

HORIZONTE AZUL:

Soluções Integradas para Mitigar a Erosão Costeira em Atafona

Trabalho Final de Graduação II
Álvaro Serpa dos Santos

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

HORIZONTE AZUL:
SOLUÇÕES INTEGRADAS PARA MITIGAR A EROSÃO COSTEIRA EM ATAFONA

ÁLVARO SERPA DOS SANTOS

Trabalho Final de Graduação II

Orientadores | Prof. Luiz Felipe da Cunha e Silva
Prof. Reginaldo Braga Júnior

Rio de Janeiro
2024

SUMÁRIO

Apresentação do Tema.....	4	4.2 – Alternativas de ações estruturais.....	37
Objetivos.....	6	4.3 – Alimentação Artificial.....	38
Objetivo principal.....	6	4.4 – Estruturas de proteção Costeira.....	39
Objetivos Específicos.....	6	4.5 – Bagwall.....	40
1. Caracterização de São João da Barra.....	7	4.6 – Paredão.....	41
1.2 – Cobertura Vegetal.....	9	4.7 – Espigões costeiros.....	42
1.3 – População.....	10	4.8 – Composição do Espigão.....	43
1.4 – Economia.....	12	4.9 – Soluções baseadas na natureza.....	44
Rendimento Familiar Médio.....	12	4.1 – Proposta de Atuação.....	47
Pesca e Aquicultura.....	13	4.2 – Conceito.....	48
Perfil demográfico dos pescadores artesanais.....	13	Renovação.....	49
Turismo.....	14	Continuidade.....	49
Turismo de Sol e Praia.....	14	4.3 – Espigões da Praia de Atafona.....	50
SESC Grussaí.....	14	4.4 – Anseios e Desafios.....	52
Turismo Histórico.....	14	4.5 – Áreas de Intervenção.....	53
Circuito Junino.....	15	Área 1: Pontal de Atafona.....	54
O Porto do Açú.....	16	Píer do Pescador.....	58
Mudanças na paisagem da Praia do Açú.....	16	Principais intervenções:.....	58
Exploração de Petróleo e Gás.....	17	Alagados Construídos.....	63
U2. Um Olhar Sobre Atafona.....	18	65
2.1 – Caracterização de Atafona.....	19	Adaptação das Residências.....	67
2.2 – Uso e ocupação do solo.....	20	Espigão do pontal.....	68
Zoneamento.....	20	4.6 – Diretrizes para os demais espigões.....	70
Riscos e Vulnerabilidades.....	20	Área 2: Nebulosas.....	71
2.3 Mapa da Destruição.....	21	Área 3 – Pico da Raposa.....	72
2.4 – Área Sob Risco.....	22	Área 4 – Dunas.....	73
2.5 – Histórico da Erosão em Atafona.....	23	Área 5 – Beira-mar.....	74
3.1 – Definição de Erosão Costeira.....	25	Área 6: Balneário de Atafona.....	75
3.3 – Causas da Erosão Costeira em Atafona.....	26	Área 7: Chapéu do Sol.....	76
Variação do Fluxo do Rio.....	26	5. Conclusão.....	77
3.4 – Impacto das Barragens.....	28	5.1 – Considerações Finais.....	78
Histórico das barragens hidrelétricas.....	29	5.2 – Trabalhos Futuros.....	79
3.5 – Assoreamento de rios.....	31	5.3 – Referências Projetuais.....	80
Assoreamento na Bacia do Rio Paraíba do Sul.....	32	5.3 – Referências Bibliográficas.....	81
Consequências em São João da Barra.....	32		
3.6 – Salinização da Foz.....	33		
3.7 – Vento e avanço da areia.....	34		
4.1 – Ações estruturais e não-estruturais.....	36		

Apresentação do Tema

A erosão costeira é um fenômeno complexo e multifatorial que afeta inúmeras comunidades ao redor do mundo, representando uma séria ameaça tanto para o meio ambiente quanto para as populações que habitam áreas costeiras. Em São João da Barra, município do estado do Rio de Janeiro, essa problemática se manifesta de maneira significativa, colocando em risco não apenas os recursos naturais, mas também o bem-estar e a segurança das pessoas que ali residem.

Este Trabalho Final de Graduação tem como objetivo investigar a questão da erosão costeira em São João da Barra, compreendendo suas causas e impactos, e propor, por meio de um projeto urbano, medidas para mitigar a erosão costeira de forma a manter a qualidade urbana do município. Através de uma análise abrangente, o trabalho pretende oferecer ações que possam embasar políticas públicas eficazes e medidas de adaptação capazes de enfrentar esse desafio.

Ao longo deste trabalho, serão examinados não apenas os aspectos físicos e geográficos que contribuem para a erosão costeira, mas também os fatores sociais, econômicos e culturais que influenciam sua dinâmica e intensificam seus efeitos sobre a comunidade local. Além disso, serão propostas soluções concretas e viáveis, fundamentadas em dados científicos e boas práticas, visando não apenas mitigar os impactos da erosão, mas também promover o desenvolvimento resiliente e sustentável do município.

Diante da urgência e da complexidade desse desafio, este trabalho se apresenta como um instrumento para auxiliar na tomada de decisões informadas e para a mo-

bilização de esforços em prol da proteção do litoral de São João da Barra e do bem-estar de sua população.

O projeto será desenvolvido a partir da modelagem dos espigões costeiros realizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidrográficas (INPH), com o objetivo de construir essas estruturas para interromper o fluxo de correntes e sedimentos, mitigando a erosão costeira. Além disso, será proposta a urbanização dos espigões, de modo que, para além do benefício ecológico, também proporcionem benefícios socioeconômicos, como o fortalecimento da memória cultural e a criação de atrativos turísticos e econômicos.

Em última análise, o projeto busca não apenas solucionar os problemas imediatos de erosão costeira, mas também criar um modelo sustentável de gestão costeira que possa ser replicado em outras regiões enfrentando desafios similares. Ao combinar soluções de engenharia com o planejamento urbano, o projeto visa estabelecer um equilíbrio entre o desenvolvimento humano e a conservação da natureza, assegurando a qualidade paisagística da praia.

Neste estágio do desenvolvimento, Além das análises do município e da área de intervenção, também foram realizados levantamentos e diagnósticos para a elaboração das diretrizes projetuais, que foram utilizadas na elaboração dos primeiros ensaios da proposta de projeto, que terá como objetivo contribuir para a mitigação da erosão e do avanço do mar. O projeto envolverá a criação de espigões costeiros urbanizados, feitos a partir da modelagem de um anteprojeto realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidrográficas.



Motivações e Justificativas

Motivado pela urgência de tratar problemas nas cidades causadas pelas mudanças climáticas e interferências humanas, o caso de São João da Barra é um exemplo de situação que pode se tornar cada vez mais frequente em diferentes lugares. Por isso, se faz necessário pensar em como adaptar nossas cidades para essa nova realidade e como devemos projetar os novos ambientes urbanos para evitar gerar mais problemas.

A erosão costeira representa uma ameaça direta à segurança e ao bem-estar da população de São João da Barra, especialmente em Atafona onde a erosão têm demonstrado o seu caráter mais agressivo. O avanço do mar coloca em risco a infraestrutura urbana, as habitações e a vida das pessoas que residem próximas à linha costeira.

Abordar a erosão costeira é fundamental para garantir o bem-estar econômico de São João da Barra, pois o município depende significativamente de atividades ligadas ao turismo, à pesca e ao comércio. A mitigação dos impactos da erosão é essencial para preservar essas atividades e promover a prosperidade econômica da região a longo prazo.

Diante deste cenário dramático, a escolha do local e do tema deste Trabalho Final de Graduação se justifica pela necessidade de uma ação a fim de promover a adaptação, em especial no distrito de Atafona, a esse problema ambiental, bem como garantir a qualidade vida para a comunidade local e para o desenvolvimento da região. A implementação de medidas de adaptação eficazes é essencial para minimizar os impactos da erosão costeira e promover a resiliência das comunidades afetadas.

Objetivos

Objetivo principal

Através do projeto urbano, promover a integração entre os espigões costeiros responsáveis por mitigar a erosão costeira, buscando reduzir o impacto negativos na qualidade paisagística, recreacional da praia, decorrentes da construção dessas estruturas e, através da urbanização dos espigões, criar espaços que enriqueçam a experiência urbana em São João da Barra.

Objetivos Específicos

- Avaliar os impactos socioeconômicos da construção dos espigões, levando em consideração os aspectos como o turismo, a pesca e o uso das praias para o lazer e a partir dessa perspectiva, elaborar um projeto que favoreça essas atividades.
- Estabilização da praia: Os espigões urbanizados ajudam a estabilizar a praia ao reduzir a perda de sedimentos através do bloqueio das correntes e ondas que transportam areia para longe da costa.
- Considerações sociais e ambientais: A construção de espigões urbanizados deve ser realizada levando em conta os aspectos sociais e ambientais, como a interação com a comunidade local, a preservação dos ecossistemas costeiros e a minimização de impactos negativos.
- A ativação da memória de forma a tornar o projeto um espaço dedicado a preservar a memória da erosão costeira no distrito.
- Estudar a viabilidade e a implementação das soluções propostas e avaliar a viabilidade técnica, econômica, social e ambiental das soluções propostas, levando em consideração as características específicas de São João da Barra. Isso inclui a análise de custos, a participação da comunidade, a legislação pertinente e a disponibilidade de recursos.

1.

CARACTERIZAÇÃO DE SÃO JOÃO DA BARRA



Figura 2: Orla da praia de Atafona
Fonte: o autor

1.1 – Localização e Geografia



Localizado a aproximadamente 334 quilômetros da capital fluminense, o município de São João da Barra, situado na mesorregião Norte Fluminense, abrange uma área de 452,396 km², dos quais 20,64 km² são dedicados à área urbana.

Na área urbana, São João da Barra apresenta uma infraestrutura que reflete diversos indicadores, com 37,3% dos domicílios contando com esgotamento sanitário adequado. Além disso, 58,5% dos domicílios urbanos situam-se em vias públicas arborizadas, enquanto 20,5% estão em vias com urbanização adequada, incluindo presença de bueiros, calçadas, pavimentação e meio-fio (IBGE, 2019).

Além de sua importância econômica, São João da Barra atrai turistas com suas praias, incluindo a Praia de Grussaí, a Praia do Chapéu de Sol, a Praia do Açú e a Praia de Atafona, que é vítima de um impacto ambiental contínuo que provoca o aumento dramático da erosão costeira e o avanço do mar afetando a sua costa e a área urbanizada no distrito. A cidade também é agraciada pela presença das Lagoas de Iquipari e do Salgado, enquanto o Sesc Grussaí e o Pontal de Atafona, onde o Rio Paraíba do Sul encontra o mar, são pontos de interesse para os visitantes.

O clima característico da região é classificado como tropical quente úmido, com uma temperatura média anual de 23,0 °C. Os invernos são secos e amenos, contrastando com os verões chuvosos e temperaturas elevadas. A baixa incidência de chuvas nos meses de maio a agosto configura o período de seca, enquanto o mês mais quente, fevereiro, registra uma média de 25,5 °C, e o mês mais frio, julho, de 20,4 °C. Ventos constantes, predominantemente sub úmidos do setor Nordeste, são observados durante todo o ano, com maiores velocidades registradas entre agosto e dezembro (IBGE, 2019).

A vegetação original predominante em São João da Barra é a Mata Atlântica e a restinga, embora uma parte significativa tenha sido devastada nos últimos anos para dar lugar à expansão urbana, áreas de pastagem, lavouras e construções de loteamentos e residenciais. No entanto, diversos projetos têm sido implementados para a preservação ambiental, incluindo a criação de áreas de conservação, como unidades de conservação (UC) e Áreas de Preservação Permanente (APP).

O município abriga duas unidades de conservação, destacando-se a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Fazenda Caruara, de proteção integral, localizada nos distritos de Cajueiro, Grussaí e Pipeiras. Seu principal objetivo é preservar o ecossistema de restinga, além de proteger porções de ambientes lacustres e áreas alagáveis.

Figura 3: Mapa de localização de São João da Barra
Fonte: Elaborado pelo autor

1.2 – Cobertura Vegetal

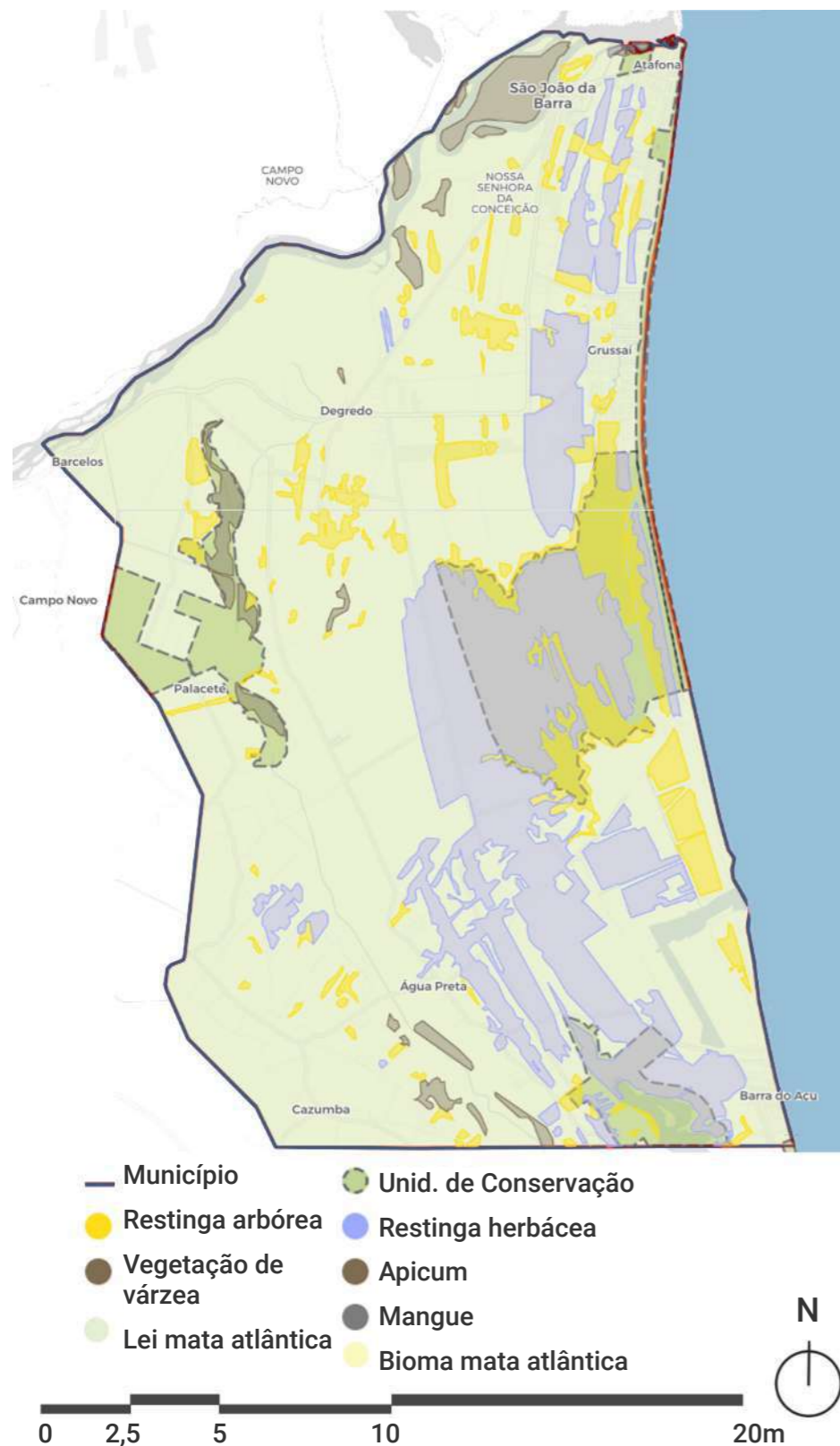


Figura 4: Mapa da cobertura vegetal de São João da Barra
Fonte: SOS Mata Atlântica (2024). Adaptado pelo autor.

Taxa de desmatamento - Evolução anual

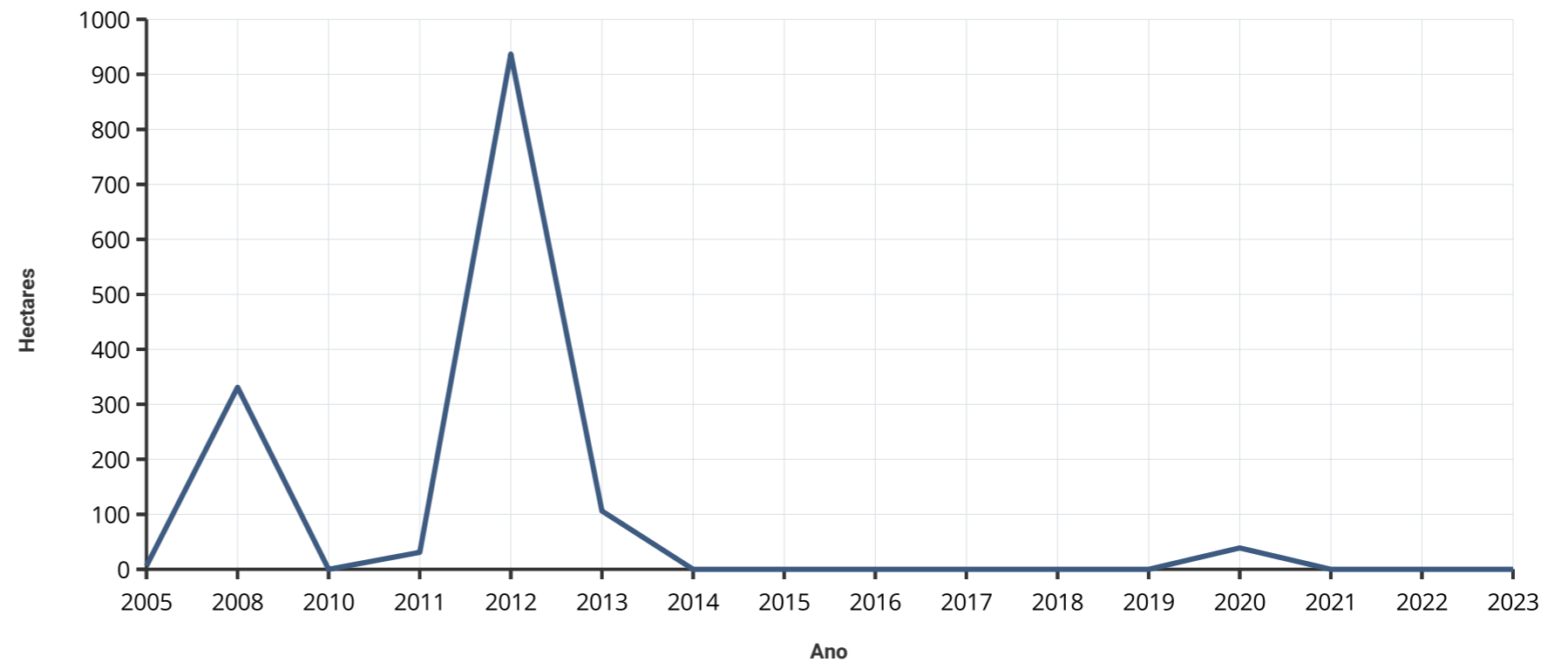


Figura 5 : Taxa de desmatamento anual em São João da Barra.
Fonte: Elaborado pelo autor. Dados extraídos de Aqui tem Mata?/SOS Mata Atlântica.

A vegetação original predominante em São João da Barra é composta por Mata Atlântica e restinga. No entanto, grande parte da mata nativa foi devastada ao longo dos anos, principalmente para dar lugar à expansão da malha urbana, pastagens e lavouras. Segundo a SOS Mata Atlântica, atualmente existem 13.381 hectares de Mata Atlântica no município, o que representa 29,58% da cobertura original.

A vegetação desempenha funções essenciais, como proteger e regular os fluxos hídricos, amenizar desastres como enchentes e secas, manter o ciclo hidrológico, filtrando e promovendo a qualidade da água, além de garantir a estabilidade do solo prevenindo a sua erosão. São João da Barra possui duas unidades de conservação: a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Fazen-

da Caruara e o Parque Estadual da Lagoa do Açu (PELAG), que abrange uma pequena área dentro do município.

No período de 2014 a 2019, não foi registrado desmatamento, como demonstrado no gráfico da figura 05. No entanto, em 2020, houve o registro de 36 hectares desmatados, mas nos anos subsequentes não foram observados novos casos. Os picos de desmatamento registrados em 2008 e 2012 podem estar relacionados à terraplenagem, movimentação de maquinário e outras operações decorrentes das obras de construção do Porto do Açu, conforme previsto no Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), elaborado pelo consórcio do Porto do Açu

1.3 – População

São João da Barra possui uma população estimada em 36.573 habitantes, resultando em uma densidade demográfica de 80,84 habitantes por quilômetro quadrado, onde mais da metade da população é urbana. No município não há quilombos certificados, nenhuma terra indígena e nenhuma área de assentamento de reforma agrária (IBGE, 2022). A composição étnica da população é diversificada, com 63,43% de brancos, 31,34% de pardos, 4,85% de pretos, 0,3% de amarelos e 0,08% de indígenas (IBGE, 2010).

A diversidade étnica da população, é um aspecto importante a ser considerado na formulação de políticas de adaptação costeira, garantindo a inclusão e a participação de diferentes grupos sociais nas discussões e nas soluções propostas.

Esses dados demográficos e socioeconômicos fornecem uma base para entender a estrutura populacional e educacional da cidade de São João da Barra, elementos essenciais para a formulação de estratégias eficazes de enfrentamento da erosão costeira e seus impactos.

Importante ressaltar que os distritos de maior concentração populacional, segundo a pesquisa de 2022 do IBGE são: Atafona, Pipeiras e Sede o que pode gerar alguma divergência com os dados aqui apresentado sobre a distribuição racial. Vale também destacar que a região mais adensada de Atafona se localiza no Pontal de Atafona, a região que está mais vulnerável a erosão e ao avanço do mar

Essa discrepância na distribuição racial em relação à densidade populacional pode ser resultado de migrações internas em especial a inauguração do Porto do Açu e a exploração de petróleo na Bacia de Campos

Distribuição Racial no Território (Censo Demográfico de 2010)

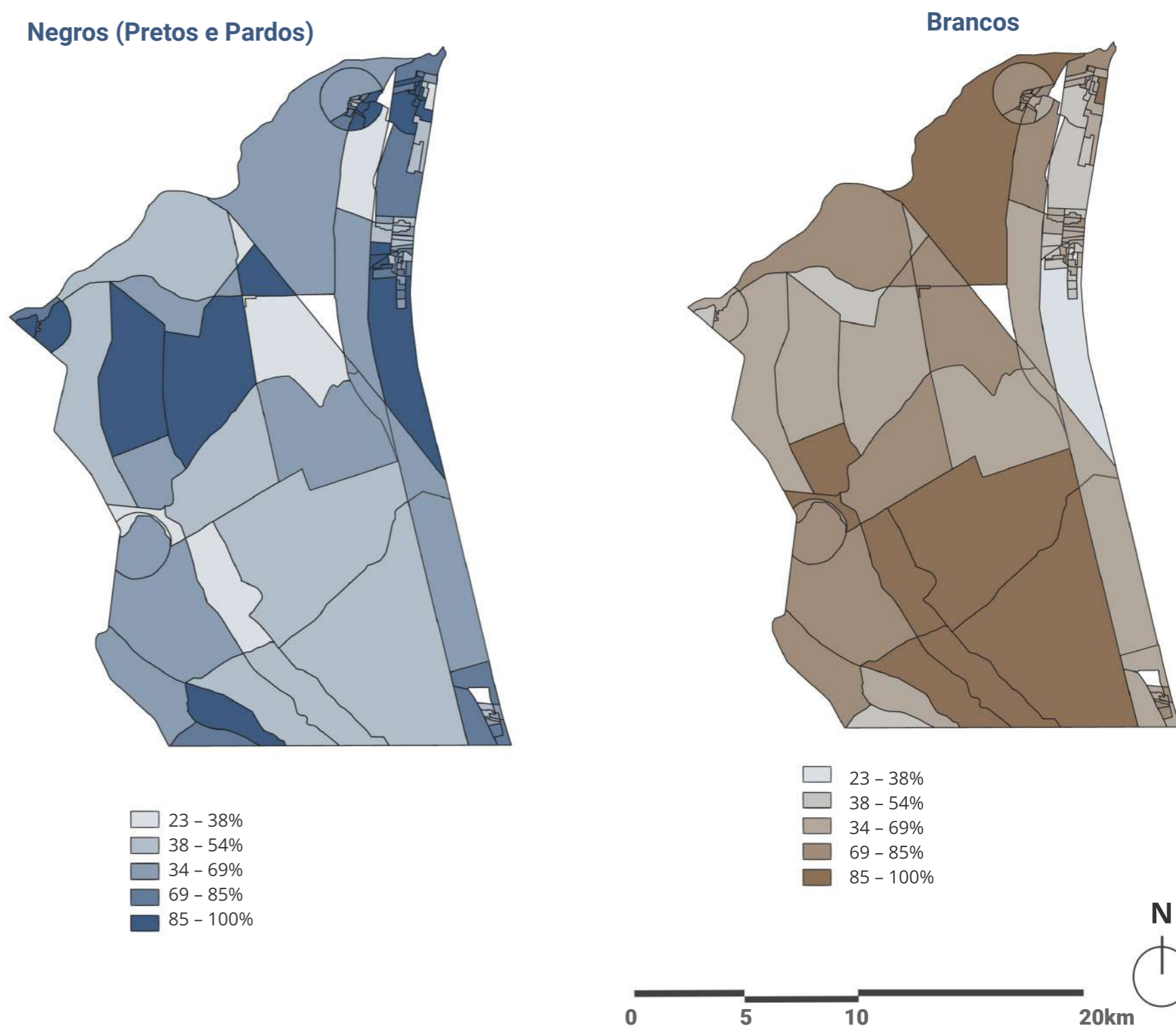
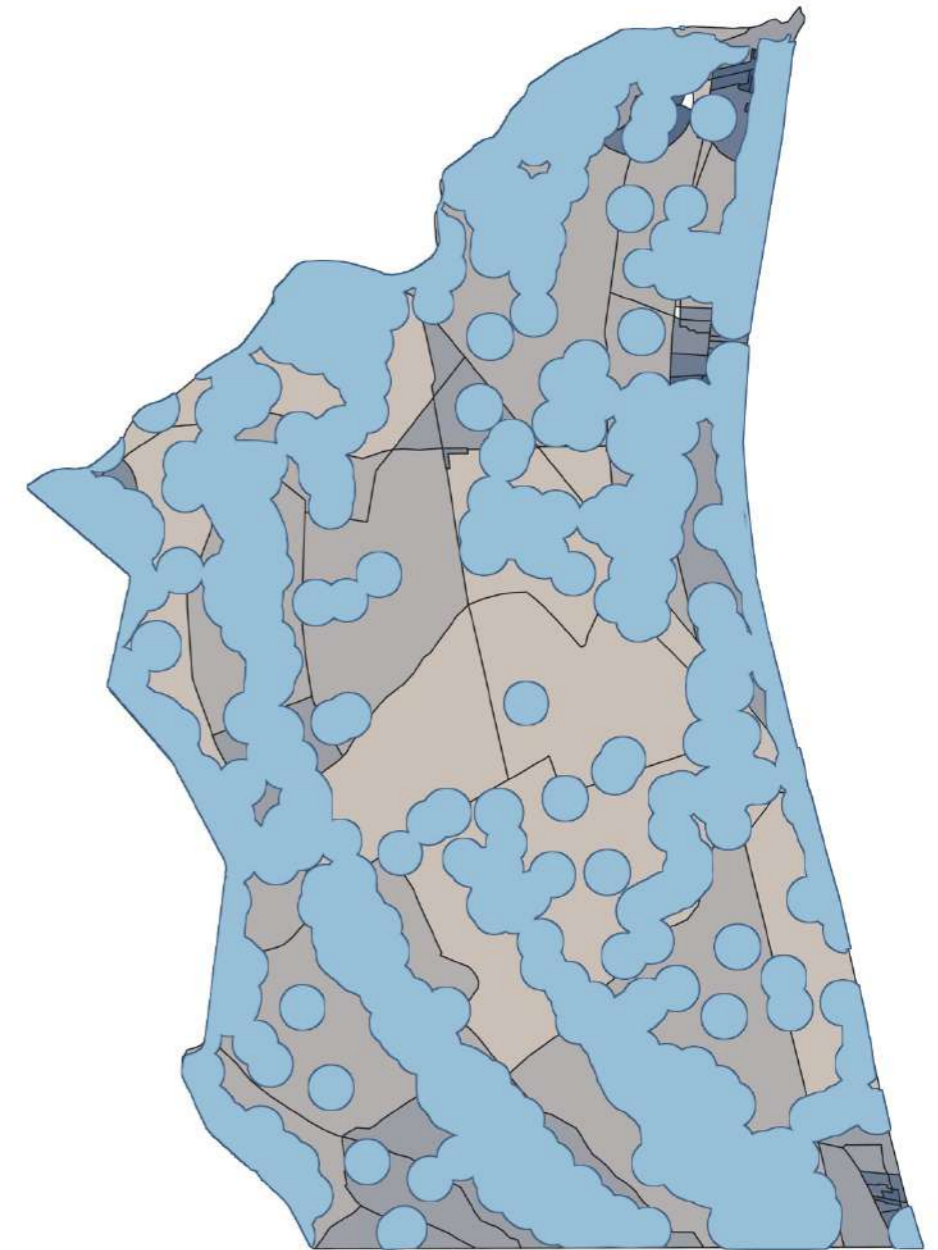
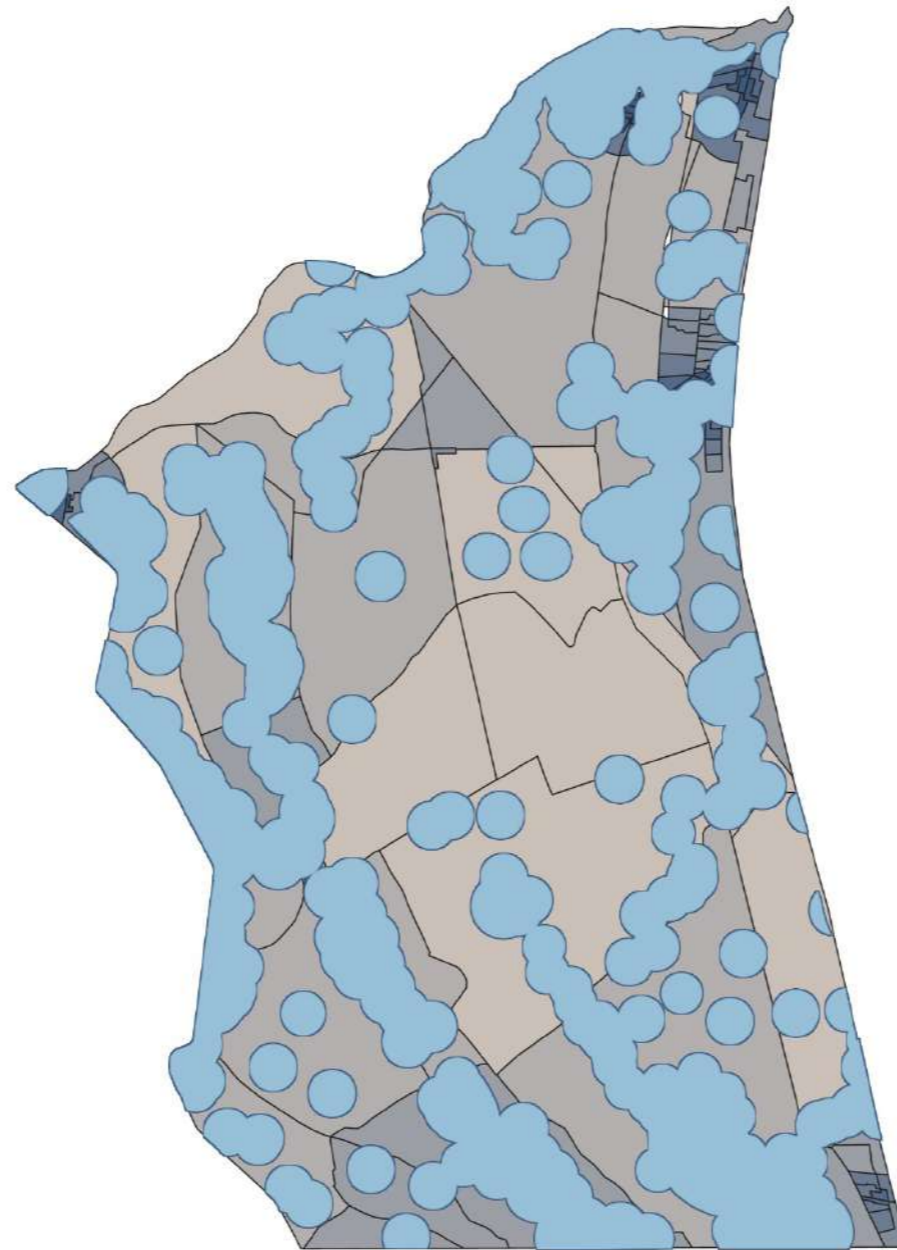
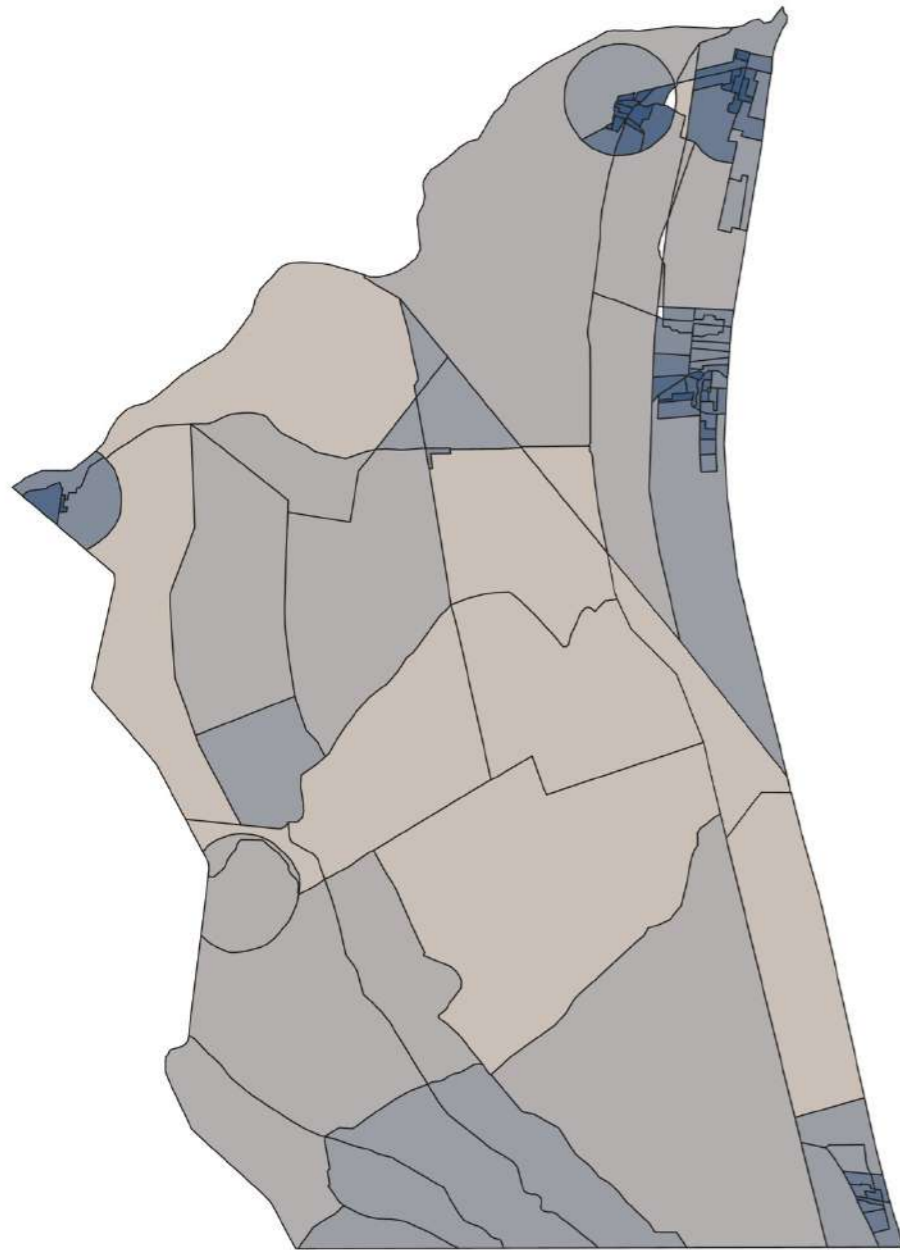


Figura 6: Mapas de concentração racial em São João da Barra
Fonte: Elaborado pelo autor. Dados extraídos do Censo demográfico de 2010

Densidade Populacional

Projeção de Inundação (cenário otimista)

Projeção de Inundação (cenário Pessimista)



População Residente (pessoas/ha)

- Até 25
- 26 a 50
- 51 a 100
- 101 a 250
- 251 a 500
- 500 a 1000
- Mais de mil

Áreas sob risco de inundação

Figura 7: Mapas da densidade populacional em São João da Barra
Fonte: Elaborado pelo autor. Dados extraídos do Censo demográfico de 2022 e Silva Jr; Pedlowski

Não há indícios de que o processo erosivo em São João da Barra esteja estagnado ou diminuindo sua intensidade. Pelo contrário, observa-se uma aceleração na perda de terra ao longo da costa. As investidas constantes das ondas continuam a erodir o solo e desestabilizar as estruturas costeiras remanescentes. As residências e estabelecimentos comerciais próximos à linha costeira estão cada vez mais vulneráveis a danos e podem enfrentar a ameaça iminente de colapso.

Na pesquisa realizada por José Luiz Pontes da Silva Júnior e Marcos Antônio Pedlowski, foi estimada, para o período entre 2081 e 2100, uma taxa de avanço do mar em dois cenários: um

"otimista" e um "pessimista". Em ambos, a inundação atingirá principalmente o litoral, impactando as áreas urbanas e rurais, o Porto do Açú e a RPPN Caruara. Quando sobrepostas as previsões de inundações com o mapa de densidade populacional, é possível notar que as regiões de maior densidade estão vulneráveis ao avanço do mar. No entanto, a situação pode ser mais urgente, pois o documento da ONU, divulgado em agosto de 2024, reúne diferentes dados que mostram os riscos do aumento do nível dos oceanos. A estimativa é de que o nível do mar pode subir entre 12 cm e 21 cm até 2050 em Atafona.



1.4 – Economia

São João da Barra se destaca economicamente na região. Em 2021, seu Produto Interno Bruto per capita atingiu a marca de R\$ 269.169,78, colocando-o em uma posição de destaque em comparação com outros municípios do estado, ocupando o terceiro lugar entre 92 municípios do estado. O crescimento econômico de São João da Barra começou a se consolidar com a descoberta do petróleo, o que lhe permitiu receber royalties devido à sua localização na bacia sedimentar de Campos, tornando-se oficialmente produtor a partir do ano 2000. Posteriormente, em 2014, a inauguração do Porto do Açu impulsionou ainda mais sua economia, proporcionando um salto significativo no desenvolvimento local.

Rendimento Familiar Médio

Os dados obtidos pelo Censo Demográfico de 2010 revelam um cenário em São João da Barra, onde apesar dos indicadores econômicos favoráveis, como o recebimento dos royalties do petróleo e as atividades do Porto do Açu, a distribuição de renda e investimentos pode não refletir completamente essa prosperidade.

O salário médio mensal dos trabalhadores formais em São João da Barra, que é de 4,5 salários mínimos, é relativamente alto em comparação com a média nacional (IBGE 2021), sugerindo uma certa solidez na remuneração dos empregados formais na região. No entanto, é importante notar que esse dado se refere especificamente aos trabalhadores formais, e não captura a realidade dos trabalhadores informais ou autônomos, que podem compor uma parcela significativa da força de trabalho local.

Além disso, o número de pessoas ocupadas na região, que é de 12.350, indica uma atividade econômica considerável, porém, quando comparado à população total ocupada de 33,62%, sugere que uma parte substancial da população em idade ativa pode estar desempregada (IBGE 2021).

Para a análise dos dados apresentados, deve-se destacar que em 2010, o salário mínimo no Brasil era de R\$ 510. A partir de 2014, a inauguração do Porto do Açu e a exploração de petróleo na Bacia de Campos começaram a influenciar significativamente as migrações internas no município, levando a mudanças notáveis na distribuição de densidade populacional, renda e raça.

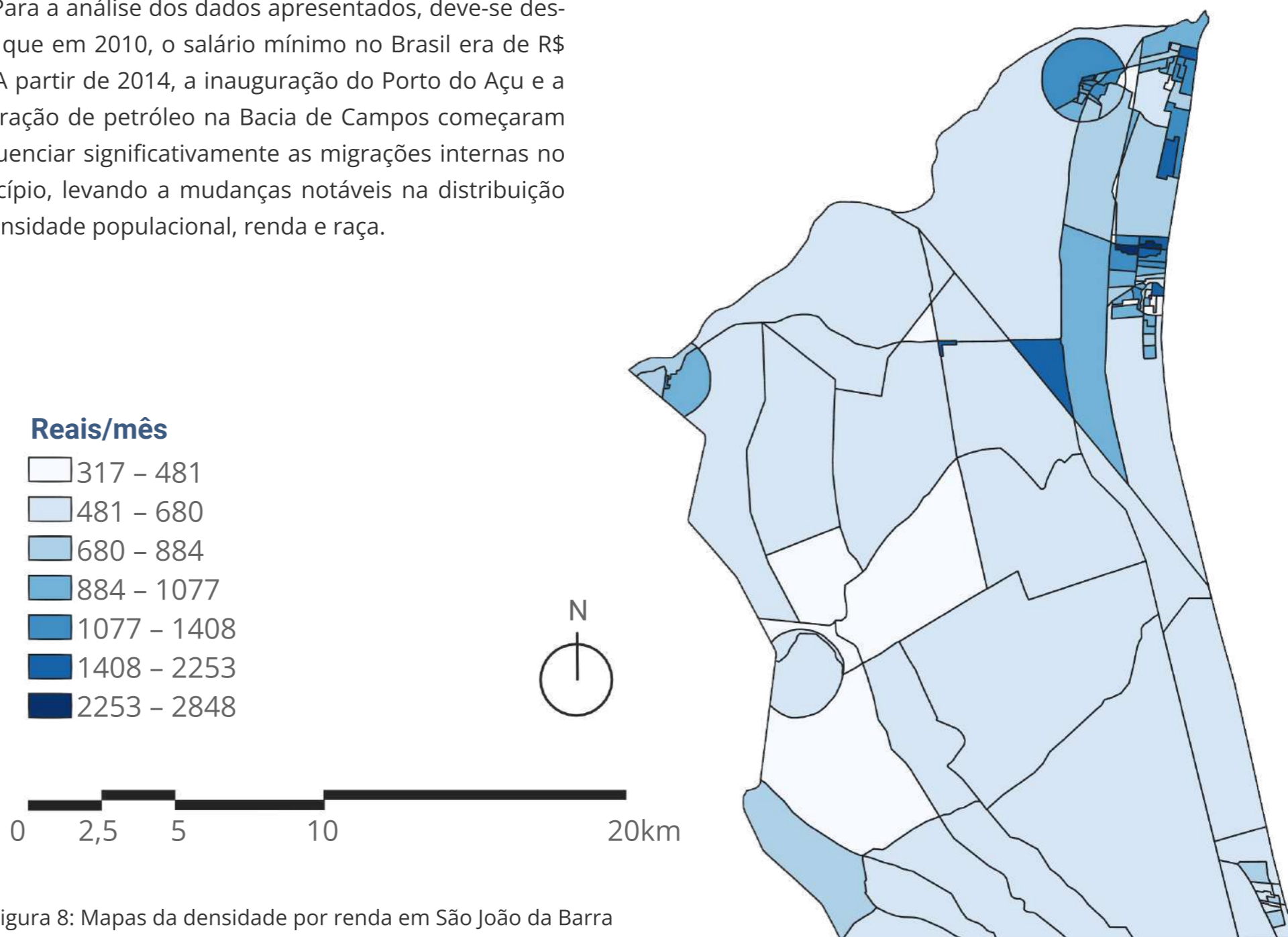


Figura 8: Mapas da densidade por renda em São João da Barra
Fonte: Elaborado pelo autor. Dados extraídos do Censo demográfico de 2010

Pesca e Aquicultura

A pesca realizada a partir do porto de Atafona é uma atividade artesanal, na qual os pescadores contam com o auxílio de membros de suas próprias famílias ou da comunidade local. Esses pescadores operam principalmente em ambientes próximos à costa, utilizando técnicas e equipamentos tradicionais como rede de cerco, arrasto simples, linha e anzol e armadilhas para capturar peixes e frutos do mar.

No entanto, eventos como o vazamento de óleo cru que atingiu o litoral em 2019 e a subsequente crise econômica e social desencadeada pela pandemia de COVID-19 a partir de 2020 tiveram um impacto negativo na atividade pesqueira de Atafona. Essas crises ambientais e de saúde pública prejudicaram significativamente a subsistência dos pescadores locais, afetando não apenas seus meios de sustento, mas também a economia e a coesão social da comunidade pesqueira.

O assoreamento da foz do rio Paraíba do Sul também é mais um desafio enfrentado pela comunidade de pescadores artesanais em Atafona. O assoreamento do canal pode alterar o padrão das correntes marinhas e o fluxo de água, afetando negativamente os ecossistemas locais e a disponibilidade de recursos pesqueiros, e também limita o acesso de barcos ao porto pesqueiro no rio.

