

**PROCESSO DE  
ANTROPIZAÇÃO E EROÇÃO  
COSTEIRA DA ORLA DE  
PIUMA, ESPÍRITO SANTO,  
BRASIL**

**ANTHROPOGENIC PROCESSES AND COASTAL EROSION ALONG THE  
SHORELINE OF PIUMA, ESPÍRITO SANTO, BRAZIL**

Ciências Exatas e da Terra, Ciências Biológicas • 03/06/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/780432201](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/780432201)

---

Jorlan Gomes Rocha

---

## RESUMO

A presente pesquisa visa elaborar uma análise geo-histórica da erosão costeira no município de Piúma (ES) entre as décadas de 1950 e 2020, destacando sua relação com a dinâmica natural das praias e a intensificação da ação humana. O estudo, baseado em registros fotográficos e bibliográficos, mostra que a ocupação e as construções substituíram dunas e restingas por estruturas rígidas, alterando a linha de costa. Essas mudanças trouxeram impactos ambientais e socioeconômicos, já que a erosão ameaça tanto o ecossistema quanto a economia local dependente do turismo. O trabalho reforça a necessidade de uma gestão costeira integrada para reduzir os efeitos da erosão.

**Palavras-chave:** Ecossistemas; Degradação ambiental; Região costeira.

## ABSTRACT

This research aims to develop a geo-historical analysis of coastal erosion in the municipality of Piúma (ES) between the 1950s and 2020, highlighting its relationship with the natural dynamics of beaches and the intensification of human activity. The study, based on photographic and bibliographic records, shows that urban occupation and construction have replaced dunes and sandbanks with rigid structures, changing the coastline. These changes have brought environmental and socioeconomic impacts, as erosion threatens both the ecosystem and the local economy, which depends on tourism. The study reinforces the need for integrated coastal management to mitigate the effects of erosion.

**Keywords:** Ecosystems; Environmental degradation; Coastal region.

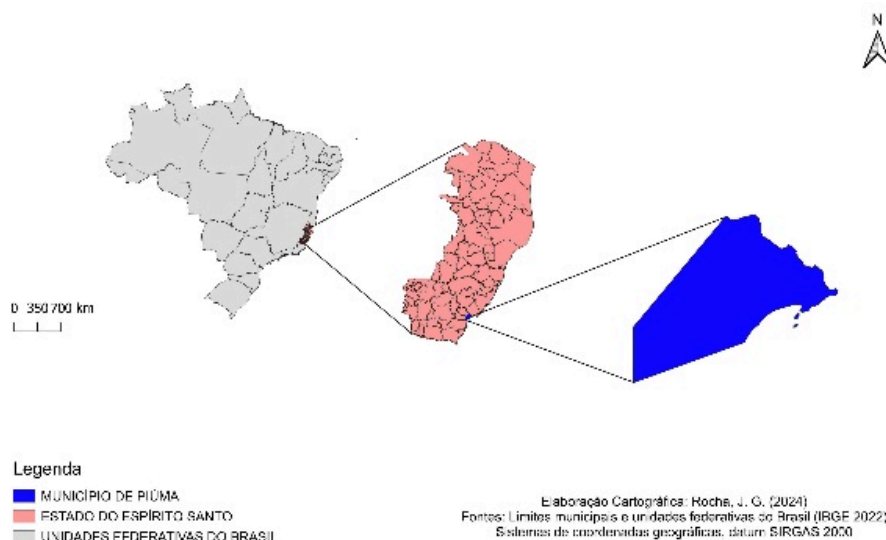
## 1. INTRODUÇÃO

As zonas costeiras configuram-se como espaços de intensa dinâmica natural e de elevada importância socioeconômica. Na orla da praia do município de Piúma, situado no litoral sul do Espírito Santo, observa-se, desde a década de 1950, um processo contínuo de antropização que resultou na substituição de feições naturais, como dunas e restingas, por estruturas rígidas, ampliando a vulnerabilidade frente à erosão costeira. Nesse contexto, torna-se relevante compreender a evolução histórica e espacial desses processos, de modo a subsidiar estratégias de gestão integrada capazes de mitigar riscos ambientais e socioeconômicos decorrentes da instabilidade litorânea.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Área de Estudo**

A orla marítima do município de Piúma caracteriza-se por um único arco praial com extensão aproximada de 3 km. O município de Piúma faz divisa com os municípios de Anchieta, Iconha, Rio Novo e Itapemirim. No que se refere ao seu litoral, Piúma apresenta cerca de 8,7 km de praias, constituindo um dos principais elementos de sua paisagem natural e de sua dinâmica socioeconômica. (BASILIO,2015).



**Figura 1** - Área de estudo

A compartimentação geológica do litoral do estado do Espírito Santo é estruturada em três unidades geológicas principais, distintas quanto à sua gênese e morfologia. A primeira corresponde ao embasamento cristalino Pré-Cambriano, que abrange a maior parte do território estadual, constituído predominantemente por rochas metamórficas e ígneas, como gnaisses e granitos, os quais dão origem a feições morfoestruturais como serras, colinas e promontórios.

A segunda unidade refere-se aos depósitos sedimentares do Terciário, representados pela Formação Barreiras, cuja morfologia se manifesta por meio de tabuleiros costeiros e falésias ativas. Por fim, a terceira unidade geológica compreende a Planície Costeira Quaternária, caracterizada por sistemas deposicionais recentes com variados estágios de evolução, englobando ambientes como praias arenosas, cordões litorâneos e ecossistemas estuarinos, a exemplo dos manguezais, distribuídos ao longo do litoral capixaba (MARTIN *et al.*, 1996; BRICALLI; SOUZA, 2017).

## 2.2. Pesquisa Geo-histórica e Antropização

A geo-história é uma abordagem interdisciplinar que combina aspectos da Geografia e da História para analisar e compreender a relação entre espaço e tempo. Essa perspectiva busca entender como eventos históricos moldam e são moldados por fatores geográficos, e como os lugares e territórios são influenciados por dinâmicas sociais, políticas, econômicas e culturais ao longo do tempo (LIMA; AMORA, 2012).

## **2.3. Materiais**

Foi adotado o estudo de caso como método principal, conforme proposto por Guerra (2023), visando uma análise aprofundada e contextualizada da realidade local. A metodologia baseou-se na combinação de procedimentos bibliográficos, documentais, visuais, além do levantamento e processamento de dados.

### **2.3.1. Geo-história**

O levantamento bibliográfico foi realizado em plataformas como Google Acadêmico, Scielo, ResearchGate, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e repositórios de universidades federais. Também foram consultados dados institucionais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). A busca por referências utilizou palavras-chave em português e inglês, com o objetivo de ampliar o alcance da literatura disponível sobre geomorfologia, erosão costeira e ocupação urbana em ambientes litorâneos.

A análise dos dados envolveu o cruzamento entre informações bibliográficas, documentais e visuais, com o objetivo de identificar mudanças na configuração da linha de costa, transformações no uso do solo e impactos das ações antrópicas.

### **2.3.2. Mapeamento da Ocupação Sobre a Planície Costeira e a Mobilidade da Linha de Costa**

O geoprocessamento foi utilizado para mapear a evolução da ocupação urbana no litoral de Piúma, a fim de compreender a evolução espacial da ocupação urbana, além de sobrepor as linhas de costa para acompanhar as mobilidades consequentes.

Inicialmente, foram reunidas imagens históricas da área de estudo, obtidas por meio de fotografias antigas, documentos cartográficos históricos, arquivos pessoais e bancos de dados públicos ou institucionais, fotografias contemporâneas foram produzidas pelo próprio pesquisador durante visitas de campo, com base em um roteiro de pontos de interesse previamente definido. Sempre que possível, as imagens foram acompanhadas de informações sobre a data, a fonte e a localização aproximada, essenciais para o processo de georreferenciamento posterior.

Esses registros visuais permitiram a identificação de mudanças espaciais e alterações no uso e ocupação do solo ao longo do tempo. As imagens foram digitalizadas em alta resolução (300 dpi ou superior) e salvas em formato compatível (JPEG ou TIFF) para edição e análise em softwares de geoprocessamento.

O software Google Earth Pro foi utilizado para visualização multitemporal da área de estudo, por meio da funcionalidade de linha do tempo (histórico de imagens). A etapa inicial consistiu na obtenção de dados espaciais a partir do software Google Earth Pro, ferramenta gratuita de visualização geográfica com imagens de satélite de alta resolução. Foram realizadas marcações geográficas na área de estudo por meio das ferramentas de criação de pontos,

linhas e polígonos, sendo os dados salvos no formato KML (Keyhole Markup Language).

