



Mudanças climáticas: ferramentas e  
estratégias para o enfrentamento dos  
impactos sobre os ecossistemas  
costeiros

---

*João L. Nicolodi*

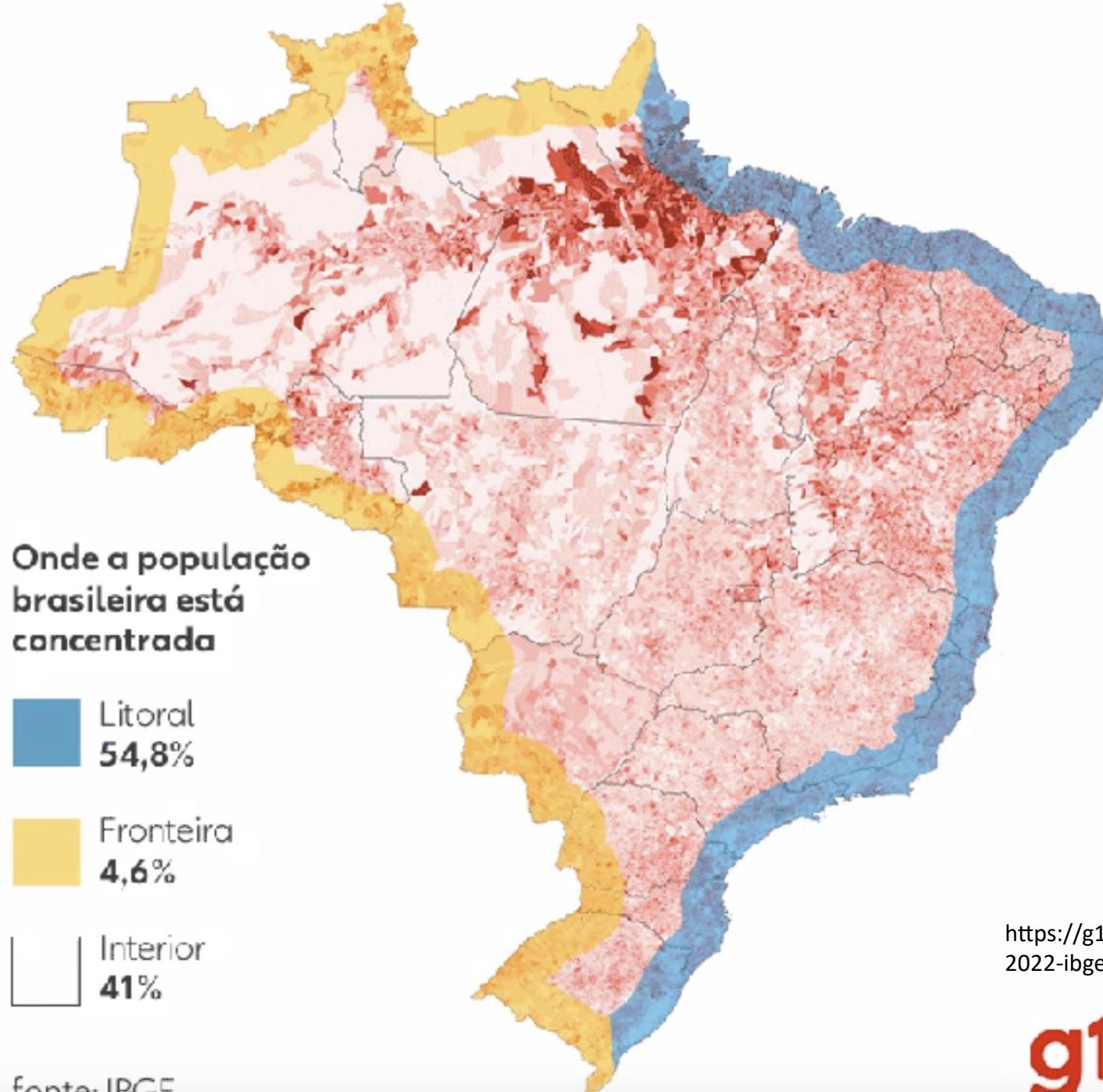
Coordenador-Geral Gerenciamento Costeiro e Marinho- MMA

MINISTÉRIO DO  
MEIO AMBIENTE E  
MUDANÇA DO CLIMA



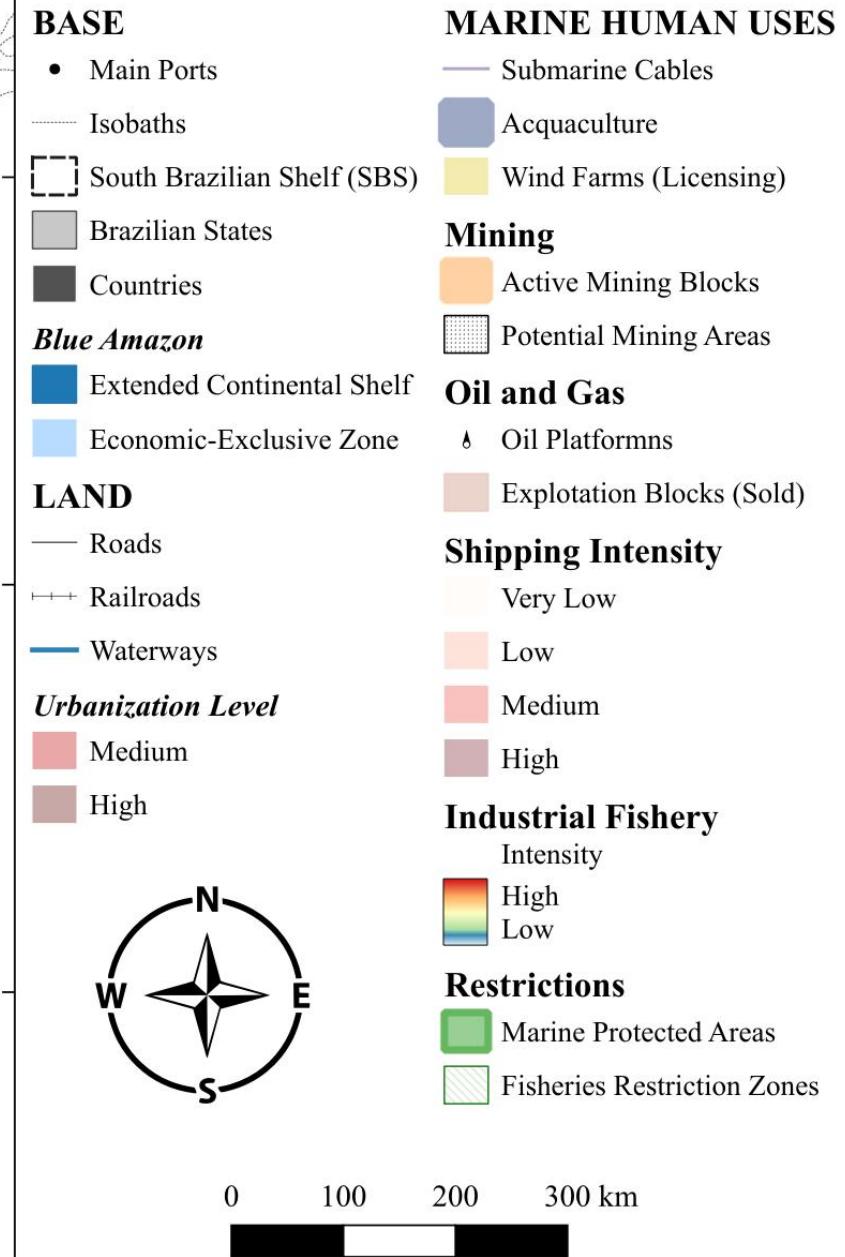
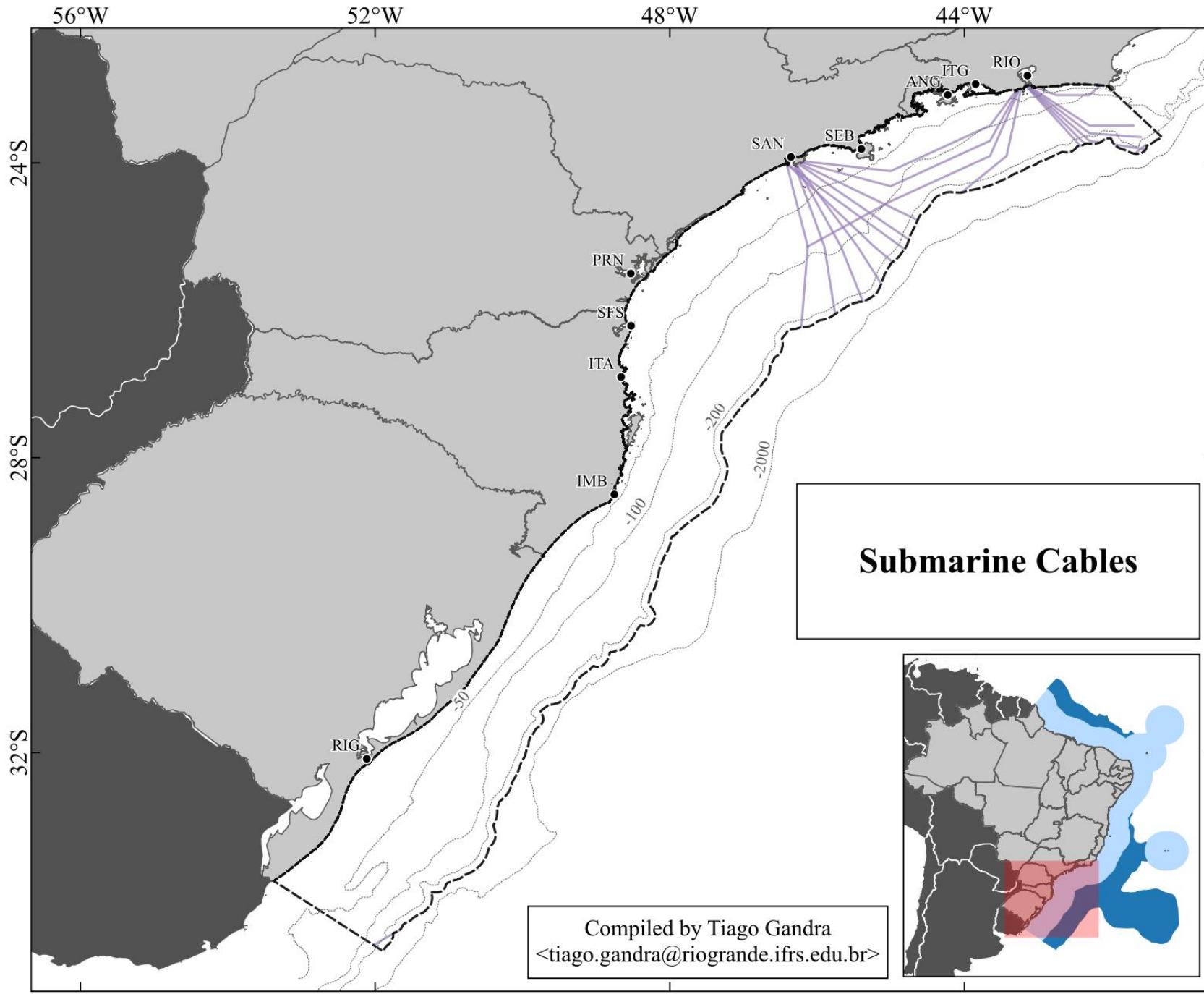
# MAPA DO BRASIL OFICIAL - IBGE

