GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DE INOVAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática

Parecer nº 18

CONSULTA AO COMITÊ CIENTÍFICO DE ADAPTAÇÃO E RESILIÊNCIA CLIMÁTICA REFERENTE À BATIMETRIA DAS LAGOAS DOS PATOS E MIRIM DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.

(PROA 25/0400-0001327-2)

PLANO RIO GRANDE
Todos nós por todos nós.

21 de novembro de 2025

Coordenação Comitê Científico:

Dra. Simone Stülp,
Secretária Estadual de Inovação, Ciência e Tecnologia

Vice-Coordenação:

Professor Dr. Jorge Audy

Secretaria Executiva:

Professor Dr. Joel Avruch Goldenfum (Secretário Executivo)
Professora Dra. Alexandra Passuello (Assessora Técnica)
Eliana Dienstmann (Assessora Administrativa)

Pareceristas responsáveis:

I. Membros fixo do Comitê Científico:

Professor Dr. Joel Avruch Goldenfum (Relator)
Professora Drª. Alexandra Cruz Passuello (Relatora)
Professora Drª. Elisa Helena Fernandes (Parecerista)

II. Pareceristas ad hoc

Professor Dr. Fernando Mainardi Fan (Parecerista *ad hoc*)
Professor Dr. Rualdo Menegat (Parecerista *ad hoc*)

Sumário

1. INTRODUÇÃO 4

2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS DA RELATORIA 5

3. RESUMOS DOS PARECERES TÉCNICOS 7

3.1. Resumo do parecer técnico – Dra. Elisa Helena Fernandes 7

3.2. Resumo do parecer técnico – Dr. Fernando Mainardi Fan 9

3.3. Resumo do parecer técnico – Dr. Rualdo Menegat 11

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS DA RELATORIA 13

4.1. Convergências entre os pareceres individuais: 14

4.2. Divergências e lacunas identificadas: 14

4.3. Conclusões Finais e Recomendações da Secretaria Executiva 15

5. ANEXOS 16

5.1. Parecer individual do Drª. Elisa Helena Fernandes 16

5.2. Parecer individual do Dr. Fernando Mainardi Fan 16

5.3. Parecer individual do Dr. Rualdo Menegat 16

1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta o parecer técnico consolidado elaborado pela Secretaria Executiva do Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática, referente ao resumo do termo de referência para contratação da batimetria da Lagoa dos Patos e da Lagoa Mirim, no Estado do Rio Grande do Sul.

A solicitação de análise foi encaminhada pela Secretaria da Reconstrução Gaúcha (SERG) em 26 de setembro de 2025. O objetivo principal da demanda consiste na avaliação da definição, localização e constituição dos blocos de batimetria propostos, cujos resultados subsidiarão a modelagem hidrodinâmica dos corpos hídricos, a emissão de alertas de inundação e o aprimoramento da gestão de riscos nas regiões adjacentes às lagoas. A SERG também informou que a opção por realizar levantamentos apenas em pontos estratégicos decorre dos elevados custos associados a esse tipo de serviço especializado.

Conforme registrado no processo, a SERG baseou a elaboração do termo de referência no credenciamento anterior para batimetria em rios do Estado, conduzido pela Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA), vinculado ao processo PROA nº 24/0500-0003790-4 e ao Edital nº 0003/2025 – PNCP nº 87958658000199-1-000205/2025. Dessa forma, busca-se assegurar padronização e continuidade metodológica entre as contratações. Ressalta-se, entretanto, que o referido edital não foi disponibilizado no processo objeto desta análise, o que limita a verificação integral dos critérios e diretrizes adotados anteriormente.

O documento enviado pela SERG ao Comitê Científico consiste em um resumo técnico contendo síntese do objeto de contratação, justificativas, definição dos blocos de levantamento, estimativa de custos, procedimentos de controle de qualidade, produtos previstos e cronograma de execução.

Para responder aos questionamentos da SERG, a Secretaria Executiva constituiu um Grupo de Trabalho (GT) multidisciplinar, composto por especialistas de reconhecida expertise, além da própria Secretaria Executiva, responsável pela relatoria:

- Dr. Joel Avruch Goldenfum – Relator
- Drª. Alexandra Cruz Passuello – Relatora
- Drª. Elisa Helena Fernandes – Membro parecerista
- Dr. Fernando Mainardi Fan – Parecerista *ad hoc*
- Dr. Rualdo Menegat – Parecerista *ad hoc*

A composição diversificada do GT buscou garantir uma avaliação abrangente, integrando diferentes perspectivas científicas e técnicas relevantes ao tema.

O parecer consolidado representa a síntese das contribuições individuais dos pareceristas. Ressalta-se que este documento não substitui a leitura integral dos pareceres originais, que acompanham os anexos e apresentam recomendações detalhadas destinadas a subsidiar a SEMA na avaliação de eventuais revisões do termo de referência para contratação da batimetria das lagoas.

2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS DA RELATORIA

Em atendimento à consulta da SERG, a Secretaria Executiva selecionou profissionais com reconhecida trajetória científica e técnica. Para contextualizar a qualificação do Grupo de Trabalho, apresenta-se um resumo das experiências dos pareceristas:

• Dra. Elisa Helena Fernandes – Membro parecerista

Engenheira Química, Mestre em Engenharia Oceânica e Doutora em Marine Science pela University of Plymouth (Reino Unido). Professora Titular do Instituto de Oceanografia da FURG, possui ampla atuação em Oceanografia Física Costeira e Estuarina, com experiência em modelagem numérica, sensoriamento remoto e estudos aplicados ao desenvolvimento sustentável de regiões portuárias. Desde 2010 coordena o Programa de Monitoramento Ambiental Continuado do Porto do Rio Grande. Autora de mais de 50 artigos científicos, tem forte contribuição na formação de recursos humanos na pós-graduação e integra comitês e grupos técnicos nacionais e estaduais ligados a eventos extremos, hidrologia e resiliência climática. Coordena linha estratégica

de pesquisa no âmbito do Projeto RS Resiliência e Sustentabilidade, do Governo Federal.

• Dr. Fernando Mainardi Fan – Parecerista *ad hoc*

Engenheiro Ambiental, Mestre e Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRGS, onde atua como Professor Adjunto no Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Sua trajetória combina excelência acadêmica e forte aplicação prática nas áreas de hidrologia, modelagem hidrometeorológica, sensoriamento remoto, previsão de cheias, impactos das mudanças climáticas e gestão de recursos hídricos. Possui contribuições relevantes em modelagem hidro-sedimentológica, análise de eventos extremos e gestão de riscos, com atuação destacada em grandes rios da América do Sul. Autor de numerosa produção científica, atua fortemente em extensão universitária, liderando iniciativas de capacitação e apoio institucional. Reconhecido internacionalmente, integra conselhos editoriais e revisa para periódicos e agências de fomento. Dedica-se também à formação de pesquisadores, tendo orientado diversas dissertações e teses.

• Dr. Rualdo Menegat – Parecerista *ad hoc*

Professor Titular do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da UFRGS. Geólogo, Mestre e Doutor em Geociências, possui Doutorado Honoris Causa no Peru e expressiva atuação internacional. É assessor científico da National Geographic Brasil e integra redes científicas latino-americanas e globais, como a IUGS e a International Association for Geoethics. Com mais de 250 produções técnicas, incluindo artigos, capítulos e livros, é referência nas áreas de estratigrafia, geoarqueologia, geodiversidade, epistemologia da geologia e sustentabilidade. Coordenou pesquisas nos Andes do Peru e Bolívia, lidera cooperações internacionais e colidera iniciativas da UNESCO e da IUGS. Já proferiu mais de 550 conferências e recebeu prêmios nacionais e internacionais, consolidando-se como uma das principais referências da geologia latino-americana.

Com base nas contribuições desse grupo multidisciplinar, a Secretaria Executiva considera que a SEMA dispõe, a partir deste parecer consolidado, de base técnica

robusta para deliberar sobre adequações e complementações necessárias ao termo de referência para a contratação da batimetria das lagoas.

3. RESUMOS DOS PARECERES TÉCNICOS

3.1. Resumo do parecer técnico – Dra. Elisa Helena Fernandes

a) Contextualização:

A parecerista analisa o documento submetido ao Comitê partindo dos principais componentes da contratação: objetivo, justificativa, definição dos blocos, custos, produtos, controle de qualidade, aspectos operacionais e observações adicionais. Seu parecer se concentra em avaliar a adequação técnica da proposta, apontar inconsistências, sugerir alternativas e indicar elementos ausentes que considera essenciais. Ao final, esclarece que sua análise se limita ao material disponibilizado.

b) Pontos positivos identificados

A parecerista não destaca explicitamente elementos considerados positivos na proposta apresentada, deixando implícito que o conteúdo analisado, além das ressalvas feitas no seu parecer individual, está adequado. Sua análise concentra-se predominantemente em apontar possíveis lacunas, inconsistências e necessidades de aprimoramento técnico. A única constatação do texto sobre alguma referência de concordância refere-se ao fato de que os valores estimados estão compatíveis com referências de mercado, sem caracterizar uma validação do conteúdo técnico do documento.

c) Fragilidades e lacunas observadas:

- O objetivo do documento aparece como “subsidiar a execução”, enquanto a parecerista entende que deveria tratar diretamente da execução dos levantamentos.
- A justificativa apresentada não apresenta informações de maior relevância técnica, como a utilização de dados batimétricos desatualizados e de baixa qualidade, precisão e resolução.

- Ausência de blocos na margem leste da Lagoa dos Patos, considerada uma lacuna relevante.
- A afirmação de que áreas não contempladas na proposta não apresentam variações significativas de sedimentação é considerada equivocada, pois não há medições que comprovem essa premissa.
- Ausência de informações técnicas essenciais, como:
  - especificações mínimas dos equipamentos;
  - número de embarcações e equipamentos simultâneos;
  - condições meteorológicas adequadas;
  - necessidade de atenuadores de onda ou registradores de atitude;
  - profundidade máxima/mínima para realização dos levantamentos;
  - relação entre tipos de embarcação e profundidade.
- O cronograma apresenta interpretação incerta sobre o que representam os 250 km por bloco (navegação linear ou área levantada).
- A parecerista destaca que só parte do edital foi disponibilizada, restringindo sua análise.

d) Contribuições para melhoria da proposta:

- Readequar o objetivo para refletir que a contratação prevê a execução direta dos levantamentos.
- Ampliar a justificativa, incorporando explicitamente a desatualização e baixa qualidade dos dados existentes.
- Considerar a inclusão de faixas horizontais de 1 km de espessura entre as margens oeste e leste da Lagoa dos Patos (exemplo: Arambaré–Mostardas; Camaquã–Pontal do Bojuru) para suprir a falta de dados na margem leste.
- Para o estuário, definir intervalos específicos de levantamento:
  - a cada 1 km no norte;
  - a cada 500 m entre Ponta do Retiro e Ilha da Torotama;
  - a cada 100 m até os Molhes da Barra.

- Substituir o argumento sobre ausência de variação significativa de sedimentação (exclusão) por justificativa baseada em critérios de seleção (exemplo: maior ocupação urbana e impacto do solo).
- Detalhar requisitos técnicos de entrega contendo informações detalhadas sobre referenciais geodésicos adotados, bases RTK, arquivos de rastreio GNSS de levantamento de coordenadas, registros de nível, softwares conversores e padrões normativos.
- Incluir especificações dos equipamentos, número mínimo de embarcações, condições ambientais e dispositivos necessários (incluindo atenuadores de onda).
- Revisar a forma de estimar taxa de levantamento por bloco, preferindo área levantada em vez de distância linear.
- Especificar a profundidade mínima e máxima para operação e os tipos de embarcação adequados para diferentes profundidades.

e) Conclusão do parecer Dra. Elisa Helena Fernandes:

A partir do parecer, é possível concluir que, embora o documento apresente elementos relevantes para a contratação e contenha valores compatíveis com o mercado, há ausências significativas de informações técnicas e justificativas que comprometem a robustez do planejamento apresentado. Considera equivocada a explicação sobre a escolha dos blocos e aponta falta de informações essenciais para garantir qualidade e precisão dos levantamentos. Enfatiza que seu parecer se baseia exclusivamente no material disponibilizado, uma vez que teve acesso somente a parte do conteúdo do edital.