As fotografias históricas foram importadas para o software QGIS (versão 3.40.4), onde foram georreferenciadas com base em pontos de controle (GCPs – Ground Control Points) identificáveis tanto nas imagens antigas quanto nas imagens atuais do Google Earth.

O processo de georreferenciamento seguiu os seguintes passos:

- Importação da fotografia como raster;
- Definição do sistema de coordenadas (WGS 84 – EPSG:4326);
- Marcação de pontos correspondentes entre as imagens antigas e o mapa base;
- Aplicação de transformação polinomial de 1ª ou 2ª ordem;
- Geração do novo raster georreferenciado.

Após o georreferenciamento das imagens antigas, foram realizados processamentos vetoriais e raster no QGIS, tais como:

- Vetorização de feições relevantes (vias, áreas construídas, áreas não construídas, vegetação e outros);
- Cálculo de áreas de expansão ou retração de uso do solo;
- Sobreposição de camadas temporais para identificar mudanças;

Criação de mapas comparativos entre diferentes épocas.

Além disso, foi aplicada a técnica de análise multitemporal para avaliar transformações territoriais, considerando intervalos de 10, 20 ou mais anos, conforme a disponibilidade das imagens históricas.

Cada imagem ou camada utilizada foi acompanhada de metadados estruturados, conforme padrões da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE).

### **2.3.3. Análise Comparativa do Recuo da Linha de Costa**

Para a obtenção do perfil topográfico transversal da faixa praial, foram utilizados dados altimétricos e planimétricos de alta precisão, os dados foram coletados com o propósito de subsidiar análises morfodinâmicas. As atividades de campo foram realizadas durante o período de maré baixa, de modo a garantir o acesso à maior extensão possível da faixa intermaré e possibilitar a identificação de feições morfológicas como bermas, lençol freático exposto, terraço e baixa-mar, área alaga e zona de espraiamento.

Após os levantamentos, os dados foram organizados e processados, os perfis foram representados graficamente (elevação vs. extensão) e analisados para identificar padrões de erosão, deposição e alterações morfológicas.

### **2.4. A Linha de Costa e o Uso da Vegetação Como Indicador Morfodinâmico**

O uso da linha de vegetação apresenta vantagens significativas em relação a outros métodos, como a linha da maré alta, que pode ser efêmera e sujeita a variações sazonais e diárias. Para Boak e Turner (2005), a vegetação estável serve como um proxy confiável para identificar a linha costeira, especialmente quando se busca entender

mudanças de longo prazo ou quando se utilizam imagens aéreas e sensoriamento remoto para análise retrospectiva. Além disso, a vegetação representa não apenas um marcador físico, mas também ecológico, uma vez que a sua presença ou ausência indica condições ambientais propícias ou adversas à sua colonização, revelando indiretamente processos erosivos ou de progradação.

Nesse sentido, a adoção da linha de vegetação como critério técnico e metodológico permite uma maior consistência na delimitação costeira, sendo amplamente utilizada em programas de monitoramento ambiental e planejamento costeiro. Esse indicador tem sido aplicado, por exemplo, na análise de evolução da linha de costa em ambientes tropicais e subtropicais, onde a vegetação de restinga ou manguezal reflete com precisão a estabilidade ou a mobilidade da faixa litorânea.

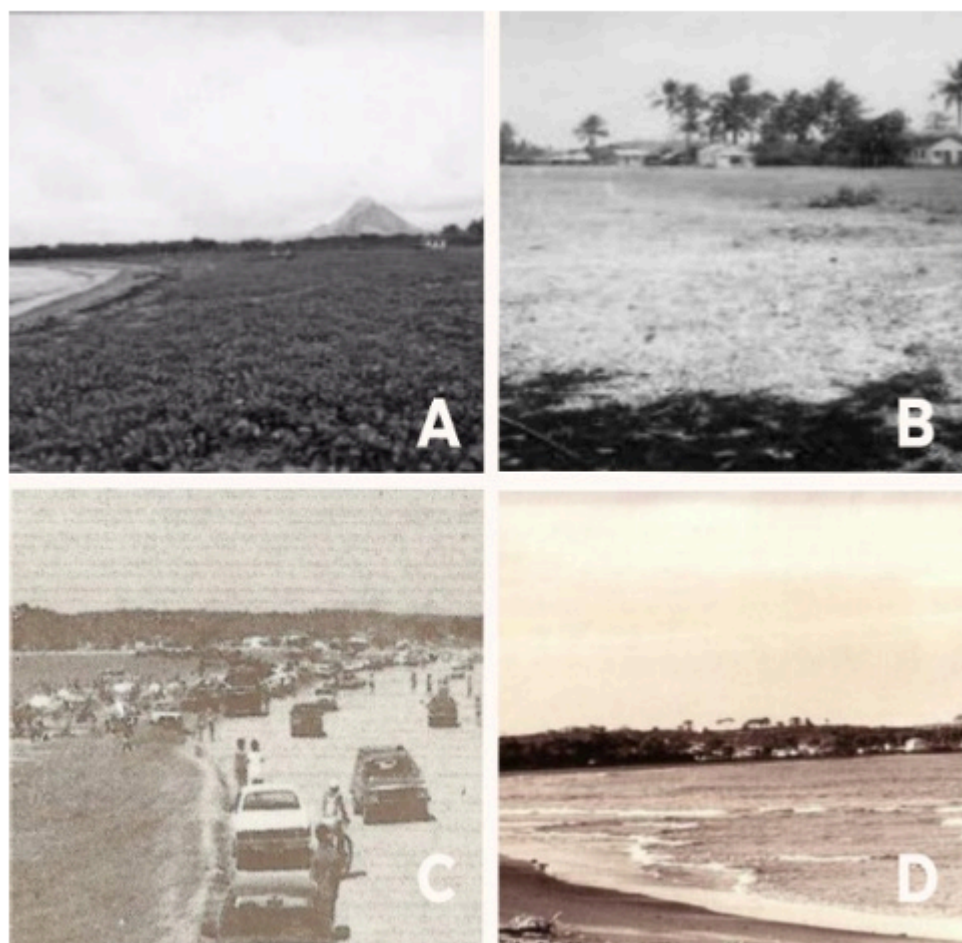
### **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **3.1. Alteração da Orla Natural Pela Erosão e Antropização**

Conforme evidenciado pelo registro fotográfico (Figura 2 D), observa-se um aumento significativo na ocupação do espaço costeiro no município de Piúma durante a década de 1980. Inicialmente, as cidades litorâneas foram estabelecidas ao longo da orla marítima, o que resultou em sua expansão ao longo dos anos, algumas vezes transformando-se em balneários independentes e, em outras ocasiões, incorporando-se à cidade já estabelecida (CASTRO, 2008).

O ambiente costeiro tem sido sujeito a uma série de alterações ao longo dos anos, as quais resultam de diversos fatores, tanto naturais quanto antropogênicos. As zonas costeiras foram e continuam a ser

substancialmente modificadas em relação ao seu estado original devido à influência humana. O considerável contingente populacional estabelecido nas proximidades dessas áreas tem desempenhado um papel significativo na ocorrência dessas mudanças, as quais têm efeitos notáveis na morfologia local (OLIVEIRA, *et al.*, 2018).



**Figura 2** - Foto datada de 1958, ao fundo pode ser visto casa de pescadores locais. Fonte: IBGE; 2 B - Avanço de construções na costa do município de Piúma durante a década 1960. Fonte: IBGE; 2 C - Praia de Piúma década de 1970. Fonte: Autor desconhecido; 2 D - Ocupação da zona costeira do município de Piúma durante a década 1980. Fonte: IJSN.

Ao longo dos anos, a erosão costeira na orla do município de Piúma mostrou-se inexorável, avançando até as proximidades da rodovia, conforme relatado em uma matéria jornalística do Jornal A Tribuna, datada de 2016 (Figura 3 C).

A falta de um planejamento territorial costeiro adequado resultou em mudanças significativas na zona costeira do município, levando a alterações no ambiente natural devido à rápida expansão do desenvolvimento urbano. Essas mudanças impediram que os processos naturais essenciais desse ecossistema continuassem ocorrendo normalmente (CASTRO, 2008).