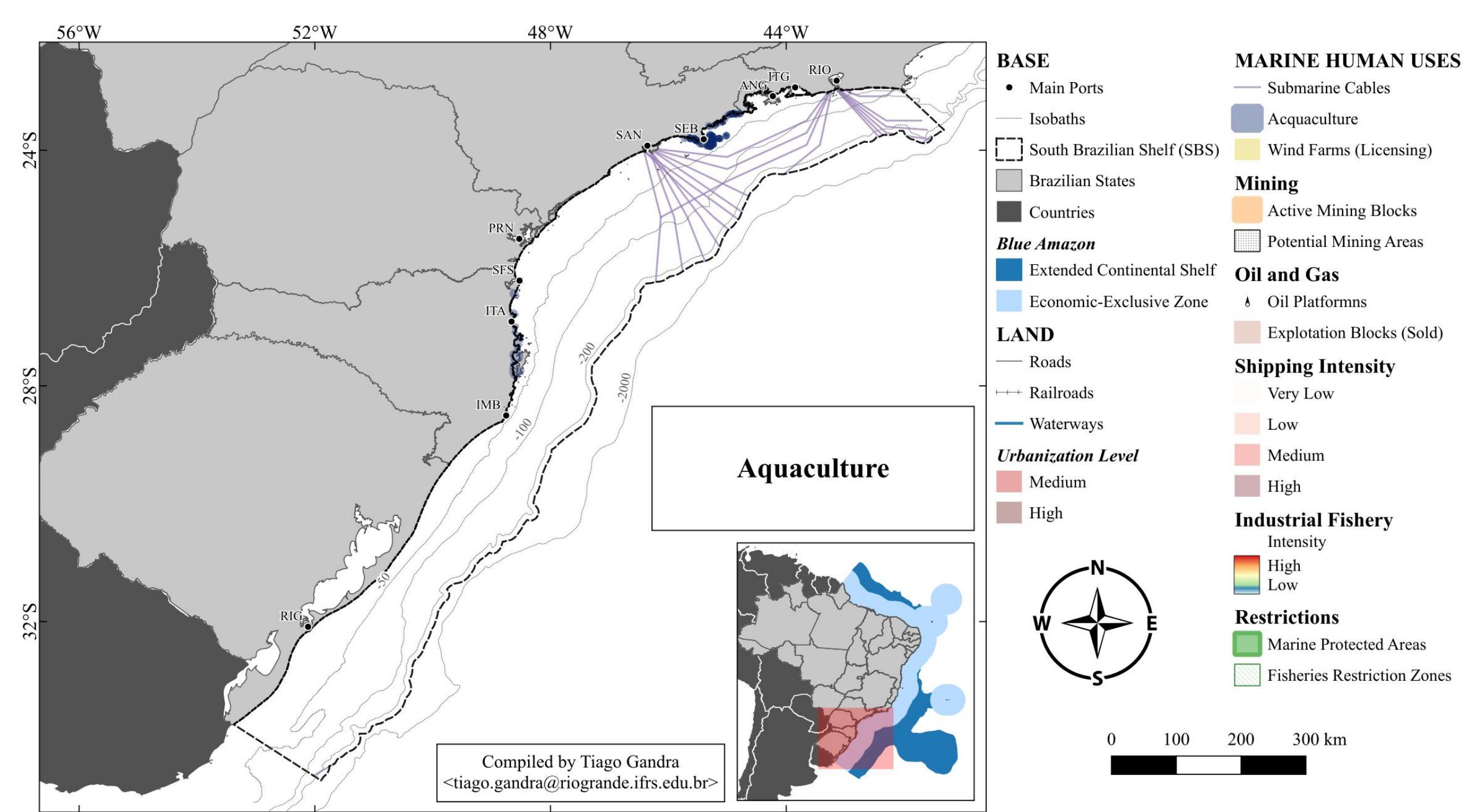


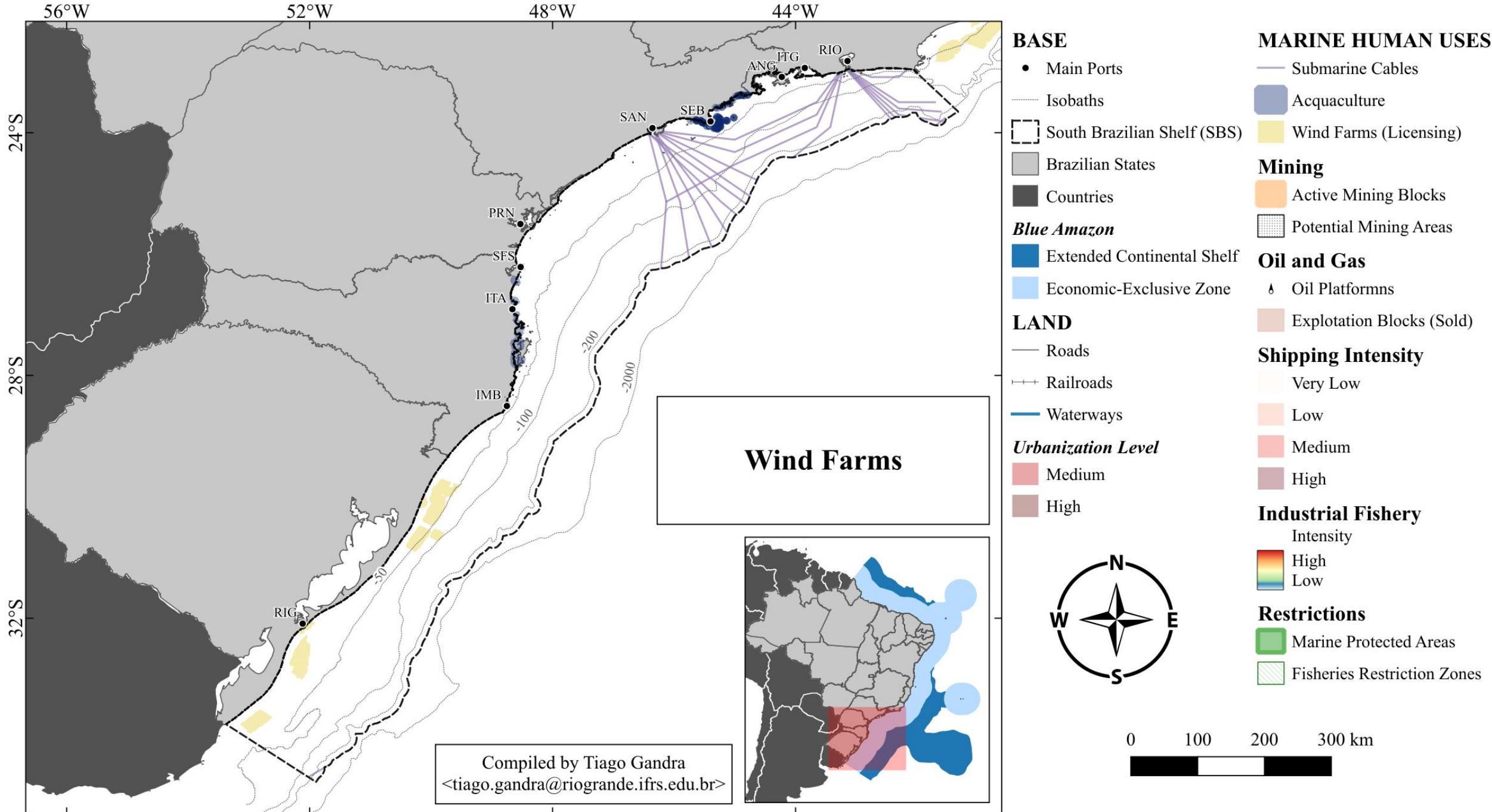


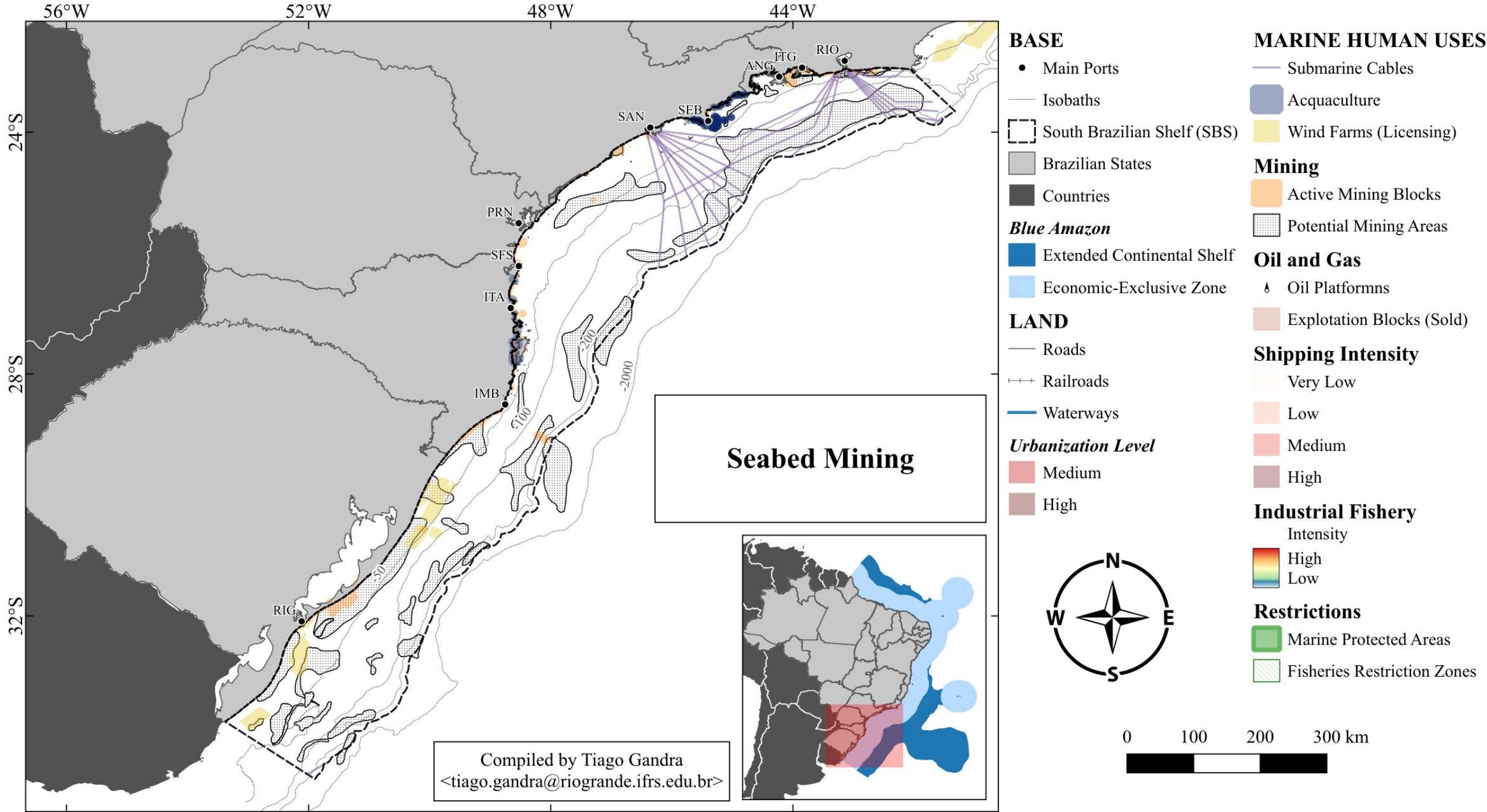
- Mais da metade dos 203 milhões de brasileiros – 54,8% – mora a até **150 km** em linha reta do litoral, segundo dados do [Censo 2022](#) divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística ([IBGE](#))

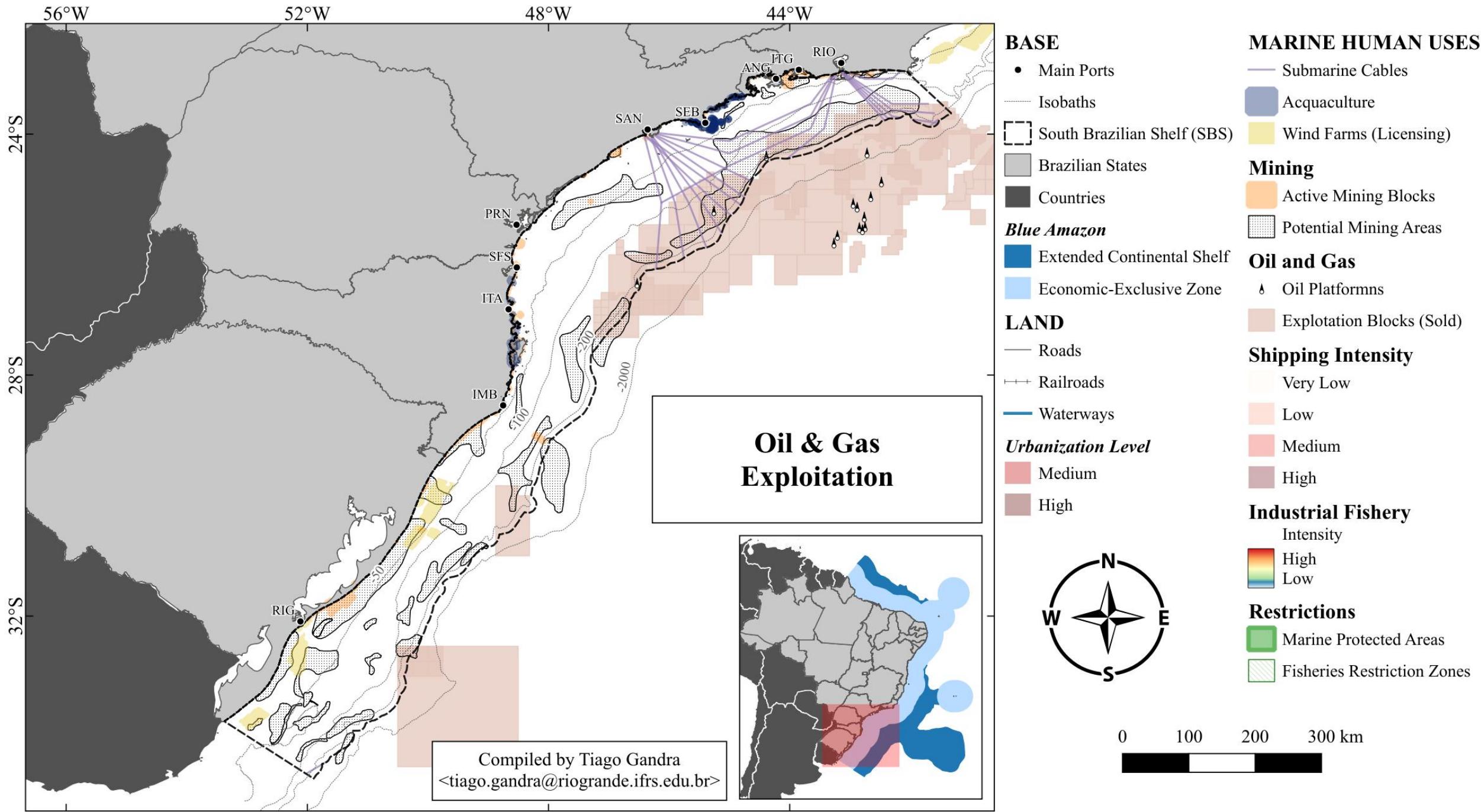
<https://g1.globo.com/economia/censo/noticia/2024/03/21/censo-2022-ibge-setores-censitarios.ghtml>

