



Carlos Eduardo Santos Costa

**Relação entre as passagens frontais e os impactos de
eventos extremos na zona costeira do Rio de Janeiro (RJ):
análise dos últimos 30 anos**

Dissertação de mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção de grau de Mestre em
Geografia pelo Programa de Pós-graduação em
Geografia do Departamento de Geografia e
Meio Ambiente do Centro de Ciências
Sociais da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Sérgio Cadena de Vasconcelos

Rio de Janeiro
Novembro de 2020



Carlos Eduardo Santos Costa

**Relação entre as passagens frontais e os impactos de
eventos extremos na zona costeira do Rio de Janeiro (RJ):
análise dos últimos 30 anos**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a
obtenção de grau de Mestre pelo Programa de Pós-
graduação em Geografia Meio Ambiente do Centro de
Ciências Sociais da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão
Examinadora abaixo:

Prof. Sérgio Cadena de Vasconcelos

Orientador

Departamento de Geografia e Meio Ambiente – PUC-Rio

Prof. Marcelo Motta de Freitas

Departamento de Geografia e Meio Ambiente – PUC-Rio

Profª Núbia Beray Armond

Departamento de Geografia - UFRJ

Prof. Rodrigo Coutinho Abuchacra

Centro de Educação e Humanidades - UERJ

Rio de Janeiro, 30 de novembro de 2020.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem a autorização da universidade, do autor e do orientador.

Carlos Eduardo Santos Costa

Graduado em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2016, com Pós-Graduação em Formação Pedagógica para Docentes na Universidade Cândido Mendes (UCAM), concluída em 2017. É professor da rede pública de Ensino fundamental e médio do estado do Rio de Janeiro.

Ficha catalográfica

Costa, Carlos Eduardo Santos

Relação entre as passagens frontais e os impactos de eventos extremos na zona costeira do Rio de Janeiro (RJ) : análise dos últimos 30 anos / Carlos Eduardo Santos Costa ; orientador: Sérgio Cadena de Vasconcelos. – 2020.

113 f. : il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado)—Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Geografia e Meio Ambiente, 2020.

Inclui bibliografia

1. Geografia e Meio Ambiente – Teses. 2. Frente Polar Atlântica. 3. Ressacas. 4. Vulnerabilidade a impactos costeiros. I. Vasconcelos, Sérgio Cadena de. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Geografia e Meio Ambiente. III. Título.

CDD: 910

Agradecimentos

Diante da finalização desta pesquisa, o autor agradece ao Programa de Pós-graduação em Geografia do Departamento de Geografia e Meio Ambiente da PUC-Rio, por todo o auxílio estudantil durante o período de realização desta dissertação, considerando a significativa e indispensável orientação acadêmica do Professor Dr. Sérgio Cadena de Vasconcelos junto ao Núcleo de Estudos em Ambientais Costeiros (NEAC) da PUC – RIO.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de Financiamento 001.

Os agradecimentos também se direcionam a relevante e considerável colaboração do Banco Nacional de Dados Oceanográficos da Marinha brasileira (BNDO), pelo envio de grande parte das informações necessárias a realização desta pesquisa, da mesma forma como o autor também agradece ao auxílio dos amigos Mônica Ann Diniz e Rodrigo Corrêa, os quais foram extremamente importantes principalmente quanto ao processamento numérico e visual dos dados pertinentes a esta dissertação acadêmica.

Resumo

Costa, Carlos Eduardo Santos; Vasconcelos, Sérgio Cadena de. **Relação entre a expansão da Frente Polar Atlântica e os impactos de eventos extremos na zona costeira do Rio de Janeiro (RJ): análise dos últimos 30 anos**. Rio de Janeiro, 2020. 113p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Geografia e Meio Ambiente, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Baseando -se no contexto das mudanças climáticas, esta pesquisa fundamenta seus estudos na relação entre o fenômeno atmosférico da Frente Polar Atlântica (FPA) e os impactos de eventos extremos, especificamente no litoral carioca, partindo da premissa que, decorrente do aumento destes eventos frontais atmosféricos, estaria ocorrendo um consequente aumento do número de ressacas oceânicas com potenciais repercussões litorâneas negativas. O trabalho tem como objetivo identificar esta tendência dos impactos de eventos costeiros extremos sobre a linha de costa carioca a partir da análise das ocorrências históricas da expansão da Frente Fria Polar Atlântica ao longo das últimas três décadas (1988 – 2017). Para alcançar o objetivo proposto foram realizadas a aquisição de dados secundários meteorológicos, oceânicos e de registros midiáticos, baseados nas seguintes etapas: estudo numérico da frequência absoluta total da FPA (primeira etapa), assim como de ressacas significativas (segunda etapa) e eventos de impactos costeiros (terceira etapa), além da elaboração estatística do coeficiente de correlação e a frequência relativa percentual entre estes eventos (quarta etapa). Diante disto, obteve-se uma correlação positiva moderada, capaz de comprovar a hipótese desta dissertação de que há de fato uma variação numérica simultânea quanto à ocorrência das FPA's e os impactos costeiros sobre a orla carioca. Finalizando, a quinta etapa metodológica se baseou no processamento dos dados sobre a frequência histórica dos impactos costeiros, elaborando o mapa de frequência dos impactos costeiros (FIC'S) no município do Rio de Janeiro (1988 – 2017), a partir do software ArcGis 10.3 e Google Earth Pro.

Palavras-chave

Frente Polar Atlântica; Ressacas; Vulnerabilidade a Impactos Costeiros.

Abstract

Costa, Carlos Eduardo Santos; Vasconcelos, Sérgio Cadena de (Advisor). **Relationship between the expansion of the Atlantic Polar Front and the impacts of extreme events in the coastal zone of Rio de Janeiro (RJ): analysis of the last 30 years.** Rio de Janeiro, 2020. 113p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Geografia e Meio Ambiente, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Based on the context of climate change, this research bases its studies on the relationship between the atmospheric phenomenon of the Atlantic Polar Front (FPA) and the impacts of extreme events, specifically on the coast of Rio de Janeiro, based on the premise that, due to the increase in these frontal events atmospheric conditions, there would be a consequent increase in the number of ocean surfs with potential negative coastal repercussions. The work aims to identify this trend of the impacts of extreme coastal events on the coast of Rio de Janeiro from the analysis of the historical occurrences of the expansion of the Cold Atlantic Polar Front over the last three decades (1988 - 2017). To achieve the proposed objective, the acquisition of secondary meteorological, oceanic data and media records was carried out, based on the following steps: numerical study of the total absolute frequency of the FPA (first stage), as well as significant hangovers (second stage) and events of coastal impacts (third stage), in addition to the statistical elaboration of the correlation coefficient and the percentage relative frequency between these events (fourth stage). In view of this, a moderate positive correlation was obtained, capable of proving the hypothesis of this dissertation that there is in fact a simultaneous numerical variation as to the occurrence of FPA's and the coastal impacts on the Rio shore. Finally, the fifth methodological step was based on the processing of data on the historical frequency of coastal impacts, elaborating the frequency map of coastal impacts (FIC'S) in the municipality of Rio de Janeiro (1988 - 2017), using the software ArcGis 10.3 and Google Earth Pro.