**Figura 3** - Estado erosivo da orla de Piúma durante o ano de 2023. Fonte: Autor.

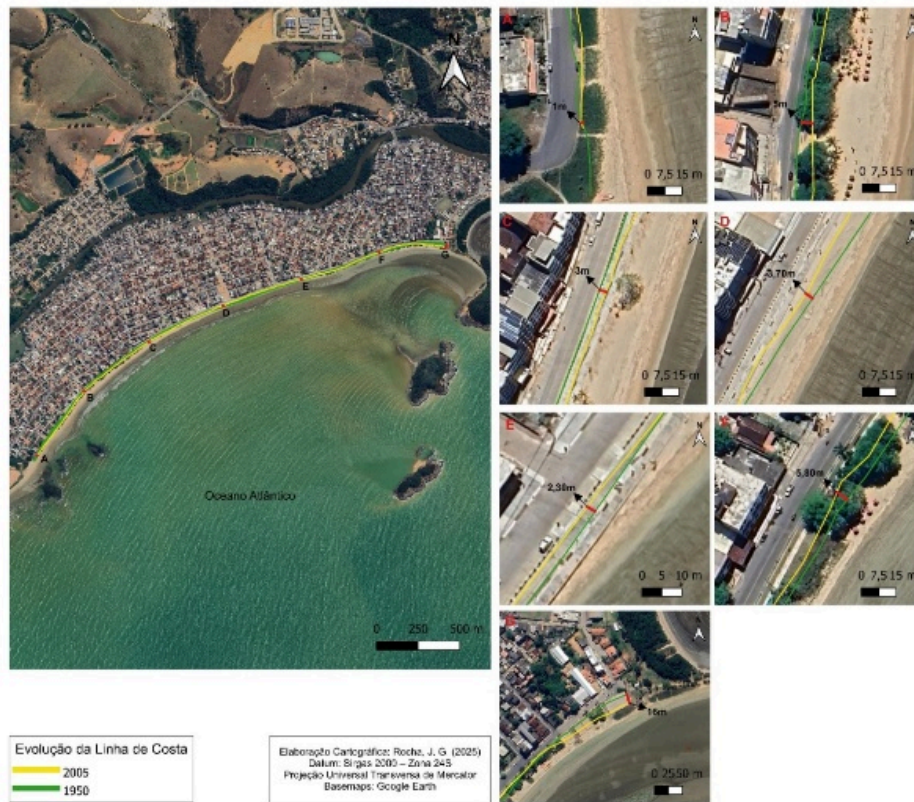
### **3.2. Evolução da Linha de Costa Ao Longo das Décadas**

A interação contínua e complexa entre os sistemas marinhos e o ambiente continental configura as zonas costeiras como áreas de elevada dinâmica energética, o que contribui, ao longo do tempo, para alterações significativas na configuração espacial da morfologia litorânea.

Conforme destacado por Nascimento; Cerqueira; Pinto (2017), as configurações morfológicas presentes em distintos trechos da zona costeira constituem-se como produto da atuação sinérgica de mecanismos relacionados à dinâmica endógena e exógena da Terra, exercidos ao longo de extensos períodos da história geológica. Embora diversos elementos naturais sejam reconhecidos como condicionantes fundamentais nos processos de desgaste e recuo da faixa litorânea, as intervenções de origem antrópica têm desempenhado um papel significativo, promovendo alterações relevantes de caráter tanto imediato quanto mediado na evolução e reconfiguração da linha de costa.

Para a obtenção dos dados necessários à análise, procedeu-se à delimitação de sete Pontos de Análise (P.A), estrategicamente posicionados com o propósito de aferição espacial, a partir do traçado de uma linha de referência adjacente à vegetação litorânea. Esses pontos foram dispostos a intervalos regulares de 500 metros ao longo de um trecho costeiro de aproximadamente 3.000 metros, delimitado como área de interesse da pesquisa. Posteriormente, foram quantificadas as variações espaciais de avanço (progradação) e recuo (retrogradação) da linha de costa em cada ponto, considerando os intervalos temporais compreendidos entre as décadas de 1950 e 2000, e entre 2000 e 2020, por meio da comparação entre as imagens correspondentes a cada período analisado.

Para a elaboração cartográfica, adotou-se o Datum SIRGAS 2000, fuso UTM 24S, com base em imagens de fundo fornecidas pelo Google Earth, reconhecendo-se a possibilidade de erros de georreferenciamento decorrentes da diferença entre datums e a resolução dos Basemaps (BORGES, 2016).



**Figura 4** - Evolução da linha de costa da orla do município de Piúma entre as décadas de 1950 a 2000.

### 3.2.1. 1950-2020

Conforme pode ser observado na Figura 4, entre as décadas de 1950 e 2000 houve uma intensificação do processo de retrogradação da linha de costa, atingindo um percentual de 57,14%. Dos sete pontos analisados, quatro apresentaram evidências significativas de recuo costeiro, a saber: os pontos A, D, E e F. Nesses locais, os deslocamentos regressivos da linha de costa foram estimados em 1,00 m, 3,70 m, 2,30 m e 5,80 m, respectivamente, evidenciando uma tendência erosiva acentuada ao longo do período analisado.

O levantamento realizado para o período compreendido entre as décadas de 1950 e 2000 revelou que 42,85% dos pontos analisados apresentaram evidências de progradação da linha de costa. Os pontos B, C e G foram os que registraram avanço da linha de costa, com deslocamentos positivos estimados em 5,00 m, 3,00 m e 16,00

m, respectivamente. Esses dados indicam a ocorrência de processos deposicionais significativos em determinados setores da área de estudo, contrastando com as tendências regressivas observadas nos demais pontos.

### **3.2.2. 2000-2023**

Entre as décadas de 2000 e 2023, o município manteve-se diante de intensos desafios decorrentes do processo de urbanização. O crescimento exponencial das edificações residenciais, hoteleiras e comerciais, impulsionado pela consolidação do turismo praias como uma das principais atividades econômicas locais, ocorreu de forma dissociada de um planejamento ambiental eficaz. Esse cenário contribuiu para grandes transformações estruturais na linha de costa e para o agravamento dos impactos ambientais observados no período (LINS-DE-BARROS, 2005).

Para a análise espaço-temporal da evolução da linha de costa na orla do município entre as décadas de 2000 e 2020 foi utilizada uma série de fotografias das aéreas ortogonais, mapa Geral, à esquerda: (escala 1:33.000), mapa A: (escala 1:1.100), mapa B: (escala 1:1.100), mapa C: (escala 1:1.100), mapa D: (escala 1:1.100), mapa E: (escala 1:1.650), mapa F: (escala 1:1.100), mapa G: (escala 1:3.300).



**Figura 5** - Evolução da linha de costa da orla do município de Piúma entre as décadas de 2000 a 2020.

Conforme observado na Figura 7, no intervalo compreendido entre as décadas de 2000 e 2020 observou-se um aumento significativo na ocorrência de pontos com tendência à progradação da linha de costa. Dos sete pontos demarcados ao longo das linhas de base, 57,14% apresentaram o avanço da linha de costa, correspondendo a quatro pontos, sendo: C, E, F e G com valores estimados de progradação de 4,60 m, 7,20 m, 14,00 m e 19,00 m, respectivamente. A progradação está associada a modificações morfológicas na zona costeira, caracterizadas por um acúmulo de sedimentos superior à sua remoção, o que resulta no alargamento da faixa praial e em mudanças na configuração do litoral (TOLDO JR *et al.*, 2005).

Constatou-se que 42,85% dos pontos analisados apresentaram retrogradação da linha de costa, especificamente, os pontos A, B e D evidenciaram recuos de 1,50 m, 0,50 m e 5,20 m, respectivamente. Esses dados indicam a atuação de processos erosivos em distintos setores da praia analisada, contribuindo para a redução da faixa costeira em tais locais, em função da alteração da urbanização e grau de exposição das ondas e transporte de sedimento.

Foi possível identificar um recuo da linha de costa nos trechos analisados. O ponto D, demarcado em ambas as linhas de base, destacou-se por apresentar a maior tendência erosão costeira, com recuos estimados de 3,70 m e 5,20 m, respectivamente. Esses dados indicam que, desde a década de 1950, este ponto tem sido caracterizado por um processo contínuo de retrogradação, evidenciando uma dinâmica erosiva persistente ao longo do tempo.

