarão uma área significativa deste bairro urbano.

Devido à localização e às derivações antropogênicas, os pescadores artesanais do bairro São Pedro serão os mais atingidos economicamente pela inundação, em residências e estruturas comerciais. As habitações são em sua maioria pequenas e simples, muitas ainda

em madeira, e localizadas próximas à margem do rio. Embora não esteja evidente na cartografia, mas é possível afirmar que os próximos anos essa população irá enfrentar sérios problemas com a inundação.

Figura 2

Área próxima ao bairro São Pedro, compreendendo zonas urbanas, com comércios, instituições de ensino e saúde, afetando inclusive a estrutura do ferry boat, localizado próximo à prefeitura, ambas estruturas destacadas na imagem



Fonte: Elaborado por Hodecker (2016).

Itapema

Os estudos de Jandrey (2019) apontaram que as áreas mais ao norte do município de Itapema seriam menos impactadas, mesmo na projeção de cenário para o ano de 2100. Coincidentemente, neste local a vegetação de restinga encontra-se conservada e há menor índice de empreendimentos imobiliários. Presume-se que a preservação da vegetação e a consequentemente elevação de pequenas dunas criadas naturalmente nestes locais constituiriam uma competente barreira para o avanço do oceano. Entretanto, é importante considerar que as características naturais sofreriam grandes modificações. De acordo com a autora, é possível verificar que no bairro de Meia Praia a urbanização é intensificada ao longo da sua orla, ocasionando, nessas áreas, um estreitamento da faixa de areia, fato comprovado onde a restinga foi suprimida. Na projeção do cenário do aumento do nível do oceano para 2030, é perceptível o ocultamento da faixa de areia e, para 2100, a transgressão marinha é ainda mais impactante, pois excederia as limitações do Parque Linear Calçadão (Jandrey, 2019).

Figura 3

Projeção do cenário Futuro na Área de Recorte de Meia Praia



Fonte: Elaborado por Jandrey, (2019).

Conforme destacado por Jandrey (2019), os impactos das mudanças climáticas serão mais severos nos locais onde ocorre a substituição do ambiente natural – como restingas e mangues – por edificações. No entanto, como mencionado anteriormente, Itapema tem experimentado um crescimento desordenado impulsionado pelos interesses de construtoras e imobiliárias, sem considerar a suscetibilidade às inundações ou as áreas ambientalmente frágeis. Infelizmente, as políticas de zoneamento urbano adotadas pelo município de Itapema não foram eficazes em mitigar os impactos da elevação do nível do oceano causado pelas mudanças climáticas nas áreas analisadas. Pelo contrário, essas políticas incentivaram a ocupação de áreas vulneráveis, que são de interesse das construtoras e imobiliárias. É crucial que haja uma revisão dessas políticas e a implementação de medidas de adaptação para proteger as comunidades locais e o meio ambiente.



Balneário Camboriú

De acordo com Gomes (2018), as projeções realizadas no município de Balneário Camboriú indicam que a elevação do nível do mar terá um impacto significativo na orla, principalmente no cenário mais pessimista (RCP 8.5). Mesmo antes da extensão artificial da praia, o autor verificou que a faixa de areia já tenderia a diminuir significativamente nos cenários para 2030, com a transgressão marinha chegando a atingir a pista de rolamento da Avenida Atlântica adjacente à praia, como é possível observar na Figura 4. É importante ressaltar que essas projeções não consideram as dinâmicas das marés e das ressacas, que podem ampliar ainda mais a área de abrangência. Como essa área é bastante comercial e possui muitos empreendimentos imobiliários, os impactos serão significativos.

Figura 4

Projeção da área da invasão marinha com a elevação do nível do mar no município de Balneário Camboriú



Fonte: Elaborado por Gomes (2018).

Gomes (2018) destaca que a área em questão é suscetível à transgressão marinha, mesmo considerando as cotas mais baixas da eustasia. Além disso, a análise revelou que a região é vulnerável em todos os cenários do IPCC, tanto para 2030 quanto para 2100. No cenário mais pessimista (RCP 8.5), a pista de rolamento na Avenida Atlântica estará sujeita à transgressão marinha. Mesmo nos cenários para 2030, antes das obras de engordamento da praia, a faixa de areia estaria invadida pelas águas, ampliando os impactos da transgressão. É importante ressaltar que as dinâmicas das marés e ressacas não foram consideradas na análise, o que pode agravar ainda mais a situação. Tendo em vista a atividade comercial e a grande quantidade de empreendimentos imobiliários na área, os impactos serão significativos.