Perfil demográfico dos pescadores artesanais

Segundo a pesquisa realizada pelo Censo da Pesca do PEA Pescarte (2019) com pescadores artesanais dos sete municípios do litoral fluminense na Bacia de Campos, a tradição familiar e a falta de outras oportunidades de emprego são os principais motivos para a escolha da profissão, representando 57,2% das respostas. A pesquisa destaca uma característica marcante: a profissão de pescador artesanal é tradicionalmente passada de pai para filho ao longo de gerações. No entanto, um discurso apontado ao discutir as dificuldades atuais da atividade é a preocupação de que essa tradição esteja ameaçada, pois muitos pescadores não desejam que seus filhos sigam a mesma carreira.

MOTIVAÇÃO	PERCENTUAL
Tradição Familiar	29,3%
Falta de outro emprego	27,9%
Porque gosta	17,3%
Bom rendimento	9,3%
Ajudar a família	8,9%
Não sabe fazer outra coisa	3,7%
Pouco estudo	3,5%
Problemas de Saúde	0,2%
Total	100%

Tabela 1: Motivações para o exercício de pescador nos municípios pertencentes à Bacia de Campos

Fonte: Tabulado pelo autor. Dados extraídos do Censo da Pesca PEA Pescarte 2019

A análise de cor ou raça é uma dimensão importante para entender a estrutura social dos pescadores artesa-

nais. No Censo da Pesca do PEA Pescarte de 2023, a variável sobre cor ou raça trouxe dados significativos. O destaque foi o elevado percentual de pessoas que se identificam como brancas em São João da Barra, atingindo 48%, conforme mostrado no gráfico da figura 9. Esse número está acima da média geral encontrada, que foi de 32%.

Composição racial dos pescadores de São João da Barra

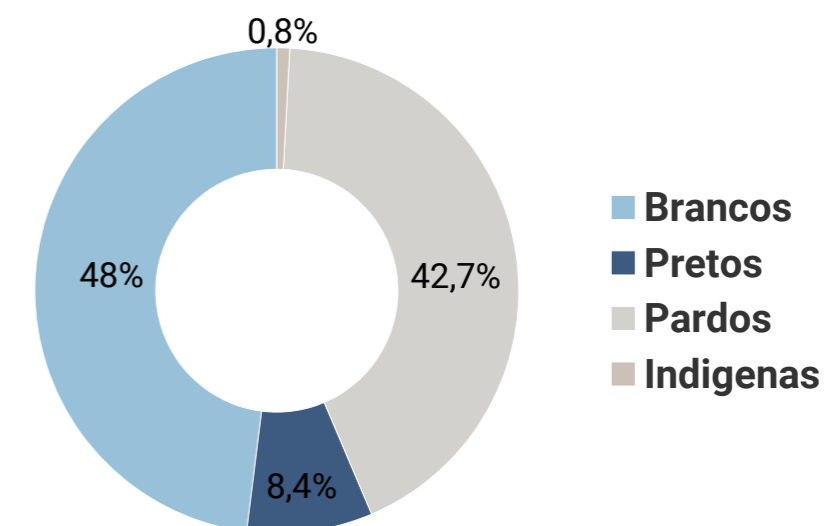


Figura 9: Gráfico da composição racial dos pescadores artesanais de São João da Barra.

Fonte: Elaborado pelo autor. Dados extraídos do Censo da pesca PEA Pescarte 2023

Outra característica importante é o protagonismo feminino na atividade pesqueira do município. No Censo da Pesca de 2023, 46% das pessoas entrevistadas eram mulheres, e 21% delas eram responsáveis por 100% da renda familiar. Além disso, em 37,9% dos casos, as mulheres dividiam essa responsabilidade com seus maridos. Segundo o Pescarte, enquanto os homens priorizam a pesca em si, investindo na melhoria de seus barcos e equipamentos e passando mais tempo no mar, as mulheres se dedicam ao processamento do pescado, ao comércio e à agregação de valor.

Turismo

São João da Barra faz parte da região turística da Costa Doce, tendo essa atividade como uma grande contribuidora para o desenvolvimento econômico e social do município, impulsionado pelas atividades realizadas durante a estadia dos visitantes. Em sua pesquisa, Ficagna (2012) aponta alguns pontos turísticos mais procurados no município. Embora esses dados não sejam oficiais, mas baseados na percepção dos moradores, eles podem indicar os principais interesses dos turistas em São João da Barra.

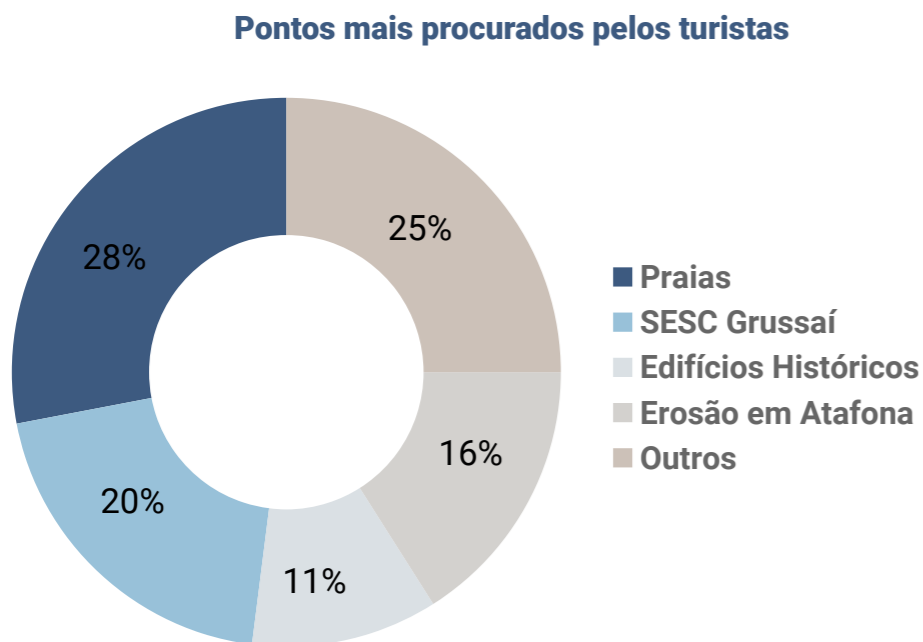


Figura 10: Gráfico dos pontos mais procurados por turistas na percepção dos moradores.

Fonte: Elaborado pelo autor. Dados extraídos de Ficagna (2012)

Turismo de Sol e Praia

As praias de São João da Barra são grandes atrativos para turistas, com destaque para o Pontal de Atafona, onde o Rio Paraíba do Sul encontra o oceano. Segundo Fi-

cagna (2012), os pontos turísticos mais procurados no município, segundo a percepção dos moradores, evidenciam a popularidade do turismo de sol e praia, diretamente associado ao mar como principal recurso turístico e de lazer. Esse ramo do turismo concentra um grande número de pessoas no mesmo local e período, principalmente durante o verão.

Um ponto interessante relacionado ao turismo nas praias é a visita à Praia de Atafona. Apesar de atualmente estar imprópria para banho, ainda atrai turistas curiosos para ver de perto o impacto da erosão no litoral de São João da Barra nas áreas mais afetadas.

Durante o verão de 2024, a programação turística de São João da Barra atraiu mais de 400 mil pessoas, movimentando a economia local em mais de R\$ 40 milhões, segundo cálculos da Secretaria Municipal de Turismo e Lazer.

SESC Grussaí

Inaugurado em 1979 pelo Sesc Minas Gerais como Sesc Mineiro Grussaí, o complexo encerrou suas atividades em 2020 devido à crise econômica decorrente da pandemia de COVID-19. Sua reabertura ocorreu em 2022, quando passou a ser administrado pelo Sesc Rio de Janeiro. O complexo turístico e hotel é um destino popular, oferecendo uma combinação de atividades recreativas e opções de hospedagem, com chalés, suítes, campos e quadras esportivas, biblioteca, boate, parques infantis, piscinas e salões sociais e de jogos. Além disso, o local conta com réplicas do Taj Mahal, do Pagode Chinês e da Casa de Chá Japonesa. Conforme indica o gráfico da figura 10 o Sesc Grussaí atrai um grande número de turistas para o município.

No entanto, o modelo de funcionamento do Sesc Grussaí acaba por não favorecer o turismo nas outras partes do município, já que o próprio complexo oferece todas as atividades de lazer, sem depender de estruturas externas. Assim, ele pode ser considerado um ponto turístico independente, desvinculado dos aspectos socio-culturais de São João da Barra.

Ainda assim, é importante destacar o esforço da comunidade local em aproveitar o fluxo de turistas do Sesc. A presença de quiosques informais nas proximidades da entrada principal, onde são vendidos artesanatos e souvenirs e a presença de vendedores ambulantes, são exemplos desse esforço.

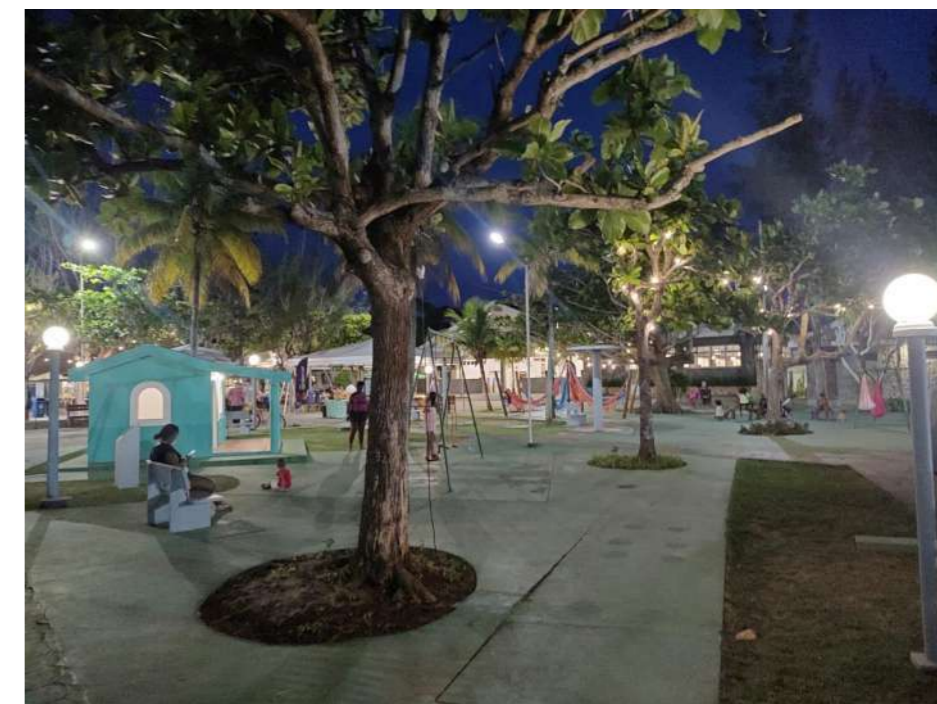


Figura 11: Praça principal do SESC Grussaí

Fonte: O autor

Turismo Histórico

Os edifícios históricos de São João da Barra estão concentrados no distrito Sede, sendo possível visitá-los

em sequência em um único dia. Dentre esses edifícios, destacam-se:

Palácio Cultural Carlos Martins: Um chalé neoclássico do século XIX, que atualmente abriga salas de música, dança, fotografia, multimídia, uma galeria para exposição de artes, uma sala de arquivo e um salão nobre.

Antiga Casa da Câmara e Cadeia Pública: Concluída em 1797, foi construída nos moldes lusitanos de pequenas fortalezas. É uma edificação robusta, com paredes de 1,20 m de espessura, feitas de pedras sobrepostas com argamassa da época. Suas portas e janelas possuem grades reforçadas, e a parte inferior servia como prisão. Atualmente, o prédio abriga um acervo bibliográfico sobre a escravidão e uma coleção de numismática.

Fórum Municipal: Um edifício de três pavimentos, também em estilo neoclássico, construído no século XIX como residência de um traficante de pessoas escravizadas. Atualmente, funciona como o Fórum Municipal, embora a prefeitura tenha planos de transformá-lo no Museu Histórico e Arquivo Público.

Mercado Municipal: Criado em 1902 para atender às normas de higiene no comércio de víveres, secos e molhados, e manufaturados, principalmente através do Rio Paraíba do Sul. Hoje, o mercado abriga o Centro Cultural Narcisa Amália, onde ocorrem oficinas, peças teatrais e exposições temáticas.

Circuito Junino

O Circuito Junino de São João da Barra cativa milhares de turistas e visitantes. Considerado um dos maiores

circuitos juninos do estado, ele celebra as tradições juninas com uma variedade de festividades, incluindo danças típicas, comidas tradicionais e apresentações culturais, além de comemorar o aniversário de elevação do município à categoria de cidade. A maior partes das atividades ocorrem nos distritos Sede, Cajueiro e Pipeiras. A programação inclui alvorada, missas solenes, procissões, festivais, shows, barracas, competições esportivas, teatro e concursos de quadrilhas.

Dentre os eventos, destaca-se o Desfile Fluvial, uma competição de barcos alegóricos que começa com um cortejo religioso no Santuário de Nossa Senhora da Penha, em Atafona. Esse cortejo conduz um cata-vento com uma estátua de São João Batista, seguindo uma tradição do século XVIII, e o desfile é finalizado no Cais do Imperador, no Rio Paraíba do Sul. As embarcações enfeitadas são julgadas em quatro quesitos: Tema, Criatividade, Ornamentação e Conjunto, com premiação em dinheiro para os vencedores. Outro destaque da programação esportiva do Circuito Junino é a prova do maior robalo vivo, pescado nas águas do Rio Paraíba do Sul, também realizada no Cais do Imperador.

O Porto do Açu

Sendo o único porto privado do país, o Porto do Açu está sob a gestão do grupo econômico norte-americano EIG Global Energy Partners desde 2013, este empreendimento é uma peça fundamental na infraestrutura nacional, oferecendo serviços para os setores de óleo e gás, mineração e logística.

Inaugurado em outubro de 2014, o Porto do Açu representa um marco significativo no panorama industrial do país. Além de suas operações portuárias, o Porto do Açu se destaca pela integração com complexos industriais adjacentes, que potencializam sua capacidade e alcance.

No ano de 2023 o município arrecadou através do Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISS), cerca de 175 milhões de reais pela prestação de serviços do porto do Açu, segundo o Relatório da Execução Orçamentária elaborado pela prefeitura.

O porto possui quebra-mares nos terminais que facilitam a passagem e ancoragem de grandes navios. O diferencial dessas estruturas está na construção da armadura do quebra-mar com blocos pré-moldados de concreto, uma tecnologia até então inédita no Brasil.

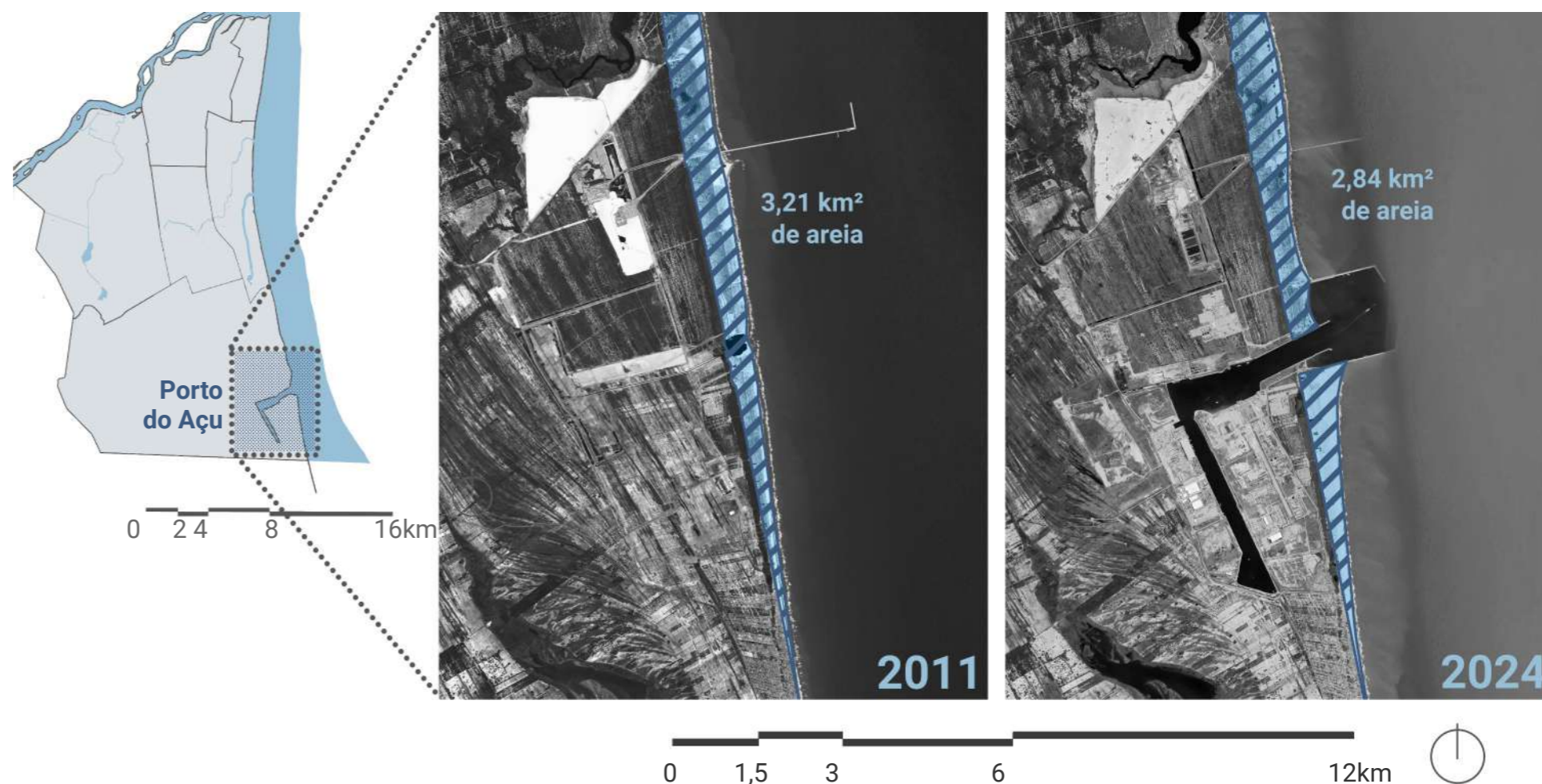


Figura 12: Mapas de localização do Porto do Açu e transformações no território

Fonte: Elaborado pelo autor

Mudanças na paisagem da Praia do Açu

Apesar das expectativas de desenvolvimento geradas pela construção do Super Porto do Açu, é possível notar mudanças na paisagem local, especialmente na Praia do Açu. A faixa de areia diminuiu, e o canal que permite o acesso de navios ao interior do porto é uma obra monumental de engenharia com os seus quebra-mares. Ao longo do tempo, esses impactos podem agravar-se, resultando em uma redução ainda maior da faixa de areia e na salinização das águas e solos na região ao redor do empreendimento.

Outra mudança significativa foi o aumento da circulação de caminhões e outros veículos pesados na área.

As estradas asfaltadas, projetadas para o acesso ao porto, suportam esse tráfego, mas as ruas menores, que também são eventualmente utilizadas, sofrem com a dificuldade de trânsito, além de provocar outros problemas como a poluição sonora e do ar.

A construção dos molhes e do quebra-mar nos terminais gerou impactos semelhantes aos causados pelos espigões analisados neste trabalho. Um espigão é um tipo específico de quebra-mar, projetado para conter a erosão costeira.

Exploração de Petróleo e Gás

O mercado de petróleo e gás contribui significativamente para o desenvolvimento de São João da Barra, especialmente por meio da geração de importantes montantes em royalties e participações especiais. As receitas provenientes do petróleo representaram 25% da receita corrente total do município, com um montante de R\$ 2.909,18 por habitante no ano de 2020, posicionando São João da Barra em 6º lugar no estado. O município faz parte da Bacia de Campos, que cobre uma área de aproximadamente 100 mil quilômetros quadrados, estendendo-se do Espírito Santo, no Alto de Vitória, até o Alto de Cabo Frio, no litoral do Rio de Janeiro. Segundo a Petrobras, há 826 poços exploratórios na bacia, sendo 391 considerados pioneiros.

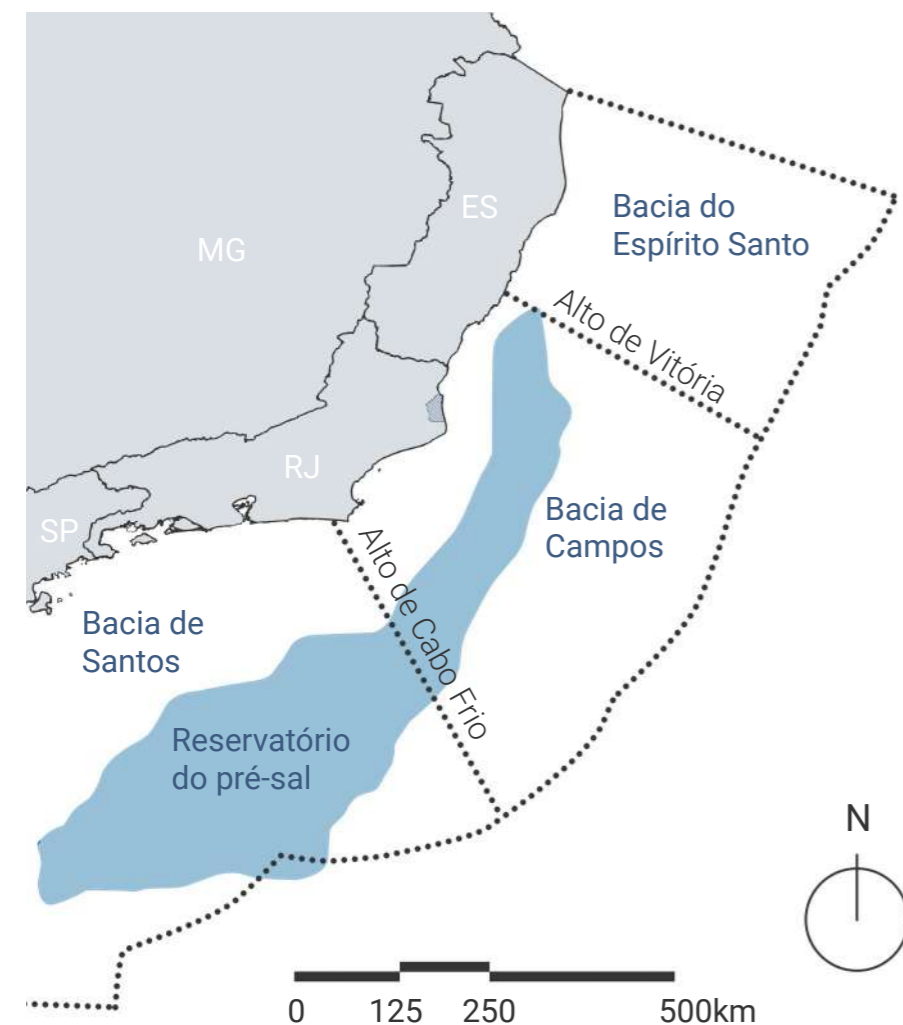


Figura 13: Mapa de localização da Bacia de Campos
Fonte: Elaborado pelo autor

Royalties petrolíferos recebidos anualmente por São João da Barra

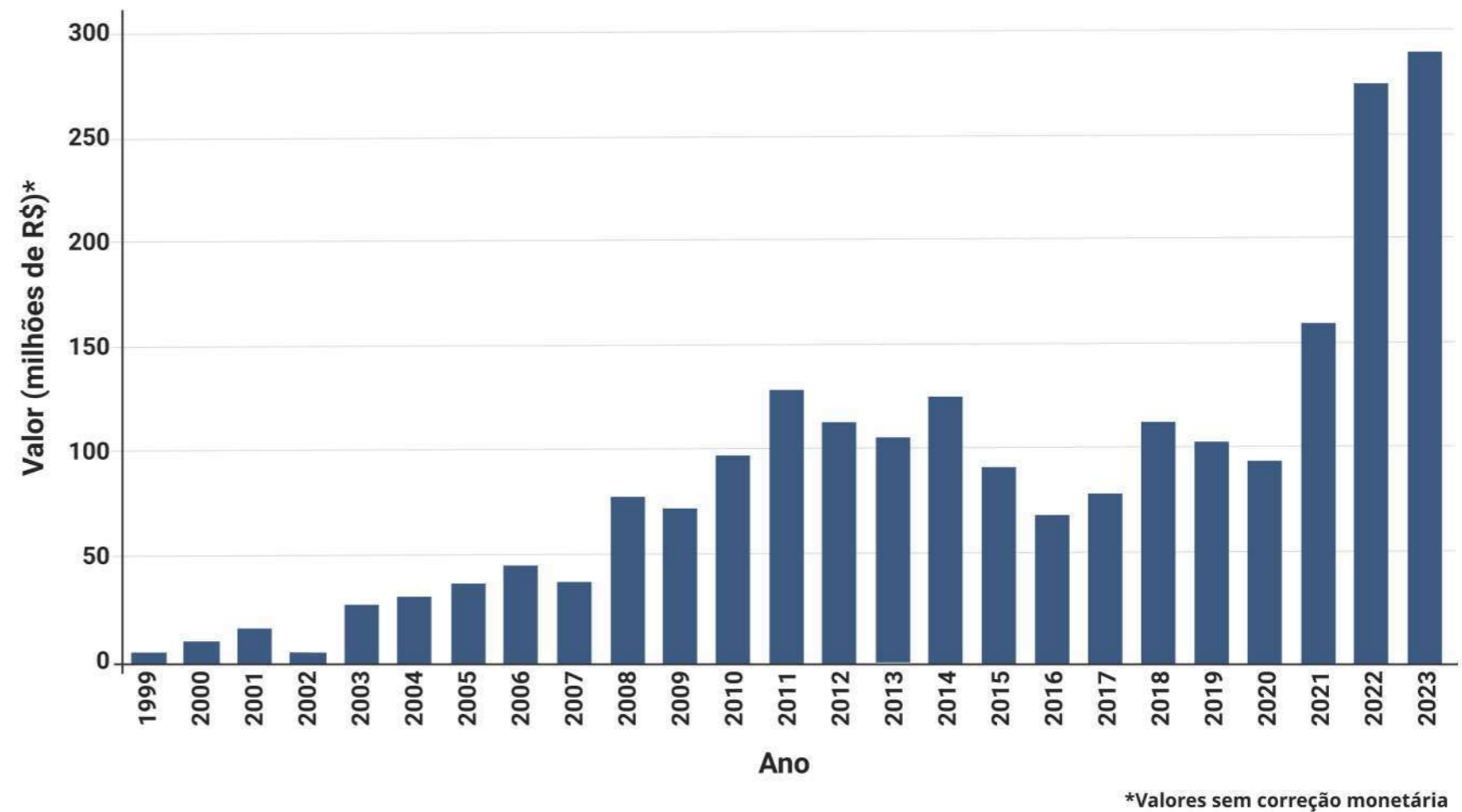


Figura 14: Gráfico de royalties do petróleo recebidos anualmente por São João da Barra
Fonte: Elaborado pelo autor. Dados extraídos do Inforoyalties

A partir do gráfico apresentado na figura xx, é possível observar que os royalties recebidos anualmente por São João da Barra têm mostrado um aumento significativo ao longo dos anos, especialmente a partir de 2021, quando houve uma recuperação do cenário de incertezas devido à pandemia de COVID-19. Houve picos expressivos em 2022, ano com o maior número de poços perfurados em um único ano, totalizando quatro novos poços, e em 2023, quando ocorreu um aumento de 15,3% na produção com o início do funcionamento de duas novas pla-

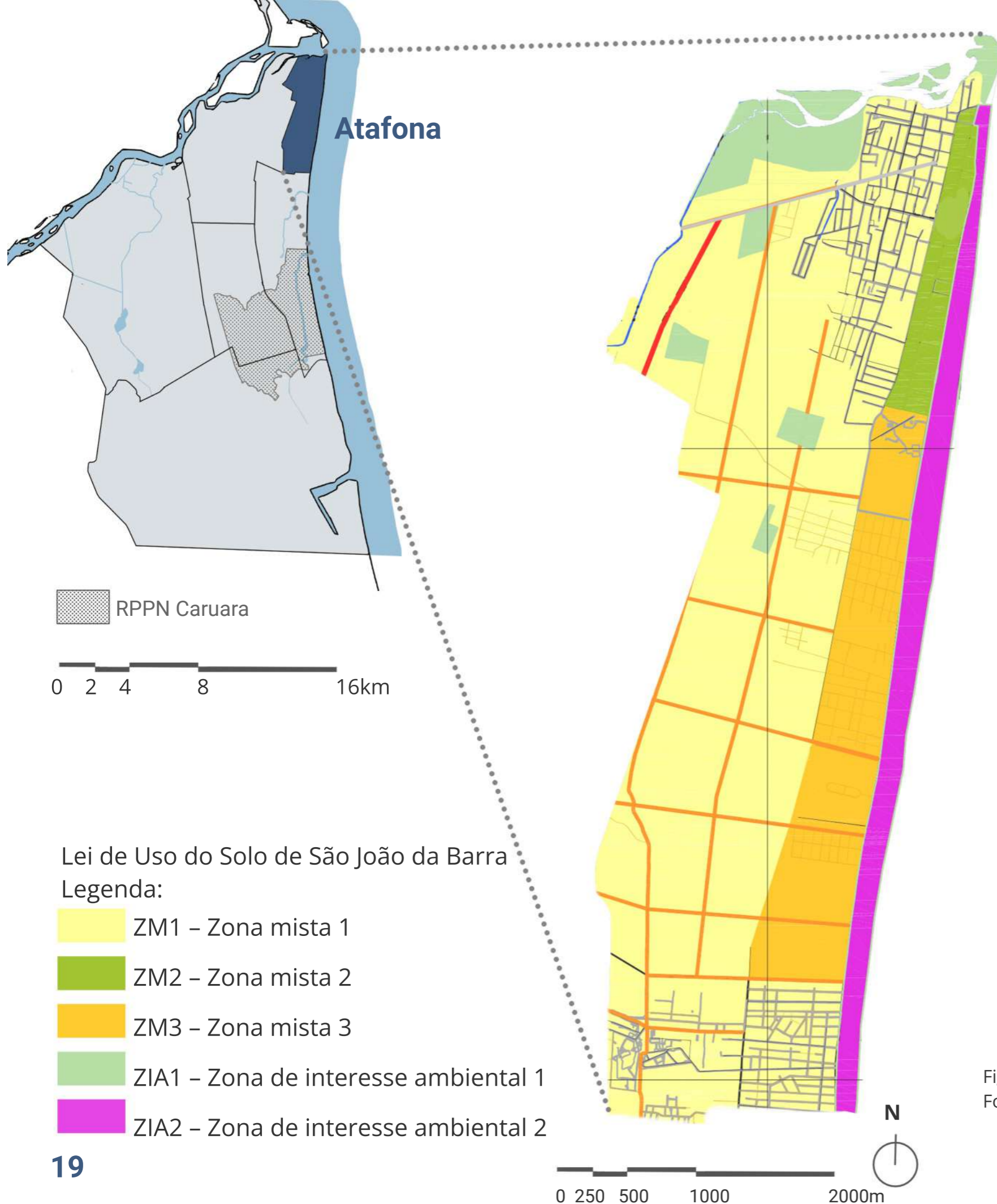
taformas. Essa alta reflete o impacto contínuo e crescente da exploração de petróleo na economia local, ressaltando a importância desse setor para o desenvolvimento do município. A tendência de alta pode continuar, considerando os planos da Petrobras de perfurar três novos poços no pré-sal da Bacia de Campos em 2025, além de realizar investimentos na revitalização de campos maduros, em atividade há mais de 25 anos ou com 70% ou mais das reservas exploradas.

2.

UM OLHAR SOBRE
ATAFONA



Figura 13: Foto de uma residência em Atafona próxima a área de risco – 23 de Março de 2024
Fonte: o autor



2.1 – Caracterização de Atafona

Atafona é um distrito do município de São João da Barra. Faz divisa com o município de São Francisco do Itabapoana e destaca-se por abrigar o segundo maior delta do Brasil. Originalmente uma aldeia e porto de pescadores, Atafona transformou-se nas últimas décadas em um balneário procurado por veranistas, principalmente das cidades vizinhas.

Um dos aspectos mais notáveis de Atafona é seu ponto de encontro do Rio Paraíba do Sul com o Oceano Atlântico. O Rio Paraíba do Sul é um importante curso d'água, que atravessa os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Esse encontro com o oceano não só é um marco geográfico, mas também um ponto de interesse ecológico e turístico.

No entanto, Atafona enfrenta desafios significativos devido às mudanças em sua paisagem. Desde os anos 60 e 70, as águas do mar vêm gradualmente invadindo a área, especialmente os trechos da praia mais próximos à foz do rio. Esse processo de erosão costeira resultou na perda de casas e ruas, modificando drasticamente a geografia local. A Praia do Pontal, outrora uma extensa faixa de terra, agora se apresenta como uma porção residual, testemunhando o impacto contínuo da erosão marítima.

Figura 15: Mapas de localização e setorização do distrito de Atafona
 Fonte: Elaborado pelo autor. Dados extraídos da Lei de Uso do Solo de São João da Barra

2.2 – Uso e ocupação do solo Zoneamento

São João da Barra possui uma área territorial de 452,396 km², dos quais 20,64 km² são urbanizados (IBGE 2019). Embora sua área urbanizada seja relativamente pequena em comparação com o tamanho total, a infraestrutura urbana é o ponto de destaque para essa análise.

Quanto à qualidade das infraestruturas urbanas, os números mostram uma situação que demanda atenção. Apenas 37,3% dos domicílios contam com esgotamento sanitário adequado (IBGE 2010). Esse indicador reflete a necessidade de investimentos em saneamento básico para atender adequadamente a população.

Em relação à arborização das vias públicas, 58,5% delas contam com áreas arborizadas, no entanto, apenas 20,5% dos domicílios urbanos estão em vias públicas com urbanização adequada, que possui bueiros, calçadas, pavimentação e meio-fio.

Quando comparado com outros municípios do estado, este se posiciona em 89º de 92 em esgotamento sanitário adequado, 53º de 92 em arborização de vias públicas e 78º de 92 em urbanização de vias públicas (IBGE 2019). Esses números revelam uma situação relativamente desfavorável dentro do contexto estadual.

Além disso, parte significativa do município está exposta a riscos como avanço do mar, erosão costeira e assoreamento, devido a causa a que a seguir serão exploradas, do bioma da Mata Atlântica e pertencente ao Sistema Costeiro-Marinheiro (IBGE 2019). Apesar de não haver dados específicos da população exposta a esses riscos em 2010, é evidente a necessidade de medidas de prevenção e mitigação desses desastres naturais.

Conforme o Plano Diretor de 2015 de São João da Barra, o território de Atafona possui áreas classificadas como zonas ZM1, ZM2, ZM3, ZIA1 e ZIA2, que regulamentam o Uso e Ocupação do Solo Urbano. As definições dessas zonas são as seguintes:

Zona Mista 1 – ZM1: é uma zona formada por áreas de transformação urbana acelerada, com predominância de uso misto (residencial e não residencial), e infraestrutura parcial de saneamento básico, coleta de lixo e rede de abastecimento de água.

Zona Mista 2 – ZM2: é uma zona composta por áreas com predomínio de uso residencial, com infraestrutura de abastecimento de água e coleta de lixo.

Zona Mista 3 – ZM3: é uma zona formada por áreas em transformação e grandes áreas desocupadas, com predominância de uso misto (residencial e não residencial), e infraestrutura de abastecimento de água e coleta de lixo.

Zona de Interesse Ambiental 1 – ZIA1: são áreas destinadas à proteção integral dos ecossistemas e dos recursos naturais, garantindo a preservação da fauna, flora e seus habitats. Podem ser utilizadas para fins de pesquisa científica, monitoramento, educação ambiental e uso indireto dos recursos naturais, sem envolvimento em consumo, coleta, dano ou destruição dos mesmos.

Zona de Interesse Ambiental 2 – ZIA2: são áreas com atributos ambientais relevantes, destinadas à recuperação e conservação dos recursos naturais e paisagísticos. O uso e ocupação do solo devem ser controlados para assegurar a qualidade ambiental, sendo permitidas atividades como pesquisa científica, monitoramento,

educação ambiental, recreação, eventos culturais e esportivos, além de apoio ao turismo.

Riscos e Vulnerabilidades

A expansão urbana em áreas de transformação (ZM1 e ZM3) pode aumentar a vulnerabilidade a eventos climáticos extremos além de aumentar a exposição a desastres ambientais e sociais, além de sobrecarregar a infraestrutura local. Isso traz algumas vulnerabilidades como:

Degradação ambiental: A proximidade das zonas de transformação (ZM1 e ZM3) com áreas protegidas (ZIA1 e ZIA2) pode exercer pressão sobre ecossistemas vulneráveis. A expansão descontrolada pode levar à invasão de áreas protegidas para construção irregular, resultando em perda em degradação do ambiente natural e agravamento da crise provocada pela ação da erosão costeira.

Erosão: Com a expansão urbana nas zonas de transformação (ZM1 e ZM2) é possível uma população ainda maior fique exposta ao risco da erosão e do avanço do mar caso medidas não sejam tomadas para reduzir os riscos e vulnerabilidades nessas zonas. A zona ZM2 atualmente já enfrenta o efeito da erosão costeira pois está em uma área que onde o avanço do mar já demonstra seus efeitos mais agressivos.

Diminuição da resiliência ambiental: As zonas ZIA1, por serem áreas de proteção integral dos ecossistemas, são fundamentais para a preservação dos serviços ecossistêmicos, como a regulação do clima e a qualidade da água. Se forem ameaçadas pela urbanização, a cidade pode perder essa proteção natural, tornando-se mais vulnerável a eventos extremos.

2.3 Mapa da Destruição

Desde a década de 1960, o avanço do mar tem causado uma destruição significativa em Atafona, impactando profundamente a comunidade local. A erosão costeira não apenas resultou na perda de residências, mas também levou à destruição de escolas, igrejas e outras infraestruturas essenciais para os moradores. Esse fenômeno transformou Atafona em um dos locais mais afetados pela erosão ao longo da costa brasileira.

Anualmente em Atafona, o mar avança em média 1 metro por ano chegando a 3 metros nas regiões mais críticas, mas houve anos em que esse avanço foi ainda mais drástico. Nos últimos 60 anos, desde que a erosão se acelerou, mais de 500 construções foram destruídas pelas ondas. Atualmente, quatorze quarteirões da cidade estão totalmente submersos.

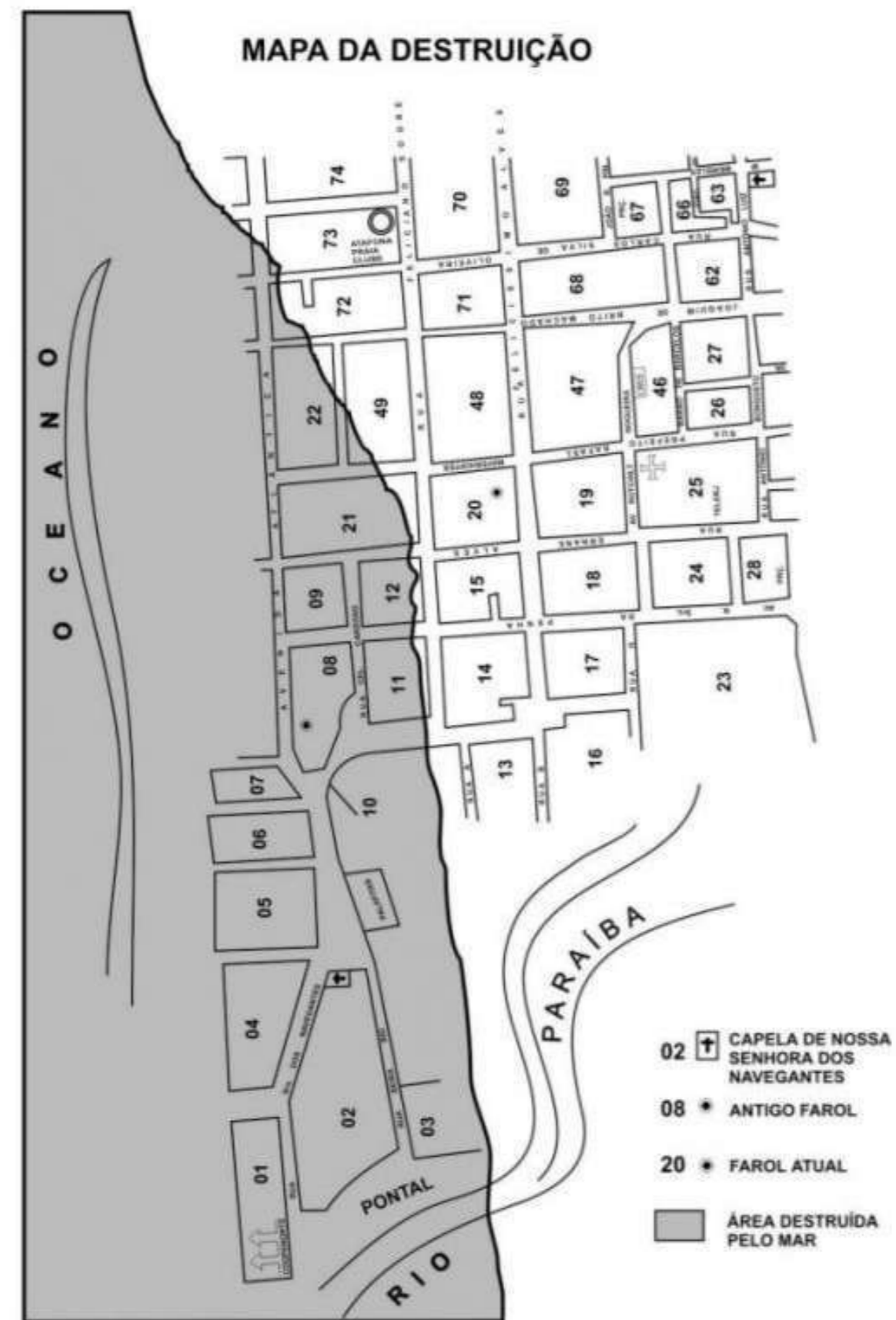


Figura 16: Mapa da destruição de Atafona devido ao avanço do mar
Fonte: Prefeitura de de São João da Barra

2.4 – Área Sob Risco

A análise da variação da linha de costa, na zona litorânea de Atafona em aproximadamente 8 km, revela um padrão preocupante de alteração da linha de costa, impulsionado, em grande medida, pelas atividades humanas e pelas mudanças climáticas globais. A erosão, em particular, tem mostrado uma tendência ascendente ao

longo dos últimos anos, enquanto a progradação ocorre de forma mais esporádica e em escalas significativamente menores em Atafona e, justamente pela alteração da dinâmica do trânsito dos sedimentos, o efeito contrário ocorre em Grussaí, onde ocorre a acresção da faixa de areia.

- Área erodida
- Área progradada

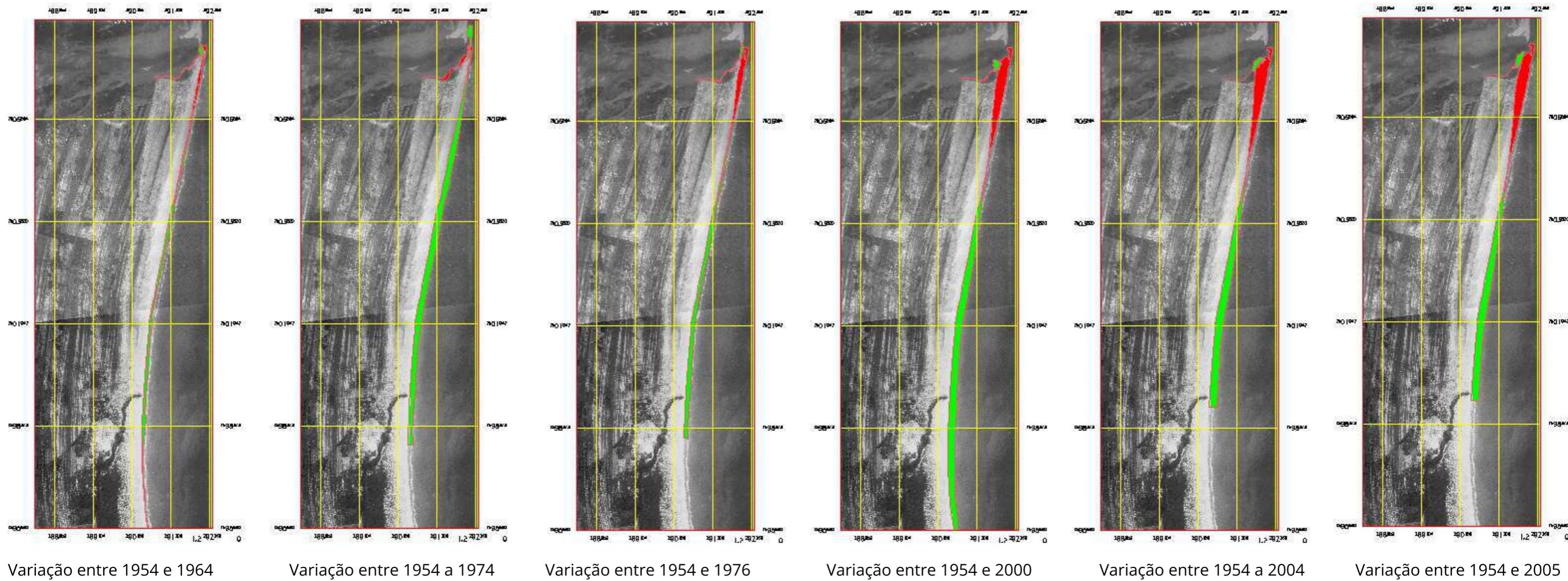


Figura 17: Mapas de erosão e progradação
Fonte: Figueredo; Ribeiro; Rosas

2.5 – Histórico da Erosão em Atafona

Os primeiros registros conhecidos de erosão costeira em Atafona datam de 1954, na Ilha da Convivência. Na praia de Atafona, o fenômeno da erosão costeira começou a ser notado, por volta de 1959. No entanto, foi na década de 1970 que a destruição se intensificou significativamente, um processo que não cessou até os dias de hoje.