### **3.2.3. 1950-2020**

A retrogradação da linha de costa no município de Piúma, observada no período compreendido entre as décadas de 1950 e 2020, pode ser atribuída à atuação conjunta de fatores naturais e antrópicos. Entre os principais agentes antrópicos responsáveis por esse recuo, destacam-se a construção de edificações em áreas próximas à linha de costa, a urbanização desordenada, além da intensificação do turismo. Essas intervenções humanas alteram significativamente a dinâmica sedimentar e hidromorfológica do litoral, favorecendo processos erosivos e a consequente perda de faixa costeira (LIRA *et al.*, 2015).

No que se refere aos fatores naturais que contribuem para a retrogradação da linha de costa na orla do município de Piúma,

destacam-se a elevação do nível do mar, a ocorrência de tempestades e eventos extremos, as variações nas correntes marítimas, a ação contínua de ondas e marés predominantes, os processos de subsidência tectônica ou isostática, bem como a redução da vegetação costeira. Esses elementos naturais atuam de forma sinérgica, promovendo a instabilidade morfodinâmica do litoral e favorecendo a perda de material sedimentar ao longo do tempo (SOUZA, 2009).

A retrogradação da linha de costa ocorreu ao longo de diversas décadas em distintos setores da praia de Piúma, sendo este processo intensificado pelas características morfodinâmicas do ambiente costeiro local. Por se tratar de uma praia dissipativa, com baixo gradiente topográfico, a área torna-se mais suscetível aos efeitos de eventos climáticos extremos, o que favorece a ocorrência de balanços sedimentares negativos. Tal condição compromete a estabilidade da linha de costa, promovendo o recuo progressivo do litoral (BARBOZA; ROSA, 2014).

A dinâmica costeira é amplamente influenciada por elementos naturais que atuam como barreiras físicas e ecológicas frente à energia das ondas e ao avanço do mar. Dentre esses elementos, as dunas frontais desempenham um papel crucial na estabilidade morfológica do litoral, atuando como amortecedores naturais contra eventos de tempestades, marés altas e ressacas. Contudo, em diversos contextos urbanos e turísticos, essas formações têm sido removidas ou substituídas por estruturas rígidas de engenharia costeira, como muros de contenção, promovendo desequilíbrios nos processos sedimentares e agravando os efeitos erosivos (BIRD, 2008; SILVA, 2012).

De acordo com Bird (2008), a substituição de dunas frontais por muros ou outras estruturas artificiais resulta frequentemente em impactos negativos à estabilidade costeira. O autor argumenta que, ao eliminar essas barreiras naturais, retira-se a capacidade do sistema de absorver e redistribuir a energia das ondas, o que acelera a erosão da praia adjacente e favorece o estreitamento da faixa arenosa. Bird destaca que essa prática, comum em zonas urbanizadas, cria uma falsa sensação de segurança e, a longo prazo, contribui para a degradação ambiental e para o aumento da vulnerabilidade das áreas costeiras.

A análise dos mapas cartográficos indica que o ponto G apresenta um comportamento de relativa estabilidade ao longo do tempo. Entre as décadas de 1950 e 2000, esse ponto registrou uma progradação de 16,00 metros, enquanto no período de 2005 a 2020 a progradação atingiu 19,00 metros. Tais valores sugerem a manutenção de um padrão deposicional consistente na área. Conforme argumenta Gonçalves (2010), o monitoramento dos níveis de estabilidade em ambientes costeiros constitui uma medida fundamental para a gestão ambiental, uma vez que a identificação de áreas estáveis permite delimitar os limites mínimos aceitáveis para a ocupação e uso sustentável das zonas litorâneas.

A progradação da linha de costa pode ser resultado de processos naturais, especialmente relacionados à deposição de sedimentos e às variações nos regimes de ondas. A atuação combinada de ondas e correntes marinhas contribui para o transporte e a deposição de materiais sedimentares, promovendo, conseqüentemente, o alargamento da faixa praial. Alterações nos padrões de propagação das ondas ao longo da costa — tanto em intensidade quanto em direção — influenciam diretamente na dinâmica sedimentar,

favorecendo o acúmulo de sedimentos em determinadas áreas e contribuindo para o avanço da linha de costa (LIMA; OLIVEIRA, 2012).

Da análise da evolução da linha de costa do município de Piúma entre as décadas de 1950 e 2020 revela um cenário de mudanças significativas, influenciadas tanto por processos naturais quanto por intervenções humanas.

De acordo com Souza (2009) a erosão costeira configura-se como um dos mais relevantes desafios enfrentados pelos municípios litorâneos, uma vez que compromete não apenas a integridade dos ecossistemas naturais, mas também impacta diretamente as infraestruturas urbanas e as dinâmicas socioeconômicas locais. No caso da orla do município de Piúma, observam-se trechos da orla marítima com distintos graus de vulnerabilidade aos processos erosivos, refletindo uma dinâmica costeira complexa e espacialmente variável.

Diante desse cenário, a elaboração cartográfica permitiu a delimitação de três categorias de resposta morfodinâmica da linha de costa, a saber: setores criticamente erodidos, setores levemente erodidos e setores moderadamente estáveis, permitindo uma análise mais precisa da distribuição espacial dos processos erosivos que afetam a orla deste município.

Para a elaboração cartográfica, adotou-se o Datum SIRGAS 2000, fuso UTM 24S, com base em imagens de fundo fornecidas pelo Google Earth, reconhecendo-se a possibilidade de erros de georreferenciamento decorrentes da diferença entre datums e a resolução dos Basemaps (BORGES, 2016).

#### MAPA DOS FOCOS EROSIVOS



■ Levemente erodida  
■ Criticamente erodida  
■ Moderadamente estável

Elaboração Cartográfica: Rocha, J. G. (2025)  
Datum: Sirgas 2000 – Zona 24S  
Projeção Universal Transversa de Mercator  
Basemaps: Google Earth

**Figura 6** - Panorama das áreas levemente erodida, criticamente erodida e moderadamente estável na orla do município de Piúma.

O trecho levemente erodido (cor azul) são áreas que representam setores da linha de costa que apresentam processos erosivos incipientes, caracterizados por pequenas perdas sedimentares e recuos discretos da faixa praial. Já o trecho criticamente erodido (cor vermelha) indicam erosão costeira crítica, sendo os segmentos mais vulneráveis deste sistema praial. O trecho moderadamente estável (cor verde) corresponde a setores moderadamente estáveis, onde há predomínio de equilíbrio entre os processos deposicionais e erosivos.

A análise integrada do Mapa dos Focos Erosivos da orla de Piúma, elaborado com base em imagem de satélite e cartografia temática, permite identificar e interpretar os diferentes níveis de vulnerabilidade erosiva ao longo do trecho urbano litorâneo, classificando-os em: levemente erodido, criticamente erodido e moderadamente estável. A espacialização dos focos erosivos, aliada à interpretação das ortogonais de onda visíveis na fotografia, possibilita compreender os principais agentes e processos morfodinâmicos que atuam sobre a faixa costeira.

A configuração em arco praiial voltado para o sul expõe a orla às ondas provenientes de quadrantes sudeste e leste, favorecendo a ocorrência de refração. Esse processo, claramente evidenciado pelas ortogonais de onda na imagem, concentra a energia das ondas na porção central da orla, gerando maior pressão hidrodinâmica sobre este setor. Tal área, atualmente classificada como criticamente erodida, sofreu anteriormente processos de progradação artificial, com a supressão das dunas frontais e avanço urbano sobre a faixa de areia, comprometendo os mecanismos naturais de dissipação de energia.

Conforme discutido por Bird (2008), a substituição de dunas por estruturas rígidas de engenharia costeira, como muros de contenção e calçadões, elimina a capacidade do sistema de amortecer a energia incidente, provocando reflexão das ondas diretamente contra a base dessas estruturas, o que intensifica os processos de socavamento e recuo da linha de costa. No caso específico da orla de Piúma, a estreita faixa arenosa remanescente, associada à tipologia de praia dissipativa com perfil longitudinal suave e largo, não consegue absorver adequadamente a energia das ondas, expondo a infraestrutura urbana aos impactos direto de eventos de tempestades.

Em contraste, a porção ao sul da praia, classificada como levemente erodida, apresenta menor mobilidade sedimentar, resultado direto da presença de terraços rochosos submersos e afloramentos costeiros, que funcionam como barreiras naturais à propagação da energia de onda. Estes elementos atuam como defesas geológicas naturais, reduzindo a intensidade da ação hidrodinâmica e conferindo maior estabilidade à linha de costa nessa área.

