

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### **GESTÃO DOS RECURSO HÍDRICOS INTEGRADA A COSTEIRA: SIMULAÇÃO DE UM DASHBOARD APLICADO A COSTA ATLÂNTICA DO SALGADO PARAENSE**

*Aline Maria Meiguins de Lima<sup>1</sup>; Fernanda Lucia Leal de Oliveira<sup>2</sup>; Kamylla Eduarda Hamad Cabral<sup>3</sup>; Ana Caroline Correa dos Santos<sup>4</sup> & Alice Silva e Silva<sup>5</sup>*

**Abstract:** The inclusion of common guidelines in coastal basin plans is essential for the management of water and coastal resources. This study aimed to discuss relevant aspects of water resource management on the Atlantic Coast of Salgado, Pará (CASP). The methodology involved the acquisition and organization of data for water and coastal resource management, in addition to the formulation of analyses of the most influential factors. The resulting Dashboard highlighted river basins comprising more than 90% of the coastal zone, which are subject to extensive urban growth and increasing water consumption by the productive sector. There is a need to expand the diagnosis of water demand in order to improve the resulting pressure framework.

**Resumo:** A gestão dos recursos hídricos e costeira devem conter diretrizes comuns nos planos de bacias costeiras. O objetivo da pesquisa foi discutir os aspectos relevantes a gestão dos recursos hídricos da Costa Atlântica do Salgado Paraense (CASP). A metodologia envolveu a aquisição e a organização dos dados para a gestão dos recursos hídricos e costeira, além da formulação das análises dos fatores de maior influência. O Dashboard resultante destacou a atenção para as bacias hidrográficas com mais de 90% de sua área compondo a zona costeira e que sofrem uma ampla intervenção do processo de crescimento das cidades, além do avanço da pressão por consumo da água pelo setor produtivo. Havendo necessidade de ampliar o diagnóstico de demanda hídrica para melhorar o quadro de pressão resultante.

**Palavras-Chave** – Zona costeira, demanda hídrica, urbanização.

## **INTRODUÇÃO**

As áreas costeiras são de relevante interesse social e econômico, que tradicionalmente se opõem as características naturais associadas aos condicionantes de sua paisagem. No caso da zona costeira definida pelo Delta Estuário do rio Amazonas (Rocha *et al.*, 2025) a estimativa de vazão sedimentar do rio Amazonas corresponde em cerca de 90% da carga total considerada por sedimentos na fração silte e argila, onde 15 a 20% da descarga lamosa formam progressivamente suspensões altamente turvas nas proximidades da foz do Amazonas e, posteriormente, bancos de lama que migram ao longo da costa, onde sua natureza rítmica exerce um impacto, induzindo rápida acreção e/ou erosão da linha costeira, bem como importantes mudanças ecológicas (Anthony *et al.*, 2010, p. 102).

1) Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA), Av. Augusto Corrêa, n. 1., Guamá, Belém (PA), 66075-110. ameiguins@ufpa.br.

2) Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Geologia, fernanda.oliveira@ig.ufpa.br. 030.750.842-04

3) Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Geologia, kamylla.cabral@ig.ufpa.br. 929.538.912-34

4) Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Meteorologia, ana.correa.santos@ig.ufpa.br. 04873868254

5) Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Meteorologia, alicerce224@gmail.com. 07980289200

A extensão da plataforma do rio Amazonas para região oriental apresenta mais de 300 km de largura, com a porção interna iniciando-se aproximadamente na isóbata de 20 m (a 15 km de distância da costa ao longo do nordeste do Estado do Pará), sendo topograficamente caracterizada por plataformas alongadas de até 70 km de comprimento e 7 km de largura, e canais de paleodrenagem que estruturam um relevo topográfico entre 8 m e 20 m de profundidade, configurando uma rede de estuários (Souza-Filho *et al.*, 2000, p. 351). A Costa Atlântica do Salgado Paraense (de comportamento flúvio-marítimo) está compreendida no trecho entre a Baía do Marajó e o rio Gurupi, sendo limitada a norte e nordeste pelo oceano Atlântico, a leste e a sul pela Zona Bragantina e a oeste pelo Delta Estuário do rio Amazonas (El-Robrini *et al.*, 2006); apresentando características geológico-geomorfológicas típicas da zona costeira paraense.

As bacias hidrográficas formadoras reúnem águas superficiais e subterrâneas vinculadas a um ambiente de feições deposicionais de origens fluvial e marinha, dominado por ambiente de marés; situado em um vasto domínio de terras baixas e inundáveis, cujo alinhamento da linha de costa exibe um padrão recortado em rias, caracterizado pela alternância de longos estuários e extensos canais de maré. A região mais continental é associada aos extensos tabuleiros de baixa amplitude de relevo, embasados por rochas sedimentares pouco litificadas de idade terciária ou tércio-quadernária do Grupo Barreiras e dos sedimentos pós-Barreiras, frequentemente recobertas por coberturas detrítico-lateríticas (Dantas e Teixeira, 2013).