Keywords

Atlantic Polar Front; Rough Sea; Vulnerability to Coastal Impacts.

Sumário

1 Introdução	8
2 Objetivos e justificativa	10
2.1 Objetivo geral	10
2.2 Objetivos específicos	10
2.3 Justificativa	10
3 Materiais e métodos	12
3.1 Identificação da FPA	14
3.2 Identificação das ressacas oceânicas significativas	16
3.2.1 Caracterização e representação das ressacas marítimas	18
3.3 Identificação de impactos costeiros	19
3.4 Coeficiente de correlação e frequência relativa percentual – análise conjunta dos eventos de FPA's, ressacas significativas e IC's (município do Rio de Janeiro – 1988 - 2007)	21
3.5 Mapeamento da frequência dos impactos costeiros (FIC's) no município do Rio de Janeiro (1988 – 2017)	23
4 Área de estudo	26
4.1 Compartimentos costeiros do município do Rio de Janeiro	26
4.1.1 Compartimento costeiro da Baía de Guanabara	27
4.1.2 Compartimento costeiro de Jacarepaguá	30
4.1.3 Compartimento costeiro da Baía de Sepetiba	34
5 Fundamentação teórica	37
5.1 Frente Polar Atlântica (FPA) e o município do Rio de Janeiro	37
5.1.1 Pressão e vento atmosférico	40
5.2 Marés meteorológicas, marés astronômicas e ressacas costeiras	42
5.3 Morfologia costeira, risco e vulnerabilidade	45
5.4 Transformação paisagística: evolução do uso e cobertura do solo do município do Rio de Janeiro (1988 - 2017)	50
5.5 Impacto costeiro e seu gerenciamento	54
6 Resultados	59
6.1 Frequência histórica da Frente Polar Atlântica no município do Rio de Janeiro (1988 – 2017)	59
6.2 Frequência histórica das Ressacas significativas no município do Rio de Janeiro (1988 – 2017)	64
6.3 Frequência histórica dos Impactos costeiros no município do Rio de Janeiro (1988 – 2017)	69
6.4 Análise histórica conjunta entre os episódios da Frente Polar Atlântica, ressacas significativas nas praias do município do Rio de Janeiro (1988 a 2017)	83
7 Conclusão	87
8 Referências bibliográficas	89
Anexos	
Apêndices	

1

Introdução

Diante das cíclicas mudanças climáticas da atmosfera terrestre, inúmeros eventos climáticos severos vêm adquirindo uma considerável frequência sobre a superfície terrestre, em meio às suas diversas consequências no espaço geográfico. Tal fenômeno, segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (2001), refere-se a uma variação estaticamente significativa nas condições médias do clima ou em sua variabilidade, que persiste por um longo período – geralmente décadas ou mais.

Tendo em vista este contexto climático sobre as zonas litorâneas, estas se tornam ainda mais dinâmicas no tempo e espaço, no que se refere à sua suscetibilidade quanto aos impactos costeiros provenientes das mudanças climáticas. De acordo com Luijendijk (2018), as zonas costeiras têm historicamente atraído seres humanos e atividades humanas devido à abundante amenidade, valor estético e diversos serviços ecossistêmicos que fornecem, fazendo com que elas sejam densamente povoadas e desenvolvidas, com 15 das 20 megacidades (população > 10 milhões) do mundo localizadas ao longo dos litorais. Sendo assim, as mudanças climáticas só irão exacerbar esta situação, agravando ainda mais os danos costeiros (naturais e antrópicos) sobre as linhas de costa.

Esta circunstância atmosférica-oceânica em escala global consegue ser representada por meio dos mais diversos tipos de fenômenos atmosféricos, também atuantes na linha de costa brasileira, principalmente quando se trata de eventos associados à ocorrência de sistemas frontais, a exemplo, especificamente, da Frente Polar Atlântica.

Marengo (2001) exemplifica este evento climático justamente a partir do solstício do inverno no hemisfério Sul, onde as massas de ar polares atingem as latitudes subtropical e tropical do continente sul americano, caracterizadas por uma sequência de dias em que a temperatura do ar fica menor do que o normal esperado na maioria das vezes, sendo mais frequente nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Seu deslocamento sobre o continente sul-americano acaba gerando o “choque” atmosférico com outra massa de ar, a Massa Tropical Atlântica. Por terem características climáticas diferentes, seu encontro acaba dando origem ao fenômeno climático conhecido como Sistema Frontal, abordado aqui de maneira genérica,

segundo seu atributo genético, como Frente Polar Atlântica. De acordo com Satyamurty & Mattos (1989), geograficamente, a frontólise (dissipação das frentes frias) deste evento climático no continente sul-americano segue o deslocamento no sentido SW – NE. Segundo Reboita et al. (2005 apud Parise, 2010) esta atividade ciclogênica atua sobre a costa sul e sudeste do Brasil, situada entre as latitudes de 20°S e 35°S, sendo essa última mais próxima do litoral fluminense, gerando consequentemente uma interação atmosfera-oceano.

Tais frentes possuem o potencial de gerar tempestades que, ao atuarem sobre os oceanos, acabam por influenciar a altura das ondas que atingem o litoral. O vento que sopra sobre a superfície da água cria ondas por transferência de energia do movimento do ar (energia cinética) para a água. Assim, a problemática desta pesquisa se baseia na atuação das Frentes Polares na geração de ressacas (ondas de tempestade) capazes de provocar eventuais impactos litorâneos nas zonas costeiras, principalmente em litorais urbanizados como o do município do Rio de Janeiro.

Segundo Barros (2005), na cidade do Rio de Janeiro as praias são atingidas anualmente por intensas ondulações denominadas ressacas, que apresentam ondas entre 3 e 5 metros de altura, provocando a queda de muros de contenção e a destruição de ruas e calçadas.

A destruição das estruturas costeiras tem se repetido gradativamente, evidenciando os problemas estruturais e a falta de preparo para lidar com a ação natural. Um reflexo disto pode ser observado nos noticiários cada vez mais frequentes divulgando informações acerca dos impactos socioambientais desse tipo de evento extremo sobre a orla carioca.