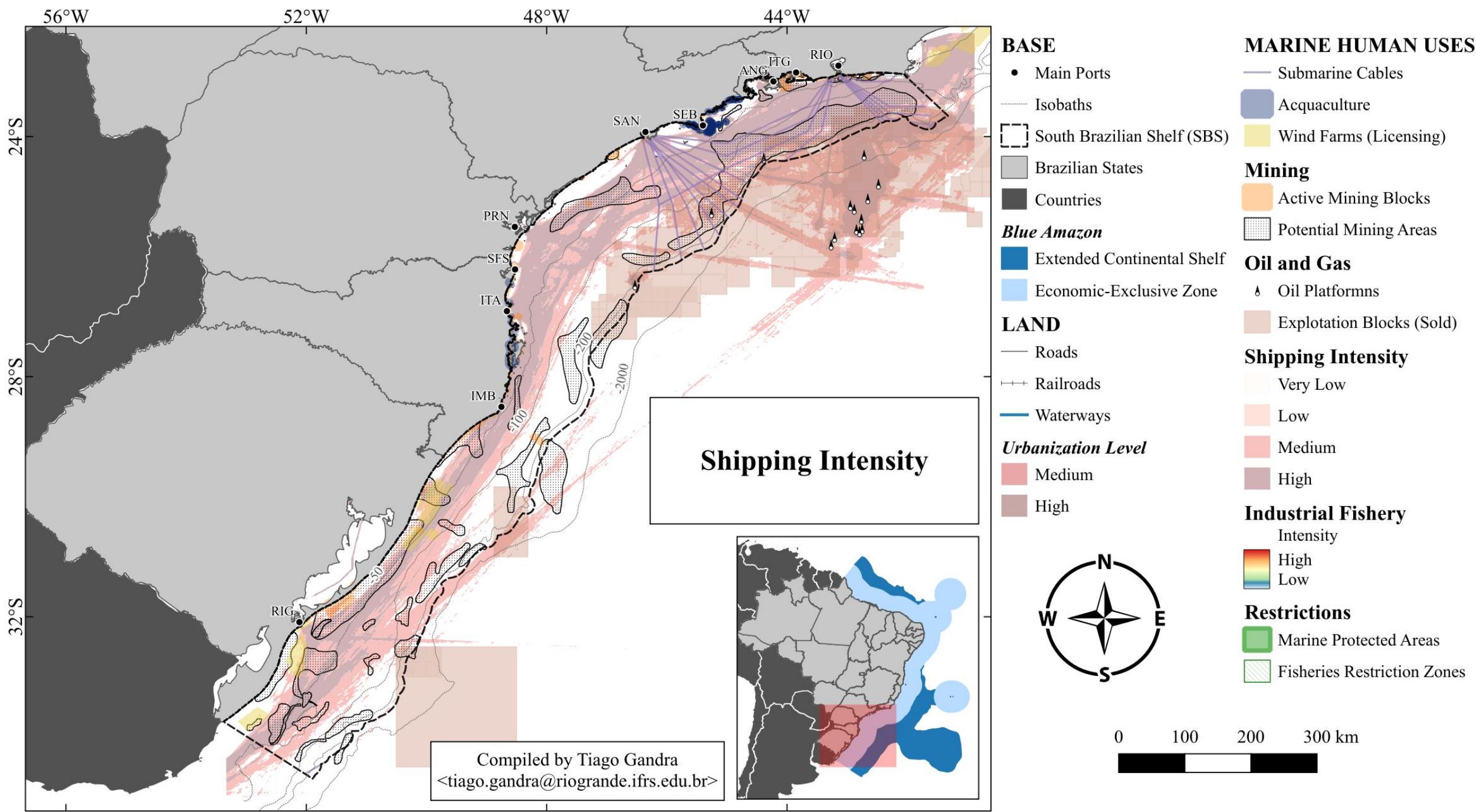


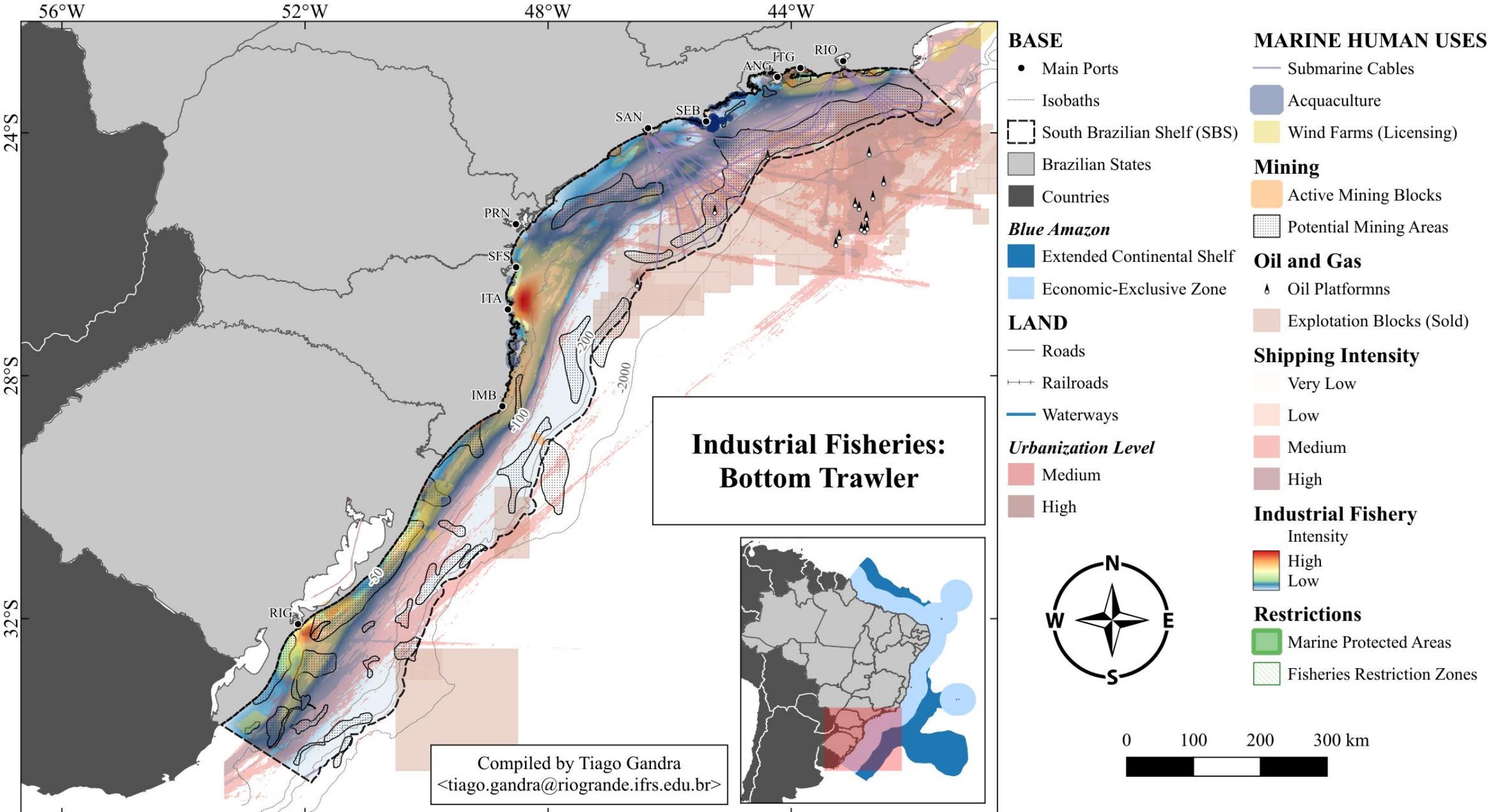


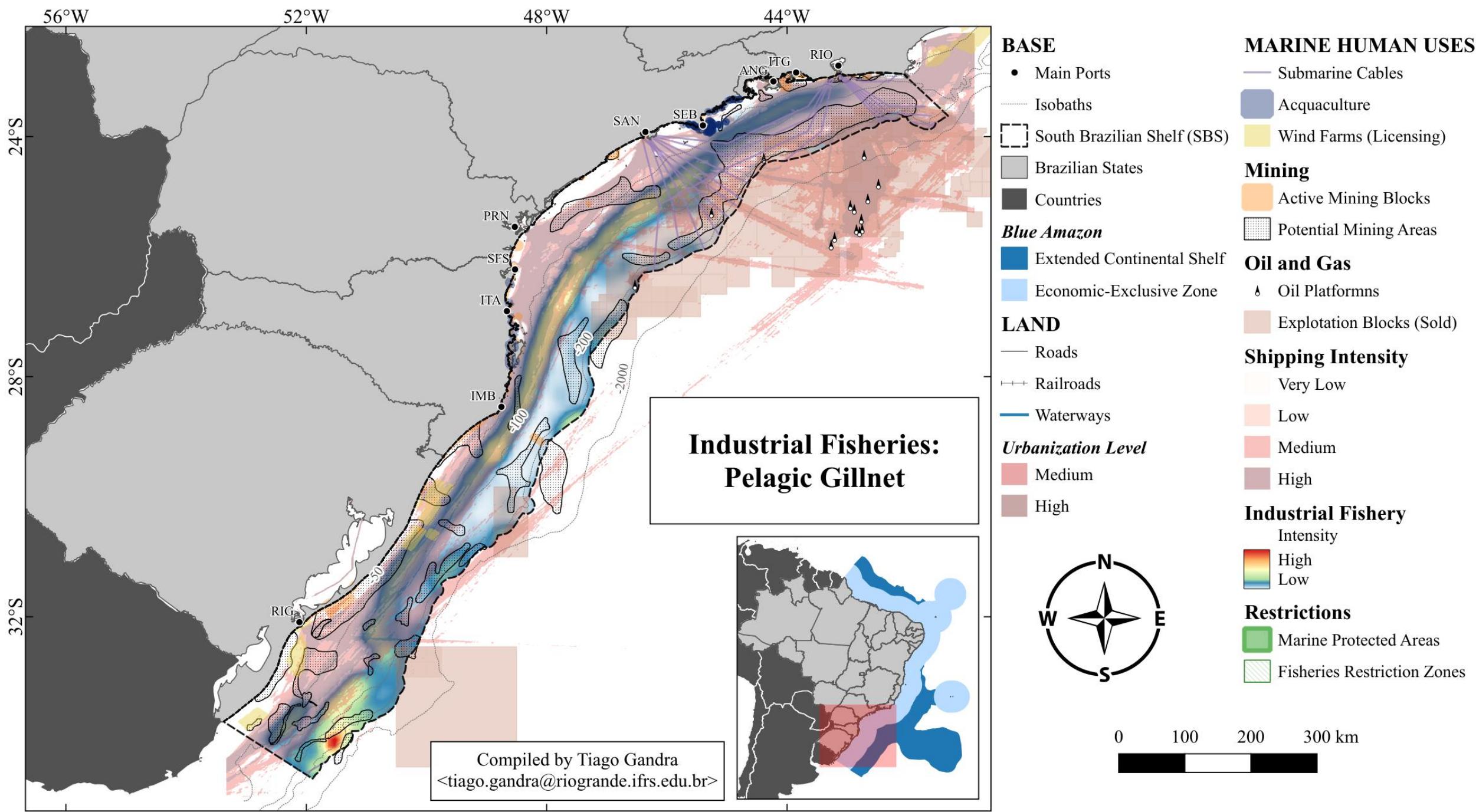


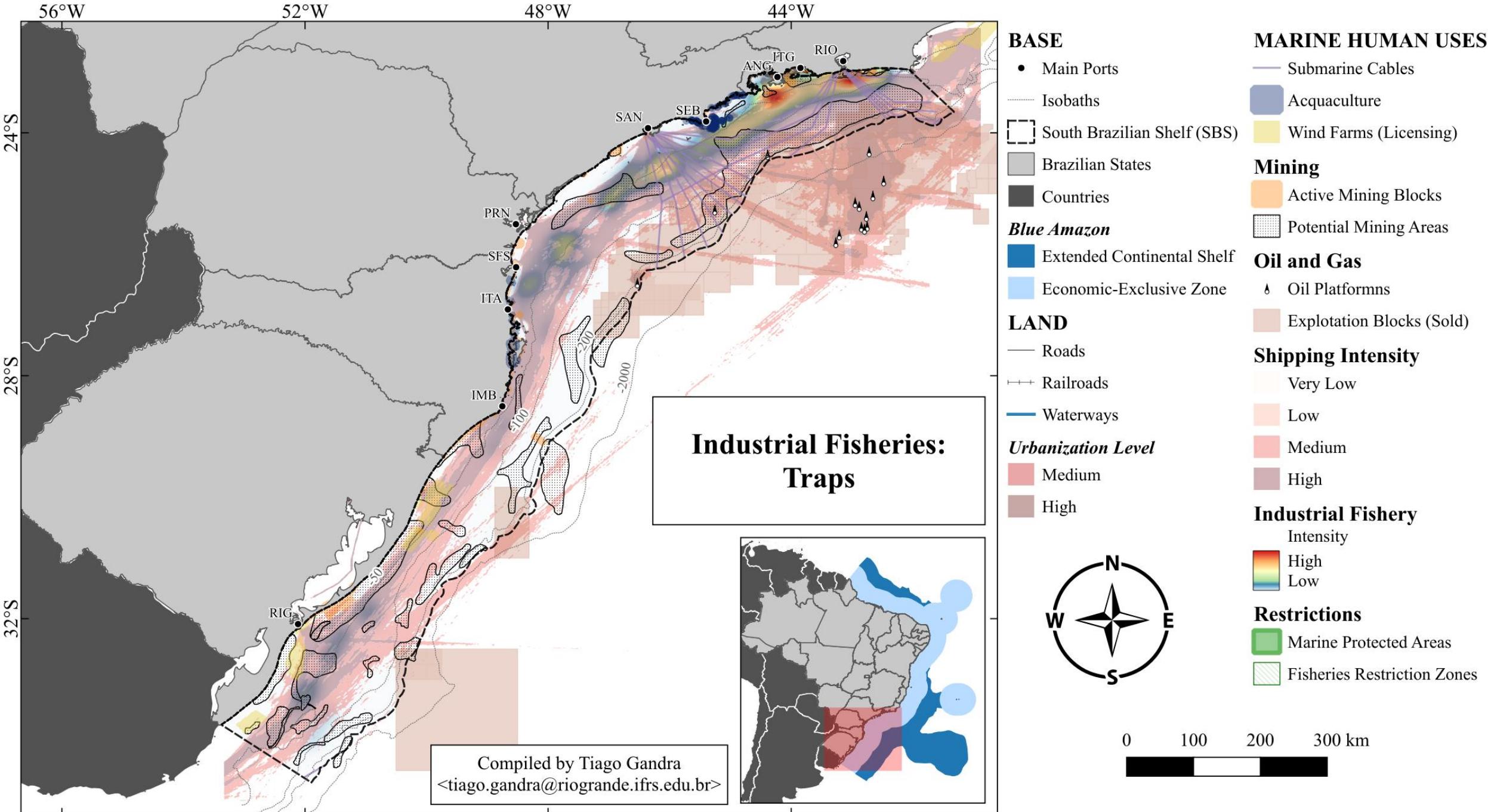


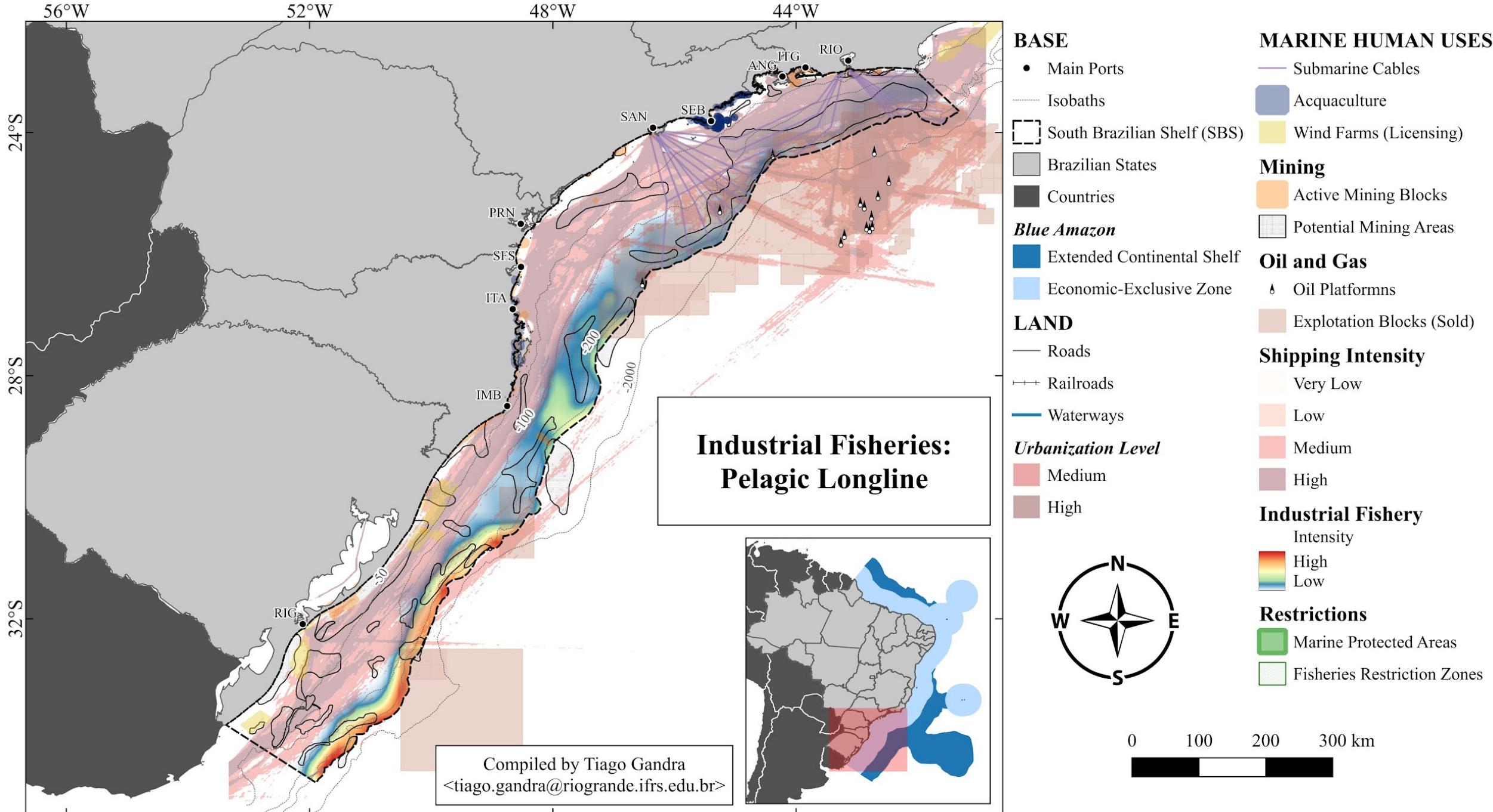


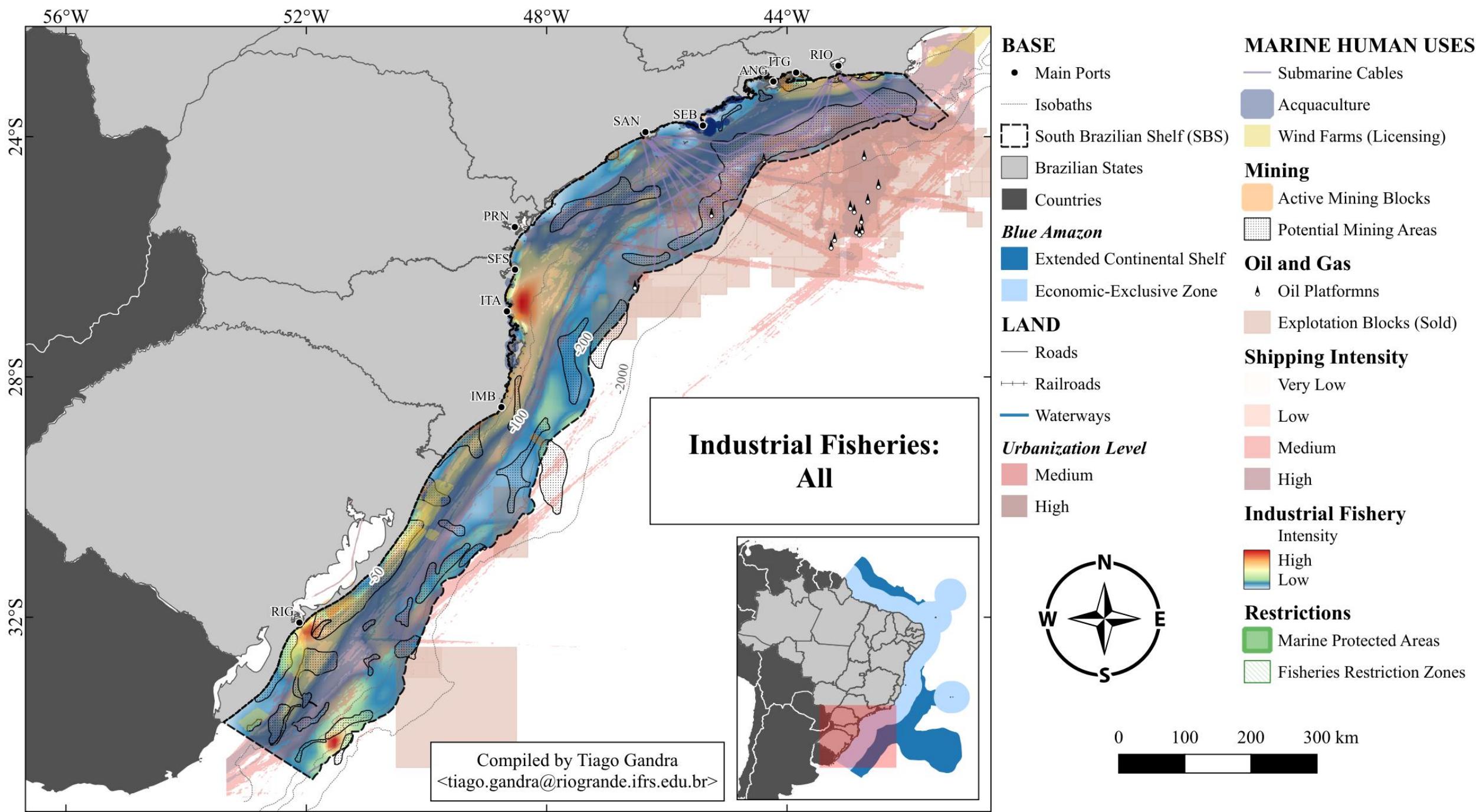


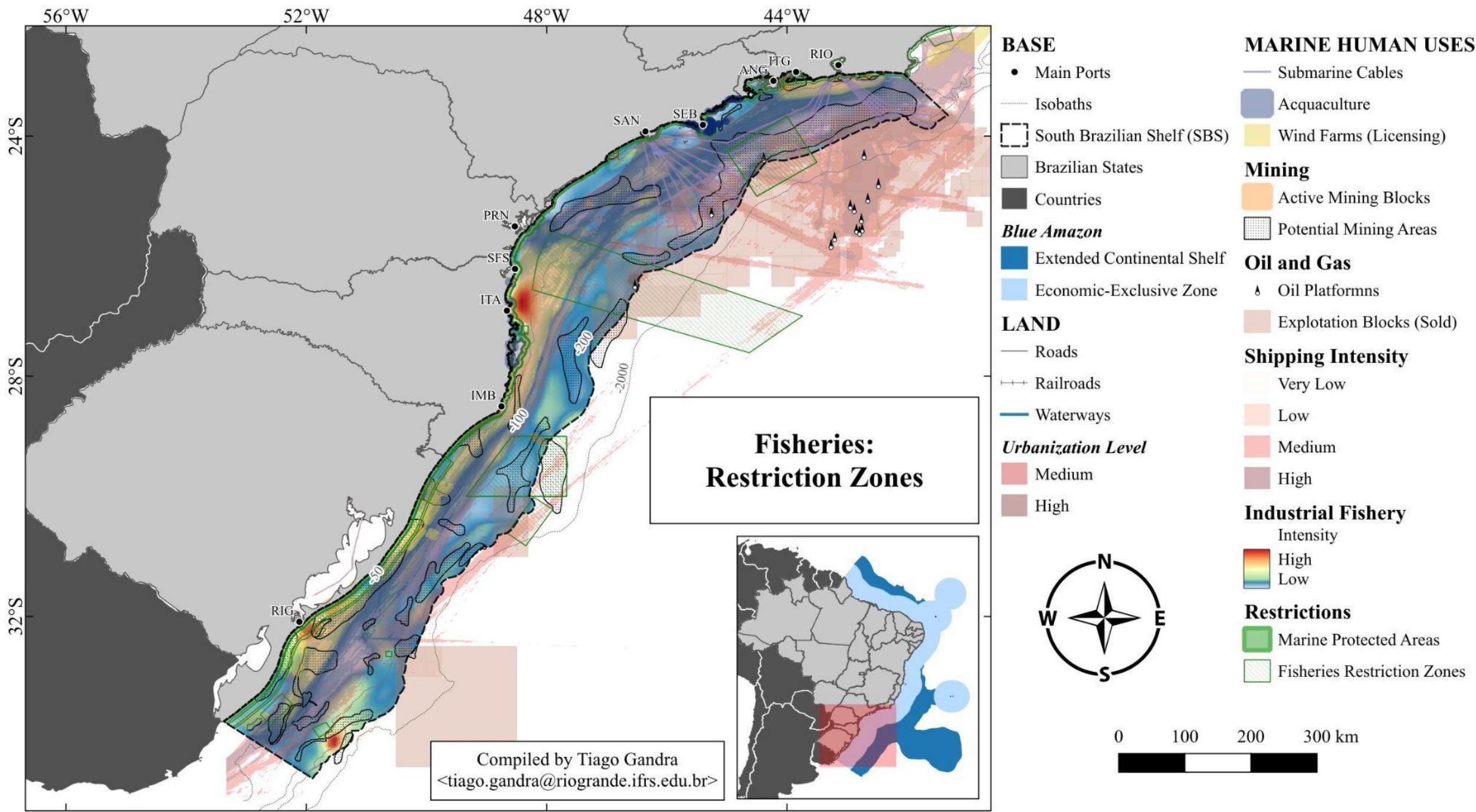


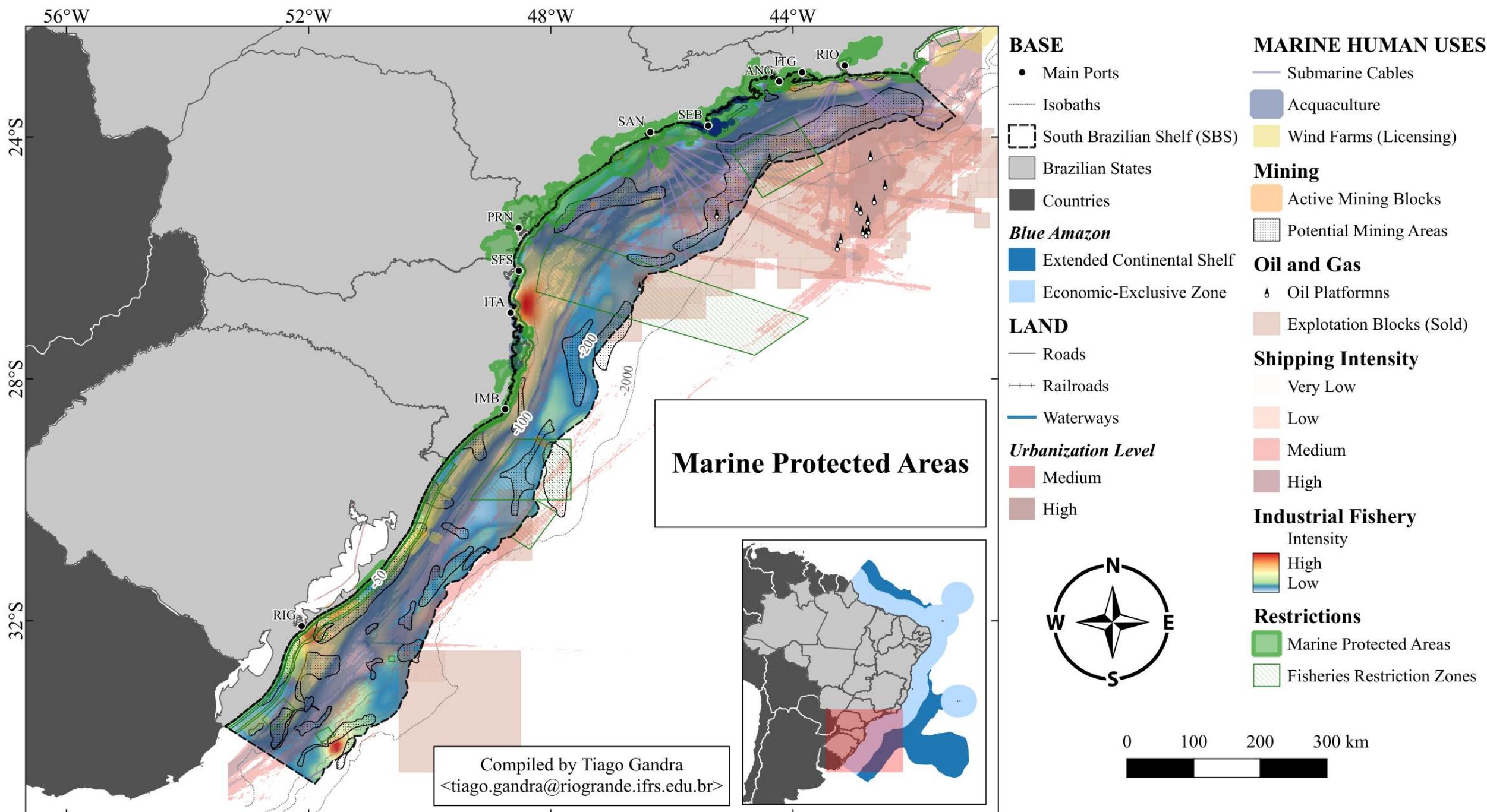


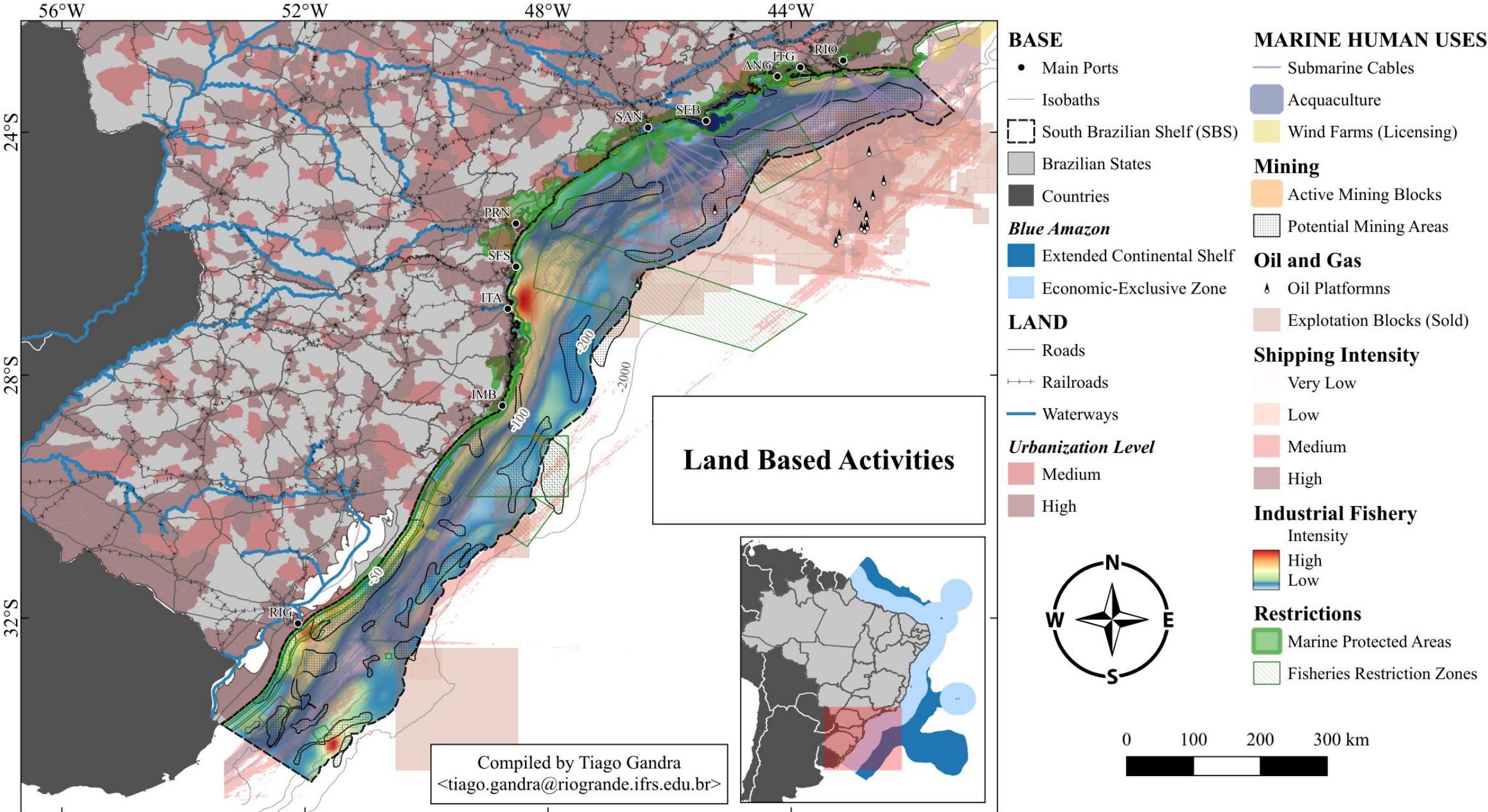


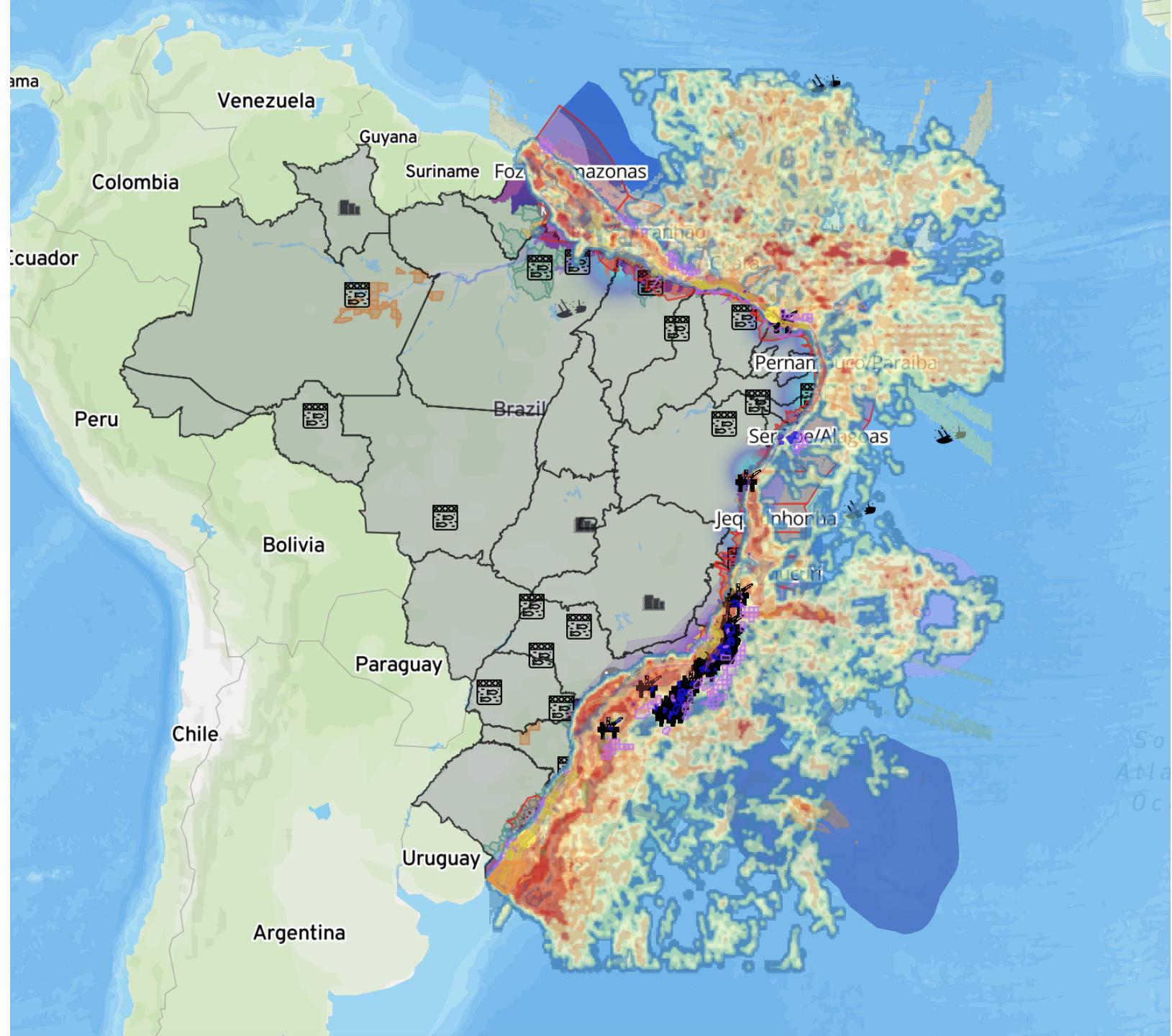












# Conectividade dos ecossistemas terrestres e marinhos



# Impactos da Conectividade

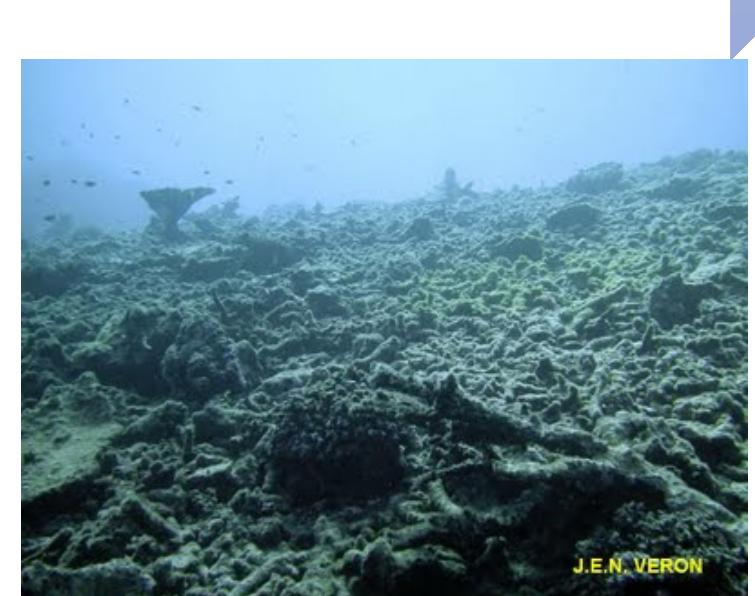