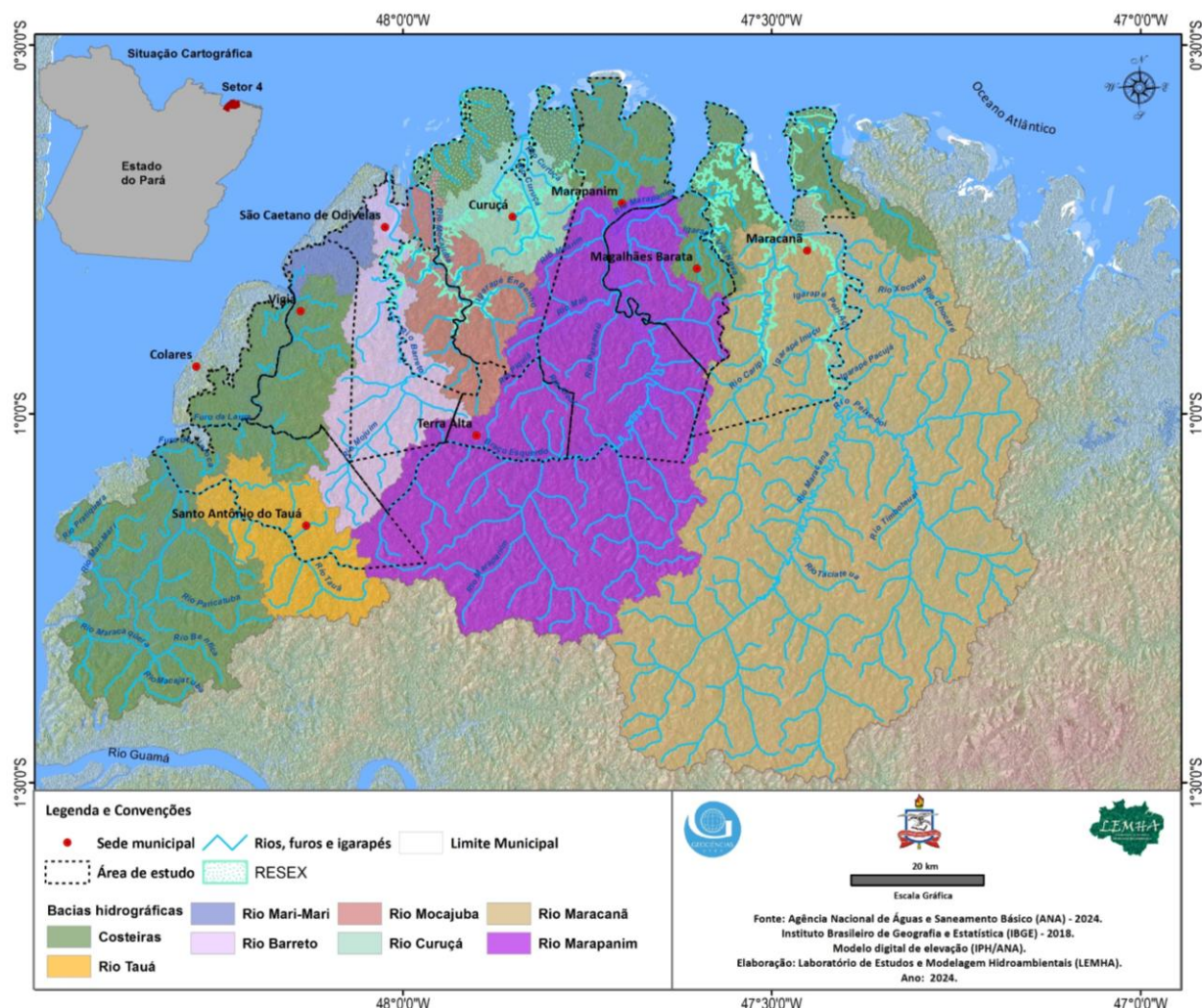
Neste contexto, este trabalho teve por objetivo discutir os aspectos relevantes a gestão dos recursos hídricos da Costa Atlântica do Salgado Paraense compreendida pelos municípios costeiros de Colares, Vigia, Santo Antônio do Tauá, São Caetano de Odivelas, São João da Ponta, Curuçá, Terra Alta, Marapanim, Magalhães Barata e Maracanã; marcados pela intensificação das atividades econômicas na região, incluindo o turismo e agricultura, em oposição a manutenção da ampla área de reservas extrativistas recobertas por manguezais.

## MATERIAIS E MÉTODO

A área de estudo envolve o definido pela Política Estadual de Gerenciamento Costeiro (PEGC/PA, Lei Estadual n. 9.064/2020) para a gestão da Zona Costeira Paraense, que abrange 47 municípios e está subdividida em 5 setores: Setor 1 - Marajó Ocidental; Setor 2 - Marajó Oriental; Setor 3 - Continental Estuarino; Setor 4 - Flúvio-Marítimo; e Setor 5 - Costa Atlântica Paraense. Sendo o Setor 4 o correspondente aos municípios de Colares, Vigia, Santo Antônio do Tauá, São Caetano de Odivelas, São João da Ponta, Curuçá, Terra Alta, Marapanim, Magalhães Barata e Maracanã (Figura 1). Com a presença das Reservas extrativistas (RESEX) de São João da Ponta (Curuçá, São Caetano de Odivelas e São João da Ponta), Mãe Grande de Curuçá (Curuçá, Marapanim, São Caetano de Odivelas e São João da Ponta), Maracanã (Magalhães Barata e Maracanã), Cuinarana (Magalhães Barata) e Chocoaré-Mato Grosso (Maracanã).

