preparado por

KRALINGEN
ECONOMIA AMBIENTAL

para

Fundação GrupoBoticário
de proteção à natureza

INFRAESTRUTURA DA NATUREZA:
ANÁLISE ECONÔMICA DA PROTEÇÃO COSTEIRA NO BRASIL
P3 - SUMÁRIO EXECUTIVO

OUTUBRO DE 2026


Travel_Motion/iStock


Cristian Lourenço/iStock


Daniel Thá/Kralingen


Pedro Truffi/iStock


Cristian Lourenço/iStock

KRALINGEN

Referências Cadastrais

Objeto	Economia da Adaptação Costeira e SBN Costeiras | Editorial "Oceano sem Mistérios - Infraestrutura da Natureza: Análise Econômica da Proteção Costeira no Brasil" | Estudo técnico de valoração econômica, com foco na metodologia de custo de reposição e danos evitados, comparando a aplicação de SBNs para proteção costeira com a implementação de obras de engenharia convencional (infraestrutura cinza)
Contrato	OS nº 4500773297 | 01 de junho de 2026
Produto	Produto 3 | Sumário Executivo
Emissão	Versão final | 13 de outubro de 2026 | 01 volume digital
Contratante	Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza
Contatos	Janaina de Araújo Bumbeer e Couto | janaina.couto@fundacaogrupoboticario.org.br Jorge Olavo Woellner Kintzel | jorge.olavo@grupoboticario.com.br Juliana Baladelli Ribeiro | ribeiroj@grupoboticario.com.br Wellington Silva Baldo | baldo@grupoboticario.com.br
Contratada	Kralingen Consultoria Ltda.
Autoria	Aline Sbizera Martinez | asmartinez.br@gmail.com Oceanografia e Biologia | Doutora em Ecologia | UNIFESP / Programa Maré de Ciência Daniel Thá | daniel.tha@kralingen.com.br Economista Ambiental (Corecon-PR 7311) | Doutor em Ciência Ambiental Ronaldo Adriano Christofoletti | christofoletti@unifesp.br Comunicação | Doutor em Zootecnia | UNIFESP / Programa Maré de Ciência

KRALINGEN

SUMÁRIO

Apresentação e contextualização.....4

EIXO 1 Quanto já custou perder, ou não ter, a infraestrutura natural?.....13

1. Manguezal em Salinópolis (PA) 15

2. Praias e dunas em Natal (RN).....21

3. Recifes costeiros em Paulista (PE)..... 27

EIXO 2 Quanto custa recuperar a infraestrutura natural, em comparação com a engenharia CONVENCIONAL?..... 33

4. Restauração ecológica em área urbanizada no Rio de Janeiro (RJ) 36

5. Remoção de infraestrutura pública e recriação de habitat natural em Santos (SP) 42

6. Retração urbana planejada e restauração ecológica em Florianópolis (SC) 48

CONCLUSÕES Leitura tranversal dos seis casos.....55

Apresentação e contextualização

A zona costeira brasileira, de mais de 8,5 mil km de extensão, abriga 25% da população do país e concentra parcela expressiva dos ativos socioeconômicos nacionais, de habitações e infraestrutura portuária, a patrimônios culturais, atividades de turismo e pesca. Ao mesmo tempo, esse espaço se encontra sob pressão crescente de processos de erosão costeira, inundações associadas a marés astronômicas e meteorológicas, elevação do nível médio do mar e eventos extremos, em grande parte agravados pela urbanização acelerada e pela ocupação desordenada de áreas naturalmente dinâmicas e vulneráveis. Cerca de 60% das praias do país sofrem processos erosivos, sendo que 15% das dunas, praias e areais foram perdidas entre 1985 e 2020 (MapBiomas).

A resposta predominante a esses desafios vem sendo dada por meio de intervenções de infraestrutura convencional (cinza), tal como muros de contenção, enrocamentos, espigões, engordas de praia e outras obras que, embora possam reduzir danos pontuais, tendem a ser dispendiosas e demandar manutenção recorrente. Além de custosas, essas intervenções podem ser prejudiciais à biodiversidade ao intensificarem o processo de *coastal squeeze*, pelo qual habitats costeiros perdem área ou qualidade porque ficam "espremidos" entre a elevação do nível do mar e uma borda fixa por infraestrutura ou ocupação humana. Tampouco geram cobenefícios como sequestro de carbono, filtragem de poluentes e produção de pescado.

Nesse contexto, ganham relevância as Soluções baseadas na Natureza (SBN) voltadas à proteção costeira, que compreendem estratégias de conservação, manejo, restauração e, quando pertinente, arranjos híbridos entre ecossistemas costeiro-marinhos e obras de engenharia, com vistas a aumentar a resiliência climática e reduzir riscos de desastres (UNEP, 2022; World Bank, 2026). Ecossistemas como manguezais, marismas, dunas vegetadas, restingas e recifes biogênicos de corais e ostras atuam como barreiras naturais que dissipam a energia das ondas, estabilizam sedimentos, reduzem a ocorrência e a intensidade de inundações e erosão, ao mesmo tempo em que geram cobenefícios como sequestro de carbono azul, manutenção de berçários pesqueiros, melhoria da qualidade da água, suporte ao turismo e valorização paisagística.

Embora as SBN apresentem um grande potencial para adaptação costeira, sua adoção permanece aquém do desejável, em parte pela falta de tradução sistemática de seus benefícios físicos e socioeconômicos em métricas econômicas comparáveis às alternativas de infraestrutura cinza.

A Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza (FGB) tem a adaptação às mudanças climáticas como eixo estruturante de sua visão 2030, na qual a natureza restaurada e conservada é reconhecida como base para promover a vida. No âmbito do pilar de Resiliência Costeiro-Marinha, a FGB busca valorizar o oceano e seus ecossistemas, conectando ciência, políticas públicas e sociedade por meio de iniciativas que traduzem conhecimento técnico em linguagem acessível, como a coleção editorial "Oceano sem Mistérios".

A presente contratação se insere nesse esforço estratégico, ao aliar a análise econômica aplicada à adaptação costeira com a dimensão de comunicação, visando qualificar o debate público e apoiar decisões de investimento em infraestrutura resiliente em cidades costeiras brasileiras. O objetivo do estudo é trazer um olhar econômico para as SBN costeiras em contraste com as infraestruturas cinzas, aplicando a lógica da Análise Socioeconômica de Custo-Benefício (ACB) de projetos de infraestrutura à proteção costeira em cidades da costa brasileira. O estudo prevê a entrega dos seguintes documentos:

- P1 - Plano de Trabalho;
- P2 - Relatório Técnico;
- P3 - Sumário Executivo;
- P4 - Conteúdo Editorial; e
- P5 - Publicação Final do editorial.

Este Sumário Executivo apresenta resultados, e não métodos: cada estudo de caso traz uma página que explica, de onde vêm os números, e remete às tabelas do Relatório Técnico para que a metodologia e os cálculos possam ser verificados.

Natureza do exercício

Avaliação em nível de pré-viabilidade, estruturada em unidades autossuficientes de análise. As alternativas foram tratadas como funcionalmente orientadas ao mesmo propósito de proteção, sem aferição de equivalência hidrodinâmica. Não se avaliou a eficácia das SBN em si, que depende de condições locais não investigadas. Parcela relevante dos cobenefícios permaneceu sem monetização. Os valores devem ser interpretados como estimativas prudentes, próximas de limites inferiores do valor econômico da infraestrutura natural.

Todos os valores estão a preços de 2025. Os resultados do Eixo 1 são somas a preços constantes, sem capitalização, em horizontes próprios de cada caso. Os resultados do Eixo 2 são valores presentes a 8,5% ao ano, em 30 anos, a preços sociais.

Principal referencial metodológico

- Guia Geral de Análise Socioeconômica de Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura (Brasil, Ministério da Economia, 2022), com o Catálogo de Parâmetros (Brasil e IPEA, 2022) e o Anexo de Riscos Climáticos (Brasil e GIZ, 2022).
- Triplo Dividendo da Resiliência (World Resources Institute: Heubaum et al., 2022; Brandon et al., 2025), como chave de leitura.
- Transferência de benefícios a partir da Coastal Green-Gray Infrastructure Analysis Tool (Conservation International, 2024) e de estudo regional sobre os manguezais do Salgado Paraense.
- Projeções de nível do mar do IPCC AR6 Sea Level Projection Tool (NASA) para Canaéia e Imbituba, cidades com marégrafos.

Seis mensagens essenciais

Manguezais, dunas, recifes e cordões arenosos vegetados protegem cidades costeiras há muito mais tempo do que qualquer muro construído. Este estudo aplica a lente da Análise Socioeconômica de Custo-Benefício a seis cidades do litoral brasileiro para responder a duas perguntas: quanto já custou perder essa proteção natural, e quanto custa recuperá-la em comparação com a engenharia convencional. As respostas, resumidas a seguir, são conservadoras por construção e apontam na mesma direção.

1
A natureza já protege, e muito

Serviços de proteção costeira de alto valor só se tornam visíveis quando se perdem e passam a figurar como dano, prejuízo ou obra de reposição.

2
Com espaço disponível, restaurar custa uma fração

Em Copacabana, o cordão arenoso vegetado protege o mesmo trecho por 38,0% do custo social de uma defesa rígida.

3
A inação não é gratuita

A resposta reativa acumula custos crescentes de reparo, contenção e engorda, que tendem a se intensificar com a elevação do nível do mar.

4
A restrição é o espaço; agir antes é decisivo

Quanto mais consolidada a ocupação da orla, mais cara e mais sensível a premissas se torna a alternativa natural. Agir antes é decisivo.

5
A comparação justa olha o ciclo de vida inteiro

Manutenção, falhas, riscos e externalidades precisam entrar na conta, e não apenas o custo da obra.

6
Os números são prudentes

Cobenefícios socioambientais ficaram em larga medida sem monetização; o agravamento climático tende a ampliar o valor da proteção natural.

Como ler os resultados

Avaliação em nível de pré-viabilidade. As alternativas foram tratadas como funcionalmente orientadas ao mesmo propósito de proteção, sem modelagem hidrodinâmica. Os valores devem ser lidos como estimativas prudentes, próximas de limites inferiores.

Seis estudos de caso

Os casos foram escolhidos para cobrir a diversidade de ecossistemas e de dinâmicas de risco do litoral brasileiro, do Norte ao Sul, e para funcionar em dupla escala: como unidades de análise em si e como referências de ordem de grandeza que podem informar decisões em outras localidades, desde que ajustadas às condições locais.

Salinópolis (PA)

Manguezal · Eixo 1 · ex-post · 30 anos

Quanto custou a supressão do manguezal?

Natal (RN)

Praia e dunas · Eixo 1 · ex-post · 15 anos

Quanto custou a perda do sistema praia-duna?

Paulista (PE)

Recifes costeiros · Eixo 1 · ex-post · 28 anos

Quanto vale a proteção recifal?

Eixo 1 · O valor que a natureza já entregou: casos em que o ecossistema foi suprimido ou inexiste, e o valor se revela pelo custo de sua ausência.

Rio de Janeiro (RJ)

Cordão arenoso vegetado · Eixo 2 · ex-ante · 30 anos

Cordão vegetado ou mureta e enrocamento?

Santos (SP)

Praia vegetada recriada · Eixo 2 · ex-ante · 30 anos

Manter a estrutura rígida ou renaturalizar?

Florianópolis (SC)

Praia e cordão vegetado · Eixo 2 · ex-ante · 30 anos

Retração planejada ou engenharia híbrida?

Eixo 2 · O valor que a natureza pode entregar: casos em que a restauração é comparada à resposta de engenharia convencional, sob as mesmas premissas.

Uma costa sob pressão e uma pergunta que não vinha sendo feita

8,5 mil km	25%	~60%	-15%
de costa brasileira	da população do país vive na zona costeira	das praias sofrem processos erosivos	das dunas, praias e areais perdidos entre 1985 e 2020

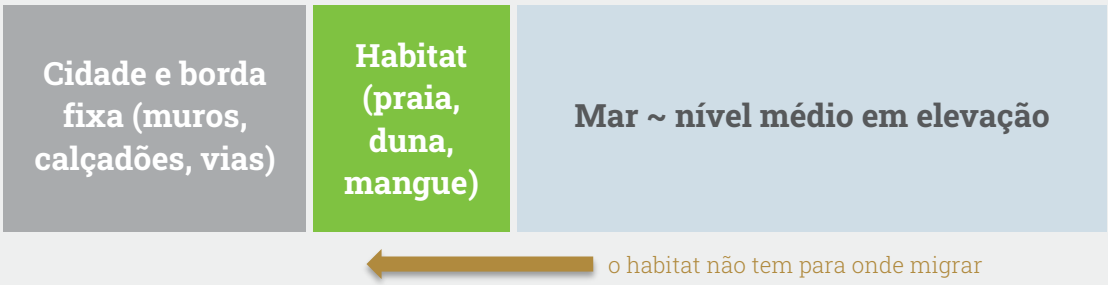
A resposta predominante

Muros, enrocamentos, espigões e engordas reduzem danos pontuais, mas são dispendiosos, demandam manutenção recorrente, podem transferir a erosão para trechos vizinhos e intensificam o *coastal squeeze*: o habitat costeiro fica espremido entre o mar que sobe e uma borda fixa, perdendo área e função.

Por que o valor da natureza fica de fora da decisão

O custo da obra cinza é orçado, contratado e auditável. O valor da proteção natural, entretanto, é entregue sem contrapartida financeira e gera benefícios difusos. Decisões tomadas apenas com preços de mercado subvalorizam a natureza, por vezes em ordens de grandeza (IPBES, 2022). O estudo responde a essa lacuna traduzindo os serviços dos ecossistemas costeiros em métricas comparáveis às da engenharia, pela Análise Socioeconômica de Custo-Benefício do Guia ACB do Governo Federal.

Coastal squeeze



A zona costeira brasileira tem mais de 8,5 mil quilômetros de extensão e abriga um quarto da população do país, além de parcela expressiva de seus ativos: habitações, portos, patrimônio cultural, turismo e pesca. Esse espaço está sob pressão crescente de erosão, inundações associadas a marés astronômicas e meteorológicas, elevação do nível do mar e eventos extremos, em grande parte agravados pela urbanização acelerada sobre áreas naturalmente dinâmicas. Cerca de 60% das praias do país sofrem processos erosivos, e 15% das dunas, praias e areais foram perdidos entre 1985 e 2020, segundo o MapBiomas.

A resposta predominante tem sido a infraestrutura convencional, dita cinza: muros de contenção, enrocamentos, espigões e engordas de praia. Essas obras podem reduzir danos pontuais, mas tendem a ser dispendiosas, a demandar manutenção recorrente e, em determinados contextos, a intensificar a erosão ou transferi-la para trechos adjacentes. Por serem rígidas, têm capacidade limitada de adaptação à elevação do nível do mar. E aprofundam o chamado *coastal squeeze*: o habitat costeiro fica espremido entre o mar que avança e uma borda fixa, perdendo área e função. Tampouco geram os cobenefícios que os ecossistemas entregam de graça, como sequestro de carbono, filtragem de poluentes e berçários de pescado.

As Soluções baseadas na Natureza costeiras são o outro caminho: conservar, manejar e restaurar ecossistemas costeiro-marinhos, ou combiná-los com obras em arranjos híbridos, para aumentar a resiliência climática e reduzir riscos de desastres. Manguezais e marismas atenuam ondas e inundações; praias com cordões vegetados armazenam e redistribuem sedimentos; recifes quebram a energia das ondas antes que ela alcance a costa. Esses ecossistemas têm, ainda, uma qualidade que nenhuma estrutura rígida consegue oferecer: podem migrar e se reconstituir, adaptando-se naturalmente às intempéries e à subida do mar, desde que haja espaço para isso.

A pergunta que não vinha sendo feita

Apesar desse potencial, a adoção das SBN permanece aquém do desejável. Uma razão central é a assimetria de visibilidade: o custo da obra cinza é orçado, contratado e auditável, enquanto o valor da proteção natural é entregue sem contrapartida financeira e produz benefícios difusos. Decisões baseadas apenas em valores de mercado subvalorizam a natureza, por vezes em várias ordens de grandeza, como aponta o relatório Values Assessment da plataforma IPBES (2022).

Este estudo endereça essa lacuna por meio de estudos de caso. Em vez de estimativas médias ou agregadas, a abordagem via casos concretos, em territórios reais, com dados verificáveis de erosão, inundação, uso do solo e gasto público, busca traduzir os serviços dos ecossistemas costeiros em métricas comparáveis às da engenharia convencional, ou engenharia cinza. Para isso, usa o referencial oficial de avaliação de investimentos públicos no Brasil, o Guia Geral de Análise Socioeconômica de Custo-Benefício do Governo Federal, e seus anexos: o Catálogo de Parâmetros e o Anexo de Riscos Climáticos.

A sociedade não precisa de espigões, precisa de estabilidade de praia

Avaliação financeira	Análise socioeconômica (ACB)
Quem olha O promotor do projeto (uma prefeitura, por exemplo)	**Quem olha** A sociedade como um todo: indivíduos, empresas e governo
O que compara Receitas e despesas a preços de mercado	**O que compara** Benefícios (inclusive intangíveis), custos a preços sociais e externalidades
Para que serve Dimensionar o investimento, atrair o interesse privado, desenhar a contratação	**Para que serve** Medir o benefício líquido gerado para o bem-estar da sociedade
O que fica de fora Benefícios intangíveis, externalidades, custos que recaem sobre terceiros	**O que entra** Erosão evitada, saúde, paisagem, carbono, pesca, patrimônio protegido

Benefício = custo evitado

Ao proteger a costa, um manguezal, uma duna ou um recife evita que famílias percam patrimônio, que atividades parem e que o poder público gaste com reparação e reconstrução. Por isso, nos casos retrospectivos, o valor da natureza aparece como o dano que passou a ocorrer na sua ausência; nos prospectivos, como o investimento e o custeio da obra que ela dispensa, mais as externalidades que a obra impõe.

O que a análise garante

- Pertinência: segue o referencial oficial (Guia ACB, Brasil 2022)
- Consistência: premissas verificáveis e fatores de conversão do Catálogo de Parâmetros
- Auditabilidade: método recomendado por órgãos de controle e organismos multilaterais
- Comparabilidade: mesmas convenções para as SBN e as intervenções convencionais

Há duas maneiras de avaliar um investimento em proteção costeira, e elas podem chegar a conclusões opostas. A avaliação financeira compara receitas e despesas sob a ótica de quem executa o projeto, a preços de mercado. Ela é útil para dimensionar o investimento e desenhar a contratação, mas deixa de fora tudo o que não é comprado nem vendido, embora tenha valor: a erosão que não aconteceu, a casa que deixou de sofrer com inundação, a paisagem que continuou atraindo visitantes.

A avaliação socioeconômica, adotada neste estudo, muda o ponto de vista para o conjunto da sociedade. Ela compara benefícios, inclusive os intangíveis, custos a preços sociais e externalidades, positivas e negativas, que recaem sobre indivíduos, empresas e governo. Os preços de mercado são convertidos a preços sociais por fatores oficiais que retiram tributos, subsídios e distorções, de modo que os custos passem a refletir o que a sociedade efetivamente abre mão ao mobilizar aqueles recursos. O resultado não é a rentabilidade da intervenção, mas o seu balanço líquido de bem-estar.

A situação típica das SBN é justamente aquela em que há viabilidade socioeconômica, com geração de múltiplos benefícios líquidos para a sociedade, mas não há viabilidade financeira, porque ninguém lucra diretamente com uma praia estável. Trata-se do caso clássico dos projetos sociais, cujo financiamento recai, em larga medida, sobre o setor público.

Benefício é custo evitado

Um aspecto central da lógica aplicada aos ecossistemas costeiros é que seus benefícios são, em grande medida, custos evitados. Ao proteger a costa, um manguezal evita que famílias percam patrimônio, que atividades sejam interrompidas e que o poder público gaste com reparação e reconstrução. Esse custo evitado, contudo, aparece em lugares distintos da contabilidade social, e é a sua localização que decide cada caso.

