



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE INSTITUTO DE
OCEANOGRAFIA
NÚCLEO DE GERENCIAMENTO COSTEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GERENCIAMENTO COSTEIRO



VITOR ALBERTO DE SOUZA

**PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O MAPEAMENTO DE HABITATS
MARINHOS BRASILEIROS NO MACRODIAGNÓSTICO DA ZONA COSTEIRA**

Rio Grande, RS 2019

VITOR ALBERTO DE SOUZA

**PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O MAPEAMENTO DE HABITATS MARINHOS
BRASILEIROS NO MACRODIAGNÓSTICO DA ZONA COSTEIRA**

Versão Original

Dissertação apresentada ao Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande para obtenção do título de Mestre em Gerenciamento Costeiro pelo Programa de Pós-graduação em Gerenciamento Costeiro.

Área de Concentração:
Gerenciamento Costeiro Integrado

Linha de Pesquisa:
Caracterização e Diagnóstico de Sistemas Marinhos e Costeiros

Orientador(a):
Prof. Dr. Rafael Medeiros Sperb

Co-orientador(a):
Prof. Dr. João Luiz Nicolodi
Prof. Dr. Luis Pedro Melo de Almeida

Rio Grande, RS 2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Universidade Federal do Rio Grande. Instituto de Oceanografia)

S729p Souza, Vitor Alberto de.

Proposta metodológica para o mapeamento de habitats marinhos brasileiros no macrodiagnóstico da zona costeira / Vitor Alberto de Souza. – 2019.

108 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Gerenciamento Costeiro, Rio Grande/RS, 2019.

Orientador: Dr. Rafael Medeiros Sperb.

Coorientador: Dr. João Luiz Nicolodi.

Coorientador: Dr. Luis Pedro Melo de Almeida.

1. Macrodiagnóstico da Zona Costeira 2. Gestão com Base Ecológica EUNIS 3. Mapeamento de Habitats Marinhos I. Sperb, Rafael Medeiros II. Nicolodi, João Luiz III. Almeida, Luis Pedro Melo de IV. Título.

CDU 574(81)

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344

Nome: de Souza, Vitor Alberto

Título: Proposta metodológica para o mapeamento de habitats marinhos brasileiros no
Macrodiagnóstico da Zona Costeira

Dissertação apresentada ao Instituto de
Oceanografia da Universidade Federal do
Rio Grande para obtenção do título de
Mestre em Gerenciamento Costeiro pelo
Programa de Pós-graduação em
Gerenciamento Costeiro.

Área de Concentração:

Gerenciamento Costeiro Integrado

Aprovado em: 17/06/2019

Banca Examinadora

Prof. Dr. Rafael Medeiros Sperb, Universidade
Federal do Rio Grande

Prof. Dr. João Luiz Nicolodi, Universidade Federal do
Rio Grande

Prof. Dr. Milton Lafourcade Asmus, Universidade
Federal do Rio Grande

Prof. Dr. Jarbas Bonetti Filho, Universidade
Federal de Santa Catarina

Agradecimentos

Agradeço, primeiramente, ao meu orientador Rafael Sperb pelo acolhimento logo nas primeiras semanas em Rio Grande e pelos ensinamentos, que caminham para uma visão sistêmica do mundo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Gerenciamento Costeiro (PPGC), que atravessa momentos difíceis, mas que ainda há de formar excelentes gestores costeiros para o Brasil e o mundo.

Aos meus co-orientadores Prof. João Nicolodi e Prof. Luis Pedro, pelo auxílio técnico, conceitual e pelos conselhos demandados ao longo deste importante (e intenso) processo de formação.

Ao Prof. Milton Asmus, que me inspira como exemplo de vida, nos aspectos profissionais, na forma de tratar as pessoas, na motivação e empenho em continuar compartilhando seu conhecimento.

Agradeço aos Profs. Leonir André Colling (FURG), Jarbas Bonetti Filho (UFSC), Alexander Turra (USP) e Carolina Mussi (UNIVALI) pelos auxílios prestados ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

A todos os colegas de LABGERCO, pelas ideias compartilhadas e conversas ao longo destes anos. Agradeço, em especial, aos meus queridos amigos Rafael e Letícia, com quem tive o prazer imenso de compartilhar um lar, junto com um amigo de longa data, Eidi.

Aos amigos que conquistei durante estes anos em Rio Grande, que me deram todo o suporte e conseguiram me fazer sentir em casa, mesmo tão longe de tudo.

Agradeço incondicionalmente ao apoio de minha família, que soube ser compreensiva e carinhosa nos momentos em que mais precisei. Saibam que minha maior motivação é causar orgulho em vocês!

Por fim, apesar da incerteza da continuidade dessa vida em outras formas, espero que os que nos deixaram – meu pai, Cosmo e avós queridos – possam estar celebrando, de alguma forma, mais esta conquista ao meu lado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

*O homem, como um ser histórico, inserido num permanente movimento de procura, faz
e refaz constantemente seu saber.*

(PAULO FREIRE, Pedagogia da Autonomia, 1996)

RESUMO

DE SOUZA, Vitor Alberto. Proposta metodológica para o mapeamento de habitats marinhos brasileiros no Macrodiagnóstico da Zona Costeira. 2019. 108 p. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento Costeiro) – Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2019.

No ambiente marinho, a delimitação de unidades espaciais que compartilham determinadas características é dificultada pelo caráter diverso e dinâmico deste ambiente. Com a atualização do Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha (MDZCM), se faz necessário o estabelecimento de uma metodologia para caracterização do ambiente marinho, a fim de servir como instrumento de suporte à gestão. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo propor um sistema de classificação de habitats marinhos, baseado em experiências internacionais, comparando diferentes sistemas existentes. O EUNIS foi utilizado como modelo, sendo necessária a proposição de adaptações para serem representativos dos ambientes encontrados no Brasil. Foi realizado um estudo de caso com a chave de classificação adaptada para a plataforma continental do Rio Grande do Sul. Os resultados apontam para o potencial do EUNIS ser aplicado como modelo para mapeamento de habitats marinhos, principalmente pela sua estrutura, parâmetros utilizados e robustez conceitual. Ainda, o estudo de caso demonstrou ser possível o mapeamento dos habitats a partir de dados existentes, sendo possível seu detalhamento em trabalhos futuros. Por fim, conclui-se que o EUNIS representa um modelo plausível de ser aplicado no mapeamento de habitats costeiros no MDZCM.

Palavras-chave: Macrodiagnóstico da Zona Costeira. Gestão com Base Ecológica EUNIS. Mapeamento de habitats marinhos.

ABSTRACT

DE SOUZA, Vitor, Alberto. Methodological approach for marine habitat mapping in the Brazilian Coastal Zone Macrodiagnostic. 2019. 110 p. Thesis (Master of Science in Coastal Management) – Oceanography Institute, Federal University of Rio Grande, Rio Grande, 2019

In the marine environment, the delimitation of spatial units that share certain features is hampered by the diverse and dynamic aspect of this environment. With the update of Brazilian Coastal Zone Macrodiagnostic (MDZCM), it becomes necessary the establishment of a standard methodology to characterize the marine environment, targeting to support decision makers with relevant information. Therefore, the current work aimed to develop a marine habitat classification system, based on international experiences, by comparing existing systems. The EUNIS was used as a model, with adaptations proposed in order to better represent habitats that are found in Brazil. A case study was developed to test the adapted classification system for the coastal shelf of Rio Grande do Sul. The results point to a potential applicability of EUNIS as a model to map marine habitats, mainly for its structure, the parameters that are used and the conceptual robustness. Furthermore, the case study was possible to be designed using existing environmental data, enabling future refinement. In conclusion, the EUNIS represent a possible model to be implemented in the update of the MDZCM.

Keywords: Brazilian Coastal Zone Macrodiagnostic. Ecosystem Based Management. EUNIS. Marine habitat mapping.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo - Plataforma continental do Rio Grande do Sul. Fonte: elaboração própria.	29
Figura 2. Esquema hierárquico genérico demonstrando a relação entre extensão geográfica do mapeamento e o nível da hierarquia (à esquerda) e a relação entre a escala cartográfica e proximidade taxonômica entre organismos (à direita). Ao centro, representação dos níveis da classificação, onde níveis mais baixos compartilham as características dos níveis superiores. Fonte: elaboração própria.	42
Figura 3. Divisão de escalas do IMCRA, destacando a magnitude geográfica de cada nível (esquerda), a denominação de escala (centro) e o nome de cada nível (direita). Fonte: IMCRA v3.0.	44
Figura 4. Setorização das Regiões (mesoescala) definidas pelos Estados e territórios australianos (A); Regionalização das Províncias Pelágicas (macroescala) (B); e Regionalização das Províncias Pelágicas (macroescala) (C) definidas pelo IMCRA. Fonte: IMCRA v3.3.	46
Figura 5. Divisão dos níveis do PRMPA, entre os níveis 1 e 4, com as suas respectivas classes. Fonte: Roff & Taylor, 2000	47
Figura 6. Divisão dos níveis do PRMPA, entre os níveis 5 e 8, com as suas respectivas classes. Fonte: Roff & Taylor, 2000	48
Figura 7. Forma como as configurações e os componentes do CMECS podem ser integrados para formar biótopos. Fonte: https://iocm.noaa.gov/cmecs/ (Acessado em 27/05/2019)	49
Figura 8. Descrição das Configurações Biogeográficas (BS) e Aquática (AS) e dos Componentes da Coluna D'Água (WC), Geoforma (GC), Substrato (SC) e Biótico (BC). Fonte: Coastal and Marine Ecological Classification Standard (2012).....	50
Figura 9. Chave de classificação do EUNIS para o nível 1 e 2 de habitats marinhos. Fonte: adaptado de Davies et al., 2004.....	59
Figura 10. Chave de classificação do EUNIS para a classe A1 – Litoral Rochoso e outros substratos consolidados (A) e A2- Litoral Sedimentar e outros substratos inconsolidados (B). Fonte: adaptado de Davies et al., 2004	61

Figura 11. Chave de classificação do EUNIS para a classe A3 – Infralitoral Rochoso e outros substratos consolidados (A) e A4- Circalitoral Rochoso e outros substratos consolidados (B). Fonte: adaptado de Davies <i>et al.</i> , 2004	63
Figura 12. Esquema representativo do comportamento das ondas em águas rasas (à esquerda) e águas profundas (à direita). Fonte: Vásquez et al. (2013)	64
Figura 13. Chave de classificação de habitats proposta, com base nas modificações do EUNIS. Fonte:elaboração própria.....	65
Figura 14. Fluxograma de elaboração do mapa de habitats bentônicos da plataforma continental do RS. Fonte: elaboração própria.....	70
Figura 15. Mapa batimétrico da plataforma continental do RS. Fonte: elaboração própria.....	72
Figura 16. Pontos amostrais de sedimento ao longo da área de estudo. Fonte: elaboração própria.....	73
Figura 17. Porcentagens de Areia (A), Argila (B), Silte (C) e Cascalho (D), na plataforma continental do RS, Fonte: elaboração própria.....	76
Figura 18. Triângulo de Folk (1954) modificado. Fonte: adaptado de Coltman, Golding & Verling, (2008).....	77
Figura 19. Mapa sedimentar da plataforma continental do RS, segundo classificação de Folk (1954). Fonte: elaboração própria.....	78
Figura 20. Classes de sedimentos segundo Davies & Moss (2004). Fonte: elaboração própria.....	81
Figura 21. Zonas biológicas classificadas pelo EUNIS. Fonte: Vasquéz et al. (2013)	82
Figura 22. Profundidade de fechamento da onda ($h < \lambda/2$). Fonte: Vasquéz et al. (2013).....	83
Figura 23. Definição do limite da zona infralitoral (Luminosidade menor que 1%). Fonte: elaboração própria.....	84
Figura 24. Definição do limite entre águas rasas (Circalitoral) e águas profundas (Circalitoral Profundo). Fonte: elaboração própria.....	86

Figura 25. Zonas biológicas da plataforma continental do RS. Fonte: elaboração própria.....87

Figura 26. Habitats bentônicos da plataforma continental do Rio Grande do Sul, segundo classificação adaptada do EUNIS. Fonte: elaboração própria..... 89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Distribuição das classes sedimentares de acordo com a área ocupada e a porcentagem da área total que representam.....79

Tabela 2. Área ocupada pelas classes de habitats mapeadas e porcentagem da área total que representam.....88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Objetivos específicos relacionados a metodologia utilizada.....	22
Quadro 2. Parâmetros utilizados para definição das classes em cada sistema de classificação. Fonte: elaboração própria.....	54
Quadro 3. Análise da avaliação de cumprimento dos critérios preestabelecidos por cada sistema de classificação.....	67
Quadro 4. Método de reclassificação de sedimentos a partir das classes de Folk (1954).....	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMPs	Áreas Marinhas Protegidas
BNDO	Banco Nacional de Dados Oceanográficos
CMECS	Coastal and Marine Classification System
CORINE	Coordination of Information on the Environment
EUNIS	European Union Nature Information System
FURG	Universidade Federal do Rio Grande
GBE	Gestão com Base Ecológica
GEBCO	General Bathymetric Chart of the Oceans
GOODS	Global Open Ocean and Deep Seabed
GT UCAM	Grupo de Trabalho do Uso Compartilhado do Ambiente Marinho
HELCOM	Helsinki Commission
IMCRA	Interim Marine and Coastal Regionalisation of Australia
LEPLAC	Levantamento da Plataforma Continental Jurídica
MDZCM	Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha
MEOW	Marine Ecoregions of the World
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NOOA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NRSMPA	National Representative System of Marine Protected Areas
ONU	Organização das Nações Unidas
PEM	Planejamento Espacial Marinho
PNGC	Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro

PRMPA	Planning for Representative Marine Protected Areas
REMAC	Programa de Reconhecimento da Margem Continental Brasileira
REMLAC	Avaliação dos Recursos Minerais da Plataforma Continental
REVIZEE	Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva
WW3	Wave Watch III
ZEE	Zona Econômica Exclusiva

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	19
2.	OBJETIVOS	23
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	24
3.1.	Gestão com Base Ecológica	24
3.2.	European Union Nature Information System.....	25
3.3.	Interim Marine and Coastal Regionalisation of Australia.....	27
3.4.	Planning for Representative Marine Protected Areas.....	28
3.5.	Coastal and Marine Ecological Classification System.....	29
3.6.	Macrodiagnóstico da Zona Costeira	29
4.	METODOLOGIA.....	32
4.1.	Sistemas de classificação de habitats	32
4.2.	Proposta de chaves de classificação	35
4.3.	Estudo de caso: mapeamento de habitats bentônicos da plataforma continental do RS	35
5.	ÁREA DE ESTUDO	40
6.	RESULTADOS	43
6.1.	Sistema de classificação de habitats	43
6.2.	Proposta de chave de classificação.....	58
7.	ESTUDO DE CASO: HABITATS BENTÔNICOS DA PLATAFORMA CONTINENTAL DO RIO GRANDE DO SUL	72
7.1.	Batimetria	74
7.2.	Tipo de Substrato	75

7.3.	Zonas Biológicas	81
7.4.	Mapa de habitats	87
7.5.	Potenciais e limitações da metodologia	96
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	98
	REFERÊNCIAS	100

1. INTRODUÇÃO

Os múltiplos usos e a intensa degradação dos ecossistemas marinhos ao redor do mundo implicam em inúmeros desafios para a gestão. O enfoque tradicional da gestão, baseado em atividades setoriais, tornou os processos de tomada de decisão fragmentados, levando à criação de instrumentos e políticas desconexas e de difícil implementação (GRUMBINE, 1994). Esta abordagem se mostrou limitada para lidar com a complexidade e dinamicidade dos processos nos sistemas socioecológicos (CROWDER *et al.*, 2006). Portanto, é necessário a aplicação de um novo paradigma na gestão de ambientes costeiros e marinhos, no qual seja incentivado uma visão integrada das diferentes pressões que as atividades humanas exercem sobre estes ecossistemas.

A busca por novas alternativas de gestão tem gerado importantes reflexões e auxiliado na formulação de novos conceitos que possam promover o uso sustentável dos recursos naturais. Nesse contexto, o conceito de Gestão com Base Ecosistêmica (GBE) sintetiza alguns princípios relevantes na transição para uma nova forma de gestão. A GBE é definida como uma abordagem de gestão que busca reconhecer as interações entre os componentes que constituem os ecossistemas, inclusive os seres humanos (CHRISTENSEN *et al.*, 1996). O objetivo da Gestão com Base Ecosistêmica é manter os ecossistemas saudáveis, produtivos e resilientes, de forma a sustentar a provisão de bens e serviços demandados por nossa sociedade (MCLEOD *et al.*, 2005; FOLEY *et al.*, 2010). Dessa forma, a GBE tem seu foco na gestão dos ecossistemas com uma perspectiva a longo prazo, aplicável à diferentes escalas e com o envolvimento de diferentes atores durante o processo de gestão.

Atualmente, o Planejamento Espacial Marinho (PEM) é considerado uma ferramenta para operacionalizar os princípios da GBE na gestão de ambientes marinhos (DOUVRE, 2008). O PEM consiste em uma abordagem de planejamento na qual as formas de regulação, manejo e proteção dos ecossistemas marinhos estão baseadas na adequada alocação de usos múltiplos, cumulativos e potencialmente conflituosos, com o objetivo de manter a exploração de recursos em níveis sustentáveis (MSSP, 2006). Assim, ao incorporar os princípios de GBE, o PEM representa uma mudança de paradigma na gestão sustentável dos oceanos (KATSANEVAKIS *et al.*, 2011; CROWDER & NORSE, 2008).

Para que seja possível a correta alocação de diferentes usos do espaço marinho, é necessário considerar o caráter temporal e espacial dos ecossistemas que estão sendo

geridos (ANSONG *et al.*, 2007). Portanto, segundo Douvere (2010), algumas premissas devem ser seguidas durante o processo de PEM, como a identificação dos limites dos ecossistemas e da definição de *hotspots* ecológicos. Além disso, é relevante a identificação de locais onde as atividades humanas interajam positiva ou negativamente com as funções e processos destes ecossistemas.

Nesse contexto, é notável que o processo de PEM demanda uma base de dados consolidada para dar suporte à tomada de decisões (SHUCKSMITH & KELLY, 2014a). Esta base deve ser formada por diferentes aspectos ambientais das áreas a serem geridas, como padrões e processos ecológicos e mapeamentos de serviços ecossistêmicos. Ainda, deve apresentar dados da distribuição das atividades socioeconômicas, como rotas de navegação, províncias de exploração mineral, distribuição da frota pesqueira, entre outras informações que sejam relevantes para a gestão da área definida. Por esse motivo, a quantidade e qualidade das informações coletadas podem ser determinantes para o sucesso do processo de gestão (SHUCKSMITH *et al.*, 2014b). A forma como as informações são integradas e disponibilizadas também pode determinar a participação e o apoio dos diferentes atores participantes do processo (DEPELLEGRIN *et al.*, 2017).

No Brasil, o marco institucional acerca do PEM ocorre em 2013, com a instituição do Grupo de Trabalho do Uso Compartilhado do Ambiente Marinho (GT- UCAM), o qual possui a atribuição de trabalhar na formulação das diretrizes e metodologias para a elaboração de um processo de PEM no Brasil. Este grupo foi responsável pela elaboração da I Jornada de Gerenciamento Costeiro e Planejamento Espacial Marinho (DE FREITAS *et al.*, 2014), onde discutiu-se diversos aspectos da gestão costeira e marinha e contou com especialistas internacionais, que puderam compartilhar suas experiências com representantes da academia e do governo brasileiros. Em 2017, durante a Conferência dos Oceanos da ONU, o Brasil registrou um compromisso voluntário de desenvolver um processo de Planejamento Espacial Marinho até 2020. Sendo assim, faz-se necessária a elaboração de uma base de informações que possa dar suporte para tal processo.

O Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha (MDZCM), instituído como um instrumento do II Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (BRASIL, 2004), possui a função de fornecer informações em escala nacional sobre as características físico-naturais e socioeconômicas da costa. Sua finalidade é orientar ações de planejamento territorial, conservação, regulamentação e controle dos patrimônios natural e cultural. Além disso, oferece subsídios para a articulação interinstitucional na órbita dos órgãos

federais no que se refere aos planos e projetos que possam afetar os espaços e os recursos costeiros e marinhos. Por esse motivo, o MDZCM pode ser considerado como um instrumento que pode subsidiar os processos de PEM no Brasil, na escala da União.

Até o momento, foram realizadas duas versões do MDZCM, lançadas em 1996 e 2008, respectivamente. Nestas versões, buscou-se dividir as diferentes camadas de informações que compõem o documento em cartas temáticas de grandes áreas do conhecimento. Quanto aos aspectos naturais, a primeira versão caracteriza os elementos físicos e biológicos dentro do mesmo tema, adotando-se a classificação segundo a Teoria de Sistemas. Com isso, pode-se delimitar o que foi chamado de Unidades Físico-Naturais, “constituídos por componentes físicos-biológicos que interagem, permanentemente, no espaço e no tempo, através da troca de energia e matéria” (BRASIL, 1996).

Já na 2ª versão do MDZCM, foi escolhido separar a classificação dos aspectos físicos e biológicos em dois temas, denominados “Geomorfologia” e “Biodiversidade”. Para o tema de Geomorfologia, optou-se por uma revisão da primeira versão, adicionando aos compartimentos geomorfológicos os indutores de variação dos processos, como direção predominante de ondas, direção do transporte longitudinal pela deriva litorânea residual, amplitude da maré de sizígia, correntes de maré, progradação e retrogradação da linha de costa, correntes marinhas e direção e frequência de ventos. Assim como na primeira versão, o mapeamento geomorfológico foi realizado em caráter mais amplo, não focando na identificação de feições (BRASIL, 2008). Ainda, é importante ressaltar que as versões anteriores do MDZCM não contemplam a porção marinha da zona costeira. Tanto a caracterização físico-natural quanto a caracterização das atividades antrópicas (p.e. mineração, pesca, entre outras) que ocorrem na área oceânica não constam na primeira e segunda versão do documento.

Em 2015, iniciou-se um processo de elaboração de uma proposta para atualização do MDZCM, buscando estabelecer uma base conceitual que se aproxime dos princípios da GBE. Por isso, foi firmado um acordo entre o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e a Universidade Federal do Rio Grande (FURG) (Termo de Execução Descentralizada nº 685174), no qual objetivou-se realizar uma análise sistemática de metodologias que pudessem nortear a elaboração da terceira versão deste instrumento. Dentre os princípios definidos para nortear a elaboração da terceira versão do MDZCM, destaca-se a proposta de caracterização sistêmica e integrada dos aspectos físicos-naturais da zona costeira e marinha, superando a visão segmentada e setorial dos enfoques dados nas versões prévias deste instrumento.

A partir desta premissa, foram analisadas duas metodologias de classificação de habitats. Como resultado, definiu-se por utilizar a metodologia do *European Nature Information System* (EUNIS), que consiste em um sistema de classificação de habitats baseado no mapeamento de habitats através de uma classificação estruturada em níveis de hierarquia definidos (DAVIES *et al.*, 2004).

No entanto, por se tratar de um sistema de classificação originalmente proposto para a Europa, é necessária uma análise profunda dos critérios utilizados na definição dos habitats, para que sejam apontadas modificações necessárias para que o sistema permita representar as características do ambiente marinho brasileiro. Além disso, é possível que demais sistemas de caracterização dos ecossistemas marinhos possam ser complementares a esta metodologia, podendo subsidiar outras modificações pertinentes que possam tornar o sistema mais robusto. Mussi (2017) realizou a aplicação da metodologia do EUNIS para o mapeamento dos habitats marinhos na plataforma continental de Santa Catarina, utilizando a chave de classificação original proposta por Davies *et al.* (2004).

Assim, o presente trabalho busca contribuir para a proposição de um sistema de classificação de habitats para a porção marinha, à luz da metodologia do EUNIS e outras metodologias internacionais, com vista a ser aplicado na terceira versão do Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha. Dessa maneira, o trabalho está estruturado de forma a demonstrar os objetivos gerais e específicos da pesquisa, um breve referencial teórico que norteou o desenvolvimento do trabalho, metodologia de pesquisa, os resultados obtidos e suas implicações e, por fim, considerações finais relevantes.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral:

Propor um sistema de classificação de habitats marinhos, com base em experiências internacionais, a fim de subsidiar iniciativas de planejamento e gestão com base sistêmica.

2.2. Objetivos específicos:

- I. Analisar diferentes sistemas de classificação de habitats marinhos existentes, relacionando os diferentes componentes que os caracterizam, buscando identificar vantagens e fragilidades do EUNIS como sistema a ser adotado como modelo;
- II. Propor modificações às classes de habitats marinhos presente em classificações internacionais, de forma que sejam representativos para os ambientes brasileiros;
- III. Realizar um teste de compatibilidade da chave de classificação de habitats marinhos para a plataforma continental do Rio Grande do Sul.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Gestão com Base Ecológica

Gestão com Base Ecológica (GBE) representa uma abordagem efetiva e necessária para conservação e gestão de ecossistemas marinhos (De Young et al., 2008). Com o aumento da pressão exercida pelas atividades humanas, estamos esgotando a capacidade dos ecossistemas marinhos e alterando habitats de maneira sem precedente (Halpern et al., 2007). A GBE é um processo de alta complexidade, envolvendo uma ampla gama de conceitos, abordagens inter e multidisciplinares, e questões técnicas que devem ser interpretadas, sintetizadas e comunicadas através dos diferentes atores envolvidos no processo, como a comunidade científica, tomadores de decisão e sociedade civil (Grumbine, 1994).

O objetivo da GBE é preservar os ecossistemas em padrões saudáveis, produtivos e em condições que respeitem sua resiliência, assegurando a manutenção de sua biodiversidade (Murawski, 2007). No que se refere aos ambientes marinhos, a GBE é definida como uma abordagem de gestão que reconhece a completa gama de interações de um ecossistema, incluindo os aspectos antrópicos, em vez de uma única espécie, único problema ou serviço ecológico em específico (McLeod et al., 2005; Christensen et al., 2006). Agardy et al. (2011), baseado em diversas experiências analisadas, definiram os quatro elementos chave para a GBE dos ambientes marinhos, sendo eles:

- a. Reconhecer as conexões dentro e entre ecossistemas;
- b. Entender e abordar impactos cumulativos;
- c. Gerir para múltiplos objetivos;
- d. Adotar princípios de mudança, aprendizagem e adaptação.

Recentemente, o Planejamento Espacial Marinho (PEM) foi concebido como um instrumento para superar os principais desafios em operacionalizar a GBE no ambiente marinho, o qual consiste em integrar os componentes humanos em considerações ecológicas (DOMÍNGUEZ-TEJO et al., 2016). A junção entre PEM e GBE foi destacada por Domínguez-Tejo et al. (2016) como representação de um novo paradigma emergente na gestão sustentável dos oceanos.

O PEM é uma abordagem de planejamento com uma visão integrada, baseada na adoção de políticas para a regulação, gestão e proteção dos ecossistemas marinhos, incluindo a alocação espacial de usos múltiplos, cumulativos e potencialmente conflituosos (MSSP, 2006). O objetivo geral do PEM é de criar e estabelecer uma organização mais racional do uso do espaço e das interações entre os usuários, a fim de compatibilizar as demandas por desenvolvimento e objetivos econômicos, com a necessidade de proteger o ambiente (DOUVERE, 2008).

Um elemento chave para a prática de GBE, e consequentemente do PEM, é o reconhecimento de que a distribuição de espécies e os limites de determinado ecossistema não correspondem a limites administrativos ou políticos, devendo, portanto, representar a extensão de cada sistema considerado para a gestão (ANSONG *et al.*, 2017). A partir desta concepção, é possível adotar os limites ecológicos e as distribuições de espécies para subsidiar a gestão dos diferentes usos do ambiente marinho e iniciativas de PEM (EHLER & DOUVERE, 2007).

Portanto, um primeiro passo necessário para implementar os princípios da GBE é determinar os princípios ecológicos para a caracterização espacial e temporal dos ecossistemas marinhos (BROWN *et al.*, 2011; LECOURS *et al.* 2015). Isto permite que os tomadores de decisão possam considerar os elementos fundamentais dos ecossistemas relativos a padrões atuais dos usos humanos e priorizar os atributos e/ou áreas que podem ser importantes ou vulneráveis em um cenário de múltiplos usos (FOLEY *et al.*, 2010). Ainda, identificar e proteger áreas prioritárias para manter os processos ecológicos chave do sistema, podem assegurar a manutenção do funcionamento do ecossistema (FOLEY *et al.*, 2010).

3.2. European Union Nature Information System (EUNIS)

Durante os anos 80, a Comissão Europeia CORINE (Coordination of Information on the Environment), uma predecessora da Agência Ambiental Europeia (European Environmental Agency – EEA), iniciou um processo de inventário dos biótopos de maior importância para a Comunidade Europeia. Durante esse processo, ficou claro que havia uma necessidade de integrar as diversas classificações para habitats e biótopos existentes na época. Ao mesmo tempo em que classificações definidas a partir da fitossociologia criaram uma abordagem comum para ambientes terrestres, o mesmo não ocorria para habitats marinhos, terrestres ou de água doce (MOSS & WYATT, 1994). Desde então, diversas tentativas de classificação foram feitas pela CORINE, porém sempre demonstrando certa dificuldade de integração dos dados para toda Europa e

com falhas para determinados habitats (DEVILLERS, DEVILLERS-TERSCHUREN & LEDANT, 1991).

Em 1991 teve início o CORINE Programme, que buscou realizar um inventário para as áreas prioritárias para a conservação por meio do conceito de biótopos (MOSS & WYATT, 1994). Esse programa teve como resultado a criação da Habitats Directive, uma política da Comunidade Europeia que determina os habitats de interesse para a conservação dos países integrantes. A Habitats Directive somou-se ao Birds Directive na proteção de espécies, resultando na proteção de mais de 1000 espécies de plantas e de 200 habitats. Além do mais, ainda subsidiou a escolha de áreas de proteção criadas pela Natura 2000. Porém, o Corine Programme não abrangia os ambientes marinhos e, com a entrada de novos países na Comunidade, necessitou ser atualizado.