Desmatamento da mata ciliar



Sedimentação



Morte de manguezais e corais



# Impactos da Conectividade

Represas



Diminuição de sedimento



Erosão Costeira



# Impactos da Conectividade

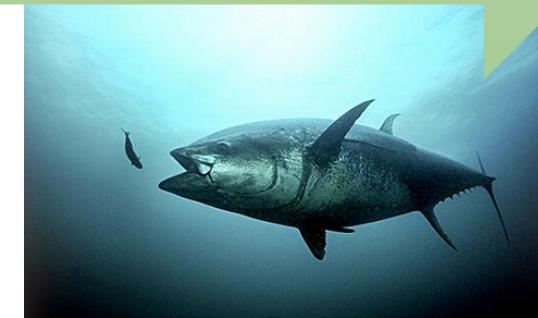
## Uso de Agrotoxicos



## Mortandade de peixes



## Concentração na cadeia alimentar



# Impactos da Conectividade

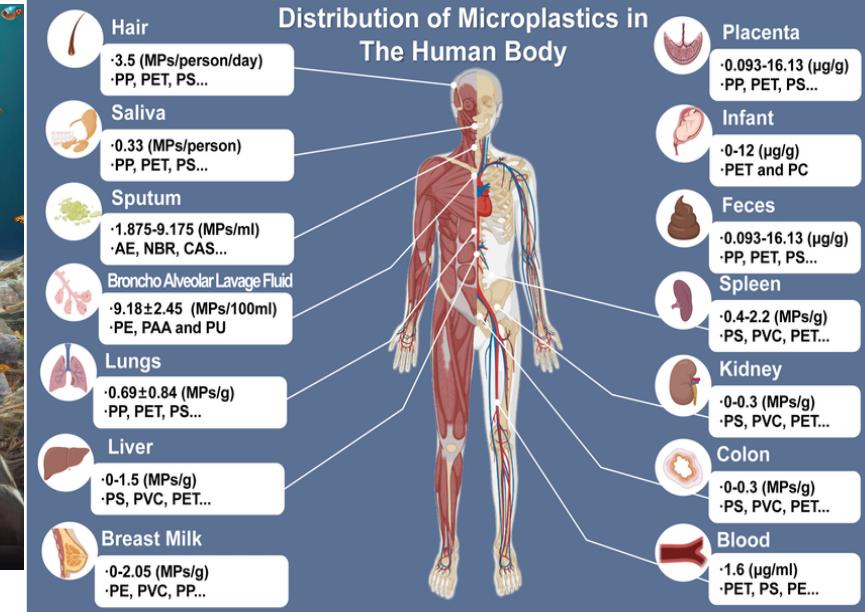
Resíduos sólidos despejados - Plásticos



Acúmulo nas cadeias tróficas



Acúmulo nos seres humanos



# Impactos da Conectividade

Emissões de CO<sub>2</sub> (GEE, desmatamento, queimadas)