- No Eixo 1, retrospectivo, o ecossistema foi suprimido ou nunca existiu no trecho analisado. O valor que ele prestava, ou prestaria, se revela pelo que passou a ocorrer em sua ausência: danos e prejuízos a famílias e à cidade, dispêndios públicos com obras de reposição, receitas de turismo que deixaram de ocorrer.
- No Eixo 2, prospectivo, a restauração do ecossistema é comparada a uma resposta de engenharia convencional para o mesmo trecho e o mesmo propósito. O valor da natureza se revela pelo investimento e pelo custeio da obra que ela dispensa e, em dois casos, pelas externalidades que a obra imporia à economia da praia ou ao patrimônio exposto.

Em todos os casos, a análise compara um cenário com a intervenção e um cenário sem ela, o contrafactual, ao longo de todo o ciclo de vida. Três cuidados orientam a contagem: não contar duas vezes o mesmo valor, não omitir custos que recaem fora da área imediata do projeto e não contabilizar como custo ou benefício o que é mera transferência entre agentes.

Como ler os números deste sumário

A avaliação se dá em nível de pré-viabilidade, estruturada em unidades autossuficientes de análise. As alternativas foram tratadas como funcionalmente orientadas ao mesmo propósito de proteção, sem aferição de equivalência hidrodinâmica por modelagem de ondas, galgamento ou evolução da linha de costa. Não se avaliou a eficácia das SBN em si, que depende de condições locais.

Eixo 1 · retrospectivo (ex-post)	Eixo 2 · prospectivo (ex-ante)
Pergunta Quanto já custou perder, ou não ter, a infraestrutura natural?	**Pergunta** Quanto custa recuperar a infraestrutura natural em comparação à engenharia?
Horizonte Definido pelo histórico de cada caso: 30 anos (Salinópolis), 15 (Natal), 28 (Paulista)	**Horizonte** 30 anos, compatível com a vida útil das obras
Indicador Valor acumulado: soma a preços constantes de 2025, sem capitalização temporal. Não é um VPL	**Indicador** Valor presente (VP) a 8,5% a.a. (taxa social de desconto), preços sociais de 2025; razão SBN/alternativa, índice B/C e TRE
Fluxo Média anual como indicador de perda recorrente	**Fluxo** Capex nos anos iniciais; Opex anual; externalidades diferenciais

Comum aos dois eixos

- Data-base 2025: obras atualizadas pelo INCC; demais itens pelo IPCA. Valores internacionais convertidos por paridade de poder de compra.
- Custos a preços sociais: fatores de conversão do Catálogo de Parâmetros retiram tributos e distorções de mercado.
- Carbono valorado pelo custo social do carbono; cobenefícios por transferência de benefícios com parâmetros específicos de cada ecossistema.
- Faixas de incerteza: testes univariados e combinados em todos os casos; o cenário central é sempre o marcador verde.

Alerta de comparabilidade
Os resultados dos seis casos não devem ser somados nem ordenados entre si, pois horizontes, critérios e denominadores diferem. A leitura conjunta deve privilegiar a direção dos achados, não a comparação direta de montantes.

EIXO 1
QUANTO JÁ CUSTOU PERDER, OU NÃO TER, A INFRAESTRUTURA NATURAL?

O Eixo 1 olha para trás. Em três cidades, o ecossistema que protegia a costa foi suprimido pela ocupação urbana ou simplesmente não existe no trecho analisado. A pergunta é a mesma nos três casos, quanto vale o que a natureza fazia ou poderia estar fazendo, mas a resposta é construída por caminhos diferentes, ditados pelo que cada território permite observar.

Em Salinópolis, não há registros de danos: as perdas foram reconstruídas de forma probabilística, combinando a frequência dos eventos de inundação, a altura da lâmina d'água e funções de dano aplicadas às casas e aos veículos que hoje ocupam a antiga planície de maré. Em Natal, há registros administrativos: gastos públicos efetivamente liberados em convênios federais e empenhos municipais, somados à renda turística que a erosão fez encolher. Em Paulista, há um quase-experimento natural: duas praias vizinhas, submetidas ao mesmo mar, diferem pela presença de recifes em frente a uma delas; o que a praia sem recifes gastou em obras, e continuou perdendo apesar delas, mede o serviço que o recife presta de graça na vizinha.

Nos três casos, o valor da natureza aparece como custo evitado, mas em lugares distintos da contabilidade social: no patrimônio de famílias vulneráveis, no orçamento público, na economia do turismo. E nos três casos ele só se tornou visível pela ausência. É essa assimetria, entre o custo da obra que é orçado e auditável e o valor do ecossistema que é entregue sem fatura, que o Eixo 1 torna concreta.

Como ler os valores do Eixo 1

São somas a preços constantes de 2025, sem capitalização, em horizontes definidos pelo histórico de cada caso. Não são valores presentes líquidos e não devem ser somados nem ordenados entre si. Os valores unitários por hectare têm denominadores distintos (mangue suprimido, faixa de praia, recife equivalente hipotético) e por isso aparecem apenas dentro de cada caso. Os resultados são pisos: foram estimados sobre condições climáticas passadas e sobre a exposição já existente. O adensamento dos ativos expostos e o agravamento dos perigos costeiros tendem a ampliá-los.

Três cidades em que o ecossistema foi suprimido ou não existe no trecho analisado. O valor da proteção natural se revela por aquilo que a sociedade passou a pagar em sua ausência: danos, prejuízos, gasto público com obras de reposição e renda que deixou de circular.

Salinópolis (PA)

Perdas probabilísticas

Sem registros de danos, as perdas foram reconstruídas combinando frequência de eventos, lâmina d'água e funções de dano aplicadas às casas e veículos sob a antiga planície de maré.

Quem pagou: famílias de alta vulnerabilidade e cofres públicos.

Horizonte: 30 anos (1996–2025)

Natal (RN)

Dispêndios documentais + economia do turismo

Gastos públicos efetivamente liberados em convênios e empenhos, somados à renda turística que a erosão fez encolher na Ponta Negra.

Quem pagou: orçamento público federal e municipal; quiosques, hotéis e comércio da orla.

Horizonte: 15 anos (2011–2025)

Paulista (PE)

Quase-experimento natural

Janga, sem recifes, gastou três décadas em espigões, paredões e dissipadores e seguiu perdendo; Pau Amarelo, com recifes, prescindiu disso. A diferença mede o serviço do recife.

Quem pagou: esforço fiscal de União e município; moradores e comerciantes de Janga.

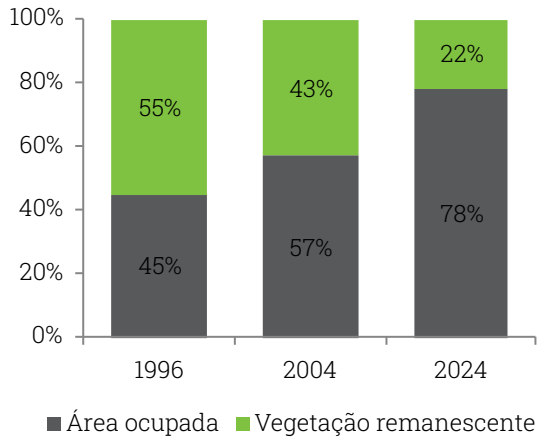
Horizonte: 28 anos (1998–2025)

1. Manguezal em Salinópolis (PA)

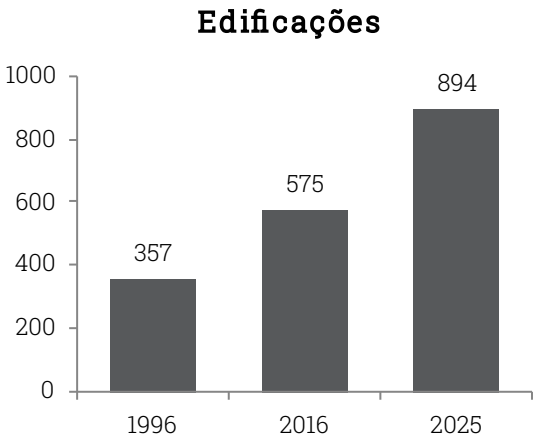
A planície de maré virou bairro: a baixada de Salinópolis

Ecossistema	Local	Área de análise	Ameaça
Manguezal	Bairros Guarani, Prainha e João Paulo II, planície de maré do rio Urindeua	41,52 ha classificados como de alto risco de inundação; 32,45 ha de mangue suprimido	Marés de até ~6 m combinadas a chuvas intensas (2.875 mm/ano); eventos de referência em 2016 (TR25) e 2019 (TR50)

Ocupação antrópica da área (%)



Edificações sob a mancha



Habitantes estimados sob a mancha: 1.180 (1996), 1.900 (2016) e 2.954 (2025), a 3,3 moradores por domicílio (Censo 2022). Ritmo de ocupação: 2,42% a.a. até 2004, 2,34% a.a. até 2014 e 0,76% a.a. até 2024.

Pergunta econômica

Quanto custou à sociedade suprimir o manguezal? A lógica das perdas evitadas é aplicada de forma invertida: em vez de estimar o dano que uma restauração futura evitaria, reconstrói-se o dano que passou a ocorrer porque a barreira natural deixou de existir. As perdas recorrentes são a aproximação direta do serviço de proteção perdido.

Classificação de risco (CPRM, 2016)

Dois setores de risco alto (R3) à enchente, ambos sobre antiga floresta de mangue "que naturalmente sofre inundação e não deveria ser ocupada". Casas em palafitas; em abril de 2016, lâmina de cerca de 0,20 m dentro das residências com maré acima de 5 m. Eventos frequentes e de baixa intensidade raramente geram registro oficial de danos.

Salinópolis, no litoral do Salgado Paraense, tem 44,8 mil habitantes, economia voltada ao turismo de praia e à pesca artesanal e um dos maiores regimes de maré do país: amplitudes médias próximas de 4,7 m e picos acima de 5,5 m nas marés equinociais. Quando essas marés coincidem com a quadra chuvosa, que concentra 60% dos 2.875 mm anuais entre fevereiro e abril, o rio Urindeua não escoa e a água invade a baixada da cidade.

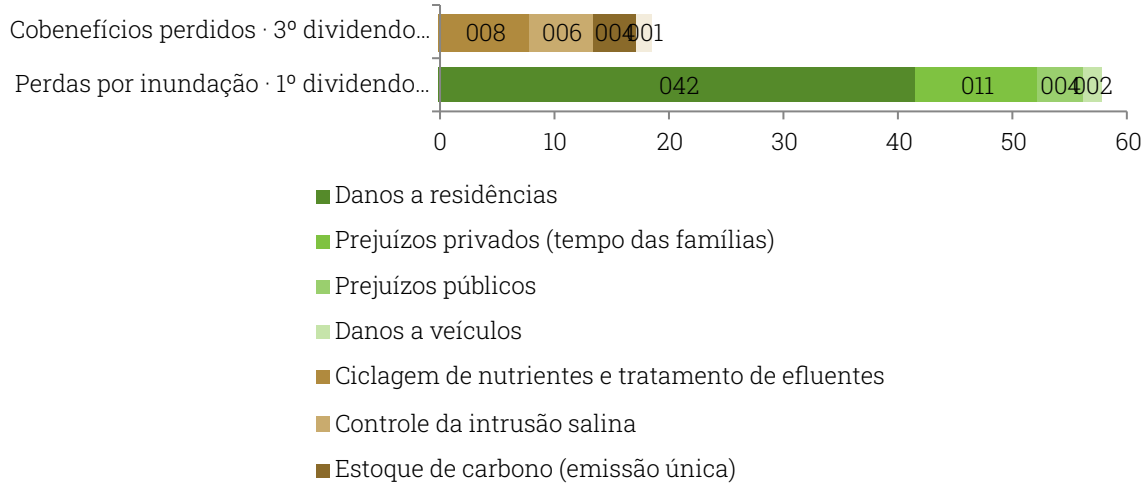
Essa baixada era floresta de mangue. O levantamento nacional de áreas de risco feito pela CPRM em 2016 identificou ali dois setores de risco alto à enchente, com a observação de que se trata de área plana de manguezal "que naturalmente sofre inundação e não deveria, portanto, ser ocupada". As casas, muitas em palafitas, receberam em abril de 2016 uma lâmina de cerca de 0,20 m de água, com a maré acima de 5 m. Em fevereiro de 2019, novo episódio, de maior magnitude, serviu de referência a um estudo fotogramétrico que confirmou: as áreas inundáveis estão no interior dos bairros, onde o mangue foi ocupado, e não na margem.



Figura 1 - Área do estudo de caso de Salinópolis, destacando os polígonos classificadas como de alto risco de inundação (em amarelo) e os manguezais adjacentes à área urbana

A ocupação é antiga e contínua. Em 1996, 45% da área já estava ocupada; em 2004, 57%; hoje, 78%, restando 22% de cobertura vegetal. O número de edificações sob a mancha de inundação passou de 357 (1996) para 575 (2016) e 894 (2025), abrigando cerca de 2.954 pessoas. Eventos frequentes e de baixa intensidade, como esses, raramente geram decreto de emergência ou registro oficial de danos, o que torna invisível um custo que se repete todos os anos.

O que custou suprimir o manguezal: R$ 76,20 milhões em 30 anos



R$ 59,24 mil

por hectare de mangue suprimido, por ano, em proteção contra inundações (32,45 ha)

R$ 2,54 mil

de dano esperado por residência, por ano

R$ 1,92 mi

de perda média anual; R$ 3,15 mi em 2025, pelo adensamento

75,7% / 24,3%

perdas sobre famílias e cofres públicos / serviços que não passaram por nenhuma contabilidade

Composição das perdas

Os danos materiais às residências respondem por cerca de 72% das perdas acumuladas. Em seguida vêm os prejuízos privados, aproximados pelo custo de oportunidade de dois dias de renda por morador para limpar a casa e reorganizar a rotina a cada evento, e os prejuízos públicos sobre limpeza urbana, coleta de resíduos e abastecimento. Os cobenefícios perdidos somam R$ 14,81 mi em fluxos anuais de serviços e R$ 3,72 mi na perda única do estoque de carbono.

Segundo dividendo

Não estimado de forma autônoma: bairros residenciais de alta vulnerabilidade, sem mercado imobiliário formal nem séries locais de atividade econômica que permitissem um contrafactual defensável. Parte dele aparece na provisão pesqueira.

A supressão do manguezal custou à sociedade R$ 76,20 milhões em 30 anos, a preços de 2025. Desse total, R$ 57,67 milhões são perdas por inundação que recaíram sobre as famílias e sobre a cidade, e R$ 18,53 milhões são serviços ecossistêmicos que o mangue deixou de prestar e que não passaram por nenhuma contabilidade.

- Danos às residências: R$ 41,54 milhões, cerca de 72% das perdas por inundação. Cada casa perde, em média, R$ 2,54 mil por ano por falta da proteção do mangue.
- Prejuízos privados: R$ 10,55 milhões em tempo das famílias para limpar, reorganizar e resolver pendências a cada evento.
- Prejuízos públicos: R$ 3,92 milhões em limpeza urbana, coleta de resíduos e abastecimento.
- Danos a veículos: R$ 1,65 milhão, considerando que 15% da frota permanece exposta.
- Cobenefícios perdidos: R$ 7,81 milhões em tratamento de efluentes, R$ 5,52 milhões em controle da intrusão salina, R$ 3,72 milhões no estoque de carbono emitido e R$ 1,48 milhão em provisão pesqueira.

A perda anual cresceu de R$ 1,26 milhão em 1996 para R$ 3,15 milhões em 2025, acompanhando o adensamento; a média é de R$ 1,92 milhão por ano. Referido aos 32,45 hectares de mangue suprimido, o serviço de proteção perdido vale R$ 59,24 mil por hectare por ano; somados os cobenefícios, R$ 78,27 mil por hectare por ano. Três quartos desse valor (75,7%) recaíram sobre o patrimônio das famílias e sobre os cofres públicos; o restante (24,3%) é valor que a conversão do mangue transferiu para agentes que não participaram da decisão de ocupar.

Robustez e significado

Os resultados dependem de premissas adotadas na ausência de registros locais de perdas, de curvas regionais de dano e de séries conjuntas de chuva e maré. Por isso cada parâmetro foi alterado isoladamente, e depois combinado em cenários inferior e superior.

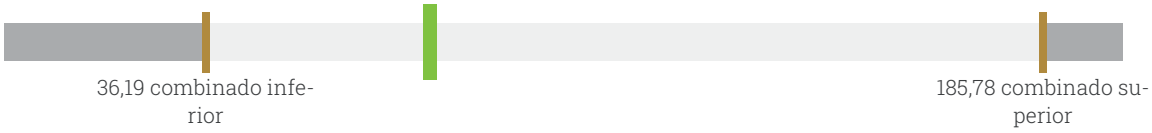
A variável que mais pesa é a frequência atribuída aos eventos com dano. Associar o evento de 2016 a um tempo de retorno de 25 anos é uma escolha conservadora: o próprio critério de risco alto da CPRM pressupõe uma ocorrência significativa a cada cinco anos. Se o evento de referência tivesse tempo de retorno de 10 anos, as perdas por inundação passariam de R$ 57,67 milhões para R$ 128,35 milhões; com 5 anos, para R$ 246,15 milhões. No sentido oposto, com 50 anos, cairiam a R$ 34,11 milhões. A lâmina d'água vem em seguida: 0,15 m reduz as perdas a R$ 29,94 milhões; 0,25 m as eleva a R$ 83,39 milhões.

Os parâmetros econômicos pesam menos. Um redutor de 30% no valor das casas leva as perdas a R$ 44,03 milhões; um ou quatro dias de renda perdidos, a R$ 52,39 milhões ou R$ 68,22 milhões; excluir prejuízos públicos reduz 6,8%; aplicar a razão integral do Atlas de Desastres eleva 13,6%. Entre os cobenefícios, o custo social do carbono a US$ 100/tCO_2 eleva as externalidades a R$ 22,25 milhões. Nos cenários combinados, o total mensurado varia de R$ 36,19 milhões a R$ 185,78 milhões, e o serviço de proteção, de R$ 16,1 mil a R$ 130,6 mil por hectare da área de análise por ano.

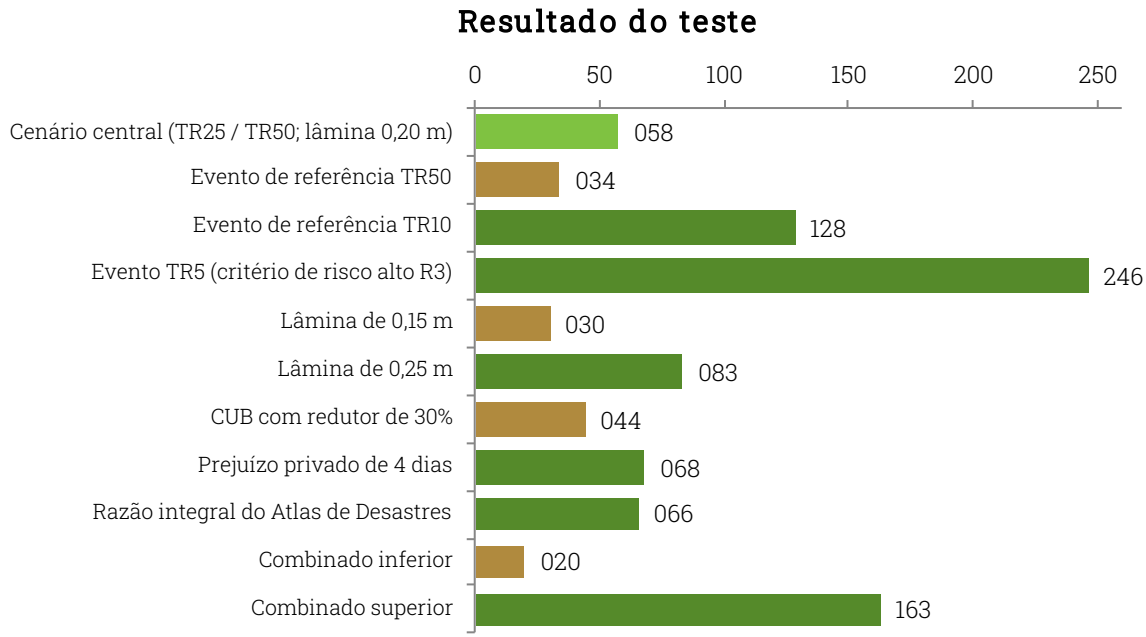
A incerteza está na ameaça, não nos parâmetros econômicos

Faixa do valor total mensurado (perdas + cobenefícios)

R$ milhões em 30 anos · trilho de 0 a 200 · marcador verde = cenário central (R$ 76,20 mi)



Perdas por inundação em 30 anos, por teste (R$ milhões)



O que isso significa

- As premissas centrais estão no extremo conservador: o critério de risco alto da CPRM pressupõe uma ocorrência significativa a cada cinco anos; se o evento de referência tivesse TR5, as perdas quadruplicariam.
- Os parâmetros econômicos (valor das casas, dias de renda, prejuízos públicos, fração de veículos) movem o resultado em até ±24%; a frequência e a lâmina dos eventos, em mais de 100%.
- Entre os cobenefícios, o parâmetro mais sensível é o custo social do carbono: a US$ 100/tCO_2 (valor superior do BCB), sobem de R$ 18,53 mi para R$ 22,25 mi.
- Conservar os manguezais remanescentes e restaurar trechos viáveis são decisões econômicas de redução de perdas recorrentes, não apenas medidas ambientais.