Já o setor norte desta praia, mapeado como moderadamente estável, encontra-se em condição intermediária. A menor incidência de ondas refratadas, associada à presença de áreas vegetadas e, possivelmente, à influência de aportes sedimentares fluviais, contribui para a manutenção relativa da linha de costa, embora esta também esteja sujeita a processos de instabilidade sazonal, especialmente em períodos de maior intensidade de marés e tempestades.

A presença de ilhas rochosas defronte à praia de Piúma, situadas na porção norte da orla, exerce papel fundamental na modulação da energia de onda incidente e na redistribuição do transporte sedimentar longitudinal ao longo da linha de costa. De acordo com Klein; Nicholls; Thomalla (2003), elementos físicos como recifes, bancos ou ilhas, localizados próximos à zona de arrebentação funcionam como filtros naturais da energia de onda, provocando fenômenos de refração, difração e dissipação, que modificam a distribuição espacial do fluxo energético.

Neste caso específico, observa-se na imagem que as ilhas costeiras atuam como obstáculos físicos que interrompem a propagação direta das ondas em direção à praia, favorecendo a formação de uma zona de sombra de ondas (*wave shadow zone*) na porção norte da praia. Essa zona é caracterizada por uma redução significativa da altura e da energia das ondas, o que resulta em um ambiente mais protegido da ação direta dos eventos meteorológicos e oceanográficos de alta energia, como frentes frias e ressacas.

A morfologia em arco parabólico da praia, conforme descrita por Hsu e Evans (1989) e aplicada por Vargas; Raabe; Klein (2012), contribui para o desenvolvimento de um sistema de transporte longitudinal

de sedimentos (*longshore drift*), onde o material erodido da porção central da praia tende a ser redistribuído lateralmente em direção aos extremos da praia, notadamente para o norte, onde se encontra a zona de sombra. Esse modelo parabólico de dissipação e redistribuição sedimentar tende a estabilizar a linha de costa na extremidade norte desta praia, funcionando como uma área de deposição e amortecimento.

Mesmo diante da frequência crescente de eventos meteorológicos energéticos, induzidos por mudanças climáticas e intensificação de ressacas sazonais, essa região norte da praia se mantém relativamente estável, como indicado no mapeamento temático, (figura 8, faixa verde). Tal estabilidade é explicada não apenas pela proteção fornecida pelas ilhas, mas também pela retroalimentação sedimentar proveniente da porção central erodida. Trata-se, portanto, de uma interação complexa entre fatores morfológicos, hidrodinâmicos e sedimentares, que contribuem para o funcionamento resiliente desse trecho da orla.

O mapeamento (figura 15) distingue três categorias de estabilidade costeira, conforme evidenciado pelas cores, levemente erodida (cor azul), este trecho está localizado na porção sudoeste da orla (extremo esquerdo do mapa). A faixa azul representa áreas onde há ocorrência de processos erosivos de baixa intensidade. Tais processos podem estar relacionados à dinâmica natural da maré, ação das ondas e eventual interferência antrópica pontual, como calçadas ou edificações muito próximas da linha de costa.

Criticamente erodida (cor vermelha), ocupando a maior parte da linha de costa, principalmente no trecho central do arco praial da orla, este segmento indica áreas com severo impacto erosivo. A

erosão crítica está possivelmente relacionada à urbanização intensa e desordenada, ausência ou ineficiência de obras de contenção, e à vulnerabilidade natural do perfil praias. Estes fatores, aliados à ocupação costeira próxima à linha de maré alta, contribuem significativamente para a perda de sedimentos e o recuo da linha de costa.

Moderadamente estável (cor verde), localizado na porção nordeste da orla (à direita do mapa), este setor é caracterizado por maior estabilidade geomorfológica. Essa porção do litoral apresenta baixa suscetibilidade à erosão costeira, refletindo a presença de elementos naturais e/ou antrópicos que atuam de maneira eficaz na contenção e retenção de sedimentos, promovendo relativa estabilidade da linha de costa. Além disso, a morfologia natural da costa neste setor, com presença de formações rochosas, pode funcionar como elemento dissipador de energia das ondas, o que contribui para uma menor intensidade dos processos erosivos, favorecendo a sedimentação e evitando o transporte excessivo de material arenoso para áreas adjacentes.

A evidência de erosão crítica em grande parte do arco praias desta orla é um indicativo alarmante de que há necessidade de planejamento e intervenção imediata. A erosão costeira, além de provocar a perda de território e de infraestrutura, pode gerar impactos sociais, econômicos e ecológicos de grande escala, especialmente em áreas densamente ocupadas. A identificação de zonas levemente erodidas e moderadamente estáveis também serve como referência para o desenvolvimento de estratégias de proteção e contenção que sejam baseadas em soluções baseadas na natureza e engenharia costeira sustentável (SILVA; OLIVEIRA, 2013).

### **3.3. Estimativas dos Desequilíbrios do Perfil de Praia e Soluções**

#### **3.3.1. Movimentação de Sedimentos**

A orla do município de Piúma, apresenta um sistema costeiro sensível às variações na dinâmica sedimentar, condicionado tanto por fatores naturais quanto por intervenções antrópicas. A movimentação de sedimentos ao longo de sua orla evidencia um desequilíbrio no balanço sedimentar, refletido em diferentes graus de erosão identificados na análise espacial.

O transporte longitudinal de sedimentos, impulsionado predominantemente pela deriva litorânea de norte para o sul, é intensificado pela incidência oblíqua das ondas provenientes do Atlântico Sul. Esse movimento contínuo ao longo da linha de costa tende a redistribuir os sedimentos, provocando acúmulo em determinadas áreas (progradação) e déficit em outras (retrogradação), conforme observado nos trechos criticamente erodidos da orla central de Piúma (LIMA; ALMEIDA; TOLDO JR, 2001).

Durante o inverno (dominância de ventos alísios do sudeste e ressacas do sul), o transporte sedimentar é mais intenso de nordeste para sudoeste, favorecendo o acúmulo de sedimentos em enseadas voltadas para o sudoeste, sendo que durante o verão (influência de ventos de nordeste e ondas locais), pode haver uma inversão temporária, com transporte de sudoeste para nordeste, principalmente em trechos abrigados ou sob influência de alterações na dinâmica das ondas e marés (ALBINO *et al.*, 2006).

Adicionalmente, o transporte transversal também se mostra significativo, especialmente durante eventos extremos como

ressacas, que promovem o recuo da faixa de areia e a mobilização dos sedimentos em direção ao mar. Durante esses episódios, observa-se a intensificação da perda sedimentar, dificultando a recuperação natural do perfil praial e comprometendo a resiliência da linha de costa frente a novos eventos hidrodinâmicos (SOUZA, 2015).

A ausência de sistemas dunares consolidados e a ocupação urbana próxima à faixa de praia limitam os mecanismos naturais de retenção sedimentar, ampliando os efeitos erosivos nas áreas mais vulneráveis (PAIXÃO, 2013).

Outro aspecto relevante é a presença de estruturas fixas e obras urbanas que, ao interferirem no fluxo sedimentar natural, contribuem para a interrupção da deriva litorânea e o surgimento de zonas de erosão localizada, como ocorre nos setores onde se identificaram trechos criticamente erodidos no mapeamento geoespacial (KOERNER; OLIVEIRA; GONÇALVES, 2013).

Dessa forma, a movimentação de sedimentos na praia de Piúma configura-se como um processo dinâmico e multifatorial, cuja compreensão é essencial para subsidiar políticas públicas voltadas ao ordenamento da ocupação costeira, à mitigação de impactos erosivos e à implementação de estratégias sustentáveis de gestão integrada do litoral.

Nesse contexto, torna-se fundamental aprofundar a investigação por meio da análise de perfis praiais, os quais permitem a caracterização morfológica transversal do ambiente costeiro. A elaboração de perfis praiais representa uma etapa metodológica essencial para compreender as variações altimétricas da faixa de praia, a

distribuição de sedimentos, a declividade da encosta e os efeitos da dinâmica de ondas e marés sobre o sistema praial (SOUZA, 2009).

Assim, a análise a seguir se propõe a representar e interpretar um perfil praial representativo da área em estudo, com vistas a subsidiar o diagnóstico da erosão costeira e orientar propostas de manejo e recuperação ambiental da orla do município de Piúma.

### **3.4. Análise Comparativa do Recuo da Linha de Costa com Base no Modelo de Brunn (1962)**

A elevação do nível do mar constitui um dos principais vetores de alteração das zonas costeiras. Modelos matemáticos, como o de Brunn (1962), permitem prever o recuo da linha de costa com base em parâmetros geomorfológicos simples.