Diante deste cenário, este trabalho parte da premissa de que esteja ocorrendo um aumento significativo no número de passagens frontais nas zonas costeiras cariocas nas últimas três décadas (1988 – 2017), com um aumento semelhante no número de ressacas, e também na ocorrência conjunta de impactos costeiros adversos no litoral do município do Rio de Janeiro.

Com o objetivo de analisar a variação numérica conjunta entre estes fenômenos oceânico-atmosféricos, os resultados desta pesquisa poderão ser utilizados como uma forma de subsídio ao planejamento urbano municipal, servindo de base para futuros planos de gerenciamento costeiro, objetivando minimizar os impactos dos eventos de ressaca ao longo do litoral carioca.

2

Objetivos e justificativa

2.1

Objetivo geral

Esta pesquisa tem como objetivo central identificar a variabilidade histórica de impactos de eventos costeiros extremos sobre a linha de costa do município do Rio de Janeiro através da ocorrência da FPA nos últimos 30 anos (1988 – 2017).

2.2

Objetivos específicos

Para atender ao objetivo geral da pesquisa, são propostos alguns objetivos específicos presentes neste contexto:

- Identificar os episódios de ocorrência da FPA nas últimas três décadas.
- Identificar e caracterizar o comportamento dos fenômenos oceânicos das ressacas nas últimas três décadas.
- Identificar e caracterizar os registros de impactos costeiros adversos nas praias cariocas nas últimas três décadas.
- Analisar a distribuição espaço-temporal dos impactos costeiros nas praias cariocas – Mapa da FIC's (Frequência de Impactos Costeiros).

2.3

Justificativa

Segundo Nicholls & Branson (1998), o ambiente costeiro oferece serviços ambientais essenciais para a manutenção de qualidade ambiental e para a manutenção de resiliência histórica a desastres naturais. Contudo, há uma tendência histórica à ocupação humana das zonas litorâneas, havendo fortes concentrações populacionais nas proximidades das capitais, aumentando, dessa forma, a vulnerabilidade socioeconômica e diminuindo a resiliência costeira (Neves; Muehe, 2008; Nicholls et al., 2007); tornando estratégico o estudo do impacto desses eventos para o planejamento e gestão costeira.

Neste sentido, justifica-se a realização desta pesquisa baseando-se na importância de analisar o comportamento do evento climático em questão (FPA) e suas repercussões na zona costeira carioca nas últimas 3 décadas, de modo a averiguar seu reflexo sobre o número de frentes frias que atingiram a orla da cidade do Rio de Janeiro e sua repercussão ambiental e social pela intensificação dos impactos adversos na linha de costa carioca.

A escolha da área de estudo no município do Rio de Janeiro se justifica devido ao fato da cidade se inserir no contexto de uma urbanização acelerada e de elevada densidade populacional junto à costa, além do fato do referido recorte espacial representar área de ocorrência frequente de frontólises.

Diante das prerrogativas científicas da Organização Mundial de Meteorologia, as normas de estudos e definições climatológicas são feitas a partir de um período mínimo de 30 anos, o que acaba justificando a escolha pelo recorte temporal deste trabalho (1988 – 2017), baseando-se no objetivo de obter resultados mais robustos quanto à atuação da Frente Polar Atlântica sobre a superfície oceânica e as praias cariocas.

Além disso, os resultados obtidos nesta pesquisa poderão auxiliar o planejamento e gestão costeira da cidade do Rio de Janeiro, a partir de informações importantes sobre o comportamento dos fenômenos analisados. Corroborando com a afirmativa de Zee (2012), de que na cidade do Rio de Janeiro observa-se que as ressacas e as ventanias foram os eventos mais representativos quanto à geração de impactos que venham afetar a funcionalidade urbana, tais resultados podem ser aplicados a mitigar possíveis futuros impactos ao longo das praias do município do Rio de Janeiro, favorecendo a organização espacial tanto em nível ambiental quanto social.

3

Materiais e métodos

A metodologia desta dissertação envolve o processamento numérico tanto dos dados meteorológicos quanto dos oceanográficos e daqueles reunidos junto aos veículos de imprensa, a fim de verificar a quantidade de impactos costeiros decorrentes de ressacas em meio aos compartimentos litorâneos do município do Rio de Janeiro, dentro do período analisado de 30 anos (1988 – 2017), conforme o fluxograma apresentado na figura 1:



Figura 1: Fluxograma metodológico da pesquisa.

Seguindo a estrutura desta pesquisa, este tópico trata especificamente de cada etapa metodológica executada, no que se refere à realização prática tanto do objetivo geral quanto dos objetivos específicos anteriormente descritos.

Para a realização deste trabalho, foi necessária a aquisição dos dados secundários das cartas sinóticas atmosféricas, assim como a quantidade total do número de ressacas e seus respectivos eventos de impactos costeiros (1988 – 2017).

As cartas sinóticas foram obtidas a partir do requerimento acadêmico da Pós-graduação em Geografia do Departamento de Geografia e Meio Ambiente da PUC-Rio (Anexo 1), enviado à Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil – DHN, obtendo-se assim tais dados provenientes do Banco Nacional de Dados Oceanográficos - BNDO no formato de imagens digitais. Já a quantidade de ressacas marítimas e eventos de impactos costeiros no litoral carioca foram obtidos por meio de registros da imprensa, com seus consequentes transtornos sobre a funcionalidade urbana.

O processamento metodológico destas mesmas informações foi realizado em cinco etapas. A primeira etapa realizada foi a seleção e a datação numérica das cartas sinóticas que indicassem a ocorrência de uma frente fria sobre a região sudeste do Brasil onde se localiza justamente o município do Rio de Janeiro, a fim de obter a frequência deste fenômeno. A segunda etapa se baseou na coleta de informações midiáticas que apontassem a ocorrência de ressacas marítimas significativas sobre a orla carioca, em comparação com as datas de ocorrência das frentes frias selecionadas anteriormente, para também alcançar sua regularidade. Já a terceira etapa foi a classificação dos impactos costeiros gerados por estas mesmas ressacas oceânicas, baseando-se na classificação de Silva (2011), além da sua constância numérica sobre a área de estudo. A quarta etapa esteve associada tanto à tabulação destes dados secundários adquiridos para obter a correlação estatística entre estes eventos, assim como a formatação de gráficos de tendência, no intuito de alcançar o objetivo central. Por último, porém não menos importante, a quinta etapa se refere ao processamento cartográfico digital dos dados sobre a frequência dos tipos de impactos costeiros, sintetizando e representando espacialmente na forma de mapas a problemática abordada.