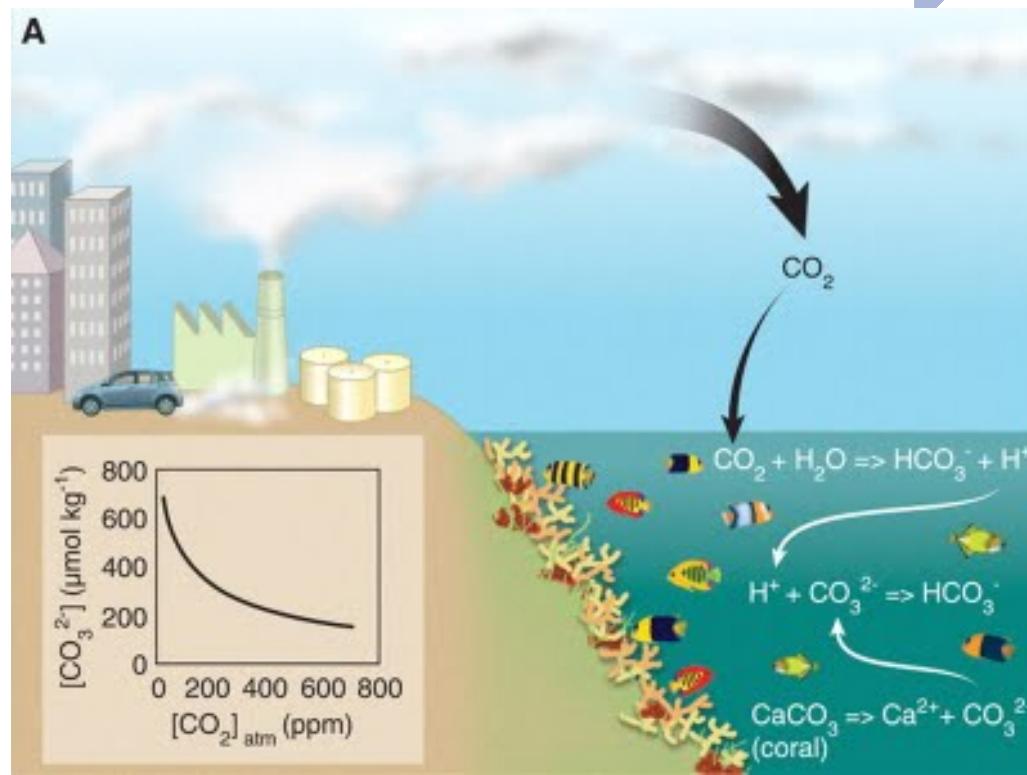


Aquecimento do oceano



Acidificação do oceano

Desoxigenação do oceano



# Pior exemplo de conectividade

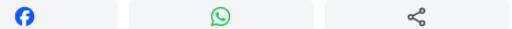


ESPÍRITO SANTO 

**Após 9 anos, metais do desastre de Mariana chegam às baleias no litoral; 'desastre continua acontecendo', diz pesquisador**

Pela primeira vez, pesquisadores constataram impactos em todos os níveis de vida marinha, após rompimento da barragem em 2015. Além da contaminação das águas do Rio Doce e do mar, animais estão desenvolvendo anomalias e tumores e apresentam metais no sangue.

Por Ana Elisa Bassi, Juirana Nobres, g1 ES  
11/09/2024 04h01 - Atualizado há 3 dias

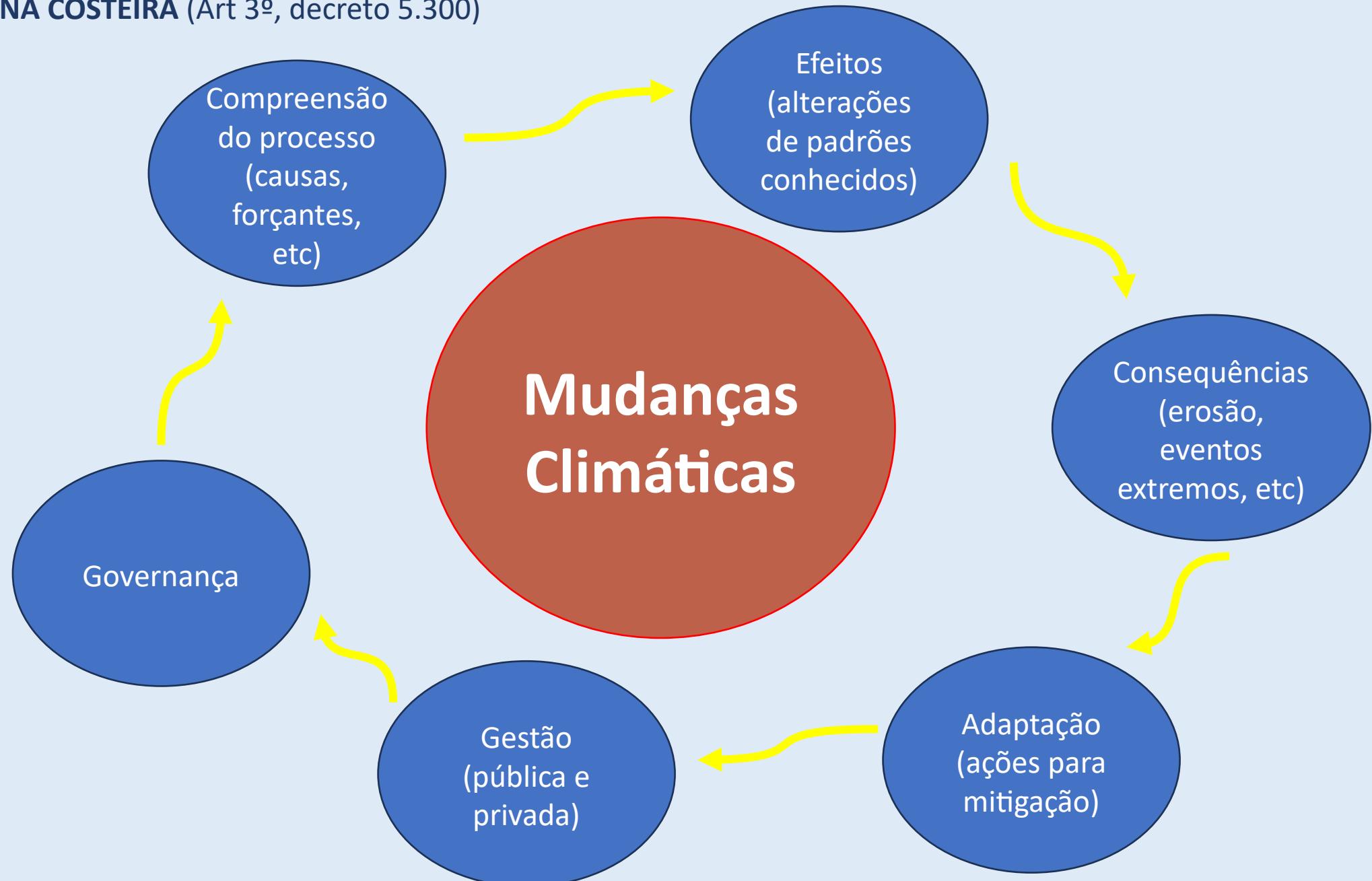


- Mais de 60 milhões de m<sup>3</sup> de lama tóxica
- 39 cidades de MG e ES + BA
- 17 mortes
- Suspensão de abastecimento de água
- Mais de 1000 pescadores sem sustento
- Mais de 11 toneladas de peixes mortos



Baleia Jubarte no Espírito Santo: grandes animais foram afetados com o desastre de Mariana e metais aparecem até no sangue das baleias — Foto: Projeto Baleia Jubarte

**ZONA COSTEIRA** (Art 3º, decreto 5.300)



## 1º Aspecto: CONCEITUAL

Sopa de conceitos... Não comprehende-los pode levar ao distanciamento cada vez maior da ciência e da gestão efetiva.

Perigo

Risco

Susceptibilidade

Sensibilidade

Vulnerabilidade



# **Perigo (Hazard)**

**Evento capaz de produzir danos ao espaço físico e social, não apenas durante a sua ocorrência, mas também posterior a ela, devido às associações de suas consequências (Alcántara-Ayala, 2002).**

**O termo “perigo” remete à **presença do homem**, considerando que fenômenos naturais por si só não são prejudiciais.**

**Ex: ciclones, deslizamentos, tornados, enchentes, marés meteorológicas, epidemias, pragas, avalanches, terremotos, erupções vulcânicas etc.**

# Risco

**Conceito traz a ideia de probabilidade de ocorrência de processos não constantes no tempo e no espaço, mas que estão diretamente ligados à sua ação/interferência na vida do homem (Egler, 1996).**

**Assim, remetendo a futuro, risco passa a ser sentido como uma apreensão sobre algo que está por vir e que está vinculado a fenômenos naturais ou a tensões provocadas pelo homem.**

# Sensibilidade

Talvez seja o conceito **MENOS** discutido na literatura.

Medida que expressa a facilidade com que um ambiente é afetado quando recebe alguma intervenção. É a resposta do ambiente a um dado stress e sua severidade (Buckley, 1982).

Ou seja, é algo intrínseco ao ambiente...

# Vulnerabilidade

Sem dúvida o conceito mais difundido e menos pactuado entre todos...

The screenshot shows a Google Academic search results page. The search query 'coastal vulnerability' is highlighted with a red oval. A red arrow points from the top right towards this oval. The search results are listed below, each with a title, author(s), journal, year, abstract, and citation details.

Google Academic search results for 'coastal vulnerability':

- [HTML] [A systematic review of coastal vulnerability mapping](#) [\[HTML\]](#) [mdpi.com](#)  
A Bukvic, G Rohat, A Apotsos, A de Sherbinin - Sustainability, 2020 - mdpi.com  
... the state of **coastal vulnerability** assessment ... **coastal vulnerability** studies. We conducted a systematic review of the literature that addresses physical and social **vulnerability** to **coastal** ...  
☆ Guardar 99 Citar Citado por 54 Artigos relacionados Todas as 13 versões »
- Coastal vulnerability assessment studies over India: a review** [\[PDF\]](#) [montclair.edu](#)  
NNV Sudha Rani, ANV Satyanarayana, PK Bhaskaran - Natural Hazards, 2015 - Springer  
... works on **coastal vulnerability** assessment method CVI for the Indian coast and discuss the current position of the Indian coast. First, we start with **coastal vulnerability** definition and then ...  
☆ Guardar 99 Citar Citado por 138 Artigos relacionados Todas as 7 versões
- Coastal vulnerability: Evolving concepts in understanding vulnerable people and places** [\[PDF\]](#) [montclair.edu](#)  
A Bevacqua, D Yu, Y Zhang - Environmental Science & Policy, 2018 - Elsevier  
... concepts, gives the modern definition of **vulnerability**, and ... of **coastal vulnerability**, this review attempts to concisely discuss the fields of socioeconomic **vulnerability**, physical **vulnerability**...  
☆ Guardar 99 Citar Citado por 105 Artigos relacionados Todas as 6 versões
- Assessment of coastal vulnerability to climate change** [\[PDF\]](#) [academia.edu](#)  
RJT Klein, RJ Nicholls - Ambio, 1999 - JSTOR  
... assessment studies, and (ii) other methods for **coastal** vulnerability assessment, ... **coastal vulnerability** assessment. Finally, the relevance of **vulnerability** assessment to integrated **coastal** ...  
☆ Guardar 99 Citar Citado por 608 Artigos relacionados Todas as 8 versões

Pesquisas relacionadas:

- coastal vulnerability index
- coastal vulnerability sea



Intergovernmental  
Oceanographic  
Commission

## Segundo a Comissão Oceanográfica Intergovernamental (IOC-UNESCO):

**A vulnerabilidade costeira se define como o estado das comunidades costeiras (incluindo sua estrutura social, ativos físicos, economia e suporte ambiental) que fazem com que as mesmas sejam mais ou menos afetadas por eventos extremos (IOC, 2009).**

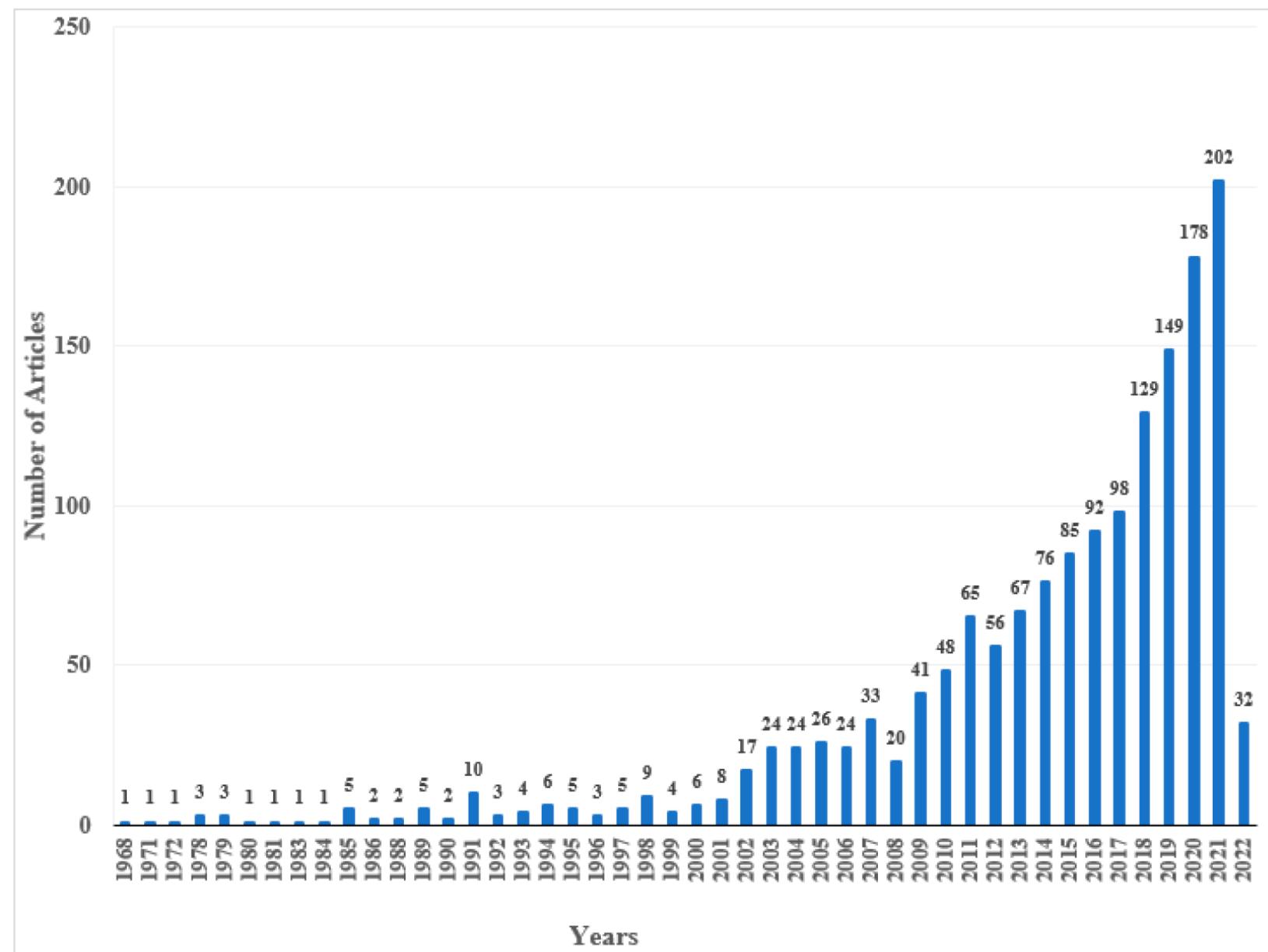
# Mudanças climáticas em zonas costeiras