3.2. Resumo do parecer técnico – Dr. Fernando Mainardi Fan

a) Contextualização:

O parecerista analisa o documento “Resumo Técnico: Consulta para Batimetria das Lagoas dos Patos e Mirim” a partir dos itens estruturantes da proposta: objeto, justificativa, definição dos blocos, custos estimados, produtos e conclusão. Sua avaliação segue a mesma organização do documento analisado, comentando diretamente cada seção apresentada.

b) Pontos positivos identificados:

- O objeto da contratação está delineado com clareza, prevendo levantamentos batimétricos em seis blocos e apresentando sua importância.
- A justificativa está corretamente embasada.
- A definição dos seis blocos está coerente com a necessidade de informação, considerando a proximidade dos principais centros urbanos e dando foco à saída do Guaíba e ao exutório da Laguna.
- Os custos estimados estão de acordo com os recursos disponíveis.
- Os produtos previstos estão coerentes com a finalidade da contratação.

c) Fragilidades e lacunas observadas:

- A justificativa está baseada apenas no atual sistema de alertas de inundação do RS.
- Há insuficiência de especificação sobre o que se entende por “arquivos brutos”, “mapas” e “croquis”, incluindo ausência de definição sobre se são arquivos digitais, seus formatos ou documentos em papel.
- Falta especificação detalhada dos formatos de entrega dos produtos (vetorial, raster, tabelas etc.).
- O documento não define o sistema de coordenadas e o Datum desejados.
- O documento não esclarece a amarração dos levantamentos (procedimentos e referências adotadas).
- O conjunto de entregáveis, da forma como está, pode resultar em produtos de difícil utilização prática.

d) Contribuições para melhoria da proposta:

- Solicitar maior detalhamento sobre o que são “arquivos brutos”, “mapas” e “croquis”, preferencialmente especificando que devem ser arquivos digitais e indicando seus formatos.
- Incluir um produto adicional “vi) base final processada” que seria a compilação de todas as batimetrias realizadas em diferentes formatos

(vetorial, raster, arquivos xlsx ou csv e arquivo com de descrição de dados.

- Especificar o sistema de coordenadas e o Datum dos dados finais.
- Esclarecer a amarração dos levantamentos, indicando como será realizada.

e) Conclusão do parecer Dr. Fernando Mainardi Fan:

O parecerista considera o levantamento batimétrico essencial para o Rio Grande do Sul, especialmente para atualizar dados de áreas lagunares. Destaca que, apesar das limitações impostas pelo orçamento, o documento contempla as áreas mais essenciais, próximas a centros urbanos e nas regiões de entrada e saída da Laguna dos Patos. Entretanto, conclui que o documento requer melhoria nas especificações dos entregáveis, uma vez que, sem detalhamento adequado, os produtos finais podem não ser úteis na prática.

3.3. Resumo do parecer técnico – Dr. Rualdo Menegat

a) Contextualização:

O parecerista realiza uma avaliação ampla sobre o uso de técnicas batimétricas na Laguna dos Patos e Lagoa Mirim, no contexto das inundações de 2023–2024. Sua análise parte de uma abordagem geológica, geomorfológica, hidrodinâmica e sedimentológica integrada da planície costeira do Rio Grande do Sul, discutindo a morfodinâmica lagunar, os controles hidrodinâmicos e a evolução natural do sistema lagunar-lacustre. Com base nessa estrutura analítica, ele questiona a pertinência da realização de levantamentos batimétricos tradicionais de grande escala como ação prioritária frente às demandas de gestão das inundações recentes.

b) Pontos positivos identificados:

O parecerista não elenca muitos pontos positivos à proposta de contratação, com exceção que a proposta considera importante a obtenção de dados para a geração de modelos mais confiáveis de predição da dinâmica costeira. Esse objetivo é sempre desejável, segundo o parecerista. Ressalta-se que a abordagem do

parecerista dá mais atenção à discussão técnico-científica sobre a dinâmica do sistema lagunar e na avaliação da pertinência do uso de batimetria como ferramenta para enfrentar os problemas observados.

c) Fragilidades e lacunas observadas:

O parecerista identifica fragilidades conceituais e de direcionamento técnico relacionadas ao uso da batimetria para o diagnóstico das inundações, destacando que:

- A hipótese de assoreamento como causa das inundações não é suportada por evidências científicas disponíveis.
- As taxas naturais de sedimentação no sistema são muito baixas, o que contradiz a ideia de colmatação recente relevante.
- A morfologia do fundo lagunar resulta de processos naturais de longa duração, e não de alterações recentes que justificariam campanhas batimétricas extensas.
- A realização de levantamentos batimétricos de grande escala não se justifica como primeira ação para explicar ou mitigar as inundações.
- O enfoque dado somente à batimetria pode desviar a atenção de fatores mais determinantes para a ocorrências de desastres causados pelas inundações, como:
    - precipitações extremas;
    - descargas fluviais de alta energia;
    - maré meteorológica e efeitos de vento;
    - ocupação humana em áreas naturalmente inundáveis.

d) Contribuições para melhoria da proposta:

O parecerista apresenta diversas recomendações técnicas, priorizando métodos mais adequados para o contexto analisado:

- Priorizar técnicas de topobatimetria por sensoriamento remoto, em vez de batimetria convencional ampla.
- Integrar bases de dados topográficas e batimétricas já existentes.

- Utilizar modelagem hidrodinâmica numérica para compreender a dinâmica dos eventos.
- Realizar estudos sobre vulnerabilidade socioambiental e ocupação em áreas inundáveis.
- Considerar campanhas batimétricas apenas em etapas posteriores, e somente onde análises preliminares indiquem necessidade técnica clara.
- Redirecionar o foco da investigação para os verdadeiros controles do sistema lagunar, como:
    - dinâmica sedimentar natural,
    - padrões de vento,
    - variações do nível de base,
    - comportamento dos deltas fluviais.

e) Conclusão do parecer Dr. Rualdo Menegat:

Com base no conhecimento científico disponível e nas características atualmente verificadas na planície costeira do Rio Grande do Sul, o parecerista entende que a opção mais apropriada é adotar metodologias integradas, de caráter interdisciplinar e com viabilidade econômica. Nessa perspectiva, a batimetria tradicional deve ser utilizada como um dos componentes, articulada a técnicas de topobatimetria por sensoriamento remoto e outras ferramentas de análise.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS DA RELATORIA

As análises realizadas pelos pareceristas incluem contribuições complementares e consistentes, evidenciando a necessidade de qualificação da proposta de contratação de serviços de batimetria da Lagoa dos Patos e da Lagoa Mirim. A seguir, apresentam-se as convergências, divergências e lacunas identificadas, bem como recomendações da Secretaria Executiva para subsidiar a decisão final quanto às adequações a serem solicitadas aos proponentes.

4.1. Convergências entre os pareceres individuais:

Os pareceres individuais evidenciam um conjunto de pontos de consenso:

- **Definição do objeto da contratação:** O objeto da contratação está delineado com clareza, prevendo levantamentos batimétricos em seis blocos e apresentando sua importância.

- **Valores estimados compatíveis com o mercado:** os pareceristas destacam que os valores estimados estão compatíveis com referências de mercado e estão de acordo com os recursos disponíveis.

- **Insuficiência de elementos para a análise**: os pareceristas destacam que apenas uma parte do edital foi disponibilizada, restringindo sua análise causando ausências significativas de informações técnicas e justificativas, o que compromete a robustez do planejamento apresentado, trazendo o risco de que os produtos finais possam ser de pouca utilidade prática.

4.2. Divergências e lacunas identificadas:

Algumas divergências importantes foram identificadas nos pareceres individuais, abrangendo principalmente a adequação e coerência da proposição técnica, das áreas selecionadas e das metodologias propostas para análise:

- **Adequação dos objetivos do estudo:** Apenas um dos pareceristas considera que a proposição técnica e os produtos previstos estão coerentes com a finalidade da contratação.

- **Adequação das áreas de levantamento propostas:** Enquanto um dos pareceristas considera que definição dos seis blocos está bem embasada, coerente com a necessidade de informação, os outros dois apontam para a necessidade de inclusão de outras áreas não contempladas na proposta (como a margem leste da Lagoa dos Patos).

- **Adequação das técnicas propostas:** Apenas um dos pareceristas considera que as técnicas propostas e os produtos previstos estão consistentes com a finalidade da contratação, enquanto os outros pareceristas destacam que, ao invés de contratar serviços para subsidiar a execução, o contrato deveria tratar diretamente da execução dos levantamentos. Também enumeram a necessidade de incorporar outras metodologias, tais como técnicas de topobatimetria por sensoriamento remoto, modelagem hidrodinâmica numérica e ferramentas de simulação, bem como de avaliar outros fatores relevantes para a ocorrências de desastres causados pelas inundações (tais como precipitações extremas, descargas fluviais de alta energia, maré meteorológica, efeitos de vento e ocupação humana em áreas naturalmente inundáveis).

4.3. Conclusões Finais e Recomendações da Secretaria Executiva

Com base na análise consolidada dos pareceres e nas competências do Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática, a Secretaria Executiva entende que, embora o objeto da contratação esteja delineado com clareza e os valores estimados sejam compatíveis com referências de mercado e de acordo com os recursos disponíveis, há necessidade de complementação do documento, visando uma qualificação da proposta de contratação de serviços de batimetria da Lagoa dos Patos e da Lagoa Mirim.

Dessa forma, sugere que os elementos propostos pelos pareceristas, referentes a adequação dos objetivos do estudo, adequação das áreas de levantamento propostas e de adequação das metodologias e técnicas propostas, sejam incorporados ao termo de referência para contratação da batimetria da Lagoa dos Patos e da Lagoa Mirim, no Estado do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 21 de novembro de 2025.

Professor Dr. Joel Avruch Goldenfum

Professora Drª. Alexandra Cruz Passuello

5. ANEXOS

5.1. Parecer individual do Drª. Elisa Helena Fernandes

5.2. Parecer individual do Dr. Fernando Mainardi Fan

5.3. Parecer individual do Dr. Rualdo Menegat

Consulta ao Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática referente à batimetria das Lagoas dos Patos e Mirim do Estado do Rio Grande do Sul
PROA: 25/0400-0001327-2

Processo Administrativo Eletrônico 25/0400-0001327-2
Data de Abertura: 25/09/2025 18:24:49
Grupo de Origem: ASTEC/ASSESSORIA ESPECIAL TÉCNICA
Requerentes: SECRETARIA DA RECONSTRUÇÃO GAÚCHA

Parecer Técnico

Sobre o objetivo da contratação:

Entendo que o objetivo da contratação considerada neste parecer seja a EXECUÇÃO dos levantamentos batimétricos das Lagoas dos Patos e Mirim, e não somente "SUBSIDIAR A EXECUÇÃO destes levantamentos.

Sobre a justificativa da contratação:

A justificativa apresentada para a contratação é a resolução insuficiente dos dados batimétricos atualmente utilizados na modelagem hidrodinâmica. Entendo, entretanto, que para além deste ponto, outros aspectos são ainda mais relevantes, como a utilização de dados batimétricos desatualizados (cartas náuticas da Lagoa dos Patos são da década de 80) e de baixa qualidade, precisão e resolução.

Sobre a definição dos blocos:

Considero importante destacar que a batimetria do Guaíba estará sendo realizada através de outro contrato, no escopo da batimetria dos rios.

Embora a justificativa de definição dos blocos esteja baseada nas áreas mais impactadas pela inundação de 2024, nas áreas urbanas mais relevantes e com reconhecida importância ecológica e econômica, chama a atenção a ausência de blocos na margem leste da Lagoa dos Patos.

Uma alternativa para esta carência de informações seria considerar a execução de levantamentos batimétricos em faixas horizontais de 1 km de espessura estabelecidas entre as margens oeste e leste da Lagoa dos Patos, como por exemplo entre Arambaré e Mostardas, e entre Camaquã e Pontal do Bojuru. Desta forma, seria possível amostrar o que acontece na margem leste e melhor avaliar o impacto das alterações morfodinâmicas sobre a hidrodinâmica do sistema.