Para composição das análises efetuadas em SIG (Sistema de Informações Geográficas) foram utilizados a base de dados vetoriais associadas a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), ao Programa de Geodiversidade do Serviço Geológico do Brasil (SGB) em João *et al.* (2013), base de informações digitais da Amazônia Legal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS/SGB) e do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS/SGB). O desenvolvimento do SIG na área de estudo envolveu a aquisição e organização dos dados relevantes para a gestão dos recursos hídricos e costeira, além da formulação das análises dos fatores de maior influência. Na escolha dos métodos de cada segmento foram considerados principalmente as características das bacias hidrográficas envolvidas, o comportamento das águas subterrâneas e os usos múltiplos das águas associados.

Figura 1 - Costa Atlântica do Salgado Paraense (CASP): bacias hidrográficas do Setor 4 (S4).



A apresentação final foi desenvolvida com a construção de um *dashboard* associado ao conjunto de dados utilizados com as funções de: (1) Ranking: que hierarquiza o grau de influência das bacias hidrográficas que compõem os municípios da CASP-S4; (2) Distribuição percentual: do total de poços por bacia hidrográfica nos municípios da CASP-S4; (3) Escala de influência: onde é avaliado de 1 (menor influência) a 5 (maior influência) os usos múltiplos das águas nos municípios da CASP-S4; e (4) Avaliação ponderada: considerando o potencial de produção de sedimentos x a contribuição por bacia hidrográfica e os percentuais relativos a população dos municípios x o quantitativo de poços cadastrados na região.

Estas funções foram escolhidas por melhor representarem as relações entre as variáveis abordadas, sendo construídas por meio de programas interativos de mapeamento espacial de dados (Frescino *et al.*, 2022), com o objetivo de sistematizar Informações que auxiliem o direcionamento dos esforços de escolha das melhores práticas de gestão (BMPs), sua implementação e oportunidades para crescimento vinculado a construção de cidades mais resilientes.



## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A região é formada pelas bacias hidrográficas costeiras (de comportamento estuarino e marinho) dos rios Barreto, Curuçá, Maracanã, Marapanim, Mari-Mari, Mocajuba e Tauá; havendo variação proporcional da participação de cada município por unidade hídrica (Tabela 1). Segundo a literatura e com base no modelo digital do relevo (Laipelt *et al.*, 2024) as bacias hidrográficas formadoras podem ser caracterizadas de acordo com suas características geológico-geomorfológicas em (Ataide *et al.*, 2017; Parente *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2021; Lima *et al.*, 2023):

Tabela 1 - Participação da área total dos municípios nas bacias hidrográficas (%), da área total das bacias hidrográficas por município (%), do % poços cadastrados e da população residente nos municípios da Costa Atlântica do Salgado Paraense (CASP) - Setor 4 (S4), segundo IBGE (2022).

Municípios	Participação da área total dos municípios nas bacias hidrográficas (%)								Área total do município (km²)	Pop. IBGE (2022)
	Bacias costeiras	Rio Barreto	Rio Curuçá	Rio Maracanã	Rio Marapanim	Rio Mari-Mari	Rio Mocajuba	Rio Tauá		
Colares	99,84					0,16			130,55	12868
Curuçá	26,66		36,38		9,5		27,46		674,11	41262
Magalhães Barata	24,31			0,59	75,1				324,38	8115
Maracanã	32,33			65,59	2,08				792,14	25971
Marapanim	25,36		0,49	0,07	74,08				791,17	26573
Santo Antônio do Tauá	33,46	15,91			12,49			38,14	454,33	27461
São Caetano de Odivelas	0,3	76,46			3,53	9,37	10,34		395,97	16666
São João da Ponta		33,33					66,67		196,29	4430
Terra Alta		2,92			82,44		14,65		205,32	10400
Vigia	57,1	20,59			6,84	15,46			387,52	50832
	Participação da área total das bacias hidrográficas por município (%)								% do total de poços	% Pop. IBGE (2022)
	Bacias costeiras	Rio Barreto	Rio Curuçá	Rio Maracanã	Rio Marapanim	Rio Mari-Mari	Rio Mocajuba	Rio Tauá		
Colares	6,24					0,21			10,03	5,73
Curuçá	8,61		91,9		2,9		47,65		13,82	18,37
Magalhães Barata	3,77			0,05	11,01				2,98	3,61
Maracanã	12,26			14,47	0,75				5,15	11,56
Marapanim	9,61		1,45	0,02	26,49				16,8	11,83
Santo Antônio do Tauá	7,28	13,7			2,56			42,73	19,24	12,23
São Caetano de Odivelas	0,06	57,38			0,63	38,17	10,54		4,61	7,42
São João da Ponta		12,4			7,65		33,69		2,98	1,97
Terra Alta		1,13			1,2		7,74		5,96	4,63
Vigia	10,59	15,13				61,62			18,43	22,63
Participação total (%)	58,42	99,74	93,35	14,54	53,18	100	99,62	42,73		
Área total da bacia (km²)	2088,61	527,61	266,85	3590,06	2212,58	97,26	388,46	405,54		
Área da bacia envolvida (km²)	1220,12	526,27	249,1	522,03	1176,73	97,26	386,98	173,29		

a) Bacia do rio Tauá: é marcada pela presença de planícies fluviais e fluviolacustres, associadas a superfície de tabuleiros em direção as cabeceiras, agrega baixas declividade, com forma alongada que favorece ao escoamento, caracteriza um sistema que escoar, mas possui elevado tempo de concentração.

b) Bacia do rio Barreto: com forma alongada e marcante posicionamento N-S; estruturada em planícies fluviais e fluviolacustres do médio ao baixo curso, e pela região de tabuleiros do médio ao alto curso; com a presença dos sedimentos pós-Barreiras.

c) Bacia do rio Mocajuba: representada principalmente pelos sedimentos da Formação Barreiras, seguido das coberturas recentes Pós-Barreiras, Depósitos Aluvionares e Litorâneos; marcada pelo ambiente marinho costeiro na foz, e pelas planícies aluvionares recentes no seu leito principal.