Em termos quantitativos e qualitativos gerais, foram analisados e processados mais de 500 dados secundários sobre os fenômenos naturais salientados em cada uma destas etapas, as quais são descritas de forma mais detalhada de acordo com os tópicos a seguir.

3.1 Identificação da FPA

Conforme descrito anteriormente, para a identificação da Frente Polar Atlântica se fez necessária a aquisição de Cartas Sinóticas oriundas do Banco Nacional de Dados Oceanográficos - BNDO. Dentro de um total de 5.100 cartas, tais dados foram fornecidos pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil – DNH, localizada na Rua Barão de Jaceguai - Ponta da Armação, Niterói – RJ (CEP: 24048-900) no formato de imagens digitalizadas.

A partir dessas cartas, a identificação das frentes seguiu a metodologia descrita em Miguens, (1993), a partir da simbologia atribuída a cada tipo de Frente, conforme representadas pela figura 2:

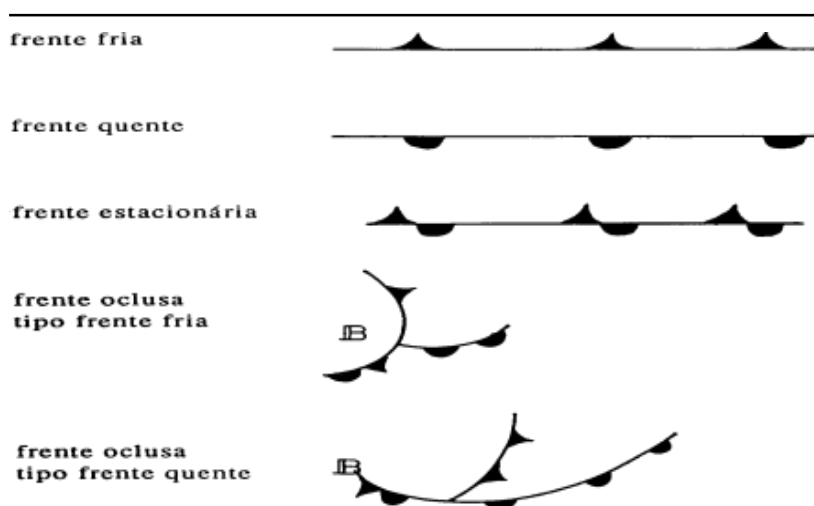


Figura 2: Representação dos diferentes tipos de Frentes nas Cartas Sinóticas. Fonte: Miguens, 1996.

Esta mesma referência metodológica descrita acima serviu como base para filtrar apenas as cartas sinóticas que indicassem a presença de fenômenos frontais, do tipo frente fria, frente oclusa tipo frente fria e frente estacionária sobre a região sudeste do Brasil, em que se insere justamente a área de estudo desta pesquisa (município do Rio de Janeiro), conforme a imagem apresentada na figura 3:

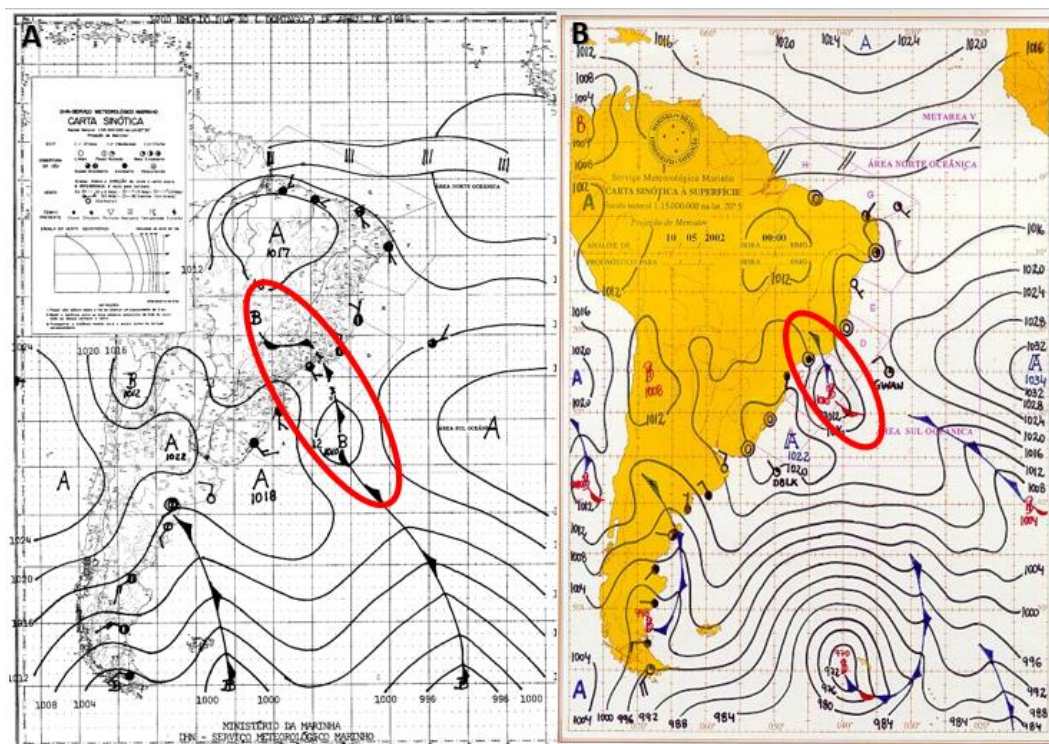


Figura 3: A – Carta sinótica de pressão ao nível do mar às 12:00 HMG – dia 30 de abril de 1989. B – Carta sinótica de pressão ao nível do mar às 12:00 HMG – dia 10 de maio de 2002. Fonte: Marinha do Brasil.

Segundo Mendonça & Oliveira (2007), uma frente oclusa representa um rápido avanço da frente fria sobre a frente quente, a qual gera uma expulsão progressiva do ar quente e o predomínio de chuvas típicas das frentes frias, enquanto que as frentes estacionárias ocorrem quando não há nenhum ou pouco avanço das massas de ar (Oliveira et al., 2001), ou seja, tal sistema frontal ocorre quando as massas de ar de uma frente fria não se movem, baseando-se nos centros de ação das massas de ar concorrentes se estabelecerem bem distantes um do outro ou com baixa diferença barométrica, fazendo com que as nuvens se acumulem ao longo de uma linha de descontinuidade e que a atmosfera seja coberta por uma extensão de cerca de 500km (MENDONÇA & OLIVEIRA, 2007).

Sendo assim, além das frentes frias propriamente ditas, os sistemas frontais da frente oclusa tipo frente fria e a frente estacionária foram selecionados pelo fato de ambas também representarem a frontogênese relativa à frente polar atlântica, apenas de formas diferentes.