Outra iniciativa de classificação dos habitats foi feita através do The Palearctic Habitats (DEVILLIERS, P. & DEVILLIERS-TERSCHUREN, J., 1996). Este sistema visava propor uma classificação dos habitats marinhos e terrestres através de um sistema hierárquico, estruturado por meio de uma matriz de classificação. Os habitats foram agrupados em relação à sua localização e ao grande grupo ao qual pertence, derivados da classificação do CORINE. Em segundo nível, os habitats são classificados quanto ao biótopo predominante. O sistema também traz uma descrição detalhada de cada habitat e permite a inclusão de novos níveis, com maior detalhamento.

Com a necessidade de integrar as diferentes classificações de habitats para os ambientes terrestres, marinhos e aquáticos, surgiu a classificação EUNIS (European Union Nature Information System). Esta foi desenvolvida com o objetivo de oferecer uma base de dados europeia comum para a classificação de habitats, com descrição detalhada de cada unidade e uma organização hierárquica entre os habitats. Ela abrange todos os tipos de habitats, desde os naturais aos artificiais, dos terrestres aos marinhos e aquáticos. Os dados são integrados em um sistema unificado para os países membros, padronizando o formato em que os dados são disponibilizados para os usuários finais e gestores públicos. Em geral, os objetivos do EUNIS (DAVIES et al., 2004):

- i. Definir amplas categorias de classificação para a avaliação do estado atual dos ecossistemas e suas tendências, visando o uso pela Agência Ambiental Europeia;
- ii. Estimar a diversidade de habitats em avaliações de biodiversidade;

- iii. Subsidiar o desenvolvimento da rede de Áreas de Proteção Natura 2000, e sua respectiva ampliação;
- iv. Obter um diagnóstico da distribuição dos habitats em nível continental e mapeá-los de acordo com a escala, interagindo com outras classificações já utilizadas, como o CORINE Land Cover;
- v. Permitir que agências nacionais de conservação possam localizar e avaliar seus habitats em um contexto transnacional;
- vi. Gerar um sistema prático para a descrição e monitoramento de tipologia de habitats para inventários em níveis nacionais, regionais e locais;
- vii. Identificar e documentar a distribuição de habitats severamente ameaçados na Europa;
- viii. Se estabelecer como uma ferramenta para a harmonização de dados sobre habitats, facilitando a intercomunicação e padronização na coleta de dados ambientais.

Desde sua criação, a chave passou por algumas adaptações, agregando contribuições por meio de workshops e conferências com especialistas de toda União Europeia. Porém, em termos gerais, a estrutura da chave permanece a mesma desde sua criação, demonstrando alto nível de confiabilidade quanto à definição dos habitats e estruturação dos níveis da chave (GALPARSORO et al., 2012).

Estudos recentes têm relacionado, através de descritores quantitativos, os bens e serviços ecossistêmicos (ex.: diversidade biológica, integridade da comunidade bentônica) associados às classes de habitats do EUNIS (BORJA et al., 2010). Ainda, estudos têm ainda relacionado a oferta dos bens e serviços ecossistêmicos dos habitats com as características dos principais impactos e pressões que ocorrem nas áreas onde os mesmos são identificados (SALOMIDI et al., 2012). Esta abordagem se aproxima com os princípios da GBE, onde um dos principais conceitos associados diz respeito aos serviços ecossistêmicos (ASMUS et al., 2018).

3.3. *Interim Marine and Coastal Regionalisation of Australia (IMCRA)*

O Interim Marine and Coastal Regionalisation of Australia (IMCRA), foi desenvolvido através de um esforço conjunto entre os Estados, Territórios do Norte e agências de gestão do Commonwealth (IMCRA TECHNICAL GROUP, 1998). O estabelecimento de um Sistema de classificação com base ecossistêmica, foi considerado como essencial

para o estabelecimento da Sistema Representativo Nacional de Áreas Marinhas Protegidas – National Representative System of Marine Protected Areas (NRSMPA).

Além disso, o a criação do IMCRA permitiu a criação de uma estrutura para o planejamento marinho em escalas regionais (O'HARA, 2016). O sistema começou a ser criado a partir de um projeto financiado pelo Commonwealth, em 1995, com o intuito de produzir uma regionalização da Austrália de forma integrada, a partir de dados prévios, em escala regional. Este processo foi desenvolvido por meio da compilação de bases de dados quantitativos e qualitativos, além da opinião de especialistas, geralmente focados em um grupo taxonômico específico. Além disso, a primeira versão (v2.0) focou inicialmente nas águas costeiras (THACKWAY & CRESSWELL, 1996). Inicialmente, a primeira versão não desenvolveu uma classificação de áreas com baixa extensão geográfica (microescala), pois isso não fazia parte do escopo do projeto. Porém, esta versão, destacou a importância de pesquisas de campo locais para auxiliar na definição de unidades ecológicas locais através de estatísticas multivariadas e definição dos habitats marinhos, definindo a extensão e limites destas unidades.

Posteriormente, foram realizados diversos workshops para integrar as regionalizações desenvolvidas entre as diferentes jurisdições, criando a versão 3.3 (IMCRA v3.3, 1998). Esta versão também propôs uma regionalização baseada na distribuição de espécies de peixes demersais e pelágicos em águas continentais (até 200m de profundidade), além de uma análise de dados oceanográficos para toda Zona Econômica Exclusiva (ZEE). Em 2005, o projeto National Marine Bioregionalisation contribuiu para analisar as águas sob jurisdição australiana além da plataforma continental (ZEE), e integrar as versões 2.0 e 3.3 da classificação, culminando na versão 4.0 do IMCRA (Commonwealth of Australia, 2006).

3.4. Planning for Representative Marine Protected Areas

Roff & Taylor (2000) desenvolveram um sistema de classificação de habitats marinhos para o Canadá, incluindo os diferentes ambientes encontrados no país: Ártico, Atlântico e Pacífico. Este sistema foi idealizado para o estabelecimento de uma rede nacional de AMPs, que fosse capaz de proteger espécies ameaçadas de extinção ao longo dos ecossistemas marinhos sob jurisdição canadense. Os autores alegam que, apesar existirem vários esforços em criar e estabelecer AMPs, elas são geralmente definidas por conveniência ou beleza cenográfica, do que por critérios científicos. Segundo eles, uma rede de AMPs planejada cuidadosamente que proteja áreas representativas para

os processos e funções ecológicas vitais para o bom funcionamento dos ecossistemas, pode auxiliar na proteção da biodiversidade marinha. Por isso, buscam propor critérios para o reconhecimento das principais características do ambiente marinho, definindo a extensão e os limites dos habitats marinhos, buscando identificar estas áreas.

3.5. Coastal and Marine Ecological Classification System (CMECS)

Com o objetivo de obter uma classificação ecológica padrão que pudesse ser universalmente aplicável para os ambientes costeiros e marinhos, a NOAA financiou o NatureServe para produzir uma revisão dos sistemas já existentes nos Estados Unidos (MADDEN & GROSSMAN, 2004). Após intensa revisão dos sistemas existentes, foi criado o Coastal and Marine Ecological Classification Standard (CMECS), que apresenta 8 níveis hierárquicos de classificação. A estrutura do CMECS foi projetada para ser aplicável em escalas de menos de 1 m² até milhares de km², abrangendo o litoral e as zonas pelágicas e bentônicas de estuários, zona costeira e oceano aberto (MADDEN & GROSSMAN, 2004). O CMECS classifica o ambiente quanto às características biogeográficas e aquáticas que são diferenciados por atributos que influenciam a distribuição dos organismos, como salinidade, zonas de maré e proximidade à costa. Os elementos chave que são usados para representar a paisagem são: coluna d'água, geofoma, substrato, comunidades bióticas, características biogeográficas e da água. A classificação se inicia dos ambientes mais abrangentes (marinhos, estuarinos e lacustres) e vai afunilando até os atributos físicos e bióticos de um habitat específico. Informações descritivas como salinidade, turbidez da coluna d'água e porcentagem submersa são incluídos na classificação como "modificadores". Os modificadores são de maior relevância nas escalas de biótopo e de habitats. A Figura 2 representa o esquema de dados que são utilizados para gerar a classificação.

3.6. Macrodiagnóstico da Zona Costeira (MDZC)

O Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha é um instrumento de gestão do território previsto pela legislação¹ brasileira que reúne informações em escala nacional sobre as características físico-naturais e socioeconômicas da costa. Sua finalidade é orientar ações de planejamento territorial, conservação, regulamentação e controle dos patrimônios natural e cultural. Além disso, oferece subsídios para a articulação interinstitucional na órbita dos órgãos federais no que se refere aos planos e projetos que possam afetar os espaços e os recursos costeiros.

Em 1996, como resultado de avaliação do Gerenciamento Costeiro no país iniciado em 1988, foi publicada a primeira versão do Macrodiagnóstico da Zona Costeira na Escala da União. Em 2005, foi iniciado o processo de atualização daquele diagnóstico, agregando-se novas combinações de análises de impactos diretos e indiretos na costa brasileira, tendo sido publicada em 2008 a segunda versão do Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil.

A segunda versão do Macrodiagnóstico, de 2008, abrange os temas Geomorfologia, Dinâmica Populacional, Potencial de Risco Natural, Potencial de Risco Social, Potencial de Risco Tecnológico, Biodiversidade, Óleo e Gás (Zona Econômica Exclusiva) e Gestão Costeira. Uma das características desse documento é a capacidade de agregar e inter-relacionar informações de base referentes às características físico-naturais e socioeconômicas. Além disso, tem-se uma visão de conjunto do litoral brasileiro no que se refere aos cenários atuais e potenciais de riscos.

Os ganhos com a publicação do Macrodiagnóstico perpassaram as esferas governamentais de planejamento, gestão, comando e controle, servindo também como um referencial teórico para diferentes segmentos da sociedade que atuam na Zona Costeira, além de apoio para elaboração de estudos e pesquisas.

O Macrodiagnóstico da Zona Costeira, como exposto, analisa, em escala da União, a situação da costa brasileira, sob o ponto de vista dos temas elencados. Assim, é base importante que pode orientar para estudos mais aprofundados, tanto no detalhamento (escala local), quanto na complexidade, de modo a que, por meio da agregação de variáveis, se obtenha uma medida de vulnerabilidade. Tal vulnerabilidade, se aplicada às várias porções da costa, servirá de parâmetro homogêneo para a construção e implementação e políticas públicas, inclusive para enfrentamento dos efeitos adversos das mudanças no clima, na zona costeira brasileira.

Além disso, o Decreto 5.300/ 2004 instituiu, como um dos instrumentos do Gerenciamento Costeiro, o Sistema Nacional de Gerenciamento Costeiro (SIGERCO), o qual consiste em uma base de dados georreferenciados sobre a zona costeira, que deve integrar o Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente (SINIMA) que acopla a temática gestão costeira; mas, que não apresenta per si os requisitos conceituais e metodológicos essenciais para o tratamento, estruturação e atualização dos seus dados e correlacionados - característica que se apresenta como um grande desafio para cada uma das temáticas que compõe esse Sistema. No entanto, essa base de dados nunca foi concretamente consolidada para todo território nacional.

Diante disso, é imprescindível que a necessária atualização do Macrodiagnóstico da Zona Costeira seja acompanhada de uma revisão metodológica que viabilize tanto a incorporação, quanto a produção de dados detalhados – aprimorando o método de obtenção, a qualidade, consistência e proposta para a sua divulgação.

4. METODOLOGIA

A descrição dos processos metodológicos adotados serão apresentados nesse capítulo, de acordo com três eixos principais que compõem o escopo do trabalho: (i) análise dos sistemas de classificação; (ii) proposta de modificações na chave de classificação; e (iii) aplicação do EUNIS para mapeamento dos habitats marinhos da plataforma continental do Rio Grande do Sul. Assim, primeiramente, serão descritas as metodologias referentes ao levantamento e análise dos sistemas de classificação de habitats existentes. Após, serão descritos os processos metodológicos acerca do levantamento e compilação de dados geográficos para a formulação do mapa de habitats marinhos para a plataforma do Rio Grande do Sul. Os objetivos específicos e as metodologias empregadas para alcançar cada um deles está sintetizado no Quadro 1.

Quadro 1. Objetivos específicos relacionados a metodologia utilizada

Objetivos específicos	Metodologia
I. Analisar diferentes sistemas de classificação de habitats marinhos existentes, relacionando os diferentes componentes que os caracterizam, buscando identificar vantagens e fragilidades do EUNIS como sistema a ser adotado como modelo	- Revisão Bibliográfica - Análise de documentos técnicos e artigos científicos que tratam dos sistemas analisados
II. Propor modificações às classes de <i>habitats</i> marinhos do EUNIS, de forma que sejam representativos para os ambientes brasileiros	- Revisão Bibliográfica - Opinião Especialista
III. Realizar um teste de compatibilidade da chave de classificação de habitats marinhos para a plataforma continental do Rio Grande do Sul	- Revisão Bibliográfica - Metodologias de mapeamento de parâmetros que compõem a classificação dos habitats

4.1. Sistemas de classificação de habitats

Os sistemas de classificação analisados foram: (i) European Nature Information System (EUNIS), desenvolvido na Europa; (ii) Interim Marine and Coastal Regionalisation of Australia (IMCRA), na Austrália; (iii) Planning for Representative Marine Protected Areas (PRMPA), do Canadá; e o Coastal and Marine Classification System (CMECS), dos Estados Unidos. A análise foi baseada em documentos oficiais

de cada sistema, bem como de relatórios técnicos e artigos científicos que relatam experiências de aplicação dessas metodologias.

No caso do EUNIS, os documentos que balizaram a análise foram o documento de publicação do sistema (DAVIES *et al.*, 2004) e relatórios técnicos de workshops realizados para compartilhamento de experiências entre os usuários (COGGAN *et al.*, 2011; GALPARSORO, 2012; EVANS *et al.*, 2016). Para o sistema proposto no Canadá, o documento analisado foi o “Planning for Representative Marine Protected Areas: A Framework for Canada’s Oceans”, elaborado por Day & Roff (2000). Já para o IMCRA, foram os documentos técnicos das duas versões do sistema existentes (IMCRA v3.3, 1998; COMMONWEALTH OF AUSTRALIA, 2006) e uma análise do processo de evolução do sistema de classificação elaborada por O’Hara *et al.* (2016). O CMECS foi analisado a partir de Madden *et al.* (2005), Madden & Grossman (2008) e Guarinello *et al.* (2010), além do relatório técnico do sistema de classificação (CMECS, 2012).

Durante a análise, foram consideradas características relevantes à sistemas de classificação de habitats marinhos em geral, principalmente as descritas por Roff & Taylor (2000), Costello (2006), Cogan (2009) e Ball *et al.* (2006). Com isso, foi possível identificar diferenças e semelhanças entre os sistemas avaliados e destacar as vantagens de se aplicar o EUNIS como um modelo de classificação a ser adaptado no Brasil. O estabelecimento de um sistema de classificação de habitats marinhos oficial brasileiro torna viável a padronização de conceitos utilizados em mapeamentos marinhos, permitindo o monitoramento ao longo do tempo.

4.1.1. Critérios para análise dos sistemas de classificação

Os critérios esperados para um sistema de classificação efetivo e com bases conceituais sólidas foram definidos por Roff & Taylor (2000), Costello (2006), Cogan (2009) e Ball *et al.* (2006) e são apresentados a seguir:

a. Hierarquização

A forma como o sistema de classificação está estruturado é de vital importância para o sucesso de sua implementação. Segundo Roff & Taylor (2000), os ecossistemas marinhos são todos interconectados e os processos físicos ocorrem em diferentes escalas espaciais e temporais. Por esse motivo, um sistema estruturado hierarquicamente permite uma identificação dos principais processos que atuam no ambiente a fim de determinar a distribuição geográfica destes, agrupando processos que ocorrem na mesma escala, no mesmo nível de classificação (COSTELLO, 2006).

Outra implicação positiva em se classificar os habitats de forma hierárquica é que, dessa forma, se torna possível o mapeamento de acordo com a escala desejada, em função da necessidade do usuário final e da disponibilidade de dados existentes (COSTELLO, 2009). Dados como a distribuição contínua de uma determinada espécie biológica, por exemplo, exigem um conhecimento profundo da biologia deste organismo e um intenso esforço de amostragem para validação destes dados (JUANES *et al.*, 2016). Já dados que podem ser estimados por sensoriamento remoto, como dados de temperatura da água, apresentam vantagens em termos de esforço amostral e custos para o mapeamento (MCHENRY *et al.*, 2017). Porém, o tipo de dado analisado deve ser compatível com a escala de detalhamento demandada para o processo de gestão em que o sistema está sendo aplicado (COGAN, 2009). Portanto, um sistema estruturado hierarquicamente permite uma melhor distinção entre os níveis de mapeamento desejados.

Ainda, os níveis mais altos da classificação devem ser compostos apenas por características abióticas dos ecossistemas. Isto se deve porque os sistemas que buscam combinar as características biológicas com parâmetros físicos do ambiente, geralmente se utilizam de “espécies indicadoras” em diferentes níveis, o que torna a estruturação confusa e prejudica a aplicabilidade do sistema. Por isso, segundo Maxwell *et al.* (1995), é recomendado que os parâmetros abióticos sejam utilizados nos níveis mais genéricos da classificação, enquanto que os dados biológicos possam ser inseridos nos níveis mais detalhados do sistema.

b. Flexibilidade e robustez

É desejável que os sistemas de classificação sejam flexíveis na sua estrutura, permitindo a modificação de suas classes sem prejuízo para estrutura geral do sistema (COGAN, 2009). Ou seja, o sistema deve ser capaz de acomodar alterações na forma como o ambiente marinho é classificado, de forma a incorporar a evolução do conhecimento sobre os padrões oceanográficos. Dessa forma, a medida que parâmetros que influenciam diretamente na composição do ambiente são identificados, eles podem ser incluídos de maneira a qualificar a caracterização do ambiente.

Além disso, o sistema deve permitir o refinamento no conjunto de dados utilizados na definição de suas classes, pois com o avanço das técnicas de aquisição de dados via sensoriamento remoto, é possível que novos limites de distinção entre as classes sejam incorporados (BROWN & BLONDEL, 2008; WRIGHT & HEYMAN, 2008). Segundo Ball

et al. (2006), os sistemas de classificação marinha devem ser robustos o suficiente para funcionar independentemente do avanço de tecnologias de aquisição de dados, podendo ser refinados à medida que estas tecnologias evoluem.

4.2. Proposta de chaves de classificação

Para a elaboração de uma proposta de sistema de classificação de habitats marinhos para o Brasil, foi proposto para a atualização do MDZCM utilizar-se como modelo a classificação proposta pelo EUNIS. As adaptações à chave de classificação original (Davies *et al.*, 2004) foram propostas a partir da análise sistemática da descrição de cada classe de habitat mapeada. Ainda, foram consultados os relatórios técnicos de workshops entre usuários do EUNIS (Galparsoro, 2012; Evans *et al.*, 2016) e artigos que propõem alterações em pontos específicos da chave (ICES, 2006; Cameron & Askew, 2011; Henriques *et al.*, 2015; Tunesi *et al.*, 2010; Mo *et al.*, 2012; Monteiro *et al.*, 2013; Monteiro *et al.*, 2016).

Após esta primeira etapa, a descrição das classes de habitats foram analisadas por especialistas do Laboratório de Ecologia Bentônica da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), aplicando a metodologia de “opinião especialista” (Martin *et al.*, 2011). Esta metodologia consiste em consultar especialistas que possuem conhecimento aprofundado acerca de determinada área do conhecimento, o que, neste caso, diz respeito aos processos ecológicos que atuam nos habitats bentônicos. O objetivo foi avaliar se os habitats propostos pela classificação ocorrem no Brasil e, caso ocorram, se as características dos habitats se mantêm e se os grandes grupos taxonômicos que caracterizam cada habitat são correspondentes aos encontrados no Brasil.

4.3. Estudo de caso: mapeamento de habitats bentônicos da plataforma continental do RS

A partir da proposta de sistema da chave de classificação de habitats bentônicos, adaptada do EUNIS, realizou-se um mapeamento dos habitats da plataforma continental do Rio Grande do Sul, a fim de validar a chave. Ainda, as metodologias de coleta e tratamento dos parâmetros que compõem a classificação foram organizados em forma de fluxograma, permitindo que a metodologia seja replicada em mapeamentos futuros e, possivelmente, na elaboração do III MDZC. As etapas metodológicas para elaboração do mapeamento são descritas nos itens a seguir.

4.3.1. Batimetria

Os dados de batimetria foram obtidos através de levantamentos não sistemáticos, realizados pelo Laboratório de Hidroacústica da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Os dados foram coletados com ecossonda a bordo de cruzeiros científicos, sendo parte de projetos como o “*Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva*” (REVIZEE), “*Levantamento da Plataforma Continental Jurídica*” (LEPLAC), “*Programa de Reconhecimento da Margem Continental Brasileira*” (REMAC).

Os dados pontuais obtidos em campo foram interpolados e complementados com dados de satélites altimétricos da base de dados do *General Bathymetric Chart of the Oceans* (GEBCO), com resolução espacial de 15 arcos de segundo. A malha final batimétrica foi gerada após a integração dos dados de campo e dados altimétricos, gerando um produto com resolução de 30x30 segundos (Pinho, 2015).

4.3.2. Sedimentos

Os dados de sedimento derivou de coletas não sistemáticas realizadas entre o período de 1967 e 2004, ao longo da plataforma continental do Rio Grande do Sul. As campanhas estiveram associadas à projetos como o REMAC (Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira), REMPLAC (Avaliação dos Recursos Minerais da Plataforma Continental), Programa REVIZEE (Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva) e dados disponibilizados por laboratórios de pesquisa associados à diversas Universidades. Os dados foram sistematizados pelo Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) e disponibilizados através de solicitação feita à plataforma.

Os dados são disponibilizados em formato de tabela, com as coordenadas geográficas dos pontos de coleta e as porcentagens equivalentes de silte, argila, areia e cascalho. Os pontos relativos às classes de silte, argila, areia e cascalho foram interpolados independentemente, utilizando a ferramenta de interpolação *Natural Neighbor* (Vizinho Natural), do ArcGIS. Com isso, foram gerados arquivos matriciais (raster) para cada classe sedimentar. A interpolação foi feita utilizando-se um shapefile com a área de estudo como máscara, com o intuito de evitar extrapolações que não estivessem dentro da área de interesse. A resolução da célula foi de 0.015 graus. Por fim, os arquivos raster das classes “Silte” e “Argila”, foram combinados por meio da ferramenta *Raster Calculator*, a fim de se obter uma única classe, denominada “Lama”.

Os arquivos raster obtidos por meio da interpolação, foram convertidos no formato ASCII para poderem ser inseridos no software Matlab. Neste software, foi construído um script de classificação dos sedimentos, de acordo com a classificação proposta por Folk (1954). Para cada classe proposta, foram identificados os valores de limite de

porcentagem de cascalho, lama e areia, e posteriormente, inseridos no script. A única modificação na classificação original se deu no limite entre as classes de areia (*sand*) e areia lamosa (*muddy sand*), de acordo com a proposta do EUNIS, onde o valor de limite passa de 10-50% para 10-20% de lama (Mcbreen & Askew, 2011). Com isso, foi gerado um arquivo com 11 classes de sedimentos que foi, posteriormente, reconvertido para o formato raster.

4.3.3. Luminosidade

A definição da zona fótica foi realizada a partir do coeficiente de atenuação difusa K_d490 , na qual foi estimada a profundidade onde a penetração da luz no fundo marinho é maior que 1% da luminosidade incidente (CONNOR *et al.*, 2006). A análise da porcentagem de penetração da luz foi obtida através do cruzamento de dados do satélite AQUAModis¹ (NASA, 2018) com os dados de batimetria. As imagens analisadas correspondem ao Produto L2, com resolução espacial de 4 km, obtidas através da ferramenta MGET para ArcGIS. Foi realizada uma média simples dos valores médios anuais para um período de 10 anos. O cálculo foi feito através da ferramenta Raster Calculator do Arcgis, utilizando a seguinte equação (COLTMAN, GOLDING & VERLING, 2008):

Equação 1. Cálculo da porcentagem de luz na camada bêntica.

$$Fr = e^{-h/Dm}$$

Onde: h= profundidade; Fr = Superfície de Luminosidade; Dm= K_dPAR-1 .

4.3.4. Definição de águas profundas

A análise dos locais onde a onda influencia o fundo marinho foi feita através de dados de modelagem computacional. A influência da ação das ondas no substrato pode ser positiva para organismos que necessitam da liberação de nutrientes e suspensão da matéria orgânica, ou negativa quando se trata de organismos sésseis, dificultando a fixação destas espécies ou soterrando-as pela suspensão de sedimentos (COLTMAN, GOLDING & VERLING, 2008). Em águas profundas, ou seja, onde a profundidade é maior que metade do comprimento de onda, o fundo não sofre influência da ação de ondas. Já em águas rasas, onde a profundidade é menor que metade do

¹ AQUAModis/ NASA www.oceancolor.gsfc.nasa.gov

comprimento de onda, o substrato é influenciado pela ação das ondas, recebendo a energia transferida pela propagação delas (HOLTHUIJSEN, 2007).

Os dados de modelagem hidrodinâmica foram obtidos através do trabalho de Veras (2014), que modelou o comportamento das ondas na plataforma continental do Rio Grande do Sul, durante seis casos de eventos extremos ocorridos no período entre 2000 e 2010. Na condução deste estudo, foram realizadas análises com o modelo SWAN e re-validadas com o modelo global WW3². Posteriormente, foi rodada uma simulação computacional para o período de dezembro de 2006 a maio de 2007. Os resultados foram então comparados com medições feitas por uma boia instalada na cidade de Tramandaí, em uma profundidade de 17 m. Ondas com mais de 5 m de altura significativa (Hs) medidas pontualmente pelo WW3 *offshore* foram selecionadas como eventos extremos.

A partir dos dados validados pelo modelo SWAN, foi possível obter parâmetros espectrais da onda como a altura significativa (Hs), o período de pico (Tp) e a direção média no período de pico (Dp). Para a definição de águas profundas, ou seja onde a profundidade é menor que o comprimento de onda (λ) dividido por 2 (Equação 2), foi necessário converter os dados de período (T) para comprimento, usando a Equação 3.

Equação 2. Definição de águas rasas

$$h < \lambda/2$$

onde h=profundidade (m) e λ =comprimento da onda (m)

Onde:

Equação 3. Relação entre comprimento e período de onda

$$\lambda = 1.56 T^2$$

onde λ = comprimento de onda (m) e T= período de onda (s)

Os dados de comprimento de onda foram relacionados com os dados de batimetria utilizando o software MatLab, a fim de se obter uma linha média entre o limite de águas

² WAVE WATCH III

rasas e águas profundas. Assim, foi possível definir os limites entre as zonas circalitoral e circalitoral profundo (COLTMAN, GOLDING & VERLING, 2008).

5. ÁREA DE ESTUDO

O Estado do Rio Grande do Sul é caracterizado por uma extensa linha de costa com orientação NE-SW, marcada por uma leve sinuosidade ao longo de 615 km de extensão (Figura 1). A plataforma continental é descrita como uma feição fisiográfica do tipo barreira-laguna (VILLWOCK, 1984), dominada por ondas, num regime de micro-marés (ALMEIDA, 1990). A plataforma continental está inserida na Bacia de Pelotas e é relativamente extensa comparada às de outras regiões do Brasil. A largura média da plataforma é de 125 km, variando de um mínimo de 90km ao largo de Mostardas a um máximo de 190 km no extremo sul (ZEMBRUSCKI, 1979). Ainda, segundo o autor, a máxima profundidade de quebra da plataforma ocorre ao largo de Torres, na isóbata de 180 m e a mínima entre a Lagoa Mirim e o Arroio Chuí, a 80 m de profundidade. Destaca-se na região a presença de províncias secundárias associadas a elevações e irregularidades do fundo, entre elas o Terraço e o Cone do Rio Grande (ZEMBRUSCKI, 1979).

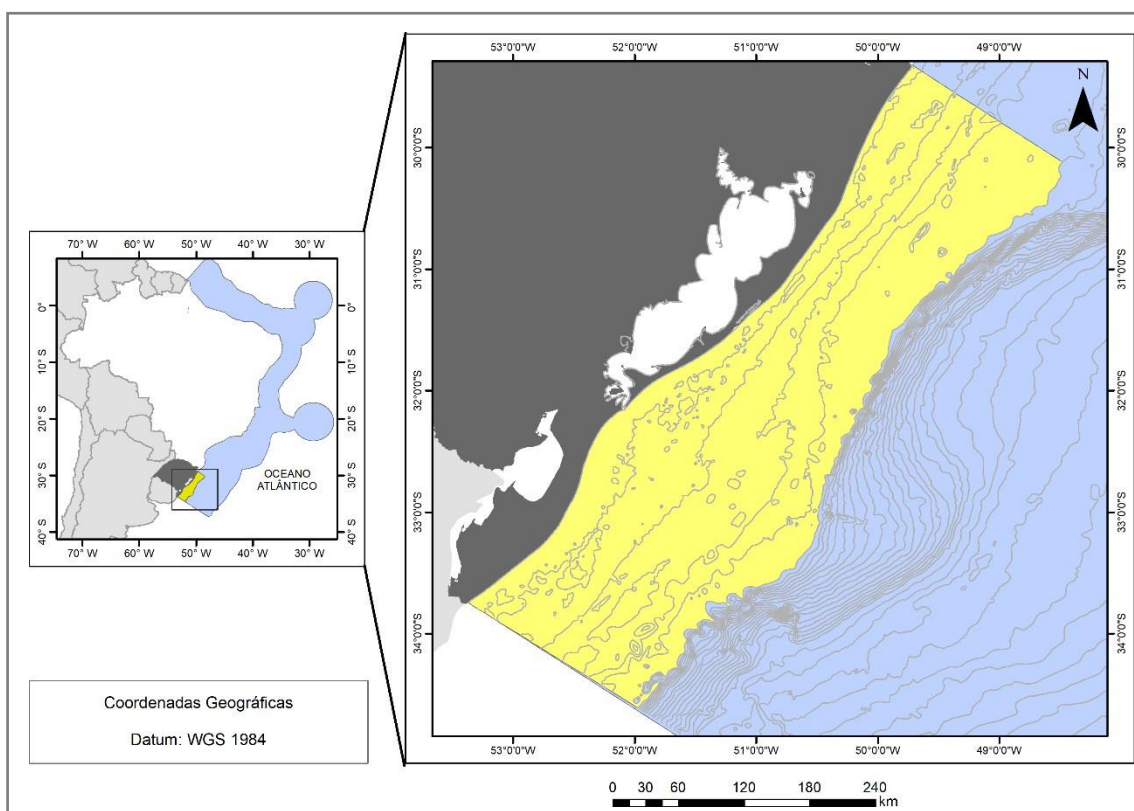


Figura 1. Localização da área de estudo - Plataforma continental do Rio Grande do Sul. Fonte: elaboração própria.