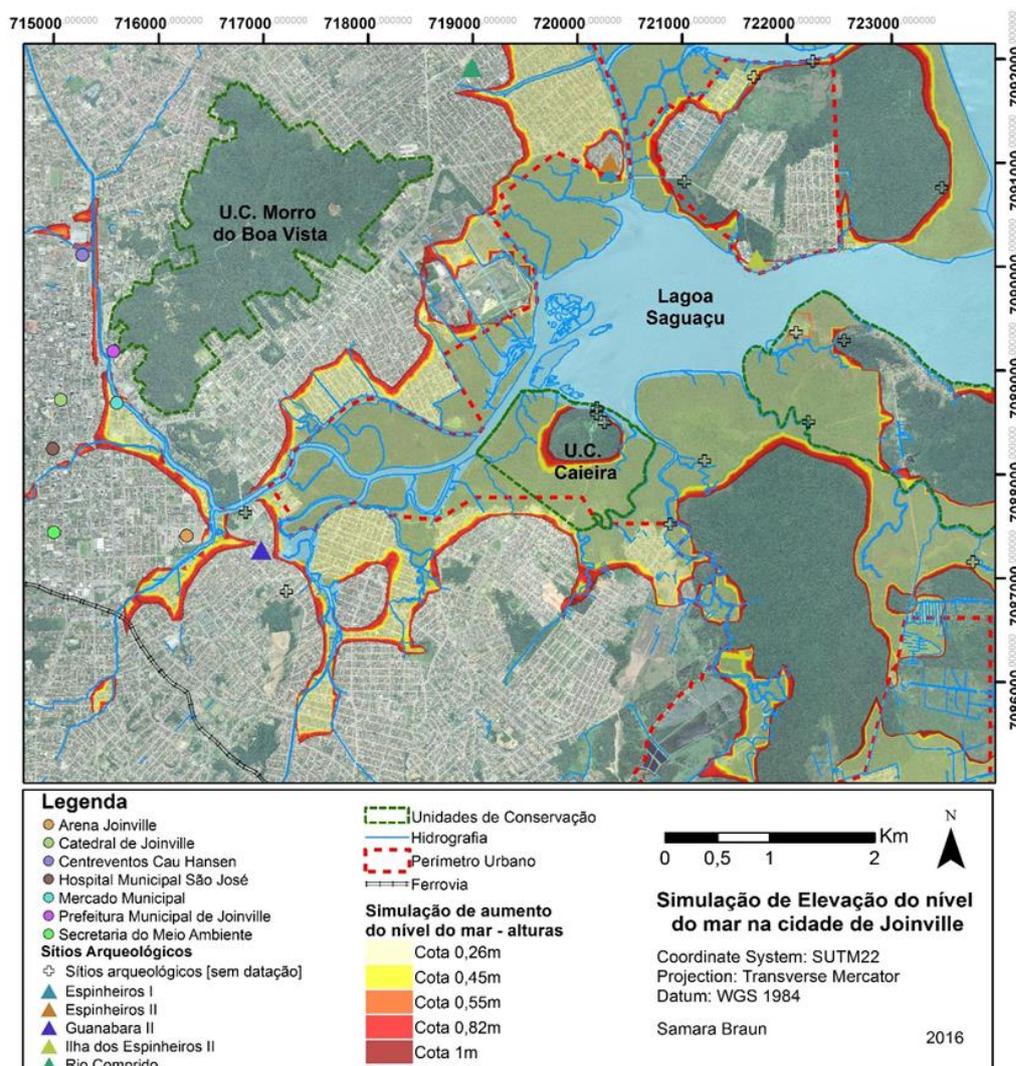


Joinville

Braun (2017) constatou que a planície costeira de Joinville será afetada pela inundação devido às mudanças climáticas. Essa planície é composta por sedimentos recentes, principalmente areias e siltes, e o município está situado sobre esses sedimentos, apresentando também calhas fluviais secundárias, como as dos rios Cachoeira e Mathias. Segundo a autora, essas calhas fluviais secundárias serão atingidas até mesmo na região central do município nos cenários de maior elevação, conforme a Figura 5. A Figura 5 destaca a presença da "U. C. Morro da Boa Vista", que é uma Unidade de Conservação (UC) importante. Essas unidades são áreas protegidas criadas por meio de legislação, de acordo com a Lei Federal nº 9.985 de 18 de julho de 2000 (Brasil, 2000), que tem como objetivo principal preservar a diversidade biológica, bem como os recursos naturais e ambientais em seus diversos ecossistemas. É importante ressaltar que as UCs desempenharão um papel crucial na garantia de recursos naturais, como água e alimentos. Em cenários de mudanças climáticas, tornando-se ainda mais relevantes na conservação dos ecossistemas e no combate aos impactos negativos decorrentes dessas mudanças.