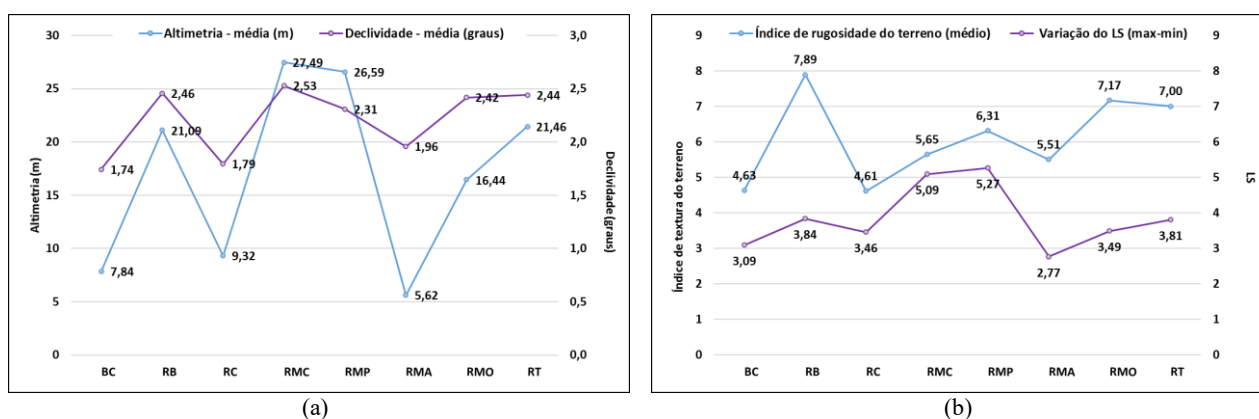
d) Bacia do rio Curuçá: tem seu território (cabeceiras) em parte na faixa de tabuleiros e desagua no estuário; em direção a foz é cercada por planícies fluviomarinhas, onde o canal principal passa a formar meandros. O sistema fluvial sofre forte influência de macro-marés semidiurnas da região, que auxiliam na formação de uma planície de maré lamosa, de baixa declividade, com sedimentos argilosos. Na região mais interna ocorrem sedimentos areno-argilosos, com o potencial de formação de um perfil de alteração de boa porosidade e permeabilidade, propiciando a infiltração de água no solo.

e) Bacia do rio Marapanim: trata-se da maior extensão de bacia da região, com sua nascente principal localizada a noroeste da sede do município de Castanhal e a foz na baía do Marapanim. O vale do rio Marapanim forma uma área de planícies fluviais que atravessa o município de norte a sul, onde somam-se depósitos aluvionares entre as áreas de maior declividade delimitadas pelos tabuleiros. Neste ambiente, a intensificação das formas de uso da terra pode ocasionar a presença de erosões nas áreas marginais aos cursos d'água e nos declives.

f) Bacia do rio Maracanã: abrange o baixo curso do rio Maracanã e sua foz no estuário. É uma região de baixos níveis altimétricos, sendo recoberta pelos sedimentos aluvionares e pelo Grupo Barreiras. Tal homogeneidade favoreceu a formação de espessos pacotes de latossolos, com as variações ocorrendo apenas nas faixas marginais aos cursos d'água.

As bacias costeiras e do rio Mari-Mari constituem as planícies fluviomarinhas e fluviolacustres, que caracterizam espessos depósitos litorâneos, associados a pacotes aluvionares. Estes estruturam uma zona bem dinâmica com a presença de areias quartzosas, solos indiscriminados e gleissolos. Na análise integrada que compara o grau de dissecação do terreno considerando os fatores de altimetria, declividade índice de rugosidade do terreno (Iwahashi e Pike, 2007; Sampaio e Augustin, 2014) e o fator LS ( $L$  = fator comprimento do declive;  $S$  = fator grau de declive) (Souza e Matricardi, 2013) obteve como resposta que as bacias de maior grau de retrabalhamento são dos rios Marapanim, Maracanã e o Tauá, que reproduzem as faixas mais marginais, com a suavização do processo pela presença da planície de maré (Figura 2).

Figura 2 - Comparação entre (a) altimetria e declividade; e (b) fator LS e rugosidade do terreno, por bacia hidrográfica componente: BC - Bacias costeiras; RB - Rio Barreto; RC - Rio Curuçá; RMC - Rio Maracanã; RMP - Rio Marapanim; RMA - Rio Mari-Mari; RMO - Rio Mocajuba; e RT - Rio Tauá.