Especificamente para a região do estuário da Lagoa dos Patos, entendo que os levantamentos batimétricos deveriam ser realizados a cada 1 km no norte do estuário, a cada 500 m na linha entre a Ponta do Retiro e a Ilha da Torotama, e a cada 100 m a partir daí até os Molhes da Barra.

O documento ainda destaca que "... os locais que não foram contemplados para execução de levantamentos batimétricos correspondem a áreas onde não se observam variações significativas de sedimentação ao longo do tempo, onde as variações são mínimas, ou ainda a trechos sem relevância direta para a modelagem hidrodinâmica."

Esta afirmação está equivocada pois, uma vez que não foram realizadas medições, não sabemos se houve variações significativas nos demais locais. Além disso, como a Lagoa dos Patos é um sistema único, informações sobre todos os trechos são importantes e determinantes para a qualidade da modelagem hidrodinâmica.

Sugestão de redação: Os locais foram selecionados considerando o critério de maior ocupação urbana e impacto de uso do solo no entorno dos municípios às margens da Lagoa, onde se experimentam menores profundidades e onde uma maior dinâmica de transporte sedimentar pode ser esperada. Explicar a escolha, não a exclusão.

Sobre os Custos Estimados:

- Entendo que os custos de obtenção dos dados batimétricos na Lagoa dos Patos deveriam ser menores do que nos rios, uma vez que é uma navegação linear com grandes áreas a serem amostradas.

- Entretanto, com base em levantamentos batimétricos realizados pela PORTOS RS, os valores praticados pelo contrato podem ser considerados dentro do valor de mercado.

Sobre os Produtos da Contratação:

- Importante a entrega de relatório com informação detalhada dos referenciais geodésicos adotados, posições das bases RTK, arquivos de rastreio GNSS de levantamento de coordenadas nas bases e, quando disponíveis, os registros de nível por linígrafos/marégrafos instalados nos locais. Os dados de nível da lagoa durante o levantamento batimétrico em cada bloco têm que ser considerados em função da alta variabilidade dos níveis em resposta a ação dos ventos.

- Importante destacar que quando forem utilizados formatos proprietários (programas específicos dos fabricantes dos equipamentos), os dados brutos devem ser acompanhados de software conversor adequado.

Sobre o Controle de Qualidade:

- Considerar a normativa internacional para aplicações cartográficas e de interesse ambiental IHO S44, recomendando a Ordem 1A.

- Em relação às orientações para coleta de dados batimétricos desenvolvidas pela Marinha do Brasil, citar explicitamente a Norman 33.

Outras Observações:

- No documento deveriam constar as especificações mínimas a respeito dos equipamentos utilizados nos levantamentos, bem como, no número de equipamentos em funcionamento simultâneo (ideal trabalhar com no mínimo duas embarcações).

- Além disso, orientações em relação às condições meteorológicas adequadas a realização dos levantamentos são esperadas no documento, visto que a Lagoa sob ventos mais intensos irá produzir ondulações significativas, influenciando a precisão dos levantamentos monofeixe. Em função disso, a observação acima sobre as especificações dos equipamentos torna-se fundamental. Por exemplo, não é comum em levantamento em lagoas utilizar atenuadores de onda ou registradores de atitude (inerciais), mas neste caso o atenuador é importante e deve ser utilizado.

- O cronograma de execução destaca que é esperado uma taxa de levantamento por bloco de 250 km a cada 90 dias. Suponho que seriam 250 km de navegação linear, e entendo que seria melhor estabelecer uma área, e não uma distância linear.

- Também não está claro até que profundidade serão realizados os levantamentos batimétricos. Por exemplo, até 2 m de profundidade você pode navegar com um tipo de embarcação, mas em profundidades menores, outro tipo faz-se necessário. Além disso, o uso de diferentes embarcações para diferentes profundidades também requer um número maior de equipamentos.

- Por fim, destaco que, embora posteriormente seja divulgado que o edital foi avaliado e aprovado pelo Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática, só tivemos acesso a uma parte do seu conteúdo. Então, este parecer é referente somente ao material passível de avaliação.



Elisa Helena Fernandes
Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

PARECER TÉCNICO

Sobre a contratação de batimetria nas lagoas Patos e Mirim.

Autor: Fernando Mainardi Fan

Em cumprimento à solicitação de análise técnica do documento RESUMO TÉCNICO: CONSULTA PARA BATIMETRIA DAS LAGOAS DOS PATOS E MIRIM é apresentada a seguir uma avaliação do documento.

1. OBJETO

- O objeto está delineado com clareza, prevendo a execução de levantamentos batimétricos nas Lagoas Patos e Mirim subdividido em 6 blocos e a sua importância.

2. JUSTIFICATIVA

- A justificativa está corretamente embasada. Embora esteja baseada apenas no atual sistema de alertas de inundação do Rio Grande do Sul. O levantamento batimétrico também permitirá a realização de outros estudos hidrodinâmicos e mapeamentos de áreas inundadas, além de apenas a operação do modelo de previsão.

3. DEFINIÇÃO DOS BLOCOS DE LEVANTAMENTO

- A definição dos seis blocos, que entendo ser limitada pelo orçamento disponível, está coerente com a necessidade de informação na proximidade dos principais centros urbanos às margens da Laguna dos Patos. Também é dado foco especial para a saída do Guaíba para a Laguna dos Patos e para o próprio exutório da Laguna.

4. CUSTOS ESTIMADOS

- Os custos estão de acordo com os recursos disponíveis, entendo que não é possível adicionar comentários sobre isto.

5. PRODUTOS DA CONTRATAÇÃO

- Os produtos da contratação estão coerentes. Mas entendo que é necessária maior especificação sobre o que são os arquivos brutos e o que são os mapas e croquis. Eles são arquivos digitais? Shapefiles? Geopackages? Eles são documentos em papel? Eles são as anotações das cadernetas de campo? Entendo ser importante especificar em forma mais detalhada o que se espera nos "arquivos brutos" e os "mapas e croquis". De preferência especificar que são arquivos digitais e especificar o formato.
- Também sugiro incluir um item "vi) base final processada" que seria a compilação de todas as batimetrias realizadas em formatado vetorial, raster (interpolada), arquivos xlsx ou csv das linhas e um arquivo de descrição dos dados. Isso por que os "arquivos brutos" e os "mapas e croquis" solicitados podem vir em formato de difícil utilização prática.
- Entendo que seria interessante especificar o sistema de coordenadas e o Datum em que se desejam os dados finais.
- Qual será a amarração dos levantamentos? Talvez seja necessário especificar isto também.

6. CONCLUSÃO

O documento apresenta um levantamento de dados essencial para o RS, de atualização das batimetrias de áreas lagunares. O levantamento é limitado pelo orçamento, de modo que as áreas consideradas mais essenciais, próximas de áreas urbanas e na entrada e saída da Laguna dos Patos, são contempladas. Todavia, o documento pende de melhoria nas especificações dos entregáveis, pois os produtos podem não ser úteis na prática se os entregáveis não forem melhor especificados.

Fernando Mainardi Fan

Assinado de forma digital por Fernando Mainardi Fan
DN: cn=Fernando Mainardi Fan, o=Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), ou=Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), email=fernando.fan@ufrgs.br, c=BR
Dados: 2025.11.11 08:48:58 -03'00'

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
NSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE PALEONTOLOGIA E ESTRATIGRAFIA

P A R E C E R T É C N I C O

AVALIAÇÃO DO USO DE TÉCNICAS BATIMÉTRICAS NA LAGUNA DOS PATOS E LAGOA MIRIM PARA DIAGNÓSTICO DE POSSÍVEL ASSOREAMENTO ASSOCIADO ÀS INUNDAÇÕES DE 2023–2024 NO RIO GRANDE DO SUL.

Prof. Dr. Rualdo Menegat

Porto Alegre,03 de novembro de 2025.

Sumário Executivo

Este parecer técnico sintetiza e aprofunda a avaliação do uso de técnicas batimétricas na Laguna dos Patos e na Lagoa Mirim, diante de recentes eventos de inundação (2023–2024) no Rio Grande do Sul. O enfoque recai sobre a compreensão integrada da planície costeira do RS como sistema sedimentar holocênico complexo, a morfodinâmica lagunar e deltaica, os controles hidrodinâmicos (vento, maré meteorológica, descarga fluvial) e a ocupação humana em áreas naturalmente inundáveis.

A análise demonstra que a hipótese de assoreamento generalizado como causa principal das inundações não encontra sustentação nos conhecimentos geológicos, geomorfológicos e sedimentológicos disponíveis. As taxas de deposição de sedimentos finos na Laguna dos Patos são da ordem de centésimos de centímetro por ano, compatíveis com sistemas lagunares de grande porte em equilíbrio dinâmico. A morfologia assimétrica do fundo, com talvegue junto à margem leste e plataforma rasa extensa na margem oeste, está associada à evolução natural do sistema laguna-barreira, e não a processos recentes de colmatação.

Os eventos de 2023–2024 são interpretados como resultado da combinação de precipitações extremas nas bacias afluentes, descargas fluviais de alta energia, ventos persistentes de quadrante sudeste (set-up lagunar) e ocupação antrópica em planícies deltaicas e margens rasas. Essa combinação produz lagos de inundação deltaica, represamentos e elevação temporária dos níveis d’água em grande extensão.

Diante desse contexto, o parecer conclui que levantamentos batimétricos convencionais de grande escala, embora úteis em contextos específicos, não se justificam como primeira opção para explicar ou mitigar as inundações recorrentes na margem oeste da Laguna dos Patos e na Lagoa Mirim. Recomenda-se priorizar o uso de técnicas de topobatimetria por sensoriamento remoto, integração de bases batimétricas e topográficas existentes, modelagem hidrodinâmica numérica e estudos sobre vulnerabilidade socioambiental em áreas inundáveis. Campanhas batimétricas pontuais, mais onerosas, devem ser consideradas em etapas posteriores, apenas onde as análises preliminares apontarem necessidade técnica clara.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A Planície Costeira do Rio Grande do Sul

A configuração da planície costeira do Rio Grande do Sul é única no Brasil e no mundo. Ela encerra uma longa faixa de 616,77 km de extensão na linha de praia (IBGE, 2022). A sua largura varia de cerca de 10 km, bem a norte, e se alarga a partir de Osório atingindo o máximo em Porto Alegre com 131 km (FIG. 1). Assume uma largura média em Tapes, de cerca de 70 km, que prossegue quase constante até o Chuí. Na desembocadura do rio Camaquã ela se alarga um pouco mais, com cerca de 90 km. Ela contém mais de 150 lagoas, lagos e lagunas de múltiplas dimensões em diversificados contextos limnológicos, ecológicos, hidrológicos e geológicos, sendo um dos mais expressivos do planeta.

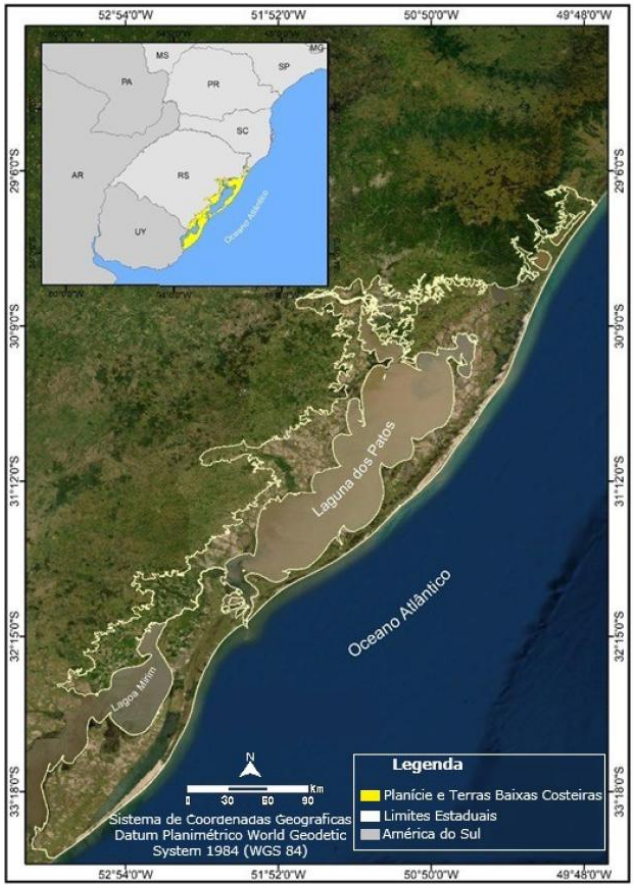

Figura 1 - Mapa de localização da Planície costeira do Rio Grande do Sul (Elaboração: N. Buscher, 2019 apud Moura, 2022).