Figura 5

Simulação da inundação da área provocada pela elevação do nível do mar na região central do município de Joinville



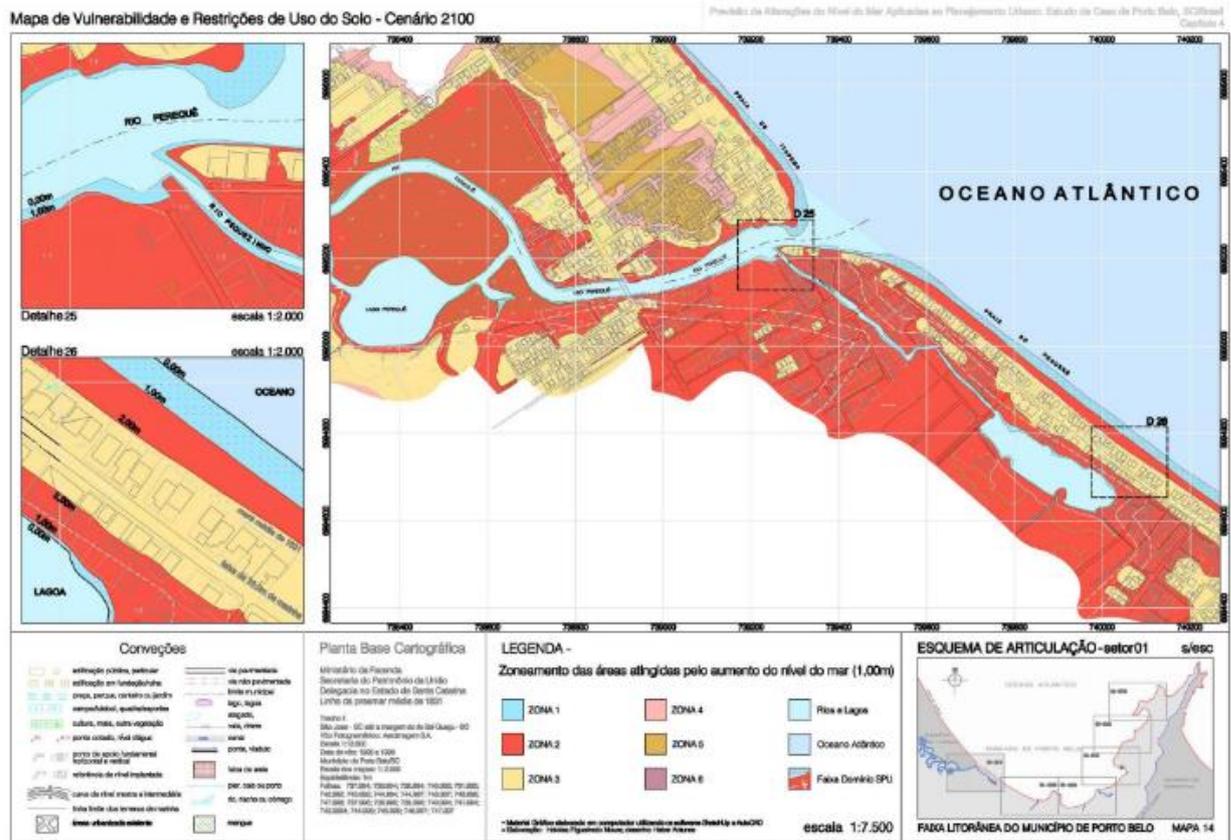
Fonte: Elaborado por Braun (2017).

Porto Belo

Na análise da elevação do nível dos oceanos realizada por Moura (2005), foi constatado que na margem direita do rio Perequê ocorrerá alagamento em quase toda a sua extensão. Além disso, ambas as margens do rio Perequezinho e da Lagoa do Perequê podem se tornar áreas úmidas devido à influência das marés altas mensais, como pode ser observado na Figura 6 (detalhe 25). De acordo com Moura (2005), a ausência de sistemas adequados de coleta e tratamento de efluentes urbanos agrava o nível de poluição, comprometendo a qualidade das águas dos rios e do mar.

Figura 6

Mapa de vulnerabilidade e restrições de uso do solo em Porto Belo em um cenário para 2100



Fonte: Elaborado por Moura (2005).

Moura (2005) constata que a elevação do nível dos oceanos pode resultar na formação de dunas e restingas sobre as áreas atualmente ocupadas por muros, cercas e outras estruturas semelhantes, assim como algumas edificações, conforme indicado pelo cadastramento imobiliário disponibilizado pela prefeitura (Figura 6, detalhe 26). A autora enfatiza que os efeitos sobre essas áreas serão influenciados pelas unidades paisagísticas nas quais estão inseridas e pelo período analisado, sendo potencializados pela forma como o mar ocupará progressivamente os espaços naturais ou atualmente urbanizados. O cenário projetado para 2100 indica um impacto maior à montante das áreas afetadas pelo mar em comparação com o cenário atual.