Foram analisadas três áreas distintas da faixa litorânea do município selecionadas com base em critérios morfodinâmicos e evidências de instabilidade costeira. Essas áreas apresentam diferentes graus de vulnerabilidade frente à ação de processos erosivos marinhos, notadamente em razão da exposição à energia das ondas, da morfologia praial, do uso e ocupação do solo. Essas constatações baseiam-se na mobilidade da linha de costa alcançada pela sobreposição das linhas de costa. A análise permitiu identificar padrões espaciais de recuo da linha de costa, os quais foram interpretados à luz da teoria do perfil de equilíbrio praial (Bruun, 1962).

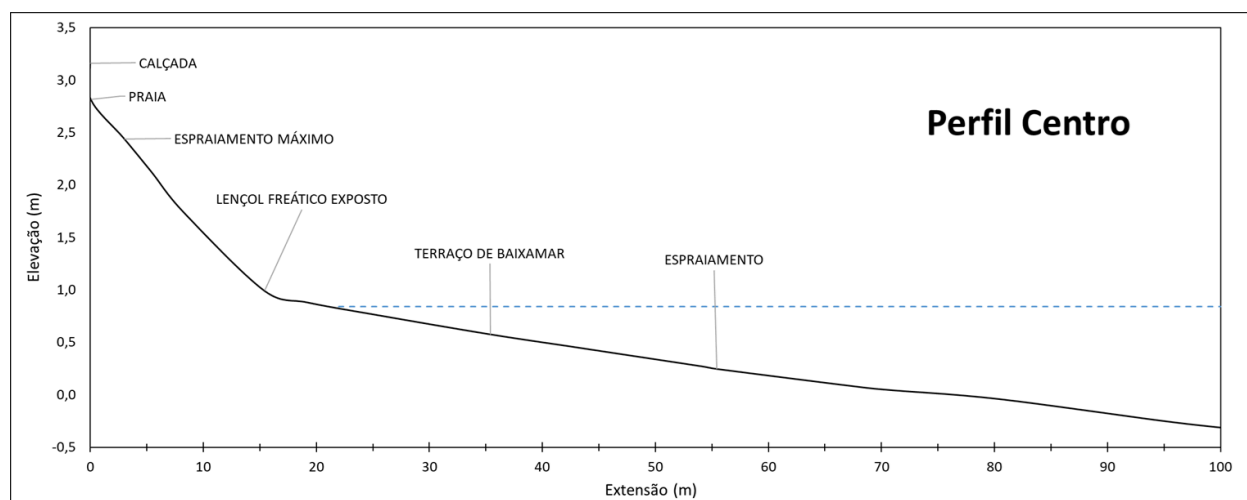
A aplicação do modelo proposto por Brunn (1962) aos três perfis praias investigados, classificados como criticamente erodido, levemente erodido e moderadamente estável (centro, sul e norte) permitiu estimar o recuo costeiro frente a cenários de elevação do

nível médio do mar, fundamentados nas projeções climáticas do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021), foram adotados três níveis de elevação, 0,5 m, 0,8 m e 1,1 m que representam intervalos plausíveis de subida do nível do mar até o final do século XXI.

Os parâmetros utilizados consideraram altura da barreira sedimentar, profundidade de fechamento e distância horizontal até o fechamento, obtidos a partir de dados topográficos (EGUCHI, 2023).

Para a determinação da distância entre a linha de barreira e a profundidade de fechamento, foi utilizada a Carta Náutica nº 1403, produzida pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil, a qual fornece informações batimétricas detalhadas da região costeira analisada.

### 3.4.1. Parâmetros e Resultados por Área



**Figura 7** - Perfil topográfico da área criticamente erodida.

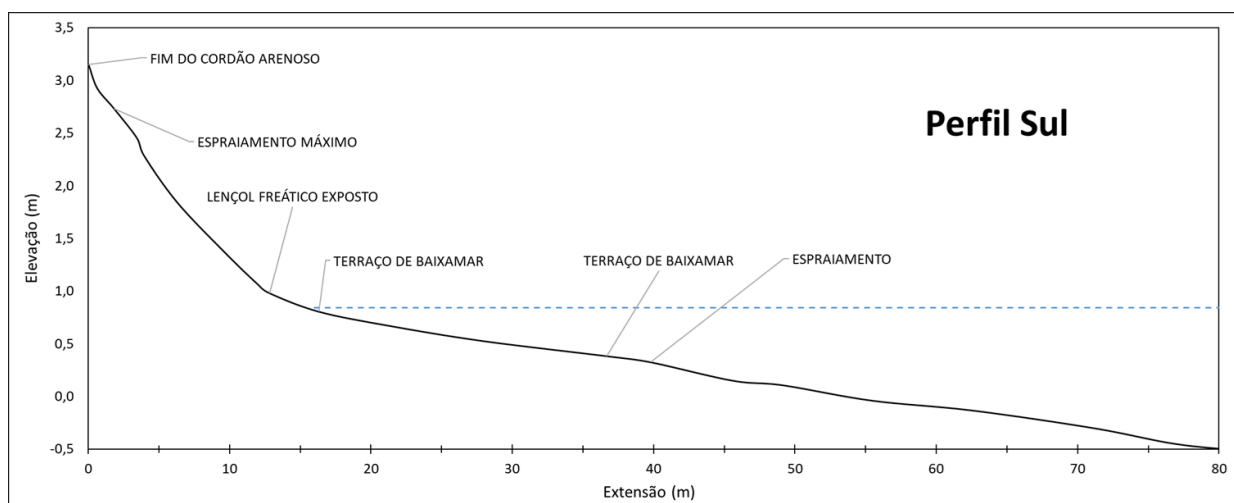
**Tabela 1** - Recuos estimados com o modelo de Brunn (1962):

Cenário (m)	Recuo estimado (m)
-------------	--------------------

0,5 m	159 m
0,8 m	254 m
1,1 m	350 m

O perfil denominado de área criticamente erodida (figura 7, Centro) apresenta altura da barreira de 2,82 m e distância horizontal até o perfil de fechamento de 2805 m. O coeficiente  $L/(h+B)$  calculado foi de 318.03, resultando em recuos estimados de 159 m, 254 m e 350 m para elevações de 0,5 m, 0,8 m e 1,1 m do nível do mar, respectivamente.

### 3.4.1.1. Área Levemente Erodida

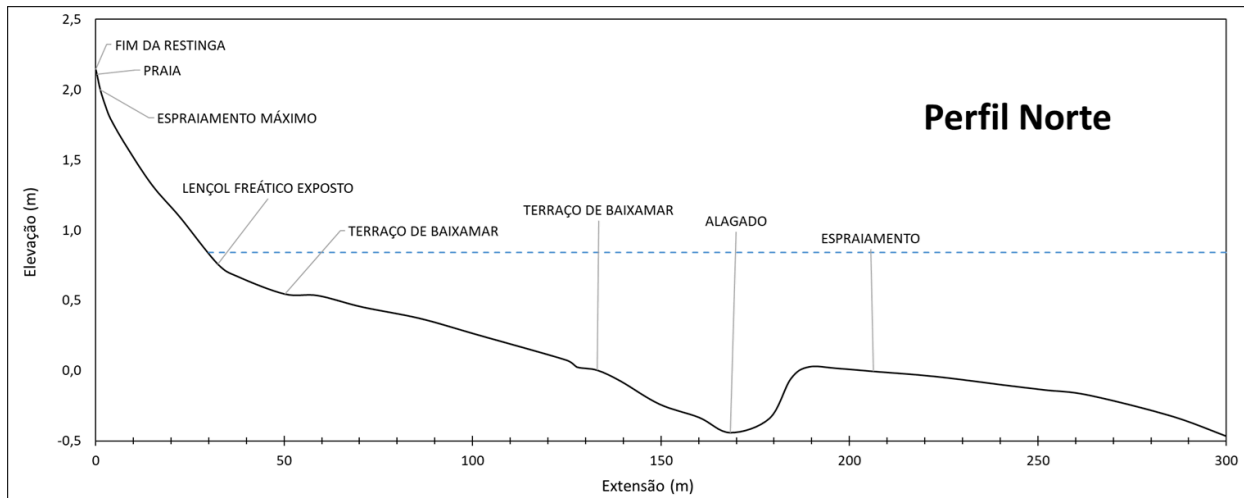


**Figura 8** - Perfil topográfico de área levemente erodida.

**Tabela 2** - Recuos estimados com o modelo de Brunn (1962):

Cenário (m)	Recuo estimado (m)
0,5 m	151 m
0,8 m	242 m
1,1 m	333 m

A área levemente erodida (figura 8, perfil Sul) apresenta altura da barreira de 3,15 m e distância horizontal até o fechamento de 2770 m. O coeficiente  $L/(h+B)$  calculado foi de 302.73, resultando em recuos estimados de 151 m, 242 m e 333 m para elevações de 0,5 m, 0,8 m e 1,1 m do nível do mar, respectivamente.