De onde vêm os números

Bases de dados

- Setores de alto risco de inundação mapeados pela CPRM (2016), com relatos de moradores e Defesa Civil.
- Cobertura e uso da terra do MapBiomas, de 1985 a 2024, para reconstruir a ocupação do mangue.
- Edificações do OpenStreetMap, conferidas individualmente em imagem de satélite (894 edificações, 126 mil m^2).
- Série diária de chuvas da estação da ANA em Salinópolis, com 49 anos de dados, para estimar a frequência dos eventos.
- Funções de dano por lâmina d'água para a América do Sul (Comissão Europeia) e para veículos (U.S. Army Corps of Engineers).
- Custo Unitário Básico da Construção (CUB-PA, padrão baixo), Tabela Fipe, frota da Senatran, Censo 2022 e rendimento médio formal do IBGE.
- Atlas Digital de Desastres (razões entre prejuízos e danos); valores de serviços ecossistêmicos da Conservation International (2024) e de estudo regional sobre os manguezais do Salgado Paraense; estoques de carbono medidos em manguezais amazônicos; custo social do carbono.

Passos seguidos

1. Delimitar a área que era mangue e reconstruir, ano a ano desde 1996, quantas casas e pessoas passaram a ocupá-la.
2. Associar os eventos de 2016 e 2019 a tempos de retorno de 25 e 50 anos, a partir das chuvas que os acompanharam, e assumir lâminas efetivas de 0,20 m, 0,22 m e 0,24 m para eventos de 25, 50 e 100 anos.
3. Aplicar funções de dano a essas lâminas: que fração do valor de uma casa e de um veículo se perde a cada altura de água.
4. Calcular o dano esperado em um ano qualquer, combinando a probabilidade de cada evento com o dano que ele causa, e multiplicar pela área construída de cada ano.
5. Acrescentar os prejuízos: públicos, como 9,4% dos danos (um terço da razão nacional do Atlas); privados, como dois dias de renda por morador a cada ano.
6. Valorar os serviços perdidos do mangue por hectare: pesca (R$ 1.815/ha/ano, referência regional), intrusão salina (R$ 6.779) e tratamento de efluentes (R$ 9.584), aplicados à área suprimida em cada ano.
7. Valorar a perda única do estoque de carbono (1.228 tCO_2/ha) pelo custo social do carbono de cada ano, partindo de US$ 50/tCO_2 em 2025.

Lógica de atribuição de valor

O manguezal era uma barreira que amortecia a maré e retinha o escoamento. Ao ser substituído por casas, a ameaça não desapareceu; a exposição e a vulnerabilidade aumentaram. O dano que passou a ocorrer é, portanto, a medida do serviço de proteção que deixou de ser prestado. Como as perdas foram construídas a preços de 2025, podem ser somadas ao longo dos 30 anos sem juros. O valor das casas usa o CUB sem redutor, deliberadamente: o que se mede é a proteção que o mangue prestaria à sociedade em geral, não o valor estrito de moradias precárias.

O que ficou de fora

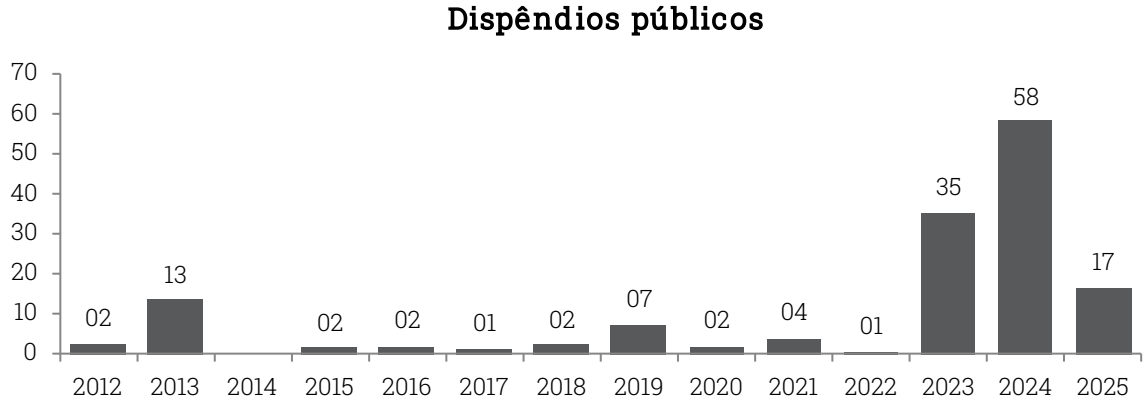
Valorização imobiliária e atividade econômica local (sem mercado formal nem séries que permitissem um contrafactual), biodiversidade, paisagem, saúde, recreação e turismo. Tampouco se projetou o crescimento futuro da exposição ou a intensificação de chuvas e marés sob mudança do clima. Por tudo isso, o resultado é conservador.

2. Praias e dunas em Natal (RN)

Quando a orla urbana assume o papel das dunas

Ecossistema	Local	Área de análise	Processo
Praia e dunas vegetadas	Orla de Ponta Negra, Natal	14,00 ha: ~2,8 km de praia por 50 m a partir da preamar	Recuo de ~80 m da linha de costa em 40 anos; déficit sedimentar; taxa máxima de -7,68 m/ano (2008–2018)

Custos públicos de reconstrução e adaptação (R$ milhões, 2025)



Linha do tempo

1988–1998	Erosão já presente nos trechos urbanizados
13 jul 2012	Colapso de ~300 m do calçadão; 2,5 km interditados; decreto de calamidade pública
2013	Desmoronamento de 770 m de muro; 29 quiosques com perdas de 40% a 60% da renda por sete meses
2012–2014	Enrocamento aderente em 2 km como proteção "provisória"; reconstrução do calçadão
2016 · 2020 · 2024	Novos registros federais de erosão; situação de emergência em 2024
2025	Conclusão da engorda: 4 km, 1,02 milhão de m³ de areia; hotelaria relata ocupação 4% a 6% maior
jun 2026	Relatório aponta perda de quase 40% da areia aportada

Pergunta econômica

Quanto custou perder o sistema praia - duna? Quando a faixa de areia e as dunas deixam de dissipar energia e reter sedimento, essas funções são transferidas à infraestrutura urbana, que passa a quebrar, ser reparada e quebrar de novo, enquanto a qualidade recreativa que sustenta o turismo se deteriora.

A Praia de Ponta Negra tem cerca de 4 km e, no extremo sul, o Morro do Careca, duna parcialmente vegetada que é símbolo da cidade. Mais da metade dos turistas que visitam o Rio Grande do Norte declara visitar Ponta Negra, e 69% apontam as belezas naturais como principal razão para escolher o destino. Em seu entorno concentram-se hotéis, pousadas, bares, quiosques e comércio: a praia é parte da infraestrutura que sustenta o turismo potiguar.

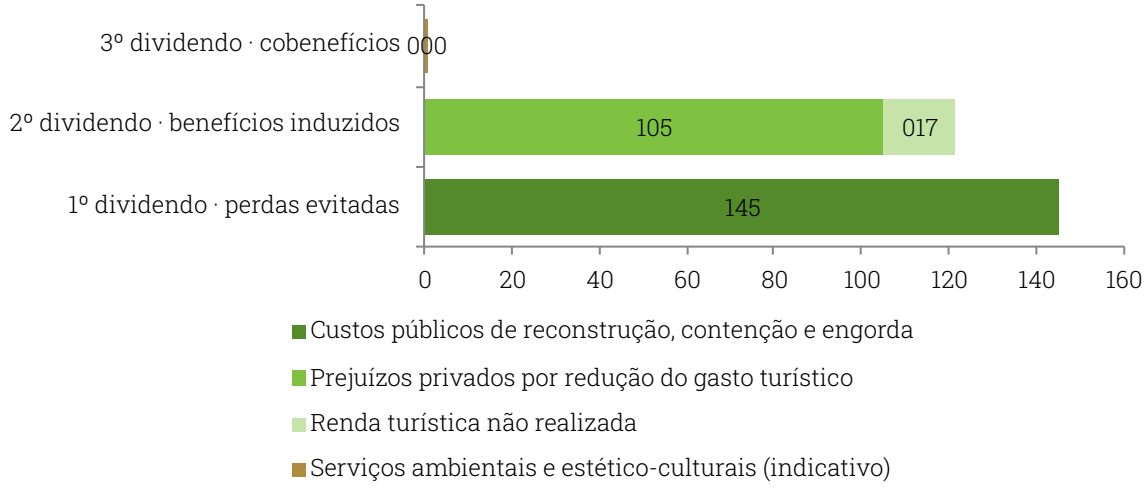
A urbanização avançou sobre o pós-praia e as dunas, restringindo o espaço de acomodação da praia. A linha de costa recuou cerca de 80 m em 40 anos, com déficit sedimentar e tendência erosiva de longa duração; entre 2008 e 2018, a taxa média foi de 1,15 m por ano, com máximos de 7,68 m por ano. Em 13 de julho de 2012, após sequência de marés altas e ressacas com ondas de até 3 m, o calçadão colapsou em diversos trechos: cerca de 300 m destruídos, 2,5 km interditados e decreto de calamidade pública. Em 2013, novo evento derrubou 770 m de muro de contenção; os 29 quiosques ficaram sete meses com horário reduzido e perdas de 40% a 60% da renda, com demissões.



Figura 2 - Área do estudo de caso na cidade de Natal (RN), destacando o trecho erosivo da orla de Ponta Negra (em amarelo) e os remanescentes de dunas vegetadas adjacentes

A resposta foi de engenharia: enrocamento aderente em 2 km, concebido como proteção provisória; reconstrução do calçadão; recuperação de muros e galerias; e, por fim, a engorda concluída em 2025, com 1,02 milhão de m³ de areia ao longo de 4 km, a maior obra costeira da história do estado. A erosão, porém, seguiu ativa, com novos registros federais em 2016, 2020 e 2024. Em junho de 2026, relatório apontava perda de quase 40% do volume de areia aportado. Em pesquisa com 638 usuários, 78% afirmaram que o enrocamento descaracteriza a paisagem natural da praia.

O que custou perder as dunas de Ponta Negra: R$ 267,46 milhões em 15 anos



R$ 1,27 mi

por hectare da faixa de análise (14 ha), por ano

54,4%

do total são dispêndios públicos efetivamente liberados: piso documental

R$ 17,83 mi

de perda média anual nos 15 anos

≈ 522 mil

visitantes/ano vinculados à praia em 2025 (hóspedes da rede formal; piso)

Como as três parcelas se relacionam

Os custos públicos somam convênios federais (Termos de Compromisso de 2012 e de 2013–2026) e 21 empenhos municipais, pelos valores efetivamente liberados. Os prejuízos privados capturam o gasto que deixou de circular entre visitantes que continuaram vindo, mas encontraram praia interditada, enrocamento e faixa reduzida. A renda não realizada mede o crescimento turístico que não aconteceu quando a capacidade hoteleira recuou após 2011, atribuindo-se à erosão 20% da diferença. Os cobenefícios, de R$ 484 mil, são indicativos: só entraram os serviços que não se sobrepõem às parcelas anteriores.

O que a métrica mede e o que não mede

Gastos turísticos são transações, não bem-estar. Para referência, a disposição a pagar pela utilidade recreativa da Praia da Avenida, em Maceió, equivale a 7,2 vezes o gasto turístico mensal aqui estimado para Ponta Negra.

Em pesquisa com 638 usuários da Ponta Negra, 78% afirmaram que o enrocamento descaracteriza a paisagem.

A perda do sistema praia-duna da Ponta Negra custou à sociedade R$ 267,46 milhões em 15 anos, a preços de 2025, ou R$ 17,83 milhões por ano. Referido aos 14 hectares da faixa de análise, o valor dos serviços perdidos é de R$ 1,27 milhão por hectare por ano.

- Custos públicos de reconstrução e adaptação: R$ 145,30 milhões (54,4% do total), concentrados nos anos recentes: R$ 35,04 milhões em 2023, R$ 57,86 milhões em 2024 e R$ 16,56 milhões em 2025, com o ciclo da engorda.
- Prejuízos privados por redução do gasto turístico: R$ 104,88 milhões (39,3%), distribuídos entre hospedagem, alimentação, quiosques, comércio, lazer, transporte e ambulantes. Nos anos críticos, cerca de R$ 14 milhões por ano.
- Renda turística não realizada: R$ 16,80 milhões (6,3%), o crescimento que deixou de ocorrer com a retração da capacidade hoteleira.
- Cobenefícios socioambientais: R$ 484 mil, valor indicativo de dimensões ambientais e culturais que não aparecem nos orçamentos públicos nem na contabilidade do turismo.

Os dispêndios públicos constituem um piso documental: são valores liberados, registrados em instrumentos oficiais. Mesmo assim, não representam um custo definitivo. A necessidade constante de manutenção das obras, já sinalizada pela perda de cerca de 40% da areia da engorda, indica que a conta seguirá crescendo.

Robustez e significado

As estimativas combinam registros administrativos, para os custos públicos, com reconstruções paramétricas, para os fluxos e gastos turísticos. Os primeiros são dispêndios efetivamente liberados; os segundos dependem de premissas sobre a base de visitantes, o gasto diário e as frações de perda atribuídas à erosão.

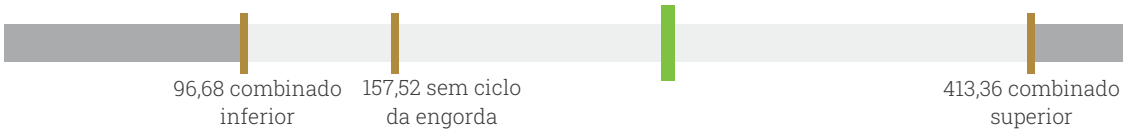
A premissa mais influente é o conjunto de frações que converte a erosão em redução de gasto. Reduzi-las à metade leva o total a R$ 214,53 milhões; dobrá-las, a R$ 371,85 milhões. Calibrá-las pelo registro municipal do evento de 2013, que considerou apenas quiosques e trabalhadores diretamente afetados e corresponde a um décimo das frações adotadas, leva o total a R$ 172,58 milhões, ainda sustentado pelos custos públicos. A base de visitantes opera em sentido assimétrico: como a série cobre só a rede formal de hospedagem, o teste pertinente é ampliá-la; calibrada pelo movimento do aeroporto, o total alcança R$ 380,84 milhões.

Do lado dos custos públicos, o teste mais restritivo exclui o ciclo da engorda (2023–2025), reconhecendo que parte desse investimento restitui proteção futura: os custos públicos caem a R$ 35,84 milhões e o total a R$ 157,52 milhões. No cenário combinado inferior, as perdas somam R$ 96,68 milhões (R$ 0,46 milhão por hectare por ano); no superior, R$ 413,36 milhões (R$ 1,97 milhão por hectare por ano).

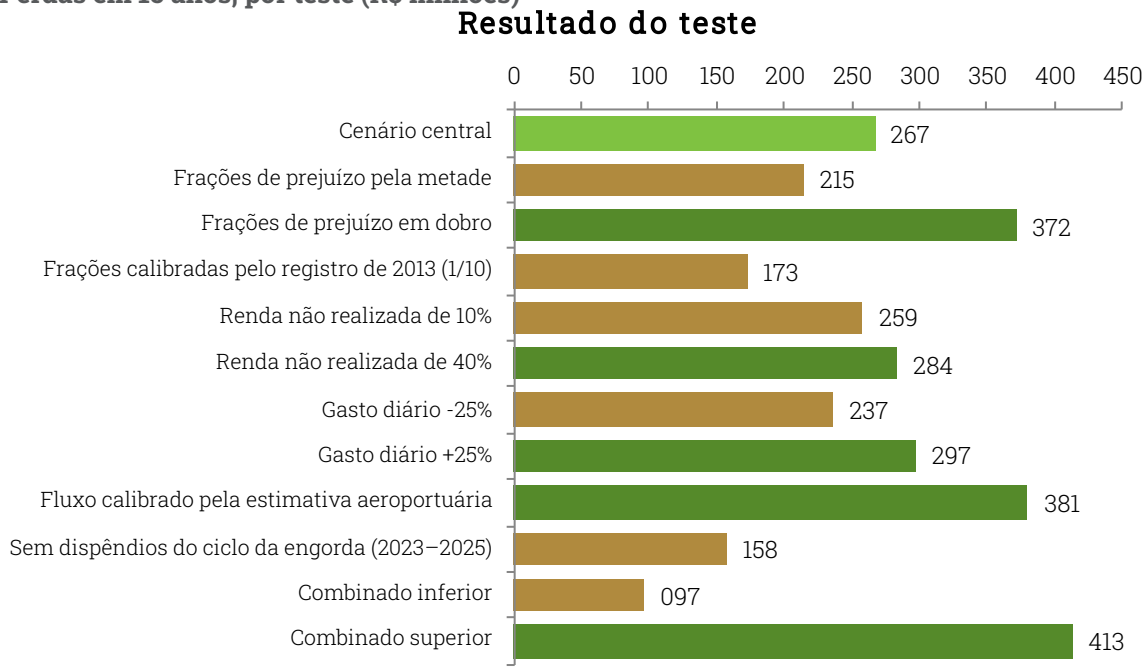
Mesmo no cenário mais restritivo, as perdas se aproximam de R$ 100 milhões

Faixa das perdas estimadas

R$ milhões em 15 anos · trilho de 0 a 450 · marcador verde = cenário central (R$ 266,97 mi)



Perdas em 15 anos, por teste (R$ milhões)



O que isso significa

- Os R$ 145,30 mi de custos públicos são registros administrativos de valores liberados: um piso documental que nenhuma premissa turística altera.
- A maior incerteza está nas frações que convertem erosão em redução de gasto; mesmo calibradas pelo registro municipal de 2013 (um décimo das adotadas), o total fica em R$ 172,58 mi.
- A base de visitantes opera em sentido assimétrico: só inclui hóspedes da rede formal, cerca de metade do fluxo estimado por fontes independentes; ampliá-la eleva o resultado a R$ 380,84 mi.
- Excluir o ciclo da engorda (2023–2025), por restituir proteção futura, reduz as perdas a R$ 157,52 mi, o que evidencia o peso da resposta de engenharia recente.

De onde vêm os números

Bases de dados

- Portal de Convênios do Governo Federal: Termos de Compromisso nº 672742 (2012–2014) e nº 674243 (2013–2026), pelos valores efetivamente liberados.
- Portal da Transparência da Prefeitura de Natal: 21 empenhos municipais com erosão e orla no objeto, não vinculados aos convênios.
- Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD): registros de erosão em 2012, 2013, 2016, 2020 e 2024.
- Sistema de Inteligência Turística do RN (Sírio), Fecomércio-RN e Emprotur: participação de Ponta Negra entre os atrativos (55,18%), permanência (6,75 dias).
- Leitos de hospedagem: IBGE (2011 e 2016), Sebrae e Prefeitura (2022), referência setorial (2025) e estudo da ANAC (2001); taxas de ocupação da ABIH-RN.
- PNAD Contínua, Módulo Turismo (IBGE): gasto médio diário de R$ 280 por pessoa, a preços de 2025.
- Valores de serviços ecossistêmicos de praias e dunas da Conservation International (2024).