Entre os problemas mais comuns detectados pela autora estão as construções excessivamente próximas à praia em terras de marinha, a obstrução das faixas sanitárias ao longo de cursos d'água, a pressão residencial sobre áreas de manguezais, a privatização e obstrução da paisagem marítima, bem como a descaracterização do patrimônio ambiental. Além disso, a pouca acessibilidade à orla deve ser adaptada à paisagem em transformação. Moura (2005) destaca, ainda, que uma das consequências diretas desse processo é a

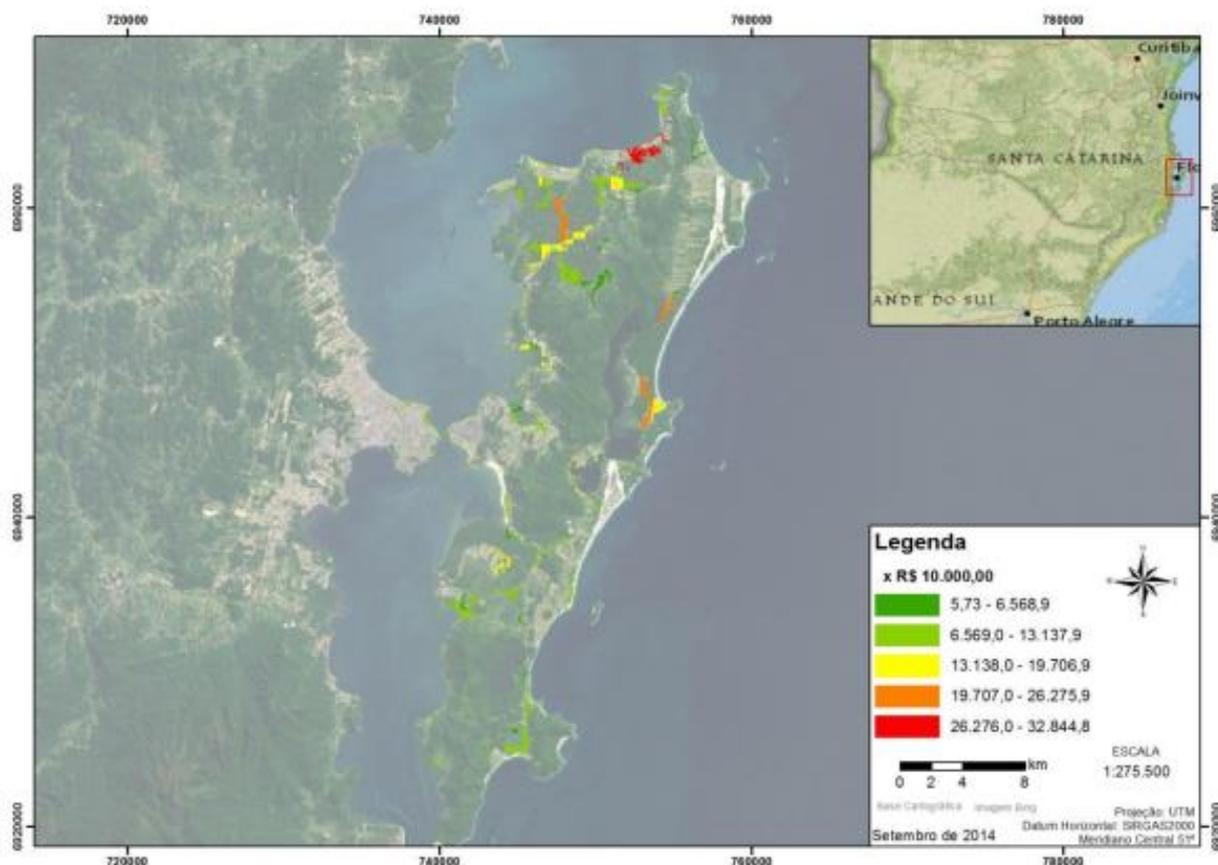
necessidade de desocupação e demolição das áreas vulneráveis que sofrerão impactos na orla.

Florianópolis

Montanari (2015) conduziu uma análise dos impactos econômicos que podem ocorrer em Florianópolis caso as previsões das mudanças climáticas se concretizem. Os dados foram obtidos a partir do cruzamento de informações do mapa de uso do solo, do censo populacional e econômico do IBGE. O estudo mostrou que 27% do território da bacia hidrográfica do rio Ratoles seria atingido pela elevação do nível do mar, sendo que as classes de uso do solo mais afetadas seriam a vegetação rasteira (14,28 km²) e o mangue (6,31 km²). O número de habitantes afetados seria de 32.355, e o total de domicílios afetados seria de 10.990 residências (figura 7).