Essa província de cerca de 33.000 km² constitui a porção emersa da Bacia Sedimentar de Pelotas. Ela foi estruturada durante o final do Pleistoceno e no Holoceno, no Período Quaternário, por quatro grandes variações do nível do mar. As três primeiras ocorreram no final do Pleistoceno, com níveis do mar alto há 320 mil anos, 225 e 120 mil anos. A última transgressão ocorreu há 5.600 anos, no Holoceno (FIG. 2 e 3). Cada transgressão ficou registrada por um sistema laguna-barreira que foram se justapondo lado a lado desde a face

do Planalto Sul-Rio-Grandense, na primeira transgressão, até a linha de praia atual. A configuração da região hoje ocupada pela laguna dos Patos, lago Guaíba e lagoa do Casamento deu-se a partir terceira transgressão, quanto formou-se a barreira III. Essa barreira constitui parte da face interna do atual cordão litorâneo que conforma a margem leste da laguna. Já a margem oeste da laguna é estruturada por depósitos de leques aluviais e lagunares ancorados no flanco do Planalto Sul-Rio-Grandense.

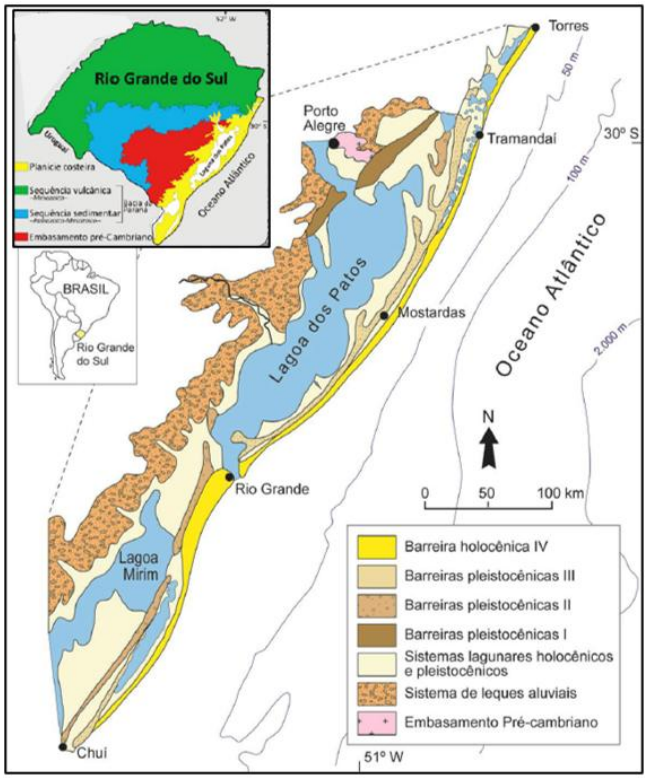

Figura 2 – Mapa geológico da Planície Costeira do RS evidenciando os quatro sistemas laguna-barreira (Modificado de Tomazzeli & Vilwock, 1995).

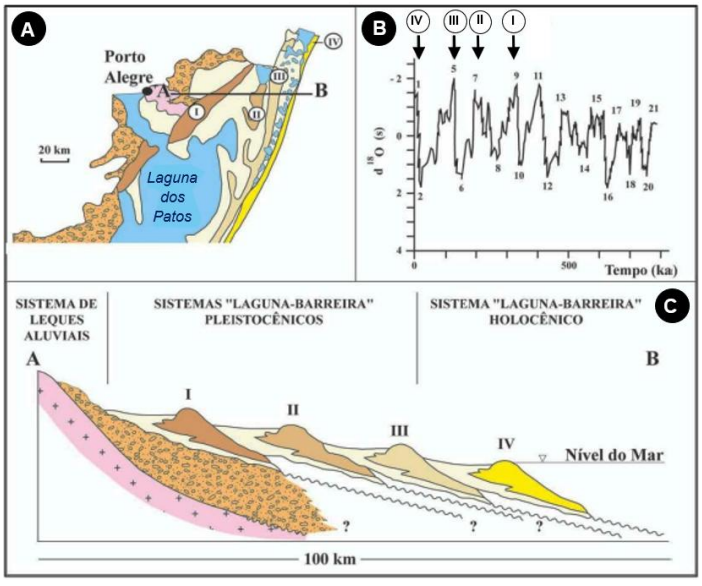

Figura 3 – Sucessão dos quatro sistemas laguna-barreira da planície costeira. (A) Mapa de localização da seção AB na região de Porto Alegre-Tramandaí. (B) Curva de variação da razão isotópica de ^{18}O (Imbrie et al., 1984), cujos picos 9, 7, 5 e 1 são correlacionados com as grandes transgressões marinhas, identificadas de I a IV respectivamente. A unidade da linha de tempo é ka=mil anos. (C) Seção esquemática AB dos quatro sistemas laguna barreira. (Fonte: Tomazelli & Vilwock, 2000).

O Mar de Dentro: o sistema lagunar-lacustre Patos-Guaíba-Casamento

O conjunto lacustre principal, chamado regionalmente de Mar de Dentro, é constituído pela laguna dos Patos (10.360 km²), interligada com o lago Guaíba (472 km²) e a lagoa do Casamento (430 km²). Como receptor das águas continentais das regiões hidrográficas do Guaíba e das bacias litorâneas, nas orlas desse sistema lacustre-lagunar ocorre o encerramento do escoamento gravitacional fluvial. O nível da água desse sistema lagunar-lacustre representa a interiorização do nível de base marinho, configurando uma costa interna onde se alinham os deltas dos rios que para ela afluem (FIG. 4). Entre os principais deltas encontram-se o do rio Camaquã, que se localiza na porção intermediária da costa oeste da laguna dos Patos; e o do Jacuí, onde afluem os rios Jacuí, Caí, Sino e Gravataí, na costa norte do Lago Guaíba. Este último delta marca a máxima interiorização do nível de base da costa sul e leste do Brasil, sendo em torno de 130 km desde a linha de praia, comparando-se com àquelas da costa atlântica da Argentina e Uruguai, como a do delta do Paraná, no estuário do Rio da Prata, com 350 km. Na costa leste do Brasil, essa interiorização do nível de base, típica de sistemas costeiros afogados em nível de mar alto, não ultrapassa 15 km.

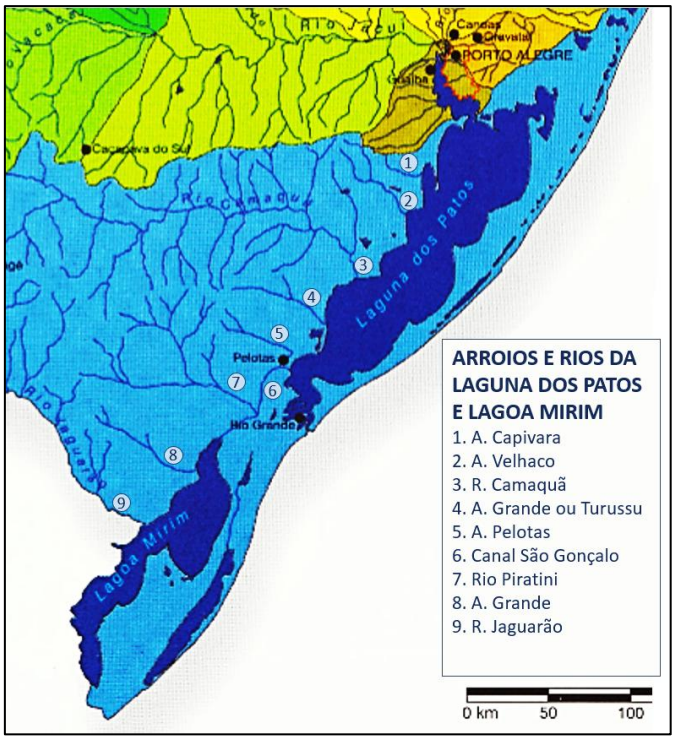

Figura 4 – Principais arroios (A.) e rios (R.) da Região Hidrográfica Litorânea que afluem para a Laguna dos Patos e Lagoa Mirim (modificado de Menegat & Kirchheim, 2006).

Essa configuração do escoamento hidrográfico em que grandes fluxos fluviais, provindos do Planalto Meridional, cujas cabeceiras estão cerca de 1.300 m de elevação, e do Planalto Sul-Rio-Grandense, onde as cabeceiras estão cerca de 450 m, pode produzir inundações deltaicas de grande amplitude, uma vez que os deltas e os corpos receptores lacustres que se seguem são estagnantes e conectados com o mar (FIG. 5).

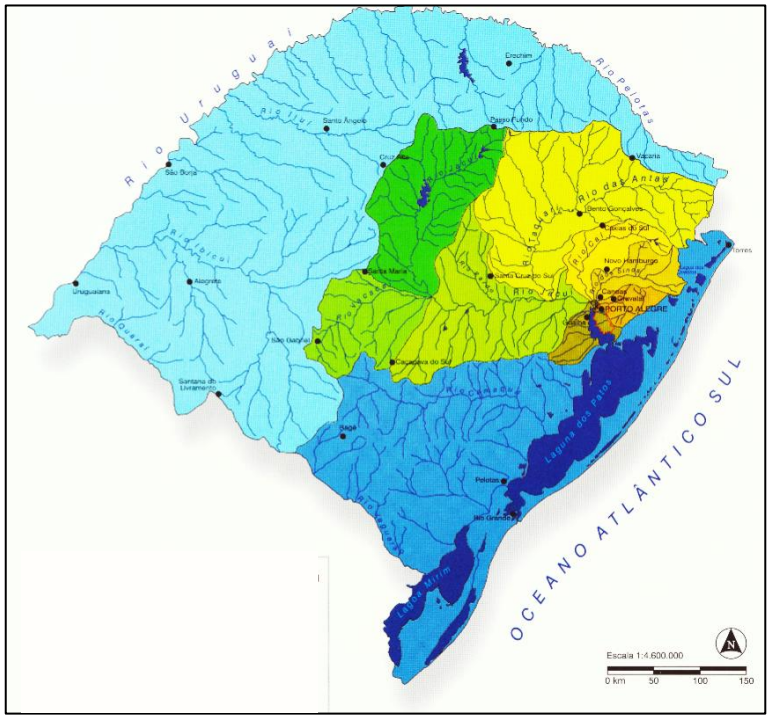

Figura 5 – Regiões hidrográficas do Lago Guaíba (cores verde-amareladas), das Bacias Litorâneas (azul-intenso) e do Rio Uruguai (azul-claro) (Modificado de Menegat & Kirchheim, 2006).

A forma laguna dos Patos

A laguna, popularmente chamada de Lagoa dos Patos, é a maior da América do Sul e uma das maiores do mundo, com 252 km de comprimento desde o exutório da Lagoa do Casamento e incluindo a porção estuarina até a linha de praia. A largura média é de 45 km, sendo que no setor setentrional, atinge um máximo de 61 km, no intermediário alcança até 48 km, e, no meridional, atinge 51 km. O setor estuarino, com a forma de um canal curvo, vai afunilando sua largura desde 14 km, na altura da foz do canal de São Gonçalo, até 1,5 km na desembocadura marinha.