A velocidade da erosão observada a partir da foz do rio, ao longo de uma extensão de aproximadamente 3,5 km, diminui à medida que se avança em direção ao sul. O cenário atual é alarmante, pois o processo de erosão continua ativo, ameaçando as áreas adjacentes. Se as condições atuais persistirem, essas regiões correm um risco crescente de destruição nos próximos anos.

O avanço do mar sobre a terra causou perda de habitações, infraestrutura e recursos naturais, impactando severamente as comunidades locais. Além dos processos naturais de erosão, a ação humana, como a construção de barragens no rio Paraíba do Sul e a retirada de vegetação costeira, pode exacerbar o problema.

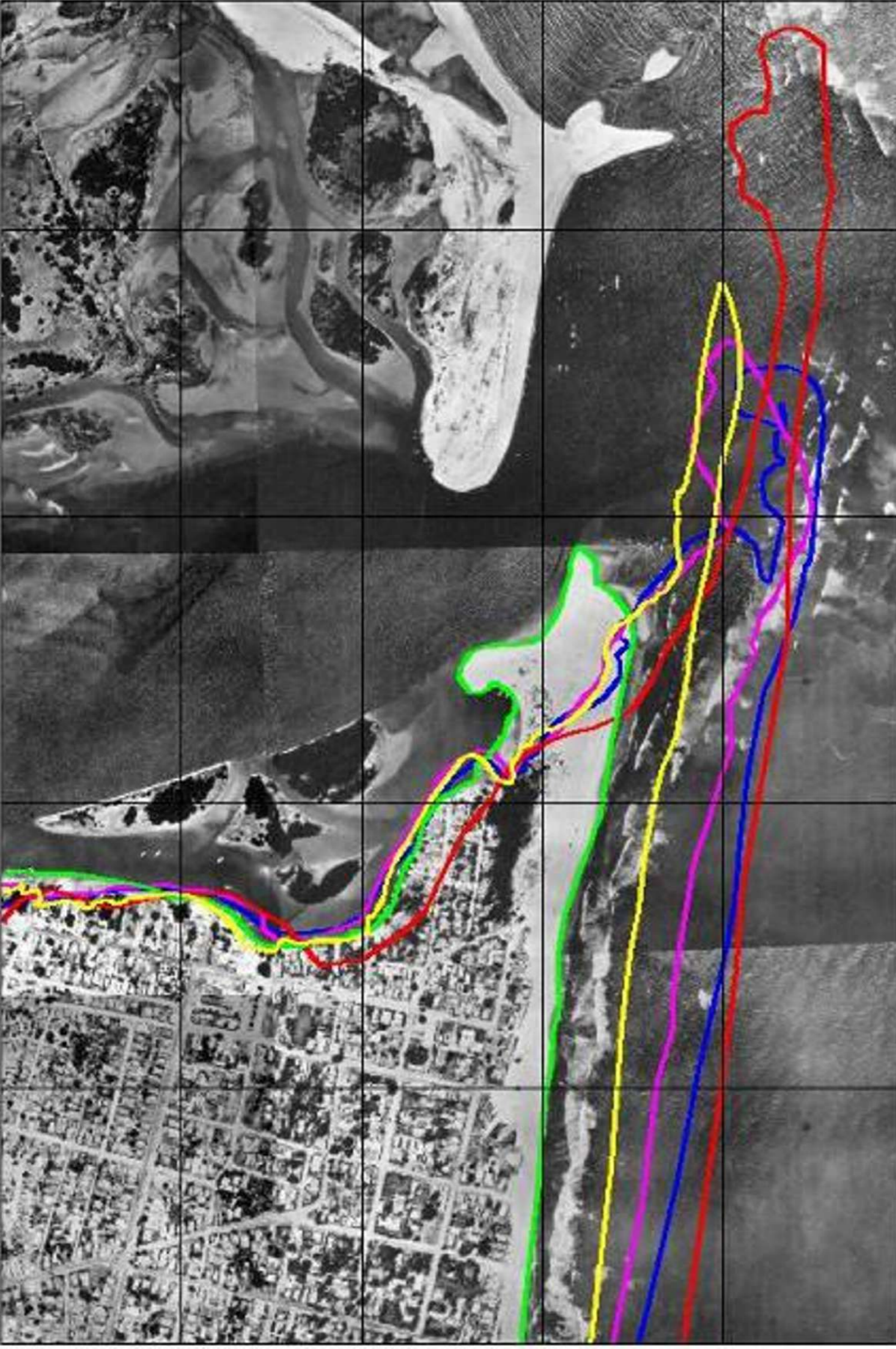
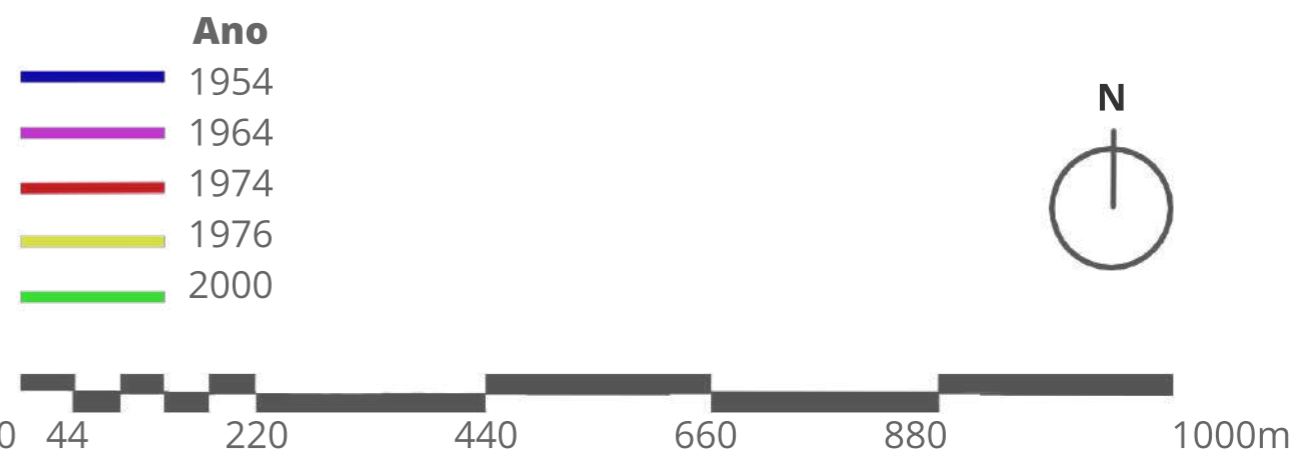


Figura 18: Variação posicional do pontal arenoso.
Fonte: Gilberto Ribeiro (2012) – Adaptado pelo autor



3.

FUNDAMENTOS DA EROSÃO



Figura 19: Foto de ruínas de uma construção próxima a orla em Atafona – 23 de março de 2024
Fonte: o autor

3.1 – Definição de Erosão Costeira

A erosão costeira é um processo natural que ocorre nas áreas costeiras devido à ação contínua das ondas, correntes marítimas e ventos. Esse fenômeno resulta na perda gradual de sedimentos das praias, falésias e dunas, causando a diminuição do tamanho das praias e a destruição de estruturas costeiras, como edificações e estradas próximas à orla.

Esse processo de erosão é causado por uma série de princípios físicos e geológicos que explicam como e por que o material costeiro é removido e redistribuído. A ação das ondas é um dos principais agentes erosivos. Elas impactam diretamente a linha de costa, removendo sedimentos das praias e transportando-os para outras áreas.

Os ventos, por sua vez, contribuem para a erosão das dunas costeiras. Ventos fortes podem deslocar grandes quantidades de areia, movendo-a para o interior ou ao longo da praia. Esse processo pode desestabilizar as dunas, tornando-as mais vulneráveis à erosão pelas ondas e correntes.

A erosão costeira é um fenômeno complexo que envolve tanto a ação mecânica quanto a ação química das águas do mar. A ação mecânica refere-se ao impacto físico das ondas e correntes que desgastam e removem o material costeiro. Já a ação química envolve a dissolução de minerais presentes nas rochas e sedimentos pela água do mar, que contém sais e outros compostos químicos capazes de corroer certos materiais.

Além dos processos naturais, a atividade humana pode exacerbar a erosão costeira. A construção de estruturas como portos, barragens e paredes pode interferir



Figura 20: Casas em Atafona destruídas pela ação do mar
Fonte: o autor

nos fluxos naturais de sedimentos e correntes, muitas vezes agravando a erosão em áreas adjacentes. A retirada de vegetação costeira, que ajuda a estabilizar os sedimentos, também pode aumentar a vulnerabilidade das praias à erosão.

3.3 – Causas da Erosão Costeira em Atafona

Uma das principais causas apontadas para o impacto da erosão em Atafona é a diminuição do fluxo de água do Rio Paraíba do Sul e seu consequente assoreamento, causados pela construção de barragens a montante. O processo pode ser descrito em quatro etapas principais:

1 – Diminuição da Vazão do Rio:

A construção de barragens ao longo do Rio Paraíba do Sul reduz a quantidade de água que flui em direção à sua foz. Essas barragens retêm a água do rio, diminuindo seu volume e, conseqüentemente, sua capacidade de transportar sedimentos.

2 – Redução do Transporte de Sedimentos:

Com a diminuição da vazão, a quantidade de areia que chega ao mar também diminui comprometendo o equilíbrio geológico da praia. Sem o transporte natural de sedimentos rio abaixo, esse material se acumula e causa a assoreamento do rio.

3 – Deficiência de Sedimentos na Foz:

A falta de sedimentos que deveriam ser depositados na foz do rio o mar consegue arrastá-los. Normalmente, esses sedimentos ajudariam a formar a faixa de areia.

4 – Erosão Costeira Intensificada:

Sem a reposição natural de sedimentos, o mar começa a carregar a areia existente na foz e nas áreas adjacentes para manter o equilíbrio geológico. Esse processo resulta em erosão, que avança sobre a terra firme e põe em risco as construções e a infraestrutura da região.

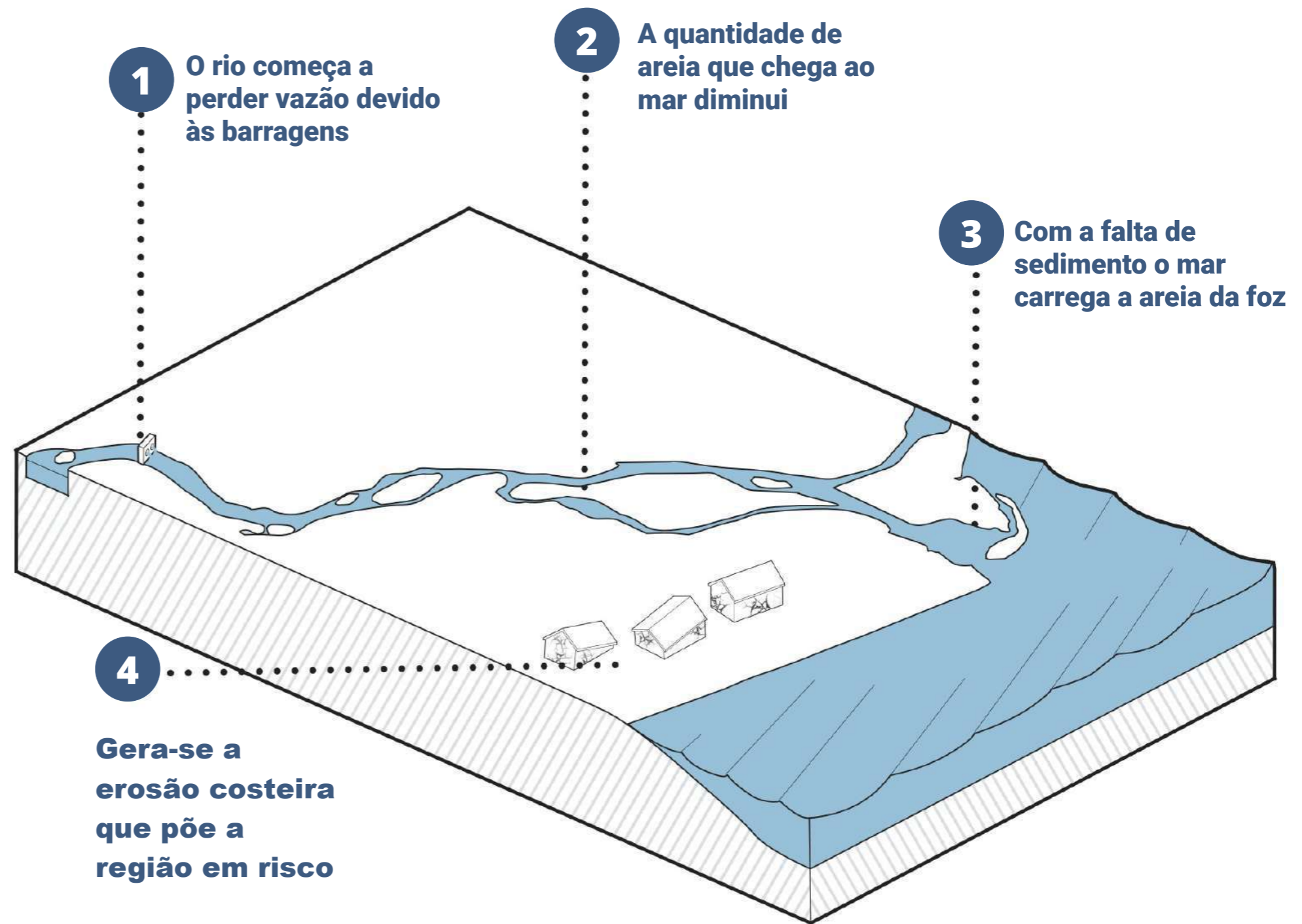


Figura 21. Diagrama da formação da erosão costeira em Atafona

Fonte: elaborado pelo autor

Varição do Fluxo do Rio

De acordo com a variação do fluxo do rio Paraíba do Sul, podem se identificar três situações das relações dos regimes de sedimentos com a vazão do rio:

Situação A

Um fluxo de cheia do rio favorece a acumulação de areia junto à Atafona uma vez que as areias não conseguiriam mais seguir em direção ao norte. Esse é o estado mais próximo ao equilíbrio onde os sedimentos são transportados do rio para o mar diminuindo a intensidade da frente de onda e, conseqüentemente, a erosão.

Situação B

Um fluxo reduzido do rio favorece a erosão junto à Atafona uma vez que permite que as areias continuem sendo transportadas em direção ao norte. Esse estado de desequilíbrio provoca a diminuição da faixa de areia e permite que a frente de onda atinja a orla com maior intensidade.

Situação C

Têm-se que as oscilações entre a situação A e B, formariam uma acumulação de uma planície costeira marcada por erosão. Esse desvio do trajeto do rio também é agravado pelo desmatamento da mata ciliar. Esse também é um estado de desequilíbrio onde com o desvio da foz, o transporte dos sedimentos podem causar problemas similares em outras regiões além de alterações na forma da faixa de areia da praia de Atafona.

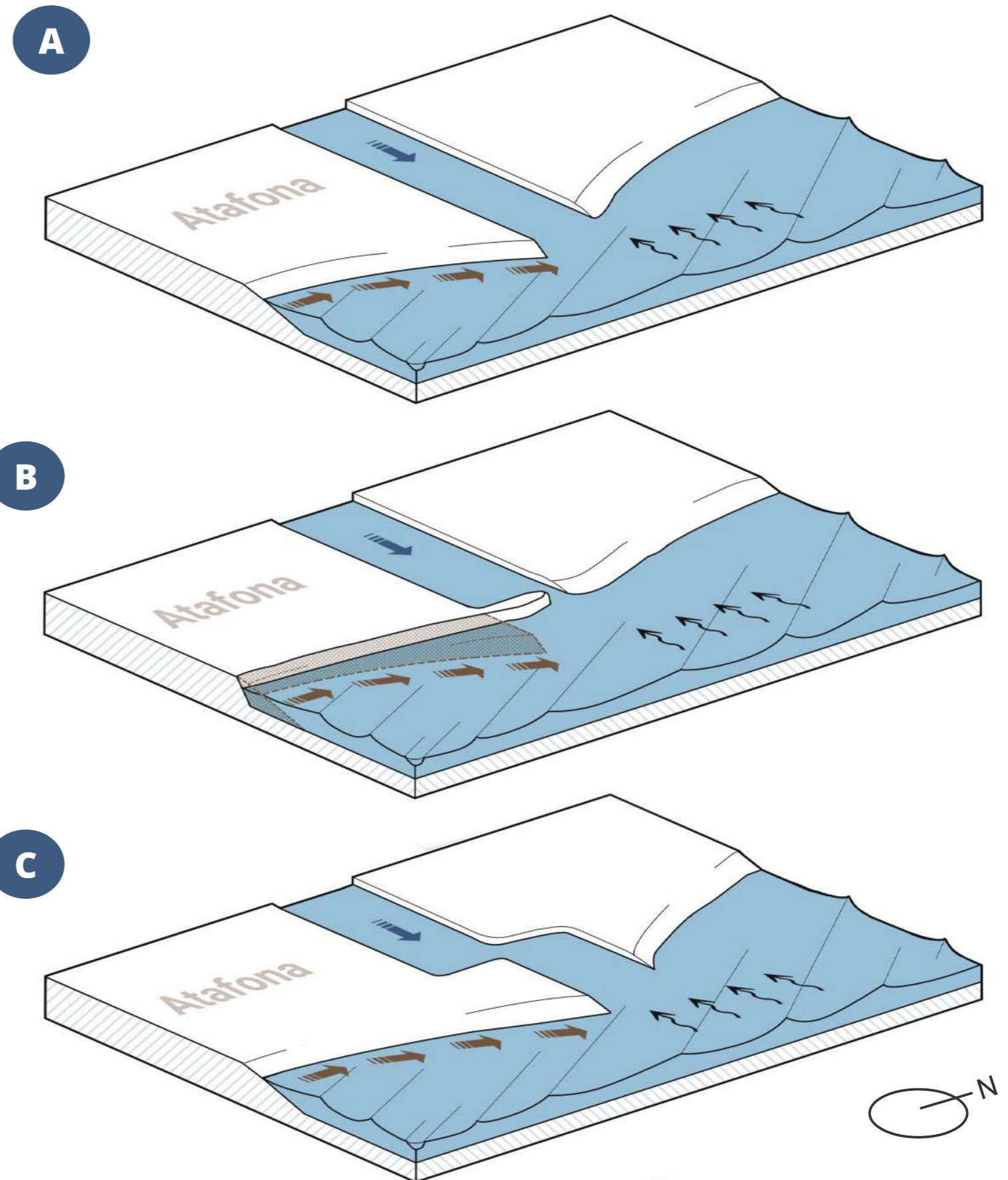


Figura 22: Diagrama da variação do vazão do rio
Fonte: Elaborado pelo autor

3.4 – Impacto das Barragens

As barragens, apesar de sua importância para a geração de energia, podem ter uma série de impactos negativos sobre o meio ambiente e as comunidades humanas. Na região da Bacia do Paraíba do Sul, os principais impactos incluem:

Redução da Disponibilidade de Água Potável para Consumo Humano

A construção de barragens altera o fluxo natural dos rios, resultando na retenção de grandes volumes de água que, de outra forma, estariam disponíveis para o consumo humano. Isso pode levar à escassez de água potável nas comunidades a jusante das barragens, agravando a situação em áreas que já enfrentam desafios de abastecimento de água.

Redução do Pescado

O transporte ineficiente da areia causa o assoreamento do rio, quando ocorre um acúmulo de sedimento. O excesso de detritos diminui a quantidade de oxigênio na água, que os peixes e outros organismos precisam para viver. A redução do pescado afeta negativamente a subsistência da comunidade que depende da pesca como fonte de renda.

Aumento da Incidência de Doenças

A criação de grandes reservatórios de água pode levar à proliferação de vetores de doenças, como mosquitos que transmitem a malária e a dengue.

Aumento da Probabilidade de Alagamentos e Inundações

Além da erosão costeira que ocorre em Atafona, uma outra consequência das barragens ao longo da bacia do Paraíba do Sul é a erosão marginal, que ocorre nas margens do rio. Essa erosão provoca o alargamento das margens do rio e consequentemente aumentando o risco de alagamentos.

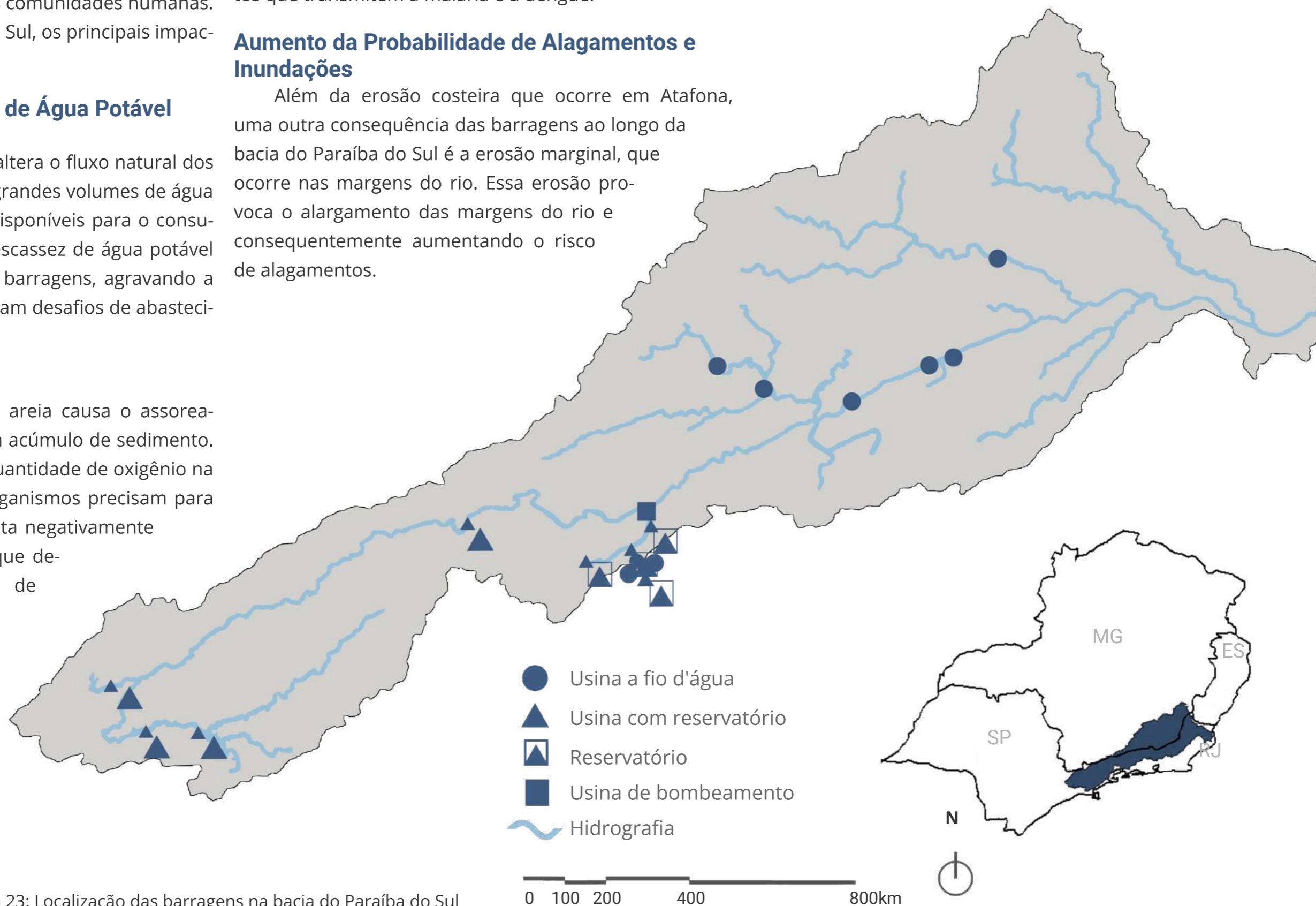


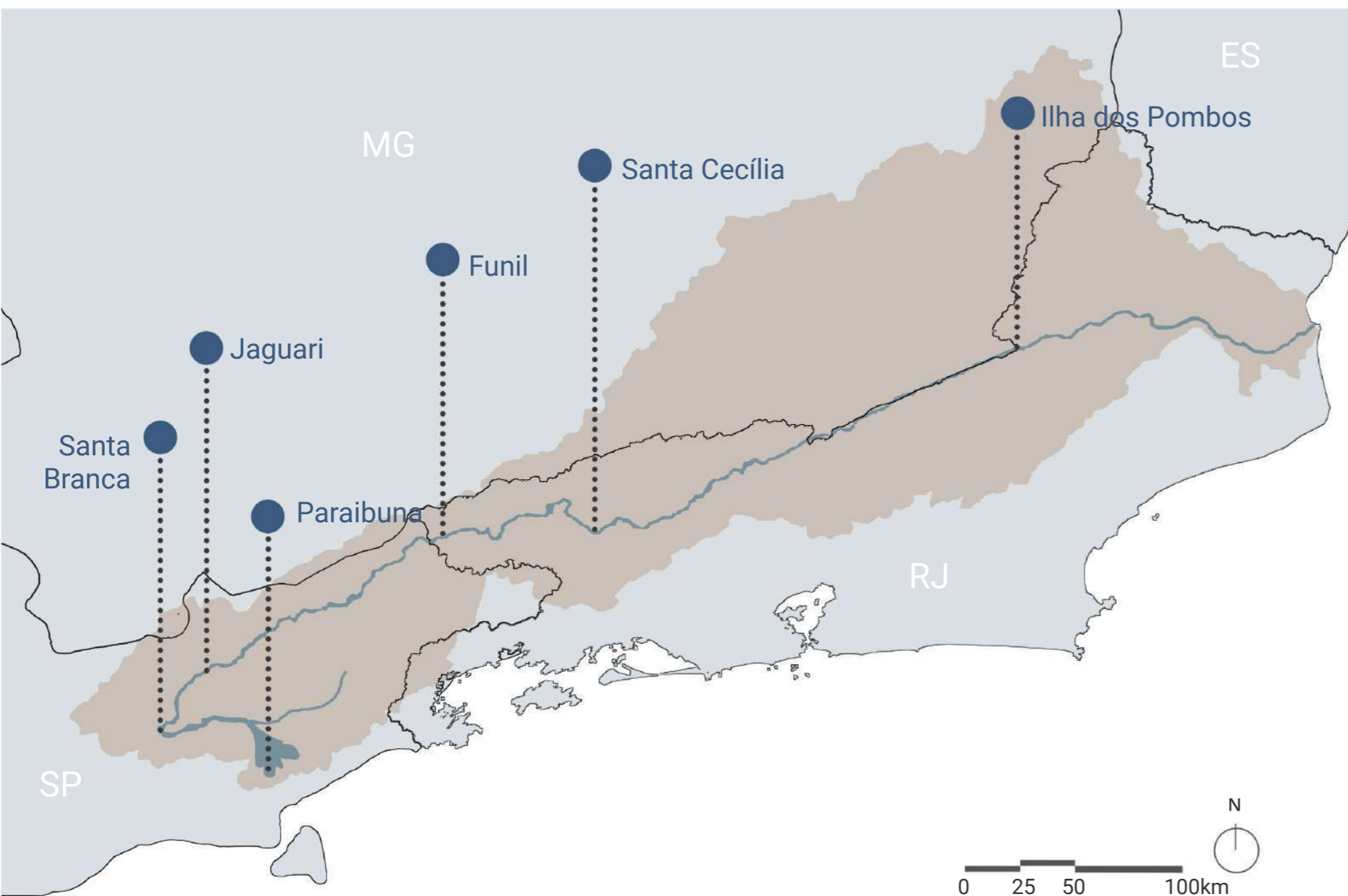
Figura 23: Localização das barragens na bacia do Paraíba do Sul
Fonte: Agência Nacional de Águas. Adaptado pelo autor

Histórico das barragens hidrelétricas

A tendência sugere uma queda constante de vazão ao longo dos anos, o que pode indicar uma confluência de fatores, incluindo mudanças climáticas regionais, alterações no uso da terra (como desmatamento e urbaniza-

ção) e a operação dos reservatórios, especialmente das usinas hidrelétricas. A Usina de Santa Cecília, a primeira entre elas, entrou em operação no ano de 1952. Após essa usina, muitas outras foram instaladas ao longo do Rio Paraíba do Sul, intensificando cada vez mais as interferências nesse corpo d'água.

A partir dessa observação, é possível argumentar que a instalação dessas usinas contribuiu para a redução das vazões na foz do rio, em Atafona, e, conseqüentemente, o que pode ter agravado o processo erosivo na região.



Usina de Santa Cecília

- **Localização:** Barra do Piraí – RJ
- **Inauguração:** 1954

Usina da Ilha dos Pombos

- **Localização:** Carmo – RJ
- **Inauguração:** 1964

Usina de Paraibuna

- **Localização:** Paraibuna – SP
- **Inauguração:** 1970

Usina do Funil

- **Localização:** Resende – RJ
- **Inauguração:** 1971

Usina de Santa Branca

- **Localização:** Santa Branca – SP
- **Inauguração:** 1976

Usina de Jaguari

- **Localização:** Jacareí e São José dos Campos – SP
- **Inauguração:** 1982

Figura 24: Localização das reservatórios de usinas hidrelétricas na bacia do Paraíba do Sul

Fonte: Elaborado pelo pelo auto

Ao observar a média mínima das vazões na Estação de Campos, a estação mais próxima à foz, nota-se que a Usina de Santa Cecília, a maior entre elas, entrou em operação exatamente em 1954, ano em que se registrou a maior redução das vazões. A operação das usinas, somada ao aumento da frequência de eventos climáticos extremos, deve ser considerada ao interpretar as tendências de longo prazo, especialmente em períodos mais recentes, onde o impacto pode comprometer a capacidade de manter vazões mínimas adequadas para a preservação do equilíbrio geológico da foz.

A variabilidade climática é um fator significativo a ser levado em conta. Períodos de alta precipitação podem gerar grandes oscilações nas vazões mínimas, enquanto anos de seca podem apresentar quedas acentuadas. Essas oscilações podem mascarar o impacto direto das usinas nas vazões mínimas registradas.

Dessa forma, é provável que tanto os efeitos das barragens das hidrelétricas quanto a variabilidade climática tenham contribuído para a tendência observada. No entanto, a linha de tendência indica que interferências humanas, como a presença de diversas usinas ao longo do rio, desempenham um papel significativo na redução da vazão ao longo do tempo, especialmente considerando o grande número de hidrelétricas instaladas em todo o curso do Rio Paraíba do Sul.

Além disso, a construção do reservatório de Paraibuna impactou o patrimônio histórico, ao provocar a inundação da cidade de Redenção da Serra, incluindo imóveis de valor histórico e arquitetônico, como a igreja e o prédio da Prefeitura.

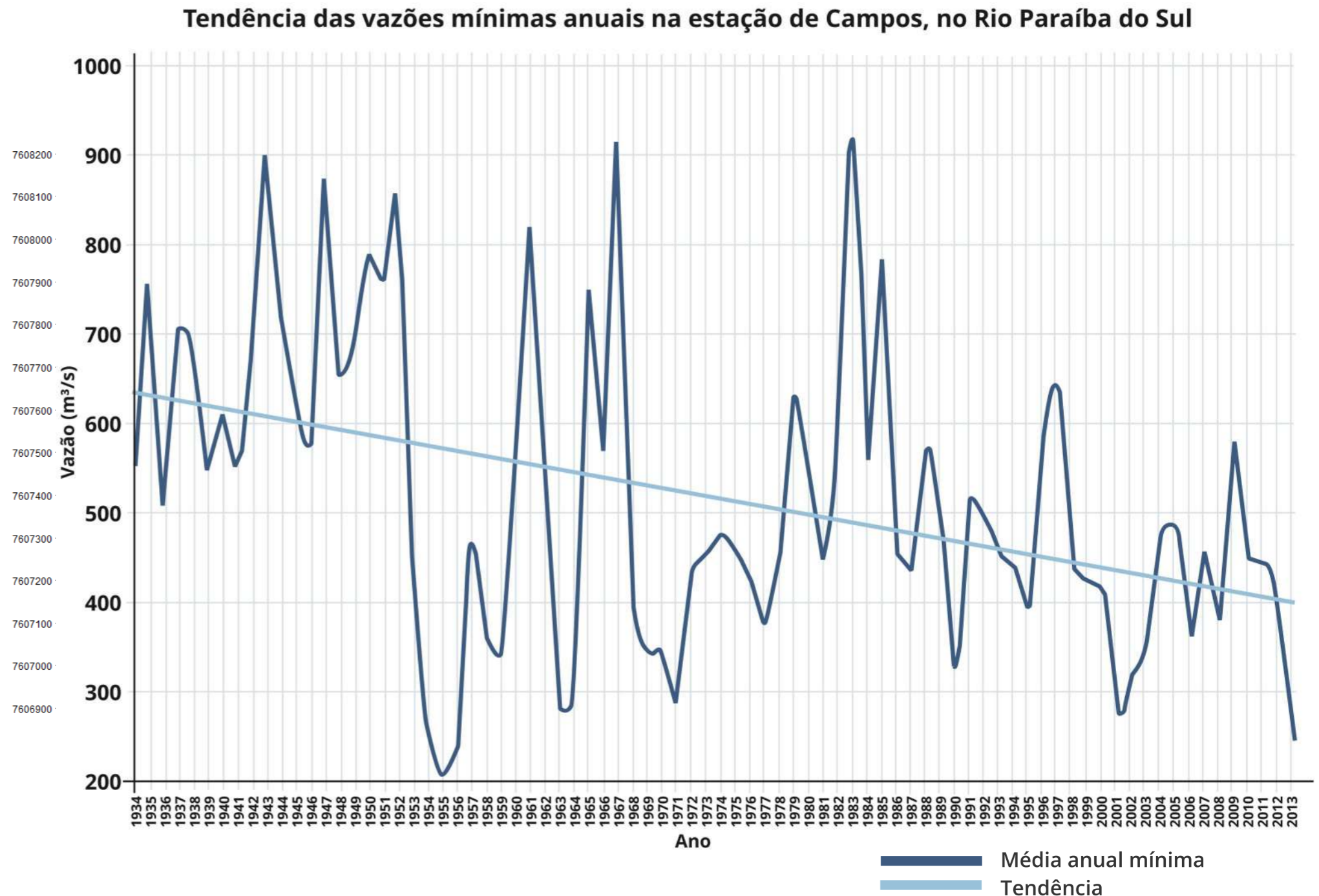


Figura 25: Gráfico da média anual de vazões mínimas na estação de Campos, no Rio Paraíba do Sul. Fonte: Comitê de Bacia Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana. Adaptado pelo autor.

3.5 – Assoreamento de rios

O assoreamento é o acúmulo de sedimentos e lixo que são transportados até o leito dos cursos d'água pela ação da chuva, do vento ou de atividades humanas. Trata-se de um processo natural que pode ser intensificado pela intervenção humana. A retirada da mata ciliar das margens dos rios é um dos maiores agravantes desse fenômeno. Quando a cobertura vegetal é removida, o solo e as rochas das margens são facilmente arrastados para o fundo dos rios. Em locais onde o fluxo de água é mais lento, como regiões planas e áreas com barragens, por exemplo, como as usadas para a instalação de usinas hidrelétricas, o depósito de sedimentos nos leitos dos rios se intensifica.

As matas ciliares funcionam como uma proteção natural para os rios, reduzindo a erosão do solo e evitando o assoreamento, que pode levar ao aumento de enchentes, deslizamentos de terra, alterações nos cursos d'água, extinção de nascentes e diminuição das populações de peixes. Além disso, essas matas servem como barreiras naturais contra o lixo gerado pela urbanização e o descarte inadequado de resíduos, impedindo que esses materiais alcancem os rios.

Apesar dos benefícios ambientais que proporcionam, as matas ciliares são frequentemente removidas para a prática da agricultura e pecuária. Elas também são prejudicadas pela construção de hidrelétricas, pela expansão das cidades e pela ocupação urbana desordenada. Na maioria das vezes, as consequências do assoreamento trazem riscos diretos à própria população.

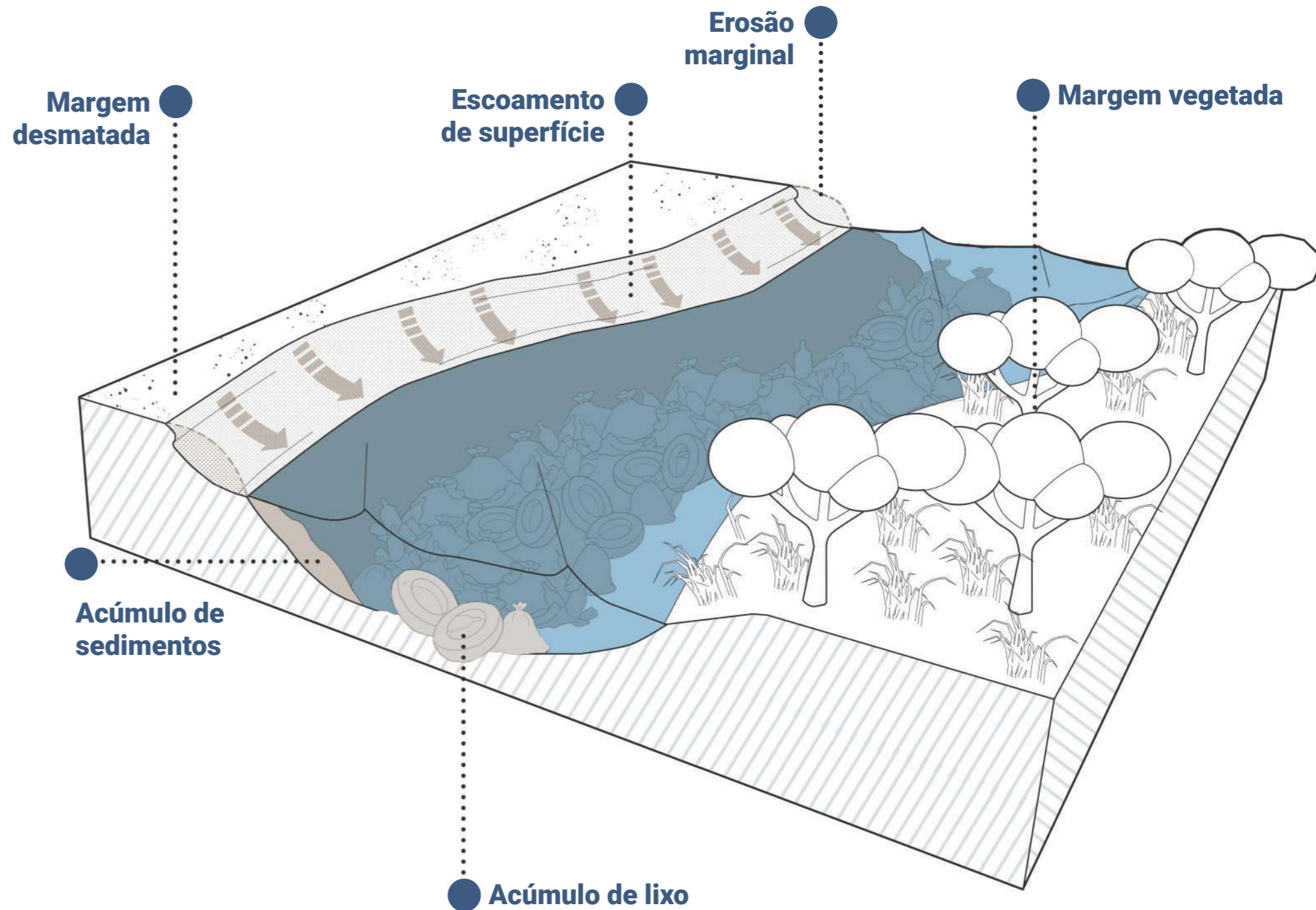


Figura 26. Diagrama de processo do assoreamento e erosão marginal
Fonte: elaborado pelo autor

Assoreamento na Bacia do Rio Paraíba do Sul

A bacia do Rio Paraíba do Sul é de grande importância para o abastecimento de água e a geração de energia no estado do Rio de Janeiro. Foram construídas barragens com fins hidrelétricos na bacia do rio, que, além de causarem diversos impactos ambientais temporários durante a construção, também resultaram em impactos permanentes, como a alteração da paisagem e da vazão do rio. Essas intervenções provocaram mudanças significativas no comportamento do rio em situações normais e extremas.

Além da inundação de grandes áreas de matas ciliares devido à formação dos reservatórios, também ocorre a destruição desses remanescentes vegetais pela expansão da atividade agropecuária, especialmente nas margens de pequenos rios e ribeirões ainda não explorados para a construção de usinas hidrelétricas.

Uma consequência perceptível dessas mudanças é o aumento da formação de bancos de areia ao longo do rio, alterando sua paisagem. Segundo o CEIVAP (Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul), o crescimento desses bancos de areia está relacionado ao progressivo assoreamento do rio, que é amplificado pela ação humana, como o desmatamento das margens e a presença de áreas secas no Norte e no Noroeste Fluminense.

De acordo com o CEIVAP, apenas 41,3% do esgoto dos municípios que compõem a bacia é tratado. Além disso, ainda existem cerca de 15 lixões na região, que recebem 26% dos resíduos sólidos coletados, contaminan-

do o lençol freático e agravando a poluição das águas. A poluição ocorre tanto por esgotos domésticos e industriais quanto pelo descarte inadequado de lixo.

A elevada taxa de assoreamento, somada ao descarte irregular de lixo e entulho, também pode favorecer a proliferação de espécies indesejáveis de algas e mexilhões, que podem comprometer a operação de algumas usinas hidrelétricas e os programas de uso de seus reservatórios.

Consequências em São João da Barra

Além da erosão costeira em Atafona, outra consequência das intervenções no rio Paraíba do Sul, que provocam seu assoreamento e a redução da vazão, é o aumento da suscetibilidade a alagamentos, especialmente durante períodos de alta precipitação, já que o município possui vários canais que recebem água do rio.

Em março de 2020, o município declarou situação de emergência devido a inundações, ao rompimento do dique de Barcelos e a alagamentos causados por chuvas intensas. A cheia do rio Paraíba do Sul chegou a 6,8 metros, com a cota de transbordo sendo 8 metros. Além dos transtornos no trânsito, propriedades rurais também foram atingidas.

Nesse mesmo período, com o aumento do volume de água pelas chuvas, a foz do rio Paraíba do Sul, que havia sido fechada em outubro de 2019, foi reaberta. Já em setembro de 2020, o enfraquecimento do rio levou ao fechamento da barra no Pontal, bloqueando a passagem de embarcações no local.

Em janeiro de 2022, o nível do rio Paraíba do Sul voltou a subir, alcançando 6,65 metros. Um dos pontos críti-

cos foi em Barcelos, onde o dique que corta o município apresentou fragilidade, e a água invadiu uma casa, afetando uma família. A abertura das barras no Pontal de Atafona e na Lagoa de Grussaí, autorizadas pelo Instituto Estadual do Ambiente (Inea), ajudou a escoar a água para o mar, aliviando a pressão sobre as áreas alagadas.

Em março de 2024, o município decretou estado de emergência por um período de 180 dias devido à intensa chuva e fortes rajadas de vento, que causaram alagamentos em ruas e residências, deixando pessoas desalojadas. Ao todo, 120 famílias precisaram de atendimento, e algumas tiveram que ser retiradas de suas casas. Embora o rio Paraíba do Sul tenha registrado elevação, a Defesa Civil garantiu que a situação não era preocupante. A abertura emergencial da barra da Lagoa do Açú permitiu o escoamento do excesso de água, evitando o alagamento de moradias nas comunidades da área.

Em suma, as intervenções no rio Paraíba do Sul, somadas às mudanças climáticas e a ocupação desordenada, têm aumentado a vulnerabilidade da região a eventos extremos, como alagamentos e erosão. A abertura emergencial de barras, como a da Lagoa do Açú, tem sido uma medida para mitigar os impactos imediatos, mas o crescente desequilíbrio ambiental exige um planejamento mais abrangente para garantir a segurança e a qualidade de vida das comunidades afetadas a longo prazo.

3.6 – Salinização da Foz

Outro problema decorrente da redução da vazão do Rio Paraíba do Sul é o avanço da salinidade em sua foz. Esse fenômeno ocorre porque, com a menor força do rio, a água do mar invade seu curso, salinizando a água doce. Isso afeta diretamente o ponto de captação de água pela concessionária responsável pelo abastecimento urbano, comprometendo a qualidade da água distribuída.

Em outubro de 2014, a bacia do Rio Paraíba do Sul enfrentou a pior estiagem registrada em 84 anos. Os efeitos da salinização foram sentidos pelos moradores de São João da Barra, especialmente no distrito de Atafona, onde, por três dias, a captação de água precisou ser suspensa. A água que saía das torneiras estava salobra, e a concessionária interrompeu a distribuição para evitar que a população consumisse água inadequada.

Além do abastecimento urbano, a atividade pesqueira também foi gravemente impactada. Cerca de 600 pescadores de água doce da região foram prejudicados pelo baixo nível do rio. Segundo a Secretaria de Pesca de São João da Barra, a produção pesqueira local sofreu uma queda superior a 60% devido à salinização e à escassez de água.