Figura 7

Mapa da estimativa do custo direto dos cenários propostos pelo autor em Florianópolis devido ao aumento do nível do mar modelado para 2100



Fonte: Elaborado por Montanari, 2015.

Estimou-se que os custos das medidas de mitigação dos impactos diretos da elevação do nível médio do mar em Florianópolis poderiam chegar a cerca de R\$ 13 bilhões (em valores



do ano corrente da pesquisa) (Montanari, 2015; Montanari & Pollete, 2015). Os danos diretos seriam decorrentes do contato direto da água de inundação, devido à erosão costeira, o que afetaria a infraestrutura nas praias e pavimentações ao longo da orla. Esses danos incluiriam o preço de realocar as construções danificadas. Segundo Hallegatte et al. (2011), a avaliação dos impactos das mudanças nas condições médias e mudanças extremas deveria ser distinta, pois suas previsões requerem metodologias diferentes e demandarão diferentes estratégias de adaptação.

Montanari (2015) também constatou que a expansão urbana em Florianópolis é limitada e que há uma tendência de adensamento em áreas centrais, o que pode levar a população de baixa renda a procurar áreas periféricas, muitas das quais são Áreas de Preservação Ambiental (APPs) como encostas íngremes, ribeirões, lagoas, dunas e mangues. Segundo o autor, as áreas de manguezais em Florianópolis serão afetadas pela elevação do nível do mar até 2100, e, embora os mangues localizados no sul e norte possam migrar para outras áreas, os aqueles localizados na região central da cidade, cercados por áreas urbanas, não terão essa possibilidade.

Discussão

Os resultados decorrentes do conjunto de pesquisas efetuadas nas regiões costeiras de Santa Catarina ao longo dos últimos 20 anos provêm preciosas informações acerca dos impactos advindos da elevação do nível do mar na mencionada localidade. Tais informações detêm uma importância considerável, uma vez que nos outorgam a compreensão dos desafios enfrentados pelas comunidades locais e da indispensabilidade de implementar medidas adaptativas diante das mutações climáticas.

Os mapas e projeções mostram que a elevação do nível do mar resultará em inundações significativas em diferentes áreas da região. Os cenários otimistas e pessimistas indicam diferentes níveis de elevação do mar, mas, em todos os casos, é esperado que áreas urbanas e importantes infraestruturas sejam afetadas. Como, por exemplo, no cenário mais otimista, para 2030, a inundação atingirá o terminal de *ferry boat* e o centro histórico em Itajaí. Os impactos serão percebidos nos próximos anos e afetarão, principalmente, polos industriais, comerciais, residências e Áreas de preservação permanente (APPs).

Neste sentido, os ecossistemas costeiros, como mangues e restingas, desempenham um papel fundamental na minimização das alterações climáticas, contribuindo para a capacidade adaptativa do sistema costeiro. Eles atuam como uma contenção natural de riscos, reduzindo os impactos da elevação do nível do mar, tais como erosão e inundação. Estes riscos também são observados em dezenas de pesquisas em várias partes do mundo, como Nicolodi & Petermann (2010), Moftakhari et al. (2017), Fagherazzi et al. (2020), Masson-Delmotte et al. (2021) e Martyr-Koller et al. (2021). No entanto, a ocupação desordenada e a



supressão desses ecossistemas comprometem a capacidade de mitigar os efeitos das mudanças climáticas. É indispensável reconhecer a importância desses ecossistemas e implementar políticas de conservação para garantir sua sustentabilidade a longo prazo.

As áreas urbanas – especialmente aquelas em que ocorreu substituição do ambiente natural por edificações – serão mais severamente afetadas pela elevação do nível do mar. As comunidades locais, como pescadores artesanais e residentes de bairros vulneráveis, serão os mais atingidos economicamente e em termos de infraestrutura. As habitações nessas áreas são, frequentemente, simples e estão localizadas próximas às margens dos rios, tornando-as mais suscetíveis à inundação. Além disso, as intervenções urbanas e a ocupação desordenada têm aumentado a vulnerabilidade dessas áreas, como discutido por Neumann et al. (2015).

É destacada a necessidade de revisar as políticas de zoneamento urbano adotadas pelos municípios como Itajaí, Itapema e Balneário Camboriú, que não foram eficazes em mitigar os impactos da elevação do nível do mar. Conforme discutido por Becker e Karpytchev (2023) e Roy et al. (2023), essas políticas até o presente momento incentivaram a ocupação de áreas vulneráveis, de interesse das construtoras e imobiliárias, sem considerar os riscos associados às mudanças climáticas. É fundamental implementar medidas de adaptação e conservação para proteger as comunidades locais e o meio ambiente.