Passos seguidos

1. Somar os valores públicos liberados entre 2012 e 2025, ano a ano, atualizados pelo INCC: R$ 145,30 milhões.
2. Reconstruir o número de turistas hospedados em Natal a partir dos leitos, da ocupação média anual de 58,38% e da permanência, e aplicar a fração que visita Ponta Negra: cerca de 522 mil visitantes em 2025. A estimativa cobre só a rede formal de hospedagem, cerca de metade do fluxo total estimado por fontes independentes.
3. Multiplicar visitantes pelo gasto diário de R$ 280 para obter o gasto turístico anual associado à praia: R$ 146,27 milhões em 2025.
4. Construir um contrafactual conservador em que a capacidade hoteleira de 2011 (29,7 mil leitos) se mantém, e atribuir à erosão 20% da diferença de gasto entre esse cenário e o observado: renda não realizada de R$ 16,80 milhões.
5. Aplicar reduções ao gasto dos visitantes que continuaram vindo: 10% nos anos com registro federal de erosão, 5% no ano anterior, 1% nos demais, e zero em 2025: prejuízos privados de R$ 104,88 milhões.
6. Transferir, por hectare, apenas os serviços ambientais e estético-culturais que não se sobrepõem às parcelas anteriores: R$ 484 mil em 15 anos.

Lógica de atribuição de valor

Quando a praia e as dunas perdem a função de dissipar energia e reter sedimento, a infraestrutura urbana passa a cumpri-la, e quebra. Os gastos públicos de reconstrução, contenção e engorda são o custo de reposição que a sociedade efetivamente pagou. Os gastos turísticos são uma métrica territorial: medem a capacidade econômica que a praia oferecia ao local, não o bem-estar dos visitantes. Mesmo que parte do gasto tenha migrado para outros destinos, sua redução em Ponta Negra expressa a perda de uma função que aquele espaço prestava.

O que ficou de fora

Valor de existência e disposição a pagar por uma praia íntegra, efeitos multiplicadores sobre emprego e renda, perdas de bem-estar de moradores e turistas, impactos distributivos sobre comerciantes informais, custos futuros de manutenção da engorda e os visitantes hospedados fora da rede formal. Todas essas exclusões sugerem resultados no piso inferior.

3. Recifes costeiros em Paulista (PE)

Duas praias vizinhas, o mesmo mar, um único atributo diferente

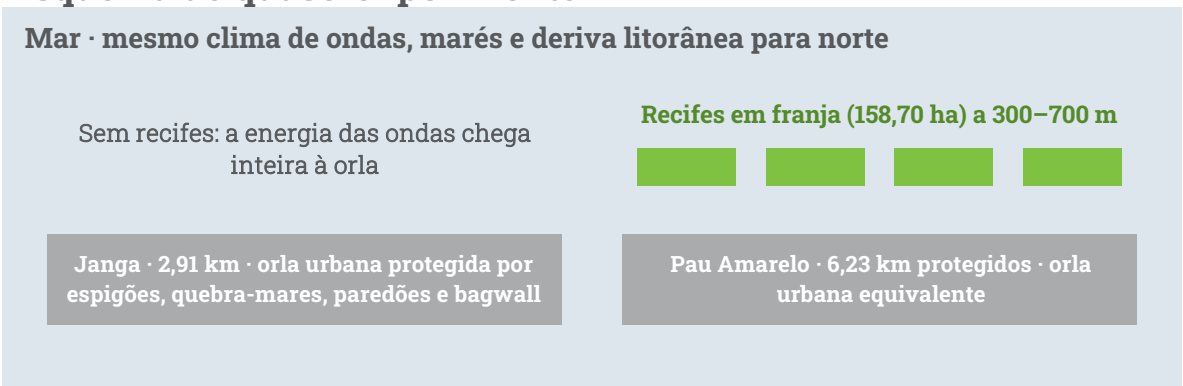
Ecossistema
Recifes costeiros em franja

Local
Praias de Janga (sem recifes) e Pau Amarelo (recifes a 300–700 m da costa)

Área de análise
2,91 km de orla de Janga protegidos por estruturas rígidas (5,62 ha construídos); recife equivalente hipotético de 74,13 ha

Processo
Erosão episódica de alta energia; recuo da ordem de 1 m/ano; elevação relativa do mar de ~5,2 mm/ano

Esquema do quase-experimento



Gerações de obras na Praia de Janga

- **1998–2004** Espigões, quebra-mares e engordas: 70% de todo o dispêndio em 28 anos
- **2007–2013** Seis reconhecimentos federais de emergência por erosão; 500 casas danificadas em 2013
- **2012–2015** Paredões de concreto enterrados e dissipadores bagwall em ~1,2 km
- **2020–2021** Colapso de trechos do bagwall; 214 edificações afetadas (2020); 11 casas destruídas (2021)
- **2024–2026** Enrocamento aderente; nova emergência federal (dez 2025); colapso do calçadão (ago 2026)

Pergunta econômica

Quanto vale a proteção recifal? O que Janga precisou gastar em concreto e pedra, somado ao que continuou perdendo apesar disso, é a medida do serviço que os recifes de Pau Amarelo prestam gratuitamente. O recife não foi suprimido: ele existe, e a comparação é espacial, não histórica.

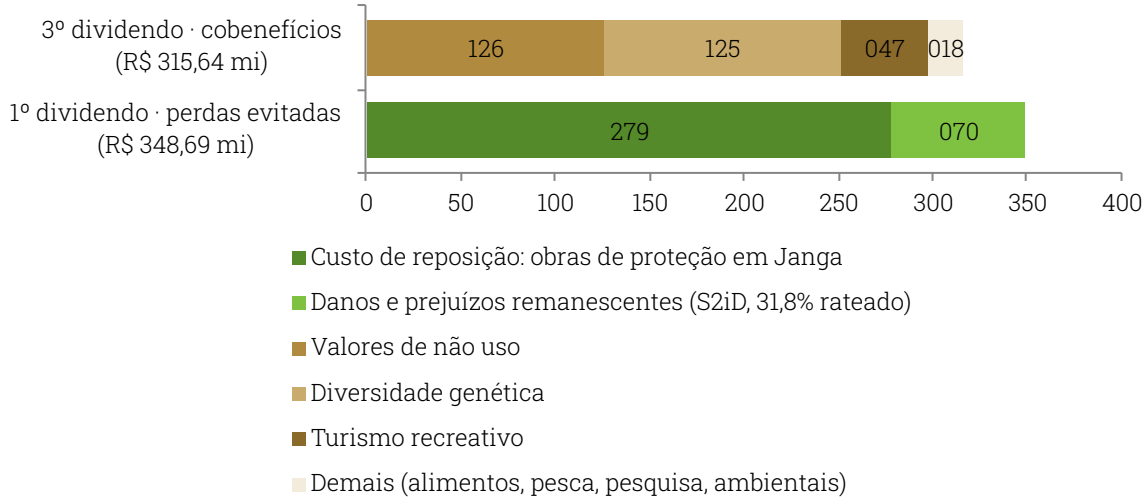
Paulista tem 14 km de litoral densamente urbanizado e uma das situações mais críticas de erosão da Região Metropolitana do Recife, com recuo da ordem de 1 m por ano e elevação relativa do mar de cerca de 5,2 mm por ano. O que torna o caso singular é geomorfológico: duas praias contíguas, sob o mesmo clima de ondas, marés e deriva litorânea, com padrão de ocupação equivalente, diferem apenas pela presença de recifes em franja em frente a Pau Amarelo e sua ausência em frente a Janga. Praias abrigadas por recifes recebem energia de onda substancialmente menor, com reduções da ordem de 50%, e perdem menos sedimento.



Figura 3 - Área do estudo de caso na cidade de Paulista (PE), destacando a Praia de Janga (em amarelo), com estruturas artificiais de proteção costeira (em vermelho), e os recifes naturais paralelos à linha de costa presentes mais ao norte (em cinza), defronte à Praia de Pau Amarelo

Sem essa barreira, Janga substituiu a função protetora ausente por sucessivas gerações de obras desde 1998: espigões, quebra-mares e engordas nas décadas de 1990 e 2000; paredões de concreto enterrados e dissipadores do tipo bagwall entre 2012 e 2015; enrocamento aderente em 2024. Em dezembro de 2025, nova emergência federal; em agosto de 2026, colapso de parte do calçadão. A base federal de desastres registra 14 eventos de erosão no município entre 2000 e 2021, seis com reconhecimento federal, com 500 casas danificadas em 2013 e o colapso do bagwall em 2020 e 2021. As obras, segundo a literatura, também transferiram erosão para a vizinha Pau Amarelo, que apesar dos recifes passou a sofrer com a fixação rígida da linha de costa a montante.

O que a ausência do recife custou a Janga: R$ 664,32 milhões em 28 anos



R$ 167,99 mil

por hectare de recife equivalente, por ano, só em proteção (1º dividendo)

R$ 320,06 mil

por hectare de recife equivalente, por ano, no total mensurado

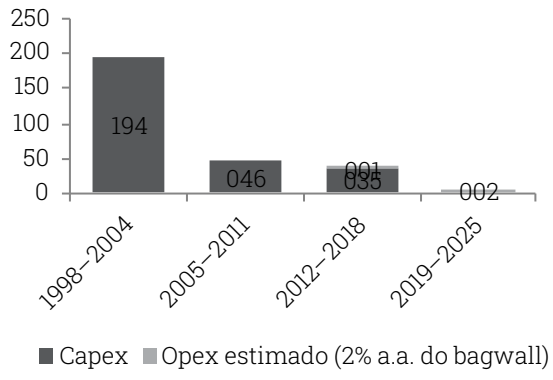
R$ 1,77 mi

por hectare de estrutura rígida, por ano: intensidade de capital da solução cinza

79,5%

dos cobenefícios são valores de não uso e diversidade genética (maior incerteza)

Dispêndios públicos em Janga por período



Leitura

O custo de reposição é o dispêndio mínimo que a sociedade aceitou incorrer tentando substituir a proteção natural, não o preço de um substituto equivalente: as obras não cessaram os danos (R$ 70,15 mi remanescentes, 82% em edificações) e, segundo a literatura citada no P2, transferiram erosão para Pau Amarelo. Essa externalidade não foi imputada, por prudência.

A ausência da barreira recifal custou à Praia de Janga R$ 664,32 milhões em 28 anos, a preços de 2025, ou R$ 23,73 milhões por ano. Em leitura equivalente, esse é o valor do serviço que os recifes prestam gratuitamente em Pau Amarelo. Referido ao recife equivalente de 74,13 hectares, corresponde a R$ 320,06 mil por hectare por ano.

- Custo de reposição: R$ 278,54 milhões (41,9%) em espigões, quebra-mares, paredões e dissipadores, 70% deles concentrados entre 1998 e 2004. Distribuído pelos 5,62 hectares ocupados pelas estruturas, equivale a R$ 1,77 milhão por hectare por ano, a intensidade de capital da solução cinza.
- Danos e prejuízos remanescentes: R$ 70,15 milhões (10,6%), dos quais 82% em edificações; dois anos concentram o resultado, 2000 e 2020.
- Cobenefícios socioambientais: R$ 315,64 milhões (47,5%), a maior camada do caso: valores de não uso (R$ 126,16 milhões), diversidade genética (R$ 124,62 milhões), turismo recreativo (R$ 46,98 milhões) e demais serviços (R$ 17,88 milhões).

O primeiro dividendo, que soma reposição e perdas remanescentes, alcança R$ 348,69 milhões, ou R$ 167,99 mil por hectare por ano de serviço de proteção. É o componente mais robusto do caso. O custo de reposição deve ser lido como o dispêndio mínimo que a sociedade aceitou incorrer tentando substituir a proteção natural, e não como o preço de um substituto equivalente: após três décadas de obras, os danos não cessaram.

Robustez e significado

A valoração combina dispêndios liberados, registros oficiais de desastres e parâmetros transferidos da literatura internacional, cada qual com premissas de atribuição espacial, temporal e de escala. Os testes alteram cada premissa isoladamente e depois as combinam.

O teste de maior relevância conceitual é o do próprio desenho do quase-experimento: em sua formulação mais rigorosa, o custo de reposição seria a diferença entre o que se gastou por quilômetro em Janga e em Pau Amarelo, que também recebeu obras. Descontando o único investimento identificado naquela orla (cerca de R$ 44,2 milhões proporcionalizados), o total cai 6,7%, para R$ 620,08 milhões. A manutenção aplicada a todo o estoque de obras, e não só ao bagwall, eleva o total a R$ 759,68 milhões, limite superior. A fração dos registros de desastre atribuída a Janga move o total entre R$ 640,03 milhões (20,8%) e R$ 697,21 milhões (46,7%).

A maior incerteza está nos cobenefícios. Excluir os valores de não uso reduz o total a R$ 538,17 milhões; excluir também a diversidade genética, a R$ 413,55 milhões. Uma variação de ±25% na área recifal equivalente move o resultado em ±11,9%. No cenário combinado inferior, o valor é de R$ 335,29 milhões (R$ 161,5 mil por hectare por ano); no superior, R$ 813,41 milhões (R$ 391,9 mil por hectare por ano).

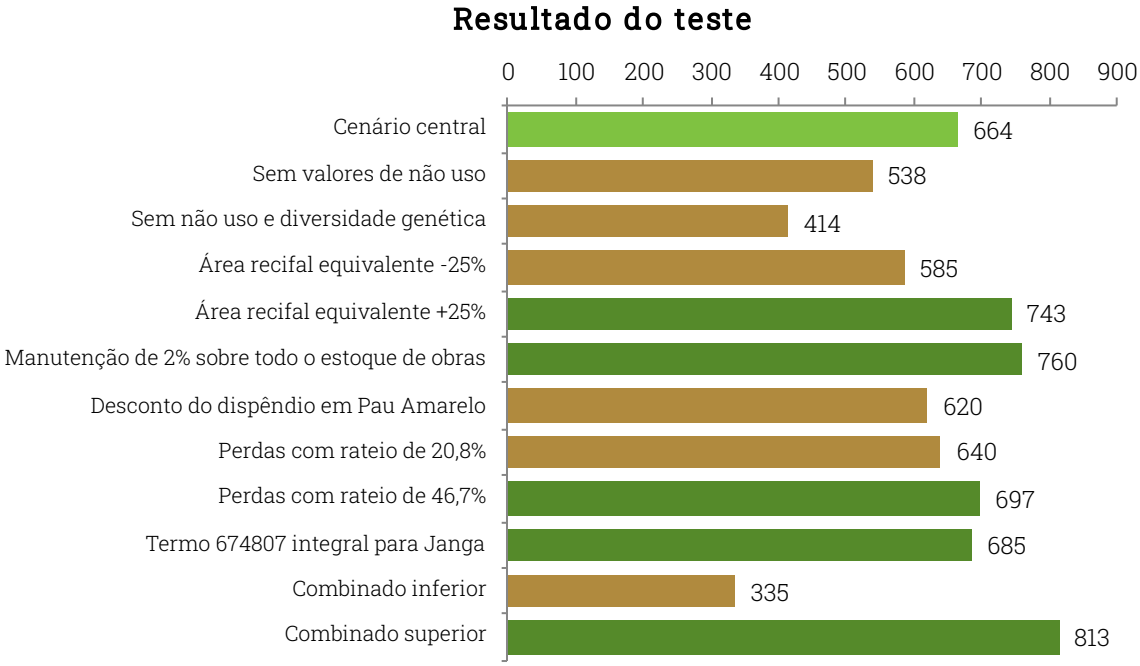
O núcleo de proteção é robusto; a incerteza está nos cobenefícios transferidos

Faixa do valor total mensurado

R$ milhões em 28 anos · trilho de 0 a 900 · marcador verde = cenário central (R$ 664,32 mi)



Valor total em 28 anos, por teste (R$ milhões)



O que isso significa

- O primeiro dividendo (reposição + perdas remanescentes) varia entre R$ 270,4 mi e R$ 497,8 mi nos cenários combinados: é o componente mais robusto do caso.
- Os cobenefícios dependem de aceitar valores de não uso transferidos da literatura internacional; sem eles e sem diversidade genética, o total cai 37,7%, mas ainda supera R$ 330 mi no cenário mais restritivo.
- Na formulação mais rigorosa, o quase-experimento descontaria os gastos de contenção também feitos em Pau Amarelo (≈ R$ 44,2 mi); o efeito sobre o total é de -6,7%.
- A infraestrutura natural presta um serviço de ordem de grandeza comparável ao esforço fiscal que sua ausência impôs a Janga por três décadas.

De onde vêm os números

Bases de dados

- Portal de Convênios do Governo Federal: seis instrumentos entre 1998 e 2025 para contenção do avanço do mar em Paulista, pelos valores liberados; contrapartidas no Portal da Transparência municipal.
- Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD): 14 registros de erosão (2000–2021), com danos a edificações e prejuízos públicos e privados.
- Literatura técnica local sobre o litoral de Paulista e documentos de projeto das obras (volumes de areia, expectativa de perda de 40% em cinco anos).
- Mensuração em SIG, sobre imagens de satélite, dos quatro blocos recifais de Pau Amarelo (158,70 ha) e das extensões de costa de Janga (2,91 km) e Pau Amarelo (6,23 km).
- Valores de serviços ecossistêmicos de recifes de coral da Conservation International (2024), convertidos por paridade de poder de compra.

Passos seguidos

1. Somar os dispêndios públicos com obras em Janga, 1998–2025, atualizados pelo INCC. Nos convênios antigos sem desembolso anual, distribuir o valor pelos anos de vigência. No pacote emergencial de 2013, que abrangeu as duas praias, atribuir a Janga 31,8%, sua participação na extensão total de orla contemplada.
2. Estimar a manutenção não registrada como 2% ao ano do investimento nos dissipadores bagwall, equivalente a duas intervenções de grande porte por década, a partir de 2016.
3. Extrair dos registros de desastre apenas danos a edificações e prejuízos públicos e privados, excluindo os danos a obras de infraestrutura, que já estão contados como custo de reposição; ratear os valores municipais a Janga pelos mesmos 31,8%.
4. Definir um recife hipotético em frente a Janga, proporcional ao de Pau Amarelo pela extensão de costa: 158,70 ha × 2,91/6,23 = 74,13 ha.
5. Aplicar a essa área os valores por hectare dos serviços recifais, excluindo moderação de distúrbios e prevenção da erosão (já contados como proteção) e tratamento de resíduos (inaplicável a recifes, que são degradados por esgoto).

Lógica de atribuição de valor

O dispêndio que Janga precisou fazer para tentar substituir a proteção natural, somado ao que continuou perdendo apesar disso, é o valor mínimo do serviço que os recifes prestam gratuitamente em Pau Amarelo. Trata-se de custo de reposição e de perdas remanescentes, mais os cobenefícios que uma barreira recifal equivalente entregaria no mesmo trecho. A escala espacial é a mesma nas três parcelas, para que sejam comparáveis entre si.

O que ficou de fora

A transferência da erosão de Janga para Pau Amarelo, que poderia ser tratada como externalidade negativa das obras e ampliar o custo da opção cinza, foi deliberadamente não imputada: exigiria arbitrar frações de causalidade em um sistema com múltiplos forçantes, inclusive obras portuárias de escala metropolitana. Tampouco entram perdas difusas não registradas, como desvalorização imobiliária e custos privados de adaptação.

EIXO 2

QUANTO CUSTA RECUPERAR A INFRAESTRUTURA NATURAL, EM COMPARAÇÃO COM A ENGENHARIA CONVENCIONAL?

O Eixo 2 olha para a frente. Em três orlas urbanas consolidadas onde a erosão exige intervenção, a restauração de um habitat costeiro é comparada à resposta de engenharia para o mesmo trecho e o mesmo propósito. A pergunta é qual trajetória entrega proteção com menor custo para a sociedade, ao longo de 30 anos, contadas as externalidades que cada uma impõe.

Os três casos representam graus crescentes de profundidade da intervenção. Em Copacabana, a restauração ocorre sobre faixa de areia disponível, sem remover nada. Em Santos, é preciso retirar infraestrutura pública: mureta, enrocamento, calçadão e via. Em Florianópolis, é preciso adquirir e demolir a primeira linha de casas particulares. A razão entre o custo social da SBN e o da alternativa comparada sobe nessa mesma ordem, 38,0%, 58,6% e 87,1%, e a vantagem se torna progressivamente mais dependente de premissas. Os comparadores são distintos (obra nova, estrutura existente com externalidade, projeto híbrido) e os montantes não se somam; a direção do achado, porém, é a mesma: a SBN é tanto mais vantajosa quanto mais cedo é adotada.