Um exemplo MUITO representativo:

## 1 – Erosão Costeira

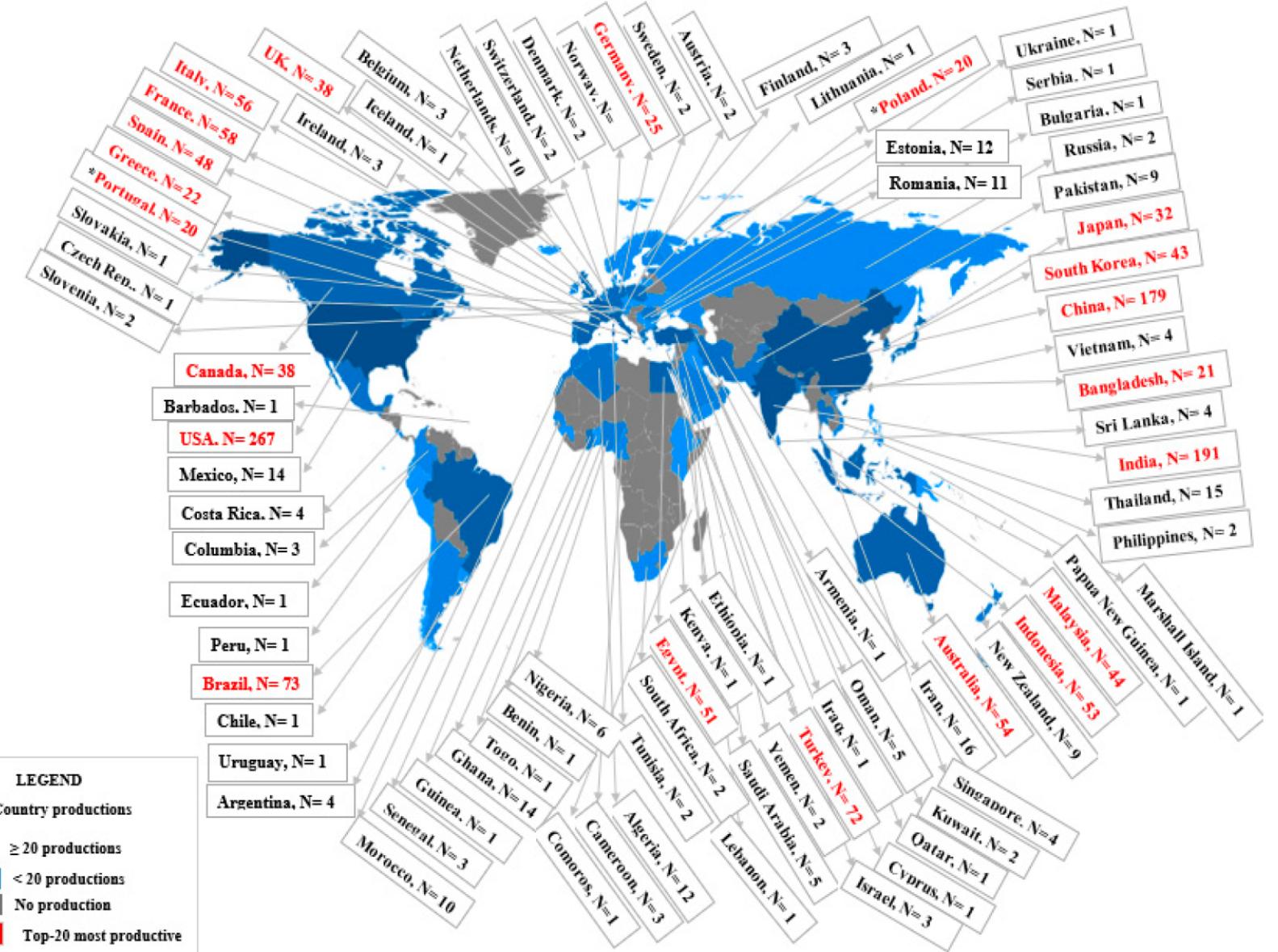


# Erosão Costeira



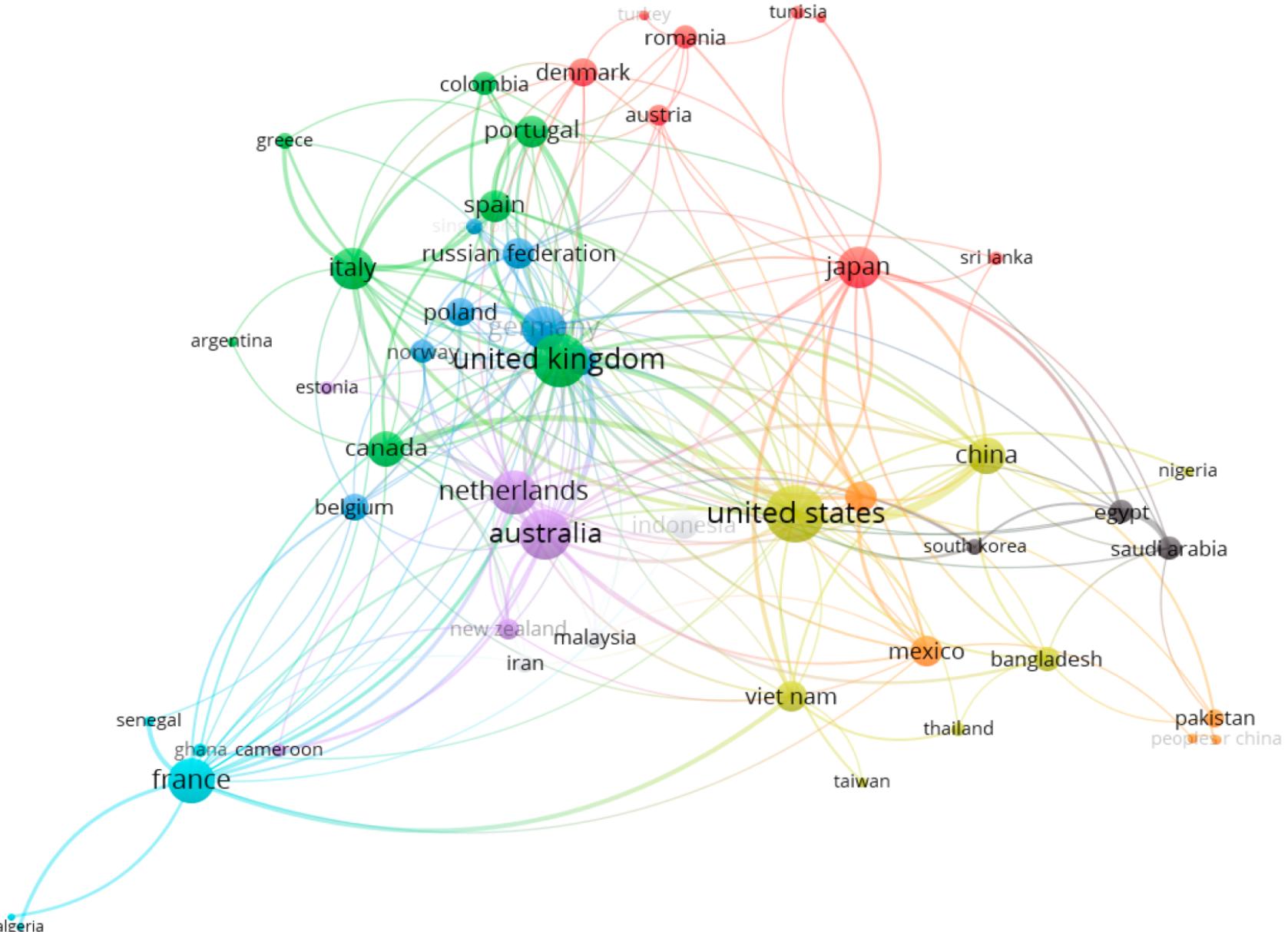
**Figure 1.** Annual global publication trends in data sources and tools for shoreline change analysis and detection (1968–2022). Note: The year 2022 covers only the 1st trimester. Ankrah, J.; Monteiro, A.; Madureira, H. Bibliometric Analysis of Data Sources and Tools for Shoreline Change Analysis and Detection. *Sustainability* **2022**, *14*, 4895. <https://doi.org/10.3390/su14094895>

# Erosão Costeira



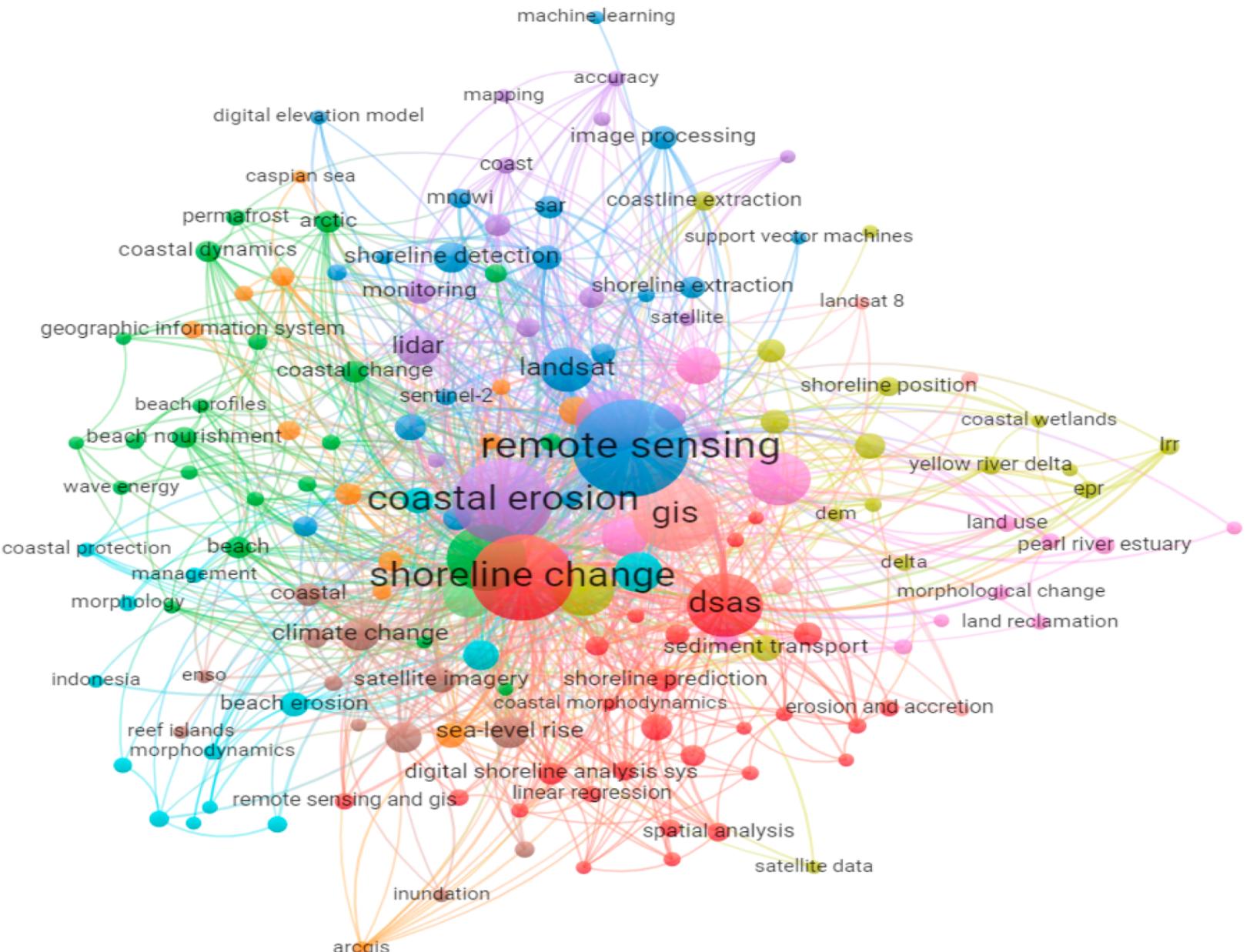
**Figure 1.** Annual global publication trends in data sources and tools for shoreline change analysis and detection (1968–2022). Note: The year 2022 covers only the 1st trimester. Ankrah, J.; Monteiro, A.; Madureira, H. Bibliometric Analysis of Data Sources and Tools for Shoreline Change Analysis and Detection. *Sustainability* **2022**, *14*, 4895. <https://doi.org/10.3390/su14094895>

# Erosão Costeira



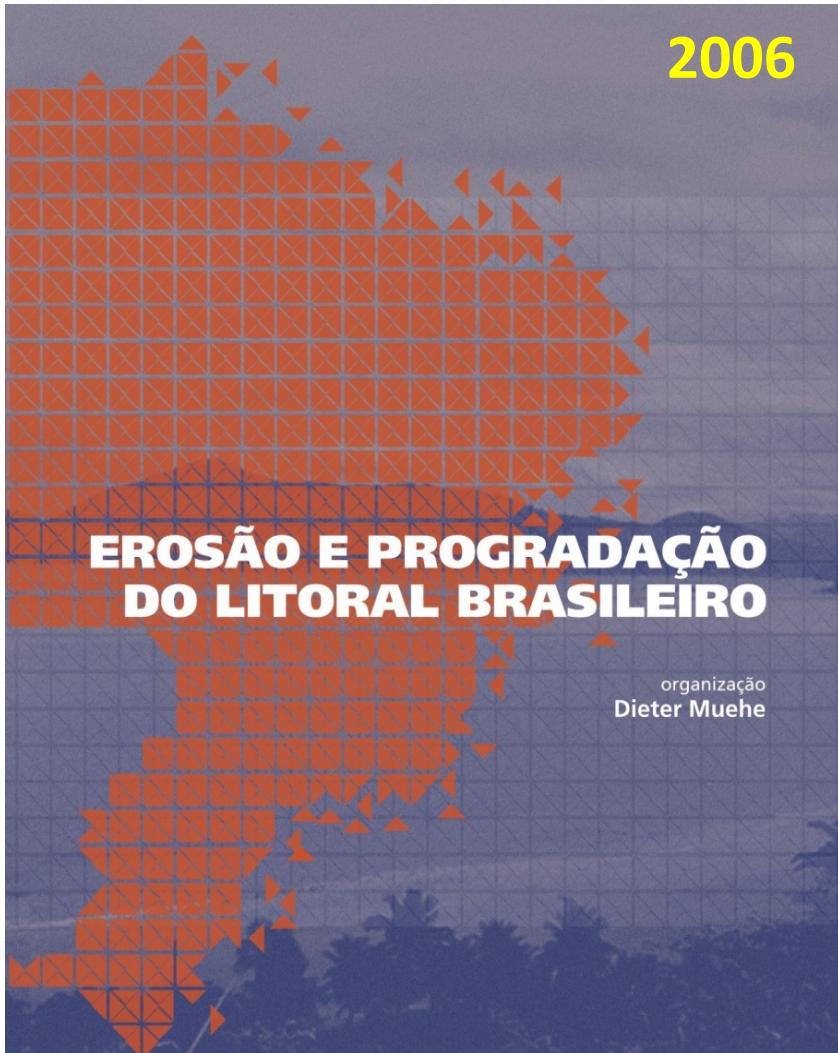
**Figure 1.** Annual global publication trends in data sources and tools for shoreline change analysis and detection (1968–2022). Note: The year 2022 covers only the 1st trimester. Ankrah, J.; Monteiro, A.; Madureira, H. Bibliometric Analysis of Data Sources and Tools for Shoreline Change Analysis and Detection. *Sustainability* **2022**, *14*, 4895. <https://doi.org/10.3390/su14094895>