A cobertura sedimentar da plataforma é predominantemente clástica terrígena (CORRÊA, 1987) e, de modo geral, a plataforma interna e média apresentam

sedimentos lamosos (FIGUEIREDO & MADUREIRA, 2004). A excessão ocorre ao longo da plataforma média, na altura da Lagoa dos Patos, onde há o predomínio de sedimentos de granulometria de lamas arenosas (FIGUEIREDO & MADUREIRA, 2004). Ainda, ao sul da desembocadura da Lagoa dos Patos, há o predomínio de areias, enquanto no talude de toda a região há o predomínio de lama, com ocorrências de lama arenosa próxima a quebra da plataforma (FIGUEIREDO & MADUREIRA, 2004).

As flutuações do nível do mar ao longo do tempo determinaram a distribuição dos sedimentos ao longo de toda plataforma. A presença de areia média e grossa na porção externa pode estar associada a uma rede de drenagem que se desenvolveu durante o último período Glacial, quando o nível do mar estava em águas mais profundas (KOWSMANN *et al.*, 1977; CORRÊA, 1994). Esses sedimentos depositados em profundidades elevadas e desvinculados das condições hidrodinâmicas atuais, receberam a denominação de sedimentos relíquias (MARTINS *et al.*, 1978). No presente, as praias do RS recebem um baixo aporte de areia do continente, visto que a maior quantidade é carregada através do sistema de drenagem e confinada em lagoas e outros ambientes da planície costeira (TOMAZELLI *et al.*, 1998).

A plataforma continental do RS é uma área de grande importância econômica e estratégica, devido ao elevado potencial de exploração mineral (TAGLIANI, 2002), principalmente pela alta concentração de minerais pesados. (Klein *et al.* (1992) identificaram a ocorrência de nódulos fosfáticos ao longo do Terraço do Rio Grande, em profundidades de 100 à 500m. Na mesma região, foram descritas jazidas de fosforita (COSTA *et al.*, 2013; PINHO *et al.*, 2011). Ainda, por estar localizada ao longo de uma bacia sedimentar, é possível que a região apresente jazidas de petróleo e gás natural, fato que ainda não foi confirmado (PINHO, 2015).

A região também representa uma das principais áreas de concentração da atividade de pesca comercial no país (HAIMOVICI *et al.*, 1989). As principais pescas marinhas do Rio Grande do Sul ocorrem sobre a plataforma continental e talude superior entre o Chuí (34° 40' S) e o Cabo de Santa Marta Grande (28° 20'S) embora a pesca de fundo no talude e a pesca pelágica oceânica de barcos sediados em Rio Grande possa se estender para o norte e além do talude superior (HAIMOVICI *et al.*, 2006). Por estar em uma zona de transição biogeográfica entre as zonas nerítica da Patagônia e zona tropical do Brasil (CASTELLO *et al.*, 1997), a área está localizada uma região de Convergência Subtropical, formada pela confluência de água de origem tropical vinda da Corrente do Brasil e massas de água de origem subantártica, provenientes da Corrente das Malvinas.

Na plataforma interna o aporte continental do Rio da Prata e da Lagoa dos Patos favorecem uma alta produtividade biológica, particularmente na região compreendida entre os faróis de Chuí e Conceição. Além de condicionar a distribuição, abundância e relações tróficas entre os componentes do ecossistema, a alta produtividade biológica e a ampla plataforma continental propiciam a abundância de recursos demersais principalmente de peixes da família Scianidae (HAIMOVICI *et al.* 1996), anchoita e outros pequenos peixes pelágicos (MELLO *et al.*, 1992). Haimovici *et al.* (1998) estimam que, em média, mais de 75% da produção pesqueira na região é constituída de espécies demersais.

6. RESULTADOS

Nesta seção serão expostos os resultados alcançados durante esta pesquisa. Primeiramente, demonstra-se os resultados referentes à análise comparativa dos sistemas de classificação de habitats identificados na literatura, com base nos critérios estabelecidos no item 6.1: (i) estrutura, (ii) flexibilidade e robustez, (iii) descritores utilizados na definição das classes. Posteriormente, serão apresentadas as adaptações propostas para a chave de classificação original, bem como para a definição das classes em questão.

Posteriormente, é apresentado um ensaio deste sistema para mapear os habitats existentes na plataforma continental do Rio Grande do Sul. A partir desses resultados, foi possível elaborar um workflow metodológico que permite a aplicação da metodologia em mapeamentos futuros, como no III Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha. Neste aspecto, aponta-se as dificuldades operacionais encontradas em sua aplicação, as lacunas de dados que necessitam ser preenchidas a fim de possibilitar a realização deste mapeamento em escala nacional, quais os avanços conceituais desta metodologia e sua aplicabilidade como instrumento de suporte à gestão.

6.1. Sistema de classificação de habitats

Buscou-se analisar 4 sistemas de classificação de habitats marinhos, os quais foram, em diferentes graus, implementados em escala nacional ou internacional: o European Nature Information System (EUNIS), na Europa; o Interim Marine and Coastal Regionalisation of Australia (IMCRA), na Austrália; o Planning for Representative Marine Protected Areas (PRMPA), no Canadá; e o Coastal and Marine Ecological Classification (CMECS), nos Estados Unidos.

Estes sistemas foram analisados quanto à(os): sua estrutura; parâmetros utilizados para a classificação dos habitats; disponibilidade de dados produzidos. Ao fim desta análise, foi possível estabelecer quais são as vantagens de se aplicar o EUNIS como modelo no MDZC, de acordo com alguns critérios estabelecidos por Roff & Taylor (2000) e Costello (2009).

6.1.1. Estrutura do sistema

A maioria dos sistemas de classificação existentes usam alguma forma de estruturação hierárquica dos componentes do ecossistema, que são formados por uma combinação entre informações bióticas e abióticas que podem ser agregadas sucessivamente em

níveis maiores de organização (BALL *et al.*, 2006). Nos níveis mais altos da classificação a escala de resolução é geralmente menor e predominantemente baseada em características abióticas, enquanto nas menores resoluções de mapeamento, a classificação é definida em maior parte por parâmetros bióticos (ANZECC TFMPA, 2000).

A forma como o sistema de classificação está estruturado é de vital importância para o sucesso de sua aplicação, visto que a estrutura definirá os parâmetros que devem ser mapeados, a escala que deverá ser utilizada e quais destes parâmetros possuem maior influência na distribuição dos organismos (ROFF & TAYLOR, 2000). Portanto, é desejável que os sistemas estejam estruturados de forma hierárquica (COGAN, 2009), permitindo a inclusão de informações em diferentes escalas. Assim, os processos ecológicos que determinam a distribuição de comunidades biológicas, de mesma magnitude geográfica, podem ser agrupados dentro do mesmo nível hierárquico.

Para fins de comparação, os diferentes níveis dos sistemas de classificação serão analisados do nível mais genérico (alto) ao nível mais específico da classificação (baixo). Os níveis mais altos da classificação caracterizam os habitats que possuem maior abrangência geográfica e devem representar processos que influenciam a distribuição de comunidades biológicas que compartilham táxons mais genéricos. Espera-se que à medida que se avance na classificação, os níveis da classificação possam representar habitats que abrigam comunidades biológicas mais próximas taxonomicamente e que incorporem parâmetros abióticos que influenciam a distribuição dos organismos em menores extensões geográficas. Finalmente, indicadores biológicos devem ser incorporados nos níveis mais baixos da classificação, os quais possibilitam a identificação de biótopos, ou seja, das comunidades biológicas que ocupam determinado local (COSTELLO, 2009). Um esquema genérico dessa forma de estruturação está representado na Figura 2.

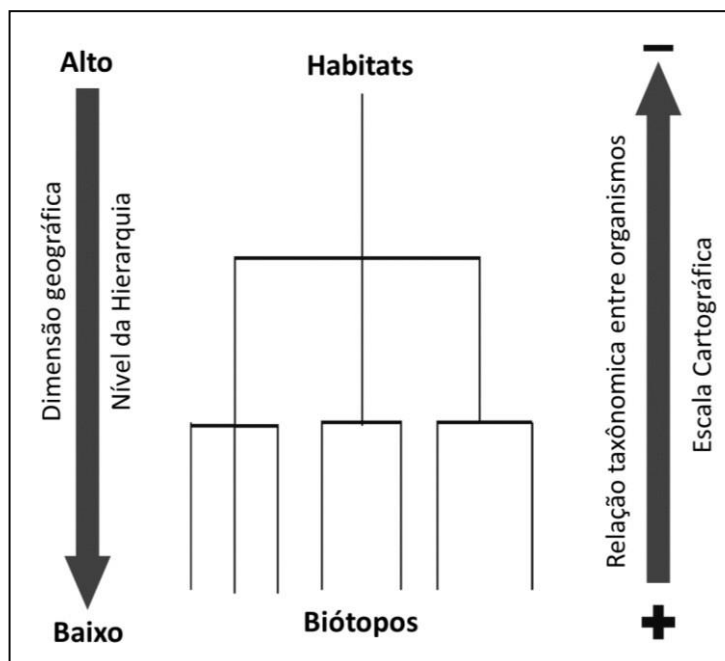


Figura 2. Esquema hierárquico genérico demonstrando a relação entre extensão geográfica do mapeamento e o nível da hierarquia (à esquerda) e a relação entre a escala cartográfica e proximidade taxonômica entre organismos (à direita). Ao centro, representação dos níveis da classificação, onde níveis mais baixos compartilham as características dos níveis superiores.
 Fonte: elaboração própria.

Neste contexto, os sistemas de classificação analisados apresentam diferenças significativas na estrutura de organização, bem como em relação aos critérios e conceitos que definem cada nível da classificação. Isso se deve à forma como os mesmos foram construídos e à base conceitual na qual cada sistema se desenvolveu.

EUNIS

O EUNIS se divide em 5 níveis, organizados de forma hierárquica. No primeiro nível de classificação existem 10 categorias diferentes, se referindo ao AMBIENTE que está sendo mapeado (p.e. costeiros, urbanos, corpos d'água, entre outros). Todos habitats marinhos estão agrupados em uma única categoria, pois o foco inicial deste sistema eram os ambientes terrestres. Portanto, o nível 2 de habitats marinhos é correspondente ao nível 1 dos habitats terrestres e aquáticos continentais. Neste nível 2 estão classificados HABITATS GENÉRICOS, que se estendem por grandes extensões geográficas.

O 3º nível da classificação refere-se à COMPLEXO DE HABITATS, ou seja, mosaicos de habitats que compartilham a mesma área geográfica. Neste caso, os habitats são classificados a partir das características abióticas da área mapeada, como batimetria, características do substrato, zonas biológicas, entre outros. Esses fatores são

determinantes para a distribuição de determinadas comunidades biológicas que se distribuem uniformemente nos habitats, formando os BIÓTOPOS (nível 5). Estes biótopos também podem ser agrupados, formando COMPLEXOS DE BIÓTOPOS (nível 4).

A forma hierárquica como o EUNIS está estruturado reflete a escala geográfica na definição de cada nível. Ou seja, quanto maior o nível que está sendo mapeado, menor será a área ocupada. Portanto, isto permite que os níveis mais altos da classificação sejam mapeados através de dados com menor resolução, preferencialmente obtidos através de técnicas de sensoriamento remoto. Já os níveis mais baixos exigem dados biológicos, que são mais detalhados e pontuais, geralmente obtidos através de coletas in situ. Este formato de estruturação representa uma vantagem em termos de custos de mapeamento, visto que mapeamentos em pequena escala podem ser produzidos através de dados que estão disponíveis em repositórios de acesso livre.

Na estrutura do EUNIS, os habitats pelágicos e bentônicos são separados no nível 2 da classificação. Portanto, o processo de evolução da classificação e a consolidação dos conceitos associados a cada ambiente progrediram paralelamente. A forma como os habitats pelágicos são definidos ainda apresenta algumas lacunas conceituais, devido à alta complexidade dos processos que ocorrem na coluna d'água, bem como sua dinamicidade em relação à abrangência geográfica e variações sazonais (ICES, 2006).

Para os habitats bentônicos, há critérios bem definidos a serem aplicados para a diferenciação entre os níveis da classificação. No segundo nível utiliza-se zonas biológicas e tipo de substrato, enquanto no nível 3 há o detalhamento de algumas características, como nível de exposição à ondas e marés para habitats rochosos e distinção entre as classes de habitats sedimentares.

IMCRA

O IMCRA é, assim como o EUNIS, estruturado de forma hierárquica. As regionalizações propostas estão divididas em 4 níveis, de acordo com a escala de análise: continental, regional, local ou sítio (Figura 3). As divisões propostas refletem claramente a dimensão geográfica associada à cada nível da classificação. O nível mais alto da classificação divide a costa australiana em províncias, que possuem extensões na ordem de milhares de quilômetros. Estas províncias são divididas em regiões (centenas de km) que, posteriormente, são subdivididas em unidades locais (dezenas de km). O nível mais detalhado da classificação refere-se aos sítios (sites), que se estendem por áreas restritas.

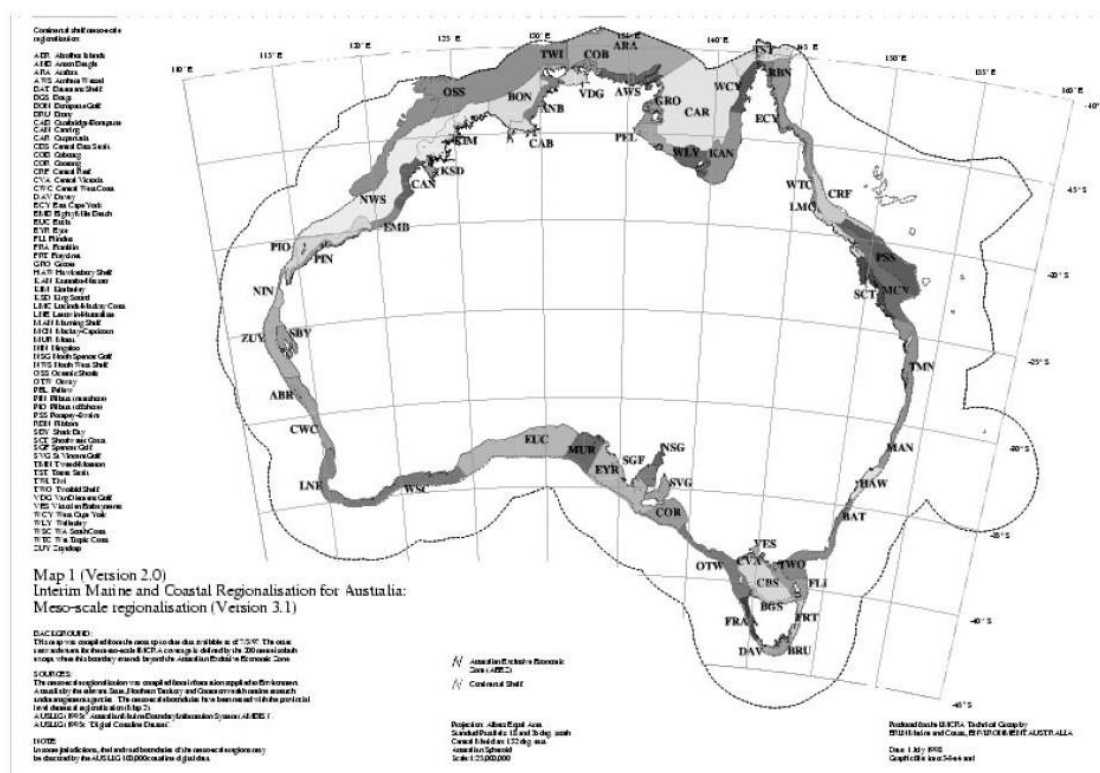
>1000s of km	macro-scale	continental provinces
100s- 1000s of km	meso-scale	regions
10s- 100s of km	micro-scale	local units
<10 km	pica-scale	sites

Figura 3. Divisão de escalas do IMCRA, destacando a magnitude geográfica de cada nível (esquerda), a denominação de escala (centro) e o nome de cada nível (direita). Fonte: IMCRA v3.0.

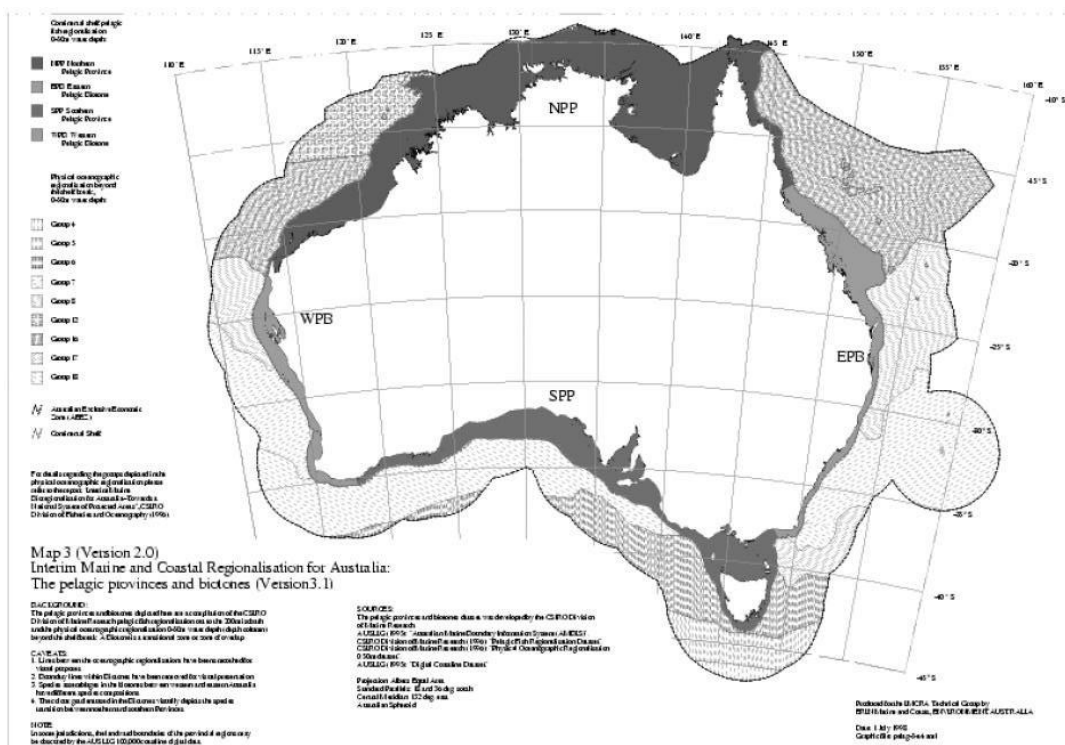
Durante a primeira etapa de regionalizações propostas para a costa australiana (IMCRA 2.0), os estados e territórios australianos propuseram os critérios que foram utilizados nas suas próprias regionalizações. Esta escolha foi baseada nos processos oceanográficos e outros parâmetros ecológicos que cada estado considerou mais importante dentro de seu limite jurisdicional. Isto gerou uma disparidade nos conceitos, parâmetros e metodologias utilizados para definição das regiões entre cada estado (O'HARA, 2016). Por exemplo, a regionalização do Estado de Victoria baseou-se principalmente em uma análise quantitativa de dados físicos (geológicos e oceanográficos), enquanto a do Estado de New South Wales foi conduzida por opinião de especialistas acerca da distribuição de algas vermelhas ao longo da costa.

Outra diferença significativa são os produtos de mapeamento gerados, oriundos desta forma de hierarquização. Para a plataforma continental, as regionalizações propostas pelos estados (mesoescala) (Figura 4). foram compiladas e estas combinadas com a regionalização de peixes demersais (macroescala). Para as águas profundas, a regionalização de peixes demersais (macroescala) foi integrada com a topografia do fundo marinho (macroescala), com o objetivo de se estabelecer indicadores para a distribuição destas espécies. Portanto, conjuntos de dados com diferentes escalas de magnitude foram combinados ao final do processo. Além disso, foram combinados parâmetros bióticos e abióticos no mesmo nível de classificação, o que difere da lógica conceitual adotada pelo EUNIS.

A



B



C

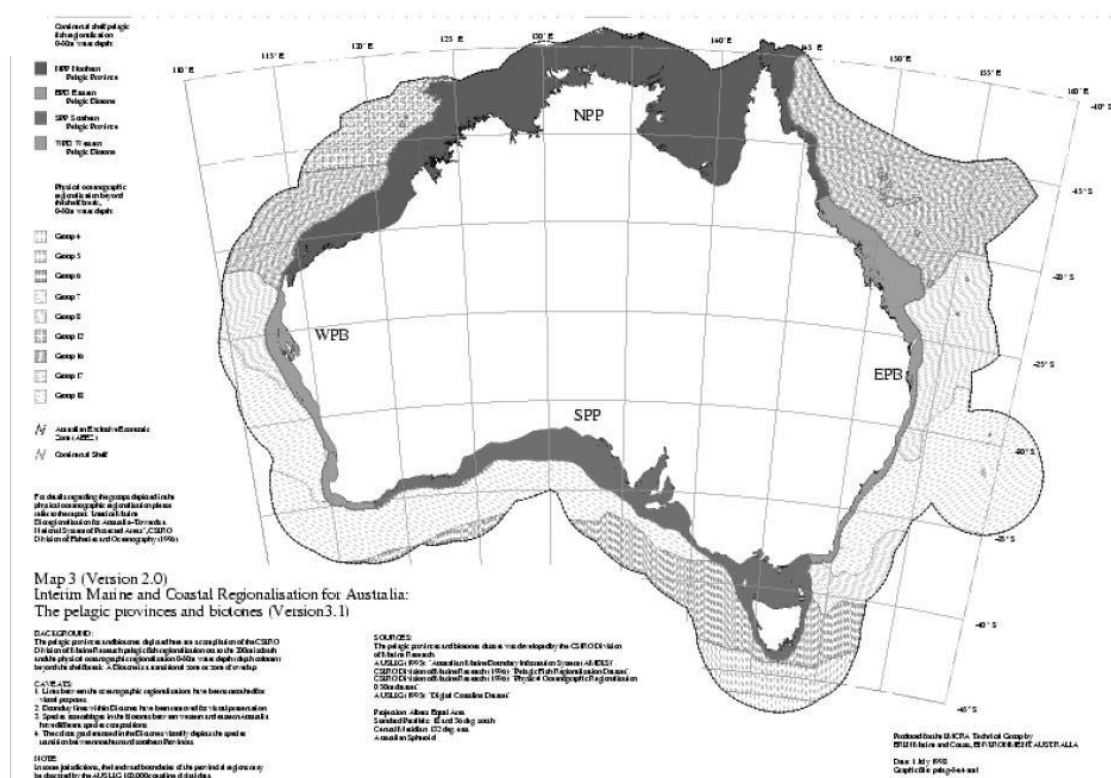


Figura 4. Setorização das Regiões (mesoescala) definidas pelos Estados e territórios australianos (A); Regionalização das Províncias Pelágicas (macroescala) (B); e Regionalização das Províncias Pelágicas (macroescala) (C) definidas pelo IMCRA. Fonte: IMCRA v3.3.

PRMPA

O PRMPA não relaciona os níveis da classificação diretamente com as escalas de magnitude geográfica nas quais os processos analisados ocorrem. A estrutura é proposta de tal forma que os parâmetros abióticos nos primeiros níveis da classificação possam explicar a distribuição de táxons genéricos de comunidades biológicas (Figura 5). Nos níveis mais elevados da classificação, os parâmetros bióticos são combinados, a fim de que, nas escalas maiores de mapeamento, estes possam explicar a distribuição de espécies. Assim, à medida que se avança nos níveis da classificação, as comunidades biológicas encontradas tendem a ser progressivamente mais correlatas taxonomicamente.

Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
Tipo de ambiente	Abrangência geográfica	Temperatura	Cobertura de gelo
Marinho	Oceano Ártico	Ártico (temp. média < 0°C, com gelo 9 – 12 meses)	Permanente
	Oceano Atlântico	Subártico (temp. média > 0°C, com gelo 6 – 9 meses)	Sazonal (90% de ocorrência)
	Oceano Pacífico	Boreal (temp. média > 0°C, com gelo 1 - 6 meses)	Variável (25 – 90% de ocorrência)
		Temperado (temp. média > 0°C, <18°C, com gelo < 1 mês)	Ausente (inclui políneas)
		Subtropical (temp. média > 6°C, > 18°C no verão)	

Figura 5. Divisão dos níveis do PRMPA, entre os níveis 1 e 4, com as suas respectivas classes. Traduzido de Roff & Taylor (2000).

Por fim, cada nível da hierarquia é combinado para formar as unidades de paisagem marinha no nível mais baixo da classificação (nível 8) (Figura 6). Portanto, as paisagens marinhas derivam da combinação das camadas pelágicas e bentônicas do ambiente, apresentando condições ecológicas únicas. Cada conjunto de condições ecológicas correlatas formam uma unidade de paisagem marinha, que é a unidade básica da hierarquia. Assim, cada paisagem possui uma determinada quantidade de características provenientes da composição entre todos os níveis da hierarquia. Visto que cada nível da classificação possui um número determinado de classes, este conjunto de características podem se repetir em diferentes locais, formando paisagens marinhas semelhantes.

É importante salientar que os descritores utilizados para distinguir os níveis da classificação se inserem em apenas um nível, e controlam os processos desse nível em particular. O nível seguinte, por consequência, é composto por outros parâmetros que não se relacionam com o anterior. Contudo, a sequência em que os parâmetros aparecem na classificação pode não ser precisamente correlata com as diferenças nas comunidades encontradas no ambiente (ROFF & TAYLOR, 2000). Os autores argumentam que somente através de análises estatísticas robustas – algo semelhante às análises taxonômicas – poderiam prever a ordem em que os parâmetros deveriam estar distribuídos na hierarquia do sistema de classificação.

Nível 5	Nível 6	Nível 7	Nível 8
Divisão de ambientes Pelágicos e Bentônicos	Particionamento vertical	Mistura e ação das ondas	Cobertura de gelo
Pelágico	Pelágico	Pelágico – Estratificação	Permanente
	Epipelágico (0 – 200 m)	Epipelágico estratificado ($S > 2$)	Sazonal (90% de ocorrência)
	Mesopelágico (200 – 1000 m)	Epipelágico não estratificado ($S < 1$)	Variável (25 – 90% de ocorrência)
	Batipelágico (1000 – 2000 m)	Epipelágico Frontal ($1 < S < 2$)	Ausente (inclui políneas)
	Abissal (> 2000 m)		
Bentônicos	Bentônicos	Bentônico – Exposição	
	Eufótico (0 – 50 m)	Exposto: pista >500 km (zona eufótica)	
	Afótico (50 – 200 m)	Moderadamente exposto: pista > 50 km, < 500 km (zona eufótica)	
	Batial (200 – 2000 m)	Abrigado: pista < 50 km (zona eufótica)	
		Declividade	
		Baixa declividade < 1° (> 50 m de profundidade)	
		Alta declividade > 1° (> 50 m de profundidade)	

Figura 6. Divisão dos níveis do PRMPA, entre os níveis 5 e 8, com as suas respectivas classes. Traduzido de Roff & Taylor (2000).

CMECS

Dentre os sistemas analisados, o CMECS é o único que não é estruturado de forma hierárquica. Neste sistema, o ambiente costeiro e marinho é caracterizado a partir de duas Configurações (settings) e quatro componentes. As Configurações dizem respeito às características dos sistemas aquáticos e características biogeográficas da região de estudo. Já os Componentes se referem às diferentes temáticas que descrevem o ambiente – Coluna d'água; Geoforma; Substrato; Biótico. Os componentes não possuem hierarquia de importância entre si e as Configurações são aplicáveis a todos estes (Figura 7).



Figura 7. Forma como as configurações e os componentes do CMECS podem ser integrados para formar biótopos. Fonte: <https://iocm.noaa.gov/cmecs/> (Acessado em 27/05/2019).

As Configurações biogeográficas correspondem às regiões definidas pelo MEOW³ para os ecossistemas marinhos da plataforma continental, enquanto adota as definições feitas pelo GOODS⁴. Estas duas classificações possuem as mesmas divisões hierárquicas compostas por regiões, províncias e habitats da coluna d'água. O segundo componente das Configurações divide os ambientes costeiros e marinhos em três Sistemas: Marinho, Estuarino e Lacustre, adotando classificações oficiais já existentes. Estes ainda são divididos em Subsistemas e classificados quanto sua zonação.

Dentre os Componentes que compõem o sistema, as unidades que descrevem o Componente de Substrato (SC) e o Componente Biótico (BC) estão organizadas de forma hierárquica e as que descrevem os Componentes da água (WC) e os Componentes de Geoforma (GC) não possuem hierarquia entre si. Não há hierarquia entre os diferentes grupos de Componentes e os usuários do sistema podem optar por utilizar um ou mais Componentes para definir a área de estudo, de acordo com as necessidades em particular. A estes Componentes ainda se aplicam diversos tipos de

³ Marine Ecoregions of the World (Spalding et.al, 2007)

⁴ Global Open Ocean and Deep Seabed (GOODS) Biogeographic Classification (UNESCO 2009)

Modificadores, os quais, de alguma forma, exercem alguma influência nos Componentes e auxiliam no detalhamento destes atributos.