A laguna dos Patos tem uma forma longilínea, com eixo principal na direção NE-SW, cujas margens são delineadas por enseadas e sacos ladeados por pontais. Grosso modo, podem ser identificados quatro setores ou células, aqui denominados de setentrional, intermediário, meridional e estuarino. O grande setor setentrional é dominado pelo extravasamento de água do Lago Guaíba, na margem nor-noroeste, e pelo exutório de lagoa do Casamento, na margem nor-nordeste. O setor intermediário é mais estreito, sendo composto por três células que conectam o setor setentrional com o meridional. Este, por sua vez, é dominado pelo afluxo do rio Camaquã, cujo delta está implantado na margem oeste. Por fim, no extremo sul, encontra-se o setor estuarino da laguna, que se estreita na forma de uma alça dominada pelo afluxo do canal de São Gonçalo e marés.

O mapa da Figura 6 ilustra modelização da taxa de renovação da água do sistema lagunar-lacustre dos Patos-Guaíba-Casamento considerando 90 dias. Nele, fica evidenciado como esses setores têm hidrodinâmicas diferenciadas.

No setor setentrional, a taxa de renovação da água situa-se entre 60 e 75%. O setor intermediário mostra taxas menores na sua porção influenciada pelo setor setentrional, entre 60 e 70%, do que àquela influenciadas pelo setor meridional, entre 75 e 80%. Essas taxas do setor norte e parte do intermediário, contudo, contrastam com as do setor meridional, onde elas se situam entre 85 e 95%, e do setor estuarino, com valores predominantemente entre 95 e 100%. O mapa mostra ainda, que as taxas do setor meridional são próximas às do lago Guaíba e que a lagoa do Casamento é o corpo mais estagnante desse sistema.

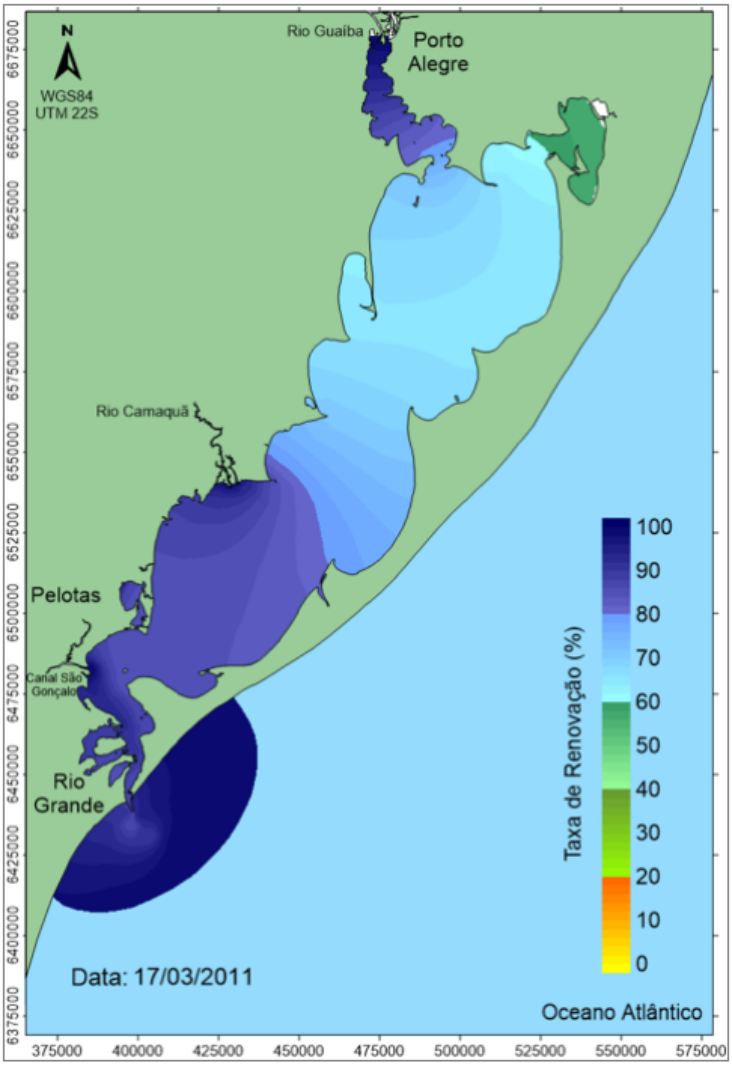

Figura 6 – Modelização da taxa de renovação da água do sistema laguna dos Patos-Guaíba-Casamento considerando 90 dias evidencia os setores setentrional, intermediário, meridional e estuarino (Fonte: Rosman et al., 2011).

Na imagem Landsat da Laguna dos Patos (FIG 7), sedimentos em suspensão, fitoplâncton, vegetação aquática submersa e matéria orgânica dissolvida colorida destacam o fluxo dos vórtices. Os diferentes padrões dos vórtices permitem identificar claramente os três setores da laguna. No setor setentrional, mais amplo, o fluxo se dispersa na forma de um leque provindo do exutório do Guaíba. No setor meridional, o fluxo acompanha as porções baixas do leito com um padrão sinuoso que contorna os esporões. No setor

setentrional, o fluxo busca ocupar a amplitude da célula, que se alarga a partir dos últimos pontais do setor anterior, e sofre uma inflexão devido ao esporão da Pontal do Quilombo, que se projeta desde a margem oeste.



Figura 7 - Imagem Landsat da Laguna dos Patos, onde sedimentos em suspensão, fitoplâncton, vegetação aquática submersa e matéria orgânica dissolvida colorida destacam o fluxo dos vórtices. (Imagem Landsat da NASA/OBPG/OB.DACC, 2018 e cartografia de Menegat, 2024.)

A morfologia do leito da laguna

A profundidade média do corpo lagunar é de 5 m, configurando uma laguna rasa. A topografia do fundo é assimétrica, pois o talvegue sinuoso percorre próximo à margem leste (FIG. 8 e 10). No grande depocentro do setor setentrional, que tem forma ovalada e profundidade em torno de 9 m, o talvegue é pouco delineado e torna-se longilíneo como um canal sinuoso no setor intermediário, com profundidades entre 6 e 7 m. Passa pelo setor meridional, também com forma de canal, embora o depocentro seja mais amplo e ovalado com profundidade de 7 a 8 m, e, por fim, afunila-se como canal no setor estuarino, sendo bem mais raso, com profundidades de 2 a 4 m.

Além disso, o fundo é condicionado por grandes esporões que se projetam transversalmente a partir dos pontais das margens, sendo bem mais significativos na margem oeste. Esses esporões ladeiam as células da laguna e são responsáveis por empurrar o talvegue para perto da margem leste. Eles podem ter até 20 km de extensão e 3 km de largura. A assimetria também se faz notar pela inclinação do fundo. O lado ocidental é menos inclinado formando uma plataforma de até 3 km de largura a partir da margem das enseadas. Já no lado oriental, a profundidade aumenta rapidamente até o talvegue que passa rente a ela. Isso restringe o canal natural e de navegação nas proximidades da margem oriental (FIG. 9).

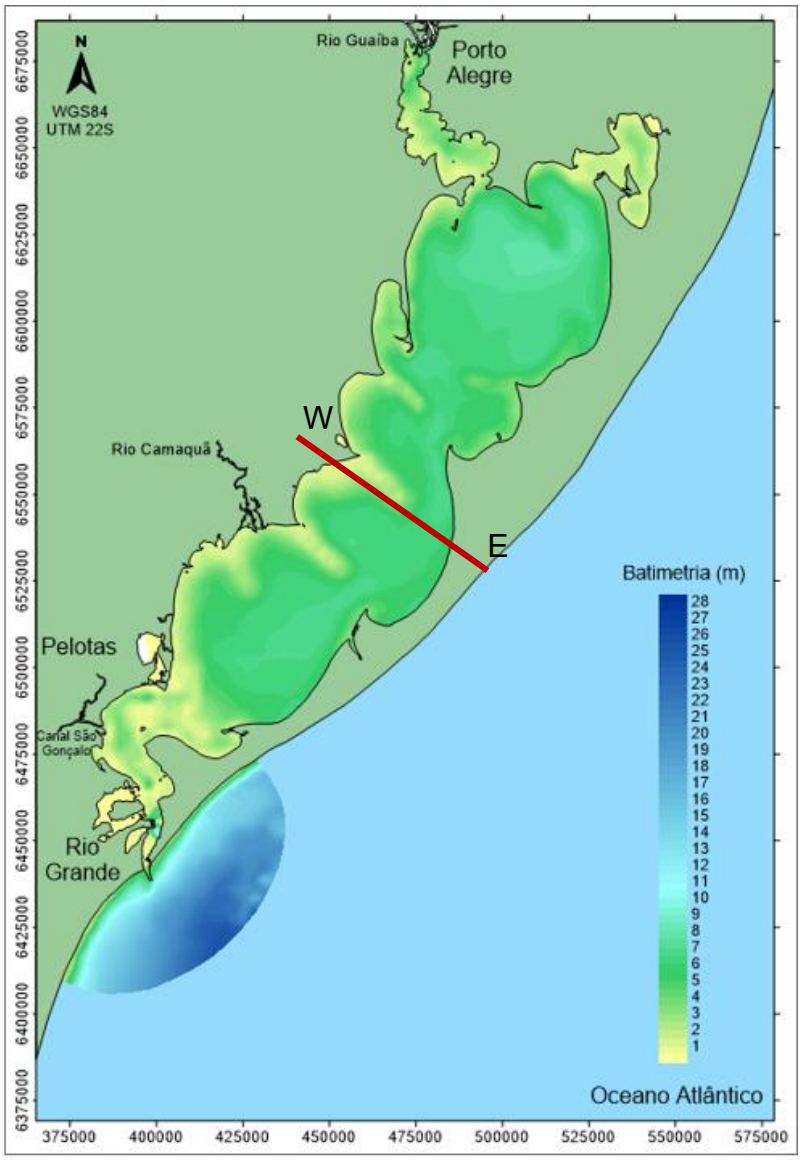

Figura 8 – Batimetria da laguna dos Patos. A linha vermelha posiciona a seção W-E representada na Figura 8. (Fonte: Rosman et al., 2019).

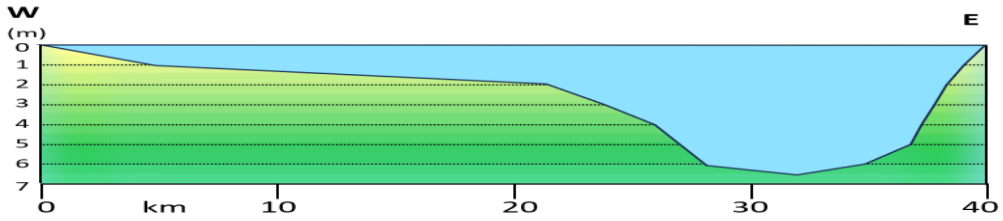

Figura 9 – Seção batimétrica W-E da laguna dos Patos evidenciando a do fundo. O esporão da margem oeste condiciona o talvegue a posicionar-se próximo à margem leste. (Exagero acentuado da escala vertical).