Como ler os valores do Eixo 2

Todos os valores são valores presentes (VP) a 8,5% ao ano, em 30 anos, a preços sociais de 2025. Comparações de Capex e Opex são sempre feitas em VP.

Os indicadores são a razão SBN/alternativa, o índice benefício-custo (custos evitados da alternativa tomados como benefício da SBN) e, em Santos, a taxa de retorno econômica.

As faixas de incerteza mostram testes univariados e cenários combinados; o cenário central é sempre o marcador verde, e a linha de empate (razão de 100% ou B/C igual a 1) está sempre indicada.

Como se compara as SBNs com engenharia convencional de forma justa

1
Trajetórias completas, não obras

Cada alternativa é uma unidade autossuficiente: inclui tudo o que precisa para funcionar. Em Santos, a SBN carrega demolição, transporte de entulho a 50 km, 125 mil m^3 de areia e manutenção; em Florianópolis, até a urbanização e drenagem do projeto híbrido.

2
Mesmas réguas dos dois lados

30 anos, taxa social de 8,5% a.a., BDI de 20%, mesmos coeficientes de administração local, mesmo catálogo de preços, data-base 2025.

3
Preços sociais, não de mercado

Fatores do Catálogo de Parâmetros retiram tributos e distorções. Em Copacabana, a conversão reduz a SBN em 8,7% e a cinza em 9,6%.

4
Proteção equivalente por convenção

Sem modelagem hidrodinâmica, o benefício de proteção se anula; a decisão se resolve pelo menor custo social mais as externalidades diferenciais.

5
Externalidade entra de um lado só

A desamenidade cênica (Copacabana) e o desconto imobiliário (Santos) são imputados à alternativa rígida e não replicados como cobenefício da SBN.

6
Indenizar não é custo; perder o uso, sim

Em Florianópolis, pagar os proprietários é transferência; o uso das 111 casas retiradas é custo real. O prêmio de “frente para o mar” migra para a retaguarda.

Quanto mais contestado o espaço, menor e mais frágil a vantagem da SBN

Copacabana (RJ)

Restaurar sobre areia disponível

Comparador: mureta + enrocamento (obra nova). Custos diretos.



Robustez: Hierarquia mantida em todos os testes, isolados ou combinados (pior caso: 66,1%).

Santos (SP)

Remover infraestrutura pública

Comparador: estrutura rígida existente, incluindo a externalidade de risco sobre o patrimônio exposto.



Robustez: Mantida desde que preservada a externalidade; sem ela, as trajetórias se igualam (B/C 0,96).

Florianópolis (SC)

Adquirir e demolir propriedades privadas

Comparador: projeto híbrido de engorda, geotubos e molhe (estimativa veiculada).



Robustez: Sensível a premissas isoladas: custo da híbrida e preço do estoque adquirido podem reverter a vantagem da SBN.

espaço de acomodação cada vez mais contestado → vantagem menor e mais dependente de premissas

Os três comparadores são distintos e os montantes não devem ser somados. A direção do achado é comum: a SBN é tanto mais vantajosa quanto mais cedo é adotada, antes que a ocupação consolide a primeira linha e encareça o espaço de acomodação.

4. Restauração ecológica em área urbanizada no Rio de Janeiro (RJ)

Duas formas de proteger o trecho sul da praia de Copacabana

Intervenção	Local	Área de análise	Pergunta econômica
Restauração ecológica sem remoção de infraestrutura	Praia de Copacabana, trecho sul (Posto 6 e Forte), com recuo de ~10 m em 60 anos	1,30 ha: 1,3 km de orla por 10 m na porção superior da praia	Cordão arenoso vegetado ou mureta com enrocamento?

Perfis transversais na mesma faixa de 10 m

SBN · cordão arenoso vegetado

Altura 1,70 m · base 8,00 m · crista 2,00 m

11.050 m³ de areia da própria berma, sem engorda

11.565 m² de restinga; cerca de retenção e proteção de pé reversíveis; cercamento contra pisoteio

Capex R$ 1,70 mi (mercado) · 51% é plantio



← 10 m → 2 m de folga para a transição com o calçadão

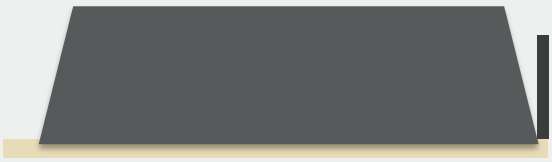
Cinza · mureta + enrocamento

Enrocamento 2,40 m de altura, base 8,70 m, taludes 1,5:1; mureta de 1,80 m

17.200 m³ de pedra arrumada; manta geotêxtil; drenagem de tardoz

Ocupa 9,70 dos 10 m disponíveis: coastal squeeze

Capex R$ 8,75 mi (mercado) · 55% é o corpo do enrocamento



Seção calibrada ao piso de R$ 6,73 mil/m (obra de Angra dos Reis, 2021)

Como funcionam

O cordão dissipa a energia das ondas por atrito e rugosidade, retém areia pelas raízes e se reconstitui a partir da própria massa após uma ressaca; pode migrar quando o mar sobe. A mureta e o enrocamento dissipam ou refletem energia por massa e geometria fixas, e a mureta ainda escora o calçadão e a Avenida Atlântica. Ambos protegem a retaguarda, por caminhos diferentes, e nenhum inclui engorda de praia.

Precedente local

Projeto Restinga (Instituto-E/SMAC): desde 2009, mais de 10 mil m² de restinga restaurados em Ipanema e Leblon, com 41 mil mudas e 6 mil m³ de areia remanejada, reconhecido pela Unesco. Seus itens de projeto executivo (Biovert, 2026) ancoram o orçamento da SBN.

Copacabana é uma das praias urbanas mais densas e simbólicas do país, e sua configuração atual é, em boa medida, obra de engenharia: a engorda concluída em 1971 ampliou a faixa de areia em cerca de 80 m. Seis décadas depois, análises de imagens mostram erosão acentuada no setor sul, perto do Posto 6 e do Forte, com recuo de aproximadamente 10 m, enquanto o trecho central permanece e o Leme permanecem estáveis e até acumulam areia. A praia não tem hoje cordões arenosos vegetados que ajudem a reter sedimento e a acomodar as variações da linha de costa.

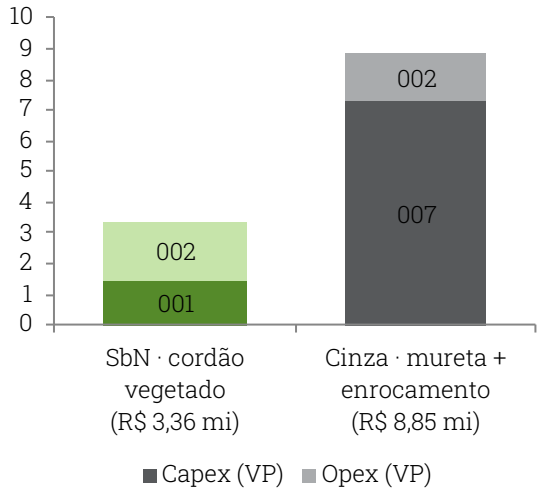


Figura 4 - Área do estudo de caso na cidade do Rio de Janeiro (RJ), destacando a Praia de Copacabana e o trecho na região sul com histórico de erosão costeira (em amarelo)

A alternativa natural se apoia em um precedente do próprio município: o Projeto Restinga, do Instituto-E com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Clima, que desde 2009 restaurou mais de 10 mil m^2 de vegetação de restinga em Ipanema e Leblon, com 41 mil mudas e cerca de 6 mil m^3 de areia remanejada, reconhecido pela Unesco. O cordão proposto para Copacabana tem 1,70 m de altura e 8 m de base, é formado com areia da própria berma (sem engorda nem importação de sedimento), estabilizado por cercas de retenção e proteção de pé reversíveis, protegido do pisoteio por cercamento e coberto por 11.565 m^2 de restinga.

A alternativa cinza combina mureta de 1,80 m, que escora o calçadão e a Avenida Atlântica, e enrocamento de 2,40 m de altura e 8,70 m de base, assentado sobre manta geotêxtil, com drenagem de tardoz. Dimensionada a partir de uma obra real de enrocamento executada em Angra dos Reis (piso de R$ 6,73 mil por metro), a estrutura ocupa 9,70 dos 10 m disponíveis: a manifestação concreta do coastal squeeze. Nenhuma das alternativas inclui engorda de praia. Ambas protegem a retaguarda, mas por mecanismos opostos: o cordão dissipa energia por atrito e se reconstitui a partir da própria massa; a estrutura rígida dissipa ou reflete energia por massa e geometria fixas, e pode acelerar a erosão em trechos adjacentes.

O cordão vegetado protege o mesmo trecho por 38,0% do custo da defesa rígida



Custo socioeconômico total (VP)

SBN: R$ 3,36 mi = R$ 2,59 mil por metro de orla. Capex 42,5%, Opex 57,5% do VP.

Cinza: R$ 8,85 mi = R$ 6,81 mil por metro. Capex 82,4%, Opex 17,6% do VP.

Economia da SBN: R$ 5,48 mi (62,0%), ou R$ 4,22 mil por metro. Com o orçamento da cinza, a SBN protegeria o trecho e mais 2,1 km, quase todo o arco central da praia.

O Opex da SBN (R$ 1,94 mi VP) supera o da cinza (R$ 1,56 mi VP): reposição vegetal, cercamento, monitoramento e comunicação por 30 anos; a diferença é diluída na economia de capital.

38,0%

do custo social da defesa rígida, só em custos diretos (VP)

R$ 2,59 mil / m

SBN, contra R$ 6,81 mil / m da cinza (VP por metro de orla)

19,6%

razão entre os Capex a preços sociais (R$ 1,55 mi vs R$ 7,91 mi)

R$ 15,44

de perda na economia da areia por R$ 1 gasto na obra rígida (segundo painel)

Desamenidade cênica imputada à obra rígida

Interpor mureta e enrocamento entre o calçadão tombado e a água rebaixa a qualidade cênica de uma paisagem cultural reconhecida pela Unesco. Um ponto a menos no parâmetro de "utilidades" do método CSES equivale a -3,95% de qualidade cênica, aplicados aos R$ 352,35 mi/ano transacionados na areia do trecho: R$ 13,91 mi/ano, ou R$ 136,65 mi em VP.

Faixa testada da externalidade (R$ milhões, VP) · trilho de 0 a 520 · marcador verde = cenário central



Com a externalidade, a alternativa cinza soma R$ 145,50 mi em VP (93,9% são a desamenidade), contra R$ 3,36 mi da SBN. A externalidade não é replicada como cobenefício da SBN, para evitar dupla contagem.

A reconstituição do cordão arenoso vegetado protege o trecho sul de Copacabana por R$ 3,36 milhões em valor presente, contra R$ 8,85 milhões da mureta com enrocamento: 38,0% do custo social da defesa rígida, ou R$ 2,59 mil contra R$ 6,81 mil por metro de orla. A economia é de R$ 5,48 milhões (62,0%), o suficiente para que o orçamento da obra cinza financiasse, pela via natural, a proteção do trecho e de mais 2,1 km, quase todo o arco central da praia.

- Investimento (Capex em VP): R$ 1,43 milhão na SBN contra R$ 7,29 milhões na cinza. É aqui que se decide o caso: a preços sociais, o Capex da SBN é 19,6% do da cinza.
- Manutenção (Opex em VP): R$ 1,94 milhão na SBN contra R$ 1,56 milhão na cinza. A SBN exige reposição vegetal, controle de invasoras, manejo do cercamento, monitoramento e comunicação com usuários por 30 anos; a estrutura rígida concentra o esforço no ano inicial. A diferença de R$ 381 mil é diluída na economia de capital.
- Estrutura de custos: na SBN, 42,5% é Capex e 57,5% é Opex; na cinza, 82,4% e 17,6%, perfil típico de estruturas rígidas de longa vida útil.

A orla de Copacabana integra o sítio "Rio de Janeiro: Paisagens Cariocas entre a Montanha e o Mar", patrimônio mundial da Unesco. Interpor uma estrutura rígida entre o calçadão tombado e a água altera um ativo cultural coletivo. Valorada pela cadeia descrita na página anterior, essa desamenidade custa R$ 13,91 milhões por ano, ou R$ 136,65 milhões em valor presente: 15,4 vezes o custo direto da própria obra. Cada R$ 1 gasto na defesa rígida carrega R$ 15,44 de perda na economia da areia. Somados custos e externalidade, a alternativa cinza alcança R$ 145,50 milhões, contra R$ 3,36 milhões da SBN.

A estimativa é um piso transacional: considera apenas o comércio sobre a areia, sem quiosques, bares, hotelaria, transporte, comércio da retaguarda, valor imobiliário ou valores de não uso. Em experiências internacionais, 60% dos entrevistados tiveram percepção negativa de paisagens compostas só por muros costeiros mesmo reconhecendo sua função protetora; e uma análise de custo-benefício em Noosa, na Austrália, estimou que muros reduziriam em 60% os benefícios recreativos e em 14% o gasto turístico.

Robustez e significado

A comparação combina orçamentos de catálogo com parâmetros transpostos da literatura e de precedentes locais, sobretudo para a manutenção e para a desamenidade. Cada premissa foi alterada isoladamente, depois em combinações, e foram calculados os valores que igualariam as alternativas.

Do lado da SBN, o parâmetro que mais pesa é a manutenção, 57,5% de seu valor presente. Restringi-la aos anos 2 a 10, quando o cordão já estaria estabelecido, reduz o custo total a R$ 2,54 milhões (28,7% da cinza). Dobrá-la, incorporando todos os aportes recentes ao Projeto Restinga ainda que parte deles financie novas áreas, eleva o custo a R$ 5,33 milhões (60,3%). Variar o Capex da SBN em ±30% move a razão entre 33,2% e 42,9%.

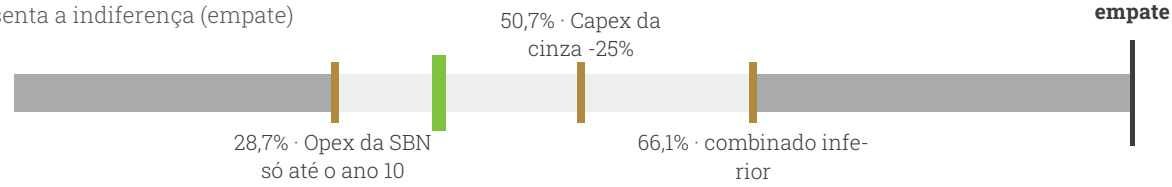
Do lado da cinza, manutenção de 1% ao ano leva a razão a 41,7%; sem manutenção alguma, hipótese implausível, a 46,1%. Manutenção de 3% ou 5% a reduz a 35,0% e 30,1%. Capex ±25%, que reflete a incerteza de um pré-dimensionamento, move a razão entre 50,7% e 30,4%. Armadura pesada com a mesma seção, 33,6%. Uma reconstrução parcial

de 25% do Capex no ano 15, à luz dos colapsos documentados em Paulista, 35,7%. No cenário combinado inferior (sem externalidade, Opex da SBN duplicado, cinza a 1% ao ano), a SBN ainda custa 66,1% da cinza, com vantagem de R$ 2,74 milhões.

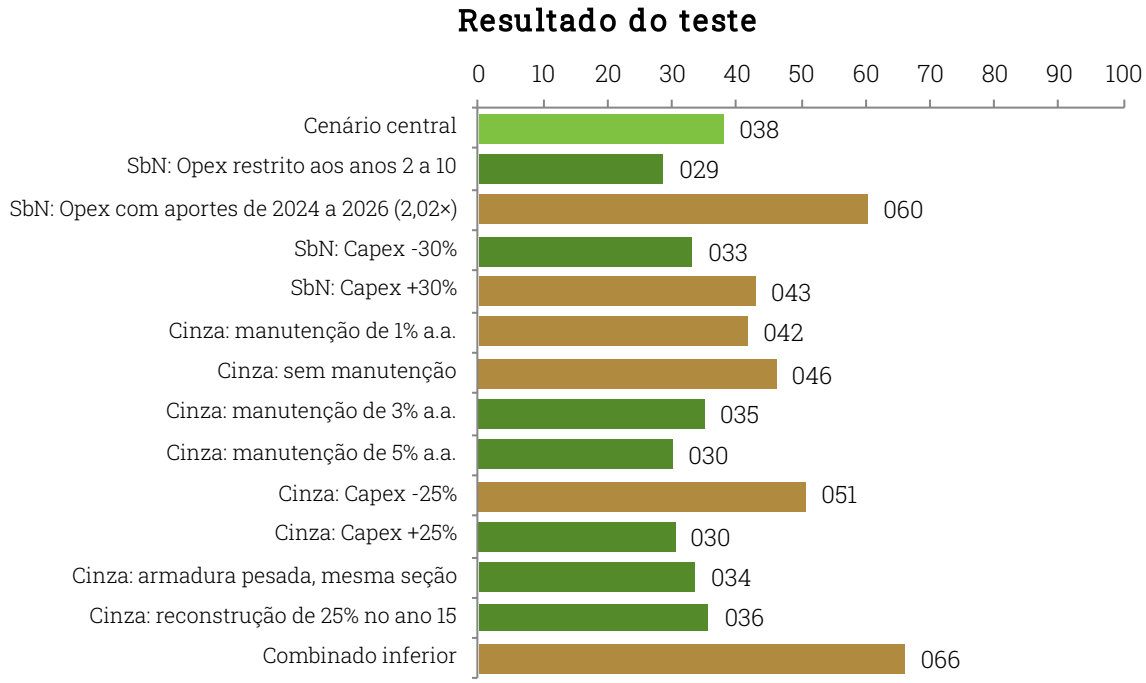
A externalidade é o componente de maior incerteza quanto à magnitude: vai de zero, se o parâmetro cênico já estiver saturado em Copacabana, a R$ 519,28 milhões, se a queda for normalizada pelo nível do índice de uma praia predominantemente urbana. Mas opera em um único sentido, ampliando a vantagem da SBN, e o valor central de R$ 136,65 milhões é o mais conservador entre as normalizações testadas.

Faixa da razão SBN / Cinza

% do custo da alternativa cinza · trilho de 0 a 100% · marcador verde = cenário central (38,0%) · linha preta apresenta a indiferença (empate)



Razão SBN / Cinza por teste (%)



O que isso significa

- Mesmo sem externalidade, com a manutenção da SBN duplicada e a da cinza no piso da literatura (1% a.a.), a SBN custa R$ 5,33 mi contra R$ 8,07 mi: 66,1%, vantagem de R$ 2,74 mi.
- No cenário combinado superior (falha estrutural no ano 15, manutenção de 3% e externalidade central), a cinza alcança R$ 146,86 mi, contra R$ 3,36 mi da SBN.
- A externalidade varia de zero a R$ 519,28 mi conforme a hipótese, mas só opera ampliando a vantagem da SBN; o valor central é a mais conservadora das normalizações testadas.
- Ressalvas: equivalência de proteção por convenção; a cinza foi orçada em um piso de obra, o que torna a economia estimada conservadora para a SBN.

De onde vêm os números

Bases de dados

- Catálogo de preços SCO-Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro, inclusive composições de plantio, cercas e monitoramento usadas no projeto executivo de revitalização das dunas de Ipanema e Leblon (Biovert, 2026).
- Memorial e planilha da obra de enrocamento da orla da Monsuaba, Angra dos Reis (2021), tomada como piso de custo e fonte das razões de serviços preliminares, transporte e administração local.
- Catálogo de Parâmetros do Guia ACB (fatores de conversão a preços sociais).
- Projeto Restinga: investimento acumulado da ordem de R$ 2,8 milhões em 15 anos sobre mais de 10 mil m², como referência de manutenção.
- Literatura internacional de manutenção de obras costeiras (1% a 5% ao ano do investimento).
- Estudo Economia das Praias do Rio (Prefeitura, 2022): R$ 2,0 bilhões por ano transacionados na areia, atualizados a R$ 3,34 bilhões; 738 dos 2.189 ambulantes registrados em Copacabana e Leme.
- Método de avaliação cênica costeira CSES (Coastal Scenic Evaluation System) e sua aplicação a 25 praias da Ilha de Santa Catarina.