Considerações finais

Com o objetivo de compilar resultados de pesquisas sobre as mudanças climáticas e seu impacto na elevação do nível do mar, nas áreas urbanas das regiões costeiras do nordeste e leste do estado de Santa Catarina, empregou-se uma abordagem abrangente. Para atingir essa meta, foram realizados levantamentos e coletas de dados climáticos e oceanográficos relevantes. Além disso, em cada seção dos resultados foram apresentadas análises estatísticas e modelagem para avaliar os padrões de mudança climática e o aumento do nível do mar nessas regiões específicas em questão. Por meio dessas metodologias foi possível obter resultados que fornecem informações valiosas sobre os impactos das mudanças climáticas e a elevação do nível do mar nas áreas urbanas costeiras de Santa Catarina. Desta forma, contribuindo para o avanço do conhecimento científico nessa área, bem como fornecendo dados relevantes para o planejamento e a tomada de decisões relacionadas à adaptação e mitigação desses efeitos.

Este artigo contribui aos estudos urbanos uma vez que a elevação do nível do oceano causará impactos significativos na orla nordeste e leste de Santa Catarina, como evidenciado por várias pesquisas por ora analisadas. Algumas áreas, como o bairro São Pedro, em Navegantes, já estão sendo afetadas por marés e ressacas. Neste caso, os pescadores locais estão implementando barreiras para proteger suas residências. Os cenários futuros (até 2100)



analisados neste estudo mostram como a faixa litorânea será transformada pelo aumento progressivo do nível do mar. Além disso, a elevação do nível do mar pode causar danos significativos às atividades pesqueiras, devido ao possível processo de salinização das águas, o que pode reduzir ainda mais a quantidade de peixes, sendo essa a principal fonte de renda dos pescadores artesanais locais. A falta de saneamento básico e redes de coleta de esgoto sanitário é um problema grave na área, e acredita-se que essa situação se agravará com os cenários mencionados.

À medida que o nível do mar aumenta, cresce também o risco de propagação de doenças infecciosas e exposição a produtos químicos tóxicos presentes na água de inundação. Além disso, existem efeitos indiretos potenciais das alterações climáticas, como interrupções no abastecimento de água e energia. As mudanças climáticas em curso, intensificadas por atividades humanas, terão impactos negativos ambientais, sociais e econômicos significativos. A substituição de ambientes naturais, como restingas e mangues, por ocupações informais aumentará ainda mais esses impactos. As políticas atuais de zoneamento urbano não se mostram eficazes na redução dos impactos da elevação do nível do mar nas áreas analisadas.

Este artigo contribui à prática de gestores e planejadores urbanos, além de gestores de políticas públicas, ao passo que as projeções analisadas de elevação no nível do mar podem causar desastres socioambientais na região costeira. Os resultados desta pesquisa podem ser úteis para o planejamento do uso e da ocupação do solo das áreas urbanas, bem como na gestão dos recursos naturais. Identificar e caracterizar as áreas mais vulneráveis podem levar à implementação de medidas preventivas a fim de minimizar o impacto da elevação do nível do mar sobre os ambientes naturais. Isso poderá ser alcançado por meio do manejo de conservação da biodiversidade e conservação dos recursos de subsistência das comunidades de pescadores artesanais.

Embora tenham sido apresentados resultados sobre as mudanças climáticas e a elevação do nível do mar, é importante reconhecer que esses fenômenos são complexos e influenciados por uma variedade de fatores interconectados. Portanto, é necessário considerar que outros elementos, como a dinâmica costeira, a ocupação humana e as políticas de adaptação também desempenham um papel significativo nos impactos observados. Além disso, é importante mencionar que este estudo se baseou em dados e informações disponíveis até a data da pesquisa, e novos desenvolvimentos científicos e eventos futuros podem trazer contribuições adicionais e atualizações ao entendimento das mudanças climáticas e seus efeitos na elevação do nível do mar. Portanto, é fundamental continuar a realizar pesquisas e estudos mais abrangentes para aprofundar nosso conhecimento sobre essas questões e suas implicações para áreas costeiras.

Por fim, destaca-se a interligação dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável



(ODS) 11, 13 e 14 com a importância de promover comunidades sustentáveis, mitigar as mudanças climáticas e conservar os ecossistemas marinhos. Esses objetivos representam um caminho para enfrentar os desafios das mudanças climáticas, buscando garantir um futuro seguro e resiliente para todos. O ODS 11 visa promover a resiliência das comunidades costeiras, capacitando-as para lidar com os impactos da elevação do nível do mar e construir assentamentos humanos sustentáveis. O cumprimento do ODS 13 contribui para mitigar os efeitos das mudanças climáticas e proteger as comunidades costeiras vulneráveis à elevação do nível do mar. A relação entre a elevação do nível do mar e o ODS 14 é evidente, visto que representa uma ameaça direta à biodiversidade e à sustentabilidade dos ecossistemas marinhos e costeiros. Para enfrentar essa questão, é fundamental adotar medidas de proteção e restauração desses ecossistemas, assegurando a conservação dos oceanos, mares e recursos marinhos de forma sustentável. Isso envolve a implementação de estratégias de manejo costeiro sustentável, proteção de áreas costeiras sensíveis e promoção da pesca sustentável, entre outras ações.