As características de terras altas, com planícies costeira e de maré implicam em sistemas complexos, logo qualquer fonte poluidora tem um impacto significativo, pela área de abrangência afetada e resposta nos ecossistemas associados, marinhos e de mangue. Tais fatos, indicam a necessidade de controle de processos como fluxos de água e sedimentos; poluentes e resíduos; da

quantidade e a qualidade da água; proteção de áreas de alto valor ecológico e de mútuo interesse como as áreas alagáveis/inundáveis (deltas fluviais, estuários e manguezais) (Nicolodi *et al.*, 2009).

No referente a água subterrânea foi realizada uma amostragem de 358 poços no SIAGAS (com várias limitações quanto ao quantitativo e qualitativo da informação associada) com: Santo Antônio do Tauá (19%), Vigia (19%) e Marapanim (17%); São João da Ponta e Magalhães Barata com 3% cada representando os mais deficitários (Tabela 1). Em termos de profundidades dos poços (pf) dominam no cadastro os poços de até 30 metros. Tal característica é comum em todos os municípios. Desta forma, os aquíferos de maior destaque são os relacionados ao Grupo Barreiras e as coberturas da Formação Pós-Barreiras e do sistema aluvionar.

O cadastro apresentou poços ligados a Formação Pirabas apenas nos municípios de Marapanim e Maracanã. O Sistema Aquífero Barreiras detém uma vazão específica mediana de 2,68 m<sup>3</sup>/h/m e vazões variando de 13 m<sup>3</sup>/h a 100 m<sup>3</sup>/h (ANA, 2018). Os dados cadastrais indicam que o sistema multicamadas, similar ao que ocorre na Região Metropolitana de Belém, tem continuidade com o Sistema Aquífero Barreiras compondo reservatórios livres em sua porção superior e semiconfinados em sua porção inferior, enquanto que o Sistema Aquífero Pirabas diferencia-se, ocorrendo em subsuperfície com reservatórios confinados e semiconfinados, ou aflorantes de comportamento livre ou semiconfinado em direção ao litoral.

A região avaliada tem poços de controle em Vigia, Curuçá e Marapanim, componentes da Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS/SGB), todos com a profundidade máxima atingindo a Formação Pirabas. Observa-se que existe uma capa natural de proteção a eventos de poluição, em decorrência da presença de níveis argilosos e arenosos compostos com silte e argila no manto inicial. Porém, a intensidade as atividades antrópicas locais podem comprometer esta faixa, afetando o pacote inferior expressivo de areia fina, que em Marapanim está nos 10 m iniciais do perfil.

Com relação as fontes poluidoras são destacadas a presença de destinação inapropriada de lixo; vazamento na bomba de combustível; presenças de óleos e graxas na água; vazamentos no reservatório de combustível; além do esgotamento sanitário lançado *in natura* nos corpos hídricos ou com coleta, mas com tubulação deficitária, associada a vazamentos. A construção de poços Amazonas sem revestimento adequado e com potencial de contato direto com o escoamento superficial é uma realidade em diversas comunidades localizadas na zona rural dos municípios avaliados.

No referente ao uso das águas subterrâneas, o quantitativo de poços amostrados indicou que nos municípios domina a captação classificada como abastecimento urbano (100% dos municípios indicaram essa tipologia); sendo que em Santo Antônio do Tauá, Curuçá, Marapanim, Magalhães Barata e Maracanã é destacado o uso para irrigação e consumo animal. As denominações abastecimento doméstico e urbano são similares, sendo que o doméstico é mais restritivo ao uso residencial, enquanto que o urbano pode ter outros fins: abastecimento urbano, 100%; abastecimento doméstico, 70%; abastecimento industrial, 50%; abastecimento múltiplo, 50%; irrigação, 50%; rural (doméstico, irrigação, animal), 20%; abastecimento doméstico e animal, 20%; e outros (lazer, etc.), 20%.

A natureza hídrica da região é bem explorada, uma vez que são vários os cursos d'água que margeiam a faixa litorânea fornecendo assim uma beleza cênica favorável ao seu aproveitamento. As variáveis de gerenciamento de praias balneares que mais impactam nos usos múltiplos das águas são: a capacidade de carga local *versus* a necessidade de suprir o abastecimento para consumo humano; a percepção ambiental dos usuários *versus* a preservação das áreas mais susceptíveis; as funções dos ambientes praia e margens dos rios (uso recreativo x proteção); e o ambiente externo, incluindo o deslocamento se por mar, terrestre ou multimodal (Almeida e Jardim, 2018). Na CASP-S4 é observada a necessidade de manejo destas áreas, revitalização das bacias hidrográficas envolvidas e

principalmente ações que potencializem o monitoramento integrado da qualidade e quantidade da água, em decorrência do seu intenso uso para lazer e recreação, implicando em contato direto como o ser humano (Tabela 2).