Passos seguidos

1. Desenhar as duas alternativas para os mesmos 1,3 km, com os mesmos 10 m de faixa, e levantar seus quantitativos: 11.050 m³ de areia remanejada e 11.565 m² vegetados para a SBN; 17.200 m³ de pedra, 12.605 m² de geotêxtil e 2.340 m² de mureta para a cinza.
2. Orçar a preços de mercado com o SCO-Rio e as razões da obra de referência: R$ 1,70 milhão (SBN) e R$ 8,75 milhões (cinza), ambos com BDI de 20%.
3. Estimar a manutenção: 12,71% do Capex ao ano para a SBN, derivado do precedente de Ipanema e Leblon (R$ 18,67 por m² vegetado por ano), aplicado por 30 anos por conservadorismo; 2% do Capex ao ano para a cinza, faixa intermediária da literatura e coerente com Paulista.
4. Converter a preços sociais por grupo de insumo (fator médio de 0,9126 para a SBN e 0,9042 para a cinza) e descontar os fluxos de 30 anos a 8,5% ao ano.
5. Estimar a externalidade da obra rígida: a interposição de mureta e enrocamento rebaixa em um ponto o parâmetro de utilidades do método cênico; isso equivale a -0,06 no índice D, ou -3,95% da amplitude observada entre praias; com elasticidade unitária, essa perda se aplica aos R$ 352,35 milhões anuais transacionados na areia do trecho (231 ambulantes): R$ 13,91 milhões por ano, do ano 2 ao 30.

Lógica de atribuição de valor

As duas alternativas atendem ao mesmo propósito no mesmo trecho, sob as mesmas convenções; o benefício de proteção se anula e a decisão se dá pelo menor custo social. A externalidade de desamenidade é imputada apenas à alternativa cinza, porque no cenário com o cordão a economia da areia permanece íntegra, o que já está refletido na comparação por ausência de perda. Os gastos na areia são uma base monetária para dimensionar a amenidade do trecho, não uma previsão de queda do produto do município.

O que ficou de fora

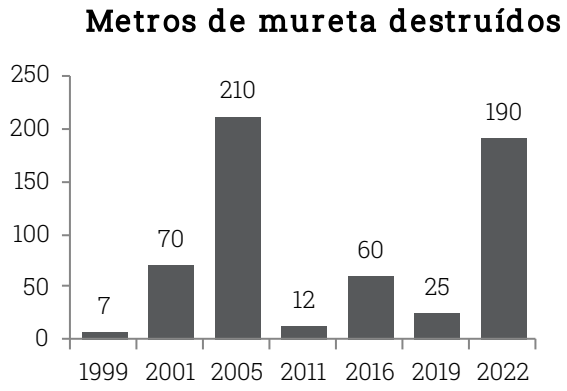
Cobenefícios estéticos e ecológicos do cordão (para não se sobrepor à perda cênica já contada), receitas de quiosques, bares, hotelaria e comércio da retaguarda, valor imobiliário e valores de não uso. As perdas recreacionais pela ocupação de 10 m de areia são iguais nas duas alternativas e também seriam impostas, mais lentamente, pela própria erosão.

5. Remoção de infraestrutura pública e recriação de habitat natural em Santos (SP)

Os riscos da manutenção da estrutura rígida e a possibilidade de devolver o espaço à praia

Intervenção	Local	Área de análise	Pergunta econômica
Remoção de infraestrutura pública e recriação de praia vegetada	Ponta da Praia, do Canal 6 à Rua Carlos de Campos	37.277 m²: 550 m de orla por 68 m de largura média	Manter mureta, enrocamento, calçadão e via, ou removê-los e recriar a praia?

Trechos de mureta destruídos por ressacas (metros)



O que já se gastou

R$ 23,14 mi mobilizados pela Prefeitura entre 1999 e 2025 (preços de 2025): R$ 11,24 mi em contratos emergenciais e R$ 11,90 mi reconstruídos a partir de danos noticiados.

76% dos dispêndios na última década; média recente de R$ 1,75 mi/ano, 2,05 vezes a média do período.

14 dos 27 anos sem valor atribuído: a estimativa é um piso.

Linha do tempo

2010	Erosão acelera: recuo de até 57 m (2010–2017), mais de 6 m/ano nos trechos mais afetados; 15 inundações por ressaca no ano
21 ago 2016	Ondas acima de 4,25 m; avenidas inundadas; marcas de água de 0,8 m em térreos
2018	Barreira submersa de 49 geotubos (R$ 2,98 mi); recalque posterior de ~1,1 m
2022	Três contratos emergenciais (R$ 5,1 mi nominais); 190 m de mureta destruídos
2023 · 2025	Avenidas interditadas; reconstrução de um mês após ressaca

Pergunta econômica

Aqui a infraestrutura cinza não é uma alternativa a construir: já existe. A comparação é entre continuar a mantê-la e reforçá-la (cenário base, sem Capex, com custeio crescente e risco crescente) e removê-la para recriar uma praia com cordão arenoso vegetado de grande porte (Capex concentrado, custeio estável).

A orla de Santos foi praia e restinga antes de ser calçadão, via e muro. Na Ponta da Praia, a erosão se acelerou a partir de 2010, com recuo de até 57 m entre 2010 e 2017 e taxas acima de 6 m por ano nos trechos mais afetados, associadas, entre outros fatores, ao aprofundamento do canal do porto, que tornou reflexivo um fundo antes dissipativo. As inundações por ressaca, que não passavam de quatro por ano entre 1960 e 1991, chegaram a quinze em 2010. Em agosto de 2016, ondas acima de 4,25 m inundaram as avenidas e deixaram marcas de 0,8 m nos térreos dos edifícios da orla.

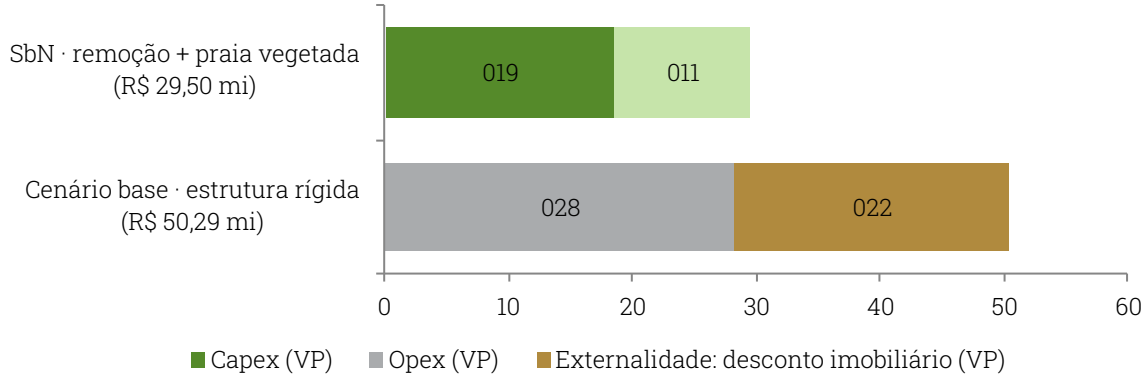


Figura 5 - Área detalhada da retração urbana (polígono preto) e dos edifícios sob risco de galgamento (em cinza), Ponta da Praia, Santos

A resposta tem sido reativa: contratos emergenciais em 2010, 2016, 2018, 2020, 2022 e 2025, três deles só em 2022, e trechos de mureta destruídos e reconstruídos de 7 m (1999) a 210 m (2005) e 190 m (2022). Em 2018, uma barreira submersa de 49 geotubos foi implantada como projeto-piloto; acumulou areia nos primeiros anos, mas sofreu recalque de cerca de 1,1 m no solo mole e perdeu eficiência. A incerteza de desempenho, mostra o caso, não é exclusiva das soluções naturais.

Aqui a infraestrutura cinza não é uma alternativa a construir: já existe e já cumpriu sua vida útil de projeto. Por isso a comparação se dá entre a continuidade da estratégia atual, sem investimento inicial mas com custeio e risco crescentes, e sua substituição por uma praia vegetada com cordão de 4 m de altura e 45 m de base, que devolve ao perfil praial o espaço de acomodação de que ele carece e ainda preserva cerca de 23 m de praia seca utilizável.

Renaturalizar custa 58,6% de se manter a estrutura rígida



58,6%

do custo do cenário base, em VP (R$ 29,50 mi vs R$ 50,29 mi)

B/C 1,71

custos evitados do cenário base como benefício; TRE de 15,2% a.a.

R$ 53,63 mil / m

SBN, contra R$ 91,44 mil / m do cenário base (VP por metro)

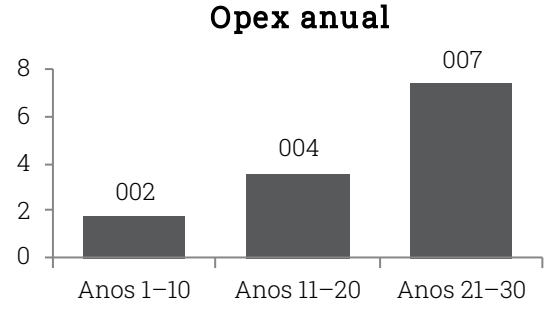
B/C 0,96

sem a externalidade: as trajetórias praticamente se igualam

Ressalva sobre a externalidade

Só com custos diretos, o cenário base custa R$ 28,32 mi e a SBN R$ 29,50 mi (4,2% mais cara). É o desconto imobiliário pela intensificação do risco de galgamento, R$ 21,98 mi em VP sobre um estoque exposto de R$ 390,68 mi, que converte o resultado em vantagem de R$ 20,80 mi. A premissa de que a praia recriada neutraliza esse risco não vem de modelagem hidrodinâmica; bastaria neutralizar 5,4% do incremento de vulnerabilidade para empatar.

Custeio do cenário base por década (R$ mi/ano, mercado)



Composição da SBN (VP)

Remoção (ano 1): R$ 9,85 mi; 75% do subtotal é transporte e destinação de 141 mil t de material. Praia e cordão de 4 m (ano 2): R$ 8,79 mi; 125 mil m³ de areia da dragagem do porto.

Opex (anos 3–30): R$ 10,85 mi, incluindo reengorda de 40% do cordão a cada 10 anos.

Cenário base: saltos de patamar (×2,05) nos anos 11 e 21, replicando o observado no passado.

Remover a infraestrutura pública da Ponta da Praia e recriar uma praia vegetada custa R$ 29,50 milhões em valor presente, contra R$ 50,29 milhões da continuidade da estrutura rígida: 58,6% do custo do cenário base, ou R$ 53,63 mil contra R$ 91,44 mil por metro de orla. Tomados os custos evitados do cenário base como benefício, o índice benefício-custo é de 1,71 e a taxa de retorno econômica, de 15,2% ao ano, acima da TSD de 8,5%.

- Cenário base (R$ 50,29 milhões): sem Capex; custeio de manutenção e reforço de R$ 28,32 milhões em VP (56,3%), que quadruplica em valor nominal ao longo das três décadas; e externalidade de R$ 21,98 milhões em VP (43,7%), o desconto que o mercado imobiliário tende a aplicar a um patrimônio cada vez mais exposto ao risco.
- SBN (R$ 29,50 milhões): Capex de R$ 18,64 milhões em VP (63,2%), dividido entre remoção no ano 1 e recriação no ano 2; e Opex de R$ 10,85 milhões em VP (36,8%), estável no tempo e já incluindo a reengorda periódica. O Opex da SBN equivale a 38,3% do Opex do cenário base em VP.

Considerados apenas os custos diretos, as duas trajetórias praticamente se igualam: R$ 28,32 milhões para o cenário base e R$ 29,50 milhões para a SBN, que seria 4,2% mais cara, com índice benefício-custo de 0,96. É a incorporação do prejuízo privado associado à intensificação do risco que converte o resultado em vantagem de R$ 20,80 milhões. A premissa de que a praia recriada neutraliza integralmente esse incremento de vulnerabilidade não decorre de modelagem hidrodinâmica, e por isso é testada: bastaria neutralizar 5,4% dele para que as alternativas empatassem. A remoção da infraestrutura se torna econômica quando o custo suportado pelo patrimônio privado deixa de ser invisível.

Quase todas as demais convenções são contra a alternativa natural: areia a preço de edital (o contratado foi 17,5% menor), terraplenagem no limite superior, transporte a 50 km em caminhões pequenos, três rubricas arbitradas de R$ 200 mil, reengorda de 40% a cada dez anos e nenhum cobenefício valorado.

Robustez e significado

A comparação combina dispêndios registrados, reconstruções paramétricas, orçamentos de catálogo e parâmetros hedônicos transferidos. A premissa mais influente é a própria externalidade: excluída, o índice B/C cai a 0,96; se a SBN neutralizar apenas 10% do incremento de vulnerabilidade, a vantagem se reduz a R$ 1,02 milhão (B/C 1,03).

Quanto à magnitude da externalidade, os cenários e percentis de elevação do mar a fazem variar entre R$ 18,47 milhões e R$ 30,44 milhões (B/C de 1,59 a 1,99). Limitar o desconto imobiliário a 6,6%, teto da literatura para risco projetado sem dano consumado, a reduz a R$ 14,27 milhões (B/C 1,44). Usar o piso de preços da Ponta da Praia (R$ 6.340 por m^2) leva a B/C de 1,58; variar o redutor de área útil (25% e 75%), entre 2,08 e 1,33.

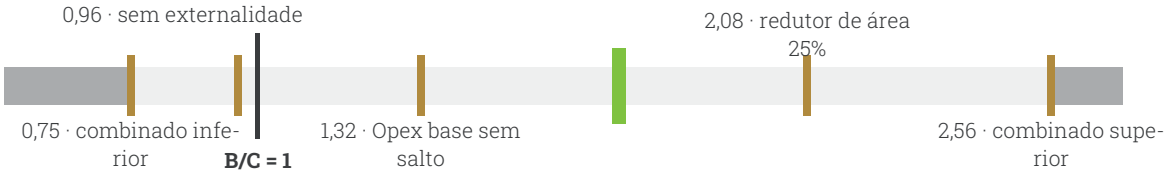
No cenário base, manter o custeio constante no patamar atual, sem intensificação, reduz seu custo a R$ 17,03 milhões (B/C 1,32); excluir o projeto de geotubos, a R$ 19,16 milhões (1,39); adiar os saltos para os anos 16 e 26, a R$ 22,82 milhões (1,52). Na SBN, terraplenagem de 1,00 m ou 2,00 m move o B/C entre 1,85 e 1,49. Em todos os testes univariados que preservam a externalidade, o B/C fica entre 1,32 e 2,08. Só a combinação simultânea de premissas desfavoráveis inverte a hierarquia: no combinado inferior, o

cenário base custa R$ 24,26 milhões e a SBN R$ 32,15 milhões (B/C 0,75); no superior, R$ 58,76 milhões contra R$ 22,93 milhões (B/C 2,56).

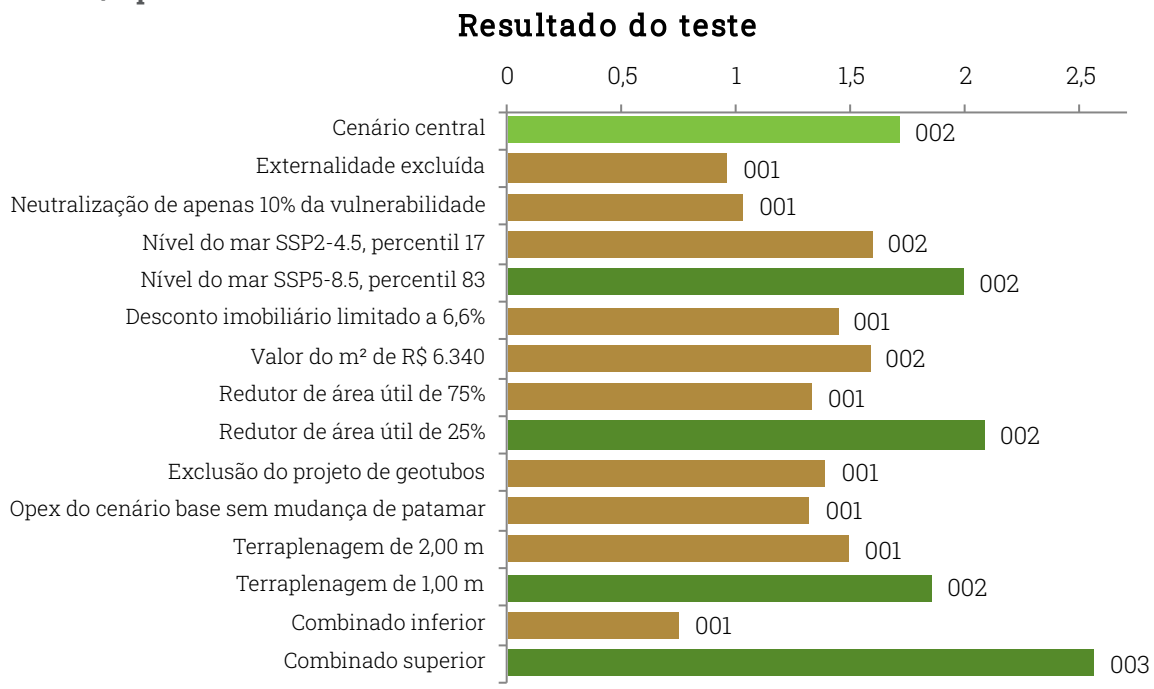
Os valores de reversão confirmam a leitura: mantida a externalidade central, as alternativas só se igualariam se o custeio do cenário base caísse a 26,6% do projetado, se o Capex da SBN fosse 2,12 vezes o orçado, se o custeio do cordão fosse 3,29 vezes o estimado ou se a areia custasse R$ 122,77 por m³, 2,4 vezes o parâmetro.

Faixa do índice benefício-custo

Índice B/C · trilho de 0,5 a 2,7 · marcador verde = cenário central (1,71) · linha preta = B/C igual a 1



Índice B/C por teste



Valores de reversão (mantida a externalidade central)

- As alternativas só se igualariam se o custeio do cenário base caísse a 26,6% do projetado (R$ 7,52 mi em VP), se o Capex da SBN fosse 2,12 vezes o orçado, se o custeio do cordão fosse 3,29 vezes o estimado, ou se a areia custasse R$ 122,77/m³ (2,4 vezes o parâmetro).
- Univariados que preservam a externalidade: B/C entre 1,32 e 2,08. A hierarquia só se inverte combinando premissas desfavoráveis (combinado inferior: 0,75).
- Quase todas as convenções operam contra a SBN (terraplenagem no limite superior, transporte a 50 km, areia em preço de edital, reengorda, nenhum cobenefício valorado); a que a favorece é a neutralização integral da vulnerabilidade, por isso testada.

De onde vêm os números

Bases de dados

- Portal da Transparência da Prefeitura de Santos: dez contratos emergenciais ou de contenção entre 1999 e 2026, nove atribuíveis total ou parcialmente à Ponta da Praia (R$ 11,24 milhões a preços de 2025).
- Registros jornalísticos e institucionais com metragens de mureta e calçada destruídas, convertidas em custo por preços referenciais (SCO-Rio, SICRO-DNIT e obra de Matinhos).
- Projeções de elevação do nível do mar do IPCC AR6 para a estação de Cananéia, a mais próxima; sobre-elevação meteorológica extrema histórica de 0,50 m na Baía de Santos.
- Índice FipeZAP: R$ 7.662 por m^2 na média de Santos em 2025 e rentabilidade de aluguel de 0,617% ao mês; 19 edifícios defronte ao trecho, mapeados em SIG.
- Meta-análise sobre preços de imóveis e risco de inundação (elasticidade de -0,6% por ponto percentual de probabilidade anual).
- SICRO-DNIT (SP), SCO-Rio, edital da orla de Matinhos (dragagem a R$ 51,85 por m^3, sem mobilização de draga) e Catálogo de Parâmetros.