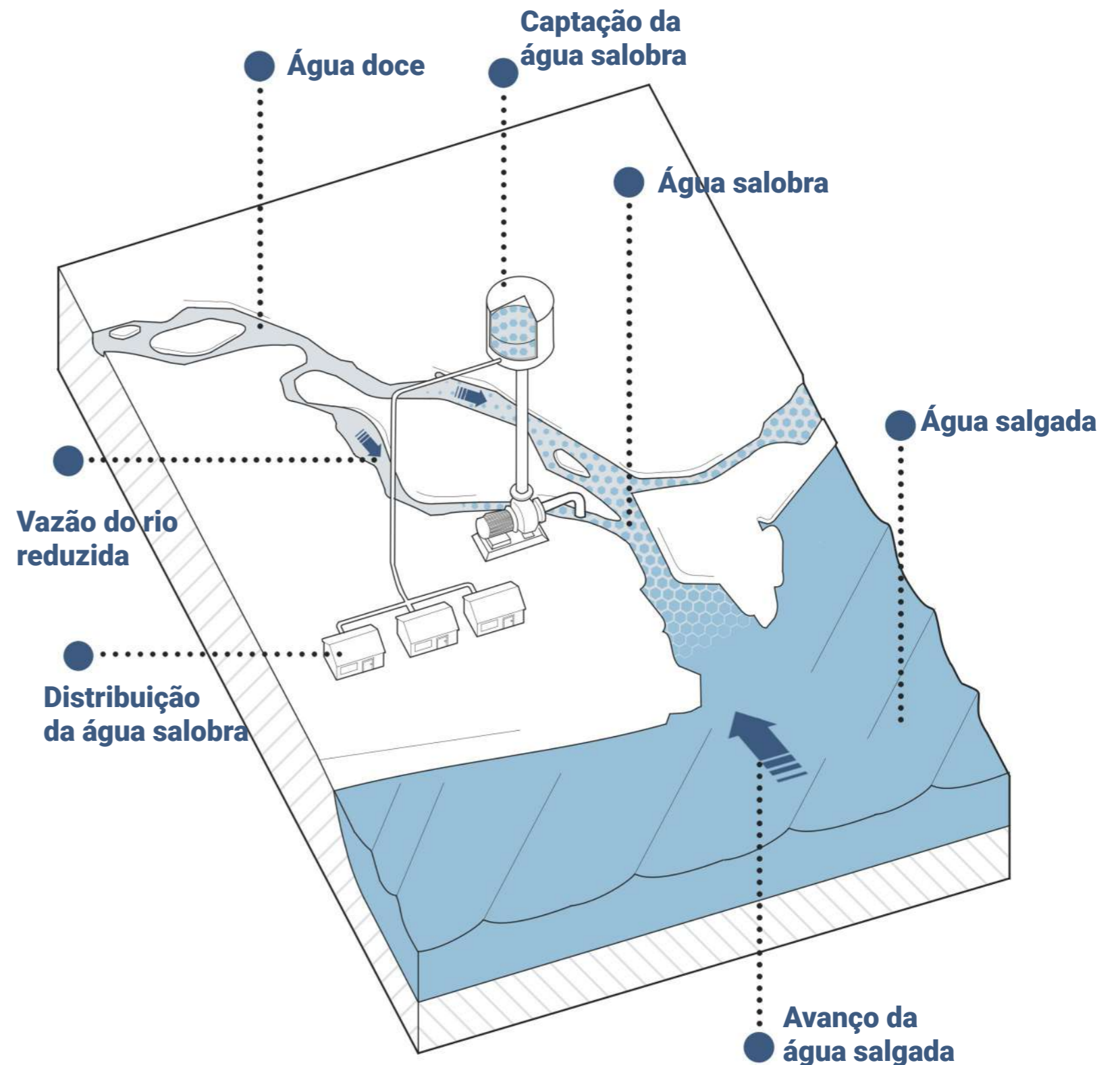


Figura 27. Diagrama de processo de salinização da foz do Rio Paraíba do Sul
Fonte: elaborado pelo autor

3.7 – Vento e avanço da areia

Em Atafona as dunas encontradas são dunas eólicas, nesse caso dunas costeiras, são depósitos empilhados de areias transportadas pela ação dos ventos.

A erosão costeira em Atafona relaciona-se ao crescimento das dunas, o que permite a utilização do termo “dunas transgressivas e erosivas, cujo mecanismo está relacionado as fases de erosão da praia e ação dos ventos de Nordeste promovendo o espessamento das dunas. Esse efeito gera dunas cada vez mais altas que, se

não forem colonizadas por vegetação, tendem a migrar, soterrando construções, ruas e demais equipamentos urbanos.

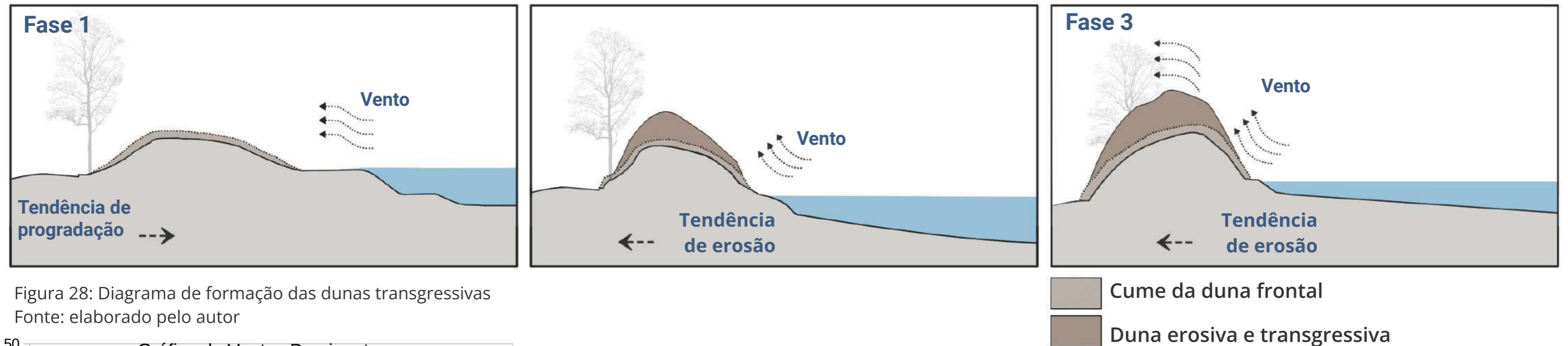


Figura 28: Diagrama de formação das dunas transgressivas
Fonte: elaborado pelo autor

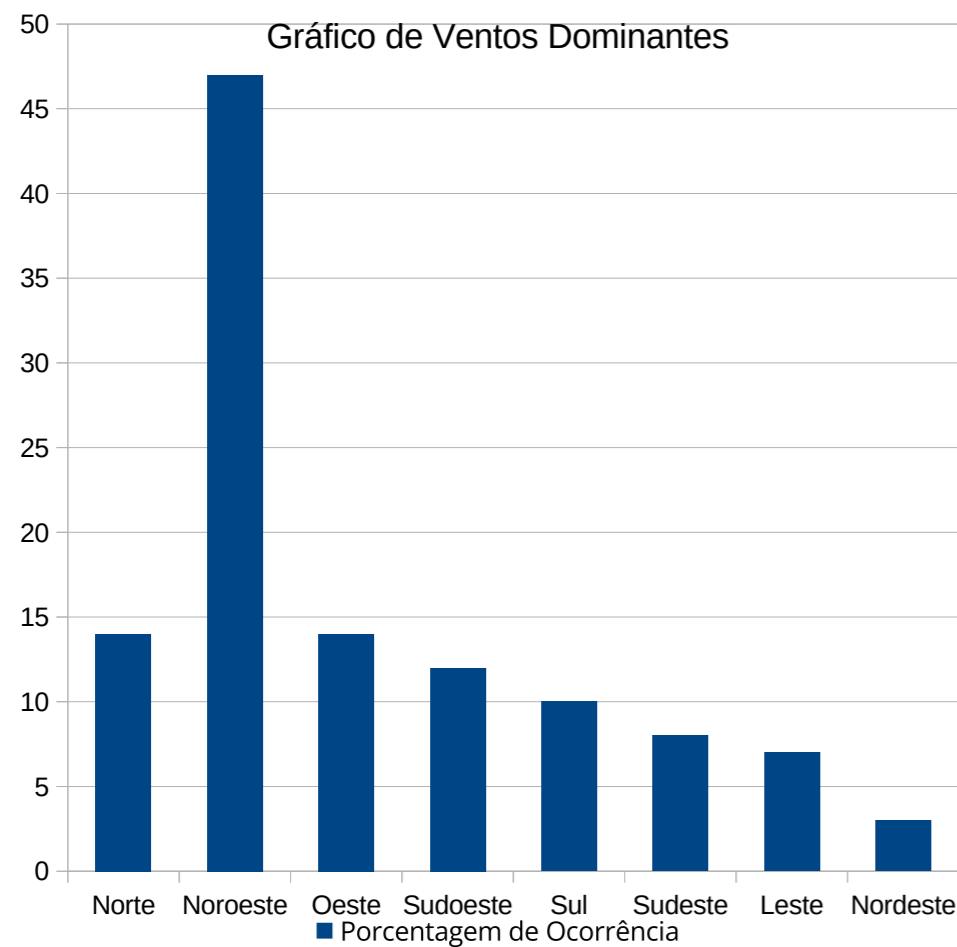


Figura 29: Gráfico dos ventos dominantes
Fonte: elaborado pelo autor. Dados extraídos de Windfinder



Figura 30: Foto das dunas transgressivas avançando em direção às construções
Fonte: o autor

4.

MEDIDAS CONTRA A EROSÃO



Figura 31: Foto da Avenida Atlântica, em Atafona, destruída e tomada pela areia – 23 de Março de 2024
Fonte: o autor

4.1 – Ações estruturais e não-estruturais

Segundo o código da Defesa Civil, as medidas de ação de proteção costeira podem ser divididas em duas categorias: ações estruturais e ações não-estruturais.

Ações estruturais envolvem intervenções físicas, como obras de defesa costeira, que visam controlar a ação das ondas e o transporte de sedimentos, promovendo a estabilização ou a progradação da costa. Essas obras são utilizadas tanto para proteger ou recuperar sistemas naturais quanto para resguardar elementos humanos, como construções e infraestruturas localizadas no litoral.

Já as ações não-estruturais não interferem fisicamente na zona costeira, mas agem sobre aspectos socioeconômicos, criando condições mais favoráveis que reduzam a necessidade de intervenções físicas. Essas medidas incluem o planejamento territorial e o gerenciamento de riscos e perigos costeiros, e podem englobar a definição de zonas non aedificandi, limites para a mineração nas bacias hidrográficas e o planejamento de desenvolvimento urbano que não se concentre na zona costeira.

Conforme Canholi, conforme ilustrado no gráfico da figura 24 sobre a curva de atendimento às demandas de drenagem urbana, observa-se que as medidas estruturais tendem a ter maior capacidade de drenagem ao longo do tempo, porém as não-estruturais causam menos impactos econômicos e sociais. Assim, para planejar a mitigação da erosão costeira, é necessária uma combinação adequada entre medidas estruturais e não-estruturais.

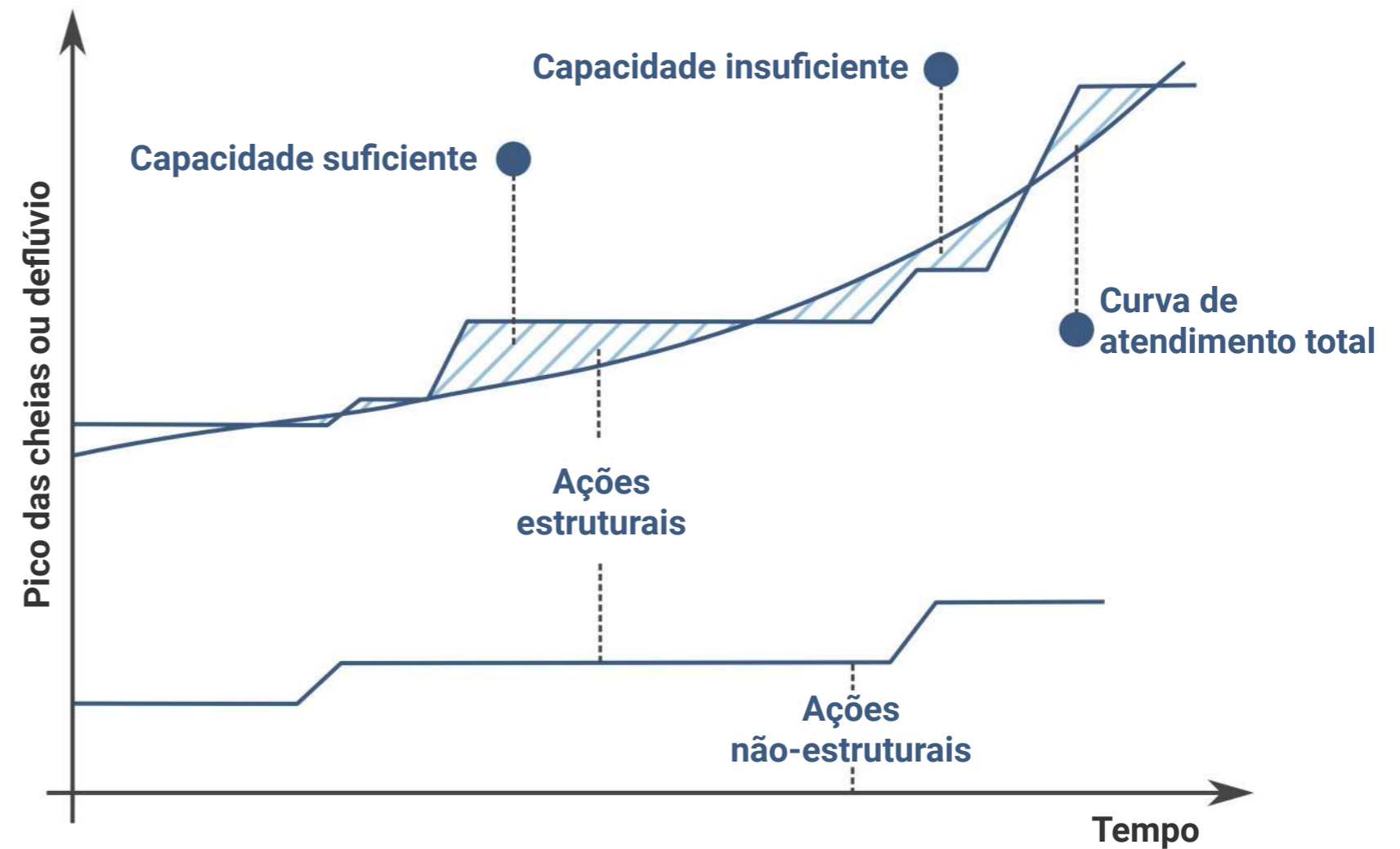


Figura 32: Gráfico da curva de atendimento das medidas estruturais e não-estruturais
Fonte: Aluísio Canholi (2014). Adaptado pelo autor

4.2 – Alternativas de ações estruturais

Conforme apresentado por Gilbert e Vellinga, há cinco alternativas para mitigar danos costeiros diante das mudanças climáticas, eventos climáticos extremos e o aumento do nível do mar: adaptação, retração, proteção com estruturas fixas, proteção com alimentação artificial e a opção de não intervir. Essas alternativas são definidas da seguinte forma:

- **Adaptação costeira:** envolve medidas para que a cidade possa suportar eventos de inundações ou enchentes. Isso pode ocorrer por meio da elevação de estruturas construídas e da aplicação de conceitos como o de cidade-esponja, que usa tecnologias para desenhar cidades capazes de absorver grandes volumes de água e prevenir tragédias.
- **Proteção:** consiste no uso de estruturas como muros de proteção, diques, espigões e molhes para controlar o transporte sedimentar costeiro, com o objetivo de reduzir a taxa de erosão local.
- **Alimentação artificial:** caracteriza-se pela adição de sedimentos ao perfil da praia e/ou às dunas para reconstruí-las, mantendo o equilíbrio sedimentar da região.
- **Retração:** implica mover a comunidade para regiões mais seguras à medida que o mar avança. Essa medida depende da disponibilidade de terras ou de comunidades de acolhimento para onde as pessoas possam ser realocadas.
- **Fazer nada:** permite que a erosão continue e contabiliza apenas os danos causados. Esta opção deve

ser considerada apenas quando as ações estruturais e não-estruturais forem inviáveis ou economicamente impraticáveis.

Muitas vezes, ações mitigadoras são necessárias em praias impactadas pelo desenvolvimento urbano desordenado, ou como no caso de Atafu, explorado no capítulo 3, onde intervenções humanas afetam o equilíbrio geológico da praia. Portanto, uma abordagem mais eficaz seria a recuperação baseada em tecnologias mais eficientes, duradouras e economicamente viáveis, que exijam pouca manutenção e retardem ao máximo a necessidade de novos projetos de proteção ou recuperação costeira.

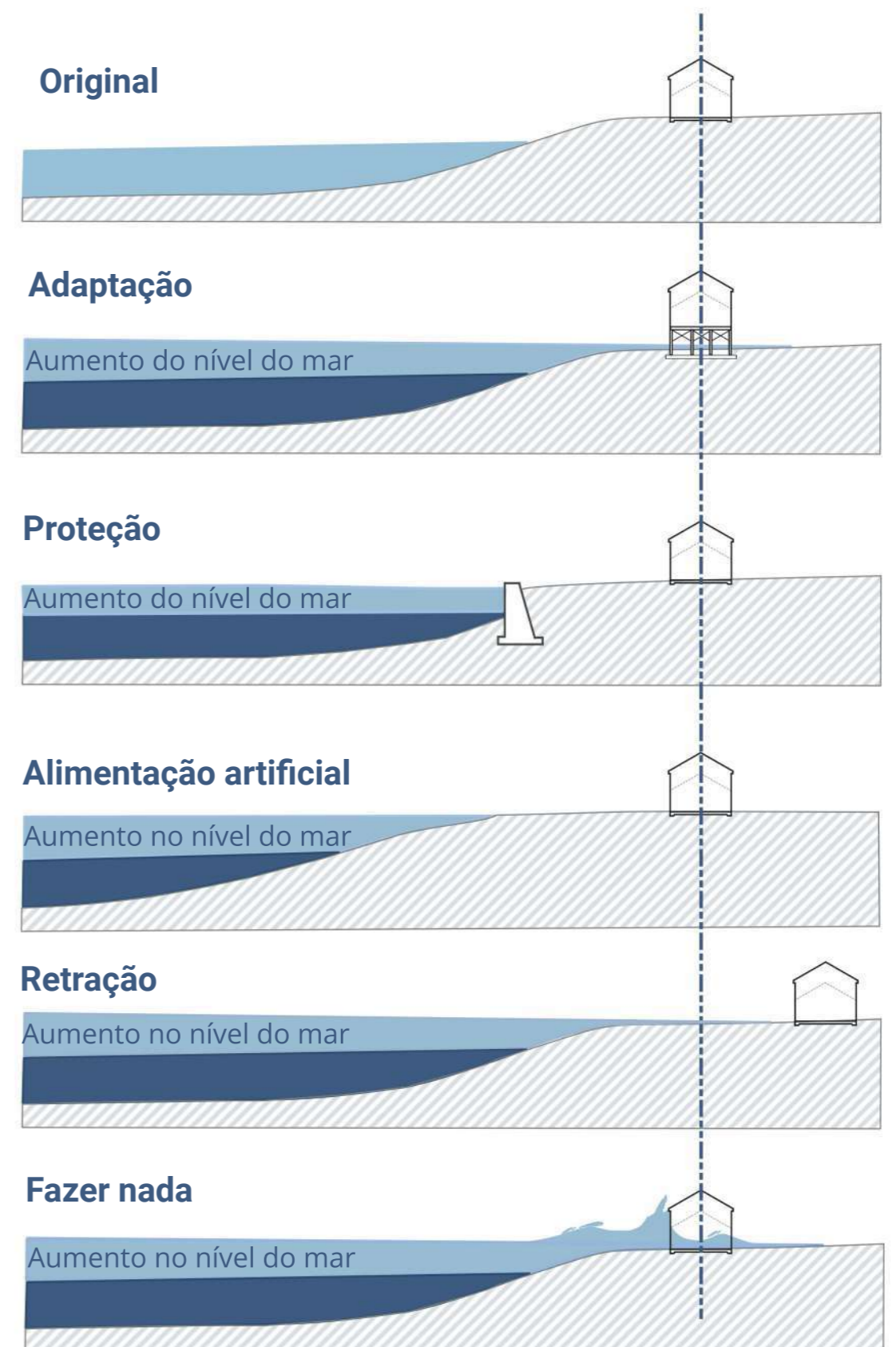


Figura 33: Corte diagramático das medidas estruturais
Fonte: Elaborado pelo autor

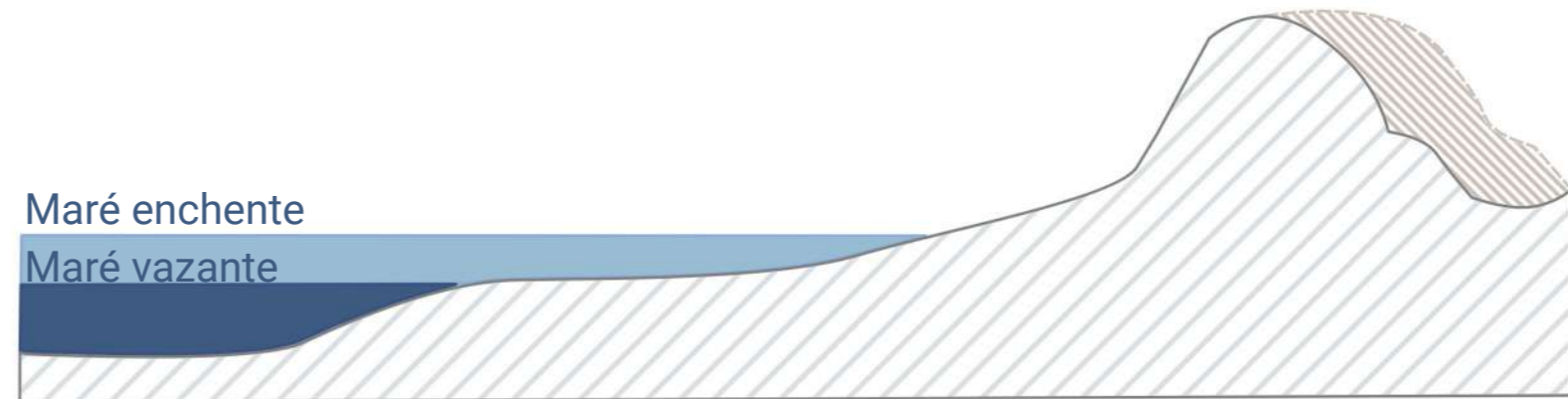
4.3 – Alimentação Artificial

A alimentação artificial consiste na adição de areia ao longo da costa para estabelecer e manter a largura desejada da praia, utilizando material adequado obtido de jazidas, com o objetivo de resolver a falta de sedimentos na linha costeira. Do ponto de vista paisagístico, projetos de alimentação artificial são considerados uma das melhores soluções para mitigar a erosão, sendo a menos intrusiva entre as opções de obras de engenharia costeira. Essa técnica restaura a faixa de areia sem causar impactos diretos nas áreas adjacentes e recupera o espaço recreacional da praia.

No entanto, é importante considerar que a extração de areia para alimentação artificial apresenta impactos ambientais negativos. O processo de retirada da cobertura vegetal pode alterar aspectos da paisagem, reduzir a estabilidade do solo e provocar a erosão da jazida de areia, que é a área de onde o sedimento é extraído.

Existem dois tipos principais de alimentação artificial, dependendo da dimensão transversal à costa, conforme ilustrado na figura 27:

Reforço da duna (em direção à terra)



Reforço da duna (em direção ao mar)



Alimentação na praia



Figura 35: Corte esquemático dos tipos de alimentação artificial.
Fonte: Elaborado pelo autor

- **Reforço da duna:** As dunas são reforçadas ou protegidas, tanto em direção à terra quanto ao mar, acima do nível da base da duna, com o objetivo de evitar rupturas.
- **Alimentação na praia:** A areia é colocada diretamente na praia, formando uma camada de reserva

de sedimentos em um ou mais locais. Esse método é usado principalmente para compensar a erosão local em regiões com dunas relativamente estreitas e baixas ou quando o espaço recreacional da praia se torna insuficiente.

Faixa ampliada

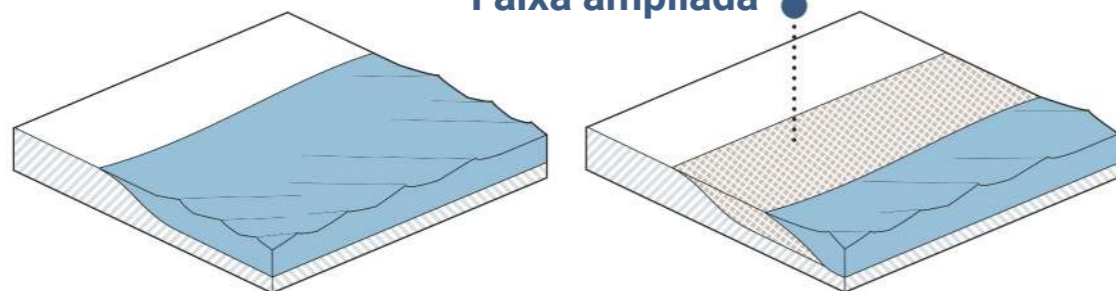


Figura 34: Diagrama da ampliação da faixa de areia.
Fonte: Elaborado pelo autor

4.4 – Estruturas de proteção Costeira

Em geral, são realizadas obras de engenharia costeira que utilizam diferentes tipos de estruturas em conjunto com projetos de alimentação artificial, com o objetivo de retardar a erosão e reduzir os custos com a periodicidade de novas intervenções. Entre as principais estruturas, destacam-se:

- A) **Bagwall:** consiste na utilização de formas geotêxteis preenchidas com concreto ou argamassa, que atuam como dissipadores da energia das ondas.
- B) **Paredão:** muros de contenção, normalmente construídos com enrocamento ou concreto armado, usados para proteger edificações ao longo da costa.
- C) **Espigão costeiro:** um tipo de quebra-mar que desvia o fluxo da maré pelo parcelamento da praia, permitindo que os sedimentos sejam retidos na costa e, assim, reduzindo a erosão.

É importante destacar que as obras de proteção costeira geralmente ocorrem em áreas onde há desenvolvimento de atividades humanas, sejam elas urbanas, rurais ou de interesse econômico, como portos. Portanto, é essencial analisar cuidadosamente a estratégia adotada para conter a erosão, de modo que a população residente e as atividades econômicas não sejam negativamente impactadas, seja a medida mitigadora ou preventiva.

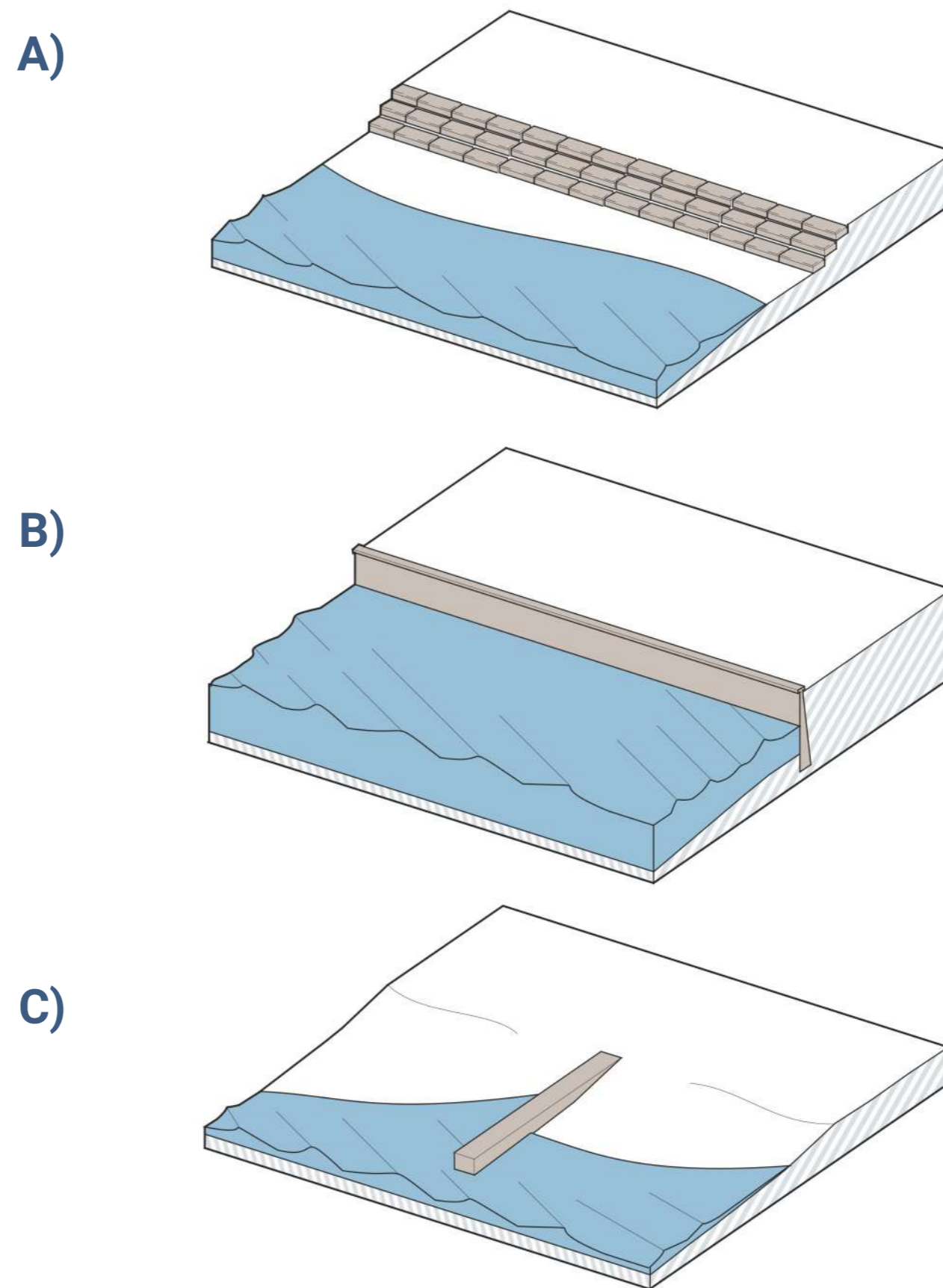


Figura 36: Principais medidas estruturais para proteção da orla contra a erosão costeira.
Fonte: Elaborado pelo autor

4.5 – Bagwall

Esse modelo de dissipadores, formados por sacos geotêxteis, utiliza materiais têxteis não tecidos, permeáveis, em contato com o solo, para aprisionar e modelar o concreto. Em geral, são recipientes de pequeno volume preenchidos no local da construção da estrutura. O objetivo dessa estrutura ao longo da linha costeira é dissipar a energia das ondas de maneira gradativa, com sacos de areia dispostos como degraus. Esse formato permite que, à medida que as ondas avançam, percam energia gradualmente, reduzindo o impacto erosivo sem transferir o problema para áreas adjacentes ou interferir na dinâmica marítima local. As vantagens dessa solução incluem:

- **Durabilidade:** o uso de sacos geotêxteis preenchidos com concreto oferece uma vida útil média de 50 anos sem necessidade de manutenção frequente.

- **Material utilizado:** o microconcreto, utilizado no enchimento das formas, é de fácil obtenção.
- **Mão de obra:** a construção não exige mão de obra especializada, permitindo o uso da mão de obra local.
- **Flexibilidade:** os dissipadores podem ser removidos ou ampliados se houver necessidade de aumentar a altura do dissipador no futuro.

É importante destacar que, embora essa medida forneça estabilidade física em áreas com forte erosão, ela não elimina a erosão costeira. Seu papel é evitar os efeitos destrutivos das ondas na zona costeira edificada, sendo muitas vezes uma solução provisória em situações extremas, onde a invasão da água do mar possa causar maiores prejuízos.

Um exemplo prático dessa aplicação ocorreu em 2017 e 2018 em São João da Barra, onde uma medida si-

milar ao bagwall foi implementada. Aproximadamente 400 sacos de areia foram colocados na praia de Atafona para conter, de forma emergencial e paliativa, os efeitos da maré de lua cheia, impedindo que a água do mar invadisse ruas e residências na área urbana.

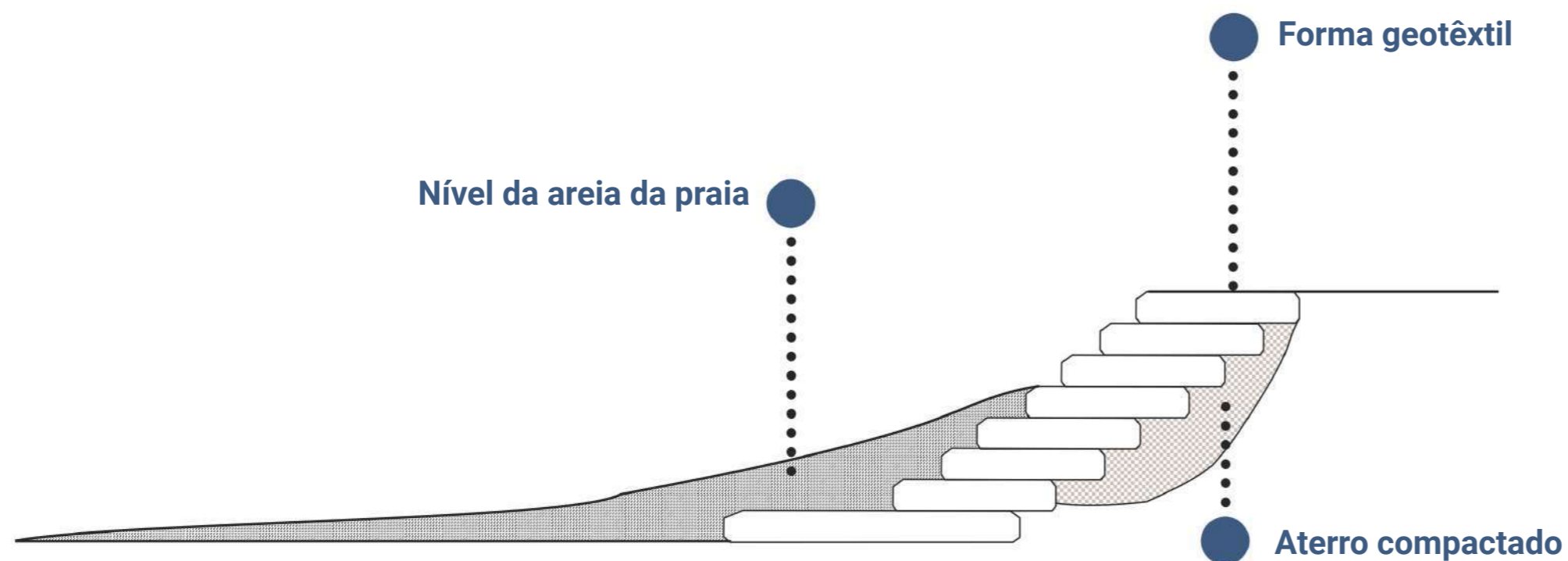


Figura 37: Corte esquemático da estrutura de Bagwall.
Fonte: Elaborado pelo autor

4.6 – Paredão

Um paredão é um tipo de muro de contenção para defesa costeira, construído para impedir o avanço do mar e proteger áreas urbanas e infraestruturas costeiras. Por ser uma estrutura rígida, um paredão interrompe a dinâmica natural da costa, bloqueando a troca de sedimentos entre a terra e o mar, o que pode gerar uma série de problemas ambientais.

O funcionamento de um paredão baseia-se em refletir a energia das ondas de volta para o mar, reduzindo a capacidade erosiva das ondas sobre a costa. Essas estruturas são construídas com materiais como concreto armado, pedras, aço ou gabiões, e são geralmente usadas em situações emergenciais para conter o avanço do mar.

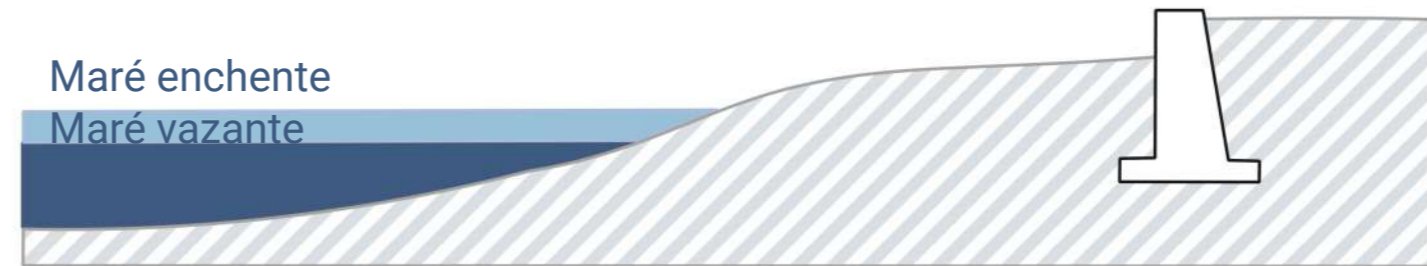
Contudo, o uso de paredões não costuma ser indicada na em grande parte dos casos pois eles possuem vários problemas ambientais associados, destacam-se o agravamento da erosão, pois ao refletir a energia das ondas, o paredão pode causar erosão acelerada na base da estrutura, resultando na perda de sedimentos e no rebaiamento da praia.

A construção de paredões também favorece a erosão em áreas adjacentes pois a estrutura interrompe o processo de deriva litorânea, o que pode levar à erosão em áreas costeiras adjacentes desprotegidas. O impacto na dinâmica sedimentar provocado pelo paredão impede a movimentação natural de sedimentos, o que pode prejudicar o equilíbrio da praia e acelerar os processos erosivos em outras partes da costa.

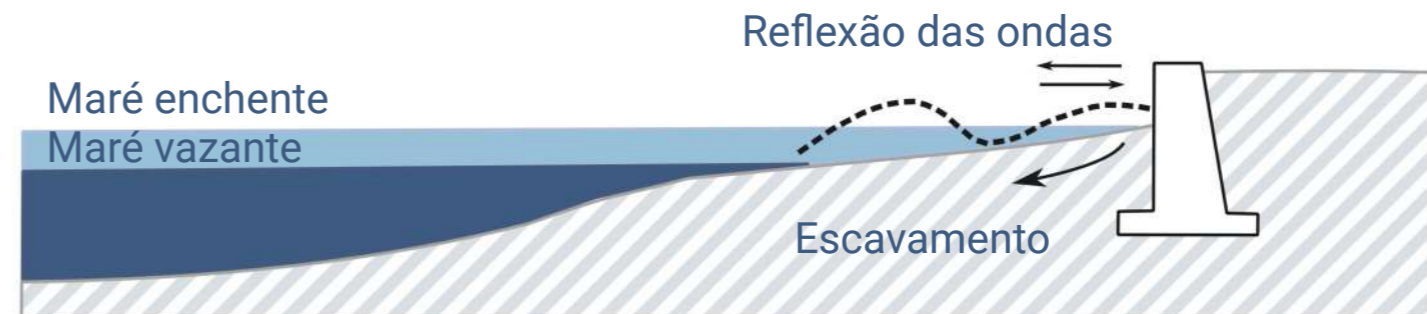
Devido aos problemas, o uso de paredões não é recomendado como solução de longo prazo para a erosão

costeira, a não ser em situações em que outras medidas de mitigação e prevenção se mostram inviáveis. O ideal seria investir em soluções mais sustentáveis e menos intrusivas, como a alimentação artificial de praias ou a criação de barreiras menos agressivas que protejam a costa sem interferir drasticamente na sua dinâmica natural.

1° fase



2° fase



3° fase



Figura 38: Corte diagramático da contribuição do paredão no aumento da erosão.
Fonte: Elaborado pelo autor

4.7 – Espigões costeiros

Espigões são estruturas construídas na costa para reduzir a erosão e estabilizar as praias por meio da segmentação do litoral. Sua forma, tamanho e instalação são definidos por profissionais especializados em engenharia costeira, de modo que as intervenções realizadas alcancem o objetivo de restabelecer o equilíbrio da praia.

Os espigões são projetados para interceptar a deriva litorânea, favorecendo a deposição de sedimentos e o desenvolvimento de uma faixa de proteção, além de retardar a erosão da praia existente.

A principal função dos espigões é impedir ou reduzir a movimentação longitudinal dos sedimentos, protegendo, assim, a costa contra a erosão.

Ao impedir que os sedimentos sejam transportados livremente, os espigões induzem a deposição de areia na área ao lado de onde vem o movimento da corrente, onde o transporte é interrompido. Com o tempo, isso ajuda a aumentar a largura da praia, reforçando a proteção natural contra a erosão. No entanto, na área no lado oposto à corrente, pode ocorrer uma falta de sedimentos, o que pode resultar em erosão acentuada próxima ao espigão.

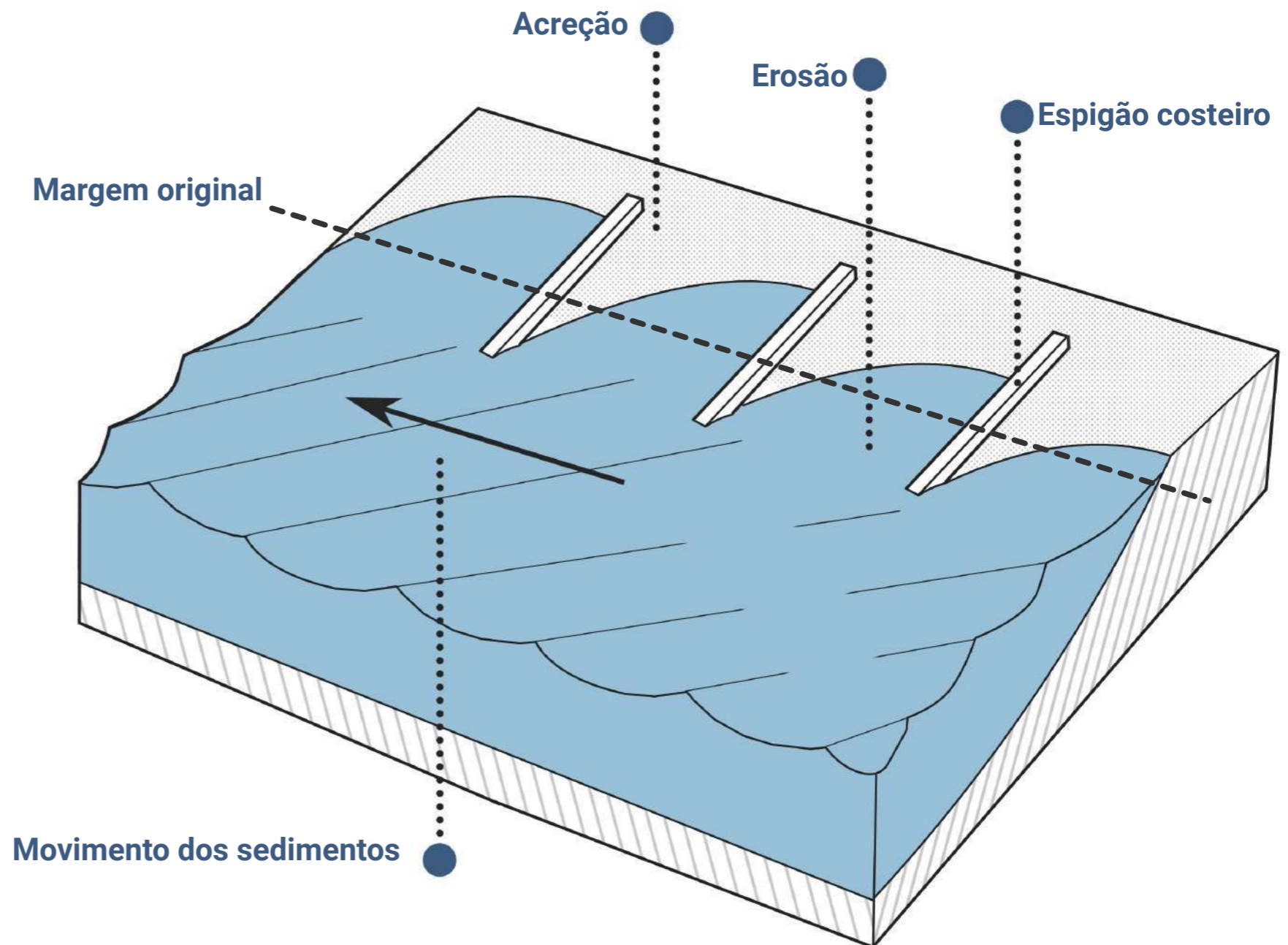


Figura 39: Diagrama esquemático de um campo de espigões e suas consequências na praia.
Fonte: Elaborado pelo autor

4.8 – Composição do Espigão

Conforme especificado pelo projeto de engenharia, serão utilizados espigões do tipo talude. Estes espigões são formados por maciços de seção transversal trapezoidal constituídos por camadas de blocos de graduações distintas. São partes são divididas em:

- **Armadura:** consiste em na barreira externa do espigão, geralmente construída por enrocamento ou blocos de concreto, necessita ter a superfície irregular para dispersão da energia da frente de onda.
- **Camadas de Filtro:** A transição entre a armadura e o núcleo é feita através de uma ou mais camadas intermédias, chamadas de filtros, constituídas por agregados de concreto e rochas.
- **Crista:** também chamada de coroamento, deve possuir largura e elevação acima do nível médio do mar suficiente para garantir a segurança do talude. Essa parte do espigão pode ser utilizada para criar áreas de recreação e outras atividades.
- **Núcleo:** camada mais interior do espigão, geralmente constituída por enrocamento de menor granulação. Tem como função de servir como suporte para o as demais estruturas e conferir estabilidade geotécnica.