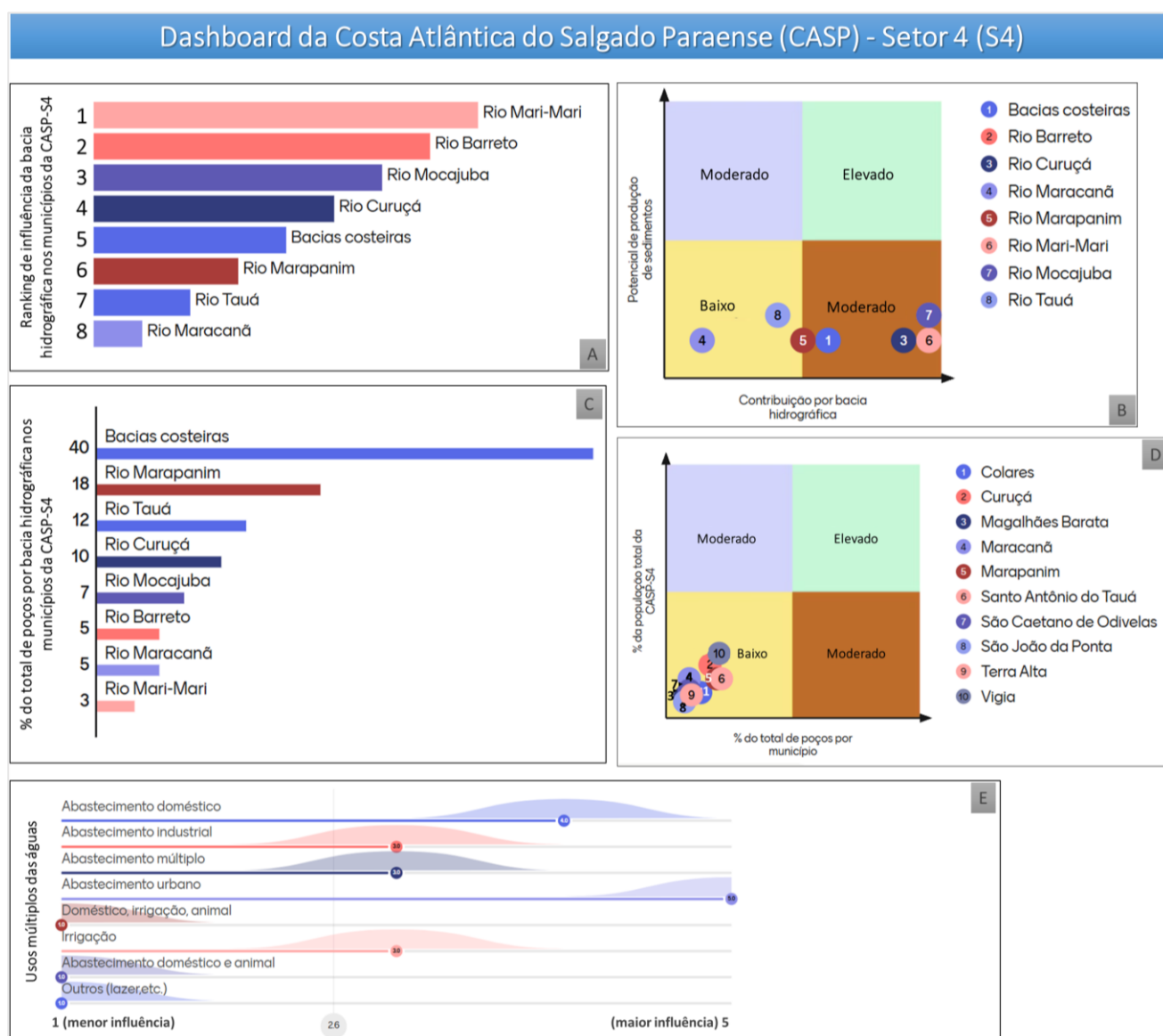
Tabela 2 - Espaços de recreação que tem os recursos hídricos como principal ambiente de atuação.

Municípios	Espaços de Recreação
Colares	- Praias: Praia do Machadinho; Praia do Rio Novo - Sonrisal; Praia do Humaita; Praia da Ponta Seca - Balneários: Igarapé do Sonrisal; Balneário do Tubinho; Balneário Rayane; Balneário Areia Branca; Balneário Água Cristalina; Balneário do Groselha; Balneário Lagoinha; Balneário Mararuá; Balneário Boa Esperança
Vigia	- Balneários Igarapé Merataú - Balneário Areia Branca; Igarapé Açaí Grande - Balneário do Bozó; Igarapé Açaí Grande - Balneário do Balheira; Igarapé da Vila Cumaru - Balneário Águas Cristalinas; Igarapé - Balneário do Chuteira; Rio Guaxinguba - Balneário São Raimundo; Igarapé na Vila de Santa Rosa; Igarapé da Baixinha - Balneário do Brunaro
Santo Antônio do Tauá	- Balneários: Balneário Paraíso Verde; Balneário da Diquinha; Balneário da Ponte; Balneário da Visagem do Baiano; Balneário Kachoeirinha; Balneário Patateua; Balneário Racho Doce; Balneário Águas Cristalinas; Balneário Paraíso; Balneário Florestal; Balneário Bambu
São Caetano de Odivelas	- Balneários: Piscina Bar- olho d' água; Balneário do Pau Furado; Balneário de Marabitaná; Balneário Rio Grande (maracajá); Balneário do Bastos; Balneário Oasis Odivelas - Pescaria Esportiva: Oasis Odivelas - Praias: Praia do Fuzil, Praia do Marinheiro, Praia da Areia Branca; Praia da Bragança; Praia do Rato
São João da Ponta	- Balneários: Balneário Paraíso das Fontes; Balneário Rio do Pedaco; Balneário Ninho do Gavião; Balneário São Francisco; Balneário Point do Açú; Balneário Park Rainha das Águas
Curuçá	- Balneários: Igarapé - Balneário Para Pra Ver; Igarapé - Balneário Coca-Cola; Igarapé - Balneário Riacho Doce; Igarapé - Balneário Águas Verdes; Igarapé - Balneário Lagoa Azul; Igarapé - Balneário do Manga; Igarapé - Balneário do Sergio; Igarapé - Balneário Quem Te Dera; Igarapé da Ponte - Piquiteua - Praias: Praia da Romana; Praia do Arrombado; Praia do Paxicú; Praia do Areuá; Praia do Japirica - Pesca esportiva
Terra Alta	- Balneários: Balneário Bairro Alto; Balneário Rio do Peixão; Balneário Rio Grande
Marapanim	- Balneários: Balneário Pedacinho do Céu do Brasil; Balneário Água Fria (rio Barro Alto); Balneário Aconchego do Ucuuba; Balneário do Cipoteua; Igarapé da Vila Silva; Igarapé Balneário Santo Antônio - Matapiquara; Igarapé Balneário Matogrosso - Matapiquara - Praia de rio: Rio Paramaú; Rio Maú; Rio Cajutuba; Rio Arapiranga; Rio Marapanim - Praias: Praia do Crispim; Praia do Recreio; Praia do Me lembe; Praia de Marudá
Magalhães Barata	- Balneários: Igarapé São Cristóvão; Igarapé Santo Antônio; Igarapé Patazana; Igarapé do Ota; Igarapé do Biteua; Igarapé do Amor; Igarapé Cachaço; Igarapé Braço Grande (Pontezinha); Igarapé Arraial; Igarapé do Rio Fugido; Igarapé Rio do Gomes - Praia de rio: Rio Messay - Vila de Cafezal; Rio Marapanim - Vila de Calafate; Rio Marapanim na Boa Vista; Rio Cuinarana - Prainha
Maracanã	- Balneários: Igarapé Apeteua; Igarapé do Caripi (Balneário do Nativos); Igarapé do Jacó; Igarapé de Martins Pinheira - Praias: Praia da Caixa D' água; Praia de Fortalezinha; Praia da Mupéua; Praia da Princesa; Praia da Princesinha; Lago da Princesa; Praia da Penha; Praia da Marieta