É importante salientar que, a rigor, é possível ter o encontro de duas massas de características térmicas e higrométricas distintas formando uma zona frontal, sem que essa zona frontal acarrete somente na produção de tipos de tempo caracterizados pelo frio, ou pela queda abrupta de temperatura, ou seja, ao mesmo

tempo que a frontegênese é capaz de gerar sistemas frontais frios, ela também se aplica às frentes quentes. Porém, esta pesquisa selecionou apenas as frentes frias em função da sua maior frequência quando comparada às frentes quentes, conforme é descrito por Lima (1985), no que se refere às frentes quentes se apresentarem com uma baixa frequência no Brasil, além de se caracterizarem como sendo frequentemente fracas e limitadas em extensão horizontal, especialmente para sistemas ciclônicos maduros e em fase de dissipação (Mass, 1991). Além disto, nota-se que para muitas depressões a frente quente é difícil de ser localizada (Hoskins e Heckley, 1981), considerando a dificuldade de identificar frentes quentes em imagens de satélite, de acordo com Anderson et al. (1973).

Tais cartas sinóticas foram tabuladas anualmente dentro do período de estudo (1988 – 2017), o que possibilitou adquirir tanto a quantidade anual total de frentes polares quanto as suas respectivas datas de ocorrência, as quais foram essenciais para a seleção dos eventos de ressacas oceânicas significativas, descrita a seguir.

3.2

Identificação das ressacas oceânicas significativas

O levantamento de ressacas ocorridas na cidade do Rio de Janeiro para o período de 1988 a 2017 foi realizado a partir dos registros históricos de publicação na mídia – em jornais, redes sociais e endereços eletrônicos temáticos (sites). Nesses mesmos canais informativos, foram utilizadas algumas palavras-chave como: “ressaca”, “orla” e “mar”, o que facilitou a filtragem e a coleta dos eventos costeiros pesquisados.

A utilização destas alternativas é consoante à assertiva de Armond et al. (2012), ao afirmar que, em nível global, os eventos extremos se tornam explícitos nos meios midiáticos como forma de explicação das causas dos impactos que acabam por gerar inúmeros transtornos, sobretudo em áreas densamente urbanizadas, fazendo da imprensa um importante meio de informação sobre a repercussão dos fenômenos climáticos no espaço geográfico. Já no nível geomorfológico, de acordo com Klumb-Oliveira (2015), um evento de ressaca do mar só é noticiado quando algum tipo de impacto fica evidente e se torna de interesse para a sociedade, o que de fato explica a razão da coleta dos episódios de ressacas significativas que demonstrassem algum tipo de dano costeiro ter sido feita por meio de fontes midiáticas, como o exemplo da

figura 4. Tais informações sobre estes eventos foram reunidas junto a diversos tipos de fontes jornalísticas e informacionais:

- O Globo
- Jornal do Brasil
- O Dia
- Revista eletrônica G1
- Revista eletrônica R7
- Página Geocosteira
- Youtube
- Revista Veja
- Facebook.
- Site UOL
- SAPERJ (Sindicato dos Árbitros Profissionais do Estado do Rio de Janeiro)
- Site Agência Brasil



Figura 4: Exemplo das notícias sobre as ressacas oceânicas significativas na orla carioca.
Fonte: Revista eletrônica G1.

É válido lembrar que, tais reportagens foram selecionadas levando em consideração a sua ocorrência em no máximo três dias após a respectiva data da Frente Polar Atlântica.

Da mesma forma como a Frente Polar Atlântica, as ressacas também foram armazenadas em tabelas anuais no programa Excel, favorecendo o alcance da sua frequência (quantidade total) anual mais detalhada com relação às datas de ocorrência do fenômeno climático frontal.

Sendo isto feito, houve a possibilidade de comparar o número de ressacas significativas com a frequência de ocorrência da FPA nas praias cariocas, analisando a correlação (positiva ou negativa) entres estes.

3.2.1

Caracterização e representação das ressacas marítimas

- Altura das ondas e a Escala de Douglas

Com as ressacas já identificadas, foi utilizada a Lei de Douglas para classificar, em termos descritivos, o estado do mar. As classes de análise em função da altura das ondas podem ser visualizadas no quadro 1 abaixo:

Quadro 1: Escala de Douglas - Estado do Mar

Código	Altura (metros)	Descrição	Descrição (Inglês)
0	0	Calmo (sem ondas)	Calm (glassy)
1	0 – 0,1	Encrespado	Calm (rippled)
2	0,1 – 0,5	Suave	Smooth
3	0,5 – 1,25	Fraco	Slight
4	1,25 – 2,5	Moderado	Moderate
5	2,5 – 4,0	Grosso	Rough
6	4,0 – 6,0	Muito Grosso	Very rough
7	6,0 – 9,0	Alto	High
8	9,0 – 14,0	Muito Alto	Very High
9	> 14,0	Fenomenal	Phenomenal

Fonte: https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br.chm/files/u2035/estado_do_mar.pdf

A partir das próprias notícias sobre os eventos de ressacas marítimas significativas, foi possível coletar a altura das ondas de cada episódio de ressaca, sendo que, a fim de sintetizar tais valores numéricos, foi utilizada a fórmula

computacional automática do programa EXCEL “=MÉDIA”. Isto possibilitou a construção de um gráfico de barras das alturas médias anuais das ondas ao longo dos trinta anos de observação.

Finalizando a descrição desta etapa, diante destes valores das médias altimétricas, foi extraído o valor numérico (a média) mais frequente de todo o conjunto, o que possibilitou o alcance da moda aritmética das alturas das ondas para que, assim, houvesse a capacidade de caracterizar de forma geral o estado do mar nos períodos de ocorrência da FPA.

3.3

Identificação de impactos costeiros

Baseando-se nas mesmas notícias coletadas sobre ocorrência das ressacas mais significativas, esta etapa metodológica se baseou na classificação e quantificação (frequência) das consequências das ressacas em estudo, com o auxílio dos mesmos registros na imprensa. Obtendo tais informações, foi possível descrever e classificar os impactos costeiros seguindo a classificação de Souza (2011), a qual além de citar inúmeros tipos de IC's (Impactos Costeiros), este também se baseia no contexto das mudanças ambientais, impactos de elevação do NRM e respostas em ambientes naturais e antrópicos da zona costeira no atual contexto das mudanças climáticas, o que o torna compatível a esta pesquisa. Entre eles, podemos citar os principais:

- Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
- Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens.
- Problemas com as redes de esgoto e de fornecimento de água potável (gravidade e refluxo).
- Alto custo de manutenção, recuperação, mitigação.
- Prejuízos socioeconômico.
- Perda progressiva de terrenos naturais.
- Inundações periódica de terrenos da orla.
- Mortandades de espécies vegetais e animais.
- Salinização dos terrenos e do lençol freático.
- Perda da qualidade de vida.
- Modificações paulatinas nos processos biogeoquímicos.