O objetivo é que, ao se combinar os fatores ligados às Configurações e os diferentes grupos de Componentes, seja possível a definição de Unidades que compartilhem determinadas características ecológicas. A caracterização de Unidades permite o uso de uma ampla variedade de atributos, o que reflete a complexidade de processos que ocorrem no ambiente. Com o avanço do uso do sistema, espera-se que seja possível identificar quais são os limites conceituais de cada unidade com base em análises de dados coletados ao longo do tempo. Neste sentido, o sistema apresenta uma vantagem na definição de onde devem se concentrar os esforços de mapeamento futuros, a fim de preencher lacunas de conhecimento existentes em cada local. Contudo, mesmo para aplicações iniciais do sistema, é necessária uma considerável quantidade de dados para sua aplicação efetiva, visto que as unidades mapeadas são definidas a partir da combinação destas diferentes camadas de informação.

Configuração Biogeográfica	Configuração Aquática	Componente Coluna d'água	Componente Geoforma	Componente Substrato	Componente Biótico
<i>Domínio</i> <i>Provincia</i> <i>Ecorregião</i>	<i>Sistema</i> <i>Subsistema</i> <i>Zona de marés</i>	Subcomponente Camada	Subcomponente Conformação Tectônica	<i>Origem</i> <i>Classe</i> <i>Subclasse</i> <i>Grupo</i> <i>Subgrupo</i>	<i>Configuração</i> <i>Classe</i> <i>Subclasse</i> <i>Grupo</i> <i>Comunidade</i>
		Subcomponente Salinidade	Subcomponente Conformação Fisiográfica		
		Subcomponente Temperatura	Subcomponente Geoforma Nível 1 <i>Origem da georforma</i> <i>Nível 1 georforma</i> <i>Nível 1 tipo da georforma</i>		
		Subcomponente Hidroforma <i>Classe da Hidroforma</i> <i>Hidroforma</i> <i>Tipo da Hidroforma</i>	Subcomponente Geoforma Nível 2 <i>Origem da georforma</i> <i>Nível 2 georforma</i> <i>Nível 2 tipo da georforma</i>		
		Subcomponente Conformação Biogeoquímica			

Figura 8. Descrição das Configurações Biogeográficas (BS) e Aquática (AS) e dos Componentes da Coluna D'Água (WC), Geoforma (GC), Substrato (SC) e Biótico (BC). Traduzido de *Coastal and Marine Ecological Classification Standard* (2012).

Observam-se diferenças significativas na forma como estes sistemas estão estruturados e nos conceitos que servem como base para tal. No caso do PRMPA, os atributos analisados não possuem uma hierarquia entre si, mas são combinados a fim de formar uma caracterização completa das paisagens marinhas. Já o IMCRA possui uma estrutura hierárquica em que cada nível corresponde à uma escala geográfica diferente. Porém, os atributos utilizados para definição de cada nível não seguiram, durante o processo de criação, a mesma lógica proposta de hierarquia. Além disso, dados biológicos foram inseridos nos níveis mais altos da classificação, contrariando o que é proposto na literatura (ROFF & TAYLOR, 2000).

O CMECS busca, de certa forma, estabelecer uma hierarquia dentro do sistema de classificação. Como descrito anteriormente, isso se tornou possível nas Configurações, as quais adotam classificações já existentes e com hierarquização bem definida, as quais possuem relação com a escala geográfica analisada. Nos Componentes do sistema, foi possível a divisão em níveis hierárquicos somente para os Componentes da coluna d'água e biológico, sendo que os outros dois Componentes (Geoforma e Aquático) não apresentam este tipo de divisão. Como os níveis da hierarquia entre os Componentes e as Configurações que compõem o sistema não são comparáveis entre si, em escala de magnitude, torna-se difícil a comparação entre os níveis existentes. Por este motivo, considerou-se que o CMECS possui um sistema parcialmente hierárquico.

6.1.2. Flexibilidade e robustez do sistema

Este item analisa a capacidade do sistema de classificação em incorporar modificações em suas classes, à medida que evolui, sem que haja prejuízos ao sistema como um todo. Esse fator permite que as classes sejam adaptadas quanto aos limites que as definem (i.e. novos limites de luminosidade para definir zona fótica) ou de novos parâmetros que podem ser incorporados à medida que o entendimento dos processos oceanográficos é aperfeiçoado e as tecnologias de mapeamento avançam. Esses fatores demonstram robustez do sistema (COGAN, 2009) e permitem que usuários do sistema possam realizar monitoramento dos habitats ao longo do tempo. Neste contexto, os sistemas foram analisados quanto às modificações propostas desde sua criação e como estas foram capazes de ser absorvidas sem a necessidade de repensar a classificação como um todo.

O EUNIS demonstrou excelente potencial de incorporar alterações em sua estrutura. O sistema originou-se da integração de dois outros sistemas de classificação existentes - o CORINE Programme (DEVILLERS & DEVILLERS-TERSCHUREN,

1996) e, posteriormente o Paelartic Habitats (DEVILLERS *et al.*, 2001). Ainda, o sistema passou por diversas revisões desde sua criação, buscando atender às demandas levantadas por comunidades de usuários regionais, como a HELCOM em relação aos habitats do Mar Báltico.

As principais modificações e inclusões de classe ocorrer nos níveis mais baixos da classificação (níveis 4 e 5) (GALPARSORO, 2012). Porém, os níveis mais elevados da classificação permaneceram estáveis desde a proposta de Davies *et al.* (2004). Isso se deve ao fato de que a forma como os fatores abióticos dos níveis superiores influenciam a distribuição das comunidades biológicas nos níveis inferiores são bem entendidos e consenso entre a comunidade científica. Por esse motivo, a inclusão de novas classes de biótopos, que se diferenciam em níveis regionais, pode ser feita sem alterar a estrutura dos níveis superiores da classificação.

O IMCRA, por sua vez, passou por três atualizações desde sua criação. A primeira teve o intuito de reunir as classificações regionais existentes na Austrália, num esforço coordenado por agências governamentais do Commonwealth. Inicialmente, esta versão (v2.0) focou em águas continentais e, em grande parte, em um grupo taxonômico específico. Na atualização seguinte (v3.3), os buscou-se integrar as classificações de águas profundas e dados oceanográficos da Zona Econômica Exclusiva. A última versão do IMCRA (v4.0) combinou as classificações existentes nas versões anteriores, detalhando alguns aspectos e gerando uma regionalização do ambiente pelágico.

Ainda assim, é necessária uma atualização na classificação (O'HARA *et al.*, 2016). Visto que ela foi fruto da compilação de classificações regionais, que utilizaram diferentes definições conceituais e que se concentraram na jurisdição política de cada região, é necessária uma padronização da classificação proposta. O IMCRA se baseou inicialmente na distribuição de peixes pelágicos e demersais, os quais eram os únicos bancos de dados estruturados em nível nacional. Entretanto, isto pode ter levado à uma análise tendenciosa, dado as lacunas de coleta destes dados, relacionadas à escassez dos pontos de amostragem, diferentes métodos de coleta, entre outros.

Além disso, o mapeamento dos parâmetros abióticos propostos na classificação, estavam restritos às técnicas disponíveis para aquisição destes dados, os quais não são necessariamente os fatores que estruturam as comunidades biológicas encontradas em determinado local. Segundo O'Hara *et al.* (2016), há poucos indícios de que alguns parâmetros incluídos na classificação, como estruturas geomorfológicas subjacentes ao

fundo marinho (i.e. aquelas cobertas por sedimento) influenciam a composição biológica.

Contudo, caso seja necessária a incorporação de novos parâmetros nos níveis mais baixos da classificação – que nortearam a criação da versão mais recente – a estrutura do sistema será significativamente modificada. Como a segunda subdivisão da escala (regiões) foi a que deu origem às outras hierarquias do sistema, este nível teria que ser modificado intensamente, gerando impactos tanto nos níveis mais altos quanto mais baixos da classificação. Segundo O'Hara (2016), as regionalizações poderiam ser baseadas em outros grupos taxonômicos, como esponjas ou ofiuroides, os quais poderiam fornecer subsídios para uma nova representação das regiões de transição biológica. Isso faria com que os mapas de origem da classificação fossem alterados, gerando prejuízos na estrutura de regionalização do sistema.

O PRMPA não passou por nenhuma modificação desde sua proposta original. Como o objetivo deste sistema era incluir os principais parâmetros abióticos na distribuição de espécies biológicas, este sistema passou por um exaustivo processo de discussão e de análises quantitativas e qualitativas antes da definição de quais fatores deveriam compor a classificação. Dessa forma, como a estrutura do sistema determina que a classificação do habitat mapeado é originada da combinação de todos os níveis da classificação, qualquer alteração em um dos oito níveis da classificação alteraria significativamente a forma como um habitat é classificado. De qualquer maneira, como o sistema de classificação permanece o mesmo de sua proposição, avaliou-se o PRMPA negativamente neste quesito.

Já o CMCECS é concebido com uma estrutura flexível, que busca incorporar características com magnitudes de ocorrência locais e regionais aos habitats mapeados. Assim, não existe a necessidade de modificar a maneira como o ambiente é classificado alterando a estrutura do sistema nos níveis superiores, pois as especificidades do local serão descritas nos diferentes níveis da classificação. Por esse motivo, o CMECS foi considerado um sistema que é flexível e robusto o suficientemente para incorporar especificidades locais, novas tecnologias de mapeamento e novas metodologias de definição das classes que o compõem.

6.1.3. Parâmetros utilizados para definição dos habitats

Os sistemas de classificação analisados diferem significativamente em relação aos parâmetros utilizados na definição de das classes de habitats. Neste sentido, os

parâmetros utilizados para definição possuem diferentes magnitudes geográficas e, portanto, interagem de forma distinta na distribuição de espécies biológicas.

Para fins de comparação, este trabalho buscou identificar quais são os parâmetros determinantes para a definição das classes de habitats nos níveis hierárquicos mais altos, quando o sistema é estruturado hierarquicamente (i.e. EUNIS, IMCRA). Portanto, os parâmetros listados (Quadro 2) referem-se à mapeamentos realizados em pequenas escalas cartográficas, pois visa atender a demanda de mapeamento proposta pelo MDZC.

Quadro 2. Parâmetros utilizados para definição das classes em cada sistema de classificação. Fonte: elaboração própria

	EUNIS	PRMPA	CMECS	IMCRA
Substrato (tipo e classe)	X	X	X	X
Batimetria	X	X	X	X
Temperatura		X	X	X
Salinidade		X	X	X
Dados biológicos			X	X
Massas d'água		X		X
Geomorfologia		X		X
Luminosidade	X	X		
Regime climático		X	X	
Níveis de exposição às ondas	X	X		
Topografia		X		
Composição geoquímica da água			X	
Formação geológica				X
Estratificação vertical			X	
Características biogeoquímicas			X	

Ao todo, foram identificados 15 (quinze) parâmetros que compõem a classificação dos níveis mais altos do sistema. Dentre os sistemas analisados, apenas 2 parâmetros são utilizados entre todos: batimetria e tipo/ classe de substrato. Parâmetros relacionados à coluna d'água, como temperatura e salinidade, são parte dos níveis mais altos da classificação em três sistemas, exceto no EUNIS. Dados biológicos de baixo detalhe

também fazem parte da caracterização nestes mesmos sistemas. Isso confere uma vantagem ao EUNIS, visto que os parâmetros de coluna d'água são de alta complexidade para o mapeamento devido à sazonalidade desses indicadores. Além disso, ainda mantem a coesão conceitual, atendendo ao critério estabelecido (COGAN, 2009), no qual os níveis mais altos devem ser baseados em parâmetros abióticos e que dados biológicos devem ser inseridos nos níveis mais baixos da hierarquia.

É importante ressaltar que os parâmetros relacionados à aspectos biológicos são incluídos no CMECS e IMCRA nos níveis elevados da classificação. No CMECS, os dados bióticos fazem parte da caracterização de uma Configuração (ver item 1.1.1), sendo parte integral da classificação das unidades de mapeamento. Já a regionalização em macroescala do IMCRA, o nível mais elevado do sistema, é baseada na distribuição de espécies de peixes pelágicos e bentônicos, fazendo com que os níveis mais baixos da classificação sejam dependentes deste tipo de dado. Como destacado por Juanes et al. (2006), como os dados de distribuição de espécies ao longo de grandes áreas contínuas são escassos, a inclusão de parâmetros bióticos nos níveis mais elevados da classificação dificulta a implementação do sistema.

Outra vantagem do EUNIS em relação aos dados necessários para mapeamento dos níveis mais altos da classificação diz respeito à viabilidade de aquisição de novos dados para compor o mapeamento. Dados de substrato, apesar de exigirem grande esforço amostral, é possível a interpolação dos dados de coleta pontuais, extrapolando classes de substrato onde há vazios amostrais. Os dados de luminosidade podem ser obtidos através de medidas indiretas, como o coeficiente de atenuação (K_d490), definido através de imagens de satélite disponíveis em grandes repositórios de dados (e.g. base de dados da NASA – AQUAModis). Além disso, os dados de exposição a ondas e marés podem ser obtidos através de dados de modelagem computacional, definidos através de dados de reanálise globais. Portanto, a forma como estes dados são adquiridos permite a coleta de dados sem custo e em largas escalas espaciais e temporais.

6.2. Proposta de chave de classificação

Baseado na análise comparativa, recomenda-se que o EUNIS seja adotado como base para a proposição de um sistema de classificação de habitats marinhos para o Brasil. Porém, algumas adaptações devem ser feitas no sistema, de modo que as classes sejam representativas dos ambientes encontrados na costa brasileira.

Com o objetivo de propor as alterações na chave original, foi realizada uma revisão bibliográfica de casos que utilizam o EUNIS, onde foram apontadas lacunas na classificação original e propostas modificações à chave ICES, 2006; CAMERON & ASKEW, 2011; HENRIQUES *et al.*, 2015; TUNESI *et al.*, 2010; MO *et al.*, 2012; MONTEIRO *et al.*, 2013; MONTEIRO *et al.*, 2016). Além disso, as modificações propostas neste trabalho também buscam incorporar elementos pertinentes aos outros sistemas de classificação analisados, no escopo deste trabalho. Portanto, estas modificações objetivam consolidar conceitos, bem como avançar na proposição de um modelo que possa integrar pontos fortes de diferentes sistemas de classificação.

6.2.1. Chave de classificação original do EUNIS

A chave de classificação do EUNIS, proposta por Davies *et al.* (2004), será analisada nesta seção, visando identificar classes de habitats que não se aplicam ao Brasil e que precisam ser modificadas. Também foram identificadas classes de habitats que ainda possuem lacunas conceituais e que podem ser objeto de discussões dentro da comunidade científica para que sejam incorporadas ao sistema. Serão apresentadas as chaves até o Nível 3 da classificação (Complexo de Habitats), o qual utiliza-se dos parâmetros abióticos na definição dos habitats.

A chave de classificação está estruturada por meio de questões que direcionam o usuário a enquadrar o habitat que está sendo mapeado em determinada classe.

a. Nível 1 e 2

Devido ao fato de a chave ter sido desenvolvida para classificar habitats terrestres e marinhos, o primeiro nível da classificação diferencia estes ambientes. Neste trabalho foram analisados os habitats do ambiente marinho (A. Habitats Marinhos), sendo possível a incorporação de habitats do ambiente terrestre em trabalhos posteriores, sem que haja interferência na estrutura proposta.

A primeira distinção dentro da chave de classificação refere-se aos habitats bentônicos (Classes A1 à A6) e habitats pelágicos (Classes A7 e A8) (Figura 9). Desde sua criação, o EUNIS teve grande aplicabilidade no mapeamento de habitats bentônicos, sendo adotado em projetos de mapeamento regional, como o UKSeaMap (Reino Unido), BALANCE (Mar Báltico e Mediterrâneo), MeshAtlantic (Atlântico). Estes esforços foram integrados no projeto “Development of a framework for Mapping European Seabed Habitats – MESH”, coordenado pelo JNCC, da Inglaterra, e disponibilizado no portal EMODnet (também conhecido como EUSeaMap). Isso demonstra uma maturidade no

processo de aplicação da metodologia para o mapeamento de habitats bentônicos. Entretanto, para os habitats pelágicos não há exemplos expressivos de aplicação da metodologia.

Há ainda, lacunas conceituais relacionadas aos habitats pelágicos (Classe A7). Uma delas se refere à sazonalidade dos parâmetros utilizados para definir as classes nos níveis mais baixos da classificação, como salinidade e massas d'água. Segundo a metodologia, um mesmo local pode, portanto, apresentar duas classificações distintas ao longo do ano. Por esse motivo, o mapeamento em grandes extensões territoriais torna-se complexo e difícil aplicabilidade, (GALPARSORO et al., 2012). Assim, optou-se por excluir estas classes da proposta de classificação, podendo ser reincorporada com a consolidação na forma de representação destas classes.

Posteriormente, a chave de classificação divide os habitats que são cobertos por água temporariamente, de acordo com os ciclos de maré: A1. Litoral rochoso e outros substratos consolidados; e A2. Litoral sedimentar. Estas classes apresentam desafios para serem mapeadas, pois referem-se a áreas com de pequena extensão geográfica, geralmente na ordem de dezenas de quilômetros (COGAN, 2011). Além disso, a distribuição restrita destes habitats pode dificultar a distinção entre as zonas mesolitoral e supralitoral, o que acarretaria na duplicação da classificação, visto que o ambiente poderia ser definido tanto entre as classes A – Habitats Marinhos ou B – Habitats Costeiros (GALPARSORO, 2012). Por isso, sugere-se que estas classes sejam atribuídas à apenas uma da classificação. Neste trabalho, optou-se por mantê-las entre os habitats marinhos.

As classes A3 – Infralitoral Rochoso e outros substratos consolidados e A4 – Circalitoral Rochoso e outros consolidados referem-se a habitats de fundo rochoso ou outro substrato consolidado. Para este tipo de substrato, as zonas biológicas (infralitoral e circalitoral) são utilizadas para distinguir as classes de habitats no nível 2 da chave. Já para a classe A5 – Sublitoral Sedimentar, as zonas biológicas não são utilizadas neste nível da classificação, agrupando todos os habitats de fundo não consolidado na mesma classe. Portanto, há uma incongruência nos critérios que definem as classes de habitats neste nível, visto que as zonas biológicas também deveriam ser um critério de distinção entre as classes de habitats sedimentares.

Na classe A6, são mapeados os habitats abaixo plataforma continental. Durante a evolução da classificação do EUNIS, esta classe foi objeto de dúvidas por parte da comunidade de usuários do sistema. Inicialmente, a classificação proposta por Davies

et al. (2004), separa os subníveis (nível 3) desta classe por tipo de substrato, identificando fundos consolidado ou classes sedimentares. Além disso, ainda considera feições no oceano profundo, como canyons, canais, fossas, entre outras. Contudo, a classificação considera a zona biológica Oceano Profundo como uma única zona.

Com o intuito de detalhar a classificação dos habitats abaixo da plataforma continental, Howell & Davies (2010) propôs a incorporação da divisão desta zona biológica em 5 zonas, de acordo com a profundidade: encosta superior; talude superior; talude intermediário; talude inferior; e zona abissal. Porém, os autores sugerem esta divisão no nível de biótopos (Nível 4), o que difere significativamente das divisões das classes de habitats na plataforma continental, que ocorrem no nível 2 (litoral, infralitoral e circalitoral), ou nível 3 (circalitoral e circalitoral profundo). Essa falta de padronização do nível no qual o fator relativo às zonas biológicas deve ser incluído gera críticas à metodologia (GALPARSORO, 2012; POPULUS et al., 2017; VASQUEZ et al., 2014).

Ainda, apesar de a profundidade das zonas biológicas ser um indicador para parâmetros que afetam a distribuição biológica em águas profundas, como massas d'água e temperatura, a forma como esse fator atua varia significativamente com a área biogeográfica que está sendo mapeada (FABRI et al., 2006). Portanto, ainda há algumas lacunas conceituais a serem debatidas para os habitats de oceano profundo e, por esse motivo, decidiu-se por tratar neste trabalho apenas dos habitats da plataforma continental, excluindo a classe A6 da classificação proposta.

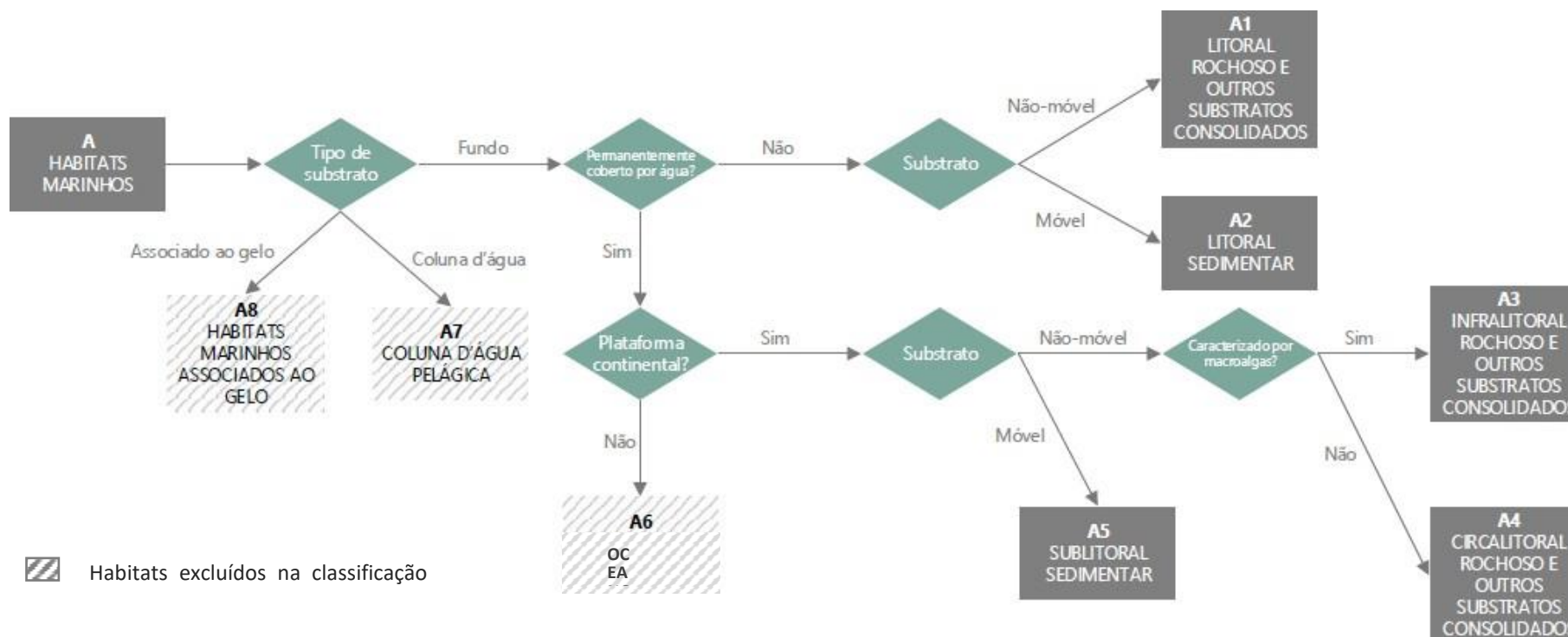


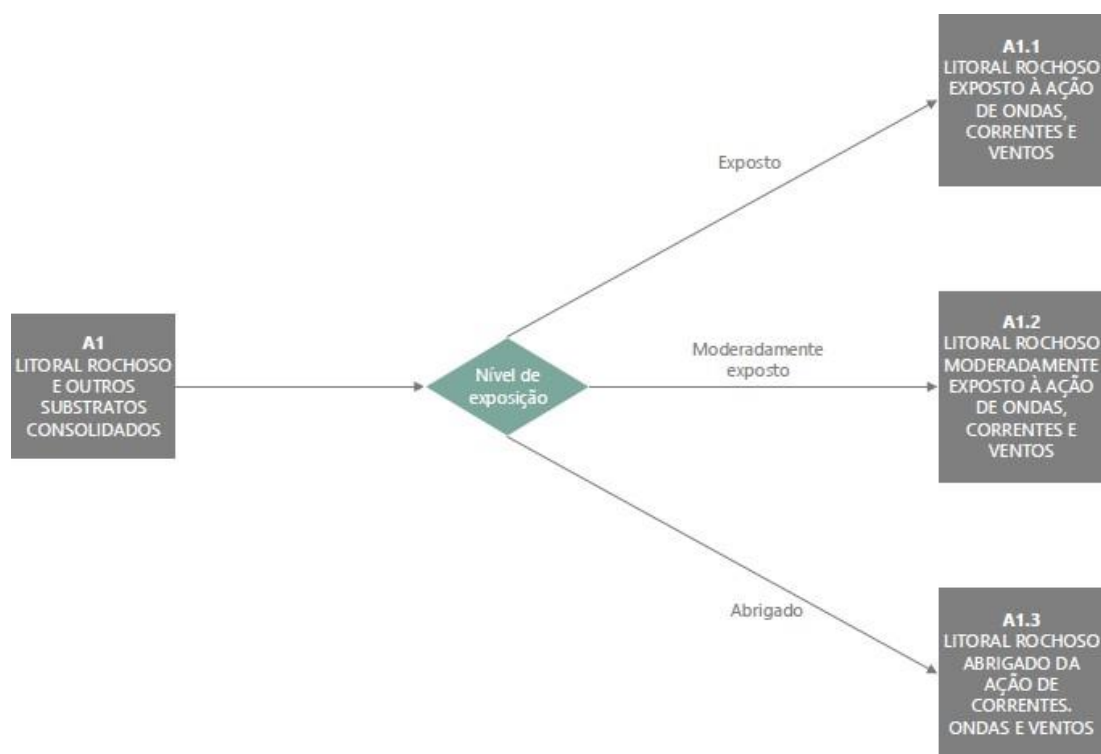
Figura 9. Chave de classificação do EUNIS para o nível 1 e 2 de habitats marinhos. Fonte: adaptado de Davies et al., 2004.

b. Nível 3

As chaves de classificação do terceiro nível da classificação, definido como Complexo de Habitats, detalha as classes de habitats citadas no item anterior. Assume-se que, os habitats que compartilham a mesma origem nos níveis anteriores (Nível 1 e 2), compartilham as características que definem o habitat da qual se originaram.

A classes A1 e A2 definem os habitats na zona litoral, ou seja, que são temporariamente cobertos por água, de acordo com os ciclos de maré. Para os habitats de fundo consolidado (A1), as classes do nível 3 estão diferenciadas em três classes, de acordo com o nível de exposição à ação de ondas, correntes e ventos (Figura 10.A). Já os habitats sedimentares (A2), são definidos quanto à granulometria do substrato (Classes A2.1 à A2.4), podendo ser identificados parcéis ou recifes biogênicos (A2.7). Fundos vegetados também são identificados na classe A2.5, caso estejam na porção emersa do ambiente, ou na classe A2.6, caso sejam localizados na porção aquática (Figura 10.B).

A



B

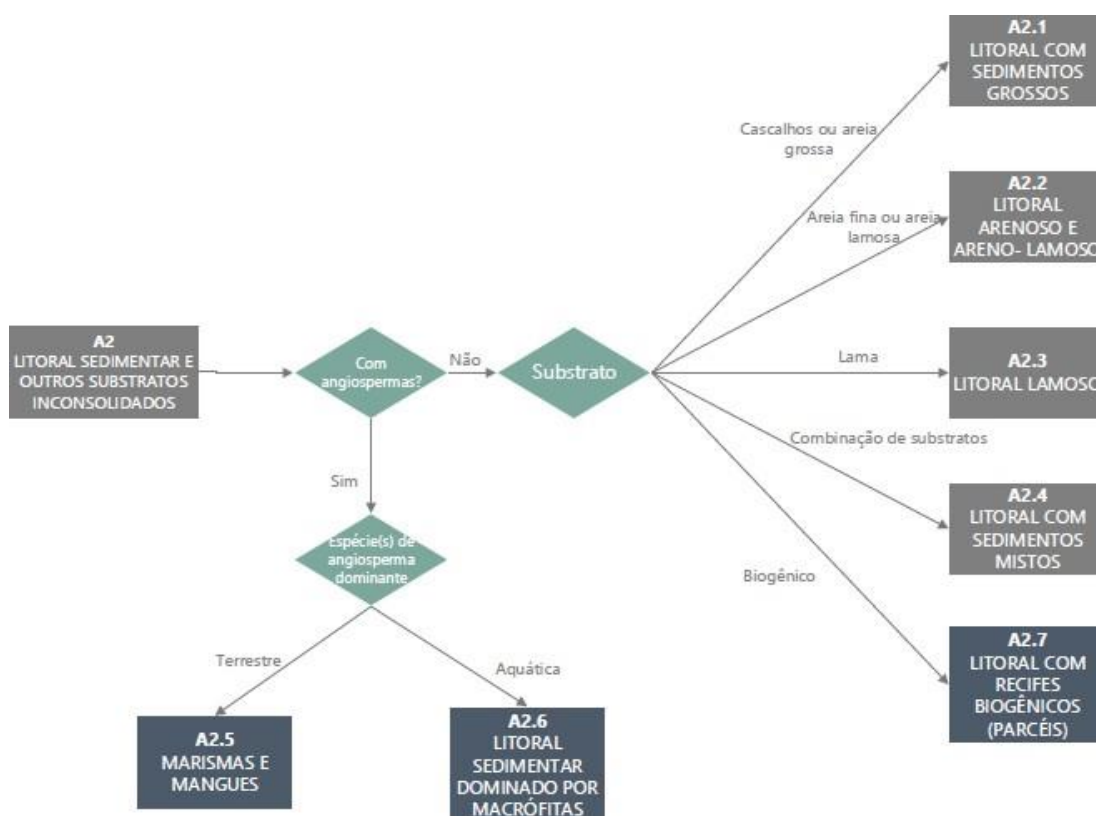


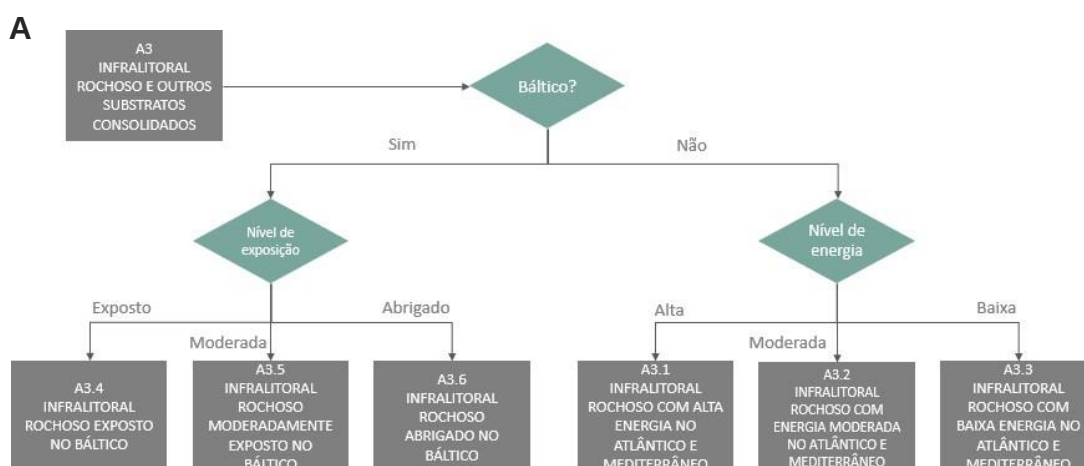
Figura 10. Chave de classificação do EUNIS para a classe A1 – Litoral Rochoso e outros substratos consolidados (A) e A2- Litoral Sedimentar e outros substratos inconsolidados (B). Fonte: adaptado de Davies *et al.*, 2004.