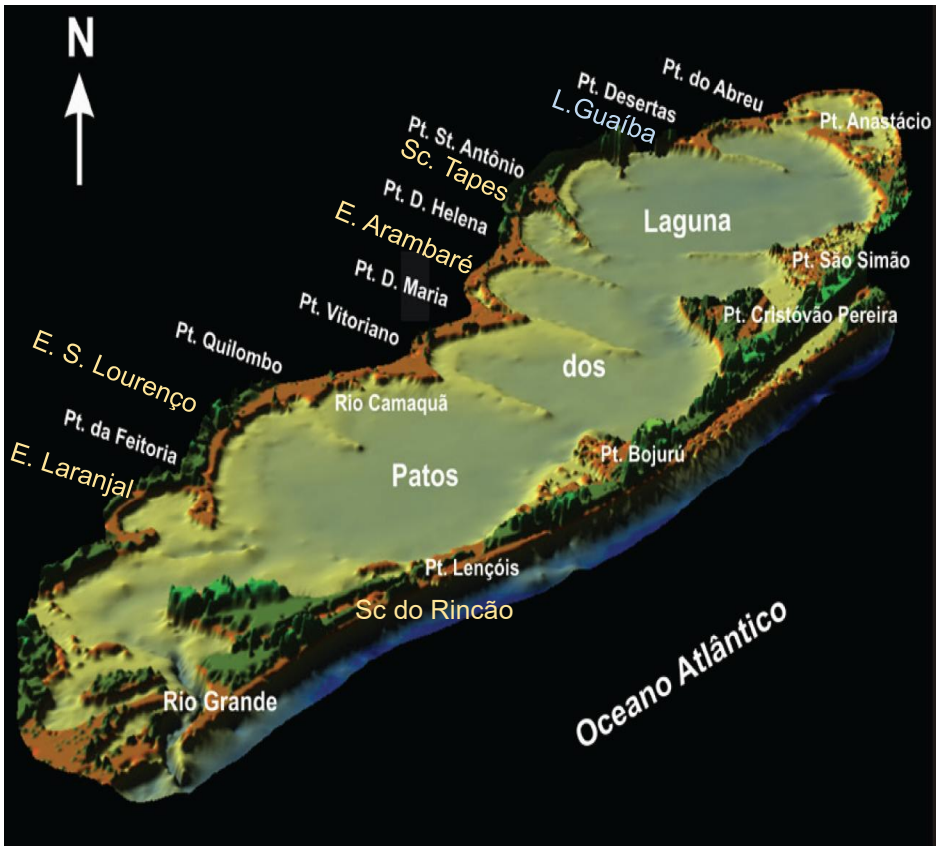

Figura 10 – Morfologia do leito da Laguna dos Patos com principais topônimos de pontais (Pt.) que se prolongam como esporões para o fundo, ladeando sacos (Sc.) e enseadas (E.). A cor verde-clara indica o fundo da margem interna, com gradientes mais acentuados. A cor cinza-esverdeada refere o leito mais profundo.

A partir de técnicas avançadas de topobatimetria, Alves et al. (2019) aplicaram o modelo digital de superfície (MDS) do sensor PRISM e inferências batimétricas com uso do sensor OLI para elaborar um mapa topobatimétrico da região estuarina da laguna dos Patos (FIG. 11). Nele, observa-se com detalhe o canal de navegação e feições de fundo, como bancos arenosos (FIG. 12). Essa técnica utilizou-se de livre acesso aos dados da Japan Aerospace

Exploration Agency (JAXA) e do Serviço Geológico dos Estados Unidos (United States Geological Survey, USGS). Por meio desses dados é possível, ainda, gerar série de mapas temporais para avaliar mudanças morfológicas de fundo.

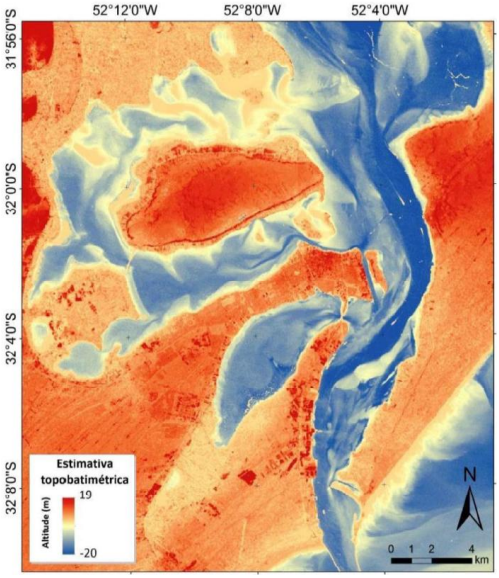

Figura 11- Mapa topobatimétrico de parte do setor estuarino da Laguna dos Patos (Modificado de Alves et al., 2019).

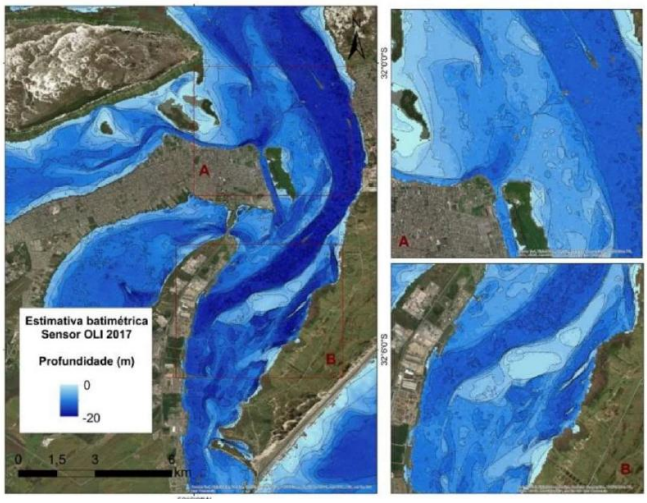

Figura 12 – Mapa da morfologia de fundo do canal Norte da desembocadura da laguna dos Patos (quadro esquerdo), e detalhes como o canal de navegação (quadro superior direito) e bancos arenosos longilíneos, em azul claro no inferior direito. (Modificado de Alves et al., 2019.)

A variação granulométrica dos sedimentos

A granulometria dos sedimentos do leito da laguna dos Patos é muito fina (FIG 13). No setor setentrional, é composta totalmente por silte, que predomina também no setor intermediário, onde comparece, na área mais profunda próxima da margem leste, a fração argilosa. Já no setor meridional, além do silte e argila, também ocorre, na porção sul, a areia muito fina. Os esporões transversais do leito da laguna são compostos por areia fina e média, no setor setentrional e meridional. Já no setor intermediário, são constituídos por areia fina e muito grossa.

A faixa do leito próxima às margens possui granulometria mais grossa, devido à ressedimentação proporcionada pela ação de ondas. Essa faixa é mais estreita e formada exclusivamente por areia fina junto à margem leste. Enquanto que, na margem oeste, a faixa é mais larga e o padrão textural é semelhante ao dos esporões, ou seja: no setor setentrional, a faixa do leito marginal constitui-se de grãos de areia média e fina. No setor intermediário, por areia fina e muito grossa. Por fim, no setor meridional, por areia média, fina e muito fina.

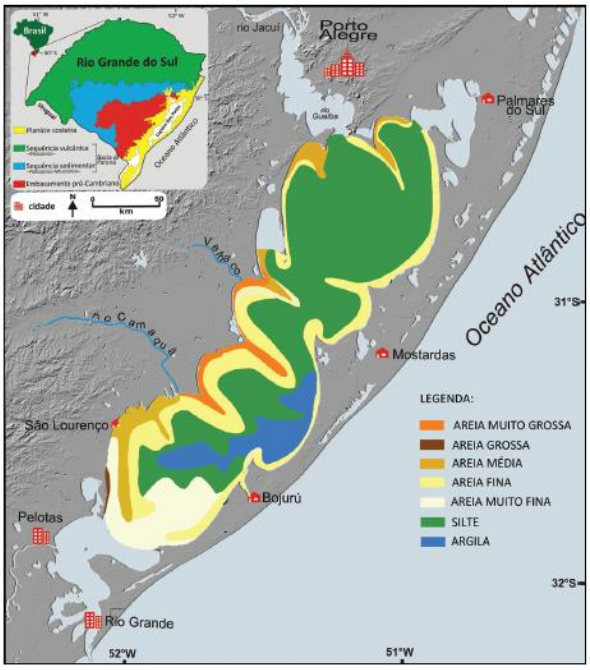

Figura 13 – Mapa de distribuição textural do leito da laguna dos Patos. (Toldo Jr., 1994).

A ação dos ventos

O nível e a circulação da água na laguna dos Patos são dependentes da ação dos ventos e da vazão. As velocidades das vazões, por exemplo, são mais intensas próximas ao Guaíba no setor norte e ao setor estuarino, bem como sobre os bancos de areia submersos. Nas regiões rasas da laguna, a corrente dá-se na direção do vento, porém, com lâmina d'água mais profunda, ocorre em oposição ao vento. O nível d'água sobe no sentido do vento e baixa na região oposta. O vento sudeste, por exemplo, induz a subida do nível na margem oeste e rebaixa na margem leste. Cavalcante (2017) modelizou a variação do nível da água da laguna dos Patos considerando a ação do vento sudeste e com baixa (440 m³/s) e média (1.086 m³/s) vazão do corpo lagunar. Na Figura 14, os cenários dessa modelização mostram a sensível aumento do nível da água na margem oeste da laguna.

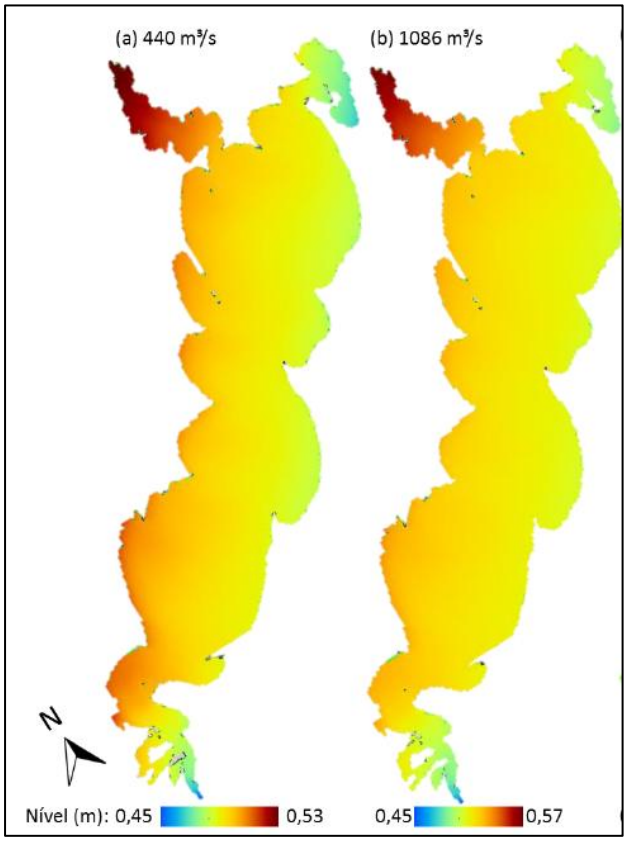

Figura 14 – Mapa do nível da água para cenários de ação do vento sudeste para o quinto dia de modelização. (Modificado de Cavalcante, 2017.)

A margem oeste é particularmente sensível a subida do nível da água, pois ela se conforma como uma plataforma rasa e pouco inclinada. Assim, pequenas elevações do nível da água atingem uma ampla área marginal. Em períodos de tempos severos, em que o nível pode subir bem mais que 50 cm, a área inundada pode ser muito grande, principalmente em zonas deltaicas. Isso fornece uma percepção de que há assoreamento da laguna, quando se trata da combinação de fatores que aumentam o impacto da inundação.

O desastre hidrogeoclimático de 2024

No desastre hidrogeoclimático de 2024, esse cenário ficou claro com a formação de um lago de inundação deltaica na região de desembocadura de quatro rios – Jacuí (incluindo o Alto Jacuí, Taquari-Antas), Sinos, Caí e Gravataí – no sistema do delta do Jacuí e lago Guaíba. O lago de inundação deltaica formado teve uma área de cerca de 800 km² e elevação do nível de água na região do canal de navegantes de 5,37 m. Isso mostra a situação crítica que se coloca quando um escoamento fluvial massivo de alta velocidade, provindo das terras altas, encontra um corpo receptor estagnante configurado por um delta de um sistema lacustre costeiro também estagnante.

Além disso, sistemas de alta descarga produzidos por eventos de precipitação extrema podem vir acompanhados de grande volume de carga em suspensão e de fundo devido à erosão de solos e movimentos de massa de encostas muito declivosas, como no caso a dos vales profundos da Região Hidrográfica

do Guaíba. Segmentos de montante de rios como Taquari-Antas, Caí, Alto Jacuí, entre outros, possuem canais em fundos de vales escarpados com até 600 m de gradiente de relevo, configurando-se como cânions, onde a planície de inundação está praticamente ausente. Nesses vales, houve um impressionante movimento de massa por ocasião das enxurradas de 2024, densificando sobremaneira a água das enxurradas que descenderam por esses canais.