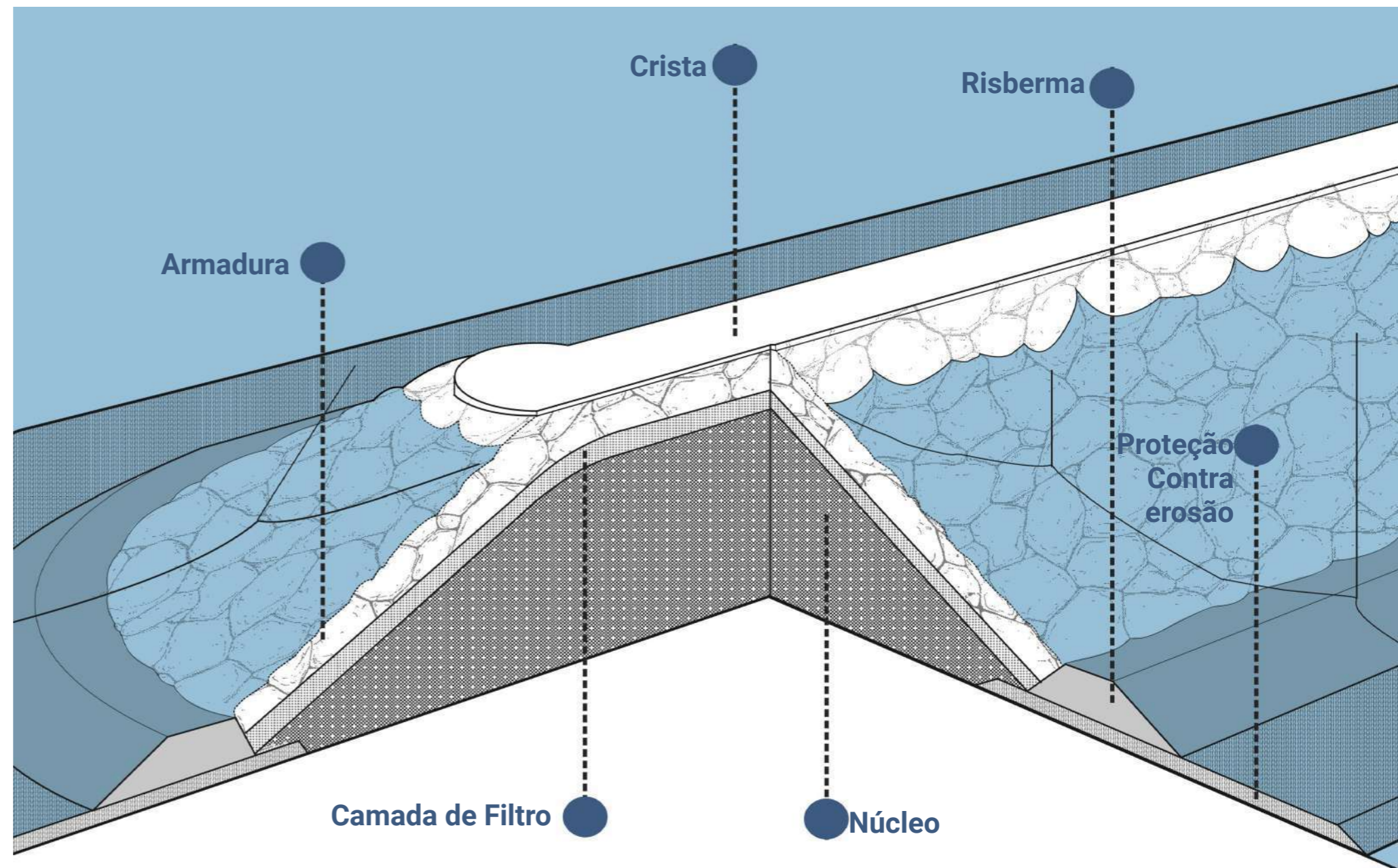


Figura 40: Detalhes do espigão do tipo talude

Fonte: Elaborado pelo autor

- **Proteção Contra Erosão:** estrutura de concreto armado ou maciço, que serve para proteger o núcleo e a fundação de erosão e nivelar a superfície onde serão colocadas as demais camadas de proteção.

- **Risberma:** A risberma ou pé do talude consiste numa estrutura ao longo da base da armadura, que serve de proteção da parte inferior do talude contra a agitação marítima e a escavação. Pode ser constituída por enrocamento ou por blocos de concreto

4.9 – Soluções baseadas na natureza

As Soluções Baseadas na Natureza (SBN) oferecem uma abordagem inovadora e sustentável para o gerenciamento de recursos hídricos, especialmente em áreas costeiras e urbanas, como Atafona, que enfrentam desafios associados à erosão, inundações e desequilíbrio ambiental causado por intervenções humanas. As SBN imitam processos naturais ou reabilitam ecossistemas para melhorar a resiliência das áreas urbanas frente a eventos climáticos extremos, promovendo a sustentabilidade.

Para a região de Atafona, onde a erosão costeira e as intervenções humanas desestabilizaram o equilíbrio natural, algumas SbN que podem ser aplicadas incluem:

- **Jardins de chuva:** Estes são áreas verdes projetadas para captar e infiltrar água da chuva de forma mais eficiente do que o solo convencional, ajudando a reduzir alagamentos. Em Atafona, esses jardins poderiam ser instalados em áreas vulneráveis a inundações para aumentar a capacidade de absorção do solo.
- **Alagados construídos:** Essas bacias rasas são vegetadas com plantas que toleram a umidade e ajudam a filtrar e reter as águas de chuvas. Elas são úteis em áreas urbanas e podem funcionar em conjunto com outras soluções para controlar o escoamento superficial e melhorar a qualidade da água.
- **Biovaletas:** Canais verdes projetados para capturar águas pluviais, removendo poluentes e ajudando na recarga de aquíferos. As biovaletas em Atafona poderiam ser integradas ao sistema de drenagem da cidade, reduzindo o impacto de enchentes e contribuindo para a sustentabilidade hídrica.

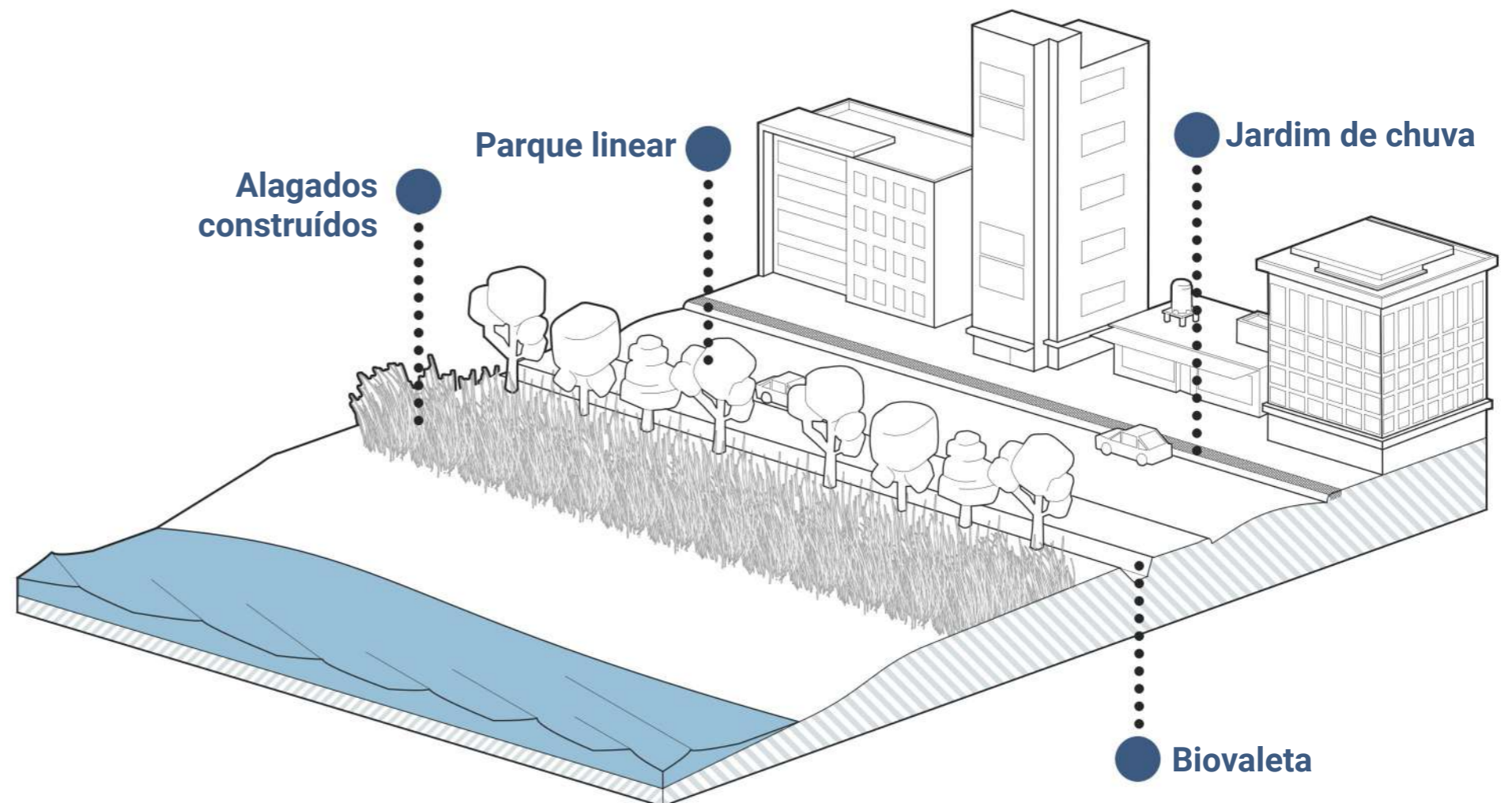


Figura 41: Diagrama de soluções baseadas na natureza.
Fonte: Elaborado pelo autor

Embora essas soluções tragam muitos benefícios, há limitações a longo prazo, como destaca Acreman. SBNs podem não ser totalmente eficazes durante eventos extremos, que tendem a aumentar em frequência e intensidade devido às mudanças climáticas. Atafona, em particular, que sofre as consequências ambientais das diversas interferências humanas no curso do Rio Paraíba do Sul que exacerbaram a erosão costeira, o que levanta o desafio de que uma estratégia baseada apenas em SbN pode não ser suficiente para enfrentar a complexidade do problema.

A solução ideal, portanto, é a adoção de um modelo híbrido, combinando SbN com infraestrutura cinza (estruturas rígidas, como espigões e paredões). Isso maximiza a resiliência da região, reduzindo custos e prolongando a vida útil das intervenções. Esse equilíbrio entre o natural e o artificial permite que os benefícios das SbN sejam otimizados, enquanto as infraestruturas mais robustas fornecem uma camada adicional de segurança em situações de maior risco que afetam a região de Atafona.

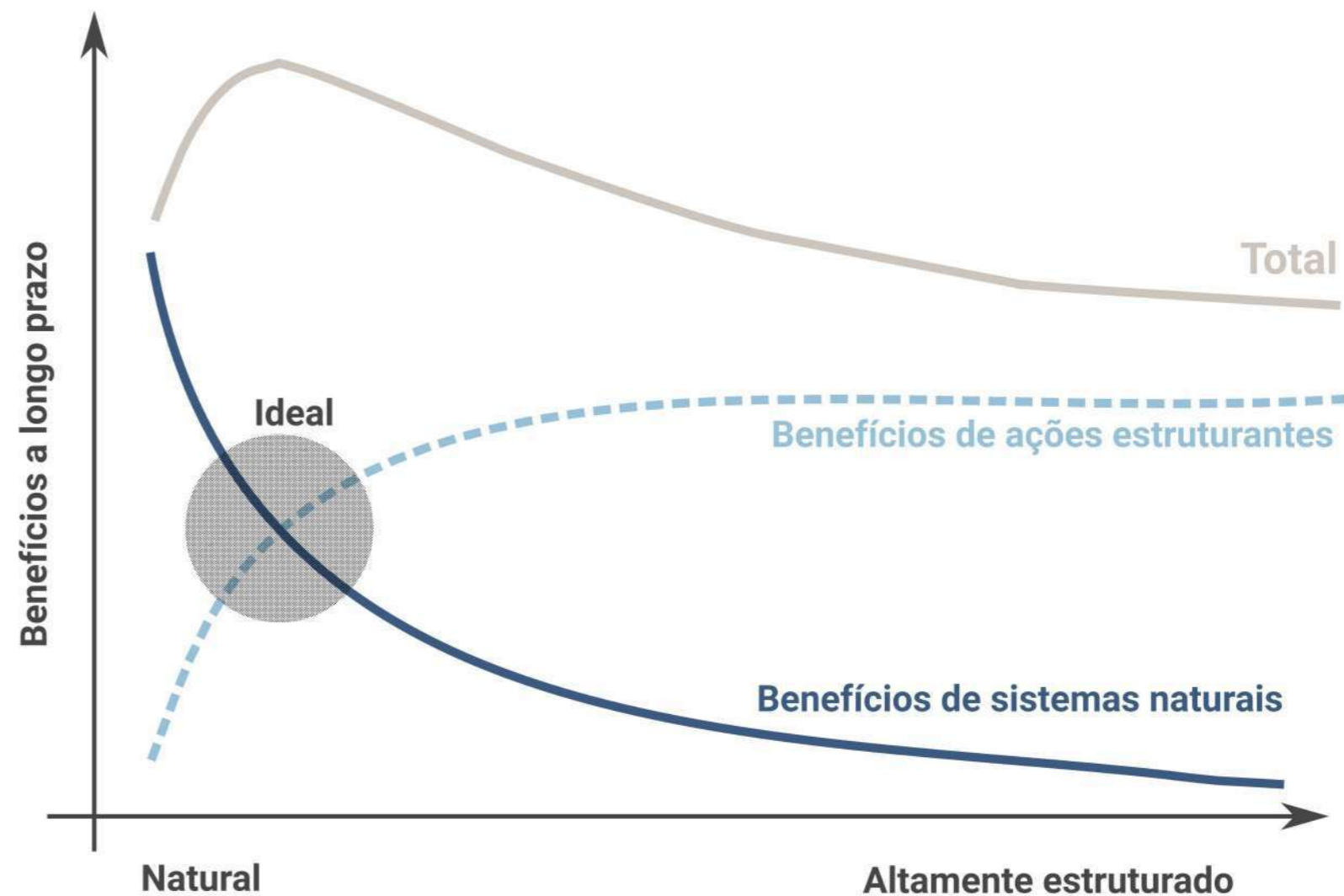


Figura 42: Gráfico da maximização dos sistemas em água doce.
Fonte: Mike Acreman (2004). Adaptado pelo autor

5.

O PROJETO



Figura 43: Foto da vista da areia da praia de Atafona – 23 de março de 2024
Fonte: o autor

4.1 – Proposta de Atuação

Após analisar as causas e medidas para a proteção da orla contra a erosão costeira, compreende-se que, devido ao cenário crítico de Atafona, o uso isolado de estratégias não-estruturais é insuficiente para lidar com a situação. Contudo, essas estratégias ainda são essenciais e, por isso, a primeira proposta é a criação de uma lei complementar ao Plano Diretor de São João da Barra, já que o plano de 2015 não abrange especificamente a proteção de corpos hídricos, como o rio e o oceano. Esse projeto de lei visa estabelecer uma base legal para proteger esses recursos naturais, trazendo uma resposta regulatória necessária ao enfrentamento da crise.

No entanto, as medidas não-estruturais sozinhas não serão suficientes para mitigar a erosão costeira, que afeta especialmente a população mais vulnerável e compromete as atividades econômicas do município. Soluções Baseadas na Natureza (SbN) e a alimentação artificial de praias tendem a não ser suficientes ou exigem constante manutenção, visto o agravamento da erosão é antrópico, principalmente devido a construção de barragens das seis usinas hidrelétricas ao longo do Rio Paraíba do Sul, além das mudanças climáticas, que intensificam o problema.

A estratégia mais eficaz, portanto, combina espigões costeiros com SbN e alimentação artificial da praia. Os espigões podem reduzir a força das ondas e ajudar a estabilizar a área costeira sem causar os mesmos problemas de um bagwall, que apenas pro-

tege a orla, ou dos paredões, que podem agravar a erosão a longo prazo. Integrar espigões com intervenções de SbN e reposição de areia permite uma recuperação mais sustentável e duradoura da faixa de praia, proporcionando uma defesa costeira eficaz e um ambiente urbano resiliente.

O modelo de espigões costeiros que foi usado para a elaboração do projeto deve sua modelagem realizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidrográficas (INPH) com o objetivo de interromper o fluxo de correntes e sedimentos. A modelagem conclui que um campo com nove espigões com o formato em arco se demonstrou o mais adequados para com o objetivo de interromper o fluxo de correntes e sedimentos de acordo com as características específicas da área, considerando fatores como a força das ondas, a direção dos ventos e a natureza do solo

Em conjunto com os espigões também ocorrerá a alimentação artificial da praia utilizando areia retirada do rio Paraíba do Sul para restaurar o equilíbrio da praia e compensar a perda de areia provocada pela ação das ondas e correntes ao longo do tempo. Essa prática visa não apenas proteger a linha de costa contra a erosão, mas também melhorar a qualidade recreativa da praia para moradores e turistas.

A partir deste projeto de engenharia propõe-se urbanizar os espigões para que funcionem como uma estrutura de apoio, para além do benefício ecológico também forneça benefícios socioeconômicos como atrativos turísticos, econômicos e culturais vi-

sando um projeto que busque reverter o impacto negativo da implantação dos espigões costeiros.

Tendo como desafio a integração das estruturas dos espigões com o tecido urbano já existente, este projeto propõe não apenas o projeto de engenharia base, mas também a utilização do desenho urbano, arquitetura da paisagem e planejamento urbano para reduzir os impactos negativos dessas estruturas na paisagem e garantir que sua integração com o tecido urbano seja harmoniosa.

Este projeto visa utilização de diferentes estratégias trabalhando em conjunto para o bem-estar da comunidade. Com uma abordagem multidisciplinar que inclui desenho urbano, geomorfologia costeira, engenharia, soluções baseadas na natureza, infraestrutura e atuação política, busca-se alcançar um desenvolvimento urbano que respeite e proteja o meio ambiente e principalmente, garante a qualidade de vida a população sanjoanense.

Em última análise, o projeto busca não apenas solucionar os problemas imediatos de erosão costeira, mas também criar um modelo sustentável de gestão costeira que possa ser replicado em outras regiões enfrentando desafios similares. Ao combinar soluções de engenharia com o planejamento urbano, o projeto visa estabelecer um equilíbrio entre o desenvolvimento humano e a conservação da natureza, assegurando a saúde e a beleza das praias.

4.2 – Conceito

O conceito norteador deste projeto é a renovação e continuidade. A proposta de intervenção é concebida como um espaço de resiliência urbana, que celebra o vínculo entre a comunidade e o mar, enquanto fortalece a relação dos cidadãos com sua cidade e o ambiente costeiro. Este projeto pretende ser um símbolo de resistência às mudanças climáticas e do carinho da comunidade pelo município, proporcionando um local onde a comunidade poderá se reunir para celebrar eventos locais, feiras culturais, festivais e atividades ao ar livre.

A partir de uma visita a campo, é possível notar que ainda existe grande apreço da comunidade pelo distrito, mesmo em sua situação de iminente colapso. Na figura 44, vê-se um exemplo da relação afetiva da população por Atafona: uma casa em uma rua parcialmente destruída pela ação do mar. O lote vizinho possui ruínas de uma casa também destruída pelo avanço do mar; contudo, o proprietário da casa que ainda está em condições de uso mantém sua manutenção, como a pintura da fachada.

A proposta é um catalisador para o fortalecimento da comunidade e a preservação ambiental. Projetado com resiliência e carinho pelo município, torna-se um símbolo duradouro de como uma cidade pode prosperar em harmonia com a natureza e com sua própria história, reforçando o senso de pertencimento e responsabilidade pelo espaço.



Figura 44: Casa próxima a praia de Atafona
Fonte: o autor

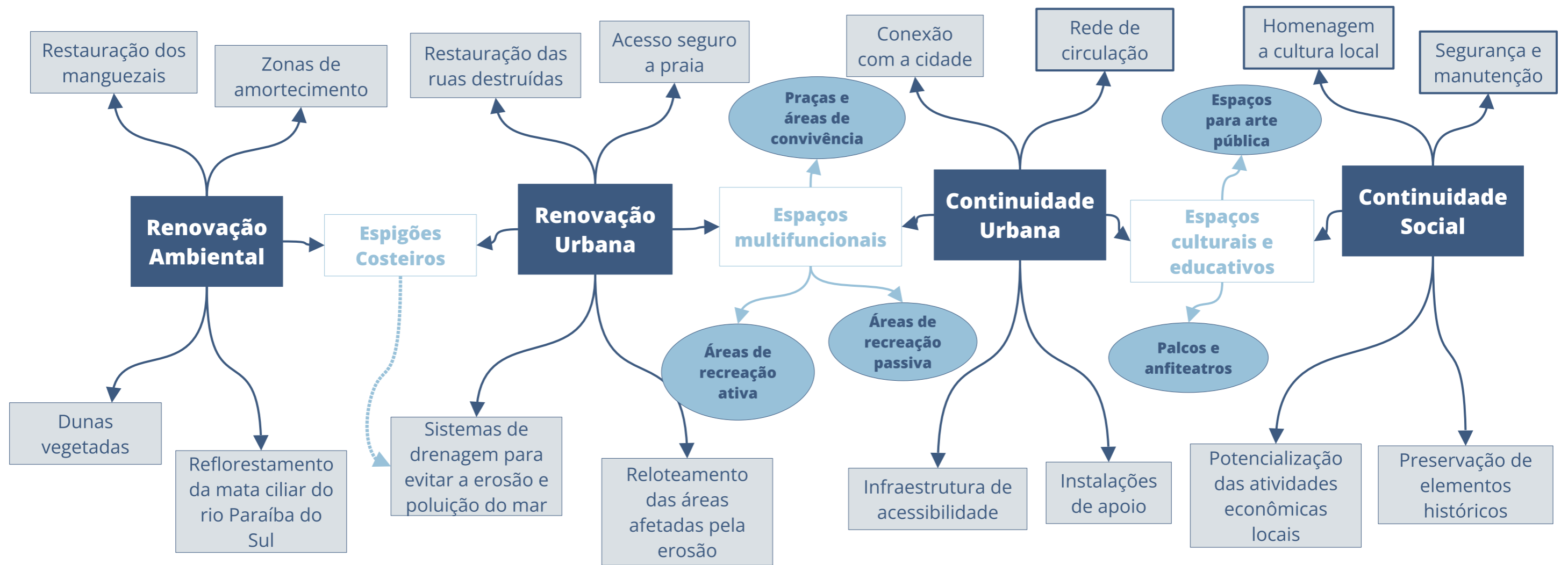


Figura 45: Fluxograma de conceito
 Fonte: o autor

Renovação

Renovação refere-se ao processo de revitalização, atualização ou transformação de algo existente. No contexto do projeto, renovação significa dar nova vida a espaços, ideias ou práticas, adaptando-os para serem mais eficientes ou relevantes. Isso pode incluir a modernização de infraestrutura, a introdução de novos métodos e a revitalização de áreas degradadas ou subutilizadas, tornando-o mais funcional e atrativo para a comunidade.

Continuidade

Continuidade significa manter e preservar elementos essenciais ao longo do tempo, garantindo que o que é importante ou valioso permaneça presente e significativo. No contexto do projeto, continuidade envolve a preservação da identidade cultural, histórica e ecológica do espaço, assegurando que as mudanças ou inovações não interrompam ou desfaçam o legado ou os processos naturais que sustentam o ambiente ou a comunidade, mesmo diante das mudanças.

PROJETO DE LEI COMPLEMENTAR AO PLANO DIRETOR Nº XX, DE 2024

O texto do Projeto de Lei Complementar nº XX/2024 que institui a revisão do o Plano Diretor do Município de São João da Barra dispõe sobre a proteção e preservação dos corpos hídricos no município de São João da Barra bem como o controle do uso e ocupação do solo e da exploração dos recursos naturais através da harmonização dos interesses sociais, econômicos e ecológicos.

CAPÍTULO I

DAS DISPOSIÇÕES INICIAIS

Art. 1º – Esta Lei estabelece normas e diretrizes para a proteção, preservação e recuperação dos corpos hídricos localizados no município de São João da Barra, visando assegurar a integridade dos ecossistemas aquáticos e a conservação dos recursos hídricos contra os impactos da erosão, poluição e desmatamento das matas ciliares.

Art. 2º – Para os fins desta Lei, considera-se:

I – Corpos hídricos: rios, canais, lagos, lagoas, oceano e outros cursos ou coleções de água naturais ou artificiais localizados no território do município;

II – Mata ciliar: a vegetação nativa situada ao longo das margens dos corpos hídricos, com função de proteção contra erosão e de manutenção da qualidade das águas;

III – Erosão: o processo de desgaste do solo causado pela ação de agentes naturais ou humanos, que compromete a qualidade e quantidade dos recursos hídricos;

IV – Poluição: qualquer alteração física, química ou biológica das águas, em níveis que possam causar prejuízos à saúde humana, à fauna, à flora ou ao meio ambiente em geral;

V – Desmatamento: a remoção total ou parcial da vegetação natural das matas ciliares que pode comprometer a integridade dos corpos hídricos;

VI – Zona costeira: áreas cobertas e descobertas periodicamente pelas águas do mar e pelas dunas frontais, onde presentes, acrescidas da faixa subsequente de sedimentos, como areias, cascalhos e pedregulhos até o limite onde se inicie a vegetação natural, assim como as áreas estabelecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) como desta classe.

Art. 3º – São objetivos desta Lei Complementar:

I – Preservar e proteger os corpos hídricos contra a erosão, o assoreamento, a poluição e o desmatamento;

II – Estabelecer medidas para a recuperação de áreas degradadas nas margens dos corpos hídricos;

III – Promover o ordenamento o desenvolvimento urbano do município de forma harmoniosa com os corpos hídricos;

Art. 4º – A proteção dos corpos hídricos será de interesse público e deverá ser considerada na formulação de políticas públicas municipais, bem como nas ações e programas desenvolvidos pelas secretarias e órgãos competentes.

Art. 5º – A aplicação desta Lei observará os princípios da prevenção, precaução, participação comunitária e responsabilidade ambiental, visando à sustentabilidade dos recursos hídricos e ao bem-estar das gerações presentes e futuras.

CAPÍTULO II

DAS ÁREAS DE PROTEÇÃO DOS CORPOS HÍDRICOS

Art. 6º – Os corpos hídricos são bens públicos de uso comum do povo, sendo assegurado, sempre franco acesso a eles.

Art. 7º – Para efeitos desta lei consideram-se não-edificantes, em zonas ruais ou urbanas, todas as áreas à 100 (cem) metros do Rio Paraíba do Sul.

PARÁGRAFO ÚNICO – São legais a permanência de edificações na faixa não edificável do Rio Paraíba do Sul, se elas já sofreram intervenção humana antes da promulgação desta lei;

Art. 8º – Para efeitos desta lei consideram-se não-edificantes, em zonas rurais ou urbanas, todas as áreas à 100 (cem) metros das praias localizadas no território do município.

PARÁGRAFO ÚNICO – Construções dentro da área não-edificante do Rio Paraíba do Sul são legais, se elas já sofreram intervenção humana antes da promulgação desta lei;

Art. 9º – Não será permitida a urbanização ou qualquer forma de utilização do solo na Zona Costeira que impeça ou dificulte o acesso às praias.

Art. 10º – Construção dentro da área não-edificante são legais com prévia autorização dos órgãos municipais e estaduais.

§ 1º – Para a obtenção de autorização para a construção dentro da área não-edificante será necessário a análise de um parecer técnico que justifique o estímulo sócio-econômico-ambiental da construção pelos órgãos municipais e estaduais competentes responsáveis por avaliar se o empreendimento atende as normas e metas ambientais e socioeconômicas do Plano Diretor.

§ 2º – Será permitida obras de contenção indispensáveis à segurança ou à regularização das Zonas Costeiras e marginais do Rio Paraíba do Sul quando devidamente autorizadas pelos órgãos municipais e estaduais competentes;

Art. 11º – Fica sob responsabilidade do poder executivo municipal adotar medidas estruturais para a adaptação, proteção e controle de inundação e erosão costeira e fluvial a fim de proteger as construções existentes na área não-edificante.

Art. 12º - Sem prejuízo da obrigação de indenizar, os infratores das disposições desta Lei e das normas regulamentares dela decorrentes ficam sujeitos às seguintes penalidades:

I – advertência;

II – interdição da atividade, temporária ou definitiva;

III – demolição;

IV – multa.

CAPÍTULO III

DAS PROIBIÇÕES E SANÇÕES

Art. 13º – Fica vedado a qualquer pessoa física ou jurídica o lançamento de qualquer resíduo, direta ou indiretamente, nos corpos hídricos sem a prévia autorização dos órgãos municipais e estaduais competentes para dispor sobre as modalidades de tratamento e disposição final em cada caso.

§ 1º – Para os fins do disposto neste artigo, consideram-se resíduos quaisquer materiais sólidos, líquidos ou gasosos que possam alterar as características físicas, químicas ou biológicas dos corpos hídricos, em prejuízo à sua qualidade e aos usos previstos.

§ 2º – Os órgãos competentes deverão avaliar os pedidos de autorização com base em estudos técnicos e ambientais que assegurem a preservação da qualidade dos recursos hídricos e a proteção dos ecossistemas associados.

§ 3º – O município, em articulação com os órgãos estaduais e federais, deverá implementar programas de monitoramento e fiscalização para prevenir e coibir a prática de lançamento irregular de resíduos nos corpos hídricos.

Art. 14º – É proibida a extração de areia no Rio Paraíba do Sul para fins industriais, agrícolas ou comerciais sem a devida autorização dos órgãos municipais e estaduais competentes.

§ 1º A autorização de captação deverá ser condicionada à comprovação de que a atividade não compromete a disponibilidade hídrica para outros usos prioritários, como a manutenção da

estabilidade do solo e a manutenção dos ecossistemas.

§ 2º A extração irregular será punida com multa e, em caso de reincidência, com a suspensão das atividades que motivaram a infração.

Art. 15º – É vedado o desmatamento, a supressão ou qualquer tipo de intervenção nas matas ciliares sem autorização prévia dos órgãos ambientais competentes, observadas as disposições da legislação federal e estadual em vigor.

§ 1º Nos casos de intervenção autorizada, o responsável deverá apresentar e executar um plano de recuperação de áreas degradadas, conforme diretrizes técnicas estabelecidas pelo órgão competente.

§ 2º As intervenções ilegais nas matas ciliares sujeitarão os infratores à reposição da vegetação nativa e à aplicação de multas proporcionais à área degradada.

Art. 16º – É proibida a realização de obras ou intervenções que possam causar assoreamento, obstrução, erosão ou desvio do curso dos corpos hídricos sem a devida licença ambiental.

§ 1º As licenças serão concedidas somente após análise de impacto ambiental, que deverá ser apresentada pelo requerente e aprovada pelos órgãos competentes.

§ 2º O não cumprimento desta disposição acarretará a paralisação imediata da obra, além de multa e obrigação de reparação dos danos causados.

Art. 17º – Sem o prejuízo da obrigação de indenizar, o descumprimento do disposto neste capítulo sujeitará o infrator às penalidades previstas nesta Lei, sem prejuízo das demais sanções administrativas, civis e penais aplicáveis.

CAPÍTULO IV

DO DESENVOLVIMENTO SOCIOESPACIAL

Art. 18º – Fica sobre responsabilidade do poder executivo municipal garantir moradia digna a todos, com especial atenção à população de baixa renda e atuar para a redução das irregularidades urbanísticas e dos assentamentos em áreas de risco, sob a forma de diretrizes, os seguintes:

I – Tornar município mais inclusivo, seguro, resiliente e sustentável;

II – Adotar medidas urgentes para combater as mudanças climáticas e os seus impactos;

III – Conservar e usar de forma ponderada os recursos hídricos para o desenvolvimento sustentável;

IV – Proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas e dos corpos hídricos

Art. 19º – Fica vedada a possibilidade do Executivo Municipal alterar, mediante decreto municipal, a alteração das áreas classificadas como não-edificantes.

CAPÍTULO V

DAS ATRIBUIÇÕES E COMPETÊNCIAS

Art. 20º – Consideram-se para a fins desta lei as seguintes atribuições e competências institucionais do Poder Executivo Municipal:

I – apoiar a criação de programas de preservação ambiental que levem em consideração os diferentes setores econômicos e características da paisagem, a fim de potencializar e fomentar a qualidade ambiental da zona urbana, zona rural e corpos hídricos sanjoanenses;

II – apoiar o Governo Estadual e Federal nas ações de gerenciamento costeiro em São João da Barra;

III – apontar os principais problemas que merecem ações emergenciais e implementá-las;

IV – fiscalizar os empreendimentos baseado em padrões de qualidade ambiental exigidos conforme o *caput*;

VII – buscar a articulação intersetorial e interinstitucional em âmbito estadual e federal;

Art. 21º – São atribuições da Secretaria Municipal de Obras e Serviços

I – especificar e aplicar o controle do escoamento das águas pluviais.

II – assessorar os órgãos Municipais no gerenciamento do despejo de esgoto doméstico ou industrial nos corpos hídricos para que só ocorra após o devido tratamento, de acordo com os parâmetros estabelecidos pela legislação ambiental vigente.

CAPÍTULO VI

DAS DISPOSIÇÕES GERAIS

Art. 22. Os casos não previstos nesta Lei Complementar serão analisados e resolvidos pelos órgãos que compõem a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Serviços Públicos, respeitando-se as normas ambientais municipais, estaduais e federais aplicáveis.

§ 1º Em caso de necessidade, os órgãos competentes poderão solicitar parecer técnico de instituições especializadas ou consultoria externa para subsidiar a tomada de decisão.

§ 2º A resolução dos casos omissos deverá sempre considerar os princípios da precaução, prevenção e sustentabilidade.

Art. 23. Esta Lei Complementar entra em vigor na data de sua publicação.

4.3 – Espigões da Praia de Atafona

Utilizando com base os projeto de engenharia do Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias seriam instalados 9 espigões curvos do tipo talude enraizados no litoral na cota +5 com espaçamento de 400m entre eles.

A modelagem dos espigões foi realizada por pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Hidrográficas

(INPH) e o formato em arco foi adotado por se demonstrar o mais adequado para com o objetivo de interromper o fluxo de correntes e sedimentos de acordo com as características específicas da área, considerando fatores como a força das ondas, a direção dos ventos e a natureza do solo.

Em conjunto com os espigões também ocorreria areamento da praia utilizando areia retirada do rio Paraíba do Sul para restaurar o equilíbrio da praia.

A partir deste projeto de engenharia propõe-se urbanizar os espigões para que funcionem como uma estrutura de apoio, para além do benefício ecológico também forneça benefícios socioeconômicos como atrativos turísticos, econômico e cultural.

- A) Traçado da proposta
- B) Alinhamento da praia após o fim do aterro
- C) Alinhamento estimado da praia após entrar em equilíbrio



Figura 46: Traçado os espigões na orla da praia de Atafona.
Fonte: Accetta; Leme; Montenegro; Moreno; Pires, 2015

A figura 23, anteriormente apresentada, foi obtida através do resultado de um modelo hidrodinâmico em períodos de maré vazante e enchente, que teve como objetivo encontrar a forma dos espigões que favoreçam a dinâmica das correntes e o transporte de sedimentos em uma área costeira. Observa-se que as correntes tendem a se propagar paralelas às estruturas, permitindo o transporte dos sedimentos de um espigão para outro.

Este padrão não ocorreria com um espigão perpendicular à praia ou com estruturas ausentes. A geometria e a orientação dos espigões desempenham um papel crucial na modificação do transporte sedimentar ao longo da costa. Espigões perpendiculares à linha da costa tendem a criar zonas de agitação e turbulência, resultando em áreas de deposição e erosão localizadas, o que pode não promover o transporte de sedimentos de forma tão eficaz entre eles.

Esse padrão em forma de arco favorece de transporte sedimentar são essenciais para entender e gerenciar adequadamente a zona costeira, especialmente em face das mudanças climáticas e do aumento do nível do mar.

A) Maré vazante

B) Maré enchente

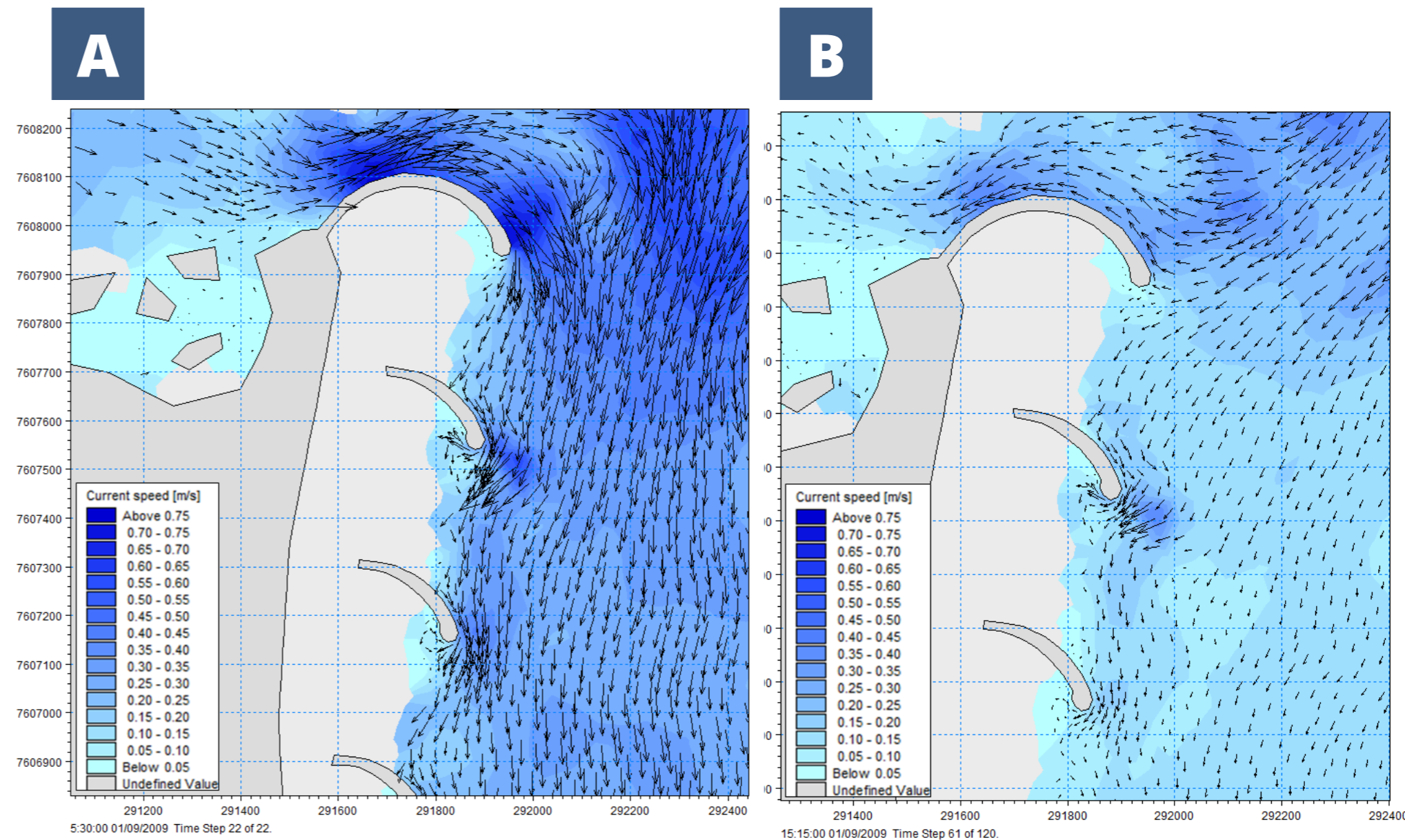


Figura 47: modelo hidrodinâmico para períodos de: (A) maré vazante e (B) maré enchente.

Fonte: Accetta; Leme; Montenegro; Moreno; Pires, 2015

4.4 – Anseios e Desafios

Será proposto, então, desenvolver essas estruturas além da função técnica, pois, sozinhas, elas causam um impacto muito negativo na paisagem e no entorno urbano do município. No entanto, quando desenvolvido de maneira integrada ao desenho urbano, a acomodação dos espigões com a cidade pode ser harmônica e o impacto causado pode ser convertido em algo positivo. Propõe-se utilizar esse espaço como um local de lazer que favoreça as atividades culturais, econômicas e turísticas do município..

A elaboração deste projeto enfrenta vários desafios. Primeiramente, é a aceitação comunidade local, exigindo sensibilidade para que a elaboração do projeto não seja impositiva e desconsidere a integração social. Outro desafio é a complexidade técnica de integrar estruturas de engenharia com elementos urbanísticos, isso demanda uma abordagem interdisciplinar que envolvem a engenharia costeira, oceanografia e geomorfologia costeira.

Adicionalmente, a fase de planejamento precisa incluir uma avaliação de riscos abrangente, contemplando tanto os riscos naturais, quanto os riscos antropogênicos, como a urbanização descontrolada. Planos de contingência, estratégias de adaptação e ações não-estruturantes devem ser desenvolvidos para garantir a resiliência do projeto frente a eventos inesperados.

Usos

Áreas de Lazer ativo	<ul style="list-style-type: none">• Quadras esportivas• Pistas de corrida e caminhada• Ciclovias e áreas para patinação• Parque infantil com brinquedos
Áreas de lazer passivo	<ul style="list-style-type: none">• Jardins e áreas verdes.• Áreas de piquenique com mobiliário• Espaços para ócio e relaxamento
Zonas de proteção ambiental	<ul style="list-style-type: none">• Áreas de preservação de vegetação nativa• Mirantes para observação e paisagens naturais
Instalações de apoio	<ul style="list-style-type: none">• Banheiros públicos• Bebedouros• Lixeiras para coleta de resíduos• Estações de recarga para dispositivos eletrônicos• Quiosques de alimentação e bebidas.• Bicicletários e paraciclos
Rede de circulação	<ul style="list-style-type: none">• Caminhos principais e secundários para pedestres, ciclistas e veículos de serviço.• Acesso seguro às praias e ao mar• Passarelas sobre as dunas
Segurança	<ul style="list-style-type: none">• Postos de guarda ou segurança• Iluminação adequada• Câmeras de segurança
Espaços culturais e educativos	<ul style="list-style-type: none">• Anfiteatros e Palcos• Áreas dedicadas a esculturas e outras formas de arte pública• Centros de Educação Ambiental
Espaços de interação social	<ul style="list-style-type: none">• Praças e Áreas de Convivência• Espaços para encontros comunitários e eventos sociais• Áreas de sombra com mobiliário para descanso e interação

Tabela 2: Programa de necessidades usos da intervenção

Fonte: o autor.

4.5 – Áreas de Intervenção

A proposta foi dividida em sete áreas de atuação: 1. Pontal de Atafona; 2. Nebulosas; 3. Pico da Raposa; 4. Dunas; 5. Beira Mar; 6. Balneário de Atafona; e 7. Chapéu do Sol. Cada uma dessas áreas representa um trecho do campo de espigões e as diferentes estratégias de intervenção que serão adotadas, considerando que cada uma dessas áreas possui suas próprias necessidades, tipos de ocupação preexistente e situação geológica. Esse parcelamento do programa é eficiente para garantir que as intervenções sejam adaptadas às características específicas de cada região, otimizando os resultados e promovendo soluções mais adequadas para cada contexto.

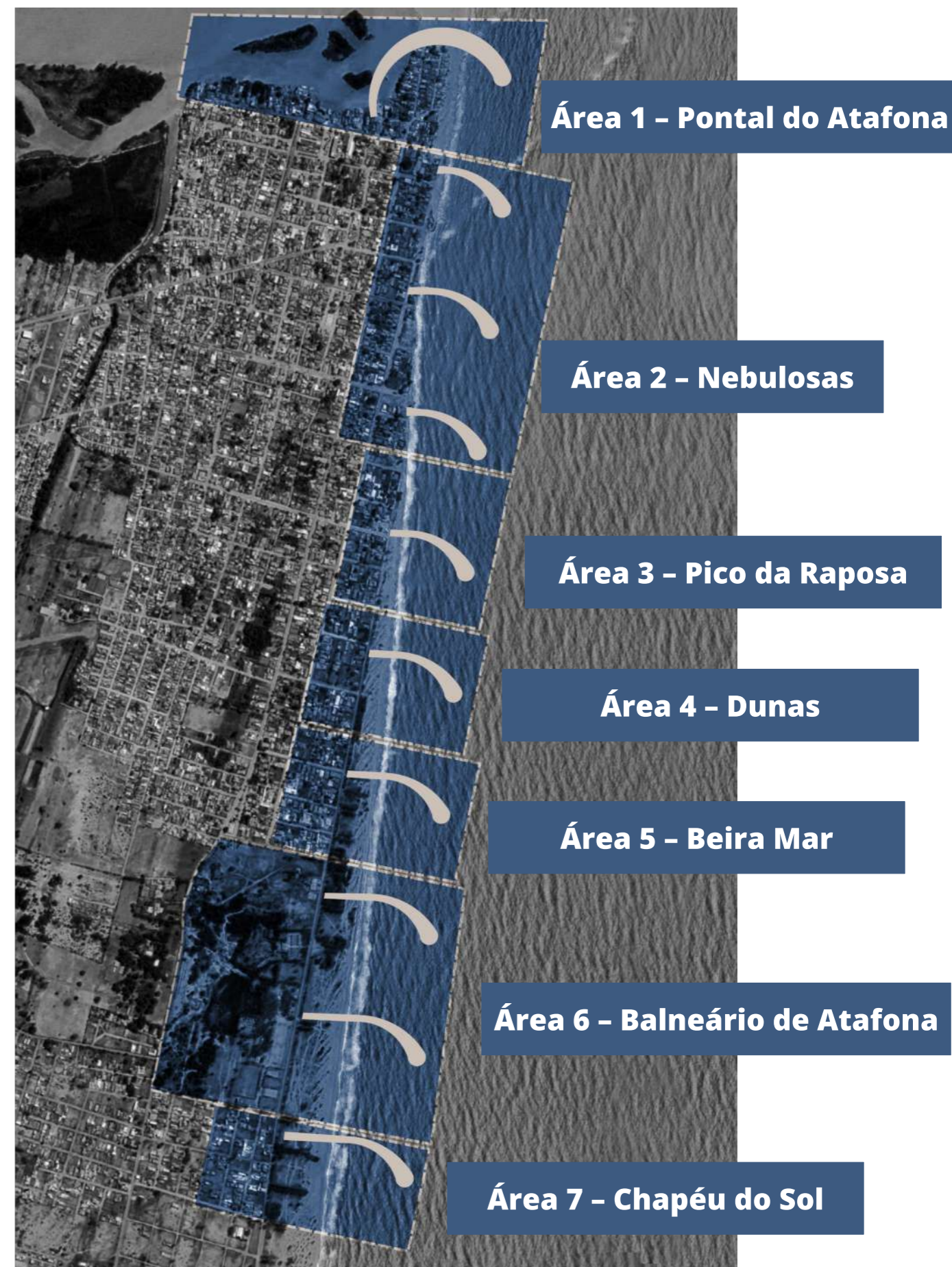


Figura 48: áreas de intervenção
Fonte: o autor

Área 1: Pontal de Atafona

O Pontal de Atafona é a região onde o processo erosivo é mais agressivo, afetando principalmente a população economicamente mais vulnerável do município. Nessa área, será realizada a alimentação artificial para aumentar a faixa de areia e recuperar a capacidade recreativa da praia, utilizando areia removida do Rio Paraíba do Sul. Demolições das ruínas na faixa de areia serão necessárias para a formação de zonas de amortecimento. As áreas designadas para formação de zonas de amortecimento na margem do rio estão em risco devido à erosão das margens e ao perigo de inundações. Portanto, será utilizada

uma técnica que combina o uso da vegetação com enrocamento para garantir a segurança dessas pessoas.