Os habitats cobertos permanentemente por água estão descritos nas classes A3 à A5. Essas classes se dividem de acordo com o tipo de substrato, sendo que as classes A3 e A4 definem os substratos rochosos e outros substratos consolidados, que são distinguidas de acordo com a zona biológica (infralitoral ou circalitoral). Em ambas classes, o nível 3 da classificação é definido de acordo com o nível de exposição do fundo marinho, assim como ocorre na classe A1, que também se refere à substratos consolidados.

É importante ressaltar que as classes A3 e A4 incorporam características biogeográficas à classificação, separando os ambientes para entre as regiões do Mar Báltico e do Atlântico (Figura 11). Essa separação foi feita a pedido da Helsinki Commission (HELCOM), comunidade que reúne os países do Báltico, durante o processo de criação da metodologia (GALPARSORO, 2012). Isso se deve ao fato dessa região apresentar condições oceanográficas muito distintas das observadas no Oceano Atlântico, e por isso, foi necessário diferenciar a forma como os parâmetros que se referem à exposição da costa fossem analisados.

O fato de essas classes incorporarem características biogeográficas levantam divergências entre a comunidade de usuários do EUNIS. Durante workshop realizado em 2012, foi discutido em que nível da classificação o fator biogeográfico deveria ser incluso. Além desta distinção para os habitats rochosos ocorrer no terceiro nível da classificação, ela também ocorre no nível 4 (biótopos), como na classe A5.28 Mediterranean communities of superficial muddy sands in sheltered waters, por exemplo. Essa divisão denota que os habitats acima deste nível compartilham as mesmas características nos níveis mais altos, mas isso pode gerar um risco de se agrupar biótopos que aparentemente são influenciados pelos mesmos fatores abióticos, quando, na verdade, eles podem ser determinados por fatores distintos que ocorrem conjuntamente.

Por outro lado, se os fatores biogeográficos forem incorporados nos níveis mais altos da chave, levaria a classificações distintas para cada região. Neste caso, o risco seria ter habitats que são equivalentes classificados paralelamente, gerando duplicidade entre os mesmos. Isso dificultaria a comparação entre habitats de regiões geográficas distintas. Durante o evento, sugeriu-se então que, essas discussões deveriam ser aprofundadas, podendo incorporar outros trabalhos desenvolvidos na área da bioregionalização, como o Marine Ecoregions of the World (SPALDING et al., 2007). Contudo, essa abordagem geraria uma incompatibilidade conceitual, visto que esta bioregionalização foi gerada a partir da distribuição de espécies marinhas, o que incluiria fatores biológicos nos níveis mais altos da classificação, divergindo da definição de habitats utilizada pelo sistema.



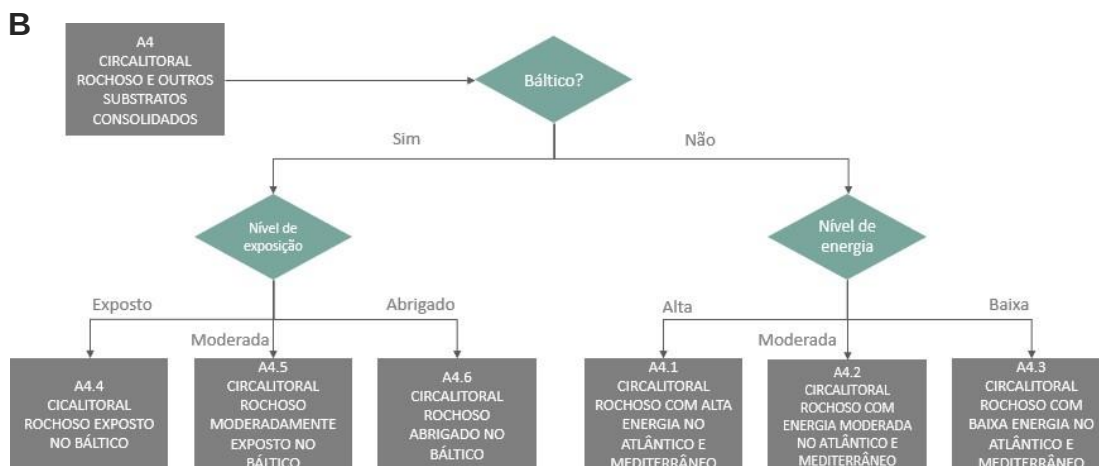


Figura 11. Chave de classificação do EUNIS para a classe A3 – Infralitoral Rochoso e outros substratos consolidados (A) e A4- Circalitoral Rochoso e outros substratos consolidados (B). Fonte: adaptado de Davies *et al.*, 2004.

No nível 2 da classificação, foram identificadas algumas incongruências na classificação original, às quais já foram feitas propostas de adequação (EVANS *et al.*, 2016). Uma delas refere-se à relação das zonas biológicas com fundos sedimentares. Na classificação original, as classes de habitats sedimentares permanentemente cobertos por água, estão agrupadas em apenas uma classe (A5. Sublitoral sedimentar), enquanto as zonas biológicas de habitats rochosos e outros substratos consolidados (infralitoral e circalitoral) são definidas já neste nível. Por este motivo, propõe-se que a classe A5 seja subdivida em duas classes distintas: Infralitoral sedimentar e Circalitoral sedimentar. Outra modificação nas classes de habitats sedimentares foi proposta por Vásquez *et al.* (2014) e refere-se à divisão das classes da zona circalitoral. Os autores propõem a divisão da zona biológica em circalitoral e circalitoral profundo, que são definidas de acordo com o comportamento das ondas. Esta divisão já ocorre nas classes de fundos rochosos (Na zona circalitoral, as ondas apresentam comportamento de águas rasas, interagindo com o fundo marinho, enquanto na zona circalitoral profundo, as ondas não possuem influência no substrato (Figura 12). O limite inferior da zona circalitoral profundo é definida pela quebra da plataforma continental. Esta modificação foi incorporada ao nível 3 da classificação, nas classes A6. Circalitoral Sedimentar.

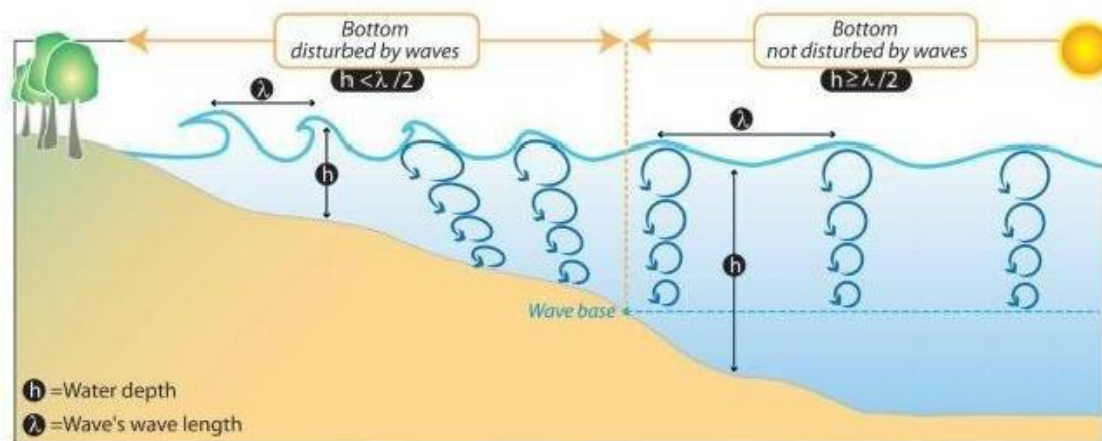


Figura 12. Esquema representativo do comportamento das ondas em águas rasas (à esquerda) e águas profundas (à direita). Fonte: Vásquez et al. (2013).

Assim, as modificações propostas foram incorporadas à chave original, gerando a chave de classificação que será utilizada na classificação dos habitats no presente trabalho. A forma como a chave está estruturada, bem como as classes que serão mapeadas está representada pela Figura 13. Na representação é possível observar os três níveis hierárquicos que serão mapeados e as zonas biológicas correspondentes à cada classe de habitats.

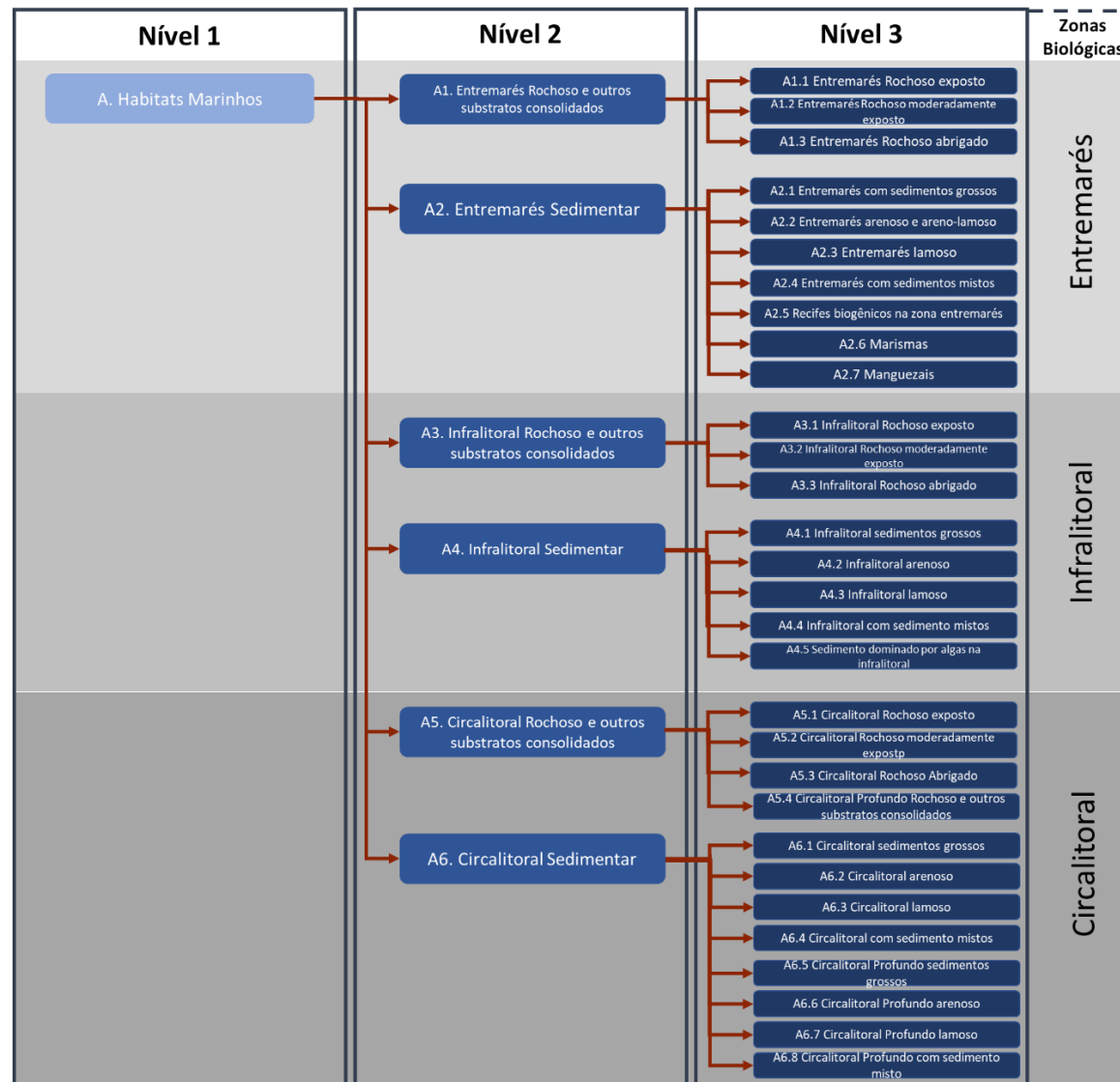


Figura 13. Chave de classificação de habitats proposta, com base nas modificações do EUNIS. Fonte: elaboração própria.

6.2.2. Potencialidades e fragilidades do EUNIS

O EUNIS foi criado com o intuito de padronizar e harmonizar os sistemas de classificação existentes na Europa e, portanto, deve ser capaz de representar a diversidade de ambientes encontrados em toda extensão do continente— desde o Mar do Norte ao Mediterrâneo, ilhas oceânicas e vales submarinos (DAVIES et al., 2004). Isso vale para os níveis mais altos da chave, onde são identificados os habitats genéricos. Já nos níveis mais baixos (biótopos), são consideradas características locais da área que está sendo estudada, sendo possível o detalhamento até o nível de espécie. Para isso, se baseia em conceitos bem consolidados no meio acadêmico, como a influência que as zonas biológicas e o tipo de substrato possuem na distribuição biológica, as quais são características do ambiente marinho que podem ser aplicáveis ao mundo todo (COSTELLO, 2009). Portanto, os conceitos atribuídos nos níveis mais altos da classificação e os parâmetros utilizados para a definição das classes podem ser usados para representar os habitats brasileiros.

Como demonstrado nesta análise, a forma de caracterização do ambiente marinho pode variar significativamente entre os sistemas de classificação existentes. Isso demonstra uma falta de consenso sobre quais são os parâmetros que devem compor esta caracterização. Por um lado, dados contínuos sobre a distribuição de espécies podem ser utilizados para a definição de áreas homogêneas no ambiente (JUANES et al., 2016), como encontrado na regionalização em macroescala do IMCRA. No entanto, estes dados são geralmente pontuais, o que gera incerteza sobre a real distribuição das espécies analisadas e exigem grande esforço de amostragem,. Além disso, os dados de distribuição biológica são pontuais o que gera grande incerteza sobre a real distribuição destes organismos

Nesse contexto, o uso de indicadores abióticos tem sido a abordagem utilizada para mapeamentos de grandes áreas, pois permitem a modelagem da distribuição dos habitats e criação de mapas preditivos (COGAN, 2009). Além disso, estes modelos são dinâmicos e têm a capacidade de evoluir ao longo do tempo, incorporando novas técnicas de mapeamento dos parâmetros utilizados (RICE et al., 2011). A questão que ainda está em aberto é o quão representativo estes indicadores abióticos são nos níveis de população, comunidade e ecossistema. Por esse motivo, é importante que os sistemas apresentem uma padronização dos parâmetros utilizados em cada nível da classificação, permitindo a inclusão ou alteração destes à medida que o conhecimento sobre sua influência na distribuição das espécies avança.

O EUNIS demonstrou vantagens quanto aos aspectos apontados. Desde sua criação, o sistema foi capaz de acomodar modificações na forma como as classes são definidas e na ordem que cada parâmetro abiótico é incorporado nos diferentes níveis. A partir da definição das zonas biológicas e do tipo de fundo é possível mapear os habitats do 2º nível da classificação (EVANS et al., 2016). A inclusão de outros parâmetros, como níveis de exposição a ondas, permitem um detalhamento das características de cada habitat, sem demandar uma grande quantidade de dados, como o CMECS e o PRMPA. Apesar de o EUNIS não buscar exaurir a quantidade de parâmetros que podem ser incorporados na caracterização do ambiente marinho, os habitats mapeados utilizando a classificação permite que tomadores de decisão possam identificar características oceanográficas importantes de unidades espaciais homogêneas.

Além disso, a associação dos habitats mapeados com os serviços ecossistêmicos que eles ofertam, tem avançado com o objetivo de avançar na GBE (GALPARSORO et al., 2014; SALOMIDI et al., 2012). O programa Mapping and Assessment of Ecosystems and their services (MAES), da Comissão Europeia, foi criado com o intuito de coordenar a criação de um arcabouço metodológico para analisar e quantificar os serviços ecossistêmicos de toda Europa (MAES et al., 2013).

As informações analisadas e discutidas nos subitens anteriores estão sintetizadas no Quadro 3, o qual avalia o cumprimento de cada critério preestabelecido para a análise.

Quadro 3. Análise da avaliação de cumprimento dos critérios preestabelecidos por cada sistema de classificação.

	Hierarquização	Flexibilidade	Parâmetros utilizados
EUNIS	✓	O	✓
IMCRA	✓	O	O
PRMPA	✓	X	✓
CMECS	✓	✓	X

✓ Atende completamente; O – Atende parcialmente; X – Não atende.

O EUNIS se mostrou o sistema de classificação que melhor atende os critérios propostos, visto que o único critério que foi pontuado como “Atende parcialmente” foi o de flexibilidade do sistema. Como discutido anteriormente, este critério foi pontuado desta forma pois as alterações nas classes de habitats, propostas desde a sua criação,

foram realizadas principalmente nos níveis mais elevados do sistema (Nível 4 - Complexo de Biótopos e Nível 5 -Biótopos).

Algumas alterações podem ser incorporadas à chave, como as distinções entre regiões biogeográficas. Uma abordagem possível é a adotada pelo CMECS, o qual utiliza a bioregionalização do MEOW (SPALDING et al., 2007). Porém, ela é baseada em correlações taxonômicas entre espécies, o que incorporaria os parâmetros biológicos logo nos primeiros níveis da classificação. Como na classificação original, as divisões entre os habitats do Mar Báltico e do Oceano Atlântico são justificadas pelas características oceanográficas distintas entre as duas regiões, algo semelhante precisa ser analisado para que distinções deste tipo possam ser propostas.

Além disso, o EUNIS busca sintetizar um conjunto de informações que permitam a interpretação, comparação e priorização de habitats para tomadores de decisão. Assim, diferentemente do IMCRA e do PRMPA, os dados de maior precisão ecológica são incorporados somente nos níveis mais altos da classificação. Isso permite que mapeamentos de grandes áreas, necessário para alcançar diferentes objetivos da GBE. Ao possibilitar o mapeamento em diferentes escalas, os gestores podem definir o tipo de mapeamento mais adequado para a necessidade do momento.

Os outros aspectos analisados demonstram que o EUNIS pode ser utilizado como base para a proposição de um sistema de classificação a ser aplicado no Brasil, especialmente no Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha, sem que sejam necessárias alterações significativas em sua estrutura e classes.

7. ESTUDO DE CASO: HABITATS BENTÔNICOS DA PLATAFORMA CONTINENTAL DO RIO GRANDE DO SUL

A classificação dos habitats marinhos da plataforma continental do Rio Grande do Sul se deu a partir da chave de classificação do EUNIS (Davies & Moss, 2004), adaptada como demonstrado anteriormente. O mapeamento dos habitats se deu a partir do cruzamento de dados de parâmetros abióticos, como o tipo de substrato, batimetria, coeficiente de luminosidade e dados provenientes de modelagem de ondas. Com isso, foi possível modelar a distribuição de habitats bentônicos e testar a chave de classificação do EUNIS adaptada.

A Figura 14 demonstra o fluxo de operações realizadas para elaboração do mapa de habitats bentônicos da plataforma continental do RS. Os resultados da aplicação desta metodologia, assim como suas limitações, são descritos em detalhe nos itens a seguir.

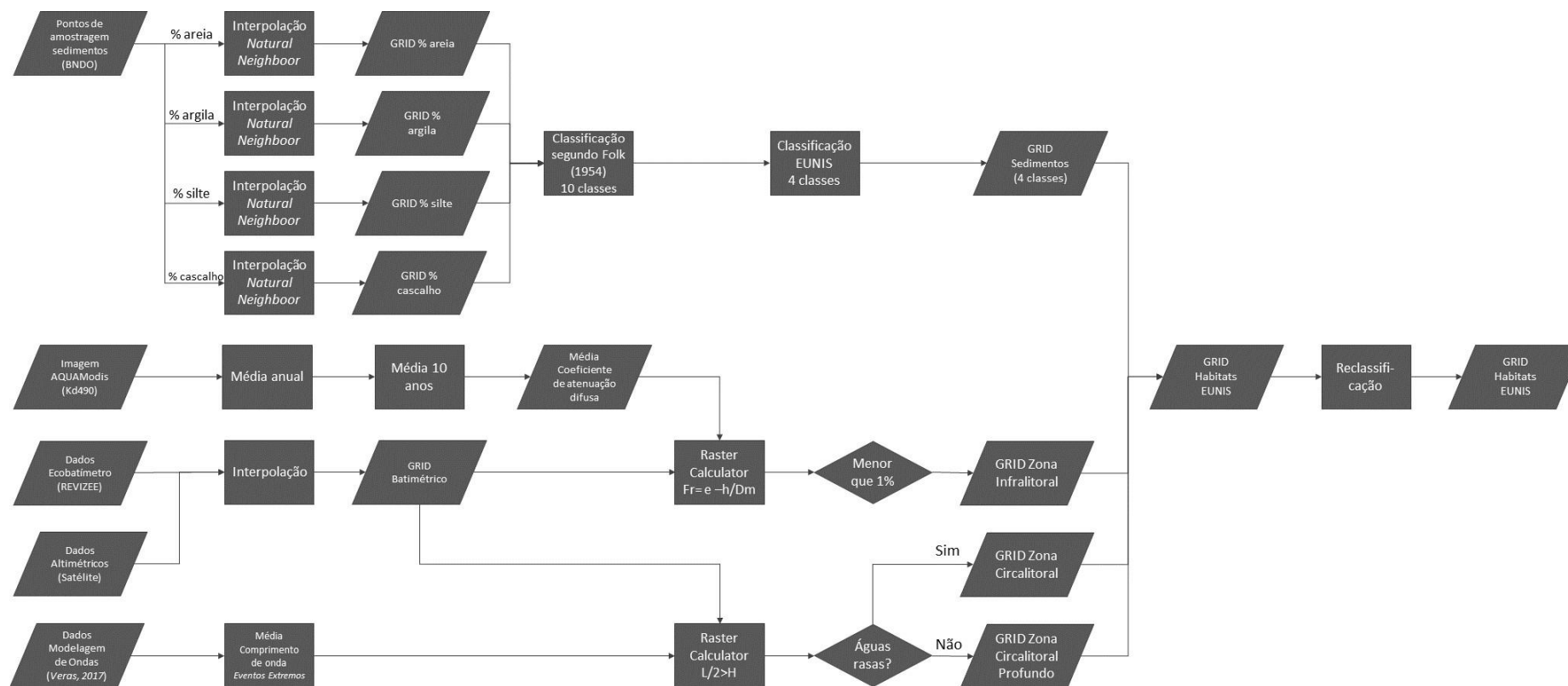


Figura 14. Fluxograma de elaboração do mapa de habitats bentônicos da plataforma continental do RS. Fonte: elaboração própria

7.1. Batimetria

Os dados de batimetria, foram obtidos a partir de compilações elaboradas pelo Laboratório de Hidroacústica da Universidade Federal do Rio Grande. Estes dados são compostas de levantamentos elaborados pelos projetos *Levantamento da Plataforma Continental Jurídica* (LEPLAC), *Programa de Reconhecimento da Margem Continental Brasileira* (REMAC), *Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva* (REVIZEE), entre outros levantamentos de dados acústicos e dados batimétricos. A malha amostral foi complementada com dados de satélite altimétrico e disponibilizado em formato matricial (raster). O mapa batimétrico gerado foi criado a partir de 6.247.111 dados batimétricos, sendo 5.249.191 provenientes de dados acústicos de cruzeiros de pesquisa e 997.920 de altimetria por satélite (PINHO *et al.*, 2016). O mapa batimétrico resultante (Figura 15) possui resolução de 30 x 30 segundos de grau.

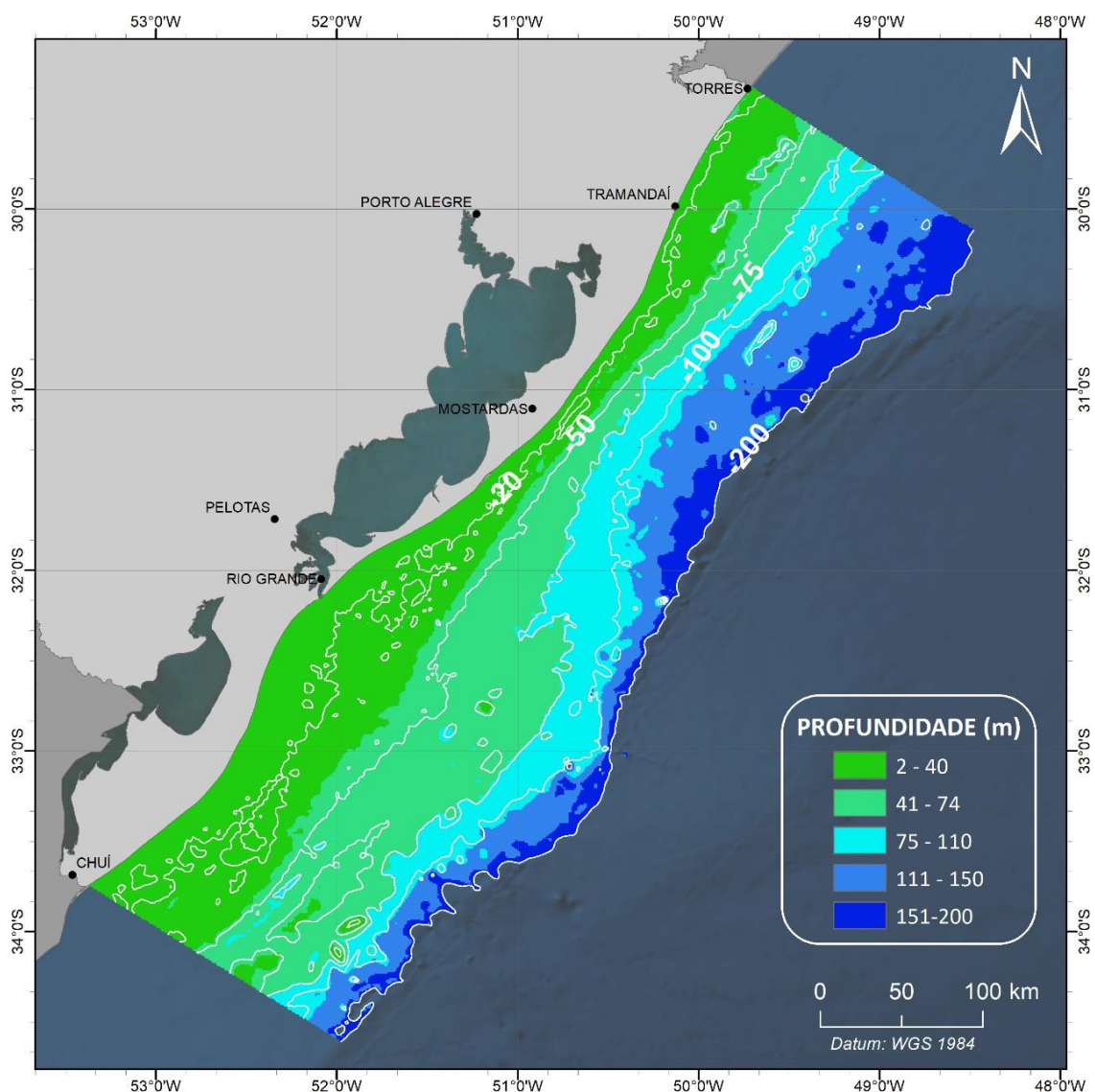


Figura 15. Mapa batimétrico da plataforma continental do RS. Fonte: elaboração própria.

Neste mapa, é possível identificar que a plataforma continental do RS apresenta dois padrões distintos na distribuição de profundidade, diferenciando-se no sentido norte/sul. Na porção sul, a plataforma apresenta maior extensão, sendo que as faixas entre 2-40m e 41-74m se estendem por aproximadamente metade da plataforma, onde está localizado o Cone do Rio Grande. Na porção norte, pode ser identificada a feição do Terraço do Rio Grande, que se estende das proximidades de Tramandaí até o estado de Santa Catarina. Nesta feição, a declividade é menos acentuada, apresentando maior distância entre as profundidades de 100m e 200m.

7.2. Tipo de Substrato

Foram interpolados um total de 701 pontos de sedimentos, provenientes de coletas em diferentes períodos no tempo, entre 1967 e 2004. Esse dado foi disponibilizado pelo Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO), através de solicitação encaminhada ao portal. Os dados estão organizados por coordenada geográfica, profundidade de coleta e porcentagens de areia, argila, silte e cascalho de cada amostra. A distribuição dos pontos analisados no interior da área de estudo está representada na Figura 16.