O resultado do Dashboard da CASP-S4 indica que as 4 bacias de maior impacto são as que apresentam mais que 90% de sua área inclusa nos municípios avaliados (Figura 3A), porém considerando as características geológicas e geomorfológicas destas a produção de sedimentos por atividades erosivas varia de baixa a moderada, dada a forte influência das áreas de planície e perfil de alteração associado (Figura 3B). As formas de consumo associadas as águas subterrâneas traduzem principalmente poços com profundidades inferiores a 30 m, localizados nas áreas de maior interface

com o estuário, onde a captação direta do rio demanda por investimento na melhoria da qualidade da água para consumo humano (Figura 3C). A fonte de dados foi o SIAGAS, logo o resultado quando comparado a pressão por abastecimento deve ser interpretado apenas com indicador inicial, precisando de maior amostragem (Figura 3D). E o consumo de água para suprimento das demandas urbana é o maior, havendo necessidade de investigar mais a influência rural (Figura 3E).

Figura 3 - Dashboard da Costa Atlântica do Salgado Paraense (CASP) - Setor 4 (S4): (A) Ranking: grau de influência das bacias hidrográficas que compõem os municípios da CASP-S4; (B) Avaliação ponderada: potencial de produção de sedimentos x a contribuição por bacia hidrográfica; (C) Distribuição percentual: do total de poços por bacia hidrográfica nos municípios da CASP-S4; (D) Avaliação ponderada: % população dos municípios x % quantitativo de poços cadastrados na região; (E) Escala de influência: onde é avaliado de 1 (menor influência) a 5 (maior influência) os usos múltiplos das águas nos municípios da CASP-S4.





## CONCLUSÃO

O gerenciamento de bacias hidrográficas costeiras requer atenção em função das especificidades de cada região e das demandas existentes. No caso da Costa Atlântica do Salgado Paraense (CASP) a pressão é direcionada a sustentabilidade econômica dos municípios existentes que precisam de água para o consumo humano e exercício de diversas atividades econômicas na região. Assim, entender a resiliência destes espaços é fundamental para avaliar o seu impacto ao longo do tempo.

A metodologia adotada permite a tradução de diversas informações de forma interligada de maneira a produzir subsídios ao gerenciamento costeiro. Os resultados mostram que é preciso avançar em estudos de diagnóstico básico, pois trata-se de uma região cujas informações obtidas pelos órgãos oficiais e pela utilização de produtos de sensoriamento remoto não consegue alcançar de forma igual todos os municípios e representar a totalidade das demandas existentes.