Será implementada uma área de lazer passivo como transição entre o espigão e a área residencial, e novas vias de baixa velocidade serão construídas e restauradas para melhorar o fluxo viário. O espigão terá uso voltado para atividades como pesca, ócio, descanso, com mobiliário adequado, além de contemplação da foz do Rio Paraíba do Sul em encontro com o oceano.

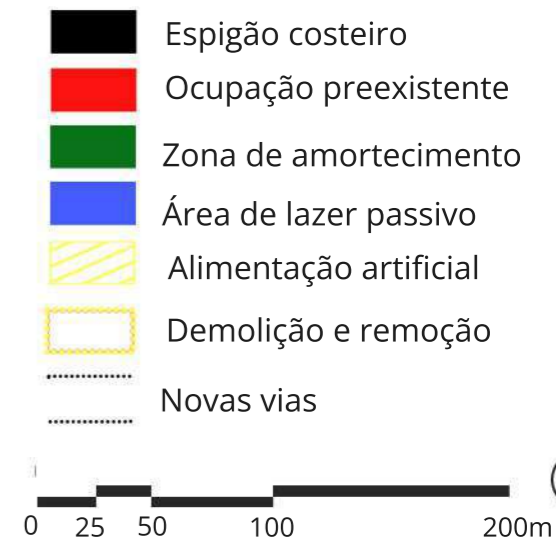
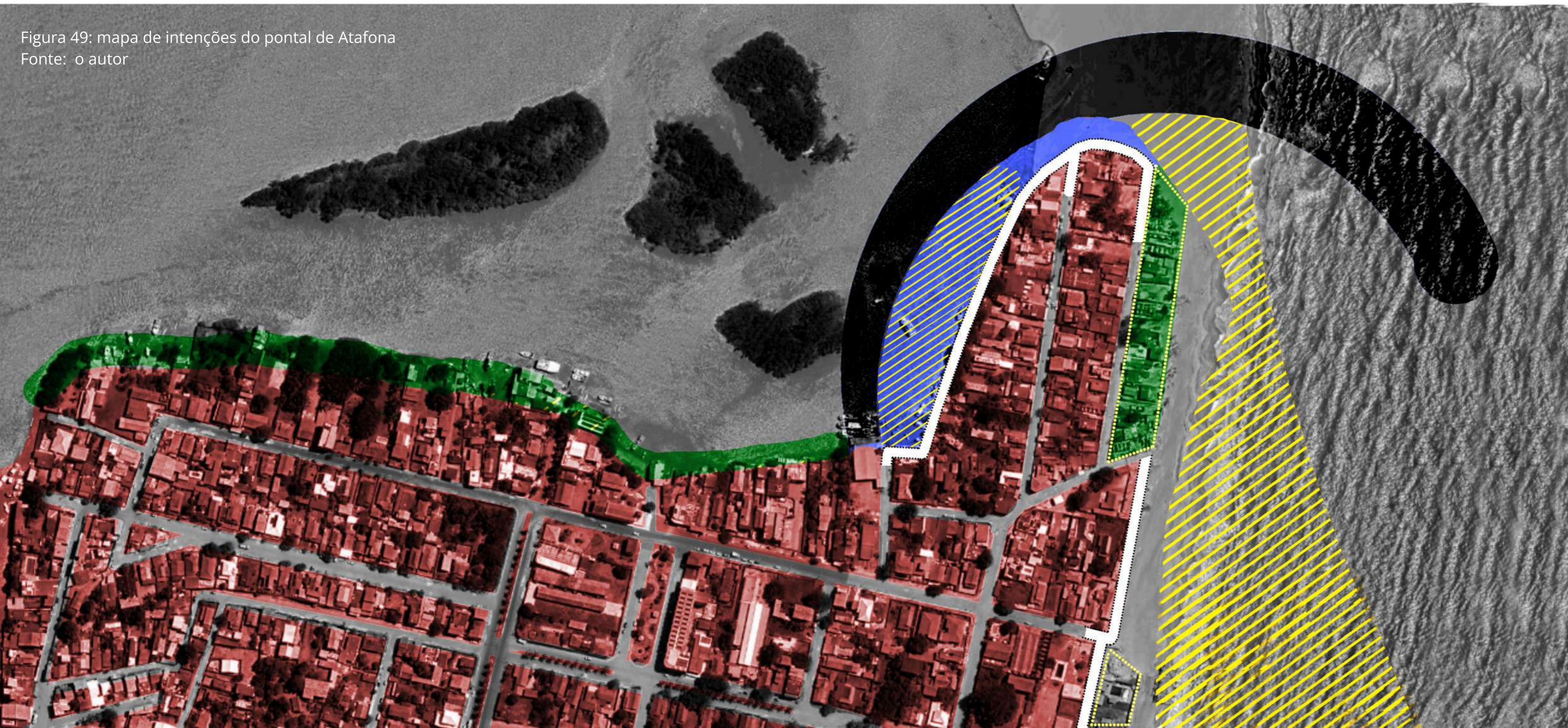


Figura 49: mapa de intenções do pontal de Atafona

Fonte: o autor



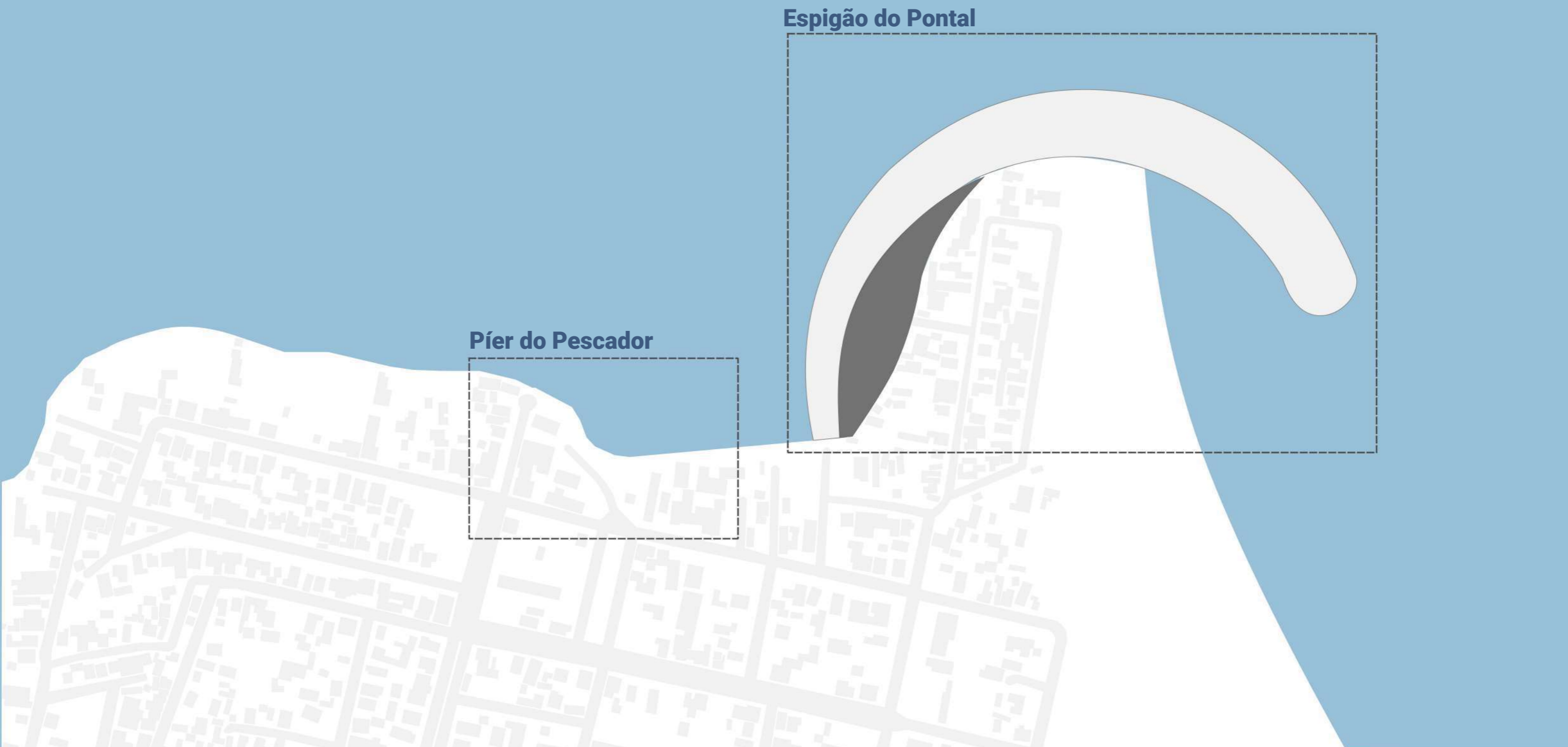


Figura 50: carta do pontal de Atafona

Fonte: o autor

A intervenção no Pontal busca estabilizar as margens costeira e fluvial, além de qualificar o espaço. Na margem do rio, será construído um píer com uma zona de amortecimento, proporcionando maior segurança para os moradores. O espigão dessa área será o maior do projeto, com a finalidade

de estabilizar a foz do rio.

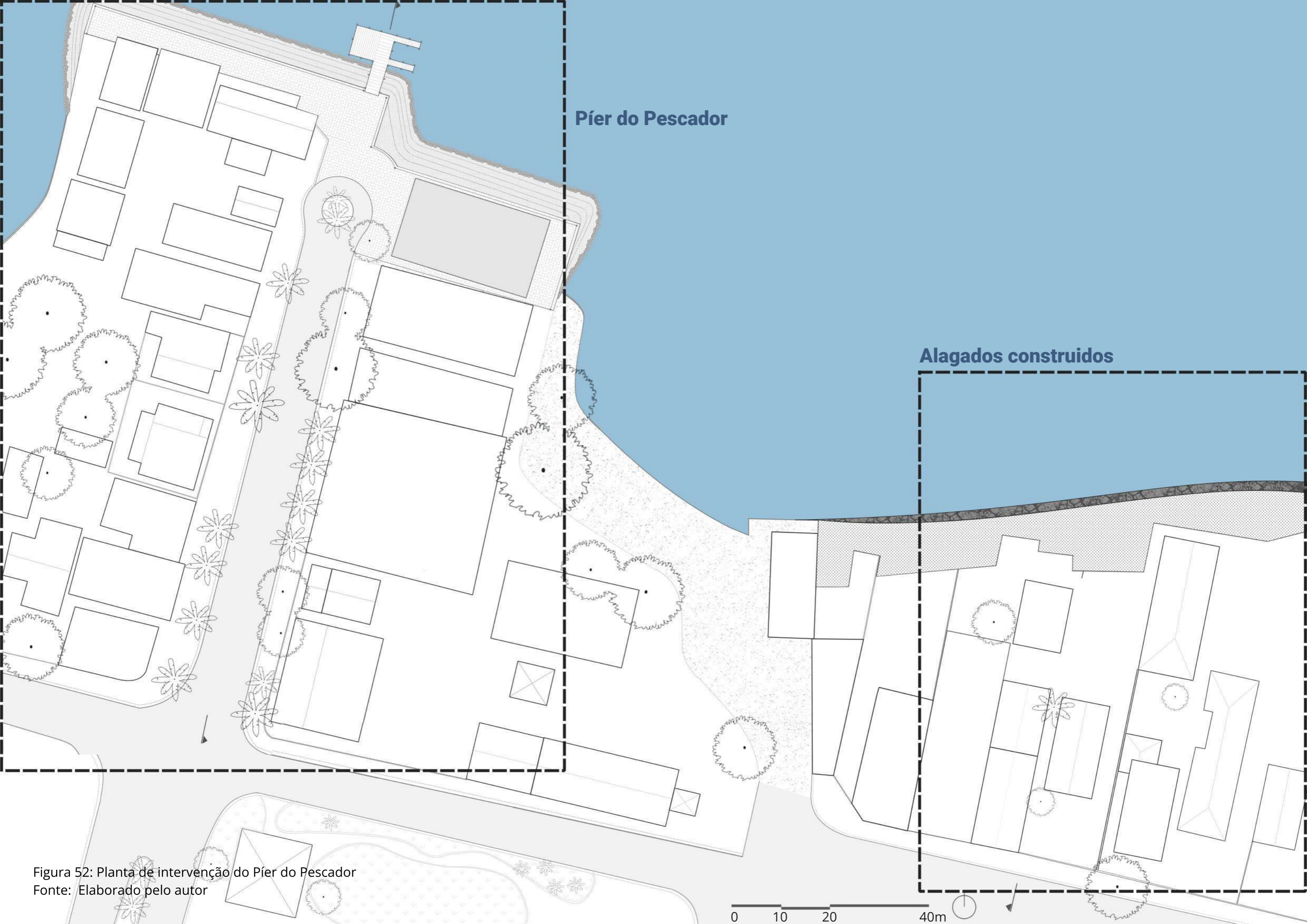
Além disso, as ruínas da região serão removidas para criar zonas de amortecimento com vegetação nativa restaurada, estabelecendo corredores ecológicos que conectem áreas de preservação. Essas ações contribuirão para mitigar os efeitos da

erosão costeira e fluvial. Também será implantado um parque entre a área já ocupada e o espigão.

Por fim, serão propostas adaptações para as construções próximas à margem do rio que estão vulneráveis a alagamentos, fenômeno que tende a se tornar cada vez mais frequente.



Figura 51: Planta atual do Píer do Pescador
Fonte: Elaborado pelo autor



Píer do Pescador

Alagados construídos

Figura 52: Planta de intervenção do Píer do Pescador
Fonte: Elaborado pelo autor

0 10 20 40m



Pier do Pescador

Os terrenos se encontra diretamente adjacente à margem do Paraíba do Sul, em geral, possuem um perfil abrupto e sem vegetação. A intervenção no Pier do Pescador envolve a implementação de um sistema de amortecimento e a reorganização espacial da área, visando melhorar a resiliência ambiental e promover a segurança dos moradores da margem do rio.

Principais intervenções:

- **Requalificação da margem:** A intervenção busca proteger e estabilizar a margem fluvial com o uso de aterro para reforçar sua base.
- **Requalificação do píer:** requalificação e extensão do Pier do Pescador visa melhorar o uso da área por pescadores locais e turistas, fornecendo infraestrutura segura e acessível.
- **Criação da risberma:** Uma estrutura de contenção, colocada na área submersa entre os períodos de alta e baixa. Ela serve para reduzir os danos causados durante a enchente
- **Vegetação de amortecimento:** A vegetação nativa reintroduzida ao longo do aterro. Isso ajuda na estabilização do solo e na contenção do avanço rio durante o período de enchente.

Figura 53: Planta antes da intervenção no píer do pescador
Fonte: Elaborado pelo autor

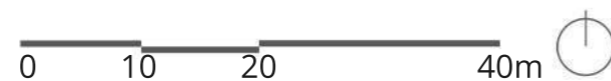
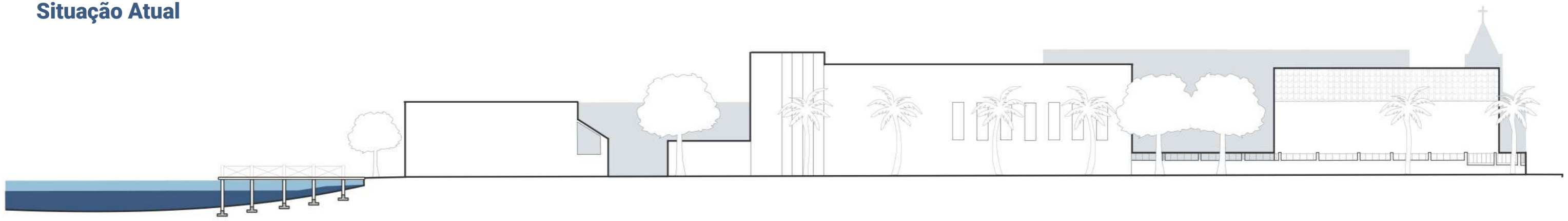




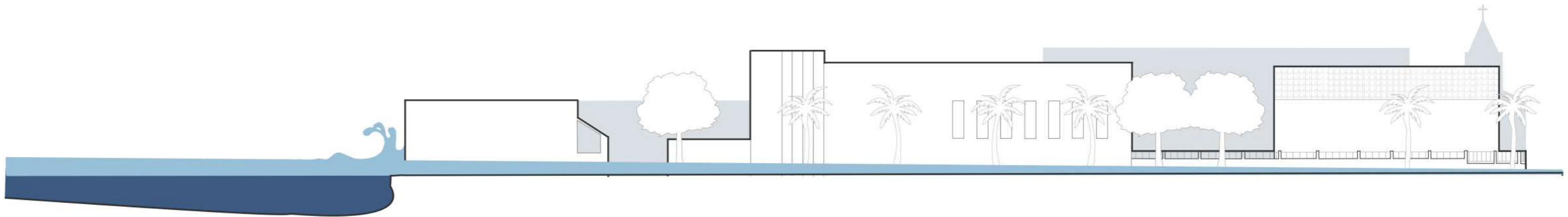
Figura 54: Planta da intervenção no píer do pescador
Fonte: Elaborado pelo autor



Situação Atual



Futuro (fazer nada)



Projeto de intervenção

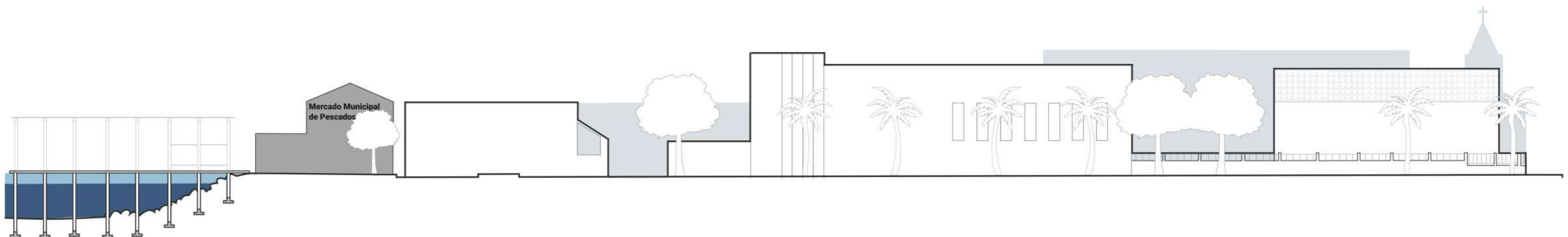
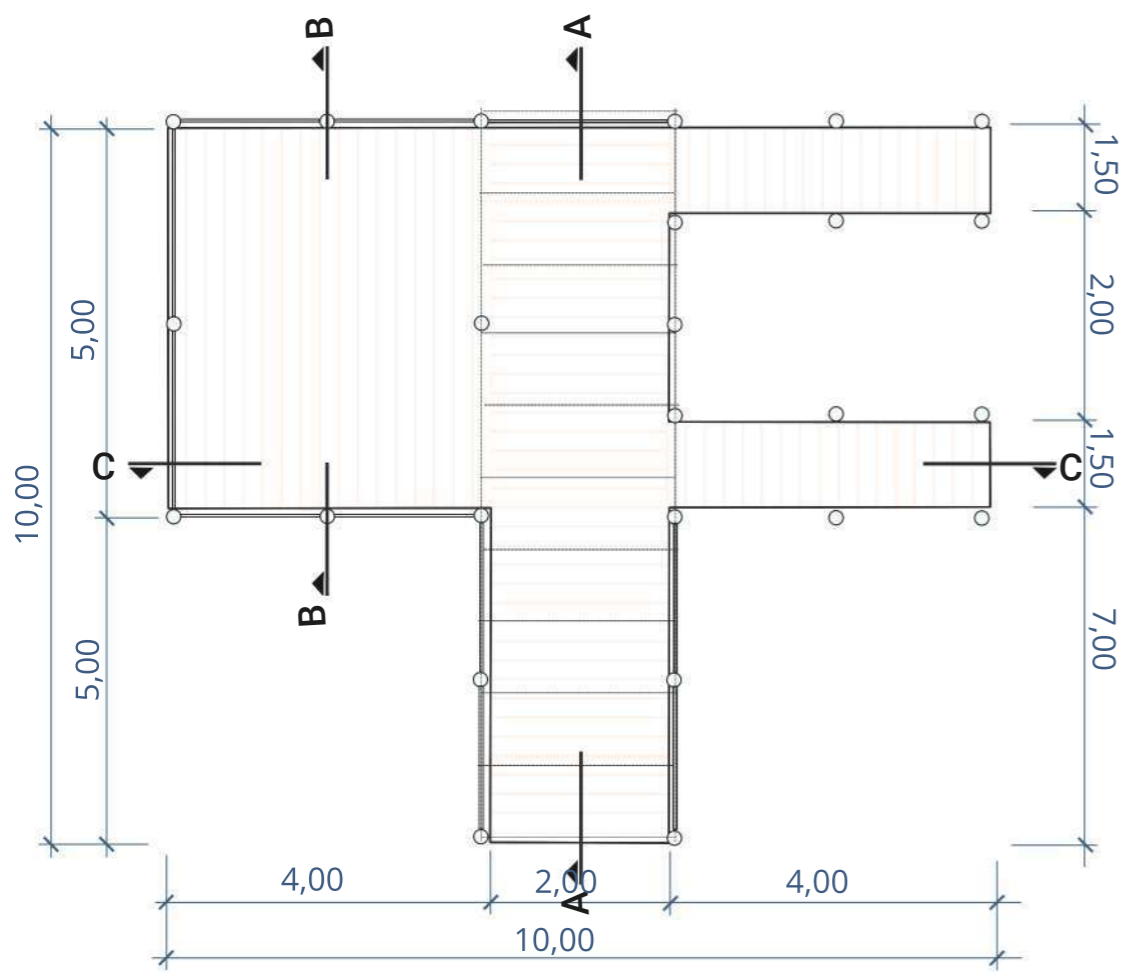
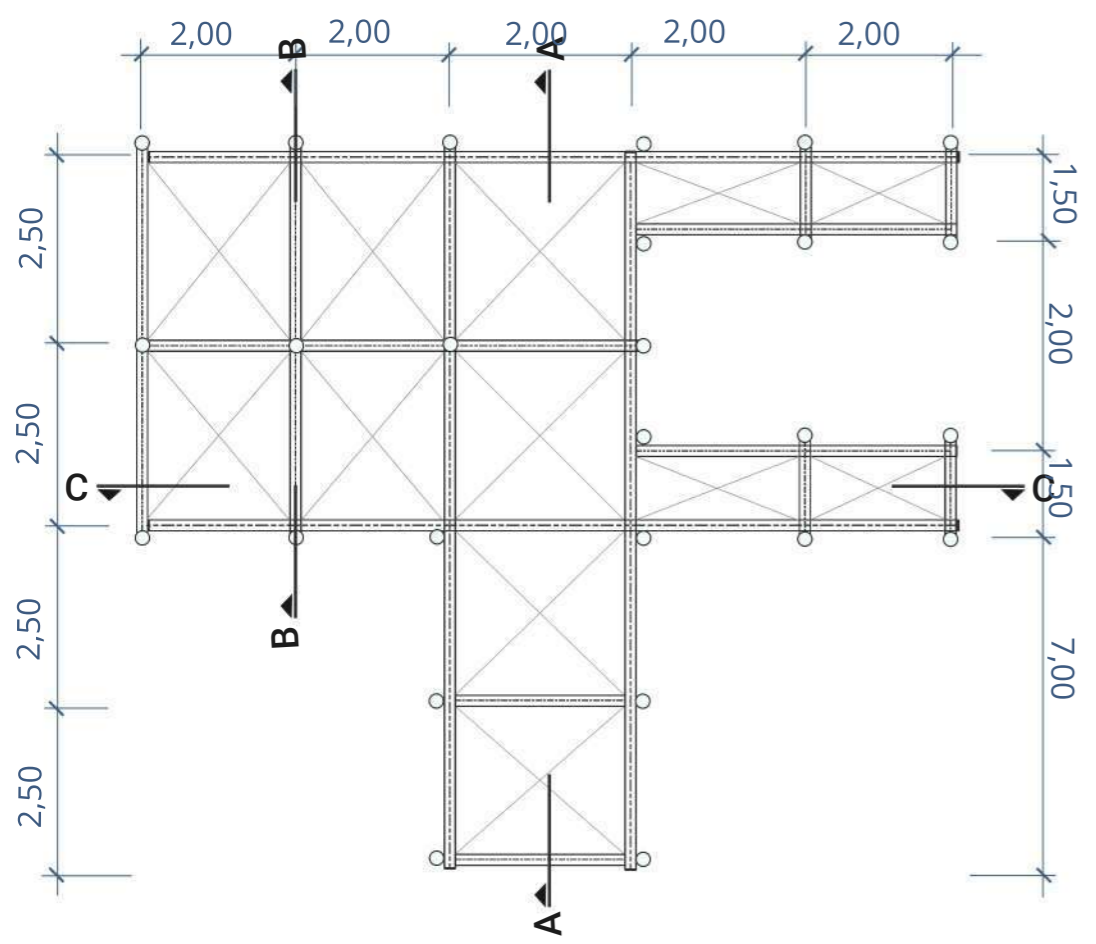


Figura 54: Cortes do Píer antes da intervenção, no futuro e projeto de intervenção
Fonte: Elaborado pelo autor

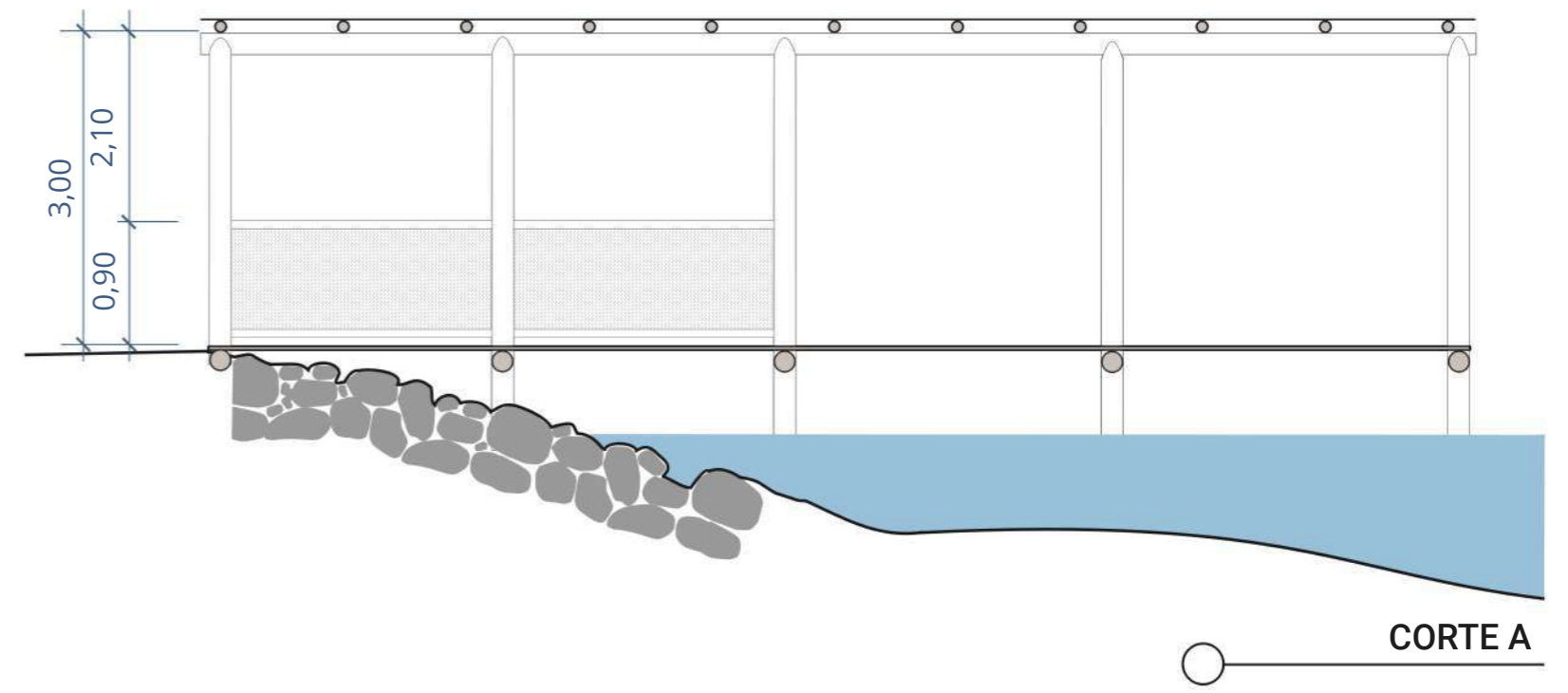
0 2 5 10m



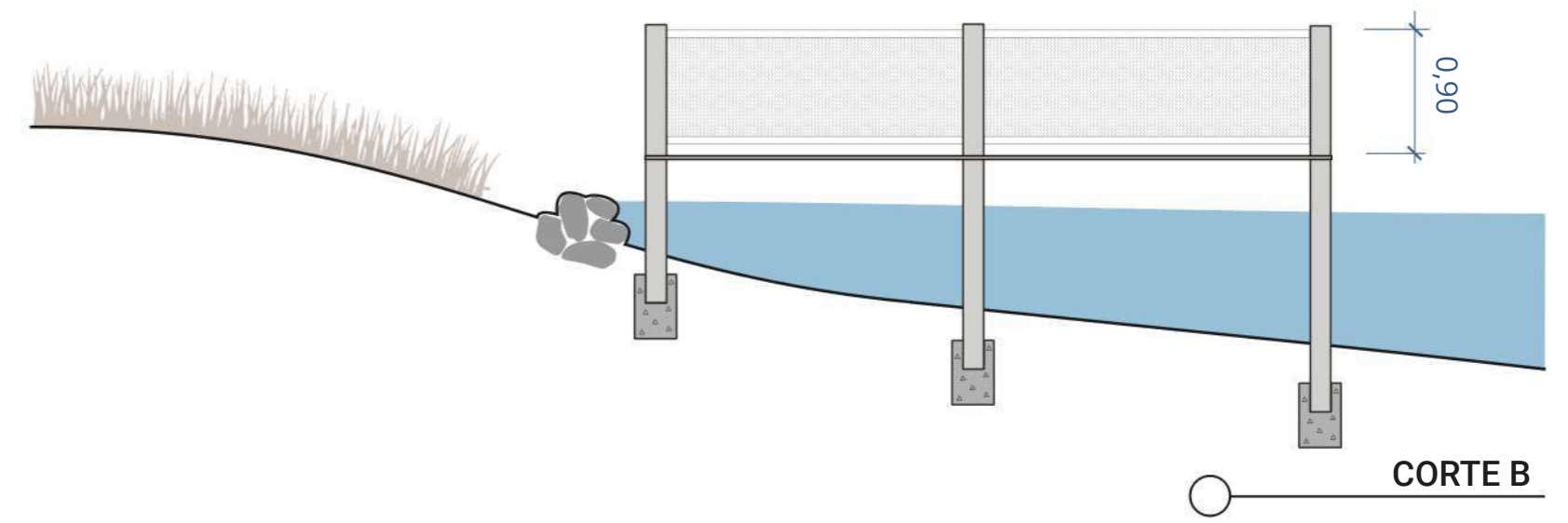
PLANTA DO PÍER



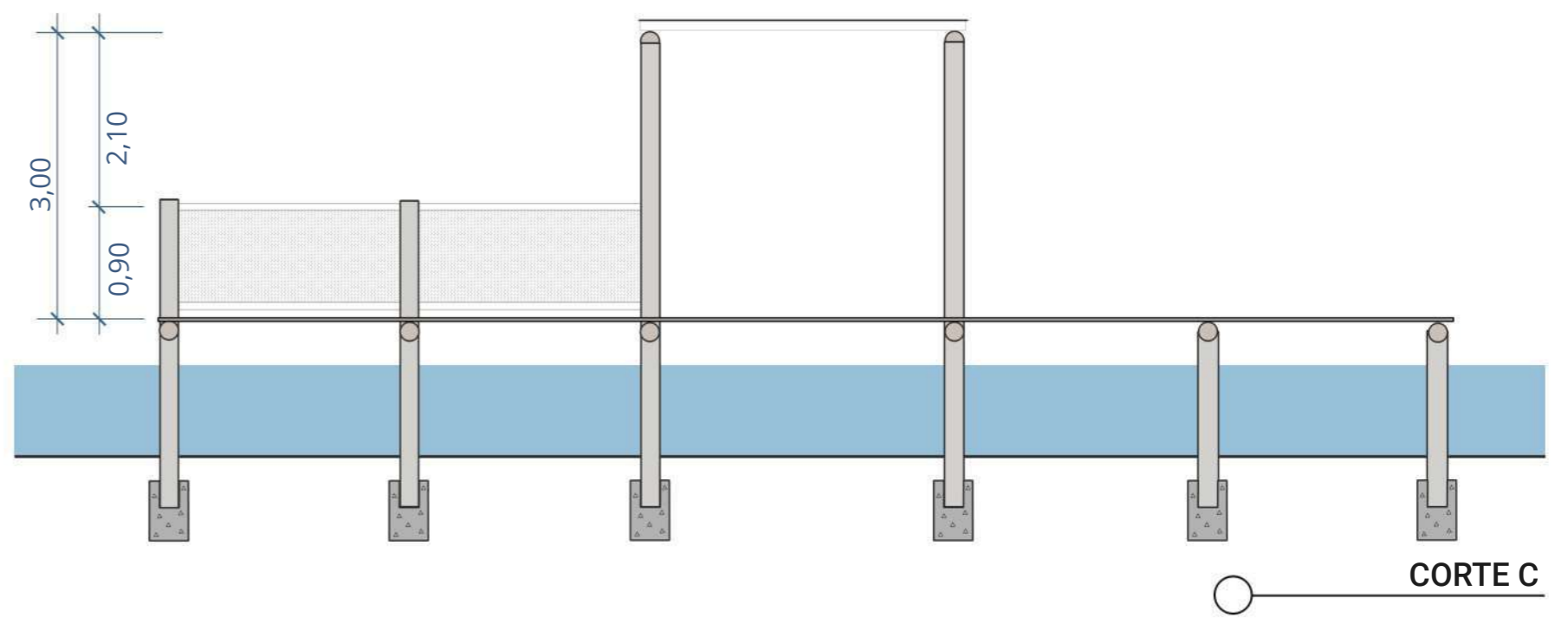
PLANTA DE ESTRUTURA



CORTE A



CORTE B



CORTE C

Figura 55: Desenhos do píer do pescador
Fonte: Elaborado pelo autor

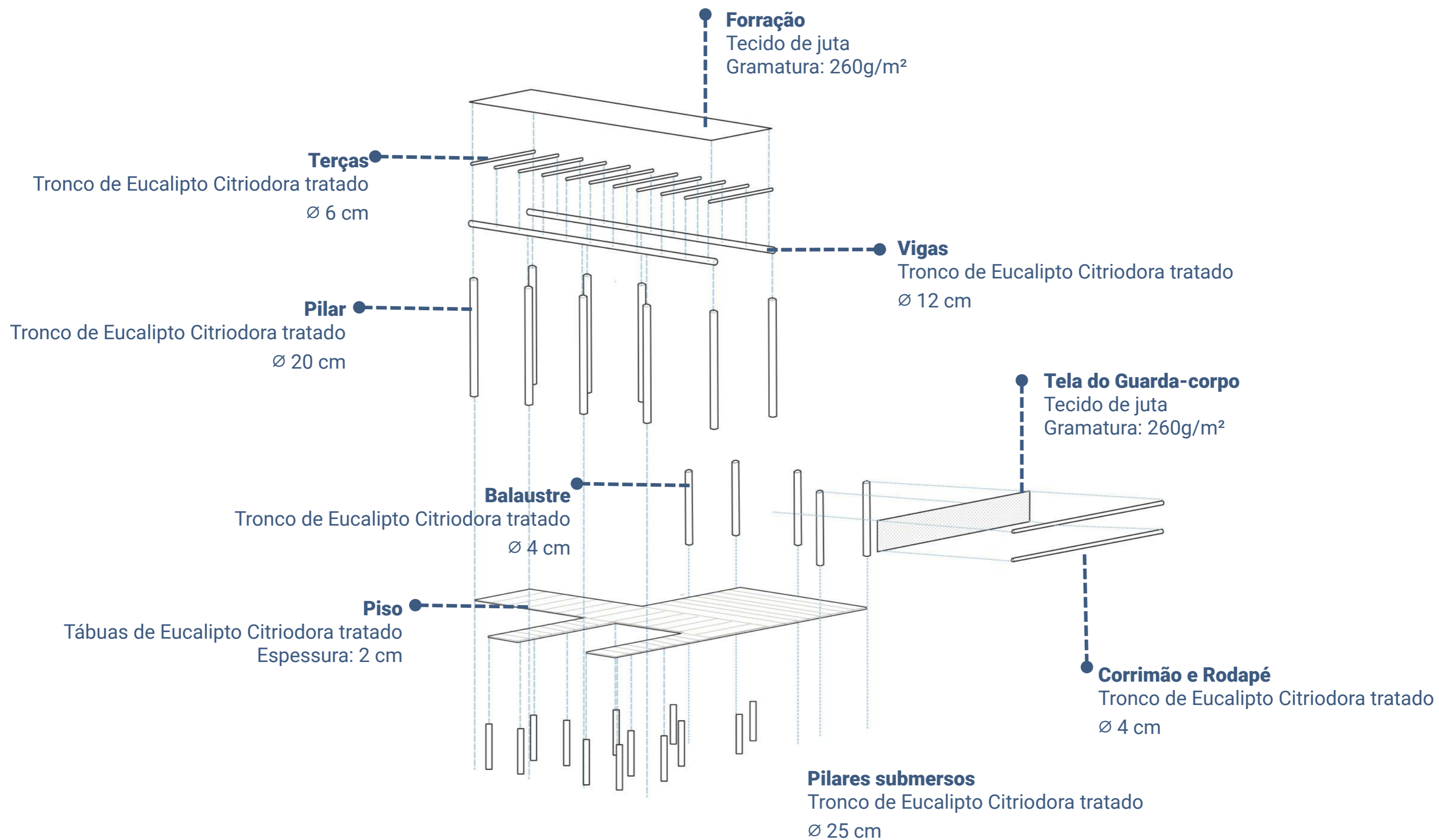
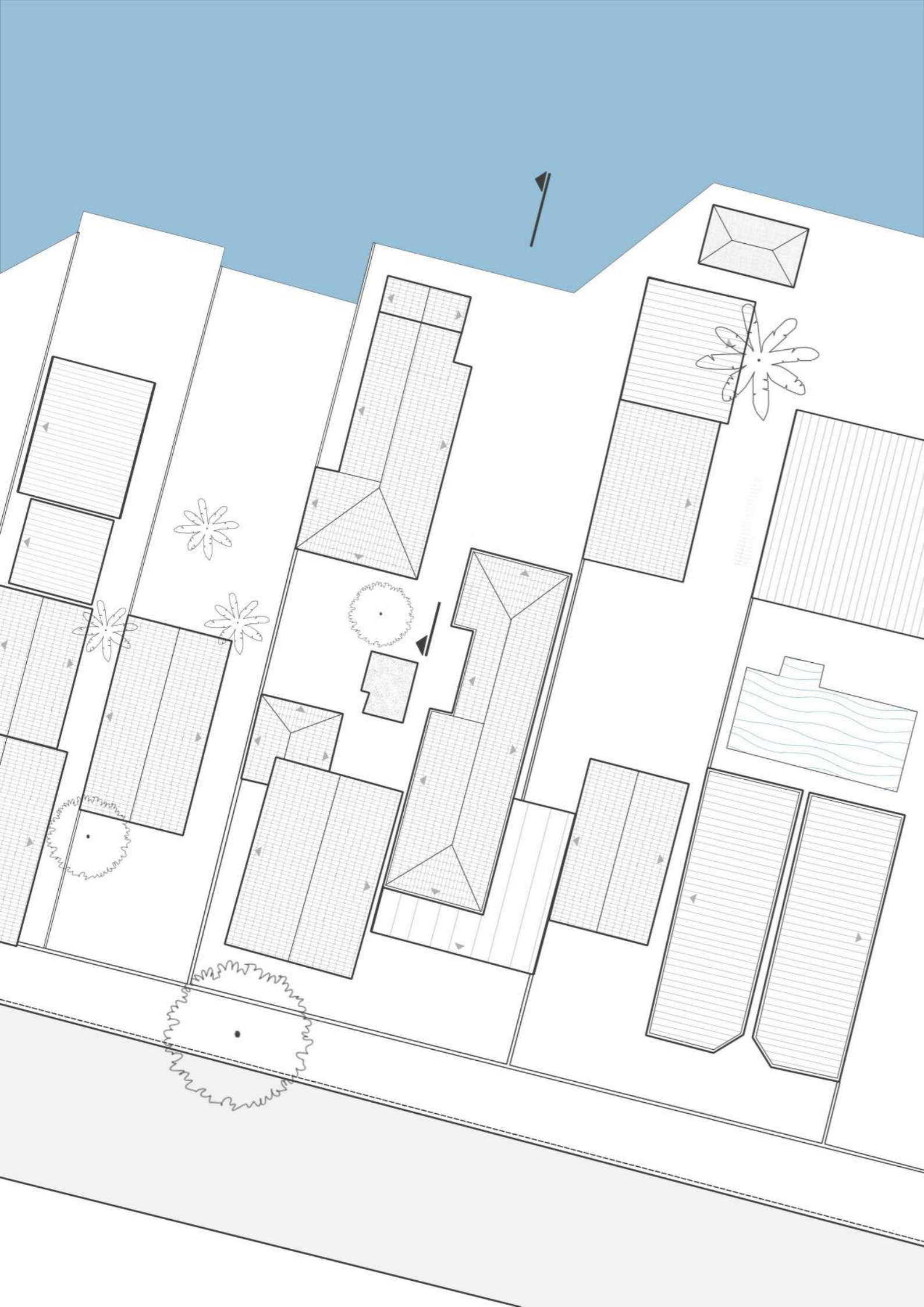


Figura 55: Perspectiva explodida do píer do pescador
Fonte: Elaborado pelo autor



Alagados Construídos

Para evitar a remoção de famílias que atualmente possuem residência adjacente ao rio, a medida adotada será a construção de alagados construídos em áreas próximas a edificações vulneráveis.

Em um cenário onde nenhuma medida seja tomada, projeta-se os impactos futuros onde o avanço da água compromete diretamente as edificações, invadindo a área próxima as construções durante o período de enchente, além disso, perfil da margem torna-se mais irregular, com indícios de erosão acelerada e possível colapso do solo próximo ao edifício.

Então, esta solução integra estratégias de engenharia e paisagismo para mitigar os problemas através das seguintes medidas:

- **Vegetação de amortecimento:** Inserção de plantas ao longo da margem, atuando como barreira natural contra a erosão e ajudando na absorção da água no período de enchente.
- **Riserma:** Estrutura de enrocamento inclinada, feita para estabilizar o solo da margem, promovendo o controle da erosão.
- **Alimentação da margem:** Adição de materiais (como sedimentos ou pedras) para ampliar e reforçar a margem, criando uma transição mais suave entre terra e água.

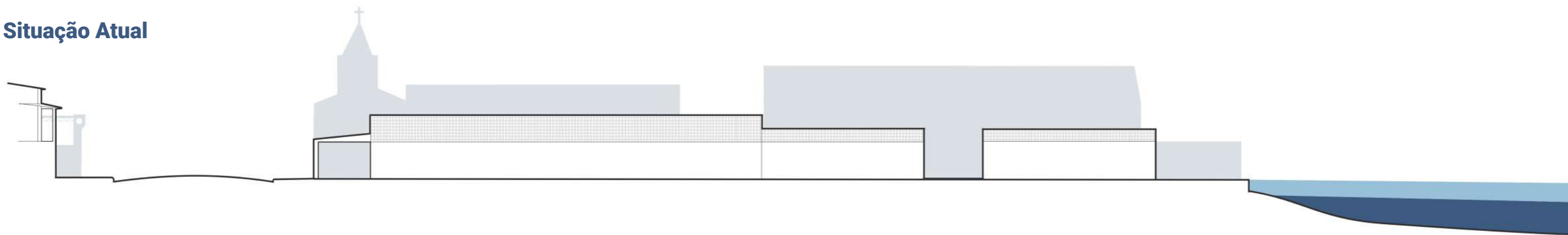
Através dessas medidas espera-se ter como benefícios: a redução do impacto das variações no nível da água durante períodos de enchente, reforço da estabilidade da margem com um sistema de proteção e a melhoria estética e ambiental do local, ao integrar vegetação nativa.