- Comprometimento da beleza cênica.
- Problemas com atividades portuárias / retroportuárias (estruturas de dragagens), industriais (ex. petróleo e gás), turística e de serviço comercial.
- Perda de potencial turísticos.
- Problemas com aplicação da legislação ambiental vigente
- Comprometimento dos recursos pesqueiros
- Comprometimento dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Da mesma forma dos demais fenômenos, tais dados sobre os impactos costeiros também foram processados no programa Excel de acordo com as respectivas praias de ocorrência, a fim de representá-los graficamente, como mostra o quadro 2:

Quadro 2: Exemplo do armazenamento do histórico dos impactos costeiros do município do Rio de Janeiro, 2016.

Datas	Praias	Tipos de IC's
27/04/2016	Leblon, Arpoador, Copacabana	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
11/06/2016	Copacabana	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
13/06/2016	Copacabana	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
30/07/2016	Copacabana	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódicas de terrenos da orla.
03/08/2016	Copacabana, Marina da Glória	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
11/08/2016	Barra da Tijuca, São Conrado	*Perda da qualidade de vida.
13/08/2016	Copacabana	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.

31/10/2016	Leblon, São Conrado e Barra da Tijuca	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódicas de terrenos da orla. *Prejuízos socioeconômicos
------------	---------------------------------------	---

Fonte: elaborado pelo autor.

Quanto à frequência numérica destes danos costeiros no recorte temporal aqui estabelecido (30 anos), foram, junto aos episódios de Frente Polar Atlântica, computados no intuito de que pudesse ser estabelecida uma relação numérica estatística a partir do montante de ocorrência destes eventos. A partir disto, houve a possibilidade de quantificar percentualmente quais foram os tipos de impactos costeiros que se apresentaram em maior e menor quantidade, e as respectivas praias mais e menos prejudicadas.

É válido destacar que em função de um episódio de ressaca significar ter a capacidade de gerar inúmeros danos costeiros adversos, esta etapa metodológica se utilizou de uma representação quinquenal dos IC's, a fim de representar sua frequência sobre os compartimentos litorâneos de forma mais sintetizada.

3.4

Coeficiente de correlação e frequência relativa percentual – análise conjunta dos eventos de FPA's, ressacas significativas e IC's (município do Rio de Janeiro, 1988 – 2017)

Considerando que esta pesquisa executou a análise da constância dos objetos de estudo em destaque (FPA, ressacas significativas) de forma conjunta, a metodologia utilizada foi o Coeficiente de Correlação, mais especificamente a Correlação de Spearman. Entre toda uma variedade de correlações estatísticas, o Coeficiente de Correlação de Spearman avalia grau de relação quantitativa entre duas variáveis monótonas (causal ou não causal), ou seja, em que as variáveis oscilam não necessariamente em uma mesma quantidade, mas sim de forma simultânea, oscilando na mesma direção.

Tal escolha baseia-se na perspectiva de Bauner (2007), que descreve o Coeficiente de correlação de Spearman como sendo uma estatística baseada em postos, introduzida por Spearman em 1904, exigindo apenas que as variáveis X e Y sejam medidas pelo menos em escala ordinal. No caso de variáveis quantitativas, a correlação entre X e Y pode ser calculada da mesma forma que o coeficiente de

Pearson, mas substituindo os valores das variáveis pelos seus postos, não necessitando de suposições quanto à distribuição conjunta das variáveis (BAUNER, 2007).

Tendo seus valores variando entre -1 e +1, a interpretação da taxa obtida foi realizada da seguinte forma (Silvia et al., 2006):

- 0.9 a 1,00 positivo ou negativo indica uma correlação muito forte.
- 0.70 a 0.89 positivo ou negativo indica uma correlação forte.
- 0.40 a 0.69 positivo ou negativo indica uma correlação moderada.
- 0.20 a 0.39 positivo ou negativo indica uma correlação fraca.
- 0,00 a 0.19 positivo ou negativo indica uma correlação bem fraca.

Para obter tal valor final, foi necessário executar cálculo da correlação de Spearman a partir da fórmula abaixo de forma automática, através do endereço eletrônico (site) da Social Science Statistics.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n}$$

Figura 5: Equação do Coeficiente de Correlação de Spearman. Fonte: Silvia et al., 2006.

Onde:

- r_s = Coeficiente de correlação.
- D = Diferença entre posições de valores correspondentes de X e Y (variáveis).
- N = Número de pares dos valores dados.
- \sum = Soma de todos os pares dos valores dados.

Independentemente dos valores obtidos por meio da equação acima, a correlação entre as variáveis quantitativas foi representada a partir do gráfico de dispersão. Tal representação visual da distribuição contínua do número de eventos de FPA's e ressacas significativas baseou-se nos mesmos gráficos dispersivos semelhantes a Correlação de Pearson (linear), porém, dentro do cálculo matemático da correlação de grau (posto) proveniente do coeficiente de Spearman, conforme os gráficos representados na figura 6:



Figura 6: Diagrama de dispersão e as formas de relação entre as variáveis - positiva, negativa ou nula. Fonte: Rodrigues, 2011.

Além do cálculo detalhado, também foi realizada a apuração da frequência percentual relativa a fim de quantificar a futura tendência das ocorrências das ressacas significativas (que geraram impactos) em comparação ao número de episódios da Frente Polar Atlântica, conforme a equação abaixo:

$$(f) = \frac{F}{n}, \text{ onde:}$$

- (f) = Frequência relativa.
- F = Frequência absoluta.
- n = Número de dados.

Esta etapa metodológica foi utilizada seguindo as afirmativas de Armond et al. (2011), no que se refere ao chamado princípio da verificabilidade, para constatar se tais fenômenos ocorreram ou não no mundo real, a partir de técnicas matemáticas dentro de uma abordagem sistêmica, uma caracterização que lhe conferia a denominação de “Geografia Teorético-Quantitativa”, de forma a destacar a Geografia como um todo na tentativa de lançar as bases para uma reflexão que buscasse conjugar tanto a sociedade quanto a natureza numa análise mais integrada, buscando apreender a complexidade do real. É válido frisar que o emprego destas técnicas não é exclusivo da corrente citada anteriormente, podendo ser usado pelos mais variados paradigmas como instrumentos a serviço do entendimento da realidade.