O Dashboard da Costa Atlântica do Salgado Paraense (CASP) - Setor 4 (S4) já destaca a atenção para as bacias hidrográficas inclusas que sofrem uma ampla intervenção do processo de urbanização local e avanço da pressão por consumo da água pelo setor produtivo. As características de planície costeira contribuem para a manutenção da estabilidade, mas a proximidade com as intervenções erosivas pela ação marinha e o grau de intervenção urbana ao longo da zona costeira são elementos de comprometimento para a gestão costeira integrada a de recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A.F.; JARDIM, M.A.G. (2018). “*Mudanças socioeconômicas e ambientais resultantes das políticas públicas de desenvolvimento socioeconômico no litoral do Nordeste do Pará, Brasil*”. Desenvolvimento e Meio Ambiente 49, pp. 108-129.
- ANA. (2018). “*Estudos Hidrogeológicos para a Gestão das Águas Subterrâneas da Região de Belém/PA: Resumo Executivo*”. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA/Profill Engenharia e Ambiente S.A, Brasília, 128 p.
- ANADEM. (2024). “*Modelo Digital de Terreno para a América do Sul*”. Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da UFRGS em parceria com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Disponível em: <https://www.ufrgs.br/hge/anadem-modelo-digital-de-terreno-mdt/>.
- ANTHONY, E.J.; GARDEL, A.; GRATIOT, N.; PROISY, C.; ALLISON, M.A.; DOLIQUE, F.; FROMARD, F. (2010). “*The Amazon-influenced muddy coast of South America: A review of mud-bank–shoreline interactions*”. Earth-Science Reviews 103(3-4), pp. 99-121.
- ATAIDE, L.C.P.; RODRIGUES, R.S.S.; PESSOA, F.C.L. (2017). “*Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tauá, nordeste paraense*”. Revista Brasileira de Gestão Ambiental 11(1), pp. 130-138.
- DANTAS, M.; TEIXEIRA, S.G. (2013). “*Origem das paisagens*”. Org. por JOÃO, X.D.S.J.; TEIXEIRA, S.G.; FONSECA, D.D.F. CPRM/SGB, Belém, pp. 25-50.
- EL-ROBRINI, M.; ALVES, M.A.M.S.; SOUZA FILHO, P.W.M.; EL-ROBRINI, M.H.S.; SILVA JR, O.G.; FRANÇA, C.F. (2006). “*Pará*”. Org. por MUEHE, D. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, pp. 1-46.

- FRESCINO, T.S.; MCCONVILLE, K.S.; WHITE, G.W.; TONEY, J.C.; MOISEN, G.G. (2022). “*Small Area Estimates for National Applications: A Database to Dashboard Strategy Using FIESTA*”. *Frontiers in Forests and Global Change*, 5, pp. 1-18.
- IBGE. (2022). “*Censo 2022*”. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasília. Disponível em <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>.
- IWAHASHI, J.; PIKE, R.J. (2007). “*Automated classifications of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a three-part geometric signature*”. *Geomorphology* 86, pp. 409-440.
- JOÃO, X.S.J.; TEIXEIRA, S.G.; FONSECA, D.D.F. (2013). “*Geodiversidade do estado do Pará*”. CPRM/SGB, Belém, 256 p.
- LAIPELT, L.; ANDRADE, B.C.; COLLISCHONN, W.; TEIXEIRA, A.A.; PAIVA, R.C.D.; RUHOFF, A. (2024). “*ANADEM: a Digital Terrain Model for South America*”. *Remote Sensing* 16(13).
- LIMA, A.M.M.; SALAS, J.; CAVALCANTE, J.C.; PIMENTEL, M.A.S. (2023). “*Bacias costeiras do nordeste paraense: diretrizes para gestão costeira da bacia do rio Mocajuba*” in *Anais do XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídrico*, Aracajú, 2023.
- NICOLODI, J.L.; ZAMBONI, A.; BARROSO, G.F. (2009). “*Gestão integrada de bacias hidrográficas e zonas costeiras no Brasil: implicações para a Região Hidrográfica Amazônica*”. *Revista de Gestão Costeira Integrada* 9(2), pp. 9-32.
- PARENTE, Y.Y.; MENDES, A.C.; MIRANDA, A.G.O.; DOURADO JR, O.C. (2020). “*Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Curuçá (Pará) e demarcação de nascentes fluviais como subsídio a gestão*”. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing* 10(3), pp. 138-152.
- ROCHA, Y.A.D.S.; LIMA, A.M.M.D.; SILVA, C.M.S.E.; FRANCO, V.D.S.; RAIOL, L.L.; OLIVEIRA, I.S.D.; DIAS, M.L.N.; BELTRÃO JÚNIOR, P.R.E. (2025). “*Hydro-meteorological dynamics of rainfall erosivity risk in the Amazon River Delta-Estuary*”. *Journal of Water and Climate Change*, jwc2025544.
- SAMPAIO, T.V.M.; AUGUSTIN, C.H.R.R. (2014). “*Índice de concentração da rugosidade: uma nova proposta metodológica para o mapeamento e quantificação da dissecação do relevo como subsídio a cartografia geomorfológica*”. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 15(1), pp. 1-14.
- SILVA, J.C.C.; LIMA, A.M.M.; HOLANDA, B.S.; MOREIRA, F.S.A.; CAVALCANTE, J.C. (2021). “*Índice de sustentabilidade nas sedes municipais da bacia hidrográfica do rio Marapanim (Pará/Brasil)*”. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade* 10(1), e18300.
- SOUZA, G.M.; MATRICARDI, E.A.T. (2013). “*Análise comparativa dos modelos de elevação SRTM, ASTER GDEM e TOPODATA para estimar o fator topográfico (LS) da USLE*”. in *Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Foz do Iguaçu, 2013.
- SOUZA-FILHO, P.W.M.; LESSA, G.C.; COHEN, M.C.L.; COSTA, F.R.; LARA, R.J. (2009). “*The Subsiding Macrotidal Barrier Estuarine System of the Eastern Amazon Coast, Northern Brazil*”. Org. por Dillenburg, S. R.; Hesp, P. A., Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 347-375.