Figura 56: Planta do trecho urbano marginal
Fonte: Elaborado pelo autor

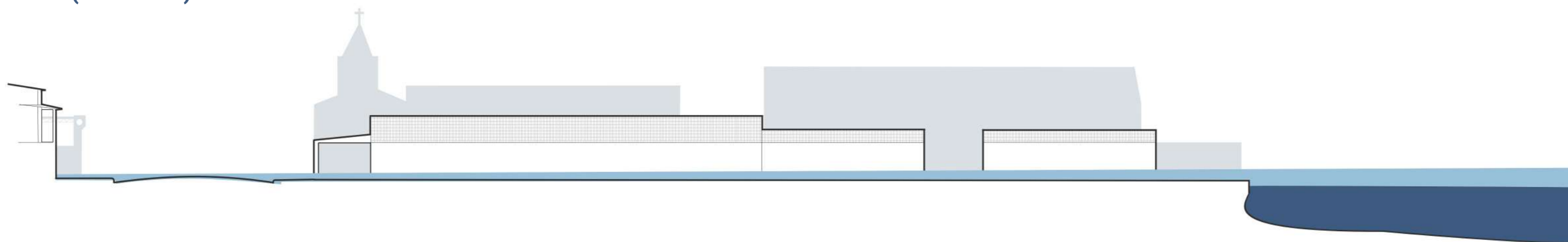


Figura 57: Planta de intervenção do trecho urbano marginal
Fonte: Elaborado pelo autor

Situação Atual



Futuro (fazer nada)



Projeto de intervenção

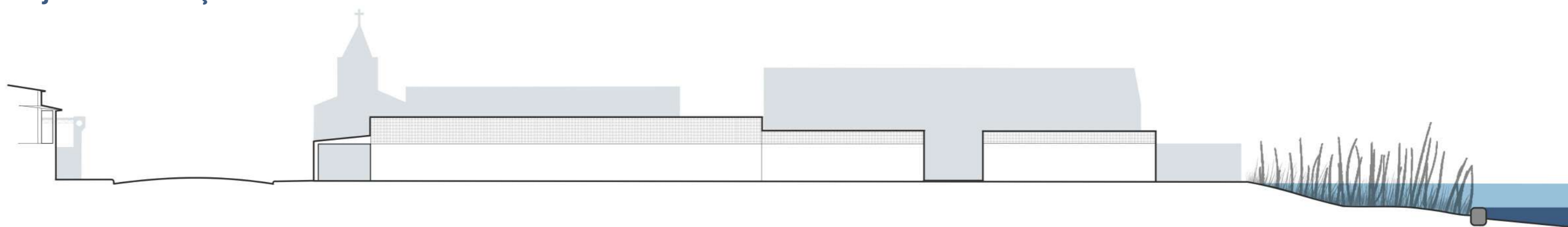
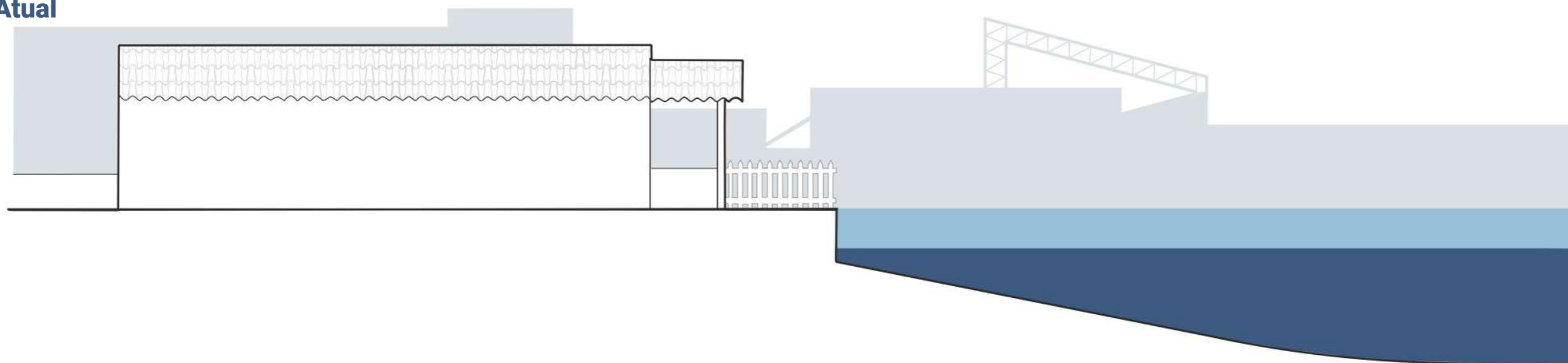


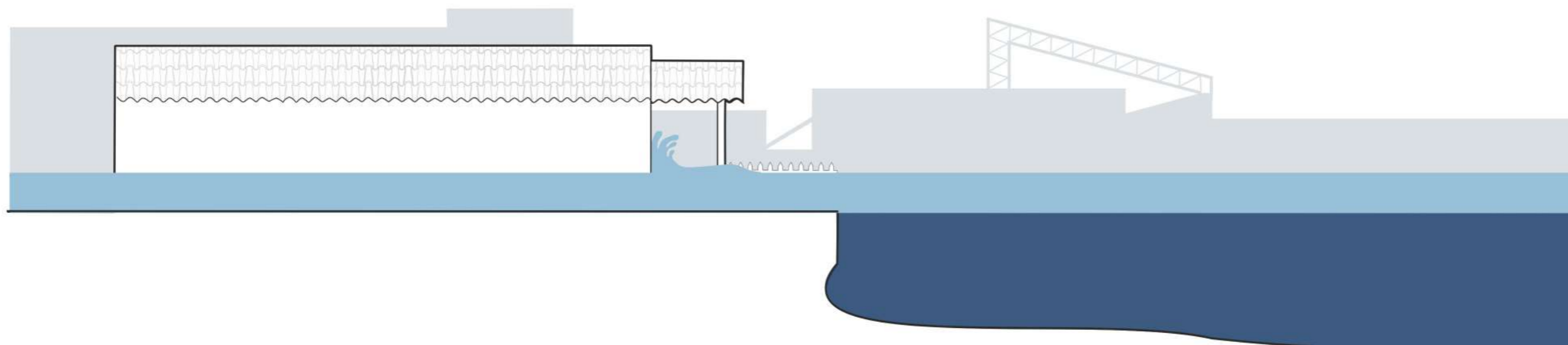
Figura 58: Cortes do trecho urbano marginal antes da intervenção, no futuro e projeto de intervenção
Fonte: Elaborado pelo autor

0 2 5 10m

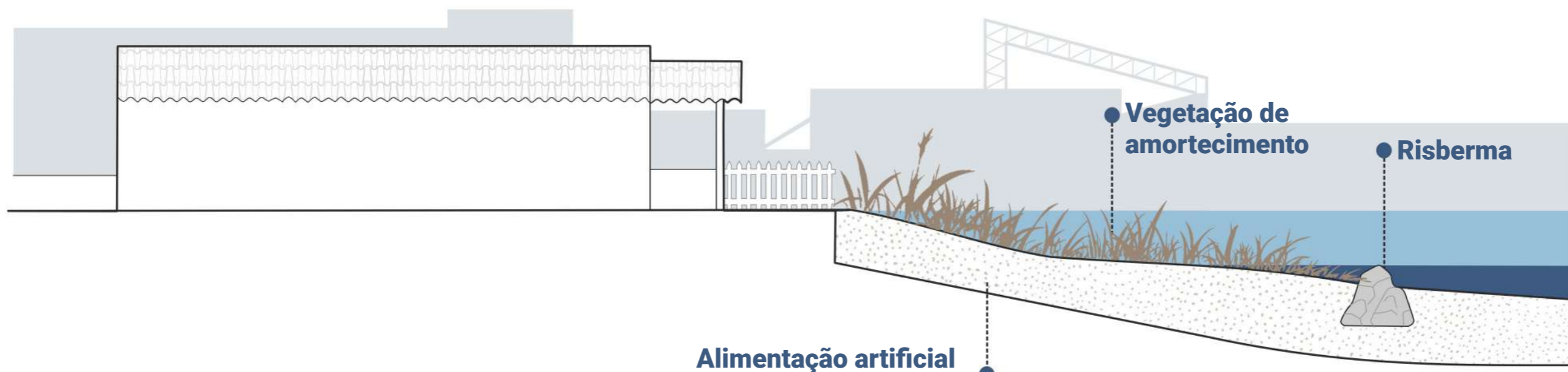
Situação Atual



Futuro (fazer nada)



Projeto de intervenção



Alimentação artificial

Vegetação de amortecimento

Risberma

Figura 58: Cortes de residência a margem do rio antes da intervenção, no futuro e projeto de intervenção
Fonte: Elaborado pelo autor

Adaptação das Residências

Avaliar a possibilidade de alocar cozinha e dormitórios no pavimento superior

Elevação de painéis elétricos

Substituição de escadas por sem espelhos e permeáveis

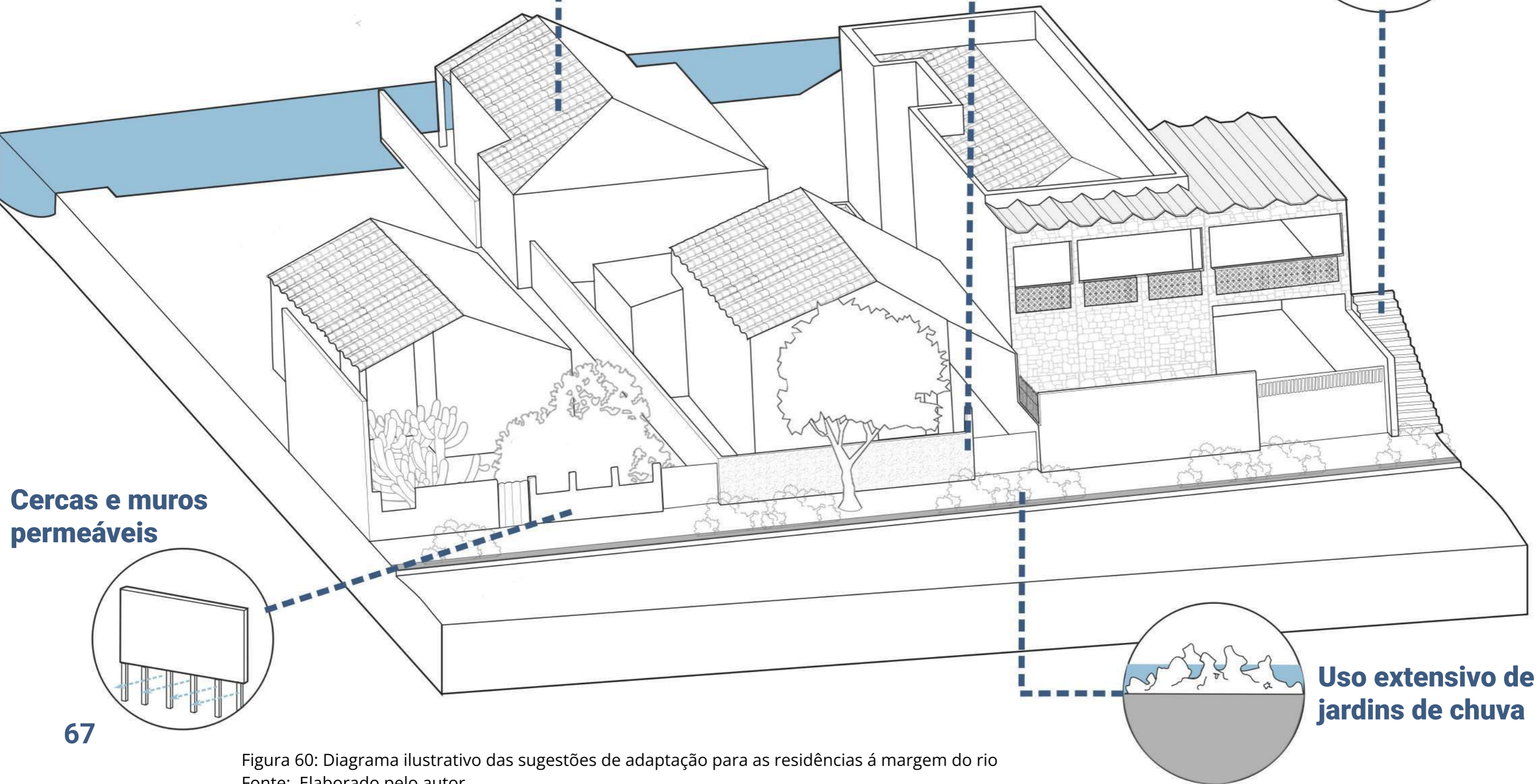
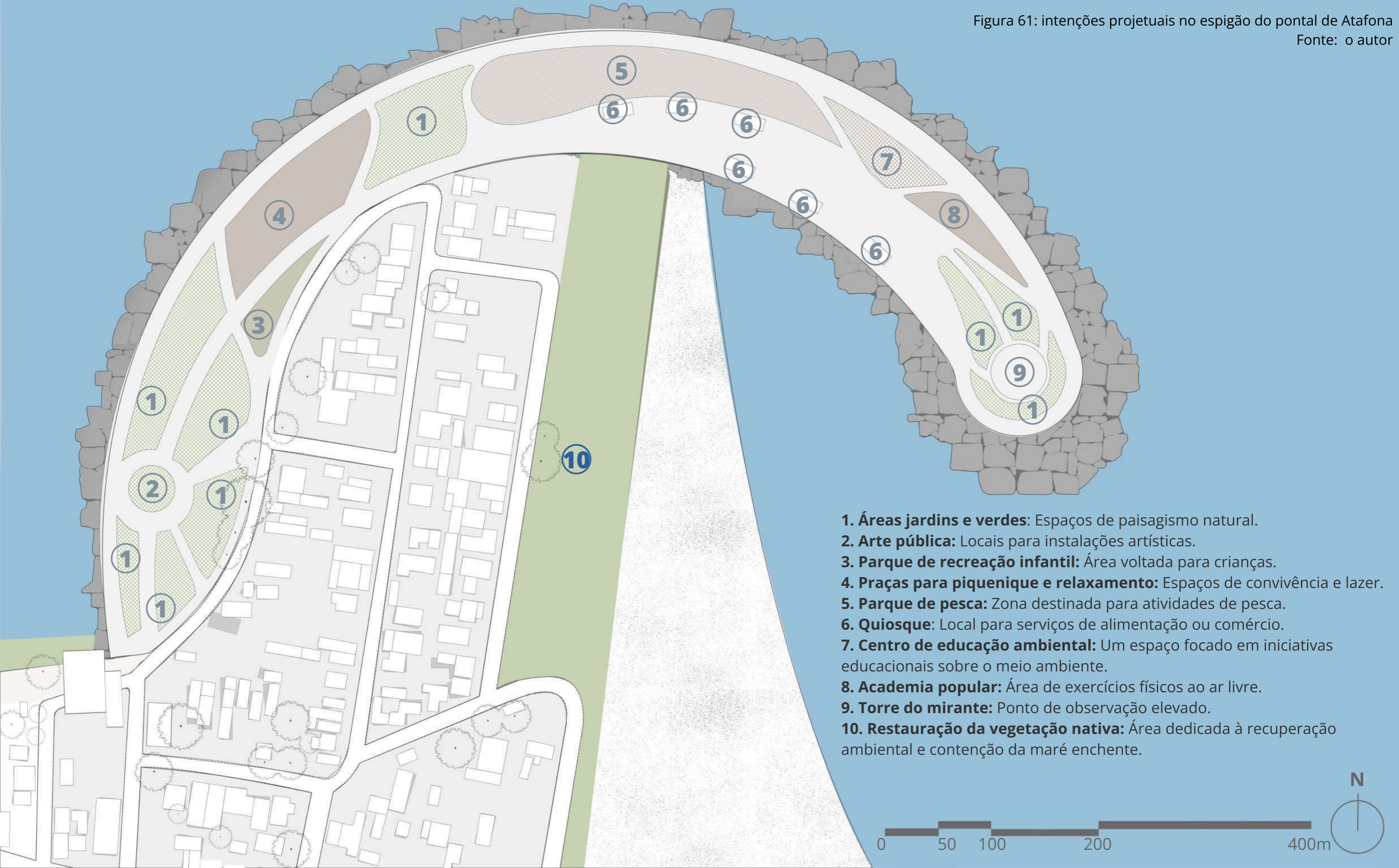
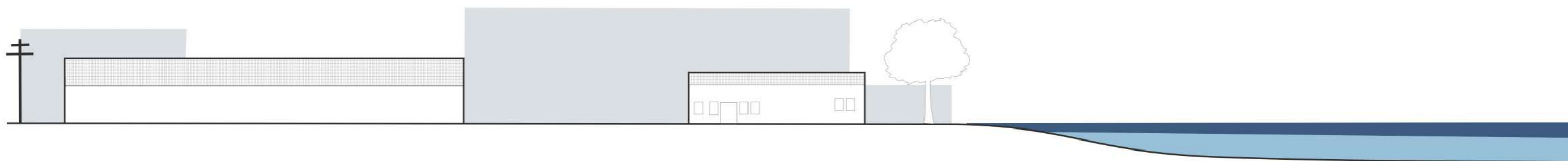


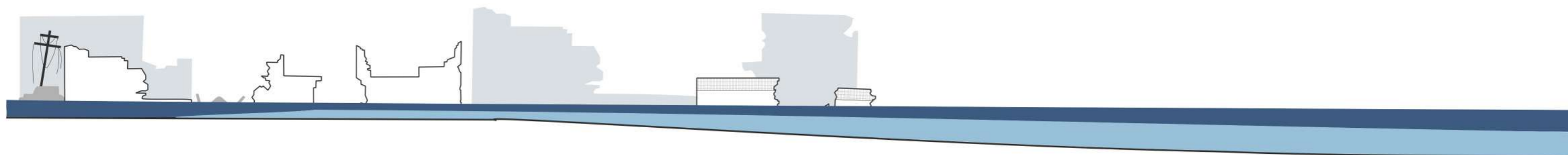
Figura 61: intenções projetuais no espigão do pontal de Atafona
Fonte: o autor



Situação Atual



Futuro (fazer nada)



Projeto de intervenção

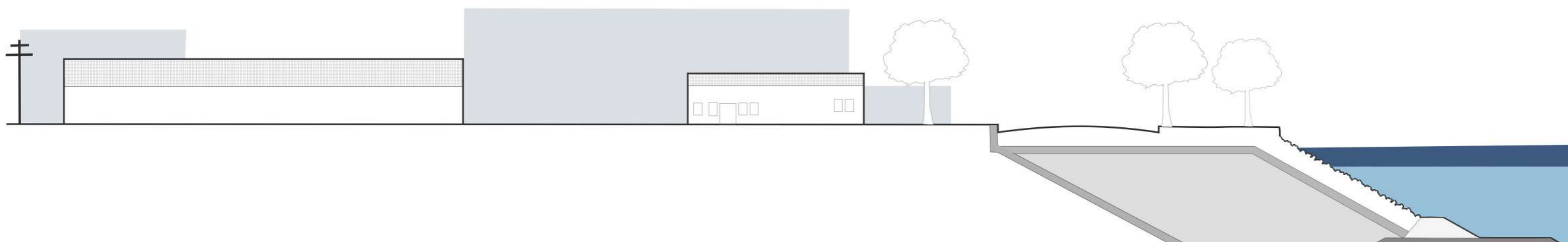


Figura 62: Cortes do espigão do pontall antes da intervenção, no futuro e projeto de intervenção
Fonte: Elaborado pelo autor

4.6 – Diretrizes para os demais espigões

O campo de espigões completo é composto por nove espigões do tipo talude em forma de arco, sendo o maior deles o localizado na Ponta de Atafona. Os demais espigões terão tamanhos e formatos mais uniformes entre si. As diretrizes para seus programas serão planejadas considerando as necessidades geomorfológicas e a ocupação urbana preexistente.

Cada espigão terá uma função específica para atender aos objetivos do projeto. Além de estabilizar as margens e conter a erosão, alguns espigões incluirão espaços de lazer e áreas verdes integradas ao entorno, promovendo a valorização paisagística e turística. Outros terão o papel de proteger zonas urbanas vulneráveis e apoiar a recuperação de habitats naturais, contribuindo para a restauração ecológica da região.

A integração dos espigões com a malha urbana será feita por meio de calçadas e ciclovias, que conectarão os espaços à infraestrutura existente e incentivarão formas sustentáveis de mobilidade. Além disso, áreas de convivência e de eventos culturais poderão ser criadas ao longo do campo de espigões, fortalecendo o uso misto e o engajamento da comunidade local.

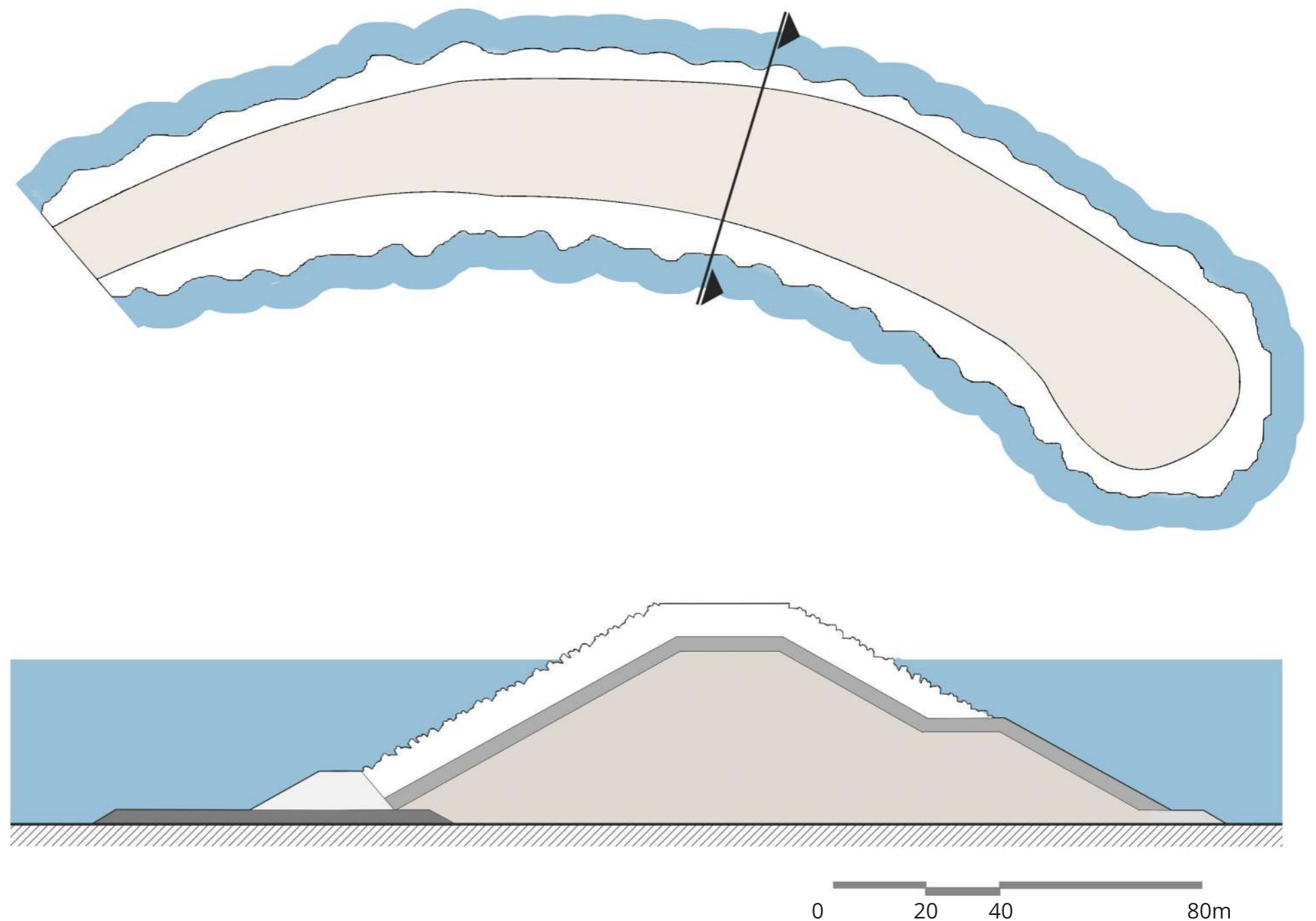
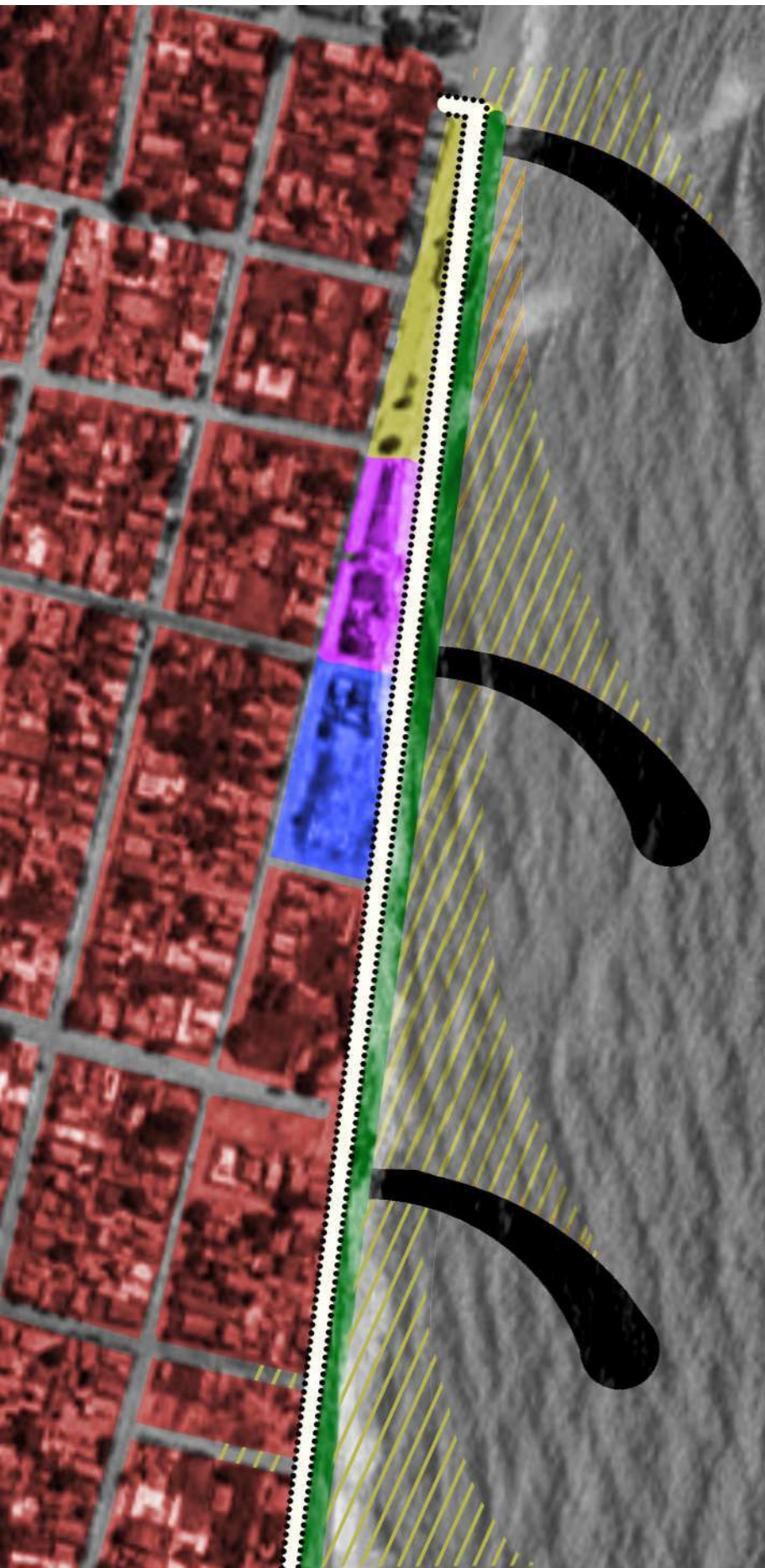


Figura 63: Planta e corte do modelo de espigão a ser instalado ao longo da praia de Atafona
Fonte: Elaborado pelo autor



Área 2: Nebulosas

Esta área da intervenção, que recebe o nome em homenagem à poetisa e jornalista sanjoanense Narcisa Amália, a primeira mulher no Brasil a atuar como jornalista, contempla um campo com três espigões costeiros conectados a um parque maior de uso misto, que será construído nos lotes já afetados pelo avanço do mar após a remoção das ruínas. Essa região também é severamente impactada pela erosão, sendo necessário realizar aterros para o alargamento da faixa de praia.

O parque terá usos múltiplos, com foco em atividades de lazer ativo, esportes e eventos culturais. Um calçadão será criado para incentivar o trânsito a pé e de bicicleta, promovendo a redução da velocidade dos automóveis que circulam pela Rua Feliciano Sodré.

Os espigões seguirão o programa do parque na orla, com palcos, anfiteatros, arquibancadas e quiosques, favorecendo o turismo e a cultura do município. Essas estruturas servirão como apoio a eventos culturais característicos, como desfiles de barcos alegóricos, festas juninas e outros eventos religiosos que atraem visitantes e impulsionam a economia de São João da Barra.

- Espigão Costeiro
- Ocupação preexistente
- Área de lazer passivo
- Área de lazer ativo
- Zona de amortecimento
- Espaço cultural
- Alimentação Artificial
- Nova via



Figura 64: mapa de intenções na área de intervenção Nebulosas
Fonte: o autor

O projeto busca integrar a resiliência urbana com a cultura local, preservando o patrimônio natural e construído ao lidar com o avanço do mar. A criação de espaços para o lazer e para eventos culturais não apenas fortalece a identidade do município, mas também contribui para a valorização econômica e ambiental. A proposta de um calçadão que incentiva a mobilidade ativa visa transformar a área em um espaço democrático e acessível, diminuindo o impacto ambiental dos transportes motorizados e ampliando o contato das pessoas com o mar e os eventos locais.

Área 3 – Pico da Raposa

A região do Pico da Raposa é uma das áreas da praia com risco mais eminente, pois ainda é densamente povoada e não sofreu os impactos mais dramáticos do avanço do mar. Para mitigar esse risco, além da construção de um espigão, será necessária a implementação de alimentação artificial da praia. Essa medida visa restaurar o equilíbrio geológico da área e recuperar o potencial recreacional da praia, fortalecendo sua função como espaço de lazer e convivência.

O programa do espigão deve incluir elementos que atendam tanto às demandas ambientais quanto sociais. Entre eles: áreas para atividades recreativas, como pequenos quiosques ou espaços para piqueniques, integrados ao paisagismo, plantio de vegetação nativa para reforçar a estabilidade do solo e a proteção contra a erosão e conexões com áreas urbanas com caminhos acessíveis, calçadas e ciclovias para integrar o espigão à malha urbana e facilitar o acesso à praia.

Com essas intervenções, a região do Pico da Raposa poderá não apenas reduzir os riscos associados ao avanço do mar, mas também revitalizar-se como um ponto de destaque na área costeira.

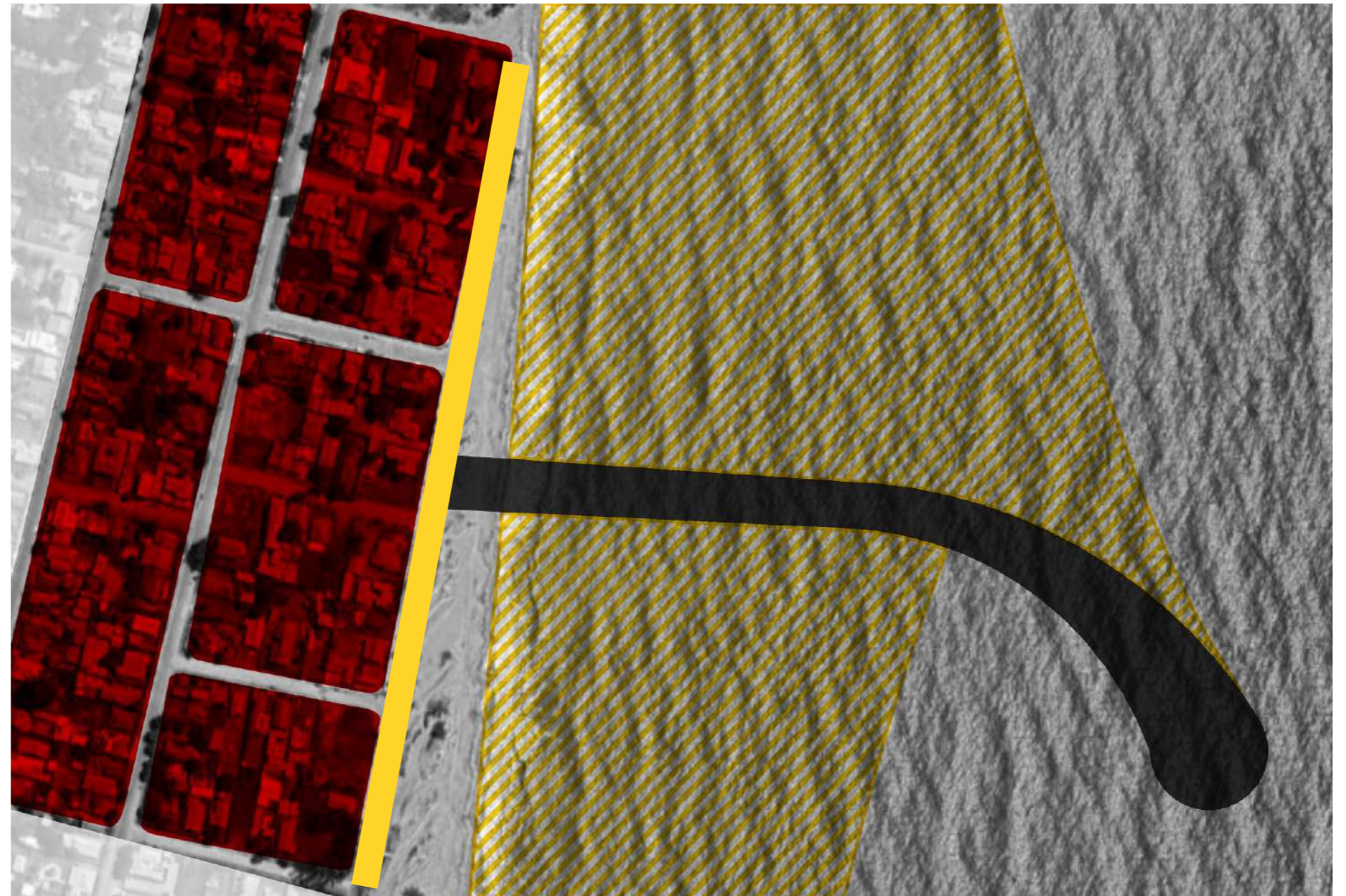


Figura 65: mapa de intenções no Pico da Raposa
Fonte: o autor

-  Espigão Costeiro
-  Ocupação preexistente
-  Calçada e ciclovia
-  Alimentação Artificial



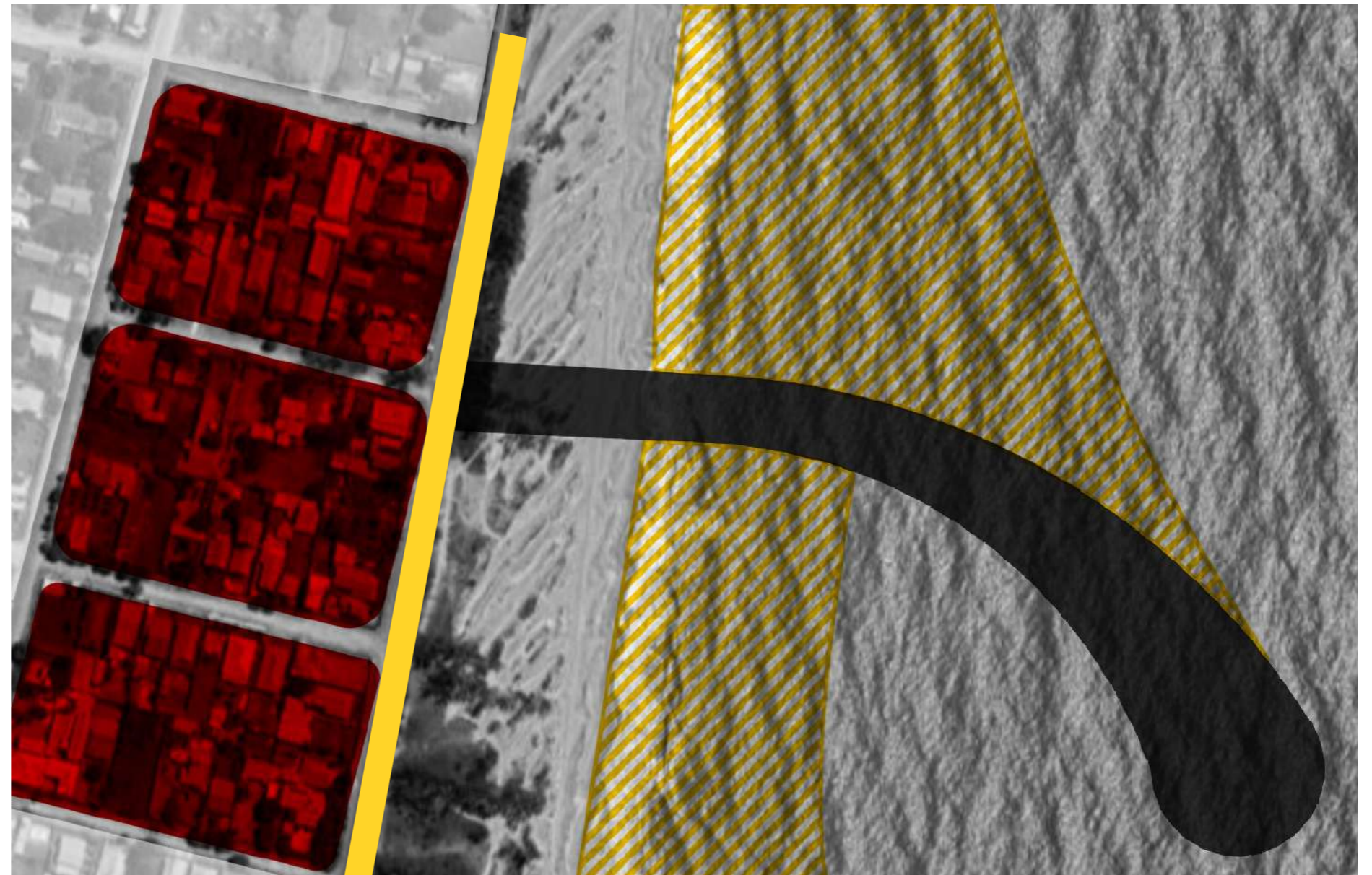
Área 4 – Dunas

Na região das Dunas, o processo erosivo começa a se tornar menos agressivo. No entanto, ainda será necessária a construção de um espigão e a alimentação artificial da faixa de areia. Além disso, será essencial formar zonas de amortecimento por meio da restauração da vegetação nativa, garantindo que as dunas transgressoras não avancem em direção à cidade.

O espigão dessa área deverá contar com barreiras naturais integradas que complementem a vegetação nativa, ajudando a estabilizar o solo e a conter o avanço das dunas, além das áreas para lazer e educação ambiental: Espaços de convivência com bancos, mirantes e placas educativas sobre a importância da vegetação costeira e das dunas como barreiras naturais.

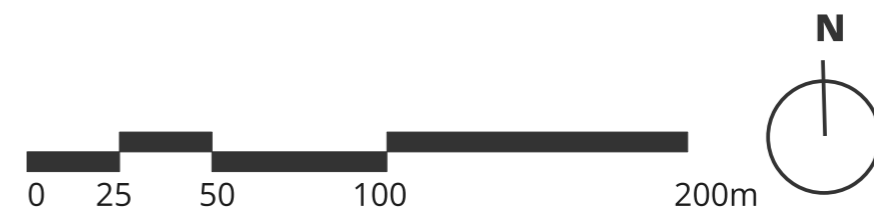
Também propõe-se uma Estação de Monitoramento e controle ambiental: que sirva de apoio de sistemas para medir o deslocamento das dunas e a eficácia das medidas de mitigação, com painéis informativos para a comunidade e os visitantes.

A restauração da vegetação nativa será realizada com espécies adaptadas ao ambiente costeiro, promovendo maior estabilidade das dunas e favorecendo a biodiversidade local. Essa vegetação, além de atuar como barreira física, contribuirá para a regeneração dos ecossistemas costeiros, proporcionando benefícios ecológicos e paisagísticos.



-  Espigão Costeiro
-  Ocupação preexistente
-  Parque Linear
-  Alimentação Artificial

Figura 66: mapa de intenções na região das Dunas
Fonte: o autor



Área 5 – Beira-mar

Na região Beira Mar ocorre uma situação similar à da região das Dunas. A erosão é menos intensa, a praia ainda mantém parte de seu potencial recreacional e há trechos de vegetação nativa remanescente. Para essa área, as estratégias de manutenção e mitigação da erosão continuam sendo a alimentação artificial da praia e a construção de um espigão costeiro. Esse espigão será urbanizado com áreas multifuncionais que possam ser usadas para eventos culturais, feiras e práticas esportivas, promovendo o uso diversificado do espaço e a requalificação paisagística com o plantio de vegetação nativa ao longo do espigão e das áreas adjacentes, integrando o ambiente natural ao espaço urbano.

Além dessas melhorias urbanísticas, será realizado um programa de manutenção contínua da vegetação nativa existente e das áreas restauradas, assegurando a proteção do solo e a preservação da biodiversidade. Com essas intervenções, a região Beira Mar poderá continuar desempenhando seu papel como espaço de lazer e convivência, ao mesmo tempo em que enfrenta os desafios impostos pela erosão costeira de forma integrada.

-  Espigão Costeiro
-  Ocupação preexistente
-  Parque Linear
-  Alimentação Artificial

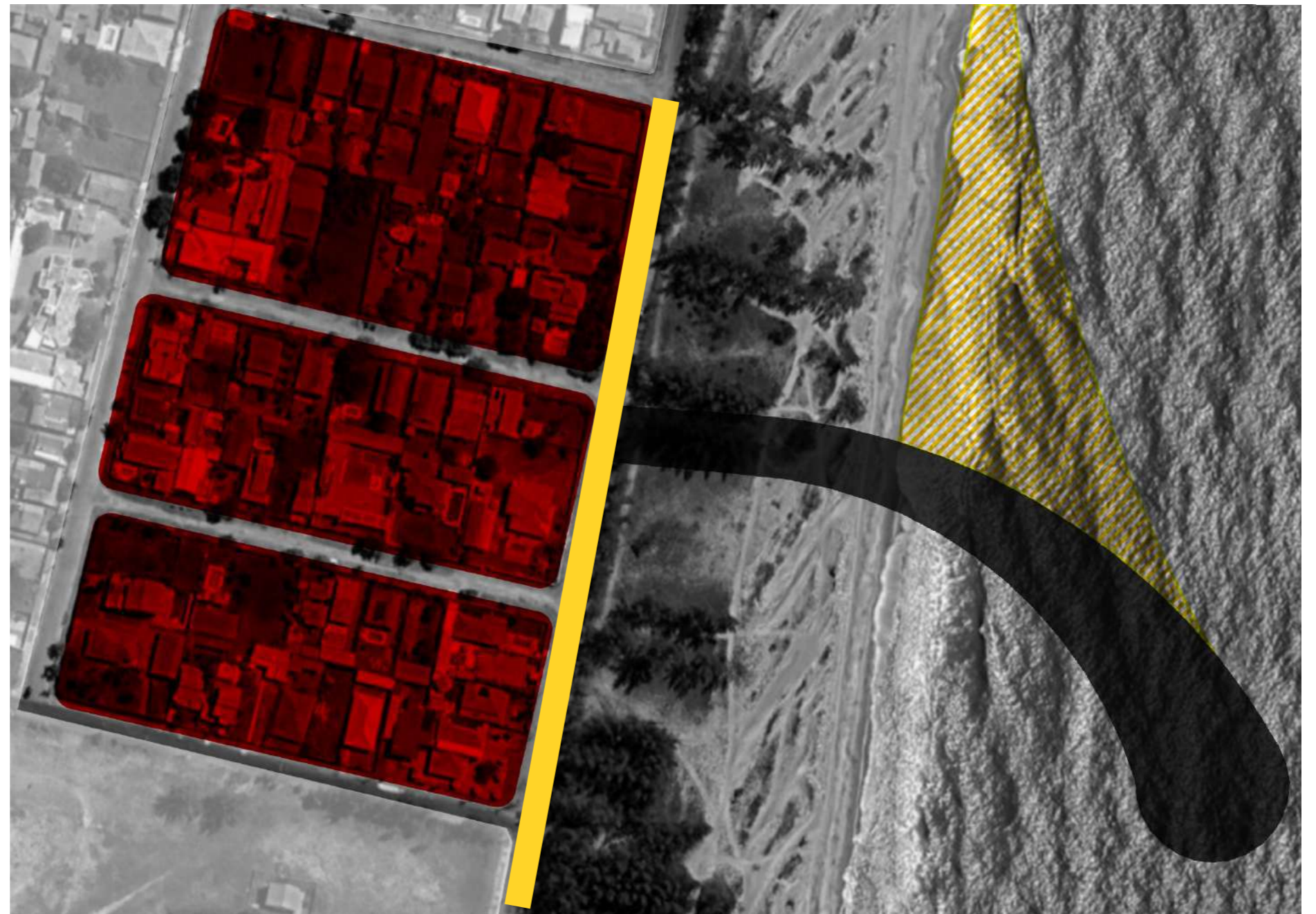


Figura 67: mapa de intenções na região Beira Mar
Fonte: o autor

Área 6: Balneário de Atafona

Essa área formará um campo com dois espigões integrados ao parque já existente no Balneário de Atafona. Uma calçada com ciclovia será implementada para facilitar o trânsito de pedestres e ciclistas, além de contribuir para a redução da velocidade dos veículos. Embora seja uma região menos afetada pela erosão, será necessário realizar aterros para restaurar o equilíbrio geológico costeiro. A vegetação das dunas desempenha um papel essencial na contenção do avanço da areia em direção à cidade.

O programa dos espigões propõe ser uma extensão do camping, com estruturas como áreas de preservação de vegetação nativa, mirantes para a observação de paisagens naturais, jardins e áreas verdes, além de espaços para piqueniques. Haverá também trilhas educativas, que permitirão que os visitantes aprendam sobre a flora e a fauna local, promovendo uma conscientização ambiental. As áreas de lazer serão pensadas para oferecer conforto e acessibilidade, incentivando tanto o turismo quanto a interação da comunidade com o ambiente natural. Além disso, eventos culturais e esportivos poderão ser realizados no local, aproveitando a infraestrutura dos espigões como suporte para atividades ao ar livre.