Sendo assim, a aplicação dos métodos estatísticos descritos anteriormente se fundamenta na correlação entre a Climatologia e a Geomorfologia Costeira dentro do pensamento geográfico teorético-quantitativo, tornando a utilização de métodos de estudos matemáticos-estatísticos adequada, não só ao alcance do objetivo geral

proposto aqui, mas, principalmente, pela tentativa de conjugar ambas as áreas físicas da Geografia a uma análise mais integrada à sociedade.

Tendo isto finalizado, chega-se à quinta e última etapa metodológica, no que se refere à representação gráfica da frequência dos episódios de impactos costeiros por compartimentos litorâneos nas últimas três décadas (1988 – 2017).

3.5

Mapeamento da frequência dos impactos costeiros (FIC's) no município do Rio de Janeiro (1988 – 2017)

A partir da extração do número total de ocorrência de episódios de impactos costeiros na orla carioca nos últimos 30 anos, os valores absolutos foram posteriormente processados no software ArcGis 10.3. A fim de representá-los visualmente sobre as praias do município do Rio de Janeiro, foi adquirida uma imagem de satélite referente ao recorte espacial dos compartimentos costeiros cariocas por meio do software Google Earth Pro, utilizando a ferramenta do Georreferenciamento. Este procedimento teve o propósito de elaborar um mapeamento sobre a distribuição espacial da frequência dos impactos costeiros sobre as praias da área de estudo entre 1988 – 2017.

Para a realização do mapeamento da frequência dos impactos costeiros sobre a orla carioca foi utilizado o programa Excel, que possui disponível a ferramenta "Formatação condicional", permitindo de forma automática a atribuição de cores às respectivas quantidades de impactos costeiros em cada praia. Tal escala de cores foi selecionada a partir da opção "Tricolor", o que gerou uma variação de cores em degradê com uma sequência de tonalidades contínuas. Neste caso, as tonalidades foram verde, verde claro, amarelo, laranja e vermelho, classificadas dentro de diferentes níveis (intensidade) de impactos costeiros, conforme mostra a figura 7:



Figura 7: Classificação da Frequência dos Impactos Costeiros ao longo dos Compartimentos Costeiros do município do Rio de Janeiro. Fonte: elaborado pelo autor.

Diante desta matiz de cores, quanto mais próximo da coloração verde menor a quantidade de impactos, enquanto mais próximo da cor vermelha maior o número de IC's.

Esta representação cartográfica servirá de auxílio à análise geográfica deste fenômeno, favorecendo não só a visualização, mas também demonstrando a distribuição espaço-temporal quantitativa da vulnerabilidade socioambiental das praias cariocas ao longo do período estudado, possibilitando que o usuário final possa visualizar tais frequências (quantidade) de impactos costeiros em suas respectivas praias de ocorrência de forma objetiva.

4

Área de estudo

4.1

Compartimentos costeiros do município do Rio de Janeiro

Segundo Rodrigues & Windevoxhel (1998), o conceito de zona costeira se define como sendo o espaço delimitado pela interface entre o oceano e a terra, ou seja, a faixa terrestre que recebe influência marítima e a faixa marítima que recebe influência terrestre. Complementando esta definição, a zona costeira brasileira corresponde ao espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis e não renováveis, abrangendo uma faixa marítima e uma faixa terrestre (Lei nº 7.661/1988) e integra o patrimônio nacional, de acordo com a Constituição Federal de 1988.

A partir destas definições, é possível relacioná-las à área de estudo desta pesquisa, referente aos compartimentos litorâneos do município do Rio de Janeiro. Localizado no quadrante -23° 06' 00" Sul - 43° 47' 12.48" Oeste/ -22° 52' 00" Sul - 43° 09' 00" Oeste, o recorte espacial deste projeto conta com uma área total de 1.204 km², e possui uma linha de costa com extensão de 155,5 km, divididos em 74 km sobre a Baía de Guanabara, 38,5 km sobre o Oceano Atlântico e 43 km sobre a Baía de Sepetiba, conforme a figura 8. Dessa linha de costa, há 78,4 km de praias arenosas, as quais também são denominadas de Zonas Costeiras (Ministério do Meio Ambiente, 2008).

Compartimentos costeiros do município do Rio de Janeiro

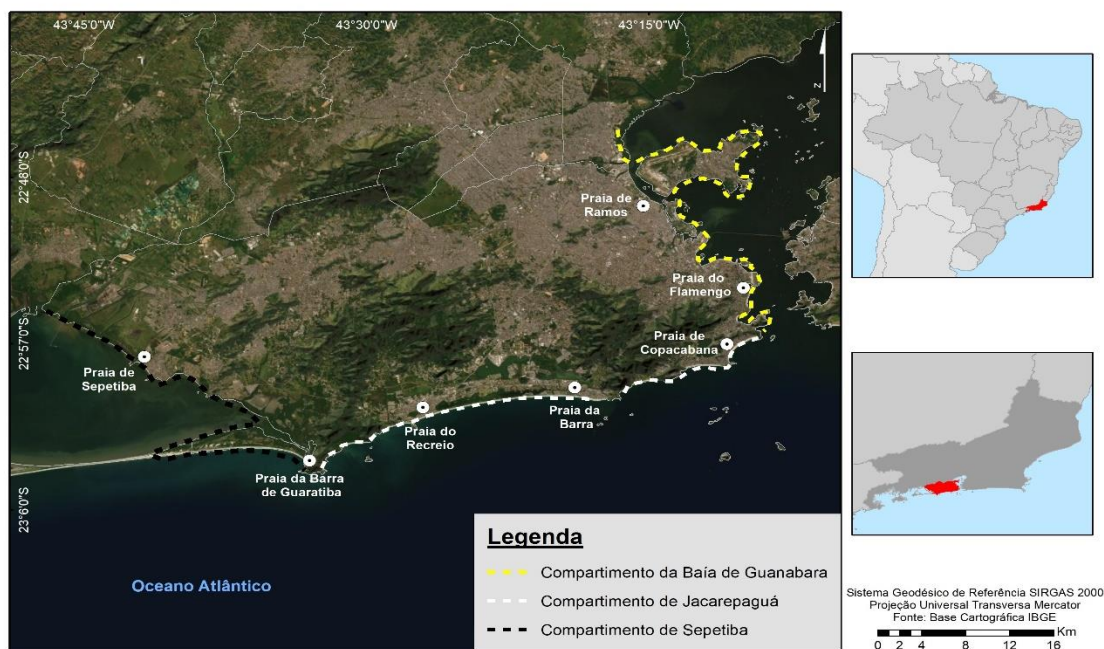


Figura 8: Área de estudo - município do Rio de Janeiro. Fonte: elaborado pelo autor.