# Erosão Costeira



**Figure 1.** Annual global publication trends in data sources and tools for shoreline change analysis and detection (1968–2022). Note: The year 2022 covers only the 1st trimester. Ankrah, J.; Monteiro, A.; Madureira, H. Bibliometric Analysis of Data Sources and Tools for Shoreline Change Analysis and Detection. *Sustainability* **2022**, *14*, 4895. <https://doi.org/10.3390/su14094895>

# O estado da Arte



MMA + PPGM

## Qual é o Problema?

RISCO DE PERDERMOS OS  
SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS  
(saúde dos ecossistemas e  
bem-estar social)



# Ecossistemas e Biodiversidade



Estruturas de ecossistemas

Funções do ecossistema

Serviços ecossistêmicos

Benefícios

Valor ecológico, cultural e econômico

Bem-estar Humano

# Ecossistemas e Biodiversidade



Estruturas de ecossistemas

Funções do ecossistema

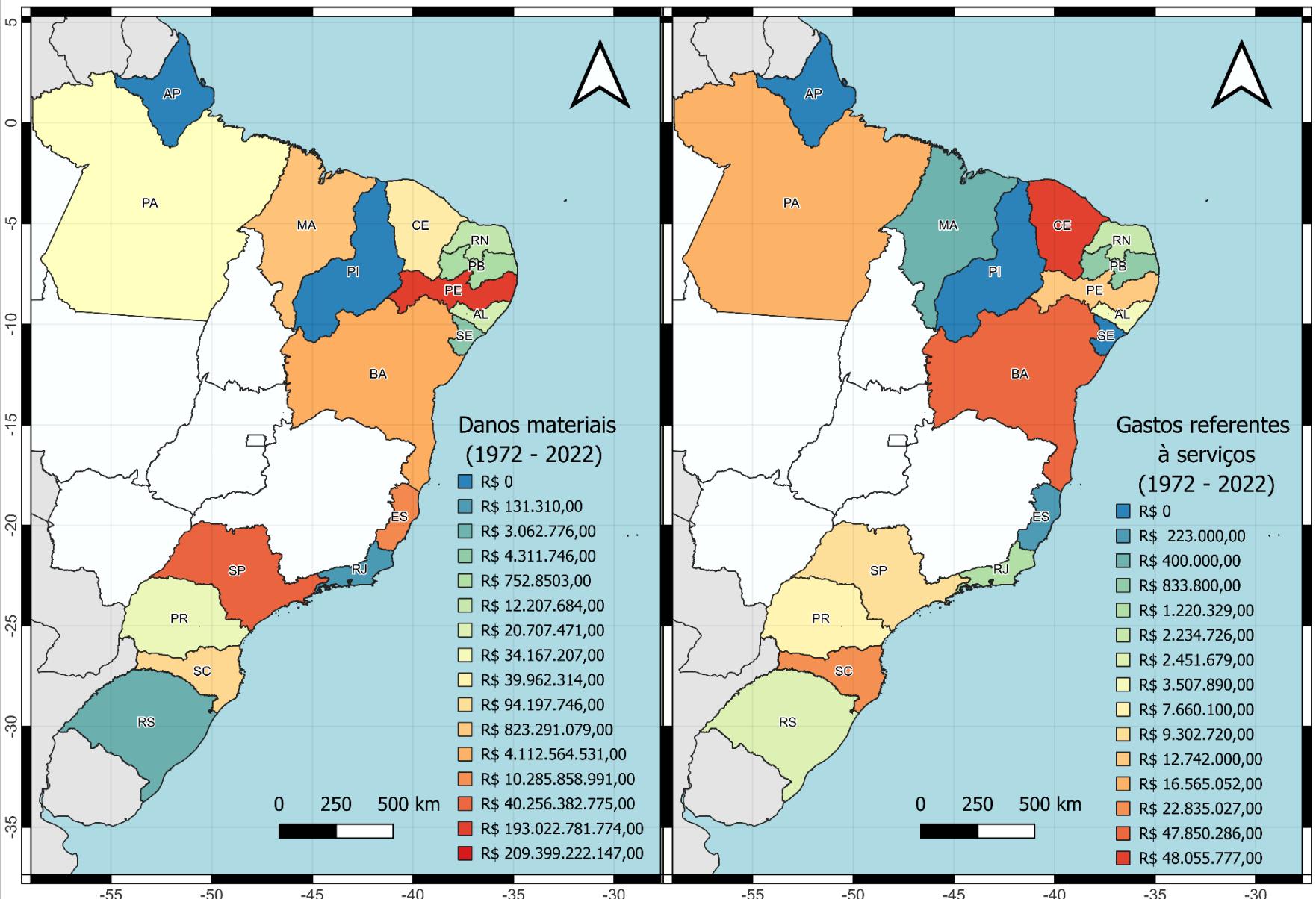
Serviços ecosistêmicos

Benefícios

Valor ecológico, cultural e econômico

Bem-estar Humano

# E afinal, QUANTO CUSTA A EROSÃO COSTEIRA AO PAÍS ???



Análise feita na base de dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID, da Defesa Civil entre 1972 e 2022.

Danos materiais = prejuízos à particulares.

Serviços = Prejuízo em estruturas públicas

NICOLODI, J. L.; Filho, N.E.D.; Scherer, M.; Moreira, J.; Cruz, L. F.; Leal, K. B.; Costa, J.D.

[A EROSÃO COSTEIRA NO CONTEXTO DA GESTÃO TERRITORIAL NO BRASIL: ANÁLISES E PERSPECTIVAS](#)

In: Gestão das zonas costeiras: a influência continental na qualidade ambiental. 1 ed. Rio de Janeiro: UERJ, 2023, v.12, p. 341-358.

**Estamos falando em quase um trilhão de reais em 40  
anos ...**

Em um cenário de mudança do clima a tendência é de intensificação do fenômeno.

Precisamos com urgência de uma estratégia !!

**Proposta para a:**

# **Estratégia Nacional de Planejamento e Resposta a Erosão e Riscos Costeiros**

**João L. Nicolodi**

ordenador Geral de Gestão Costeira Integrada e Planejamento Espacial Marinho  
partamento de Oceano e Gestão Costeira  
istério do Meio Ambiente e Mudança do Clima

MINISTÉRIO DO  
MEIO AMBIENTE E  
MUDANÇA DO CLIMA



# Estratégia Nacional de Erosão e Riscos Costeiros



# SISTEMA DE MONITORAMENTO DA LINHA DE COSTA DO BRASIL UTILIZANDO A FERRAMENTA CASSIE



**CASSIE**  
Coastal Analyst System  
from Space Imagery  
Engine

# ESTUDO DA VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA DO BRASIL UTILIZANDO A FERRAMENTA CASSIE

A linha de costa do Brasil, com aproximadamente 9.000 km de extensão, está sujeita a uma série de processos dinâmicos, tanto naturais quanto antropogênicos, que influenciam sua mobilidade.

Fenômenos como a erosão costeira, o avanço do mar e a deposição sedimentar impactam ecossistemas sensíveis, infraestruturas urbanas e a economia de diversas regiões litorâneas. No contexto das mudanças climáticas e da elevação do nível do mar, o monitoramento preciso da variação da linha de costa torna-se essencial para a gestão ambiental e o planejamento costeiro.

## PERGUNTAS



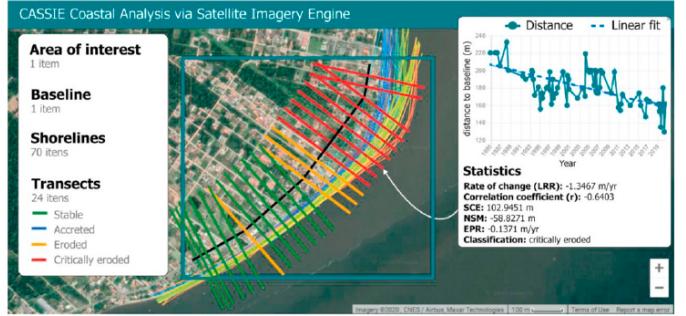
Quais são as tendências de variação da linha de costa do Brasil ao longo das diferentes regiões costeiras (norte, nordeste, sudeste e sul) nos últimos 40 anos?

Quais trechos da costa brasileira estão mais suscetíveis à erosão e/ou progradação sedimentar futuras?



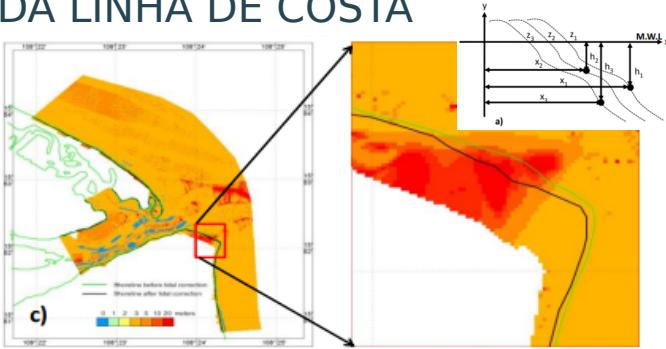
# Produtos:

## 1) SÉRIE HISTÓRICA DA VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA BRASILEIRA



Fonte: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105033>

## 2) CORREÇÃO DA POSIÇÃO DA LINHA DE COSTA

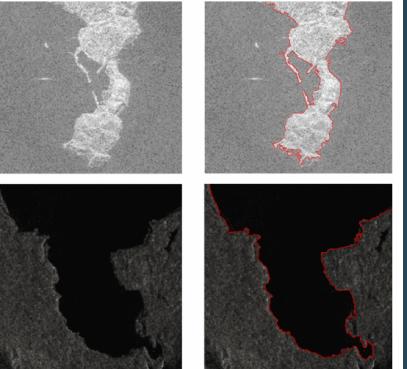


Fonte: <http://dx.doi.org/10.28991/cej-2020-03091448>

## 3) BANCO DE DADOS



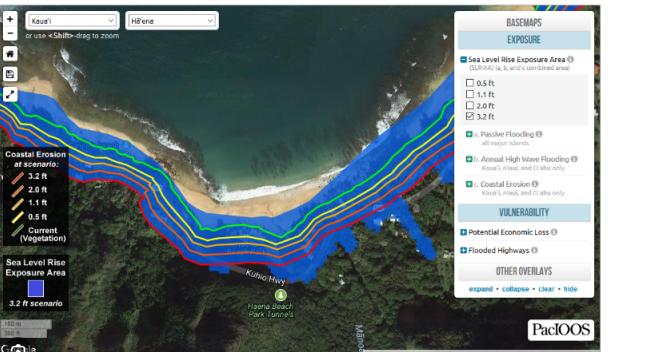
## 4) UTILIZAÇÃO DE IMAGENS SAR



Permite extração da linha de costa em Locais com muitas nuvem e em noturnas

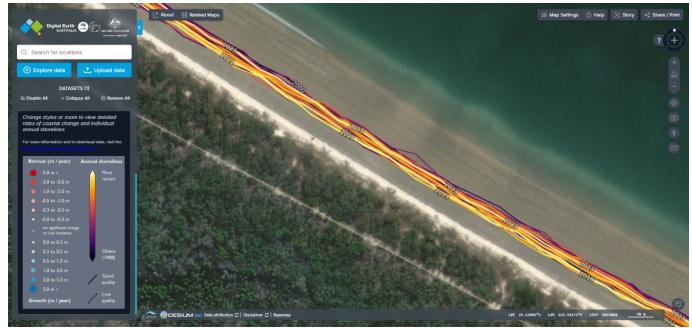
Fonte:  
10.1109/PRIA.2017.7983057

## 5) MODELAGEM PREDITIVA



Fonte: **PacIOOS** - <https://www.pacioos.hawaii.edu/shoreline/slrhawaii/>

## 6) PLATAFORMA INTERATIVA



Fonte: Digital Earth Australia -<https://maps.dea.ga.gov.au/story/DEACoastlines>

## 7) CURSOS DE CAPACITAÇÃO



**Investimento:**

**VALOR TOTAL: 29 milhões (reais)**



# É caro ??

RIO GRANDE DO NORTE



## Engorda da Praia de Ponta Negra é concluída em Natal; veja o antes e depois

Praia da Zona Sul da capital potiguar recebeu mais de 1 milhão de metros cúbicos de areia ao longo de 4,6 km de extensão.

Por g1 RN

27/01/2025 11h25 · Atualizado há 3 meses

Engorda da Praia de Ponta Negra é concluída em Natal; vej a o antes e depois | Rio Grande do Norte | G1

= 76 milhões



# É caro ??

**Quanto custa, como é feita e quais os impactos da obra que aumenta a faixa de areia em Balneário Camboriú**

4 de setembro de 2021



= 67 milhões

Quanto custa, como é feita e quais os impactos da obra que aumenta a faixa de areia em Balneário Camboriú – Espaço Ecológico



# A escala Estadual: Alguns exemplos...

Projeto apoiado pelo MPF ampliará para todo o litoral paraibano diagnóstico ambiental sobre erosão costeira

Iniciativa recebeu investimento de R\$ 10 milhões do governo estadual e fornecerá dados científicos para possíveis intervenções na orla dos municípios litorâneos



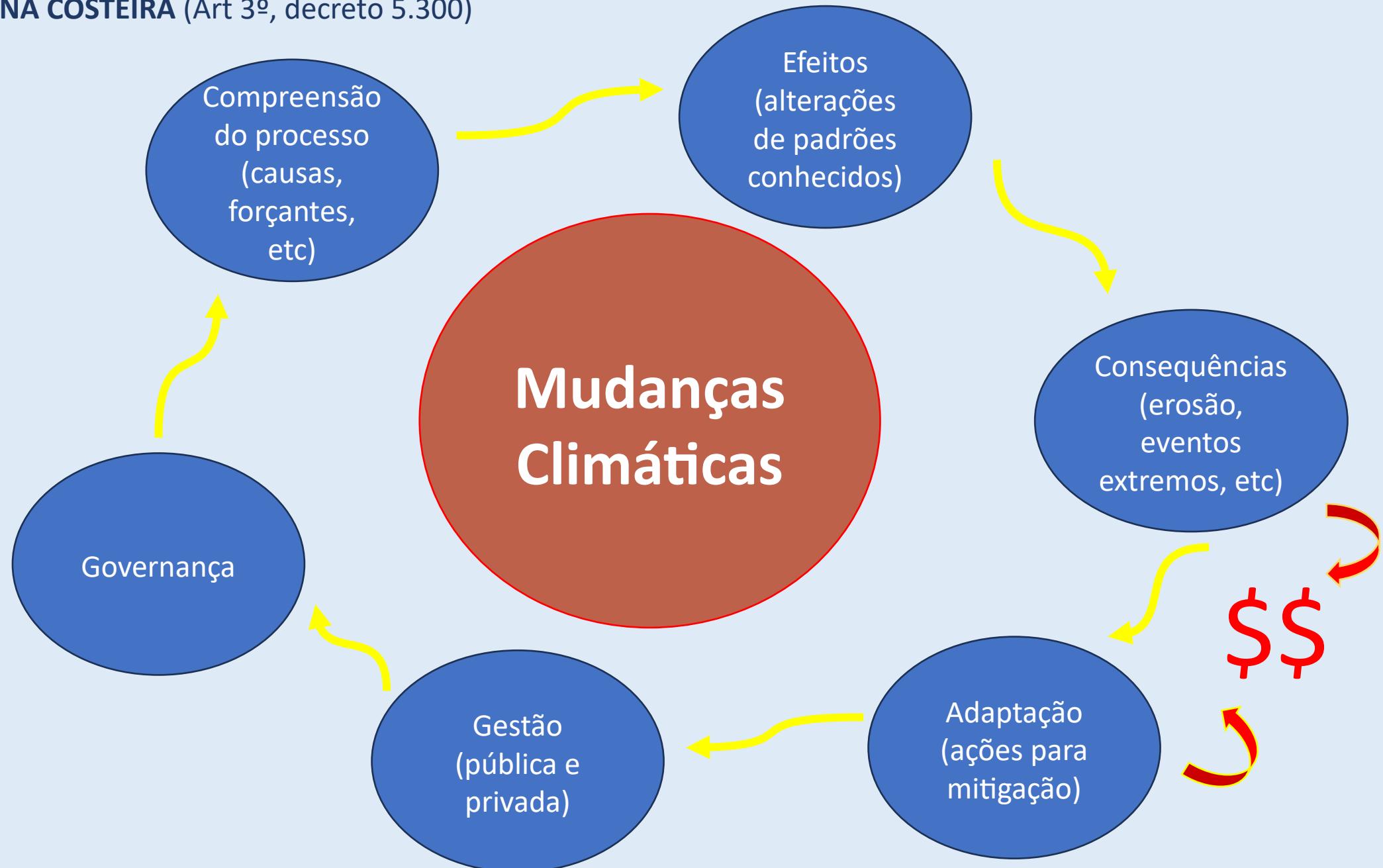
Foto: Tiago França/Comunicação/MPF

O Programa Estratégico de Estruturas Artificiais Marinhas (Preamar-PB) recebeu nesta semana o aporte de R\$ 10 milhões do governo estadual para a expansão de estudos que vão permitir a adoção de medidas para conter a erosão costeira na Paraíba. A ampliação do programa é fruto de articulação do Ministério Público Federal (MPF), que atua em parceria com o Governo da Paraíba, por meio da Companhia de Desenvolvimento da Paraíba (Cinep), o Instituto Federal da

Paraíba (IFPB) e o Polo de Inovação do IFPB, por meio da Fundação de Educação Tecnológica e Cultural da Paraíba (Funetec).