Referências

Aumond, J. J.; Bacca, L. (2018). Vegetação, meio ambiente e os desastres. In: MATTEDI, M.; Ludwig, L.; Avila, M. R. R.S. *Desastre de 2008+10 no Vale do Itajaí: água, gente e política: aprendizados*. Blumenau: Edifurb (pp. 73-89).

<https://desastrefurb.wixsite.com/portal/2008-10-o-que-aprendemos>

Aumond, J. J. Silva, H. dos S. da. Desastres ambientais resultantes das Mudanças Climáticas e a resiliência evolutiva após o evento de 2008 no Vale do Itajaí (SC). In: MATTEDI, M.; Ludwig, L.; Avila, M. R. R.S. *Desastre de 2008+10 no Vale do Itajaí: água, gente e política: aprendizados*. Blumenau: Edifurb (pp. 73-89).

<https://desastrefurb.wixsite.com/portal/2008-10-o-que-aprendemos>

Becker, M., Karpytchev, M. & Hu, A. (2023). Increased exposure of coastal cities to sea-level rise due to internal climate variability. *Nat. Clim. Chang.* 13 (pp. 367–374).

<https://doi.org/10.1038/s41558-023-01603-w>



Braun, S. (2017). *O mar e a cidade: mudanças climáticas e o desenvolvimento urbano em Joinville (SC)*. [Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Centro de Ciências Humanas e da Comunicação, Universidade Regional de Blumenau]. Repositório Institucional.
https://bu.furb.br/docs/DS/2017/362206_1_1.pdf

Brasil (2000). Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.

<https://legis.senado.leg.br/norma/551861/publicacao/15716150>

Church, J. A.; White, Neil J; Konikow, Leonard F; Domingues, C. M; Graham C. J.; Rignot, E.; Gregory, J. M; Broeke, M.R; Monaghan, A.J; Velicogna, I.. Revisiting the Earth's sea-level and energy budgets from 1961 to 2008. *Geophysical Research Letters*, Vol. 38, L18601, 2013. <http://escholarship.org/uc/item/2t00r01t>

Duarte, C. M. Losada, I. J., Hendriks, I. E., Mazarrasa, I., Marba, N. (2013). The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nat Clim Chang* 3 (11) (pp. 961–968). <https://doi.org/10.1038/nclimate1970>

Fagherazzi, S., Mariotti, G., Leonardi, N., Canestrelli, A., Nardin, W., Kearney, W.S. (2020). *Salt Marsh Dynamics in a Period of Accelerated Sea Level Rise*. *J. Geophys.*

Gomes, A. M. (2018). *A eustasia projetada pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas e seus impactos no desenvolvimento do litoral centro-norte de Santa Catarina*. [Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Universidade Regional de Blumenau]. Repositório Institucional.
http://www.bc.furb.br/docs/TE/2018/365107_1_1.pdf



Graciano, R. L. G.; Pinheiro A. (2011). *Análise de tendência das séries temporais de precipitação e impactos de mudanças climáticas na região sul do Brasil*. [Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau]. Repositório Institucional. http://www.bc.furb.br/docs/DS/2011/353360_1_1.PDF

Hallegatte, S.; Henriot, F.; Corfee-Morlot, J. (2011). The economics of climate change impacts and policy benefits in city scale: a conceptual framework. (2011) *Climatic Change*. (v. 104, pp.51–87). Springer.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-010-9976-5>

Hodecker, A.; Aumond, J. J. (2016). *Análise das previsões de elevação do nível do mar: impactos sobre os ecossistemas naturais e urbanos dos municípios de Itajaí e Navegantes, Santa Catarina, Brasil*. [Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Regional de Blumenau]. Repositório Sucupira/Capes.
https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/vie wTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=4952309

IBGE (2021). Produto Interno Bruto dos Municípios | IBGE.
<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?=&t=pib-por-municipio&c=4208203>

Intergovernmental Panel On Climate Change (2014). *Climate Change 2014: The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.