**Figura 9** - Perfil topográfico de área moderadamente estável.

**Tabela 3** - Recuos estimados com o modelo De Brunn (1962):

Cenário (m)	Recuo estimado (m)
0.5 m	178 m
0.8 m	285 m
1.1 m	392 m

O perfil da área moderadamente estável, (figura 9, perfil norte) apresenta altura da barreira de 2.14 m e distância horizontal até o fechamento de 2900 m. O coeficiente  $L/(h+B)$  calculado foi de 356.27, resultando em recuos estimados de 178 m, 285 m e 392 m para elevações de 0,5 m, 0,8 m e 1,1 m do nível do mar, respectivamente. Os resultados confirmam a resposta proporcional do recuo à elevação do nível do mar prevista pelo modelo de Brunn (1962), e

indicam a necessidade de atenção diferenciada no planejamento costeiro conforme a vulnerabilidade de cada perfil.

### 3.4.1.2. Análise Comparativa

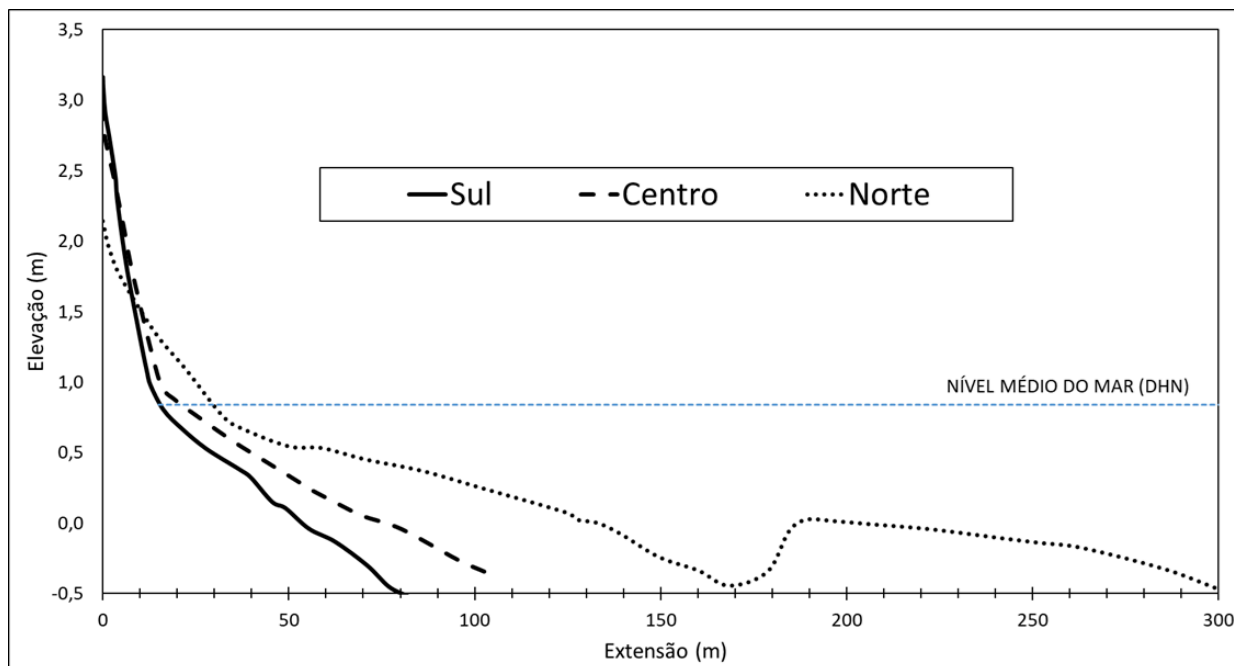


Figura 10 - Sobreposição dos perfis praias.

Tabela 4 - Recuos estimados com o modelo e Brunn (1962):

Perfil	Altura da barreira (m)	Distância até fechamento (m)	Recuo 0,5 m	Recuo 0,8 m	Recuo m
Norte	2,14	2900	178 m	285 m	392 m
Centro	2,82	2805	159 m	254 m	350 m
Sul	3,15	2770	151 m	242 m	333 m

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: <https://revistatopicos.com.br/artigos/processo-de-antropizacao-e-erosao-costeira-da-orla-de-piuma-espírito-santo-brasil?noblockage>

A comparação entre os três perfis evidencia diferenças significativas na resposta costeira aos cenários de elevação do nível do mar. O perfil norte apresentou os maiores valores de recuo em todos os cenários analisados, com 178 m para 0,5 m, 285 m para 0,8 m e 392 m para 1,1 m de elevação. Em contraste, o perfil sul exibiu valores inferiores, variando entre 151 m e 333 m, enquanto o perfil central apresentou valores intermediários. Esta distribuição espacial está diretamente relacionada às características morfológicas locais: o perfil norte, com altura de barreira inferior (2,14 m) e maior distância até o fechamento (2.900 m), revelou-se mais suscetível à erosão; já o perfil sul, com barreira mais elevada (3,15 m) e menor distância horizontal (2.770 m), mostrou-se relativamente mais resiliente, ainda que impactado nos cenários mais severos.

Esses dados corroboram o princípio fundamental do modelo de Brunn, no qual o recuo da linha de costa é proporcional à elevação do nível do mar e à geometria do perfil praial (BRUNN, 1962).

Em termos de planejamento e gestão costeira, os resultados indicam que áreas situadas no setor norte (figura 18, área moderadamente estável) demandam prioridade na implementação de medidas de mitigação e adaptação, como realocação de infraestruturas vulneráveis ou adoção de obras de contenção. A diferença observada entre os cenários de 0,8 m e 1,1 m com acréscimos de recuo superiores a 100 m ressalta a importância de considerar projeções climáticas mais recentes e conservadoras, como as apresentadas pelo (IPCC, 2021), para embasar estratégias de manejo sustentável.

#### **4. CONCLUSÃO**

A análise geo-histórica da orla de Piúma evidencia que o processo de erosão costeira está associado tanto a fatores naturais, como a dinâmica de ondas, marés e variações climáticas, quanto a intervenções antrópicas, especialmente a urbanização desordenada e a substituição de dunas e restingas por estruturas rígidas. Entre as décadas de 1950 e 2020, observou-se significativa retrogradação da linha de costa em setores centrais da praia, ao mesmo tempo em que pontos específicos apresentaram progradação vinculada à deposição sedimentar.

O mapeamento multitemporal e os perfis praiais demonstraram que a erosão é mais intensa em trechos onde houve supressão de barreiras naturais, enquanto áreas protegidas por ilhas rochosas ou com aporte sedimentar apresentaram maior estabilidade. A aplicação do modelo de Bruun (1962) indicou recuos expressivos frente a cenários de elevação do nível do mar, com variações de mais de 150 a 390 metros, o que reforça a vulnerabilidade da orla diante das mudanças climáticas globais.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALBINO, J. et al. **EROSÃO E ESTADO MORFODINÂMICO DA PRAIA CENTRAL DE MARATAÍZES, SUL DO ESPRITO SANTO.** *In: VI SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA*, 2006;

BASILIO, T. H. **Análise integrada de sustentabilidade da pesca artesanal do município de Piúma, litoral sul do Espírito Santo, Brasil.** Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, p. 179. 2015;

BARBOZA, E. G; ROSA, M. L. C. C. Indicadores geológicos e geomorfológicos de setores em erosão na costa do Rio Grande do