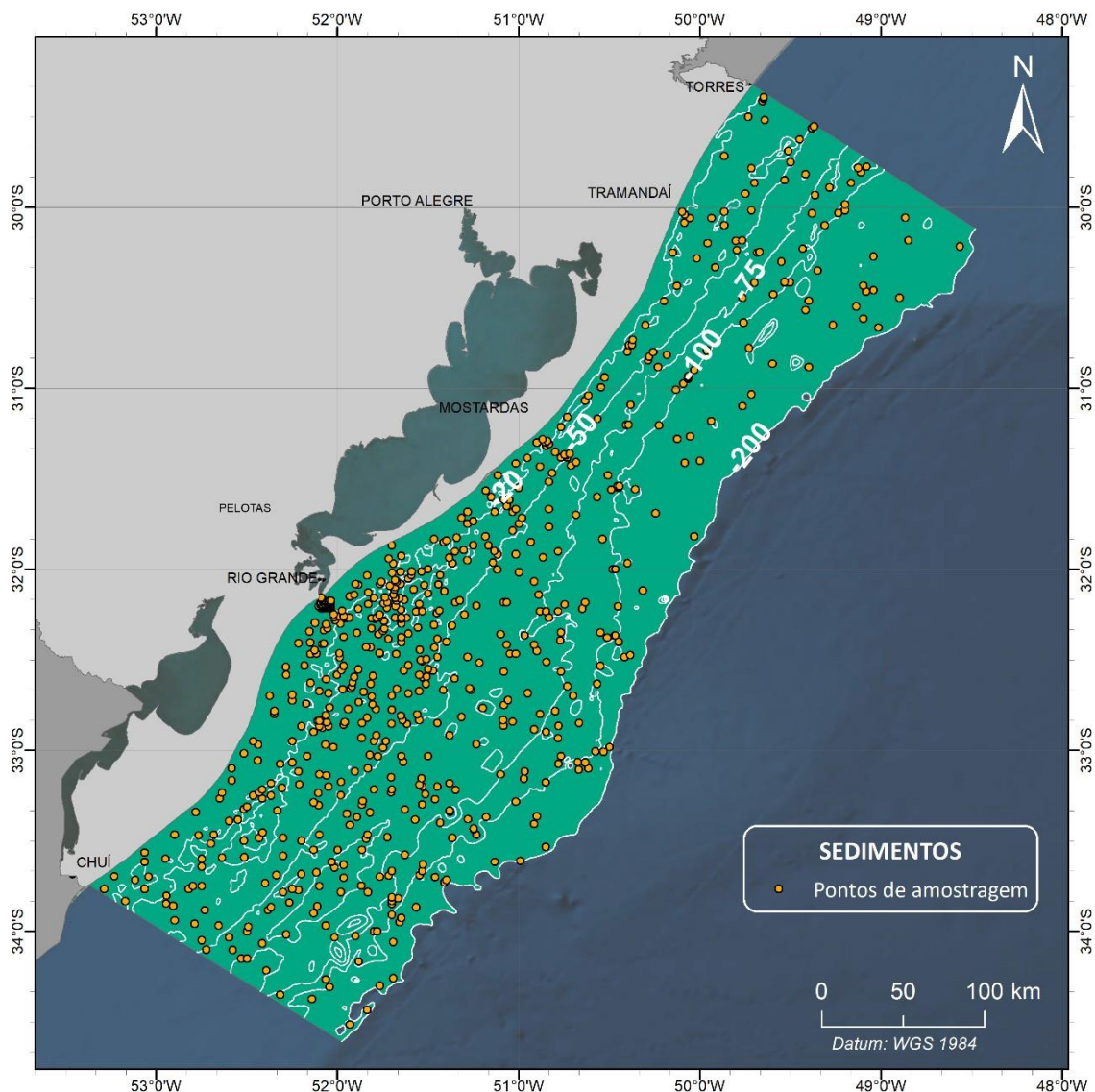
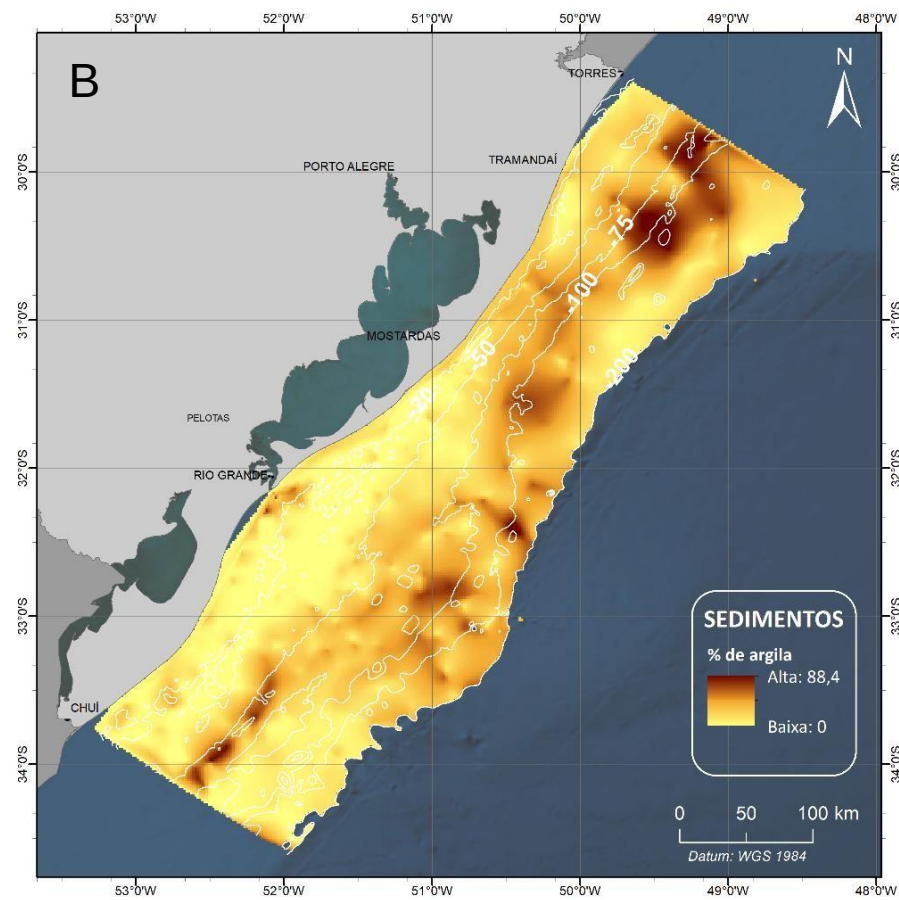
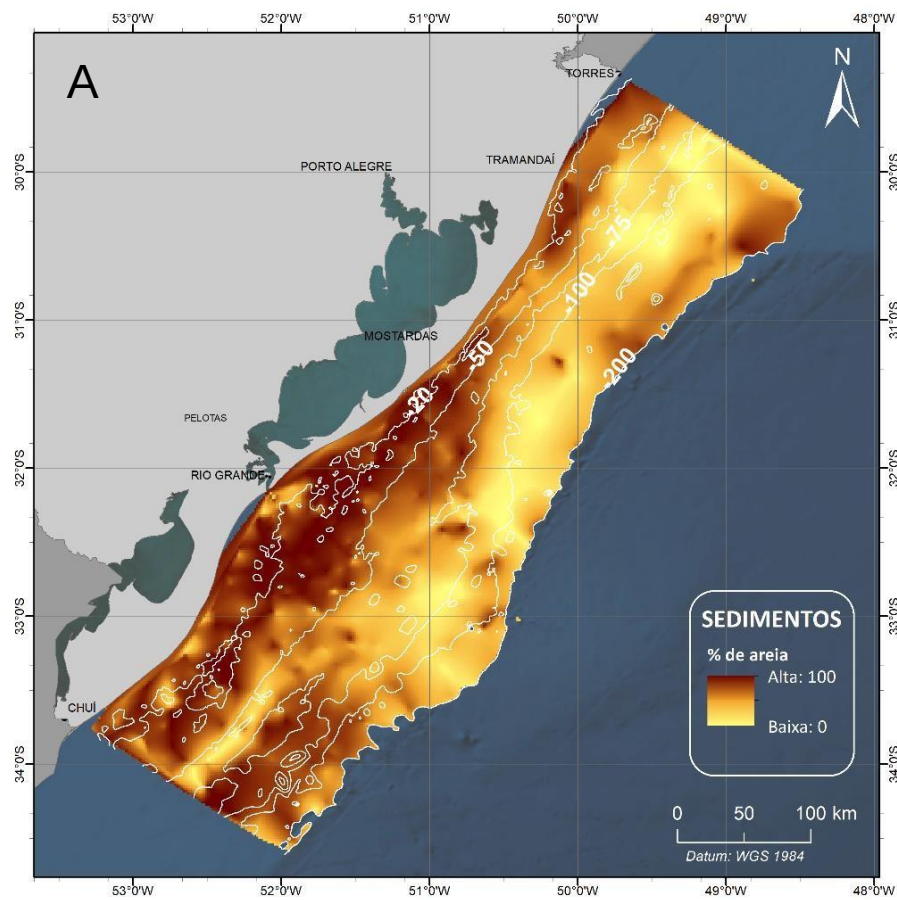


Figura 16. Pontos amostrais de sedimento ao longo da área de estudo. Fonte: elaboração própria.

As amostras pontuais foram interpoladas no software ArcGis 10.4, obtendo-se arquivos matriciais (rasters) com a porcentagem de areia, argila, cascalho e silte (Figura 17). A interpolação foi feita através do método *Vizinho Natural*, que utiliza pontos similares dentro da malha existente para fazer o agrupamento de pontos. Este método se apresentou adequado, pois suporta a distribuição heterogênea de pontos amostrais e não cria vazios de dados nos locais onde a nuvem de pontos é escassa (BULHÕES & DRUMOND, 2012).



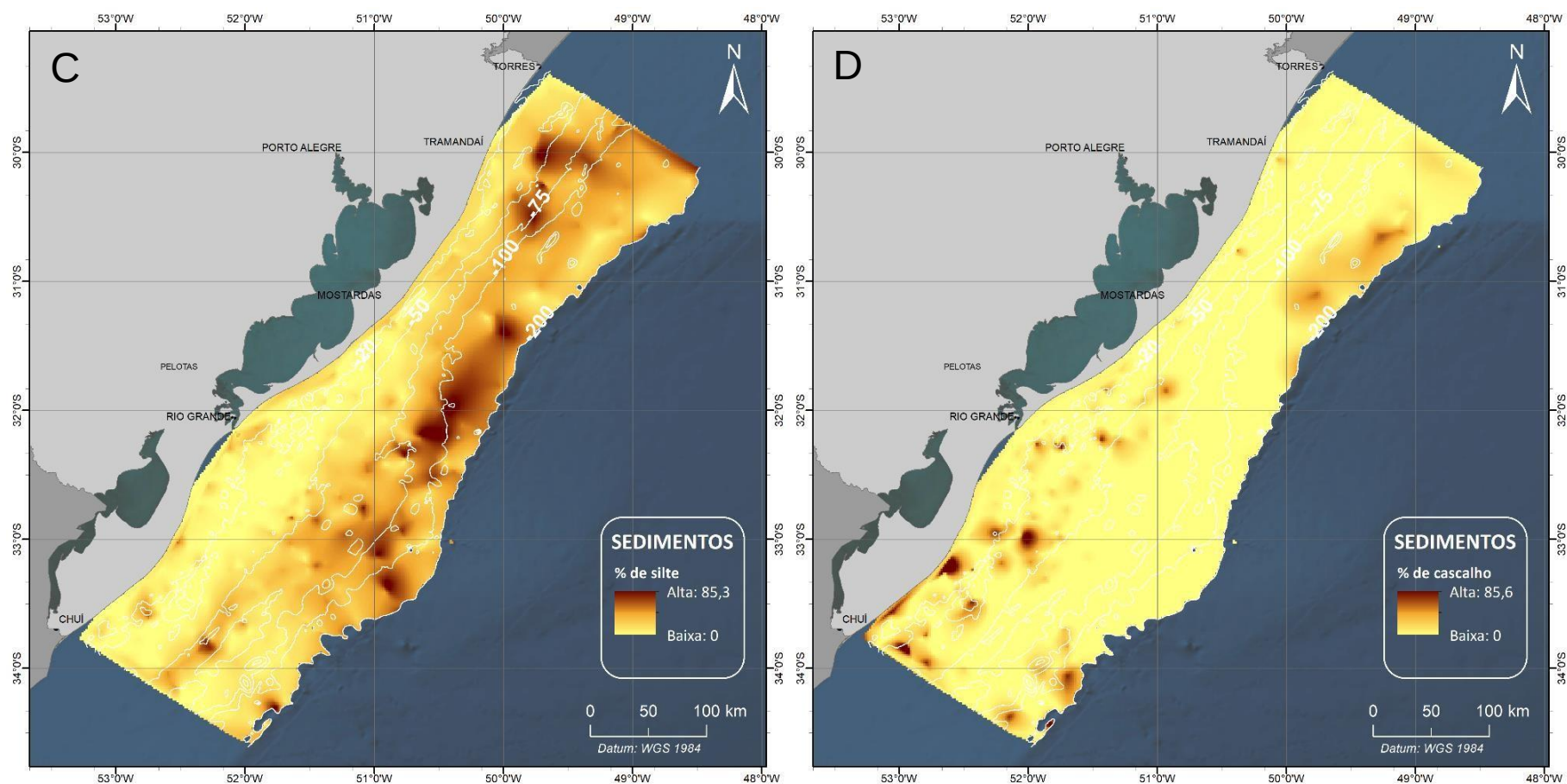


Figura 17. Porcentagens de Areia (A), Argila (B), Silte (C) e Cascalho (D), na plataforma continental do RS, Fonte: elaboração própria

Os resultados apontam para o predomínio de altas porcentagens de areia em toda plataforma continental (Figura 17.A), com destaque para as profundidades até 20 metros. A distribuição dos sedimentos mais finos (silte e argila) (Figura 17.B E 17.C, respectivamente), concentra-se entre as profundidades de 100 e 200 metros, principalmente na porção norte da plataforma continental. Locais com alta concentração de cascalho concentram-se em áreas ao sul da plataforma, nas profundidades até 50 metros e próximo à quebra (latitude 31°S). Os resultados apontam para uma correlação com estudos prévios, como o de Calliari (2015), que afirma que a atual distribuição de sedimentos na plataforma segue um padrão longitudinal a partir da linha de costa, variando de areia grossa a média na praia, para areia fina na zona de arrebentação, areia lamosa na antepraia e concentrações cada vez mais elevadas de sedimentos lamosos à medida que se aproxima da quebra da plataforma continental.

Posteriormente, os arquivos matriciais foram classificados de acordo com Folk (1954), gerando 11 classes sedimentares distintas (Figura 18). A classificação é realizada considerando as proporções entre areia e lama (silte e argila), além da porcentagem de cascalho da amostra. O mapa resultante desta classificação está representado pela Figura 19.

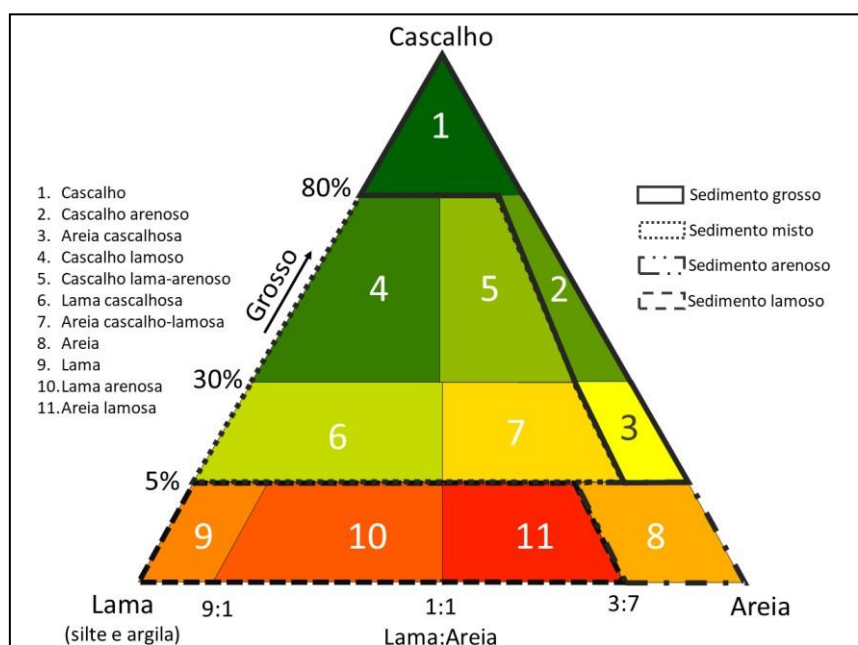


Figura 18. Triângulo de Folk (1954) modificado. Fonte: adaptado de Coltman, Golding & Verling, (2008).

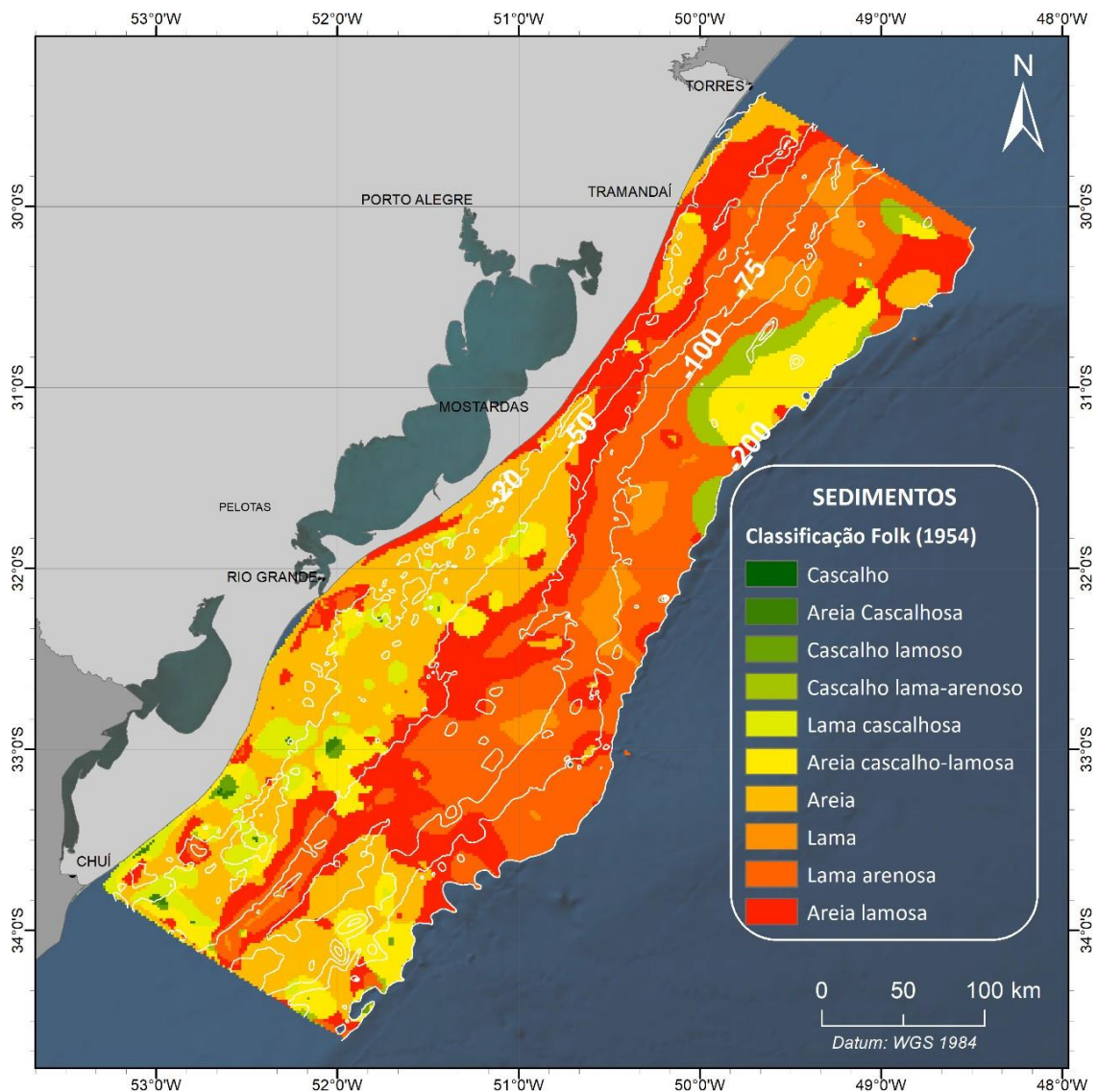


Figura 19. Mapa sedimentar da plataforma continental do RS, segundo classificação de Folk (1954). Fonte: elaboração própria.

As classes obtidas através do método de Folk, foram: cascalho (1), cascalho arenoso (2), areia cascalhosa (3), cascalho lamoso (4), cascalho lama-arenoso (5), lama

cascalhosa (6), areia cascalho-lamosa (7), areia (8), lama (9), lama arenosa (10), areia lamosa (11). Posteriormente, estas classes foram agrupadas a fim de obter-se as classes de sedimento delimitadas para o nível 2 de classes do EUNIS: (a) Sedimentos lamosos; (b) Sedimentos arenosos; (c) Sedimentos grosseiros; e (d) Sedimentos mistos. O agrupamento das classes se deu de acordo com o Quadro 4.

Quadro 4. Método de reclassificação de sedimentos a partir das classes de Folk (1954)

Classe original Folk (1954)	Classes EUNIS nível 2
1. Cascalho 2. Cascalho arenoso 3. Areia cascalhosa	a. Sedimento Grosso
4. Cascalho lamoso 5. Cascalho lama-arenoso 6. Lama cascalhosa 7. Areia cascalho-lamosa	b. Sedimento Misto
8. Areia	c. Sedimento Arenoso
9. Lama 10. Lama arenosa 11. Areia lamosa	d. Sedimento Lamoso

A representação aponta para a predominância de classes sedimentares com baixa concentração de cascalho (abaixo de 5%) ao longo de toda plataforma, totalizando 82.8

% da área de estudo (Tabela 1). A maior porcentagem de classe sedimentar está representada por 30.8% de lama arenosa, seguida por areia (25.2%) e areia lamosa (21.9%). Áreas com amostras entre com porcentagens intermediárias de cascalho (entre 5 e 30%) representam 14.3% da área total, e com mais de 30% de cascalho representam 3% do total da área de estudo.

Ao longo da plataforma, predominam fundos com maior proporção de areia (maior que 1:1), representando 47.1% da área total. Essas regiões concentram-se na desembocadura da Lagoa dos Patos, e se distribuem, principalmente, até os 50 metros de profundidade. As áreas com proporções maiores proporções de silte e argila em relação à areia – lama e lama arenosa – predominam em toda a plataforma em profundidades maiores que 50 metros, representando um total de 35.7% da área de estudo.

Na porção sul, ocorre algumas áreas de areia cascalhosa e cascalho lamoso, concentradas em pequenas manchas em profundidades até 50 metros. Na porção norte da plataforma continental, ocorrem áreas de cascalho lama-arenoso e lama cascalhosa (latitude 31°S), distribuídas continuamente entre a profundidade de 100 e 200 metros.

Tabela 1. Distribuição das classes sedimentares de acordo com a área ocupada e a porcentagem da área total que representam.

Classes Sedimentares (Folk)	Área (km ²)	%
Cascalho		
Cascalho arenoso		

Areia cascalhosa	167	
Cascalho lamoso	205	0.2
Cascalho lama-arenoso	2335	2.8
Lama cascalhosa	3432	4.1
Areia cascalho-lamosa	8337	10.0
Areia	21120	25.2
Lama	4081	4.9
Lama arenosa	25786	30.8
Areia Lamosa	18309	21.9
Total	83776	100.0

Estas classes foram agrupadas conforme a modificação proposta por Davies *et al.* (2004), a qual é a classificação utilizada pelo EUNIS (Figura 18). Este agrupamento gera quatro classes distintas de sedimentos: sedimentos grossos, sedimentos arenosos, sedimentos lamosos e sedimentos mistos. O resultado deste agrupamento está representado na Figura 20.

Os resultados apontam para predominância da classe de sedimento arenoso até a isóbata de 50 metros, intercalados com regiões de sedimento lamoso. Áreas com sedimento lamoso predominam nas profundidades maiores que 50 metros, com uma área significativa de sedimento misto próxima à quebra da plataforma (latitude 31°S). Algumas manchas de sedimento grosso ocorrem ao sul da desembocadura da Lagoa dos Patos até o Chuí, intercalados com áreas de sedimento misto e arenoso.

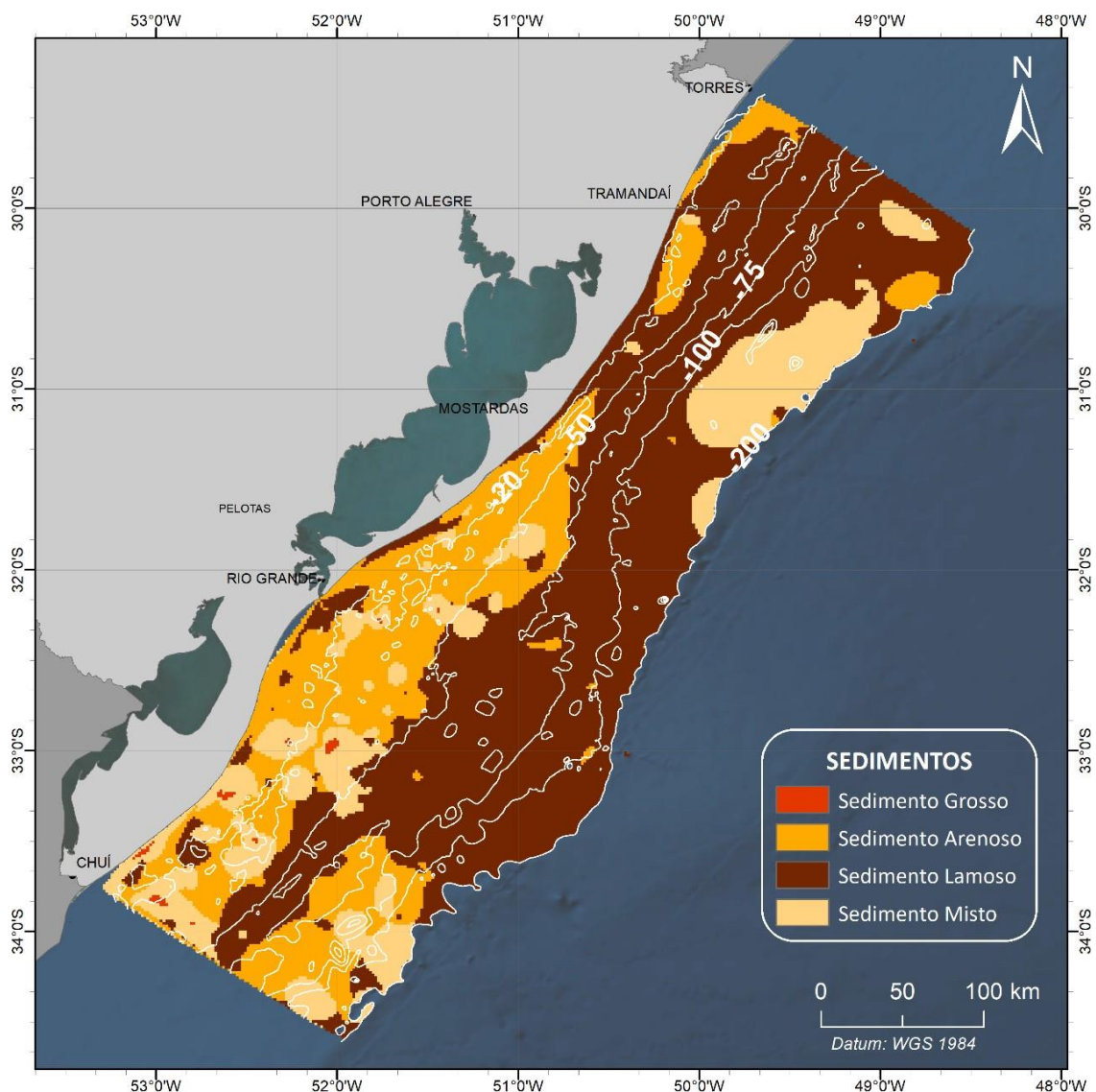


Figura 20. Classes de sedimentos segundo Davies & Moss (2004). Fonte: elaboração própria.

7.3. Zonas Biológicas

O EUNIS divide as zonas biológicas, definidas a partir das características que dão suporte à colonização de diferentes comunidades bentônicas, como por exemplo incidência de luz no fundo marinho ou perturbação causada pela ação de ondas no substrato. Neste sentido, o ambiente marinho se divide em cinco zonas: litoral, infralitoral, circalitoral, circalitoral profundo e oceano profundo (Figura 21). A zona litoral compreende as áreas que são temporariamente cobertas pela água do mar, de acordo com ciclos de maré.