Intergovernmental Panel On Climate Change. (2019). Special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <https://www.ipcc.ch/srocc/home/>

Intergovernmental Panel On Climate Change (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

Jandrey, S. (2019). *Resiliência urbana e suas contribuições no planejamento e desenvolvimento do município costeiro de Itapema/SC, considerando os cenários de aumento do nível do oceano*. [Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Centro de Ciências Humanas e da Comunicação, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau]. Repositório Institucional. http://www.bc.furb.br/docs/DS/2019/366355_1_1.pdf

Martyr-Koller, R.; Thomas, A.; Schleussner, C. F.; Nauels, A.; Lissner, T. Loss and damage implications of sea-level rise on Small Island Developing States, Current Opinion in Environmental Sustainability, Volume 50, 2021, Pages 245-259, ISSN 1877-3435, <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2021.05.001>

Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., ... & Zhou, B. (2021). Climate change 2021: the physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, 2.

Moftakhari, H. R., Salvadori, G., AghaKouchak, A., Sanders, B. F., & Matthew, R. A. (2017). Compounding effects of sea level rise and fluvial flooding. Proceedings of the

National Academy of Sciences, 114(37), 9785–9790. <https://doi.org/10.1073/pnas.1620325114>

Moura, Heloisa Figueiredo. Predictions of the alterations of the sea level applied to the urban planning – Case study of Porto Belo, SC/Brazil. 2005. 204f. Dissertation (Master Degree in Architecture and Urbanization) Post Graduation Program in Architecture and Urbanization, UFSC, Florianópolis.

Montanari, F. (2015) *Estimativa dos impactos econômicos em função do aumento do nível médio do mar no município de Florianópolis/SC para o ano de 2100*. [Dissertação de mestrado, Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial do setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná].

Montanari, F.; Polette, M. (2015) Efeitos da elevação do nível do mar para a bacia hidrográfica do rio Ratones–Florianópolis/SC. In: *VIII Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa. Lisboa-Portugal*.
https://www.researchgate.net/publication/339851419_EFEITOS_DA_ELEVACAO_DO_NIVEL_DO_MAR_PARA_A_BACIA_HIDROGRAFICA_DO_RIO_RATONES_-_FLORIANOPOLISSC

Neumann B, Vafeidis At; Zimmermann J.; Nicholls Rj. (2015). Future Coastal Population Growth and Exposure to Sea-Level Rise and Coastal Flooding — A Global Assessment.

Nicolodi, J. L.; Petermann, R. M. (2010). Mudanças Climáticas e a Vulnerabilidade da Zona Costeira do Brasil: Aspectos ambientais, sociais e tecnológicos. (2010). *Revista de Gestão Costeira Integrada*. http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-206_Nicolodi.pdf



- Nicholls, R. J. (2018). Adapting to sea-level rise. In Z. Zommers & K. Alverson (Eds.), *Resilience: The science of adaptation to climate change* (pp. 13–29). Elsevier.
- Oliveira, M. J.; Baptista, G. M. De M.; Carneiro, C. D. R.; Vecchia, F. A. S. História geológica e Ciência do clima: métodos e origens do estudo dos ciclos climáticos na Terra. *Terra*, 2015(1):03-26. – Disponível em <http://www.ige.unicamp.br/terrae> Acesso em 20 mar 2020.
- Oliveira, R. R.. Environmental History, Traditional Populations, and Paleo- territories in the Brazilian Atlantic Coastal Forest. *Global Environment*, Volume 1, Number 1, 2008, pp. 176- 191(16).
- Roy, P., Pal, S. C., Chakraborty, R., Chowdhuri, I., Saha, A., & Shit, M. (2023). Effects of climate change and sea-level rise on coastal habitat: Vulnerability assessment, adaptation strategies and policy recommendations. *Journal of Environmental Management*, 330, 117187. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117187>
- SALGADO LABOURIAU, M. L. *Historia ecológica da terra*. 2. ed. rev. Sao Paulo: E. Blucher, 1998. 307 p, il.
- Schettini, C. A. F. (2002, Jan/Mar). Caracterização Física do Estuário do Rio Itajaí-Açu, SC. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. 7 (1), 123-142.
<https://pdfs.semanticscholar.org/2532/04a692eecb96df37dc4d5aab93fd036240fc.pdf>
- Tognella De R., M. M. P.; Oliveira, R. G.; Saldanha, J. H.; Farias, H. C. E.; Soares, M. L. G.; Cunha, S. R. & Lugli, D. O. (2009). Caracterização da vegetação halófito do Saco da Fazenda. In: Branco, J. O.; Branco, M. J. L.; Bellotto, V. R. [Org.]. *Estuário do Rio*



Itajaí-Açú, Santa Catarina: caracterização ambiental e alterações antrópicas. (pp. 153-170). Editora UNIVALI.

Zimmermann, C. E.; Branco, J. O. (2009). Avifauna associada aos fragmentos florestais do Saco da Fazenda. In: Branco, J. O.; Branco, M. J. L.; Bellotto, V. R. [Org.]. *Estuário do Rio Itajaí-Açú, Santa Catarina: caracterização ambiental e alterações antrópicas.* (pp. 263-272). Editora UNIVALI.