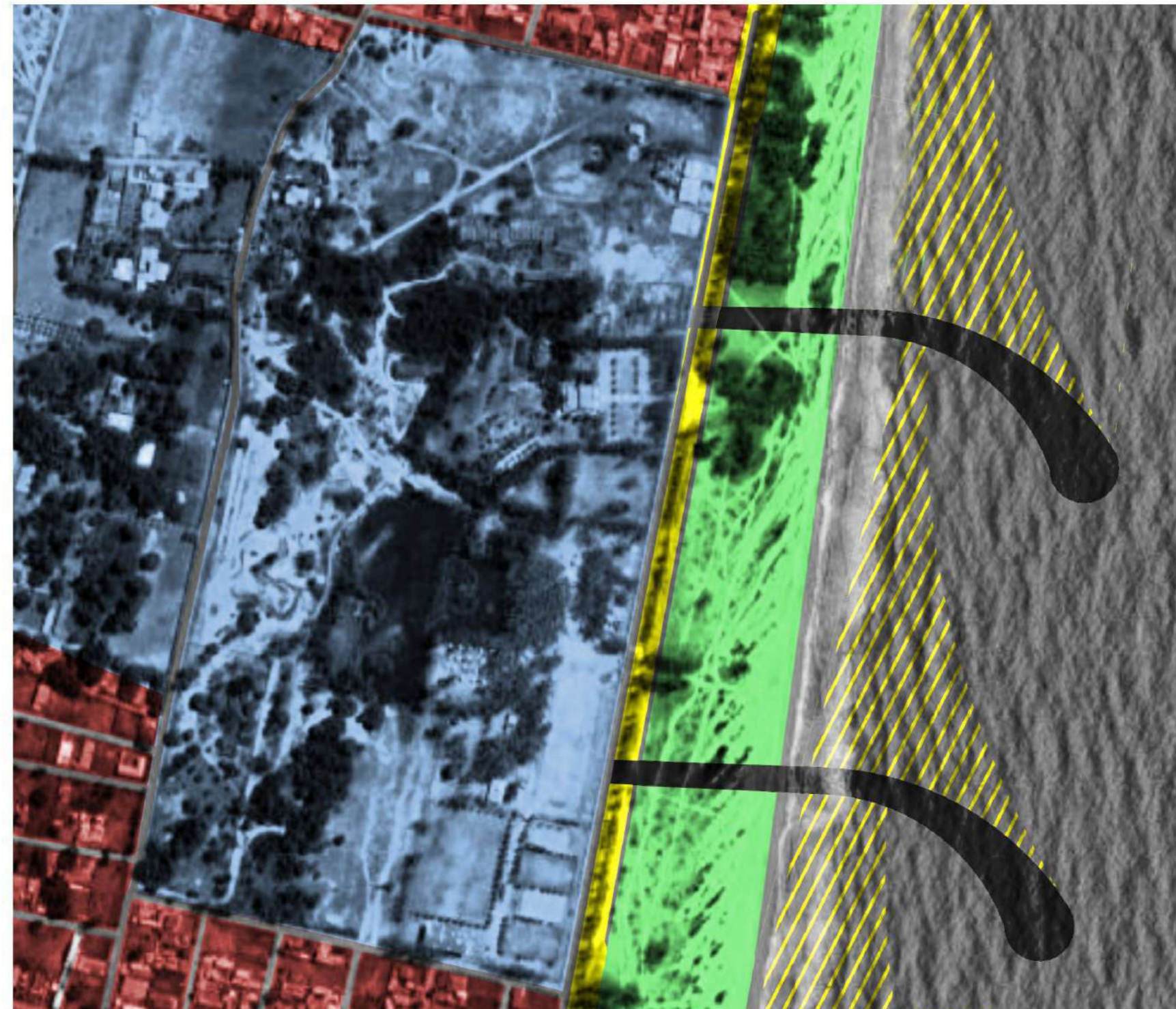
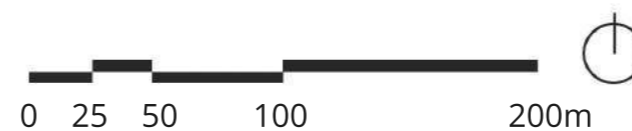


Figura 68: mapa de intenções no Balneário de Atafona
Fonte: o autor

-  Espigão Costeiro
-  Ocupação preexistente
-  Dunas vegetadas
-  Parque ecológico
-  Alimentação Artificial
-  Calçada e ciclovia



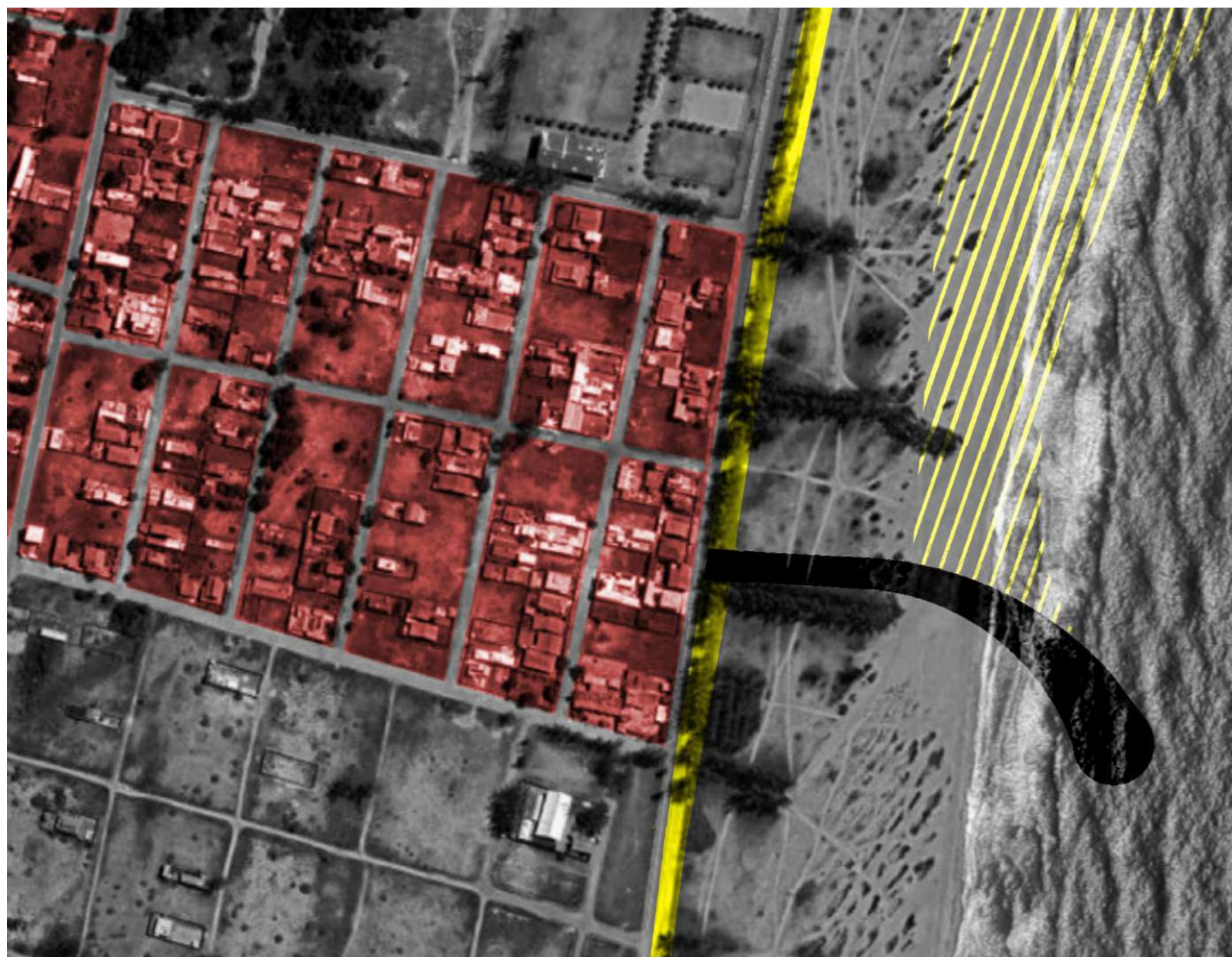


Figura 69: mapa de intenções no Chapéu do Sol
 Fonte: o autor

- Espigão Costeiro
- Ocupação preexistente
- Calçada e ciclovia
- Alimentação artificial



Área 7: Chapéu do Sol

A área do Chapéu do Sol, na situação atual, é viável para recreação; no entanto, como observado, a erosão costeira tende a se agravar, e, em alguns anos, essa região também será afetada pelo avanço do mar, caso nenhuma ação seja tomada. A intervenção incluirá a extensão da calçada e da ciclovia ao longo da Rua Feliciano Sodré, sendo necessário o aterro nesta área para restaurar o equilíbrio geológico de toda a orla.

Trata-se de uma região predominantemente residencial, de baixa densidade, com comércios locais e muitos lotes desocupados, previstos para a expansão urbana do município, que ainda oferece qualidade recreativa na praia. Isso torna o impacto do espigão mais perceptível. Para mitigar esse impacto, o projeto promoverá atividades de lazer à beira-mar, incluindo áreas de convivência, espaços para encontros comunitários e eventos sociais, áreas sombreadas com mobiliário para descanso e interação, acesso seguro às praias e ao mar, passarelas sobre as dunas, além de quiosques de alimentação.

Adicionalmente, o projeto prevê a implementação de vegetação nativa nas dunas para contribuir com a estabilização do solo e a proteção contra a erosão, promovendo também a biodiversidade local, com o objetivo de harmonizar a intervenção com a paisagem natural e reforçar o compromisso ambiental da comunidade.

6.

CONCLUSÃO



Figura 70: Casa e ruínas na ora de Atafona
Fonte: o autor

5.1 – Considerações Finais

A solução proposta para a erosão costeira crônica que atinge Atafona e interromper a perda de propriedades na área urbana do distrito, a partir dessa análise busca conciliar a reabilitação do tecido urbano, da costa em seus aspectos tecnológicos e socioeconômicos.

A construção dos espigões não seria a solução definitiva para a problema da erosão costeira, pra uma solução mais durável e que potencialize a eficiência dos espigões é proposto ao município que realize as seguintes ações em conjunto à construção dos espigões:

- O retorno do município as atividades do Projeto Orla.
- Desenvolvimento de um projeto de restauração da mata ciliar do Rio Paraíba do Sul.
- Elaboração de um projeto de habitação para as pessoas que moram de maneira irregular a margem do Rio Paraíba do Sul.
- Promover interação entre os municípios que estão na Bacia do Paraíba para que em conjunto consigam mitigar os problemas causados pela diminuição da vazão do rio.

Além disto, para a elaboração de um projeto urbano e estudo de viabilidade serão necessários:

- Mapeamento cartográfico de toda a costa do município
- Realizar estudos e análises de engenharia que determinam a localização adequada dos espigões.
- Promover a conscientização pública sobre a importância da proteção costeira e dos espigões urbanizados como medida de mitigação da erosão.
- Compreender a dinâmica socioeconômicas do município para que as medidas de adaptação não sejam agressivas e atendam as demandas da população

A princípio, essas ações podem parecer custosas, mas são de grande importância para a vida do município. O retorno em qualidade de vida para o sanjoanense, além de trazer reforço para sua atividade turística e cultural, é significativo.

Além disso, a implementação dessas ações contribui para o desenvolvimento sustentável da região, promovendo a preservação ambiental e o fortalecimento da identidade local. A valorização do patrimônio histórico e cultural, acompanhado a melhoria da infraestrutura urbana, atrai mais visitantes e impulsiona a economia local.

Em suma, essas ações representam um investimento vital no futuro do município, beneficiando tanto os residentes quanto os visitantes. A integração das estruturas dos espigões com o tecido urbano e a adoção de solu-

ções baseadas na natureza representam um desafio complexo, mas factível. Com uma abordagem multidisciplinar, participativa e adaptativa, será possível criar um ambiente urbano mais resiliente, sustentável e harmonioso, beneficiando tanto a população local quanto o ecossistema. Com planejamento estratégico é possível elaborar um projeto que promova um desenvolvimento equilibrado e próspero para São João da Barra.

5.2 – Trabalhos Futuros

Este trabalho teve como objetivo analisar as causas da erosão costeira em Atafona e propor um projeto de mitigação com uma abordagem multidisciplinar, abrangendo aspectos geológicos, sociais, legais e econômicos. A partir dessa análise, estratégias de desenho urbano, arquitetura da paisagem e planejamento urbano foram integradas para desenvolver um projeto coeso. No entanto, a erosão costeira é apenas um dos problemas enfrentados pelos municípios na Bacia do Paraíba do Sul, que são consequências da redução da vazão do Rio Paraíba do Sul, o desmatamento da mata ciliar e o assoreamento.

Devido ao tempo disponível para a elaboração deste trabalho, uma lacuna que poderia ser explorada em pesquisas futuras é o detalhamento e aprofundamento do desenho urbano nas demais regiões onde está indicada a instalação de espigões costeiros. Também seria pertinente propor a criação de um conjunto de leis que abranjam todos os municípios pertencentes à bacia do Rio Paraíba do Sul. Esse conjunto de normas poderia funcionar como uma espécie de Plano Diretor da Bacia do Paraíba do Sul, estabelecendo diretrizes comuns para a gestão integrada dos recursos hídricos

Além disso, a elaboração de um diagnóstico para a definição da estratégia projetual exigiu uma análise em múltiplas escalas, o que trouxe à tona aspectos relevantes para um estudo mais aprofundado da Bacia do Rio Paraíba do Sul. Essa abordagem multiescalar e multidisciplinar permite uma compreensão mais completa do contexto urbano em que a crise está inserida. A seguir, destacam-se alguns aspectos que poderão ser objeto de investigação futura:

No município de Campos dos Goytacazes, durante o processo de urbanização, observou-se a formação de diversas áreas de moradias ocupadas por habitantes das camadas populares às margens do rio Paraíba do Sul. Entre essas comunidades destacam-se a favela Matadouro e a comunidade Goiabal, que se tornam particularmente vulneráveis à erosão marginal e aos períodos de cheia.

Nessa região, episódios de chuvas mais intensas frequentemente elevam o nível do rio, fazendo com que ele ultrapasse a cota de transbordo. Eventos críticos em sub-bacias são comuns, com inundações anuais em pontos isolados. Contudo, devido à falta de adaptação das construções, as áreas próximas às regiões de enchentes acabam expostas a riscos consideráveis, comprometendo a segurança das populações locais.

Além das ameaças naturais, a bacia do Paraíba do Sul enfrenta inúmeros problemas decorrentes de atividades humanas, como Barramentos para hidrelétricas, despejos industriais, mineração, agrotóxicos, desvios do curso da água, introdução de espécies exóticas e pesca, logo com uma metodologia de análise e intervenção em diferentes disciplinas e escalas seria possível não apenas mitigar os riscos enfrentados pelas comunidades ribeirinhas, mas também promover um modelo de desenvolvimento sustentável na bacia do Paraíba do Sul.

5.3 – Referências Projetuais

Parque Municipal Roberto Mário Santini
Santos – SP
Arquiteto: Ruy Ohtake

O parque ocupa um espigão costeiro que se avança 400m mar adentro. No local estão instalados brinquedos, pista profissional de skate, ciclovia, mesas ao ar livre para jogos, Museu do Surfe, arquibancada junto ao quebra-mar, torre de observação para jurados em competições de surf e áreas de convivência. Há também heliponto, pistas para corrida e caminhada, estátua em homenagem à imigração japonesa.



Figura 71: Fotografia do parque municipal Roberto Mário Santini
Fonte: Terracom

Projeto Vila Mar
Fortaleza – CE

O projeto com dezesseis equipamentos urbanos que visam reestruturar, qualificar e urbanizar o litoral oeste da cidade, tornando-o mais saudável e atrativo para a população local com a construção cinco espigões construídos na tentativa de mitigar os problemas de erosão costeira. Para além disso, também foi construído um calçadão, ciclovia, praça de convivência, quadras esportivas, campos de areia, quiosques, iluminação pública e o mirante Rosa dos Ventos.



Figura 72: Modelo do espigão
Fonte: Consórcio Píer-Beira Mar

Corredor Verde de Cali
Cali, Valle del Cauca – Colômbia
Arquitetos: Espacio Colectivo, OPUS

O projeto visa a criação, recuperação e adequação do espaço público para estabelecer um grande parque central e linear na cidade, onde convergirão atividades recreativas, culturais e lúdicas, junto a uma ciclovia que atuará como um sistema de mobilidade limpa. Utilizando a margem da antiga linha férrea, o projeto propõe recompor uma rede ecológica urbana entre os morros e o rio, integrando social e espacialmente a cidade. Além disso, busca equilibrar a conectividade com um corredor de transporte público limpo e renovar a cidade por meio de projetos estratégicos que desencadeiem processos de transformação a partir dessa área.



Figura 73: modelo do projeto do corredor verde
Fonte: Espacio Colectivo, OPUS. 2015

5.3 – Referências Bibliográficas

ACREMAN, Mike. Ethical aspects of water and ecosystems. Water Policy, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization 2001.

Agência Nacional de Águas. Paraíba do Sul – Sistema de Acompanhamento de Reservatórios. Disponível em: https://www.ana.gov.br/sar/sin/b_paraiba-do-sul

SOS Mata Atlântica. Aqui tem Mata? Disponível em: <https://www.aquitemmata.org.br/#/busca/rj/Rio%20de%20Janeiro/São%20João%20da%20Barra>

BIRD Eric. Coastal Geomorphology: an introduction – Second Edition.

CANHOLI, Aluísio. Drenagem Urbana e Controle de Enchentes 2ª edição ampliada e atualizada. Agência Nacional de Águas. São Paulo. 2015

CEIVAP – Comitê para integração da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul. Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - Análise dos Impactos e das Medidas Mitigadoras que envolvem a Construção e Operação de Usinas Hidrelétricas. Resende, RJ, 2007.

CITY OF GOLD COAST. Gold coast flood resilient design guideline. Abril de 2023

DOMINGUEZ J.M.L., BITTENCOURT A.C.S.P., Martin Louis. (1983). O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas as desembocaduras dos rios São Francisco (SE-AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). Revista Brasileira de Geociências, 13

Espacio Colectivo, Opus. TER-Corredor Verde de Cali – Opus – diseño, arquitectura e paisaje. Disponível em: <https://www.opusestudio.com/tercorredor-verde-cali> Acesso em 17 de abril de 2024.

FERREIRA, Marcelo. A escassez hídrica (2014-2019) na Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana: Breve história, conflito, gestão e perspectiva. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense. Campos dos Goytacazes, RJ. 2023

FERNANDES, G.B.; ROCHA, T.B.; PEREIRA, T.G.; VASCONCELOS, S.C. Modelo morfológico da origem e evolução das dunas na foz do rio Paraíba do Sul, RJ. In: VII Simpósio Nacional de Geomorfologia e II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, Belo Horizonte, 2008.

FICAGNA, Alessandra. O planejamento turístico a partir da avaliação do potencial do município de São João da Barra (RJ). 2012

Fundação COPPETEC - Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente. Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Diagnóstico dos Recursos Hídricos Relatório Final.

InfoRoyalties - Base de Dados sobre a Distribuição dos Royalties. Disponível em: <http://inforoyalties.ucam-campos.br>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Brasileiro 2022: População De Domicílios: primeiros resultados/IBGE Coordenação Técnica do Censo Demográfico. Rio de Janeiro: IBGE 2023.

IPF SOLUÇÕES FLORESTAIS. Plano de Manejo RPPN Caruara São João da Barra/RJ. Caderno 1

LEME, Rafael; PIRES, Valtair; MONTENEGRO, Thaísa; MORENO Roberta; ACCETTA, Domenico. Modelagem Matemática Para Projeto De Proteção E Restauração Da Praia De Atafona São João Da Barra RJ.

NICOLODI, João Luiz. PETERMANN, Rafael. Mudanças Climáticas e a Vulnerabilidade da Zona Costeira do Brasil: Aspectos ambientais, sociais e tecnológicos

ONU - Organização das Nações Unidas. Surging Seas in a warming world: The latest science on present-day impacts and future projections of sea-level rise. 26 de Agosto de 2024

RIBEIRO, Gilberto; FIGUEIREDO JR.,Alberto; ROSAS, Reiner. Processos Costeiros: Erosão Em Atafona E Progradação Em Grussaí, São João Da Barra (RJ) – Morfometria Para Retratação Espacial Desses Eventos E Identificação De Sua Tendência Evolutiva.

SILVA JR., José; PEDLOWSKI, Marcos. ELEVAÇÃO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR EM SÃO JOÃO DA BARRA, RJ, BRASIL.;

TIMÓTEO, Geraldo. Reflexões a partir do Censo do PEA Pescarte Campos dos Goytacazes – RJ. UENF/EdUENF. 2019

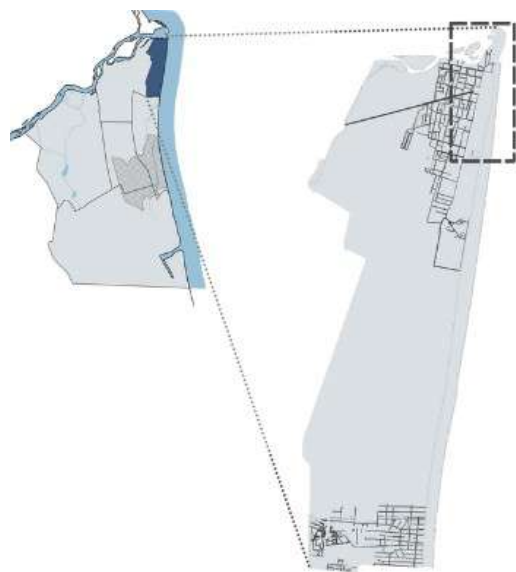
HORIZONTE AZUL:

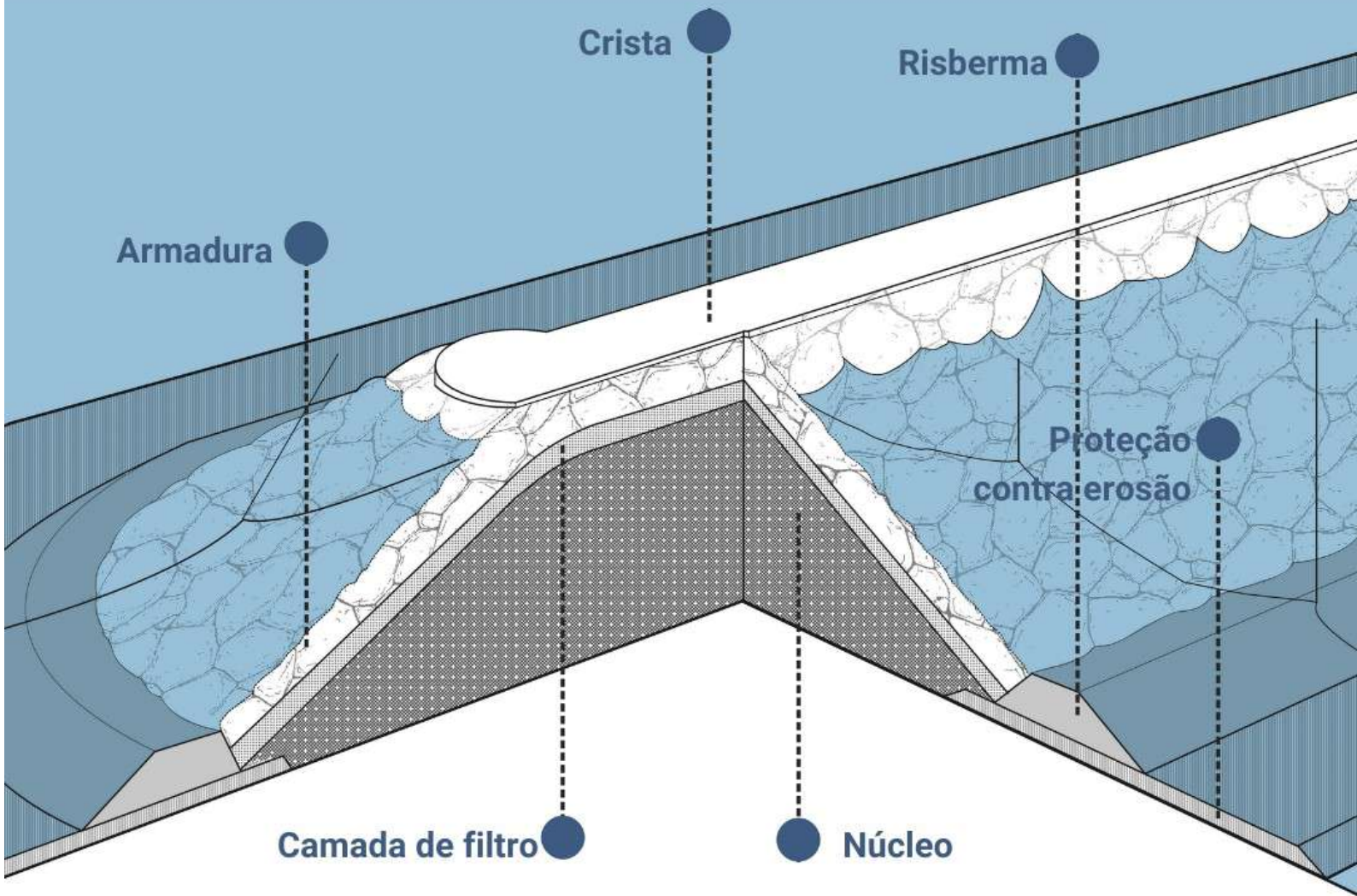
Soluções Integradas para Mitigar a Erosão Costeira em Atafona



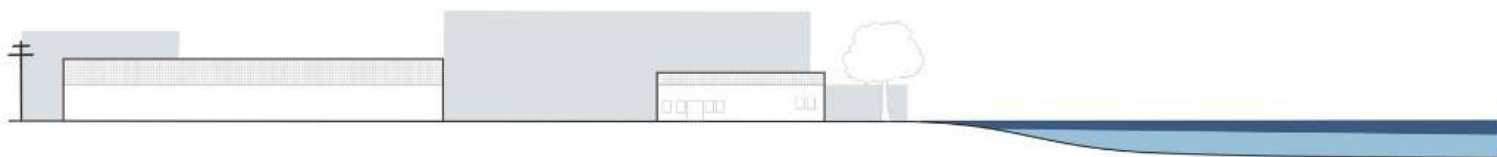
Causas da erosão



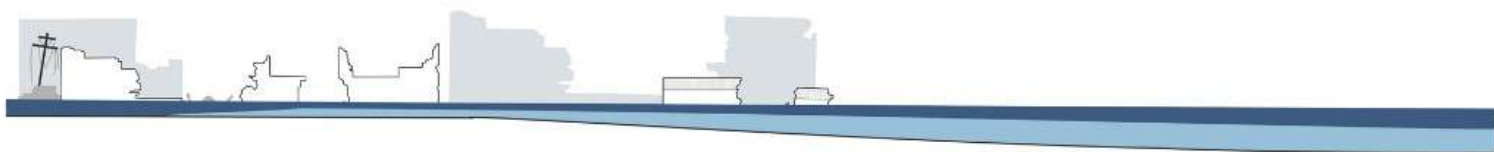




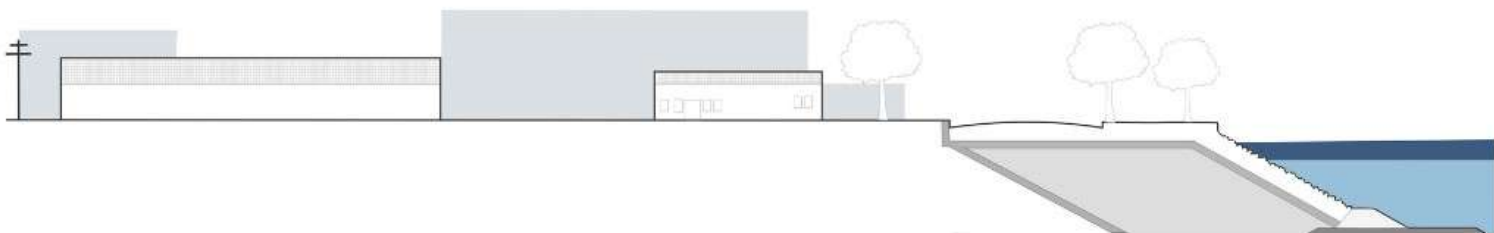
Situação Atual



Futuro (fazer nada)

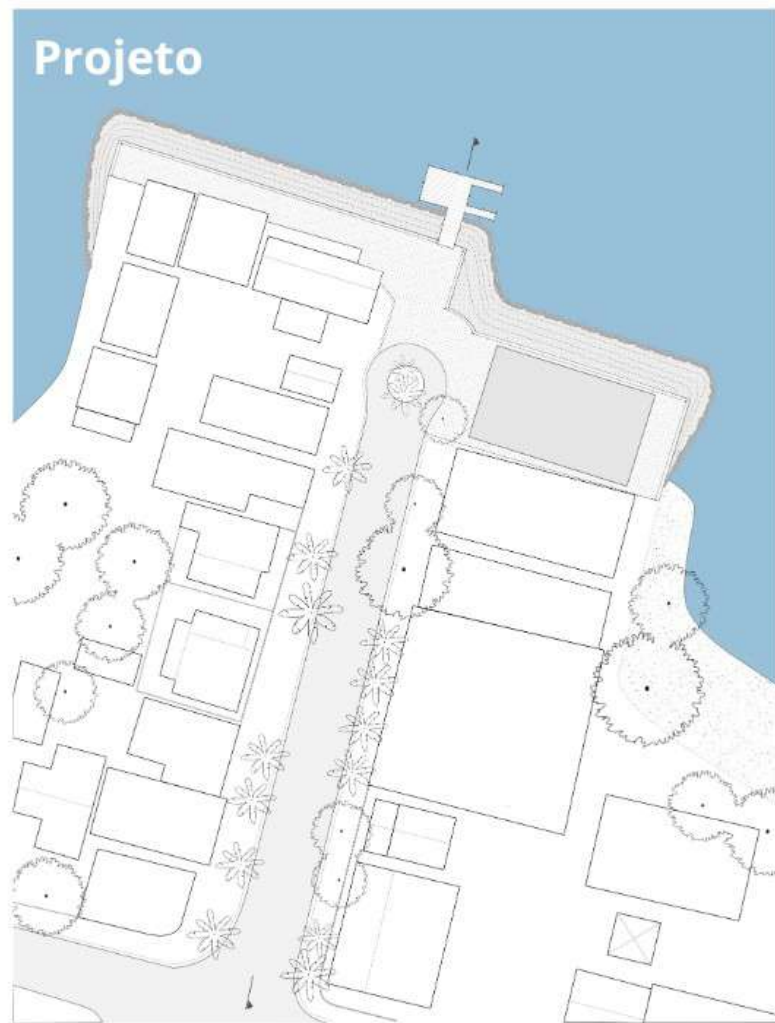
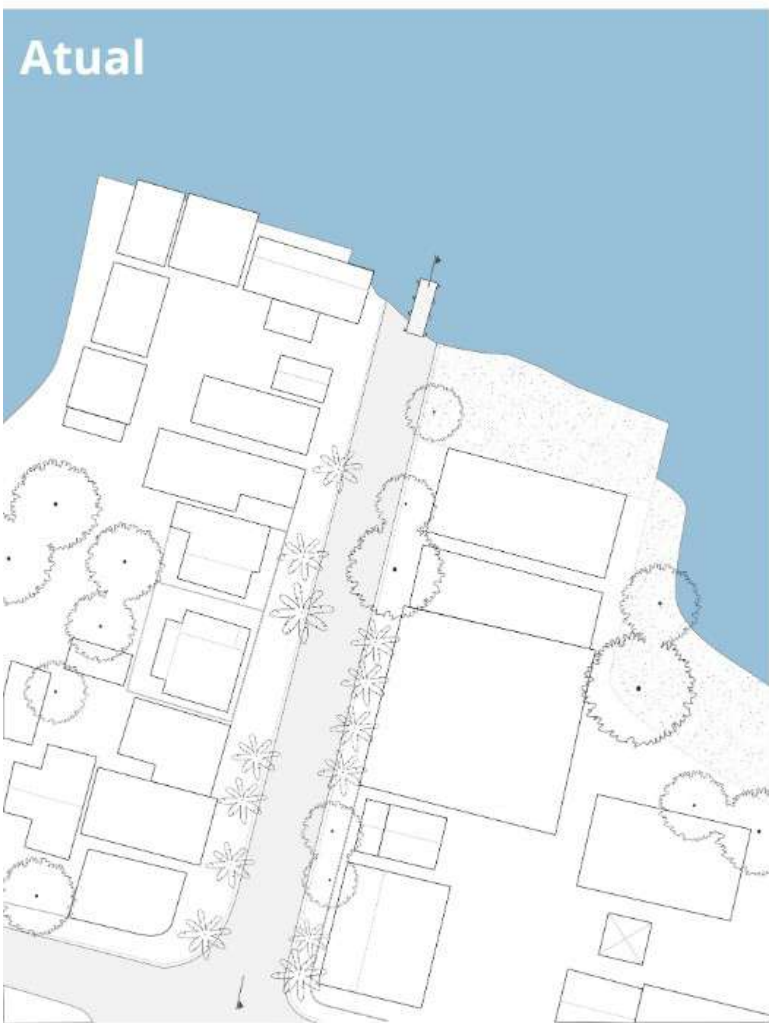


Projeto de intervenção

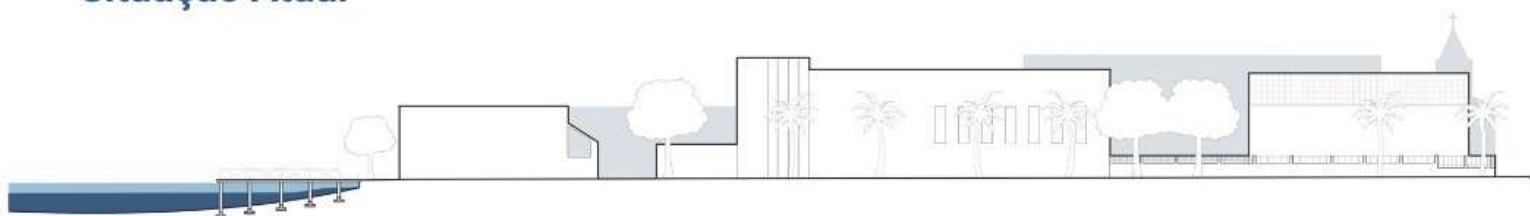


0 2 5 10m

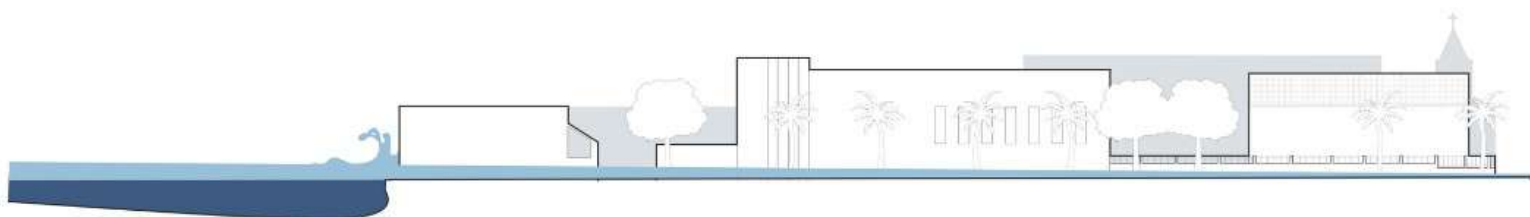
Pier do Pescador



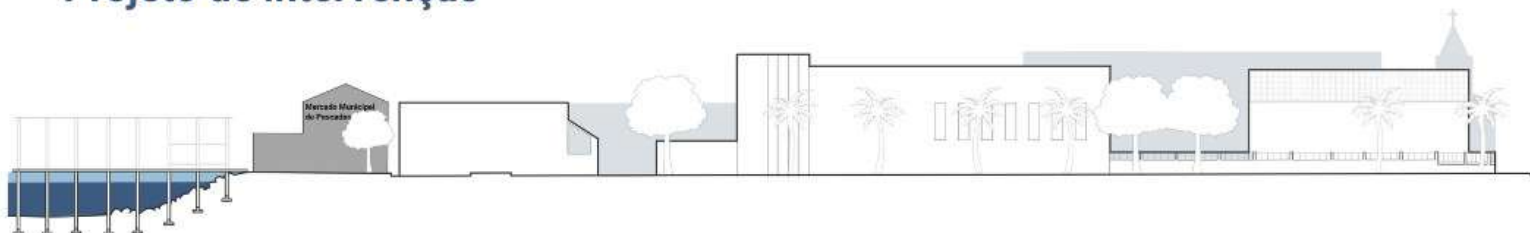
Situação Atual



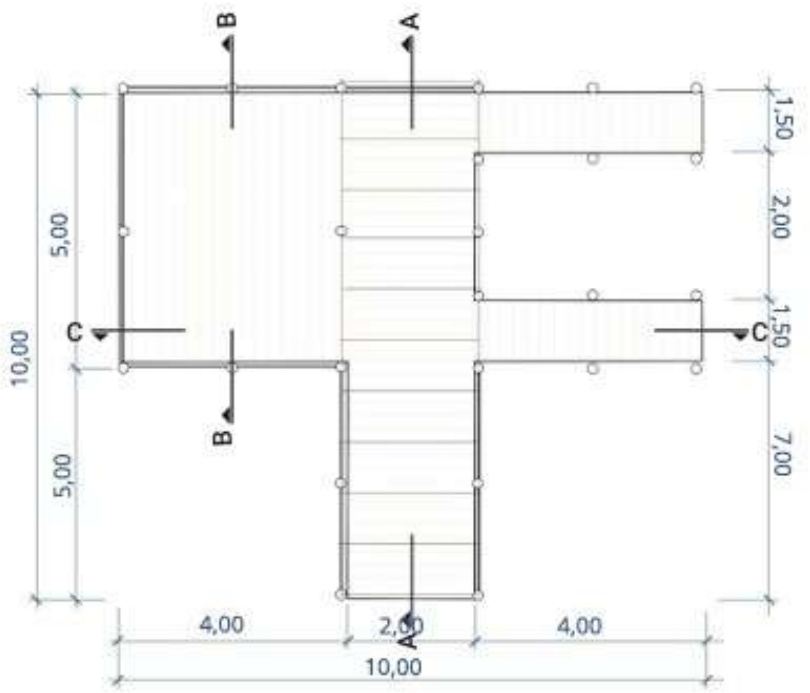
Futuro (fazer nada)



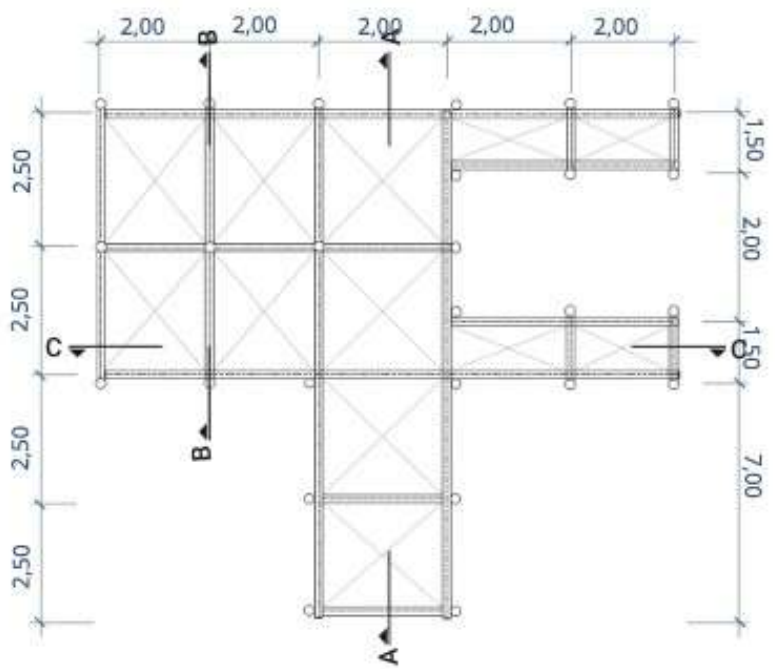
Projeto de intervenção



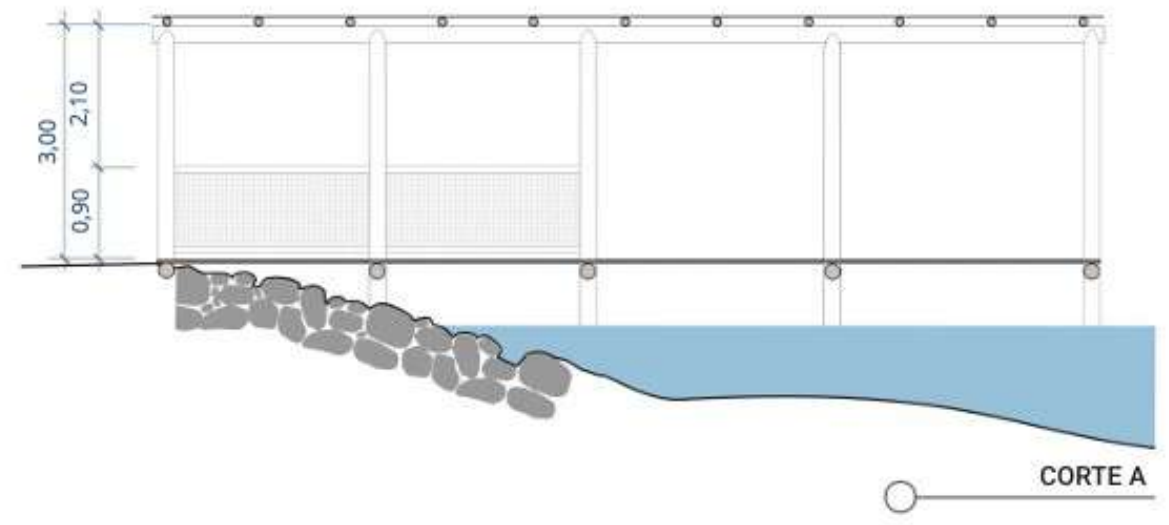
0 2 5 10m



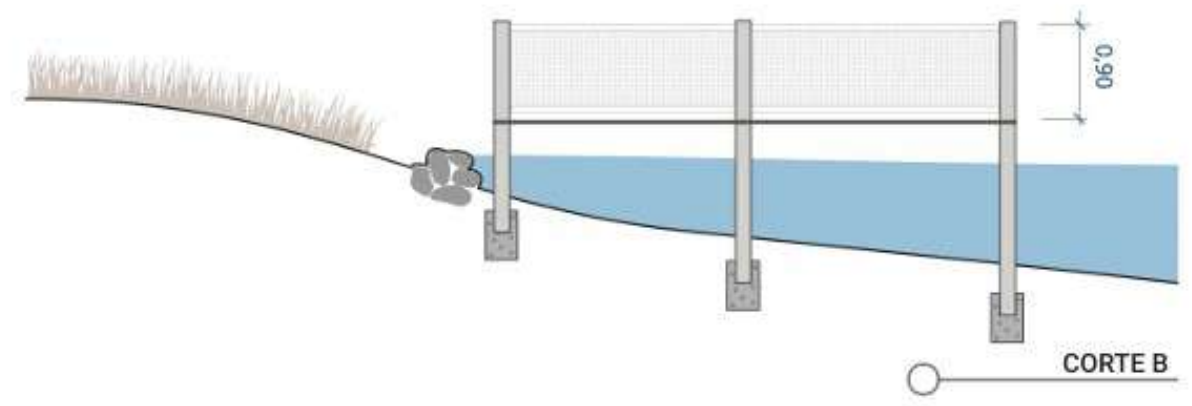
PLANTA DO PÍER



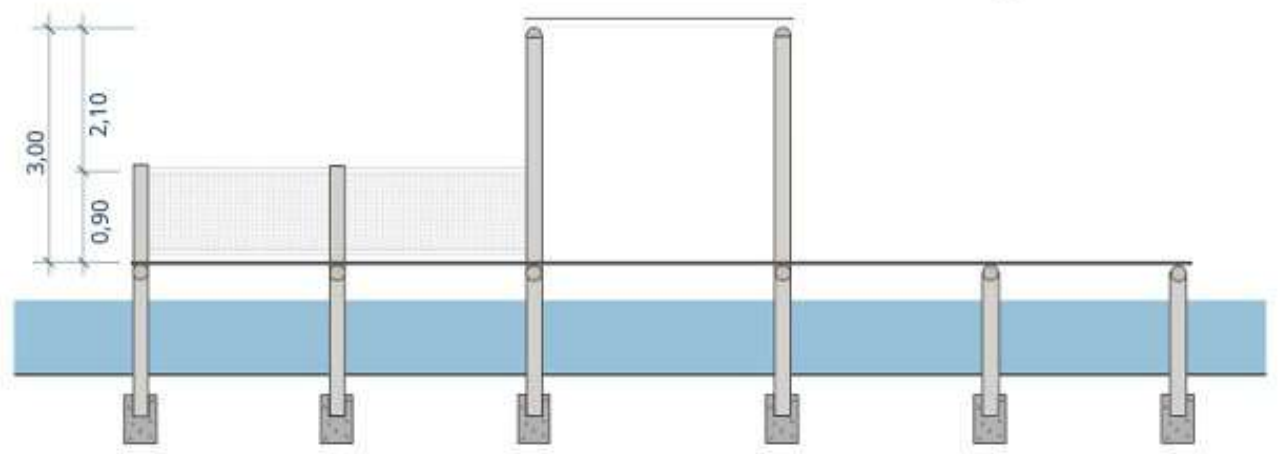
PLANTA DE ESTRUTURA



CORTE A



CORTE B



CORTE C