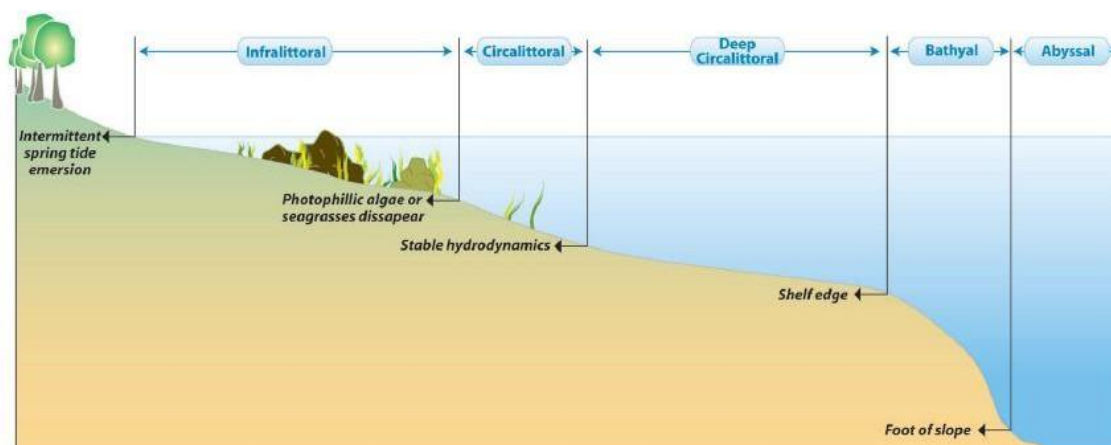


Figura 21. Zonas biológicas classificadas pelo EUNIS. Fonte: Vasquéz et al. (2013)

A zona infralitoral se inicia logo abaixo do nível médio de baixamar e se estende até onde a luminosidade incidente na coluna d'água consegue atingir ao menos 1%. Esta zona caracteriza-se pela possibilidade de abrigar organismos fotossintetizantes, como macroalgas ou gramíneas marinhas (COLTMAN, GOLDING & VERLING, 2008; CONNOR *et al.*, 2006). Para definição desta zona, utiliza-se o coeficiente de atenuação difusa K_d490 como *proxy* da luminosidade (COLTMAN, GOLDING & VERLING, 2008). Este coeficiente é medido pelo nível de absorção dos comprimentos de luz que variam do verde ao azul, que são absorvidos ao longo da coluna d'água de acordo com suas propriedades físico químicas. Portanto, quanto maior for o número de partículas presentes na coluna d'água (como sedimentos, por exemplo) maior será a atenuação da luz ao longo de sua penetração vertical.

Já a zona circalitoral é definida pelo limite inferior da zona infralitoral até a profundidade onde as ondas exercem influência sobre o leito marinho. Essa relação se dá onde o comprimento de onda é menor ou igual à profundidade (Figura 22). A partir desta profundidade, inicia-se a zona circalitoral profundo, que tem seu limite externo definido pelo fim da plataforma continental. Abaixo dessa profundidade, inicia-se a zona de oceano profundo, que pode ser dividida em batial e abissal.

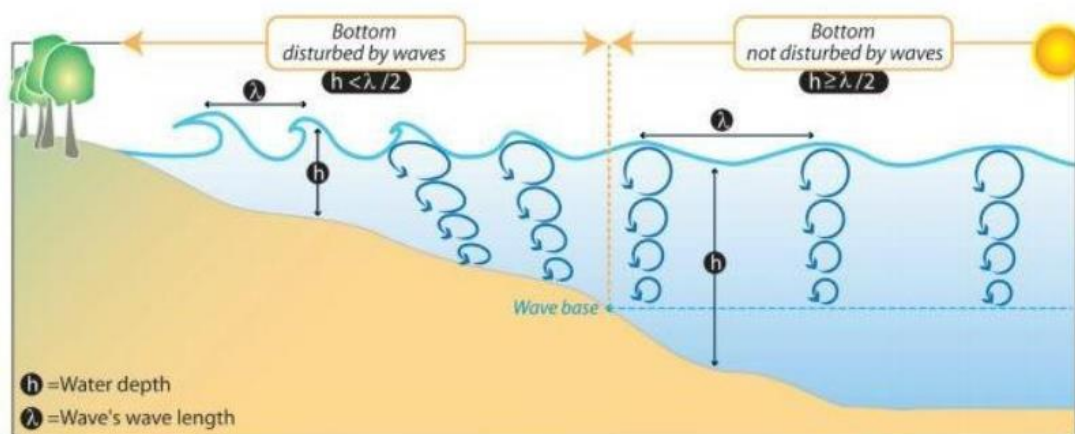


Figura 22. Limite da zona na qual as ondas influenciam o leito marinho ($h < \lambda/2$). Fonte: Vasquéz et al. (2013)

Segundo a metodologia do EUNIS, a plataforma continental pode ser dividida em três zonas biológicas distintas, as quais se distribuem segundo um gradiente de profundidade. A zona infralitoral é caracterizada pela linha de costa em seu limite mais raso, se estendendo até a profundidade onde a incidência de luminosidade chega ao menos 1% no fundo marinho. Neste estudo, considerou-se a linha de costa oficial adotada pelo IBGE, onde a profundidade atribuída é de 0 metros. Já o limite inferior foi definido através do Coeficiente de Atenuação Difusa (K_d490), que determina o quanto de luminosidade é absorvido por partículas em solução ou suspensão ao longo da coluna d'água. Portanto, o nível de absorção é determinado por propriedades físicas, químicas e biológicas da água. Segundo Jensen (2009), os principais aspectos que interferem no Coeficiente de Atenuação Difusa (K_d490) são matéria orgânica dissolvida, material em suspensão, pigmentos fotossintetizantes, entre outros. O resultado foi obtido a partir dos valores médios anuais durante um período de 10 anos e cruzados com dados batimétricos. O resultado está representado na Figura 23.

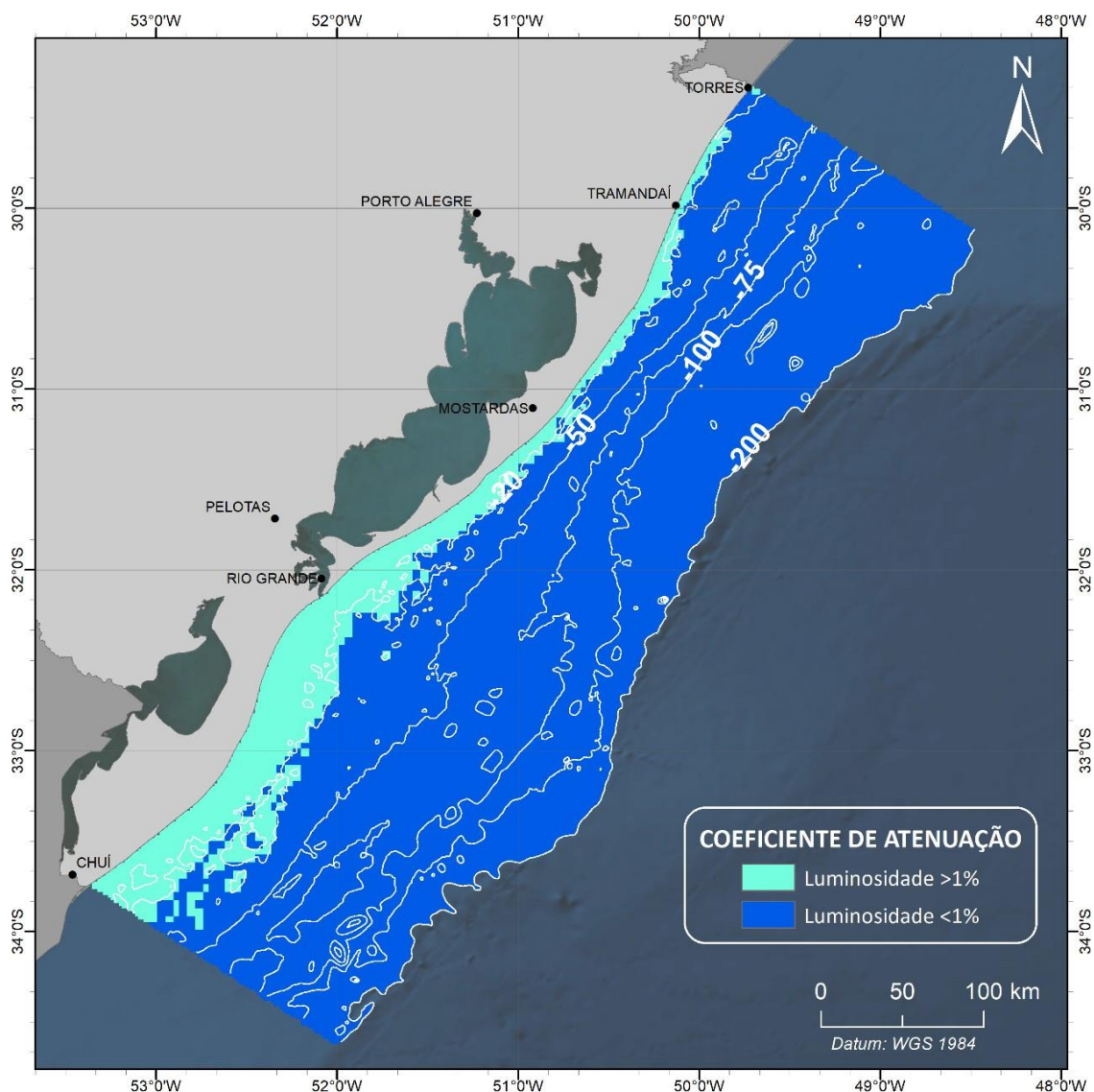


Figura 23. Definição do limite da zona infralitoral (Luminosidade menor que 1%). Fonte: elaboração própria.

A análise aponta para altos valores de atenuação ao longo da isóbata de 20 metros, que diminuem com o aumento da profundidade. Isto se deve ao aporte de partículas em suspensão, principalmente de sedimentos provenientes da Lagoa dos Patos. A porção ao norte de Mostardas apresenta menores valores de atenuação, devido ao baixo aporte de partículas advindas do continente, visto a ausência de rios de grande porte que deságuam no oceano. Por esse motivo, a zona infralitoral apresenta maior extensão na porção centro e sul da plataforma continental, e menor extensão na plataforma norte.

A zona circalitoral inicia-se adjacente ao limite inferior da zona infralitoral e se estende até o início da zona circalitoral profundo. Este limite é definido pela interação das ondas com o fundo marinho, na qual apresenta o comportamento de águas rasas na zona circalitoral, ou seja, onde as ondas interagem com o substrato, e onde possui o comportamento de águas profundas na zona circalitoral profundo.

A zona biológica contígua à infralitoral é a zona circalitoral. Ela é caracterizada pela influência das ondas na camada bentônica, ou seja, onde as características da onda estão relacionadas àsquelas em águas rasas. Seu limite superior é a penetração de luminosidade menor que 1% no fundo (fim da zona infralitoral) e o limite inferior é caracterizado pela região onde metade do comprimento da onda (L) é maior que a profundidade (h) do local (Connor, 2006). O limite entre águas rasas e águas profundas define a zona contígua à circalitoral, que é a zona circalitoral profunda, a qual se estende até o início da quebra da plataforma continental.

Os dados de modelagem de onda são provenientes do trabalho de Veras (2017), o qual utilizou dados de eventos extremos entre os anos de 2014 e 2016 para prever o nível de exposição da costa durante estes eventos. Foi realizada uma média dos cenários de comprimento de onda estabelecidos pelo modelo que foi cruzado com os dados de batimetria, definindo o limite de profundidade no qual a onda interage com o fundo.

A Figura 24 apresenta os resultados da definição dos limites entre a zona circalitoral e circalitoral profundo. É possível observar que as ondas apresentam comportamento de águas rasas entre a profundidade de 20 e 50 metros. Na porção norte, as ondas se aproximam da costa com maior comprimento, enquanto na porção sul o limite se aproxima da isóbata de 50 metros. O limite de águas rasas se aproxima da costa na região de Mostardas e apresenta a maior amplitude entre Rio Grande e Chuí.

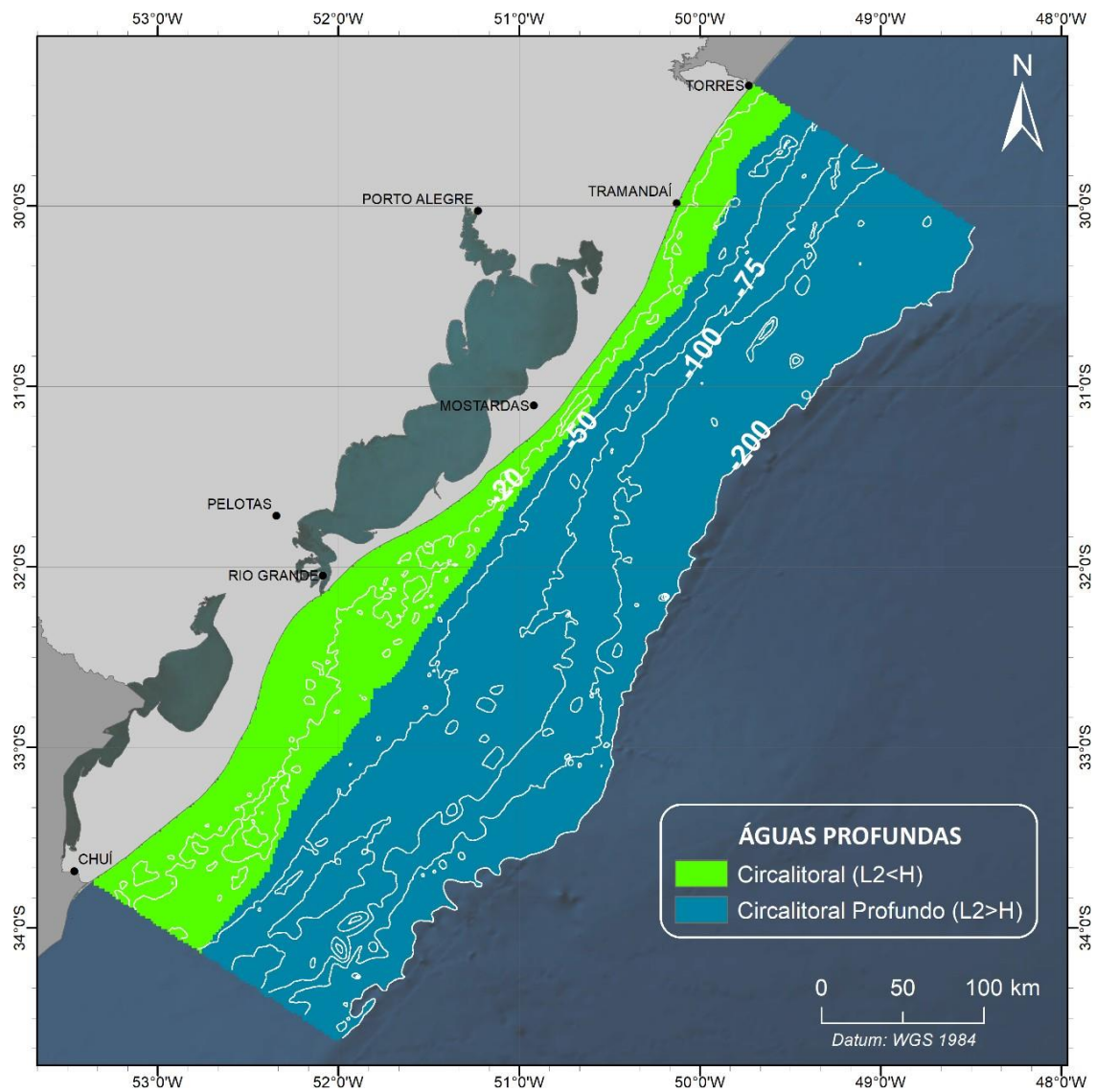


Figura 24. Definição do limite entre águas rasas (Circalitoral) e águas profundas (Circalitoral Profundo). Fonte: elaboração própria.

A integração das análises apresentadas resultou no mapeamento das zonas biológicas da plataforma continental do RS (Figura 25).

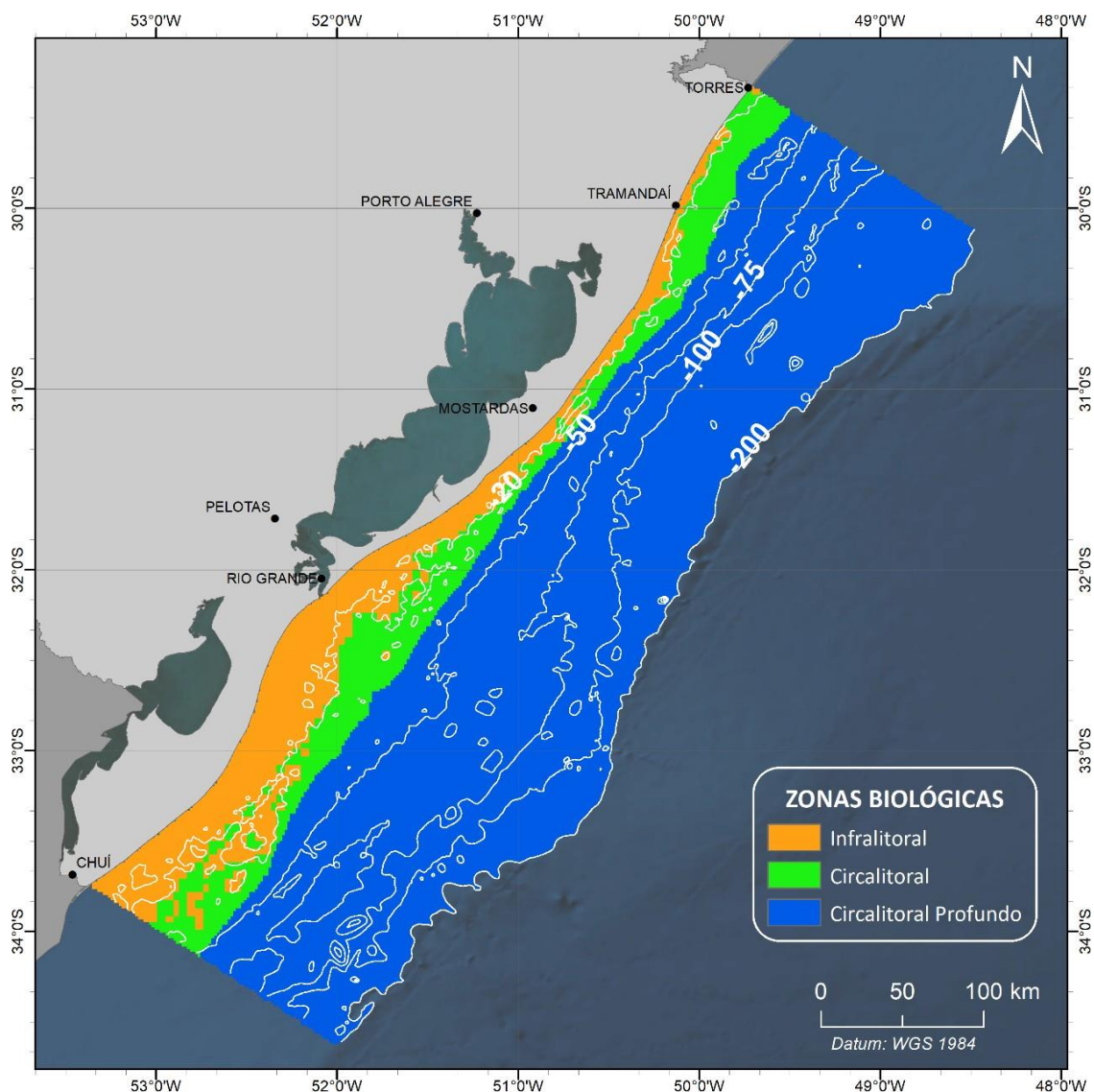


Figura 25. Zonas biológicas da plataforma continental do RS. Fonte: elaboração própria.

7.4. Mapa de habitats

Para o mapeamento dos habitats foram cruzados os dados de classes sedimentares e das zonas biológicas, utilizando a classificação do EUNIS modificada. Cabe ressaltar que, os dados de energia de onda que compõem a metodologia original de mapeamento proposta por Coltman, Vasquéz *et al.* (2008), não foram utilizados pois são utilizados para classificar somente os habitats rochosos, que não foram identificados neste estudo. Além disso, os habitats pelágicos não foram abordados neste trabalho, devido às lacunas conceituais que ainda precisam ser resolvidas (Galparsoro *et al.*, 2012), como a sazonalidade dos parâmetros mapeados e da integração dos dados abióticos.

Foram identificados nove habitats distintos na plataforma continental do RS (Figura 26). Os subníveis identificados apresentam o predomínio de habitats das classes *Circalitoral Profundo Lamoso* (A6.7), que representam 54.14% da área de estudo; seguido por

habitats *Circalitoral Profundo de sedimentos mistos* (A6.8), com 10.80% da área; e *Circalitoral Profundo Arenoso* (A6.6), representando 10.11% da área total (Tabela 2). Dentre os habitats identificados, as menores porcentagens estão entre as classes de *Circalitoral Lamoso* (A6.3) e *Circalitoral Arenoso* (A6.2), representando 2.31% e 1.88%, respectivamente. Cabe ressaltar que os habitats com sedimentos grossos (A4.1, A6.1 e A6.5) não foram identificados, pois esses habitats representam áreas muito restritas e que foram incorporadas à outras classes na representação final.

Tabela 2. Área ocupada pelas classes de habitats mapeadas e porcentagem da área total que representam.

Código	Habitat EUNIS	Área (km²)	Porcentagem (%)
A4.2	Infralitoral Arenoso	2329	2.81
A4.3	Infralitoral Lamoso	1970	2.38
A4.4	Infralitoral Sedimentos Mistos	6251	7.54
A6.2	Circalitoral Arenoso	1555	1.88
A6.3	Circalitoral Lamoso	1912	2.31
A6.4	Circalitoral Sedimentos Mistos	6665	8.04
A6.6	Circalitoral Profundo Arenoso	8386	10.11
A6.7	Circalitoral Profundo Lamoso	44890	54.14
A6.8	Circalitoral Profundo Sedimentos Mistos	8950	10.80
Área total		82908	100.00

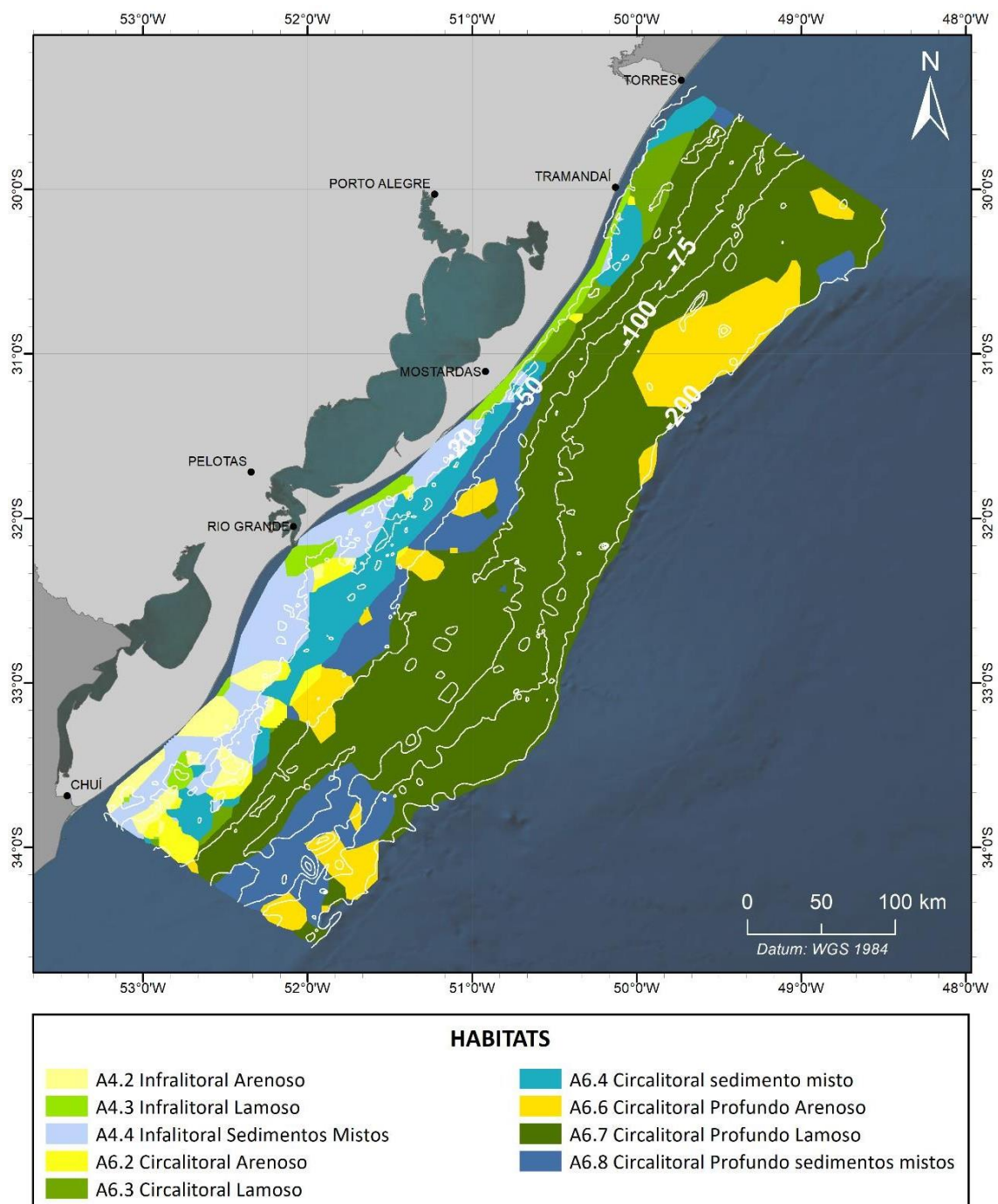


Figura 26. Habitats bentônicos da plataforma continental do Rio Grande do Sul, segundo classificação adaptada do EUNIS. Fonte: elaboração própria.

Para as classes de habitats identificadas no mapeamento elaborado, foram traduzidas as descrições originais extraídas do site do sistema (<https://eunis.eea.europa.eu/>). À estas descrições, buscou-se incorporar informações sobre os bens e serviços ecossistêmicos associados a cada habitat, bem como os maiores vetores de pressão sob cada um, a partir do trabalho elaborado por Salomidi *et al.* (2012). Os resultados são apresentados nos itens a seguir.

A4.2 Infralitoral Arenoso Descrição

Sedimento arenoso que ocorre em águas rasas, tanto em costas abertas quanto em canais de varredura de maré em enseadas. Este habitat é tipicamente caracterizado pela ausência de algas marinhas e presença robusta de fauna, particularmente de anfípodas e poliquetas.

Bens e serviços ecossistêmicos

Este habitat provém áreas de berçário e reprodução para diversas comunidades de peixes demersais. A epifauna e endofauna pode ser rica e diversa, dando suporte à diversas espécies de peixes predadoras. Esses sedimentos possuem um importante papel na manutenção do balanço sedimentar de praias arenosas.

Ameaças

Este habitat é diretamente afetado por uma gama de impactos antropogênicos, resultantes de atividades urbanas, industriais, agrícolas e outras atividades costeiras. Distúrbios causados por eventos naturais, como marés meteorológicas, também podem afetar este habitat, e o resultado podem influenciar diretamente o regime de turbidez e resuspensão de sedimentos. Perturbações físicas podem ser causadas direta e indiretamente pela ação da pesca e dragagem. A pesca pode afetar a integridade física do sistema de sedimentos, através de raspagem, por exemplo; enquanto atividades de dragagem e mineração afetam os regimes sedimentar e hidrográfico através de uma variedade de efeitos. Em ambientes de alta energia, os impactos das atividades humanas podem ser considerados transitórios e reversíveis.

A4.3 Infralitoral lamoso Descrição

Sedimento lamoso coeso na zona infralitoral, tipicamente com porcentagens acima de 20% de argila/silte, em profundidades até 15-20 metros. Este habitat é geralmente encontrado em enseadas ou áreas abrigadas em costas abertas. Espécies típicas incluem uma variedade de poliquetos, anfípodas tubícolas e bivalves filtradores.

Bens e serviços ecossistêmicos

Estes habitats não dão suporte a comunidades de alta diversidade biológica, mas podem prover alimento para diversas espécies demersais comercialmente importantes, como camarões, caranguejos, linguados, entre outros.

Ameaças

Habitats desta classe podem ser severamente impactados por atividades antrópicas costeiras, principalmente pelo despejo de efluentes ou resíduos líquidos e sólidos: sedimentos provenientes de dragagem, resíduos industriais, da agricultura, fazendas de aquicultura e de grandes centros urbanos. Estes sedimentos finos podem aprisionar contaminantes por um longo período, especialmente em áreas mais abrigadas.

A4.4 Infralitoral Sedimentos mistos Descrição

Sedimentos mistos (heterogêneos) em águas pouco profundas em ambientes com condições marinhas ou quase totalmente marinhas, com proporções relativamente pequenas de algas marinhas. Este habitat pode incluir uma mistura de sedimentos lamosos, cascalhosos e arenosos ou mosaicos de sedimentos pouco selecionados em meio à conchas, seixos e cascalhos. Devido à alta variedade da natureza do sedimento, uma vasta gama de comunidades podem ser encontradas, incluindo aquelas caracterizadas por bivalves e poliquetas, por exemplo. Isto resultou em uma grande variedade de espécies características destes habitats, gerando pouca similaridade entre os habitats desta classe.

Bens e serviços ecossistêmicos

Sedimentos mistos são geralmente os mais diversos entre os habitats sedimentares, pois suportam comunidades ricas de espécies da epi e endofauna, os quais podem servir de alimentos e abrigo para diversas espécies de peixes. Este habitat pode ser utilizado para extração de agregados.

Ameaças

Este habitat é caracterizado principalmente por comunidades com tolerância a distúrbios intermediária, níveis de recuperação moderada à alta e baixa sensibilidade a atividades humanas. No entanto, podem abrigar comunidades mais sensíveis, como algumas espécies de anêmonas, as quais apresentam alta intolerância e sensibilidade à impactos antrópicos. Perturbações físicas, como extração do sedimento, podem alterar os padrões de variação de maré, afetando as condições sedimentares ao longo do fundo. Enriquecimento orgânico proveniente de poluição de efluentes e pesca foram descrito como ameaças em potencial. Outros impactos envolvem danos causados por pisoteamento ou extração de organismos para isca, mas são limitados a escalas locais. Devido a proximidade com áreas costeiras, este habitat é altamente suscetível à invasão de espécies invasoras, o que pode resultar no aumento de competição com espécies chave, como as ostras. A extração de agregados pode causar degradação drástica neste habitat dada a remoção direta de organismos e a diminuição do tamanho médio do grão de sedimento, os quais por sua vez diminuem a diversidade, particularmente aquelas espécies da epifauna.

A6.2 Circalitoral Arenoso Descrição

Sedimentos arenosos com menos de 5% de argila/silte em áreas mais profundas, geralmente em costas abertas com profundidades maiores de 20 metros. Este habitat pode se estender em áreas offshore e é caracterizado por uma vasta gama de equinodermos, poliquetas e bivalves. Este habitat é geralmente mais estável que os habitats arenosos na infralitoral e, conseqüentemente, abrigam comunidades mais diversas.