Na região deltaica estagnante de desembocadura dos rios, o fluxo densificado tende a depositar grandes cargas de areia e lama, modificando configurações geomorfológicas superficiais e do leito dos corpos hídricos. Na planície deltaica do Jacuí, por exemplo, houve configuração de novos bancos arenosos progradantes no lago Guaíba, bem como espessa formação de depósitos arenosos e lamacentos nas ruas das ilhas da Pintada e, mesmo, nas várzeas inundadas da região norte de Porto Alegre lindeira ao delta, como a dos bairros Humaitá, Navegantes e Floresta que margeia o canal de Navegantes.

Eventos extremos de enxurradas e inundações podem produzir importantes mudanças geomorfológicas, hidrográficas e na morfologia dos leitos dos corpos hídricos que induzem possíveis modificações da vazão e do comportamento de escoamentos futuros. Isso pode representar mudanças nos riscos de inundação de populações assentadas nessas áreas, bem como modificações ecológicas (FIG. 15).

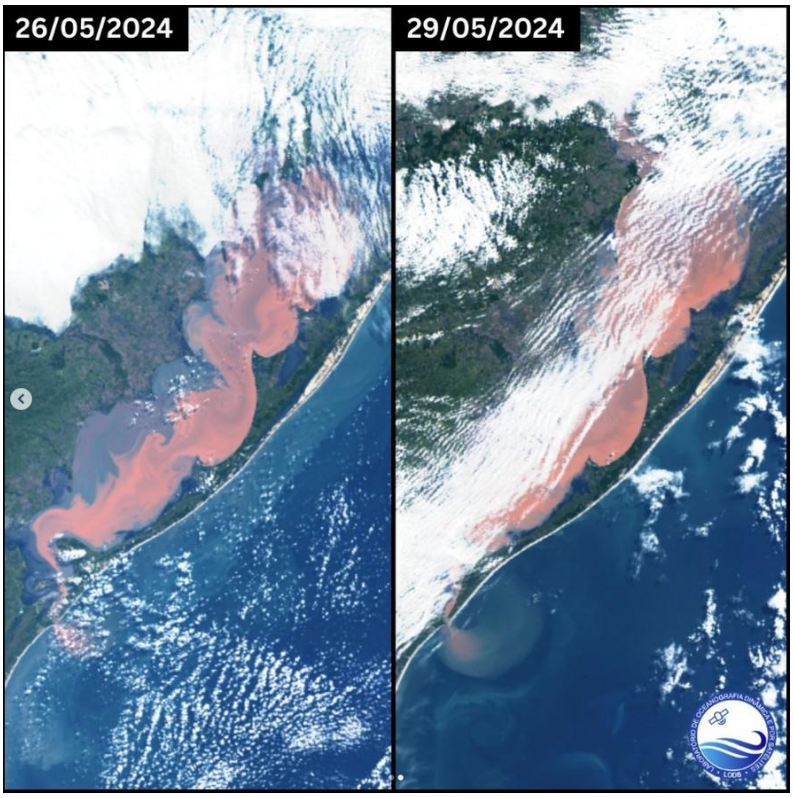

Figura 15 – Imagens de satélite da laguna dos Patos de 26 e de 29/05/24 [Fonte: LODS-FURG]

Ocupação humana e vulnerabilidade

O avanço da urbanização, da agricultura e de atividades econômicas sobre áreas naturalmente inundáveis intensificou a exposição a riscos. Cidades e vilas como Arambaré, São Lourenço, Pelotas e Rio Grande expandiram-se sobre planícies rasas, reduzindo a capacidade de drenagem natural e acentuando a percepção pública de que as inundações seriam consequência de assoreamento. Trata-se, porém, de um fenômeno complexo em que predominam fatores antrópicos e hidrometeorológicos.

2. Da solicitação

A solicitação do Processo Administrativo Eletrônico número 25/0400-0001327-2, de 25 de setembro de 2025, é constituída de um “Resumo Técnico da Batimetria das Lagoas”. O resumo diz respeito ao termo de referência para contratação da batimetria das lagoas dos Patos e Mirim do Estado do Rio Grande do Sul.

No despacho (p. 10), a bastante Assessora Superior da SERG, a Sra. Itzayana González Ávila**,** solicita a

> “análise técnica e eventual contribuição institucional do Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática quanto à definição, localização e constituição dos blocos de batimetria, destinados a servir de subsídio para modelagem dos corpos hídricos, emissão de alertas de inundação e aprimoramento da gestão de risco nas proximidades das lagoas. Destaca-se que o levantamento batimétrico das duas lagoas demostrou alto custo para a administração do Estado, pelo que foi optado por priorizar pontos estratégicos.”

O referido resumo consta de sete itens distribuídos em quatro páginas, a saber: 1. Objeto, 2. Justificativa, 3. Definição dos Blocos de Levantamento, 4. Custos Estimados, 5. Produtos da Contratação, 6. Controle de Qualidade, 7. Cronograma de Execução do Projeto

Parece-nos que o foco da solicitação é investigar, por meio da batimetria, duas possíveis hipóteses, que não foram declaradas:

a) O assoreamento da região costeira
b) Dados com uso de técnicas batimétricas podem levar ao estabelecimento de modelos de previsibilidade de inundações com maior acurácia.

3. Das informações fornecidas para elaboração do parecer

As informações constantes no documento encontram-se deveras sumarizadas. Postula-se que as locações dos blocos procuraram dar respostas aos principais assentamentos populacionais costeiros, onde gerou-se uma percepção

generalizada de que houve ‘assoreamento’ dos corpos hídricos e de que esta tem sido a ‘causa principal de inundações.’

Os locais previstos são:

1. Bloco Ilha do Barba Negra a Pontal das Desertas: área frontal do exutório do lago Guaíba, adentrado para a laguna cerca de 15 km desde a praia de Fora.
2. Bloco Arambaré e Saco de Tapes: na margem oeste, desde o saco de Tapes até a enseada de Arambaré (arroios Velhaco, do Brejo, Calafate e exutório da Lagoa do Graxaim), adentrando cerca de 15 km para o centro da laguna.
3. Bloco de Camaquã e São Lourenço: na margem oeste, área desde a desembocadura do Camaquã, com seus vários braços abandonados, e enseadas norte (desembocaduras do arroio Caraá e Areta) e sul (desembocaduras dos arroios Grande e São Lourenço) da ponta de São Lourenço, adentrando cerca de 22 km para o centro da laguna.
4. Bloco Feitoria: área desde o norte da enseada do Laranjal, na região do Cotovelo (exutório da Lagoa Pequena), na margem oeste, e Saco do Rincão na margem leste.
5. Bloco de Pelotas e Rio Grande: área do estuário da laguna dos Patos ou de Rio Grande, desde norte da enseada do Laranjal, margem oeste, e Ponta da Várzea, margem leste, até o Pontal da Barra no litoral.
6. Bloco Mirim Norte e Central: área do estrangulamento norte da lagoa Mirim desde a ponta do banhado Mundo Novo, na margem oeste, até o canal de São Gonçalo, onde se encontram as desembocaduras dos arroios Grande, Canhada, Chasqueiro, Sarandi e Parapo.

Não foram oferecidos detalhes descritivos da proposta, cujo estudo proposto melhorar a compreensão de riscos, como:

a) Dimensões e importância dos assentamentos humanos, vilas e cidades na região costeira dos blocos;
b) Infraestruturas estratégicas instaladas na região costeira desses blocos;
c) Desembocaduras de cursos d’água e rios importantes;
d) Áreas hídricas ou costeiras ecologicamente significativas sensíveis a grandes descargas de inundações.

4. Pontos positivos da proposta

A proposta considera importante a obtenção de dados para a geração de modelos mais confiáveis de predição da dinâmica costeira. Esse objetivo é sempre desejável.

5. Fragilidades e lacunas da proposta

Os corpos lagunares e lacustres são os mais complexos ambientes de sedimentação e escoamento, principalmente em sistemas abertos em região costeira (Reading, 2000). As contribuições de fluxos fluviais podem ter diferentes comportamentos consoante a carga em suspensão e de fundo, a temperatura do fluxo em relação ao corpo receptor, ação dos ventos, variação do nível do mar em marés de tempestade, etc.

No caso em tela, procura-se dimensionar o possível assoreamento do corpos lagunares-lacustres como causa da inundação de 2024. Como comentado e informado no corpo desse documento, a margem oeste da lagoa dos Patos funciona como uma plataforma rasa muito suscetível à variação do nível da água devido a ação de ventos de sudeste ou de nordeste, implicando na inundação de grandes áreas. Portanto, o problema pode não se configurar como sendo propriamente de ‘assoreamento, mas que a intensificação de ventos pode estar produzindo a inundação de áreas cada vez maiores. Além disso, há uma combinação da subida do nível das águas pela ação dos ventos com a natureza própria de zonas deltaicas de bloquear o escoamento. Isso pode levar a inundações com maior nível d’água e mais duradouras.

Para os blocos dimensionados, observa-se que a ocupação e uso do solo próximo as áreas suscetíveis a inundações tem aumentado nas últimas décadas. Isso também aumenta a percepção de que as inundações estão sendo causadas pelo assoreamento.

6. Contribuições para melhoria da proposta

O centro da proposta parece ter sido o de testar duas hipóteses, já mencionadas acima, quais sejam:

a) A laguna e as lagoas estão assoreadas, sendo a causa de inundações.
b) Aumenta a acurácia de modelos previsionais de inundações com base na batimetria da costa das lagoas e lagunas.

Para ambas as hipóteses a) e b), vamos sustentar aqui que as evidências batimétricas embora posam testá-las, não seriam a prioridade de estudos para fins de entender a morfodinâmica costeira as inundações que ocorrem na região.

Todas preliminares contidas no item acima intitulado ‘Contexto’ procuram estabelecer parâmetros sintéticos para demonstrar que o sistema lagunar-lacustre costeiro do Rio Grande do Sul, geologicamente de recente constituição, é complexo, pois se trata de uma interface hídrica-sedimentar-ecológica entre os dois planaltos, a depressão periférica e o mar.

Além disso, procurou-se elucidar a ampla escala do contexto lagunar-lacustre-marinho e fluvial. Essa escala regional, usualmente, não está na percepção das pessoas. Por isso, há a noção de que as lagunas podem ser colmatadas na mesma taxa de um riacho.

Há na internet ‘aulas’ sobre como a laguna dos patos está ‘tomada de sedimentos’ (FIG. 16). A carga em suspensão da laguna, comum após chuvas intensas, é evidenciada na imagem de satélite. Grande parte dessa carga em suspensão é transportada para o mar, uma vez que há correnteza na massa de água. Para haver ampla deposição na laguna, seria preciso que a água ficasse estagnada por algum tempo, o que não ocorre na dinâmica desse corpo hídrico nem na estação de baixa precipitação de chuva.

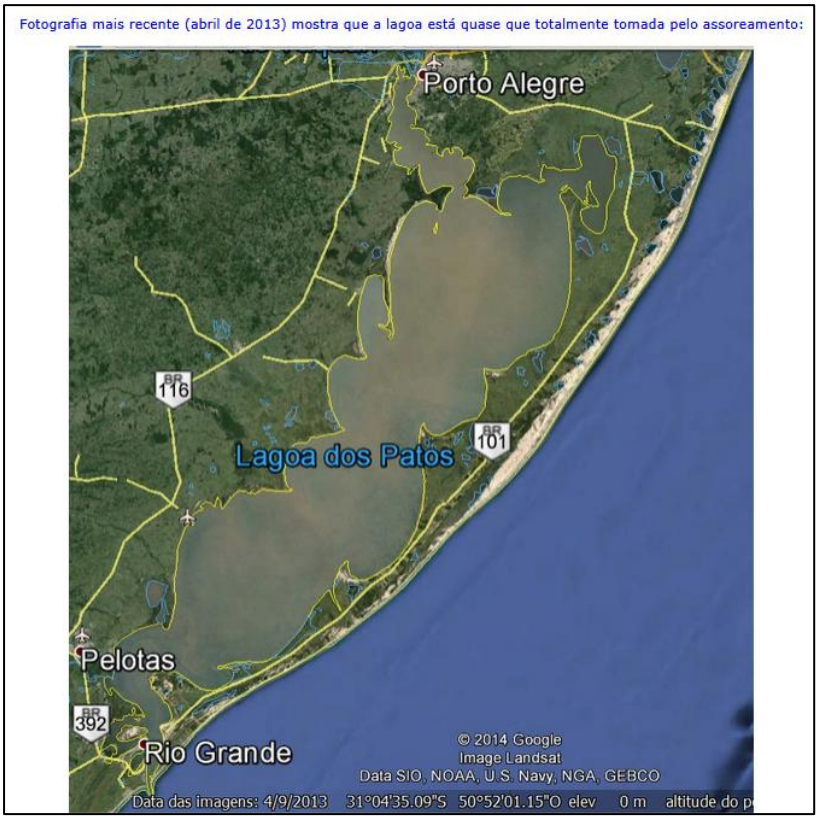

Figura 16 – Recorte do sítio eletrônico intitulado ‘Matando a Lagoa dos Patos’, cuja legenda da imagem de satélite é: ‘Fotografia mais recente (abril de 2013) mostra que a lagoa está quase totalmente tomada pelo assoreamento”.