## ZONA COSTEIRA (Art 3º, decreto 5.300)



# Opções de adaptação às mudanças climáticas em zonas costeiras

São as  
mais  
variadas ...

Google Acadêmico

adaptation change climate coastal zones

Aproximadamente 822.000 resultados (0,17 s)

Artigos

A qualquer momento  
Desde 2023  
Desde 2022  
Desde 2019  
Período específico...

Ordenar por relevância  
Ordenar por data

Em qualquer idioma  
Pesquisar páginas em Português

Qualquer tipo  
Artigos de revisão

incluir patentes  
 incluir citações

Criar alerta

**Technological options for adaptation to climate change in coastal zones** [PDF] flvc.org  
RJT Klein, RJ Nicholls, S Ragoonaden... - Journal of coastal ..., 2001 - JSTOR  
... Many different technologies exist to adapt to natural coastal ... in reducing vulnerability to climate change in coastal zones. ... for adaptation in coastal zones, to plan and design adaptation ...  
☆ Salvar ⚡ Citar Citado por 392 Artigos relacionados Todas as 10 versões

**Practicing coastal adaptation to climate change: lessons from integrated coastal management** [PDF] academia.edu  
J Tobey, P Rubinoff, D Robadue Jr, G Ricci... - ... Management, 2010 - Taylor & Francis  
... the world's coastal regions as a consequence of climate change, and its overlay onto existing threats to coastal and marine ecosystems. Best practices for coastal adaptation processes ...  
☆ Salvar ⚡ Citar Citado por 104 Artigos relacionados Todas as 5 versões

**Economics of coastal zone adaptation to climate change** [PDF] eprints.soton.ac.uk  
RJ Nicholls, S Brown, S Hanson, J Hinkel - 2010 - eprints.soton.ac.uk  
... and maintenance costs; beach nourishment; and port ... adaptation might operate on the ground, including the relationship with wider coastal management and non-climate-change issue. ...  
☆ Salvar ⚡ Citar Citado por 61 Artigos relacionados ☺

**Coastal adaptation with ecological engineering** [PDF] amazonaws.com  
SM Cheong, B Silliman, PP Wong... - ... climate change, 2013 - nature.com  
... In the case of the coastal zone, mainstreaming corresponds to the inclusion of climate change adaptation in the Integrated Coastal Zone Management (ICZM) 6,7 framework. This ...  
☆ Salvar ⚡ Citar Citado por 264 Artigos relacionados Todas as 18 versões

**Climate vulnerability, impacts and adaptation in Central and South America coastal areas** [PDF] galileo.edu  
GJ Nagy, O Gutierrez, E Brugnoli, JE Verocai... - Regional Studies in ..., 2019 - Elsevier

# Opções de adaptação às mudanças climáticas em zonas costeiras

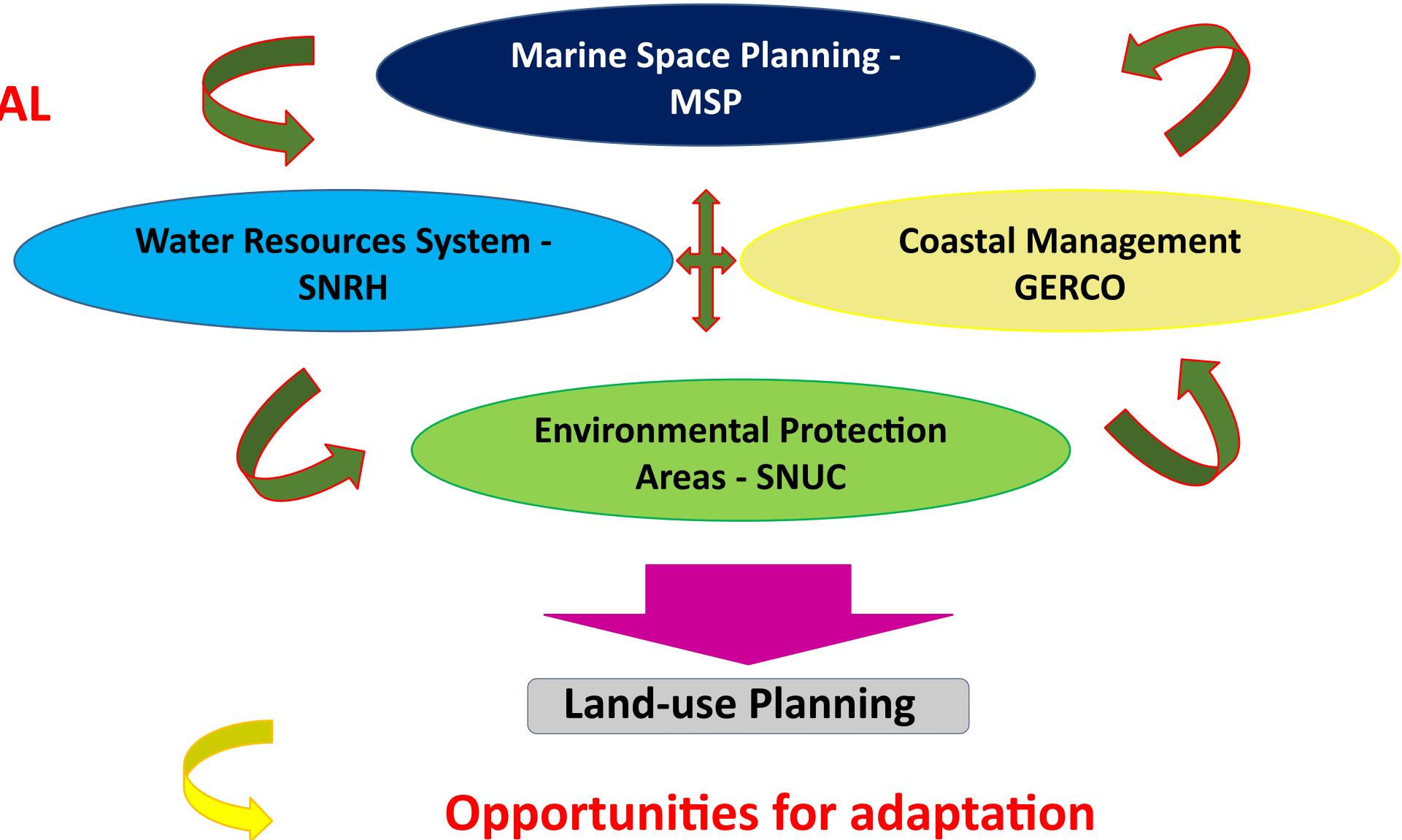
Inegavelmente, passam por ações de gestão, e em última análise de governança ...

Ex: Restauração de ecossistemas, construindo com a natureza, gestão de sedimentos, etc

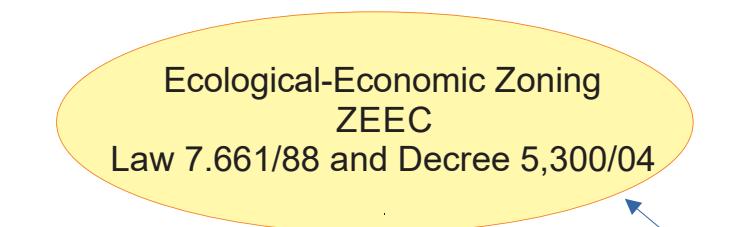
E, nesse caso, a questão de ESCALA é crucial ...

# Opções de adaptação às mudanças climáticas em zonas costeiras

→ ESCALA FEDERAL



# OPPORTUNITIES



National Coastal Management Plan  
PNCG  
Law 7,661/88

Federal Action Plan - PAF  
Decree 5,300/04

State Management Coastal Plan  
PEGC  
Law 7.661/88 and Decree 5,300/04

Municipal Coastal Management Plan  
PMGC  
Law 7.661/88 and Decree 5,300/04

Information System of  
Coastal Management - SIGERCO  
Decree 5,300/04

Environmental Monitoring System  
of coastal zone - SMA  
Decree 5,300/04

Environmental Quality System  
of coastal zone - RQA  
Decree 5,300/04

Ecological-Economic Zoning  
ZEEC  
Law 7.661/88 and Decree 5,300/04

Macrodiagnosis of the coastal zone  
MDZC  
Decree 5,300/04

Seashore Integrated Management  
Project - Orla Project  
Decree 5,300/04

National conservation programme  
from the shoreline - PROCOSTA  
MMA Ordinance No. 76/18

Set of general guidelines applicable at different government levels, guiding the implementation of policies, plans and programmes aimed at sustainable development of the coastal zone.

Planning of strategic actions for the integration of public policies in the coastal area. Indicates responsibilities shared for the actions.

Implements the Regional Coastal Management Policy, defines institutional responsibilities and procedures for implementation, based on the PNCG.

Implements the Municipal Coastal Management Policy, defines institutional responsibilities and procedures for implementation, observing the other plans for use and territorial occupation.

Component of the National Environmental Information System - SINIMA, which includes georeferenced information on the coastal zone.

Operational structure for continuous data collection and information. Monitoring the dynamics of use and occupation at coastal zone and assessment of quality targets.

Periodically consolidates the results produced by the environmental monitoring and assesses the efficiency and effectiveness of management actions.

Guides the spatial planning process required to achieving the conditions for sustainable development in coastal zone.

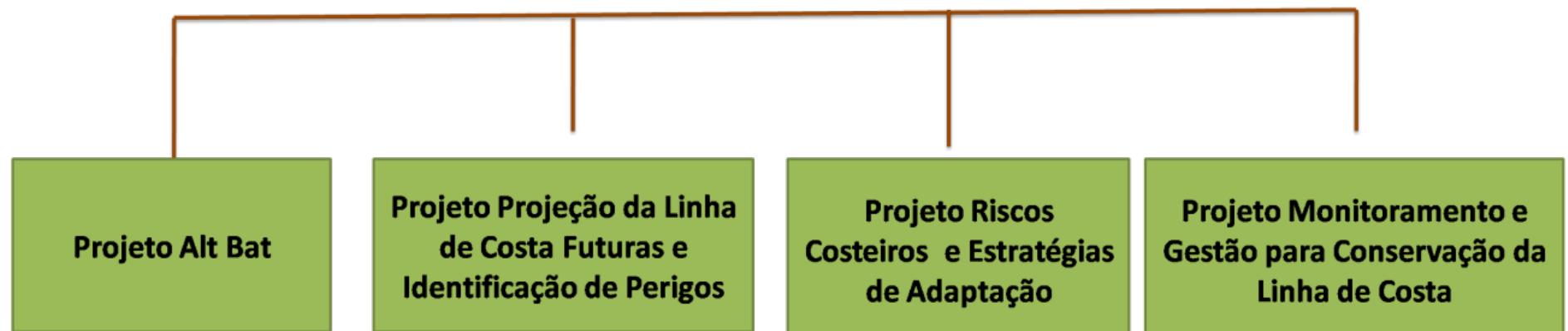
Information, on a national scale, on physical-natural and socioeconomic characteristics of the Coastal. It guides initiatives of conservation, regulation and supervision of heritage.

Aims to plan and implement actions in the areas with higher demand for interventions on the coast in order to discipline the use and occupation of the territory

Aims to promote integrated coastal management. Aims to apply technical and scientific knowledge to analyze variations in extreme events and climate change. Proposes uses protection of marine and coastal ecosystems

# Opções de adaptação às mudanças climáticas em zonas costeiras

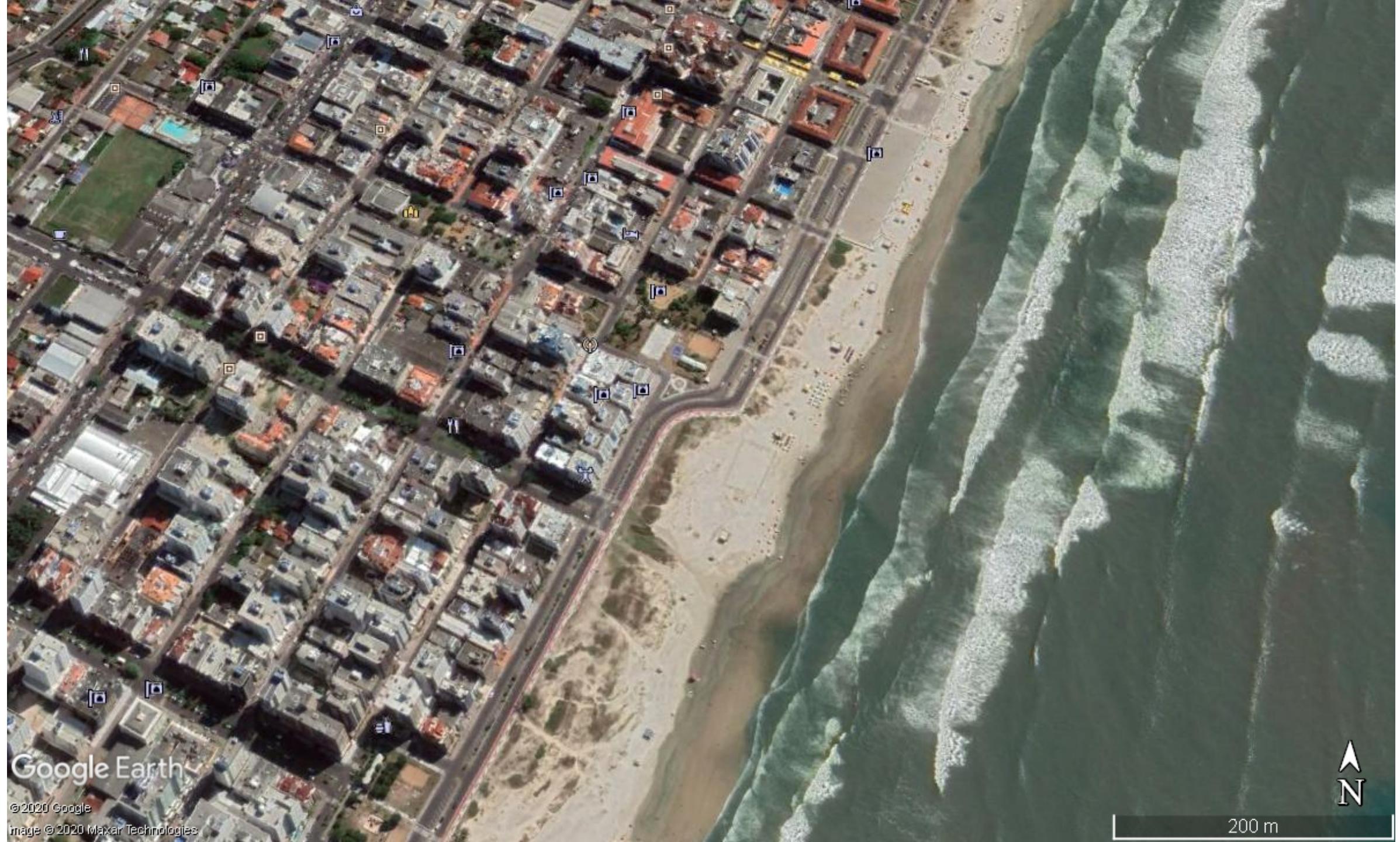
→ ESCALA REGIONAL



# Opções de adaptação às mudanças climáticas em zonas costeiras

## → ESCALA LOCAL





Google Earth

© 2020 Google

Image © 2020 Maxar Technologies

▲ N

200 m

The background of the slide is a high-angle aerial photograph of a coastal scene. The top half shows the deep blue ocean with white-capped waves breaking near the shore. The bottom half shows a wide expanse of light brown sand. The overall composition is dynamic, with the movement of the waves creating a sense of energy.

Obrigado!

João L. Nicolodi

Coordenador-Geral  
Gerenciamento Costeiro e  
Marinho- MMA

[joao.nicolodi@mma.gov.br](mailto:joao.nicolodi@mma.gov.br)

MINISTÉRIO DO  
MEIO AMBIENTE E  
MUDANÇA DO CLIMA