- Sul. **Nuevas miradas a la Problemática de los ambientes costeros**, v. 1, p. 83-98, 2014;
- BIRD, E. **Coastal geomorphology: an introduction**. Secodon Edition: 2008;
- BOAK, E. H; TURNER, I. L. Shoreline definition and detection: a review. **Journal of coastal research**, v. 21, n. 4, p. 688-703, 2005;
- BORGES, A. F. Sistemas geodésicos de referência adotados no Brasil e a conversão dos dados geográficos para o sistema oficial SIRGAS2000: transformações e avaliação de erros. **Revista Geografias**, v. 12, n. 1, p. 52-68, 2016;
- BRICALLI, L. L; SOUZA, B. S. de. Caracterização geológica-geomorfológica da bacia do rio Juara (Espírito Santo, sudeste do Brasil). **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 6219-6232, 2017;
- BRUUN, Per. Sea-level rise as a cause of shore erosion. **Journal of the Waterways and Harbors Division**, v. 88, n. 1, p. 117-130, 1962;
- CASTRO. L. L. P. De. **Ocupação da zona costeira: a interface urbano-ambiental na orla marítima do Campeche, Ilha de Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Urbanismo, história e arquitetura da cidade) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 196. 2008;
- CAVACALTI, H. D. A. **Microrregião Litoral Sul: história e potencialidades**. Vitória: ALES, 2013;

EGUCHI, B.M.M. **ABORDAGEM MULTIESCALAR DA VARIAÇÃO ENERGÉTICA DE ONDAS E A RESPOSTA DE PRAIAS DE MARATAÍZES, ES.** Tese (Doutorado em Oceanografia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2023. P. 71;

GONÇALVES, R. M. **Modelagem de tendência a curto-prazo da linha de costa através de dados geodésicos temporais utilizando regressão linear, estimativa robusta e redes neurais artificiais.** Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010. P. 152;

GUERRA, A. T. **Aspecto do litoral em Piúma. Ao fundo a cadeia e o monte Aga. Note-se casas de pescadores junto a praia, cobertas de palmeiras. (ES).** 1958. 1 fotografia. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=416690>. Último acesso em: 29/03/2023;

GUERRA, A. T. **Praia de Piúma (ES).** 1960. 1 fotografia. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=416917>. Último acesso em: 29/03/2023;

IBGE. **Cidades e estados.** Acesso em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/es/piuma.html>. Último acesso em: 03/04/2023;

IBGE. **Censo demográfico de 1991.** Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv22894.pdf>. Último acesso em: 27/04/2023;

HSU, J. R. C; EVANS, C. Parabolic bay shapes and applications. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers**, v. 87, n. 4, p. 557-570, 1989;

IBGE. **Sinopse do censo demográfico 2010.** Disponível em: <https://ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=9673&t=resultados>. Último acesso em: 27/04/2023;

IBGE. **Sinopse preliminar do censo demográfico.** [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/308/cd\\_2000\\_v7.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/308/cd_2000_v7.pdf). Último acesso em: 27/04/2023;

IBGE. **Situação demográfica.** Disponível em: [https://seculoxx.ibge.gov.br/images/seculoxx/arquivos\\_download/populacao/1972/populacao\\_m\\_1972aeb\\_019\\_a\\_045.pdf](https://seculoxx.ibge.gov.br/images/seculoxx/arquivos_download/populacao/1972/populacao_m_1972aeb_019_a_045.pdf). Último acesso em: 27/04/2023;

IBGE. **Censo demográfico de 1980.** Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv13742.pdf>. Último acesso em: 27/04/2023;

IBGE. **População.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/piuma/panorama>. Acesso em: 23 de jan. de 2024;

IPCC. *IN: MASSON-DELMOTTE, V. et al. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*** Cambridge: Cambridge University Press, v. 2, n. 1, p. 2391, 2021;

KOERNER, K. F.; OLIVEIRA, U. R.; GONÇALVES, G. Efeito de estruturas de contenção à erosão costeira sobre a linha de costa: Balneário Hermenegildo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Journal of Integrated**

**Coastal Zone Management/Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 13, n. 4, 2013;

KLEIN, R. JT; NICHOLLS, R. J.; THOMALLA, F. Resilience to natural hazards: How useful is this concept?. **Global environmental change part B: environmental hazards**, v. 5, n. 1, p. 35-45, 2003;

LIMA, Á. de M; AMORA, Z. B. Debates Acerca da Geografia Histórica e da Geo-História: Elementos para a Análise Espaço-Temporal. **Espaço Aberto**, v. 2, n. 2, p. 51-72, 2012;

LIMA, C. O; OLIVEIRA, R. C. de. OS PROCESSOS DE EROÇÃO E PROGRADAÇÃO NO MUNICÍPIO DE ILHA COMPRIDA-SP. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 4, p. 902-915, 2012;

LIMA, M. et al. Medidas de mitigação e adaptação à erosão costeira e aos efeitos das alterações climáticas. **Revista Recursos Hídricos**, v. 42, n. 1, p. 61-70, 2021;

LIMA, S. F; ALMEIDA, L. E; TOLDO JR, E. Estimativa da Capacidade de Transporte Longitudinal de Sedimentos a partir de Dados de Ondas para a Costa do Rio Grande do Sul. **Pesquisas em Geociências**, v. 28, n. 2, p. 99-107, 2001;

LINS-DE-BARROS, F. M. Risco, vulnerabilidade física à erosão costeira e impactos sócio-econômicos na orla urbanizada do município de Maricá, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 6, n. 2, 2005;

LIRA, C. W. P. de. *et al.* Determinação da vulnerabilidade e da zona não edificante para as Praias de Tabuba e Cumbuco município de Caucaia, Ceará, ne do Brasil. **Geociências**, v. 34, n. 2, p. 302-311, 2015;

MARTIN, L. *et al.* Coastal Quaternary formations of the southern part of the State of Espírito Santo (Brazil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 68, n. 3, p. 389-404, 1996;

MATEUS, P. Polêmica em Piúma. **ATribuna**. Disponível em: [http://biblioteca.ijsn.es.gov.br/ConteudoDigital/20160902\\_aj09767\\_municipio\\_piuma.pdf](http://biblioteca.ijsn.es.gov.br/ConteudoDigital/20160902_aj09767_municipio_piuma.pdf). Último acesso em: 23 de jan. de 2024;

NASCIMENTO, M. C. do; CERQUEIRA, J. A. C; PINTO, K. CARATERIZAÇÃO DA DINÂMICA DA LINHA DE COSTA NA ENSEADA DO PONTAL DE CORURIFE, LITORAL SUL DE ALAGOAS. **Revista Contexto Geográfico**, v. 2, n. 4, p. 69-79, 2017;

OLIVEIRA, U. R. D. et al. Histórico de antropização e supressão das dunas no balneário Hermenegildo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 2, p. 687-704, 2018;

PAIXÃO, R. Caracterização morfo-ecológica do sistema dunar de Peniche-Baleal (Costa Ocidental Portuguesa). **Finisterra**, v. 48, n. 95, 2013;

PAULA, A. de. Mar avança em Piúma. **ATribuna**. Disponível em: [http://biblioteca.ijsn.es.gov.br/ConteudoDigital/20160902\\_aj09759\\_municipio\\_piuma.pdf](http://biblioteca.ijsn.es.gov.br/ConteudoDigital/20160902_aj09759_municipio_piuma.pdf). Último acesso em: 03/04/2023;

PAULO, S. N. Mar destrói parte de calçadão. **ATribuna**. Disponível em: [http://biblioteca.ijsn.es.gov.br/ConteudoDigital/20161108\\_aj25198\\_piuma\\_erosao.pdf](http://biblioteca.ijsn.es.gov.br/ConteudoDigital/20161108_aj25198_piuma_erosao.pdf). Último acesso em: 03/04/2023;

SILVA, E. F; OLIVEIRA, J. L. E. Gestão Territorial e Ocupação do Solo no Município de Tibau do Sul/RN-Brasil. **Sociedade e Território**, v. 25, n. 1, p. 62-79, 2013;

SILVA, P. L. da. As dunas de capão da canoa: impactos ambientais causados com a construção do calçadão. **Revista Tessituras Geográficas**, v. 1, n. 1, 2012;

SOUZA, C. R. de G. A erosão costeira e os desafios da gestão costeira no Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 9, n. 1, p. 17-37, 2009;

SOUZA, C. R. de G. Variabilidade morfológica e granulométrica e balanço sedimentar de uma praia em rotação praial Morphological and granulometric variability and sedimentary budget of a beach in rotation. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 6, n. 1, p. 01-19, 2015;

TOLDO JR, E.E. Retração e progradação da Zona costeira do Estado do Rio Grande do Sul. **GRAVEL**, n. 3, p. 31-38, 2005;

VARGAS, A; RAABE, A. L. A; KLEIN, A. H. da F. Henrique. Sistema Computacional para Aplicação do Modelo Parabólico de Praias de Enseada. **Revista brasileira de geomorfologia**, v. 3, n. 1, 2002;