Bens e serviços ecossistêmicos

Este habitat é fonte de areia para a reposição praias e outros usos. Ele também provém locais de alimentação e berçário para diversas espécies economicamente importantes (por exemplo, ostras e tainha).

Ameaças

Podem ser impactados por atividades antrópicas costeiras, principalmente por pesca de arrasto ou mineração de areia, as quais alteram a estrutura e biodiversidade do fundo marinho.

A6.3 Circalitoral Lamoso Descrição

Sedimentos lamosos coesos na zona circalitoral, tipicamente com proporções acima de 20% de argila/silte, geralmente em profundidades maiores que 10 metros, com baixas amplitudes de maré e correntes fracas ou muito fracas. Este habitat é encontrado em áreas mais profundas de baías e enseadas ou em águas offshore mais abrigadas da ação de ondas. Cnidários e ofiúroides são particularmente característicos deste habitat, enquanto espécies de endofauna incluem poliquetas tubícolas e bivalves filtradores.

Bens e serviços ecossistêmicos

Uma variedade de espécies podem ocorrer neste habitat, o que inclui uma rica composição de espécies em determinados locais, o qual podem estar ligados a proporções de sedimentos com maiores granulometrias. Proporções elevadas de conchas e cascalhos na superfície do sedimento podem dar suporte a espécies sésseis, as quais podem ser importantes na dieta de muitas espécies de peixe comercialmente importantes e de predadores invertebrados.

Ameaças

Habitats desta classe podem ser menos suscetíveis a impactos humanos ligados às atividades costeiras, quando estas ocorrem à grandes distâncias da costa, e não são fonte de mineração de seus agregados. Entretanto, devido a condições relativamente estáveis que caracterizam este habitat, os processos de recuperação frente a distúrbios podem ser particularmente lentos.

A6.4 Circalitoral Sedimentos mistos Descrição

Habitats de sedimentos mistos (heterogêneos) na zona circalitoral, geralmente abaixo dos 20 metros de profundidade. Estes habitats podem incluir sedimentos lamosos, cascalhosos e arenosos ou mosaicos de sedimentos pouco selecionados em meio à conchas, seixos e cascalhos. Devido à natureza variável destes sedimentos, uma vasta gama de comunidades podem se desenvolver, geralmente com alta diversidade. Uma ampla variedade de poliquetas, bivalves, equinodermos e anêmonas são geralmente encontrados nestes habitats, e a presença de substratos duros (conchas e pedregulhos) na superfície podem ajudar as comunidades da epifauna a se estabelecerem, particularmente hidróides. A combinação de espécies da epi e endofauna podem gerar comunidades com elevada riqueza de espécies.

Bens e serviços ecossistêmicos

A presença de invertebrados bentônicos neste habitat aumentam sua complexidade através da criação de galerias. Poucos habitats sedimentares foram amostrados detalhadamente, e estima-se que a diversidade biológica deste habitat é sub-representada, já que aparentemente ela é capaz de abrigar comunidades bentônicas de relativa diversidade e abundância. Particularmente, altas densidades de espécies de poliquetas e bivalves encontradas nestes habitats estão associadas à baixa perturbação física e heterogeneidade do habitat.

Ameaças

As principais ameaças a estes habitats incluem abrasão, perda de substrato, enriquecimento de nutrientes e extração seletiva das espécies. No entanto, a severidade destes efeitos são determinadas pela extensão espacial e a frequência do impacto e, neste caso, perturbações esporádicas em áreas e períodos limitados são improváveis de afetar o funcionamento do ecossistema.

A6.6 Circalitoral Profundo arenoso Descrição

Habitats na zona circalitoral profunda com areias finas. Poucos dados estão disponíveis sobre estes habitats, mas eles tendem a ser mais estáveis que os seus correspondentes

em águas mais rasas e são caracterizados por uma diversidade de poliquetas, anfípodas, bivalves e equinodermas.

Bens e serviços ecossistêmicos

Não há dados associados a estes habitats

Ameaças

Não há dados associados a estes habitats **A6.7 Circalitoral Profundo Lamoso**

Descrição

Em fundos lamosos na zona circalitoral, geralmente abaixo dos 50-70 metros de profundidade, uma variedade de comunidades faunísticas podem se desenvolver, dependendo da proporção de silte/argila e matéria orgânica no sedimento. Comunidades são tipicamente dominada por poliquetas, mas comumente ocorre grande quantidade de bivalves, equinodermos e foraminíferos.

Bens e serviços ecossistêmicos

A fauna bentônica deste habitat tende a ser rica e diversa, servindo de alimento para diversas espécies de peixes demersais.

Ameaças

Estes habitats podem ser menos suscetíveis à impactos antrópicos quando ocorrem em longas distâncias da costa. No entanto, devido às condições estáveis destes habitats, eles podem demorar mais tempo para se recuperar de uma grande perturbação. Eles são comumente afetados por pesca de arrasto.

A6.8 Circalitoral Profundo sedimentos mistos Descrição

Circalitoral profundo com baixas proporções de lama misturados a cascalhos, areia, conchas e seixos. Estes habitats podem se estender por grandes áreas da plataforma continental externa, embora haja poucos dados disponíveis. Estes habitats geralmente apresentam alta diversidade e muitas espécies de poliquetas e bivalves. Comunidades de animais nestes habitats estão relacionadas a cascalhos e areias grossas, com populações de mexilhões se desenvolvendo nestes habitats.

Serviços e bens ecossistêmicos

O substrato deste habitat é explorado pelos recursos de agregados, os quais podem ser responsáveis pela extração de quantidades consideráveis de sedimentos. Estes habitats podem prover uma importante fonte de alimento para espécies de peixes predatórios e outras espécies bentônicas.

Ameaças

Fundos sedimentares em grandes profundidades são vulneráveis à pesca de arrasto. Ainda, os impactos causados por eutrofização podem ser identificados até nestas áreas distantes da costa, refletindo na perda de espécies e de biomassa.

7.5. Potenciais e limitações da metodologia

A aplicação da metodologia do EUNIS, utilizando a chave de classificação proposta, se mostrou viável para a área de estudo com a utilização de dados existentes. Os dados gerados podem subsidiar um diagnóstico dos habitats encontrados na plataforma continental, possibilitando a identificação de áreas com características singulares ao longo da área de estudo. A partir da descrição de cada classe, é possível determinar o tipo de serviço ecossistêmico associado à cada habitat e os principais vetores de alteração destes (SALOMIDI *et al.*, 2012). Este tipo de mapeamento permite a comparação entre áreas distintas, identificando regiões com maior sensibilidade ambiental (BOGGERO *et al.*, 2014), áreas relevantes para conservação (HENRIQUES *et al.*, 2015) e possui potencial para ser utilizado como uma das camadas de informação da base de dados necessária para o Planejamento Espacial Marinho (PEM) (KNIGHTS *et al.*, 2011).

Desta forma, o EUNIS apresenta um potencial significativo em preencher uma lacuna conceitual na área da Gestão com Base Ecológica, a qual está relacionada com a forma como os ambientes marinhos é caracterizada (COGAN, 2009). Quando comparado com os outros sistemas, o EUNIS apresenta conceitos claros de quais parâmetros são utilizados para esta caracterização, aplicando parâmetros abióticos como indicadores de processos oceanográficos (habitats) que influenciam a distribuição das comunidades biológicas (biótopos). Dessa forma, é possível realizar mapeamentos em diferentes escalas, de acordo com a disponibilidade de dados e da necessidade dos usuários do sistema.

Como demonstrado ao longo deste trabalho, o EUNIS é um sistema de classificação desenvolvido em base conceituais sólidas e ampla aplicabilidade. O sistema evoluiu desde sua criação, incorporando modificações propostas pela comunidade científica de acordo com lacunas identificadas. Neste trabalho, foi possível a divisão das classes de habitats sedimentares, incorporando as zonas biológicas à estas. As alterações propostas não geram perda na estrutura do sistema e uniformizam os conceitos que diferenciam as classes de habitats no nível 2, relacionando as diferentes zonas biológicas com o tipo de fundo marinho.

A aplicabilidade do EUNIS para habitats marinhos da plataforma continental brasileira já havia sido comprovada por Mussi (2017). Neste trabalho, a autora aplicou a metodologia do EUNIS para o mapeamento dos habitats bentônicos de Santa Catarina, o qual foi possível a partir de uma base de dados já existente. Além disso, o trabalho também mapeou a distribuição dos serviços ecossistêmicos ao longo da plataforma, fornecendo subsídios importantes para a tomada de decisão.

Por fim, acredita-se que o EUNIS representa uma metodologia sólida e adaptável para ser aplicada na III versão do Macrodiagnóstico da Zona Costeira, que fornecerá uma base de dados importante aos processos de Planejamento Espacial Marinho.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização do ambiente marinho representa um grande desafio para a comunidade científica e tomadores de decisão. Devido à alta complexidade dos processos oceanográficos e a dificuldade de obter dados *in situ*, definir os principais vetores que atuam na distribuição das espécies ao longo do tempo e espaço se torna um processo que exige uma base conceitual sólida. Em geral, um grande número de parâmetros e abordagens diferentes podem ser utilizados para caracterizar este ambiente, sendo difícil determinar qual é a melhor maneira para alcançar os objetivos da GBE.

Os sistemas de classificação oferecem uma forma de sintetizar diferentes camadas de informação, a fim de facilitar a interpretação e comparação entre unidades espaciais distintas. Assim, os tomadores de decisão podem avaliar *trade-offs* e possíveis cenários que determinadas decisões podem influenciar na dinâmica dos processos e funções dos sistemas marinhos. Sendo assim, a adoção de um sistema de classificação de habitats é um passo inicial necessário para se ter um diagnóstico do ambiente marinho, bem como de seus vetores de pressão.

Contudo, os sistemas de classificação analisados neste trabalho diferem em diversos aspectos, principalmente, em relação à sua estrutura, à capacidade de incorporar novos conceitos e aos parâmetros que utiliza para classificar o ambiente. Ainda, foi possível identificar que os objetivos que impulsionaram o desenvolvimento destes sistemas determinaram os conceitos que foram utilizados e os parâmetros que foram analisados. No caso do IMCRA e do PRMPA, que foram criados visando o estabelecimento de uma rede de Áreas Marinhas Protegidas representativas biologicamente. Portanto, estes sistemas buscaram incorporar o melhor conhecimento de processos ecológicos e distribuição de espécies chave para que pudessem permitir a identificação de áreas prioritárias para a conservação. Por outro lado, o CMECS, baseado nos princípios da GBE, busca incorporar diversas camadas de informação que possam ser de interesse para a gestão. No entanto, sua estrutura demanda uma grande quantidade de dados e não possibilita a integração para uma interpretação sintética para os gestores.

Por sua vez, o EUNIS representa uma combinação entre os objetivos de conservação dos habitats e compilação de dados relevantes à gestão. Apesar de ter sido elaborado com o objetivo de fortalecer a implementação do NATURA 2000 e, consequentemente, estar fundamentado em conceitos ecologicamente relevantes, o sistema evoluiu para dar suporte a outros objetivos da gestão. Com o avanço de sua aplicação e dos

conceitos envolvidos, atualmente é possível associar as classes de habitats com os diferentes serviços ecossistêmicos que eles provêm. Esse é um passo importante para a aplicação dos conceitos da GBE, visto que a delimitação dos limites do ecossistema e dos serviços que eles fornecem ao bem-estar humano, faz parte dos princípios chave desse novo paradigma de gestão.

O mapeamento dos habitats marinhos da plataforma continental do Rio Grande do Sul através da aplicação da metodologia do EUNIS, demonstrou que este sistema de classificação pode ser utilizado como modelo para ser adaptado para o Brasil. A elaboração de uma chave de classificação consolidada para toda a costa brasileira demanda um intenso processo de consulta à especialistas de diferentes áreas, a fim de incluir variáveis importantes do nosso território que não foram consideradas na metodologia original. Porém, este trabalho pretende avançar na proposição deste sistema que possibilita padronizar as diferentes classificações do ambiente marinho.

O estudo de caso desenvolvido ao longo deste trabalho foi possível a partir da compilação de dados existentes, disponibilizados por laboratórios de pesquisa e adquiridos em plataformas digitais. Trabalhos futuros devem se concentrar na padronização e harmonização de banco de dados existentes e que podem subsidiar o mapeamento para toda costa brasileira. Além disso, esforços futuros podem detalhar os níveis mais baixos da classificação (biótopos), fornecendo informações relevantes à gestão em escala regional e local.

Por fim, é notável que a elaboração de um sistema de classificação de habitats marinhos para compor as cartas temáticas do Macrodiagnóstico da Zona Costeira, fornece subsídios importantes para gestores na escala da União. Esses dados podem futuramente incorporar o Sistema de Informação do Gerenciamento Costeiro (SIGERCO) e subsidiar processos de Planejamento Espacial Marinho. Assim, é possível avançar na aplicação de conceitos de Gestão com Base Ecossistêmica no Brasil.

REFERÊNCIAS

- AGARDY, M.; AVIS, J.; SHERWOOD, K.; VESTERGAARD, O. Taking Steps toward Marine and Coastal Ecosystem-based Management - an Introductory Guide. UNEP, Nairobi, 2011.
- ANSONG, J.; GISSI, E.; CALADO, H. An approach to ecosystem-based management in maritime spatial planning process. *Ocean and Coastal Management*, v. 141, p. 65–81, 2017.
- ANZECC TFMPA. NRSMPA Strategic Plan of Action: Review of methods for Ecosystem mapping for the NRSMPA, Report on Action 8, Vol. 2004. Prepared by Connell Wagner for Environment Australia, 2000.
- ASMUS, M. L., et. al. Simples para ser útil: base ecossistêmica para o gerenciamento costeiro. *Desenvolvimento e Meio ambiente. Edição Especial: X Encontro Nacional de Gerenciamento Costeiro*, v. 44, p. 4 - 19. 2018.
- BALL, D., BLAKE, S. AND PLUMMER, A. Review of Marine Habitat Classification Systems. Parks Victoria Technical Series No. 26. Parks Victoria, Melbourne, 2006.
- BOGGERO, A. *et al.* Weak effects of habitat type on susceptibility to invasive freshwater species: an Italian case study. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24(6), pp.841-852, 2014.
- BROWN, C. J.; BLONDEL, P. Developments in the application of multibeam sonar backscatter for seafloor habitat mapping. *Applied Acoustics*, 70(10), 1242-1247, 2009.
- BULHÕES, E.M.R; DRUMOND, M.K. Análise e testes de métodos de interpolação para dados batimétricos e granulométricos: estudo de caso em Armação dos Búzios, RJ, Brasil. *Cadegeo*, 2012.
- CHRISTENSEN, N., BARTUSKA, A., BROWN, J., CARPENTER, S., D'ANTONIO, C., FRANCIS, R., FRANKLIN, J., MACMAHON, J., NOSS, R., PARSONS, D., PETERSON, C., TURNER, M., MOODMANSEE, R. The report of the Ecological Society of America Committee on the scientific basis for ecosystem management. *Ecol. Appl.* 6, 665e691, 1996.

COGGAN, R.; JAMES, J.W.C.; PEARCE, B.; PLIM, J. Using the EUNIS habitat classification system in broadscale regional mapping: some problems and potential solutions from case studies in the English Channel. ICES CM 2011/ G:03, 2011.

COLTMAN, N.; GOLDING, N.; VERLING E. Developing a broadscale predictive EUNIS habitat map for the MESH study area. 2008.

COMMONWEALTH OF AUSTRALIA. A Guide to the Integrated Marine and Coastal Regionalisation of Australia Version 4.0. Australia, Department of the Environment and Heritage, Canberra, 2006.

CONNOR, D.W.; BRAZIER, D.P.; HILL, T.O.; NORTHERN, K.O. Marine Nature Conservation Review: marine biotope classification for Britain and Ireland. Vol. 1. Littoral biotopes. Version 97.06. Joint Nature Conservation Committee Report, No. 229, 1997a.

CONNOR, D.W.; DALKIN, M.J.; HILL, T.O.; HOLT, R.H.F.; SANDERSON, W.G. Marine Nature Conservation Review: marine biotope classification for Britain and Ireland. Vol. 2. Sublittoral biotopes. Version 97.06. Joint Nature Conservation Committee Report, No. 230, 1997b.

CORRÊA, I.C.S, Sedimentos Superficiais da plataforma e talude continental do Rio Grande do Sul. Pesquisas em Geociências, v.19, n.19, p.95-101, 1987.

CORRÊA, I.C.S; & VILLWOCK, J.A. Continental shelf and coastal plain sediments of the Southeast and South coast of Brazil. In: Martins, L.R. & CÔRREA, I.C.S. Morphology and sedimentology of the Southwest Atlantic coastal zone and continental shelf from Cabo Frio (Brazil) to Península Valdés (Argentina). UFRGS – IG – CECO, Porto Alegre, 74p., 1996.

COSTELLO, M. J. Distinguishing marine habitat classification concepts for ecological data management. Marine Ecology Progress Series, v. 397, p. 253–268, 2009.

DE YOUNG, C.; CHARLES, A.; HJORT, A. Human dimensions of the ecosystem approach to fisheries: an overview of context, concepts, tools and methods. FAO Fisheries Technical Paper, 489. 152 pp, 2008.

DEVILLERS, P.; DEVILLERS-TERSCHUREN, J.; LEDANT, J.-P. CORINE biotopes manual. Vol. 2. Habitats of the European Community. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 1991.

DEVILLERS, P.; DEVILLERS-TERSCHUREN, J.; VANDER LINDEN, C. Palaeartic Habitats. PHYSIS Data Base. (1996), last updated 1999. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, 2001.

DOMÍNGUEZ-TEJO, E.; METTERNICHT, G.; JOHNSTON, E.; HEDGE, L. Marine Spatial Planning advancing the Ecosystem- Based Approach to coastal zone management: a review. *Marine Policy* 72, 115e130, 2016.

EUROPEAN PARLIAMENT. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive). *Official Journal of the European Union*, L: 19–40, 2008.

EVANS, D.; AISH, A.; BOON, A.; CONDÉ, S.; CONNOR, D.; GELABERT, E.; MICHEZ, N.; PARRY, M.; RICHARD, D.; SALVATI, E.; TUNESI, L. Revising the marine section of the EUNIS Habitat classification - Report of a workshop held at the European Topic Centre on Biological Diversity, 12 & 13 May 2016. ETC/BD report to the EEA, 2016.

FABRI, M.C., GALÉRON, J., LAROURE, M., MAUDIRE, G. Combining the Bioocean database for deep-sea benthic data with the online ocean biogeographic information system. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 316, 215–224, 2006.

FIGUEIREDO, A.G.; & MADUREIRA, S.P; Topografia, composição, refletividade do substrato marinho e identificação de províncias sedimentares na Região Sudeste-Sul do Brasil. *Séries Documentos Técnicos do Programa REVIZEE Score-Sul*. São Paulo: Instituto Oceanográfico – USP, 64p., 2004.

GALPARSORO, I. et al. Using EUNIS habitat classification for benthic mapping in European seas: Present concerns and future needs. *Marine Pollution Bulletin*, v. 64, n. 12, p. 2630–2638, 2012.

GALPARSORO, I.; BORJA, A.; UYARRA, M. C. Mapping ecosystem services provided by benthic habitats in the European North Atlantic Ocean. *Frontiers in Marine Science*, v. 1, 2014.

GUARINELLO, M. L.; SHUMCHENIA, E. J.; KING, J. W. Marine habitat classification for ecosystem-based management: A proposed hierarchical framework. *Environmental Management*, v. 45, n. 4, p. 793–806, 2010.

HAIMOVICI, M. MARTINS, A.S; P.C. VIEIRA. Distribuição e abundância de teleósteos demersais sobre a plataforma continental do sul do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia* 56(1):27-50, 1996.

HAIMOVICI, M. Present state and perspectives for the southern Brazil shelf demersal fisheries. *Fisheries Management and Ecology*, 1998.

HAIMOVICI, M.; VASCONCELLOS, M.; KALIKOSKI, D.; ABDALLAH, P.; CASTELLO, J.; HELLEBRANDT, D. Diagnóstico da pesca no litoral do estado do Rio Grande do Sul. A pesca marinha e estuarina do Brasil no início do século XXI: Recursos, 2006.

HALPERN, B.S.; SELKOE, K.A.; MICHELI, F.; KAPPEL, C.V. Evaluating and ranking the vulnerability of global marine ecosystems to anthropogenic threats. *Conservation Biology*, 21(5), pp.1301-1315, 2007.

HENRIQUES, V. et al. Benthic habitat mapping in a Portuguese Marine Protected Area using EUNIS: An integrated approach. *Journal of Sea Research*, v. 100, p. 77–90, 2015.

HOLTHUIJSEN, L.H. *Waves in Oceanic and Coastal Waters*: Cambridge University Press, Cambridge. 387p, 2007.

IMCRA TECHNICAL GROUP. Interim Marine and Coastal Regionalisation for Australia: An Ecosystem-based Classification for Marine and Coastal Environments. Version 3.3. IMCRA Technical Group. Environment Australia, Canberra, 1998.

INTERIM MARINE AND COASTAL REGIONALISATION FOR AUSTRALIA TECHNICAL GROUP. Interim Marine and Coastal Regionalisation for Australia: an ecosystem- based classification for marine and coastal environments. Version 3.3.

Environment Australia, Commonwealth Department of the Environment. Canberra, 1998.

JUANES, J. A.; PUENTE, A.; RAMOS, E. A global approach to hierarchical classification of coastal waters at different spatial scales: the NEA case. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 97, n. 3, p. 465–476, 2017.

KAY, J.; SCHNEIDER, E.D. Embracing complexity, the challenges of the ecosystem approach. *Alternatives* 20:32–38, 1994.

KLEIN A. H.; GRIEP, G.H.; CALLIARI, J.L. & VILLWOCK, J.A. Ocorrências de Concreções Fosfáticas no Terraço de Rio Grande. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 37,1992, Camboriú/ SC, Resumos Expandidos: p.202-203, 1992.

KNIGHTS, A.M., KOSS, R.S., PAPADOPOULOU, N., COOPER L.H. AND L.A. ROBINSON. Sustainable use of European regional seas and the role of the Marine Strategy Framework Directive. Deliverable 1, EC FP7 Project (244273) 'Options for Delivering Ecosystem-based Marine Management'. University of Liverpool. ISBN: 978-0-906370-63-6: 165 pp, 2011.

KOWSMANN, R.O; COSTA, M.P.; VICALVI, M.A.; COUTINHO, M.G.M; & GAMBÔA, L.A. Modelo de sedimentação holocênica na plataforma continental sul brasileira. In: Projeto REMAC – Evolução sedimentar holocênica da plataforma continental e do talude do sul do Brasil. Série Projeto REMAC, Rio de Janeiro, Petrobrás, Cenpes, v.2, p.7-26, 1977.

LECOURS, V.; DEVILLERS, R.; SCHNEIDER, D.C.; LUCIEER, V.L.; BROWN, C.J.; EDINGER, E.N. Spatial scale and geographic context in benthic habitat mapping: review and future directions. *Marine Ecology Progress Series*, 535, pp.259-284, 2015.

LUND, K.; WILBUR, A.R. Habitat classification feasibility study for coastal and marine environments in Massachusetts. Massachusetts Office of Coastal Zone Management, Boston, p 58, 2007.

MAES, J. et al. Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. An analytical framework for ecosystem assessments under action 5 of the EU biodiversity strategy to 2020. Publications office of the European Union, Luxembourg, 2013.

MARTIN, T. G.; BURGMAN, M.A.; FIDLER, F.; KUHNERT, P.M.; LOW-CHOY, S.; MCBRIDE, M.; MERGENSEN, K. Eliciting Expert Knowledge in Conservation Science. v. 26, n. 1, p. 29–38, 2011.

MARTINS, I.R; MARTINS, L.R.; & URIEN, C.M. Sedimentos relíquias na Plataforma Continental Brasileira. Pesquisas em Geociências, v.9, p 76-91, 1978.

MAXWELL, J. R.; EDWARDS, C. J.; JENSEN, M. E.; PAUSTIAN, S. J.; PARROTT, H.; HILL, D. M. A hierarchical framework of aquatic ecological units in North America (Nearctic Zone). United States Department of Agriculture, Forest Service, 1995.

MCBREEN, F., & ASKEW, N. UKSeaMap Technical Report 3. Substrate data. JNCC, Peterborough. 2011.

MCHENRY, J.; STENECK, R. S.; BRADY, D. C. Abiotic proxies for predictive mapping of nearshore benthic assemblages: Implications for marine spatial planning: Implications. Ecological Applications, v. 27, n. 2, p. 603–618, 2017.

MELLO, R. M.; FREIRE, K. M. F.; CASTELLO, J. P. Sobre la asociación de especies pelágicas marinas en el sur de Brasil durante el invierno y la primavera. Frente Marítimo, 11: 63-70, 1992.

MONTEIRO, P. et al. Atlantic Area Eunis Habitats - Adding new habitat types from European Atlantic coast to the EUNIS Habitat Classification. n. November, p. 1–127, 2013.

MONTEIRO, P. et al. EUNIS habitat's thresholds for the Western coast of the Iberian Peninsula - A Portuguese case study. Journal of Sea Research, v. 100, p. 22–31, 2014.

MOSS, D., & WYATT, B. K. The CORINE biotopes project: a database for conservation of nature and wildlife in the European community. Applied Geography, 14(4), 327-349, 1994.

MUMBY, P.J.; HARBORNE, A.R. Development of a systematic classification scheme of marine habitats to facilitate regional management and mapping of Caribbean coral reefs. *Biological conservation*, 88(2), pp.155-163, 1999.

MURAWSKI, S. A. Ten myths concerning ecosystem approaches to marine resource management. *Marine Policy*, 31: 681–690, 2007.

MUSSI, C. S. Mapeamento da geodiversidade e análise de bens e serviços ecossistêmicos prestados pela plataforma continental de Santa Catarina, Brasil. Tese de doutorado apresentada para obtenção do título de Doutor em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

NASA GODDARD SPACE FLIGHT CENTER, OCEAN ECOLOGY LABORATORY, OCEAN BIOLOGY PROCESSING GROUP. Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) Aqua Ocean Color Data; 2018 Reprocessing. NASA OB. DAAC, Greenbelt, MD, USA, 2018.

O'HARA, T., NICHOL, S., PRZESLAWSKI, R., HEDGE, P. AND BAX, N. Towards an IMCRA 5. 2016.

O'HARA, T.; NICHOL, S.; PRZESLAWSKI, R.; HEDGE, P.; BAX, N. Towards an IMCRA 5. 2016.

PINHO, M. P.; MADUREIRA, LAURO S. P.; CALLIARI, LAURO J.; WEIGERT, S.C.; COSTA, P. L. 3D bathymetry and acoustic seabed classification of Pelotas basin, Brazil. *Revista Brasileira de Geofísica (Impresso)*, v. 34, p. 117-129, 2016.

POPULUS, J. et al. EUSeaMap - A European broad-scale seabed habitat map. 2017.

RABENI, C.F.; DOISY, K.E.; GALAT, D.L. Testing the biological basis of a stream habitat classification using benthic invertebrates. *Ecological Applications* 12:782–796, 2002.

RICE, J.; GJERDE, K.M.; ARDRON, J.; ARICO, S.; CRESSWELL, I.; ESCOBAR, E.; GRANT, S.; VIERROS, M. Policy relevance of biogeographic classification for conservation and management of marine biodiversity beyond national jurisdiction, and the GOODS biogeographic classification. *Ocean and Coastal Management* 54, 110–122, 2011.

SALOMIDI, M. et al. Assessment of goods and services, vulnerability, and conservation status of European seabed biotopes: a steppingstone towards ecosystem-based marine spatial management. *Mediterr. Mar. Sci.* 13:49–88, 2012.

SHUCKSMITH, R. J.; KELLY, C. Data collection and mapping - Principles, processes and application in marine spatial planning. *Marine Policy*, v. 50, n. PA, p. 27–33, 2014.

SPALDING, M.; FOX, G. R.; ALLEN, N.; DAVIDSON, Z. A.; FERDANA, M.; FINLAYSON, B. S. HALPERN, B. Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. *BioScience* 57 (7): 573–583, 2007.

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

THACKWAY R., CRESSWELL I.D. Interim Marine and Coastal Regionalisation for Australia: an ecosystem-based hierarchical classification of coast and marine environments, Stage 1 - The inshore waters. Draft version 2.0. Australian Nature Conservation Agency, Canberra, 1996.

TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A.; SERGIO, R.D.; BACHI, A.; APPEL, F; BEATRIZ, D. Significance of present-day coastal erosion and marine transgression, Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 70(2), 221-229, 1998.

UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). Global Open Ocean and Deep Seabed (GOODS)—Biogeographic Classification. UNESCO-Intergovernmental Oceanographic Commission. IOC Technical Series No. 84, 2009.

VASQUEZ, M. et al. Broad-scale mapping of seafloor habitats in the north-east Atlantic using existing environmental data. *Journal of Sea Research*, v. 100, p. 120–132, 2015.

VERAS, P.V. Avaliação numérica do comportamento das ondas durante eventos extremos na região costeira do Rio Grande do Sul. Dissertação de mestrado

apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

WRIGHT, D. J.; HEYMAN, W. D. Introduction to the special issue: marine and coastal GIS for geomorphology, habitat mapping, and marine reserves. *Marine Geodesy*, 31(4), 223-230, 2008.

YOUNG, O. R.; OSHERENKO, G.; EKSTROM, J.; CROWDER, L. B.; OGDEN, J.; WILSON, J. A.; DAY, J. C.; et al. Solving the crisis in ocean governance: place-based management of marine ecosystems. *Environment*, 49: 20–32, 2007.

ZEMBRUSCKI, S.G. Geomorfologia da Margem Continental Sul Brasileira e das Bacias Oceânicas Adjacentes. In: Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. Relatório final, Projeto REMAC, 177p., 1979.