Passos seguidos

1. Reconstruir o gasto histórico do município com a orla da Ponta da Praia: R$ 23,14 milhões entre 1999 e 2025, com 76% na última década; os danos noticiados capturam só 1,6% a 5,4% dos contratos nos anos em que ambos existem, e por isso foram escalados por um fator de escopo de 20,6.
2. Projetar o custeio do cenário base a partir da média recente de R$ 1,75 milhão por ano, com dois saltos de patamar (×2,05, igual ao observado no passado) nos anos 11 e 21: R$ 28,32 milhões em VP a preços sociais.
3. Medir a intensificação do risco de galgamento pela razão entre a elevação projetada do mar (SSP2-4.5) e a sobre-elevação histórica de 0,50 m: 14% em 2020, 25% em 2030, 37% em 2040, 53% em 2050.
4. Converter esse acréscimo de risco em desconto no valor dos imóveis expostos (6,72%, 13,92% e 23,28% acumulados por década) e aplicá-lo ao fluxo de aluguel de um estoque de R$ 390,68 milhões, avaliado pela média municipal e com redutor de 50% na área: R$ 21,98 milhões em VP.
5. Orçar a SBN em módulos: remoção e destinação de 141 mil toneladas a 50 km (R$ 11,29 milhões a mercado), praia e cordão com 125 mil m^3 de areia da dragagem do porto (R$ 11,01 milhões), manutenção de 12,71% do Capex mais reengorda de 40% do cordão a cada dez anos; converter a preços sociais e descontar.

Lógica de atribuição de valor

O benefício da SBN é o custo de oportunidade do cenário base: o dispêndio público de manutenção e reforço que deixa de ocorrer e o prejuízo privado que a intensificação do risco deixa de impor ao patrimônio exposto. O investimento original da orla é custo afundado e não entra; o valor de uso do calçadão, da via e do lazer que seriam removidos é custo real, reconhecido qualitativamente. A externalidade é imputada só ao cenário base: no cenário com praia vegetada, o estoque imobiliário permanece sem o desconto incremental, o que já está refletido na comparação.

O que ficou de fora

A perda de amenidade e de conectividade viária com a remoção do calçadão, da ciclovia e da via (contra a SBN); os cobenefícios recreativos, estéticos, ecológicos e de carbono da praia recriada (a favor); e a ampliação das barreiras de geotubos em licenciamento, sem valores públicos, já parte do cenário base.

6. Retração urbana planejada e restauração ecológica em Florianópolis (SC)

Recuar a cidade ou reforçar a defesa?

Intervenção
Retração planejada e restauração do sistema praial, comparada a intervenção híbrida, predominantemente cinza

Local
Praia da Armação do Pântano do Sul, trecho sul, Florianópolis

Área de análise
45.116 m²: 830 m de orla por 54 m de largura média; 111 residências e 12.228 m² construídos

Pergunta econômica
Retração planejada ou engenharia híbrida (engorda + geotubos + molhe)?

Linha do tempo

- **1977–2009** — Recuo médio de -0,72 m/ano no setor sul; -2,82 m/ano entre 2002 e 2009, com perda de ~50% da faixa em alguns trechos
- **mai 2010** — Seis ciclones extratropicais: faixa de areia suprimida, 74 casas danificadas, ~30 destruídas, 1.803 afetados
- **2010 · 2013** — Enrocamento emergencial (R$ 10 mi nominais, recursos federais), reformado em 2013; erosão persiste e acesso público fica restrito
- **2011** — Projeto Básico municipal de recuperação: 1.600 m de praia com 50 m, 292 mil m^3 de aterro, 80 geotubos, molhe de 150 m
- **2016 · 2019** — Estudos ambientais e projeto executivo (R$ 2,63 mi); estimativa veiculada de ~R$ 80 mi para a solução definitiva
- **2009–2018** — Recuo da borda superior de até ~4 m/ano em setores; ressaca de 2019 destrói calçadão

Alternativa híbrida

Engorda de 50 m em 1.600 m (aterro hidráulico), linha submersa de 80 geotubos, molhe de 150 m, 90 m de enrocamento, passarela, drenagem e urbanização.

Capex: estimativa veiculada de R$ 80 mi (2019), atualizada a R$ 121,19 mi. Não há orçamento executivo nem versão parcial para os 830 m.

Opex: 2% do Capex, crescente com o índice de intensificação do risco (elevação do nível do mar).

Alternativa SBN

Aquisição e demolição de 111 casas (R$ 9.000/m^2, com desconto de 20% pelo dano de 2010); remoção do enrocamento, calçadas e acessos; terraplenagem.

Cordão de 2 m de altura e 35 m de base com 71,79 mil m^3 de areia dragada e 29,65 mil m^2 de restinga; 19 m de praia seca restituída (16 mil m^2).

Mesmas obras de drenagem e urbanização do projeto híbrido (R$ 13,54 mi), para equivalência.

Por que não comparar com "manter o enrocamento": não há séries de dispêndio nem de risco residual que permitam projetar esse cenário com rigor, e a comparação colocaria uma intervenção completa contra custos parcialmente invisíveis. As duas alternativas partem da remoção ou absorção do enrocamento.

A Armação do Pântano do Sul, no sul da Ilha de Santa Catarina, registra processo erosivo desde os anos 1990: o setor sul recuou 0,72 m por ano entre 1977 e 2009 e 2,82 m por ano entre 2002 e 2009, com perda de cerca de metade da faixa de areia em alguns trechos. Em maio de 2010, seis ciclones extratropicais suprimiram a faixa seca, danificaram 74 casas e destruíram cerca de 30. A resposta foi um enrocamento emergencial de R$ 10 milhões, que não conteve a erosão, é associado na literatura à sua intensificação e restringiu o acesso público à praia.

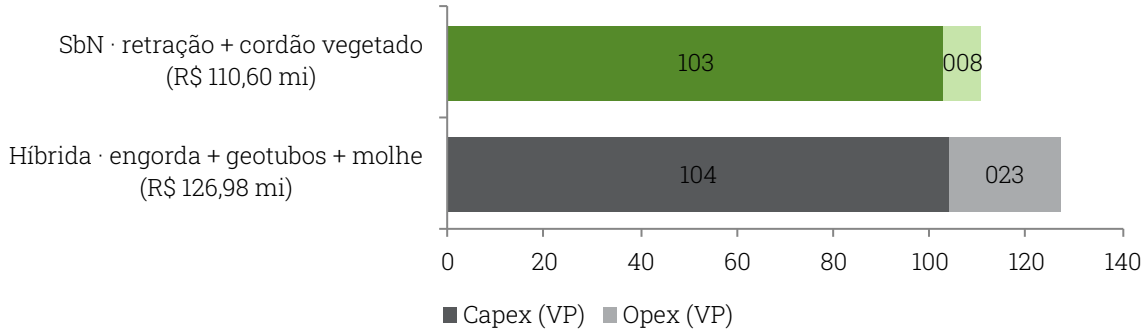
Desde então, a solução definitiva permanece no papel. O projeto básico municipal de 2011 previa recompor 50 m de praia ao longo de 1.600 m com 292 mil m^3 de aterro hidráulico, uma linha de 80 geotubos submersos, um molhe de 150 m, enrocamento, passarela, drenagem e urbanização. Estudos ambientais e executivos foram contratados em 2016, e em 2019 veiculou-se estimativa de cerca de R$ 80 milhões para a obra, dez vezes a de Canasvieiras pela exposição ao mar aberto. Atualizada, essa estimativa vale R$ 121,19 milhões. Não há orçamento executivo público nem versão parcial dimensionada para o trecho sul.



Figura 6 - Área da retração urbana no trecho sul da Praia da Armação do Pântano do Sul, Florianópolis

A alternativa natural segue recomendação da própria literatura sobre a praia, que sugere avaliar a retirada do enrocamento. Como a estrutura rígida protege sobretudo patrimônio privado, restituir espaço de acomodação à praia exige desmobilizar a primeira linha de casas: 111 residências, com 12.228 m^2 construídos, identificadas em SIG. O cordão proposto tem 2 m de altura e 35 m de base, mobiliza 71,79 mil m^3 de areia e devolve cerca de 19 m de praia seca (16 mil m^2). O cenário de simplesmente manter o enrocamento não foi valorado: não há séries de gasto nem de risco residual que permitam projetá-lo com rigor, e a comparação colocaria uma intervenção completa contra custos parcialmente invisíveis.

Retração planejada custa 87,1% da intervenção híbrida (B/C 1,15)



87,1%

do custo da híbrida em VP; vantagem de R$ 16,38 mi (12,9%)

B/C 1,15

custos evitados da híbrida como benefício da SBN

R$ 133,25 mil / m

SBN, contra R$ 152,99 mil / m da híbrida (VP por metro)

2,2× menos areia

71.794 m³ (SBN) vs 309.870 m³ (híbrida); 86,5 vs 193,7 m³ por metro

Natureza do custo

Cerca de 73,3% do custo da SBN é o valor de uso preterido de 111 casas já depreciadas pelo risco materializado: a terra não é destruída, muda de uso e passa a integrar uma área natural pública. Os insumos efetivamente consumidos pela SBN (obras, areia, vegetação, serviços) somam R$ 29,46 mi, ou R$ 35,49 mil por metro, 23,2% do que a híbrida consome por metro. A híbrida, predominantemente cinza, converte quase todo o orçamento em dragagem, rocha, geotêxtil e combustível.

Ressalva · custo social não monetizado

A retração desloca involuntariamente 111 domicílios em bairro de núcleo pesqueiro histórico. Apego ao lugar, vínculos comunitários e efeitos sobre a comunidade receptora não são compensados pela aquisição patrimonial. A compensação é uma questão distributiva, não de eficiência, e a retração é preventiva, evitando o "duplo trauma" de sofrer o desastre e depois ser removido.

Benefícios comuns às duas alternativas (fora da comparação)

Ambas prometem restituir faixa de areia: amenidade de R$ 4,28 mi/ano (803 banhistas simultâneos a R$ 59,20/dia por 90 dias), ou R$ 35,07 mi em VP, mais de duas vezes a diferença de custo entre elas; verificação por valorização da retaguarda: R$ 24,78 mi. A diferença está na probabilidade de sustentar esse benefício: em Santa Catarina, praias alargadas têm histórico documentado de reversão (Ingleses: vida útil declarada de ~5 anos).

A retração planejada da primeira linha e a reconstrução do sistema praial custam R$ 110,60 milhões em valor presente, contra R$ 126,98 milhões da intervenção híbrida: 87,1% do custo da engenharia, ou R$ 133,25 mil contra R$ 152,99 mil por metro de orla. A vantagem é de R$ 16,38 milhões (12,9%), e o índice benefício-custo, de 1,15. Lida só por esse indicador, a diferença é modesta e sensível às premissas.

- Investimento (Capex em VP): R$ 102,75 milhões na SBN e R$ 103,80 milhões na híbrida, praticamente iguais (99,0%). Na SBN, 92,9% do custo total é Capex, pelo peso da aquisição.
- Manutenção (Opex em VP): R$ 7,85 milhões na SBN contra R$ 23,18 milhões na híbrida (33,9%). O custeio da híbrida parte de R$ 2,31 milhões por ano e cresce até R$ 3,07 milhões no último decênio; o da SBN permanece em R$ 958 mil.
- Areia mobilizada: 71.794 m³ na SBN contra 309.870 m³ na híbrida, 2,2 vezes menos por metro (86,5 contra 193,7 m³/m), em um litoral onde o transporte sedimentar anual é comparável ao volume das próprias obras.

Natureza do custo

Cerca de 73,3% do custo da SBN é o valor de uso preterido de 111 casas já depreciadas pelo risco materializado. Na dimensão econômica, a terra não é destruída: muda de uso e passa a integrar uma área natural pública. Os insumos efetivamente consumidos pela SBN (obras, areia, vegetação, serviços) somam R$ 29,46 milhões, ou R$ 35,49 mil por metro, apenas 23,2% do que a híbrida consome por metro; esta converte quase todo o orçamento em dragagem, rocha, geotêxtil e combustível. Na dimensão financeira e distributiva, a maior parte do desembolso público da SBN compensa proprietários em vez de remunerar insumos.

As duas alternativas prometem devolver faixa de areia a uma enseada cujo uso balneário é a principal função econômica do bairro. Esse benefício comum vale R$ 4,28 milhões por ano, ou R$ 35,07 milhões em VP, mais de duas vezes a diferença de custo entre elas; uma verificação por valorização imobiliária da retaguarda indica R$ 24,78 milhões. A diferença está na probabilidade de sustentá-lo: em Santa Catarina, praias alargadas têm histórico documentado de reversão, e a faixa dos Ingleses, concluída em 2023, teve vida útil declarada de cerca de cinco anos. A engorda na Armação seria aplicada ao mesmo trecho confinado pela mesma primeira linha atingida em 2010, condição que a SBN remove e a híbrida preserva.

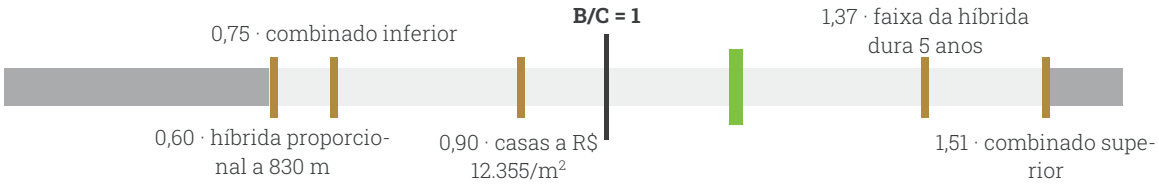
Ressalva sobre o custo social não monetizado

A retração desloca involuntariamente 111 domicílios em um bairro de núcleo pesqueiro histórico. Para imóveis de lazer, a perda de vínculos é de baixa amplitude; para moradores tradicionais, apego ao lugar, vínculos comunitários e efeitos sobre a comunidade receptora têm dimensão que a aquisição patrimonial não compensa. O Relatório Técnico trata a compensação como questão distributiva, não de eficiência, e concebe a retração como preventiva, evitando o duplo trauma de sofrer o desastre e depois ser removido de forma reativa.

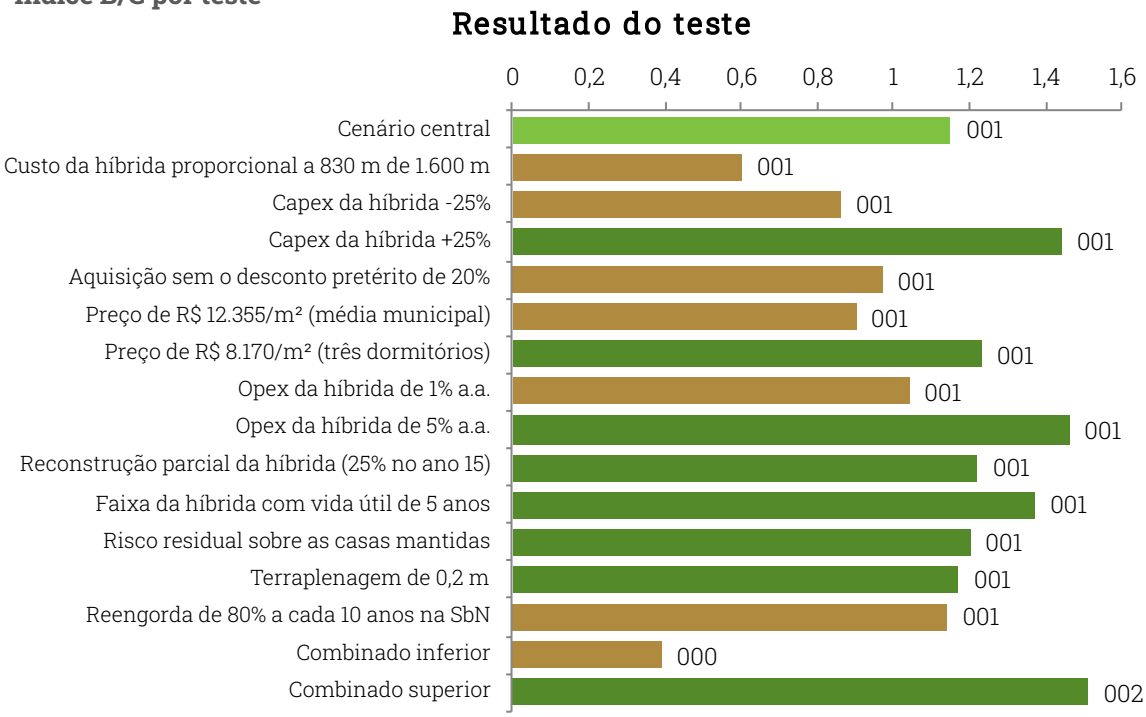
Sensível a premissas isoladas: os dois lados com a mesma visibilidade

Faixa do índice benefício-custo

Índice B/C · trilho de 0,3 a 1,6 · marcador verde = cenário central (1,15) · linha preta = B/C igual a 1



Índice B/C por teste



Pontos de reversão (B/C = 1)

- Inverte a hierarquia: Capex da híbrida 12,9% menor que o adotado; casas acima de R$ 10.817/m²; desconto pretérito abaixo de 3,9%; Opex da híbrida abaixo de 0,59% a.a.; e, sobretudo, custo da híbrida proporcionalizado aos 830 m (B/C 0,60), teste que o P2 trata como limite, pois pressupõe uma obra parcial de eficácia não demonstrada.
- Amplia a vantagem: faixa restituída pela híbrida com vida útil de cinco anos, como declarado para a Praia dos Ingleses (B/C 1,37); falha estrutural no ano 15 (1,22); risco residual sobre as casas mantidas na primeira linha (1,20).
- A decisão depende criticamente da atualização do orçamento executivo da intervenção híbrida, de sua configuração mínima eficaz e da avaliação individualizada do estoque a ser adquirido.

Diferentemente dos demais casos do Eixo 2, o resultado da Armação é sensível a premissas isoladas, e por isso os dois lados são apresentados com a mesma visibilidade.

A premissa mais influente é a magnitude da intervenção híbrida, predominantemente cinza. O projeto de referência foi concebido para 1.600 m como sistema indivisível, e seu custo integral foi imputado aos 830 m analisados; se proporcionalizado à extensão (51,9%), a híbrida custaria R$ 65,87 milhões e a SBN seria R$ 44,73 milhões mais cara (B/C 0,60). Esse é um teste como limite, não uma estimativa alternativa, pois pressupõe uma obra parcial cuja eficácia não está demonstrada - e por isso não compõe a combinação inferior. Um Capex da híbrida 12,9% menor já empata as alternativas; 25% menor leva o B/C a 0,86. Na aquisição, desconsiderar o desconto de 20% pelo dano de 2010 torna a SBN R$ 3,91 milhões mais cara (B/C 0,97); o ponto de reversão é um desconto de 3,9%. Casas avaliadas pela média municipal do FipeZAP (R$ 12.355 por m^2, pouco representativa de casas térreas) levam a B/C de 0,90; o preço de reversão é R$ 10.817 por m^2.

O que amplia a vantagem. Se a faixa restituída pela híbrida durar cinco anos, como declarado para os Ingleses, a amenidade de R$ 4,28 milhões anuais deixa de ser entregue a partir do ano 8, e a vantagem da SBN sobe a R$ 40,47 milhões (B/C 1,37). Uma reconstrução parcial no ano 15 leva a 1,22; o risco residual sobre as casas que a híbrida mantém expostas, a 1,20; manutenção da híbrida de 3% ou 5% ao ano, a 1,25 e 1,46. Todas as premissas de custo da própria SBN (terraplenagem, preço da areia, Capex ±25%, critério de manutenção, ciclos de reengorda) mantêm o B/C entre 1,12 e 1,18. Nos combinados, o B/C vai de 0,75 a 1,51 e os valores correspondentes de -R$ 41,72 milhões a +R$53,72 milhões.

O que isso significa para a decisão

A decisão depende criticamente da atualização do orçamento executivo da intervenção híbrida e de sua configuração mínima eficaz, e da avaliação individualizada do estoque a ser adquirido.

Três diferenças de natureza não aparecem no indicador agregado: a SBN consome 23,2% dos insumos da híbrida por metro, mobiliza 2,2 vezes menos areia em um litoral de alto transporte sedimentar e reduz definitivamente a exposição, enquanto a híbrida mantém a primeira linha atrás de uma defesa cuja versão anterior já falhou no mesmo local.

O que a análise permite afirmar é que a dificuldade da escolha não se soma a um custo maior, e sim a um custo menor, com cobenefícios que a engenharia não reproduz; a dificuldade está no custo social do deslocamento, que a conta econômica não captura.