Mostramos mais acima que o fundo da laguna, exceto em estreitas faixas ao longo das margens, é constituído por sedimentos muito finos de silte e a argila. Essas partículas têm uma taxa de deposição muito baixa, da ordem de 0,01 a 0,03 centímetros por ano no centro de lagos e lagunas. Já nas margens, devido aos processos de ressedimentação, a taxa pode ser de 0,15 cm/ano (Evans et al., 1981).

Como vimos, a laguna dos Patos tem até 9 m de profundidade, estando o leito sob o nível do mar. Portanto, o nível da água desse sistema é controlado pelo nível do mar e não pela sedimentação de seu fundo. Da mesma forma, na margem da laguna, a deposição na calha de rios e deltas deve-se ao baixo

gradiente dessa região costeira, que, naturalmente é suscetível à inundação. Áreas deltaicas são por definição regiões inundáveis em um sistema fluvial-lacustre. Além disso, os deltas da costa oeste da laguna progradam sobre uma plataforma rasa, aumentando a função bloqueadora de fluxos que naturalmente essas morfologias da interface fluvial-lacustre possuem.

Assim, certamente a proposta de batimetria para alguns blocos da margem oeste da laguna providenciará dados para melhorar a acurácia de modelos previsionais. Essa é uma assertiva autoevidente. Porém, o entendimento de taxas de sedimentação, perfil de equilíbrio desses rios, e processos de acumulação de sedimentos na costa, principalmente em deltas, não será obtido a partir desses dados.

Seria desejável uma proposta integrativa de dados que pudesse investigar o perfil de equilíbrio dos rios afluentes, a dinâmica deltaica dos rios afluentes na costa, a vulnerabilidade de assentamentos humanos e da infraestrutura em zonas de inundação costeira. O elevado custo da batimetria poderia ser suficiente para subsidiar estudos integrados, que poderiam incluir:

a) Impactos de inundações nos sistemas ecológicos hídricos e costeiros;
b) Perfil de equilíbrio dos rios afluentes e escoamento dos afluentes consoante a variação do nível de base com as mudanças morfológicas na região costeira;
c) Progradação deltaica nas margens da lagoa e impactos na retenção de escoamentos.
d) Análise da morfologia do fundo lagunar costeiro por meio de topobatimetria;
e) Análise da distribuição granulométrica dos depósitos costeiros.

Contudo, para responder de modo técnico as suposições sobre o assoreamento, que de qualquer forma foi amplamente divulgado na mídia e asseverados por alguns profissionais sem dados objetivos, poderia ser utilizada a técnica de topobatimetria por sensoriamento remoto. Séries históricas de imagens da região dos blocos propostos forneceriam dados importantes para elaborar modelos morfodinâmicos relacionados aos deltas e à margem da lagoa. Esses estudos seriam bem mais rápidos do que os batimétricos, com custo muito mais baixo. Caso as evidências morfodinâmicas forem suficientes para avançar em avaliações quantitativas mais precisas, poderiam então justificar a realização de uma investigação por métodos batimétricos com custos mais elevados.

Alternativas técnicas e metodológicas

A hipótese implícita de que o assoreamento dos corpos lagunares seria causa das inundações carece de respaldo científico. Os sistemas lagunares costeiros são ambientes dinâmicos em equilíbrio entre sedimentação e retrabalhamento.

A baixa taxa de deposição, aliada à dependência direta do nível marinho, indica que variações batimétricas locais não controlam a ocorrência de cheias.

A margem oeste funciona como plataforma rasa, sujeita à elevação de nível induzida por ventos (set-up lagunar) e pelo bloqueio temporário de escoamentos fluviais durante eventos extremos. Tais mecanismos explicam as inundações recentes, sem necessidade de invocar mudanças batimétricas significativas.

Além disso, levantamentos batimétricos convencionais são de alto custo e longa execução, requerendo embarcações especializadas, sensores multifeixe e logística complexa. O custo médio pode superar em até 20 vezes o de um levantamento topobatimétrico remoto, sem garantia de resultados proporcionais.

Sugere-se priorizar métodos mais rápidos e econômicos para análise morfodinâmica:

a) Topobatimetria por sensoriamento remoto: uso de dados ALOS-PRISM e Landsat 8/9 (JAXA, USGS) para modelagem digital do fundo e monitoramento temporal.
b) Integração de bases pré-existentes: dados do DHN, CPRM, FURG e COPPE/UFRJ (SisBaHiA) podem ser combinados para atualização morfológica.
c) Modelagem hidrodinâmica: simulações numéricas de vento, maré e descarga fluvial, para compreender variações de nível.
d) Monitoramento por drones e sensoriamento participativo: obtenção de perfis topográficos e registro de áreas inundadas com baixo custo.
e) Estudos comparativos regionais: experiências recentes em sistemas lagunares da Argentina e Uruguai (Mar Chiquita, Laguna Merín) demonstram eficiência do método remoto.

Quadro comparativo de métodos de obtenção de dados morfológicos

Método	Custo relativo	Tempo de execução	Aplicações principais
Batimetria convencional (sonar monofeixe/ multifeixe)	Alto (equipamentos e logística especializada)	Lento (campanhas prolongadas em campo)	Detalhamento de canais de navegação e leito em trechos pontuais; calibração de modelos numéricos.
Topobatimetria por sensoriamento remoto (ALOS-PRISM, Landsat, etc.)	Baixo a médio (uso de bases abertas com validação de campo)	Rápido (processamento de séries históricas e geração de produtos digitais)	Avaliação regional da morfologia de fundo, tendências de mudança, delimitação de áreas críticas.
Levantamentos com drones (LiDAR/batimetria rasa)	Médio (equipamentos e operação especializada)	Médio (campanhas curtas, processamento intenso)	Mapeamento detalhado de margens, deltas e áreas rasas; integração com topografia terrestre.

7. Conclusão do parecer

Diante das evidências geológicas, geomorfológicas, hidrodinâmicas e sedimentares apresentadas, conclui-se que:

1. As inundações de 2023–2024 resultam da combinação de eventos climáticos extremos, ventos persistentes e ocupação de áreas naturalmente alagáveis, e não de assoreamento generalizado.
2. A realização de levantamento batimétrico convencional de grande escala não se justifica tecnicamente neste momento.
3. Recomenda-se a adoção prioritária de técnicas de topobatimetria e sensoriamento remoto, complementadas por dados históricos e modelagem hidrodinâmica.
4. Apenas após avaliação preliminar integrada deverá ser considerada a execução de campanhas batimétricas pontuais, direcionadas a trechos críticos.

Conclusão final:

À luz dos conhecimentos científicos atuais e das condições observadas na planície costeira do Rio Grande do Sul, este parecer considera mais adequado priorizar abordagens integrativas, interdisciplinares e economicamente sustentáveis. A batimetria convencional deve ser instrumento integrado a outras técnicas de análise.

Porto Alegre, 03 de Novembro de 2025.

gov.br
Documento assinado digitalmente
RUALDO MENEGAT
Data: 03/11/2025 19:24:03-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

8. BIBLIOGRAFIA

ALVES, D.C.L, ESPINOZA, J.M.A., ALBUQUERQUE, M.G., GONZAGA, B.A., WESTPHALEN, A.B., WESCHENFELDER, J. 2019. Modelo topobatimétrico da desembocadura da Lagoa dos Patos e planície costeira adjacente (Brasil) obtido através de dados dos sensores ALOS-PRISM e Landsat 8-OLI. In: Saindo da Zona de Conforto: A Interdisciplinaridade das Zonas Costeiras - Tomo VIII da Rede BRASPOR, pp. 453-463.

CECO – Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica/UFRGS. *Atlas Geológico da Província Costeira do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 1984.

CORREA, I. C. S. Plataforma Continental do Rio Grande do Sul: síntese dos conhecimentos. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA. Síntese dos Conhecimentos, *1º Anais*, Cananéia, Academia de Ciências do Estado de São Paulo, v. 1. p. 50-73, 1987.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. *Mapa de geodiversidade do Rio Grande do Sul*. Brasília: CPRM: 2009. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/14710/geodiversidade_rio_grande_sul.pdf?sequence=1>. Acesso em: 22 jun. 2017.

EVANS, J.E., JOHNSON,·T.C., ALEXANDER JR., E.C., LIVELY, R.S., EISENREICH, S.J. 1981. Sedimentation rates and depositional processes in Lake Superior from 2l0Pb geochronology. Journal of Great Lakes Research, 7(3):299-310.

FUJIMOTO, N. S. V. M. *Análise geomorfológica de Itapuã – RS: contribuição ao conhecimento da margem norte da Laguna dos Patos*. 1994, 175f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo,1994.

IBGE. 2022. Extensão da linha divisória de estados e municípios com o Oceano Atlântico. In: IBGE. Anuário Estatístico do Brasil. Rio de Janeiro : IBGE, p. 13. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=720

MOURA, N. S.; BUSCHER, N.; DE OLIVEIRA, A. O.; RIBEIRO, J. G. Mapa geomorfológico da planície e terras baixas costeiras do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS-IB-Centro de Ecologia. 2021. 1 mapa color., 841 x 1189 mm. Escala 1:500.000. ISBN 978- 85-63843-27-2 (Digital). Disponível em: www.ufrgs.br/labgeo. Acesso em: 09 set. 2022.

ROSMAN, P.C.C., ROSMAN, P.A., CARNEIRO, J.C., SANTOS, A.L.F DOS. 2011. *Projeto Baías do Brasil: Lagoa dos Patos (RS) – Relatório Técnico. Sistema básico de hidrodinâmica ambiental (SisBaHiA)*. Rio de Janeiro : COPPE- Engenharia Costeira e Oceanográfica da UFRJ, 60 p.

SUERTEGARAY, D. M. A.; MOURA, N. S. V. M. Morfogênese do relevo do Estado do Rio Grande do Sul. In: VERDUM, R.; BASSO, L. A.;

SÜFFER, T. Turfa na região de Itapuã, estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CPRM, 1998.

VILLWOCK, J. A. Geology of the coastal province of Rio Grande do Sul, Southern Brasil a Synthesis. *Pesquisa*/Instituto de Geociências/UFRGS, n. 6, p. 5-59, 1984.

VILLWOCK, J. A., TOMAZELLI, L. J. Geologia costeira do Rio Grande do Sul. *Notas Técnicas*/Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, Instituto de Geociências, UFRGS, n. 8, p. 1-45, 1995.

WATANABE, R.M. 2013. Matando a Lagoa dos Patos. Disponível em: https://www.ebanataw.com.br/roberto/recursohidrico/lagoadospatos.php Acessado em 31/10/2025.

WILDNER, W.; RAMGRAB, G. E.; LOPES, R. C.; IGLESIAS, C. M. F. *Geologia e recursos minerais do estado do Rio Grande do Sul.* Porto Alegre: CPRM, 2008. Escala 1:750.000. Programa Geologia do Brasil. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/10301. Acesso em: 09 set. 2022.