De onde vêm os números

Bases de dados

- Projeto Básico para a Recuperação da Praia da Armação (Prefeitura de Florianópolis, 2011), com quantitativos e composição de custos; estimativa veiculada de R$ 80 milhões (2019) para a solução definitiva. Trata-se de solução híbrida, mas predominantemente cinza, haja vista combinar alimentação artificial de praia (intervenção que recompõe um elemento natural do sistema costeiro) com dispositivos de contenção submersos (geobags) e estruturas rígidas de engenharia.
- Delimitação em SIG dos 142 polígonos construídos na primeira linha, filtrados para 111 residências principais com redutor de 10% de área.
- Anúncios imobiliários na própria praia (Zap Imóveis): média de R$ 9.500 por m^2, entre R$ 8.170 (três dormitórios) e R$ 9.430 (quatro ou mais); parâmetro adotado de R$ 9.000 por m^2.
- Literatura sobre desvalorização de imóveis após inundação consumada (cerca de 20%) e elasticidade do preço ao risco (-0,6% por ponto percentual).
- Projeções de elevação do mar do IPCC AR6 para a estação de Imbituba; sobre-elevação de referência de 0,50 m.
- SICRO-DNIT (SC), SCO-Rio, edital da orla de Matinhos (dragagem a R$ 54,58 por m^3 com mobilização de draga), coeficiente de entulho de demolição (0,66 m^3 por m^2), Catálogo de Parâmetros.
- Pesquisa de temporada da Fecomércio-SC (R$ 59,20 por pessoa por dia em lazer) e estudo hedônico sobre vista para o mar (13,3%), usados apenas para dimensionar benefícios comuns.

Passos seguidos

1. Adotar o projeto municipal como alternativa híbrida, com Capex de R$ 121,19 milhões e manutenção de 2% ao ano, crescente com o índice de intensificação do risco (fatores de 1,092, 1,192 e 1,328 por década); converter a preços sociais (fator 0,9542) e descontar: R$ 126,98 milhões em VP.
2. Estimar o estoque a adquirir: 12.228 m^2 × R$ 9.000 = R$ 110,05 milhões, reduzidos em 20% pelo dano já materializado em 2010: R$ 88,04 milhões, alocados integralmente no ano 1.
3. Orçar demolição, remoção do enrocamento, calçadas e acessos, terraplenagem e transporte de 76 mil toneladas a 50 km; depois a praia e o cordão (R$ 8,18 milhões a mercado); e acrescentar as obras de drenagem e urbanização do projeto híbrido (R$ 13,54 milhões) para equivalência.
4. Estimar a manutenção da SBN em 12,71% do Capex de recriação do habitat mais reengorda de 40% do cordão a cada dez anos (R$ 1,02 milhão por ano a mercado), sem escalonamento, por pressupor espaço de acomodação restituído.
5. Converter a preços sociais (o valor de aquisição não recebe fator, por medir disposição a pagar capitalizada) e descontar: R$ 110,60 milhões em VP.

Lógica de atribuição de valor

As duas alternativas prometem controle da erosão e restituição de faixa de areia; esses benefícios são comuns e saem da comparação, que se concentra nos custos. O pagamento aos proprietários é transferência, neutra para a sociedade; o que entra como custo é o valor de uso das casas retiradas da faixa de risco, aproximado pelo seu valor de mercado ajustado ao risco. Alocar esse valor inteiro ao ano 1 penaliza a SBN, pois o uso preterido se desdobraria ao longo do tempo: é uma das assimetrias contra a retração reconhecidas na literatura.

O que ficou de fora

O custo social do deslocamento involuntário de 111 domicílios (apego ao lugar, vínculos comunitários), os cobenefícios ecológicos do cordão vegetado, o risco residual sobre as casas que a híbrida mantém na primeira linha, e o efeito do molhe existente, que permanece nas duas alternativas. Nenhum valor residual foi atribuído à rocha do enrocamento ou ao entulho recicláveis.

CONCLUSÕES
LEITURA TRANVERSAL DOS SEIS CASOS

Em todos os casos, a lógica econômica é a mesma: o benefício da infraestrutura natural se manifesta como custo evitado. O que muda é o lugar da contabilidade social em que esse custo aparece, e é justamente essa localização que decide cada caso. No Eixo 1, são os danos, prejuízos e dispêndios públicos que se materializaram pela ausência do ecossistema, mais o custo de repor sua função por obras. No Eixo 2, são o investimento e o custeio da alternativa convencional e, em dois casos, as externalidades que ela impõe à economia da praia e ao patrimônio exposto.

Em Salinópolis, a ocupação da planície de maré substituiu um ecossistema adaptado à inundação por casas e ativos expostos; as perdas, de R$ 57,67 milhões em trinta anos, recaíram sobretudo sobre famílias de alta vulnerabilidade e se somam a R$ 18,53 milhões em serviços que deixaram de ser prestados. Em Natal, a perda das dunas transferiu à orla urbana as funções de dissipar energia e reter areia, e o resultado foi um ciclo de reconstrução, contenção e engorda que mobilizou R$ 145,30 milhões em recursos públicos desde 2012, somados a perdas turísticas que elevam o total a R$ 267,46 milhões em quinze anos. Em Paulista, o contraste entre praias vizinhas revelou o valor do recife pelo que sua ausência custou: R$ 278,54 milhões em obras e R$ 70,15 milhões em danos que se materializaram apesar delas, chegando a R$ 664,32 milhões com os cobenefícios.

Em Copacabana, o cordão vegetado protege o trecho sul por 38,0% do custo social de uma defesa rígida, vantagem que decorre do investimento inicial e que a desamenidade cênica da obra converte em diferença de ordem de grandeza. Em Santos, as duas trajetórias praticamente se igualam em custos diretos; é o desconto imobiliário pela intensificação do risco de galgamento que transforma o resultado em vantagem para a renaturalização, com índice benefício-custo de 1,71. Em Florianópolis, a retração planejada custa 87,1% da intervenção híbrida (B/C 1,15), em uma comparação estreita, sensível ao custo estimado da híbrida, predominantemente cinza, e ao preço das casas adquiridas, mas com diferenças de natureza que o indicador não captura.

Atenção quanto à comparabilidade entre os eixos
Os valores do Eixo 1 são somas a preços de 2025 em horizontes distintos (30, 15 e 28 anos), sem capitalização; os do Eixo 2 são valores presentes a 8,5% ao ano em 30 anos. Os resultados não devem ser somados nem ordenados entre si. A leitura conjunta deve privilegiar a lógica e a direção dos achados.

Seis casos, duas perguntas, uma mesma lógica: o benefício da natureza é custo evitado

Eixo 1 · o que já custou perder

Salinópolis (PA)	Natal (RN)	Paulista (PE)
R$ 76,20 mi	**R$ 267,46 mi**	**R$ 664,32 mi**
em 30 anos	**em 15 anos**	**em 28 anos**
Perdas por inundação (R$ 57,67 mi) e cobenefícios perdidos (R$ 18,53 mi). Recaiu sobre famílias vulneráveis.	Gasto público (R$ 145,30 mi), economia do turismo (R$ 121,68 mi) e cobenefícios indicativos (R$ 0,48 mi).	Reposição (R$ 278,54 mi), perdas remanescentes (R$ 70,15 mi) e cobenefícios recifais (R$ 315,64 mi).
Robusta na existência; magnitude sensível à frequência dos eventos (premissas conservadoras).	*Robusta: piso documental de gasto público; cenário mais restritivo ≈ R$ 100 mi.*	*Robusta no primeiro dividendo; restritivo > R$ 330 mi.*

Eixo 2 · quanto custa recuperar, frente à engenharia

Copacabana (RJ)	Santos (SP)	Florianópolis (SC)
38,0%	**58,6%**	**87,1%**
vs. mureta + enrocamento	**vs. estrutura rígida existente**	**vs. projeto híbrido, predominantemente cinza**
R$ 3,36 mi vs R$ 8,85 mi em custos diretos; desamenidade da obra rígida de R$ 136,65 mi.	R$ 29,50 mi vs R$ 50,29 mi; B/C 1,71. Sem a externalidade de risco: B/C 0,96.	R$ 110,60 mi vs R$ 126,98 mi; B/C 1,15. Custo da híbrida é estimativa veiculada.
Hierarquia mantida em todos os testes.	*Condicionada à externalidade; revertida só por combinação desfavorável.*	*Sensível: premissas isoladas podem reverter.*

Onde o custo evitado aparece

No Eixo 1, como danos, prejuízos e obras de reposição que se materializaram pela ausência do ecossistema. No Eixo 2, como o investimento e o custeio da alternativa convencional e, em dois casos, como externalidades sobre a economia da praia e o patrimônio exposto.

As três respostas costumeiras à erosão e o papel da SBN para a restauração do espaço

Reativa Repara o dano após cada evento	Cinza Fixa a linha de costa com estruturas rígidas	Híbrida Combina engorda com obras de contenção
■ Não é gratuita: cumulativa e crescente.	■ Custo orçado, contratado e auditável; valor da natureza invisível até se perder.	■ A engorda tem, em SC, histórico documentado de reversão: Ingleses com vida útil declarada de ~5 anos.
■ Natal, Paulista e Santos mostram ciclos de dano, reparo e novo dano; as estruturas viram objeto de colapso e reconstrução.	■ Manutenção usual não inclui falhas estruturais, que Paulista documenta (bagwall, 2020 e 2021).	■ Mobiliza volumes comparáveis ao transporte sedimentar anual da costa (20 mil a 500 mil m³/ano).
■ Em Santos, 76% do gasto desde 1999 se concentra na última década.	■ Fixar a costa aprofunda o coastal squeeze e cria dependência de trajetória.	■ Mantém a primeira linha exposta atrás de uma defesa que já falhou (Armação, 2010).
■ A ausência aparente de custo de capital esconde um custeio que se intensifica com o mar mais alto.	■ Oferece previsibilidade sob eventos extremos e menor dependência institucional; há contextos em que permanece necessária.	■ Em Florianópolis, custa 2,2 vezes mais areia por metro que a SBN.

SBN · restaura espaço de acomodação

Menor investimento inicial quando há espaço disponível (Copacabana: Capex a 19,6% da cinza).

Menor dependência de aportes sedimentares; capacidade de migrar e se reconstituir com a elevação do mar.

Reversibilidade relativa e, na retração, redução definitiva da exposição.

Cobenefícios de biodiversidade, paisagem, recreação e carbono que a engenharia não reproduz, em larga medida não monetizados.

Exige manutenção continuada, monitoramento e comunicação com usuários: capacidade institucional de longo prazo.

Tomados em conjunto, os casos permitem situar as SBN costeiras frente às três formas predominantes de resposta à erosão e às inundações no litoral brasileiro: a reativa, que repara o dano após cada evento; a cinza, que fixa a linha de costa com estruturas rígidas; e a híbrida, que combina alimentação artificial de praia com obras de contenção.

A resposta reativa não é gratuita, mas cumulativa e crescente. Os históricos reconstruídos em Natal, Paulista e Santos mostram ciclos de dano, reparo e novo dano, nos quais as estruturas implantadas se tornam, elas próprias, objeto de colapso e reconstrução. Em Santos, 76% dos dispêndios identificados desde 1999 concentram-se na última década. A aparente ausência de custo de capital na continuidade da estratégia atual oculta um custeio que tende a se intensificar com a elevação do nível do mar.

A resposta cinza carrega uma assimetria de visibilidade: seu custo é orçado, contratado e auditável, enquanto o valor da alternativa natural permanece invisível justamente porque é entregue sem contrapartida financeira. Além disso, seu custo tende a estar subestimado nas comparações usuais: os parâmetros de manutenção não incorporam falhas estruturais, cuja materialidade Paulista documenta nos colapsos do bagwall em 2020 e 2021, e as estruturas rígidas fixam a linha de costa e aprofundam o coastal squeeze, criando dependência de trajetória. Isso não autoriza apresentar natureza e engenharia como opostos: as estruturas rígidas oferecem maior previsibilidade sob eventos extremos e menor dependência de capacidade institucional continuada, e há contextos em que permanecem necessárias.

A resposta híbrida depende da permanência do sedimento aportado. Em Santa Catarina, a alimentação artificial de praias tem histórico documentado de reversão: a faixa alargada dos Ingleses teve vida útil declarada de cerca de cinco anos, e as taxas de transporte sedimentar da costa catarinense, de 20 mil a 500 mil m³ por ano, são comparáveis ao volume das próprias obras. Na Armação, a engorda seria aplicada a um trecho que permanece confinado pela mesma primeira linha de casas atingida em 2010; a alternativa natural remove essa condição de contorno, a híbrida a preserva.

A SBN, por sua vez, atua restaurando espaço de acomodação. Suas vantagens se mostram consistentes entre os casos: menor investimento inicial quando há espaço disponível, menor dependência de aportes sedimentares, capacidade de adaptação à elevação do mar, reversibilidade relativa, redução definitiva da exposição no caso da retração, e cobenefícios de biodiversidade, paisagem, recreação e carbono que a engenharia não reproduz. Em contrapartida, exige manutenção continuada, monitoramento e comunicação com os usuários, o que demanda capacidade de gestão de longo prazo.

Uma das conclusões mais relevantes para a decisão pública é que as SBN são tanto mais vantajosas quanto mais cedo são adotadas, antes que a ocupação consolide a primeira linha e encareça o espaço de acomodação. E a comparação entre alternativas só é justa quando realizada pelo ciclo de vida completo, com custos a preços sociais, manutenção efetivamente contabilizada, riscos de falha e externalidades, e não apenas pelo investimento inicial.

Quatro achados relevantes aos seis casos

1

A resposta reativa não é gratuita

Ao contrário, é cumulativa e crescente. Natal, Paulista e Santos reconstroem ciclos de dano, reparo e novo dano em que as próprias estruturas protetivas colapsam e são refeitas.

2

Há uma assimetria estrutural de visibilidade

O custo da obra cinza é orçado e auditável; o valor da natureza só vira número quando ela deixa de existir, como dano, prejuízo ou obra de reposição.

3

O custo da alternativa convencional tende a estar subestimado

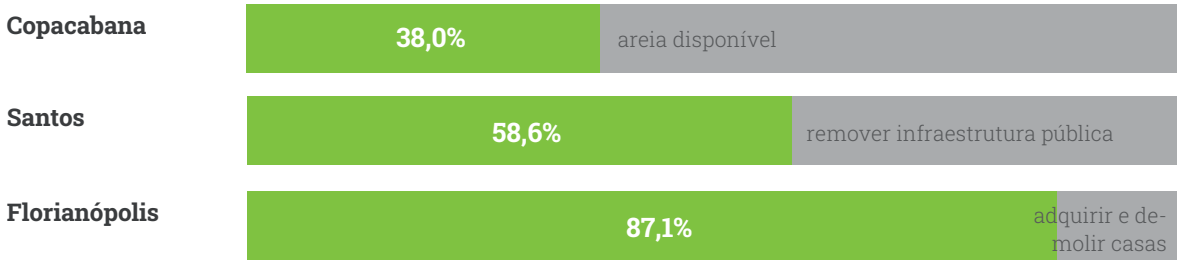
Parâmetros de manutenção não incluem falhas estruturais; a engorda reverte; estruturas rígidas aprofundam o coastal squeeze e restringem opções futuras.

4

A principal restrição das SBN é o espaço

A razão SBN/alternativa cresce com a disputa pelo espaço: 38,0% com areia disponível, 58,6% removendo infraestrutura pública, 87,1% adquirindo propriedades privadas. E a vantagem fica mais dependente de premissas.

A régua do espaço

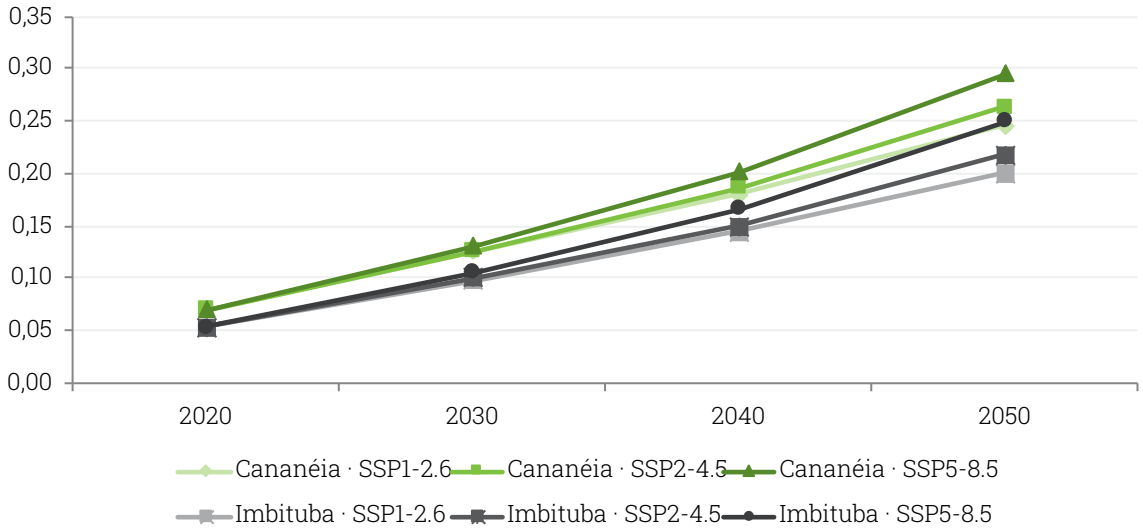


Implicação

As SBN são tanto mais vantajosas quanto mais cedo são adotadas, antes que a ocupação consolide a primeira linha e encareça o espaço de acomodação. As soluções naturais e as de engenharia convencional não são opostos: a comparação só é justa pelo ciclo de vida completo, com custos sociais, manutenção, falhas, riscos e externalidades.

O mar vai subir independentemente das emissões até 2030, requerendo soluções proativas

Elevação mediana projetada do nível do mar (m), em relação à média entre 1995 e 2014 · Cananéia (SP) e Imbituba (SC)



Até cerca de 2030, as trajetórias dos cenários de emissões praticamente coincidem: a elevação do nível de base é premissa de planejamento, não cenário incerto. Até 2040–2050, ela incorpora permanentemente cerca de metade da sobre-elevação meteorológica hoje associada a eventos excepcionais (0,50 m). Cotas de inundação raras passam a ser alcançadas por eventos ordinários, pressionando justamente as estruturas rígidas, cuja capacidade de acomodação é nula.

Eixo 1: valores são pisos

Estimados sobre condições climáticas pretéritas e exposição já existente.

Dois vetores os ampliam: adensamento e valorização dos ativos expostos; agravamento de ressacas, marés e precipitação extrema.

À medida que se materializam, a proteção dos ecossistemas adquire valor ainda maior.

Eixo 2: urgência e convenções

A retração preventiva evita o duplo trauma de sofrer o desastre e depois ser removido.

Conservar o que resta evita que o valor só se revele pela perda.

Horizonte limitado à vida útil das obras e taxa de desconto que penaliza custo inicial elevado tendem a subestimar alternativas de benefícios permanentes, como restauração e retração.

O que dificulta e o que favorece a adoção das SBN costeiras em escala

Cinco dificuldades

Informacional
Gastos municipais com erosão raramente registrados de forma desagregada; não há curvas locais de dano nem séries de ressacas; parte dos custos de obras só veio de estimativas veiculadas.

Técnica
Nenhuma alternativa teve desempenho aferido por modelagem; a permanência dos volumes de areia repostos é incerteza relevante.

Institucional
SBN exigem manutenção continuada, monitoramento e comunicação com usuários: capacidade de gestão de longo prazo.

Social e distributiva
A retração impõe custos não monetizados de deslocamento e perda de vínculos territoriais.

Financeira
Viabilidade socioeconômica não é viabilidade financeira: financiamento recai predominantemente sobre o setor público.

Vantagens consistentes

- Menor investimento inicial quando há espaço disponível.
- Menor dependência de aportes sedimentares.
- Capacidade de adaptação à elevação do nível do mar.
- Reversibilidade relativa das intervenções.
- Redução definitiva da exposição, no caso da retração.
- Cobenefícios de biodiversidade, paisagem, recreação e carbono que a engenharia não reproduz, significativos e em larga medida não monetizados no Eixo 2, o que torna os resultados conservadores.

Caminhos sugeridos pelos resultados

Modelagem hidrodinâmica específica antes das decisões de investimento. Registro sistemático e territorializado dos dispêndios públicos com erosão e ressacas, sem o qual o custo da inação segue subestimado. Avaliação das alternativas pelo ciclo de vida completo, não pelo investimento inicial. Integração do valor dos serviços ecossistêmicos costeiros aos instrumentos de política ambiental existentes.