Considerando a morfologia do litoral e as áreas de influência costeira das principais bacias hidrográficas, pode-se dividir o litoral deste município em três compartimentos correspondendo, em grande parte, aos limites costeiros das unidades hidrográficas adotadas pela antiga Superintendência Estadual de Rios e Lagos. Estes três compartimentos litorâneos são: compartimento Baía de Guanabara, o compartimento de Jacarepaguá e, por último o compartimento da Baía de Sepetiba (Muehe; Valentini, 1998).

4.1.1

Compartimento costeiro da Baía de Guanabara

No que se refere à caracterização destes compartimentos costeiros, respectivamente, a Baía de Guanabara possui medidas aproximadas de 30 km na orientação norte a sul e 28 km de leste a oeste em seus pontos de maior extensão, com uma conexão com o mar de 1,6 km entre o Forte São João na margem ocidental e a Fortaleza de Santa Cruz à leste. Possuindo um volume de água médio de $1,87 \times 10^9$ m³ (Kjerfve, 1997) e profundidades que variam desde alguns metros em suas margens até mais de 40 m no canal principal (Figueiredo, 2014), o litoral da Baía possui um perímetro aproximado de 131 km de extensão e consiste em 53 praias (Sampaio, 2003; Kjerfve, 1997).



Figura 9: Praia do Flamengo no Compartimento costeiro da Baía de Guanabara – Município do Rio de Janeiro. Fonte: Luiz Cláudio Amaral / Globoesporte.com, 2012.

Segundo Sampaio (2003), seus perfis de temperatura ($24,2 \pm 2.6^{\circ}\text{C}$) e salinidade mostram as condições da água sendo bem misturadas na área da entrada da baía, e se estendendo de 15 a 20 km para o interior. Além disso, as velocidades de correntes de maré variam de 0,2 a 0,5 m/s perto da entrada da baía, até menos de 0,1 m/s em áreas rasas internas.

Ocupando uma área de 4.080 km² (Kjerfve, 1997), este primeiro compartimento é composto por 15 municípios que são abrangidos totalmente ou parcialmente pelos limites da bacia, sendo eles: Belford Roxo, Cachoeiras de Macacu, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Magé, Mesquita, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Rio Bonito, Rio de Janeiro, São Gonçalo, São João de Meriti e Tanguá (Pacífico, 2011), o que torna a Baía de Guanabara um ambiente profundamente modificado pela urbanização e sucessivos aterros desde o século XIX.

No caso do recorte espacial desta pesquisa, as praias da cidade do Rio de Janeiro situadas ao longo da Baía de Guanabara (Zona Sul e Centro), são:

- Flamengo
- Botafogo
- Urca
- Praia de Fora

- Praia de Dentro
- Praia da Bica
- Praia da Freguesia
- Praia da Bandeira
- Engenhoca (Ilha do Governador)
- Tamoios
- Moreninha
- Praia da Guarda (Ilha de Paquetá)

Em seu recente estudo, Silva (2016) ainda descreve a morfodinâmica destas praias frente às ondas de tempestades de forma a evidenciar diferentes graus de preservação destas. As praias de Dentro, Urca, Botafogo e as das ilhas do Governador e Paquetá apresentaram uma baixa dinâmica, com variações topográficas discretas.

No entanto, nota-se que algumas praias se destacam por apresentar mudanças significativas na largura e na morfologia, como é o caso das praias Vermelha e de Fora, ambas localizadas na entrada oeste da baía; e mesmo variações expressivas, como observado na Praia do Flamengo (figura 10), que merece destaque por ser a mais dinâmica entre as praias abrigadas na borda oeste da Baía de Guanabara na cidade do Rio de Janeiro e apresenta um histórico de problemas relacionados à ocorrência de ressacas, quando grandes ondas de tempestades causam danos às construções na orla, bem como as demais praias da baía de Guanabara (Silva, 2016).



Figura 10: Surfistas aproveitam ondas de 2 metros na praia do Flamengo. Fonte: Jornal O Globo, 2019.

De acordo com Silva (2016), associando estes aspectos físicos à temática e ao recorte espacial deste projeto (município do Rio de Janeiro), no interior da baía os efeitos de ondas de tempestade sobre estas doze praias se fazem sentir esporadicamente na enseada do Flamengo e Botafogo, além da Ilha do Governador, onde a orla voltada para Leste está sujeita à ação de ondas geradas localmente pelo vento Nordeste associado a um empilhamento de água que pode inundar a berma da praia.

Em geral, seu interior é protegido da ação de ondas de tempestade vindas de Sudoeste e, diferentemente desta sua parte interna, em outras zonas costeiras do município a ação de ondas de tempestades se mostra mais intensa devido à maior exposição das praias oceânicas. Nesta faixa litorânea mais exposta, onde o estoque de sedimentos (areia) é suficientemente grande, a tempestade é dissipada através da energia consumida no transporte sólido, resultando num perfil de praia redesenhado em função dos níveis de energia vigentes (Pacífico, 2011), conforme é possível ser visto na zona costeira de Jacarepaguá.

4.1.2 Compartimento costeiro de Jacarepaguá

Segundo Bulhões (2006), esta área compreende as sete principais praias oceânicas da cidade entre as zonas sul e oeste, destacando o arco praial Leblon – Arpoador, conforme a figura 11:

- Leme
- Copacabana
- Ipanema
- Leblon
- São Conrado
- Barra da Tijuca
- Recreio dos Bandeirantes
- Praia do Vidigal
- Praia da Reserva
- Praia da Joatinga



Figura 11: Arco praial Leblon, Ipanema e Arpoador no Compartimento costeiro de Jacarepaguá – Município do Rio de Janeiro. Fonte: https://www.reddit.com/r/brasil/comments/8kxx3x/praias_do_leblon_praia_de_ipanema_e_pedra_do/

Compreendendo aproximadamente um total de 27 km de faixa de areia, trata-se de praias oceânicas expostas a regimes de micromaré (amplitude em sizígia menor que 2 m) segundo classificação de Davies (1964) e expostas às ondulações de tempestades provenientes do quadrante SW–SE e ondas de tempo bom provenientes do quadrante NE–SE (Bulhões, 2003).

Seguindo uma caracterização bastante detalhada, Bulhões (2006) descreve esta zona costeira a partir de quatro segmentos litorâneos. O primeiro deles, está baseado a oeste da Baía de Guanabara, representado pelo arco praial Leme-Copacabana, que possui uma extensão aproximada de 4,2 km (1,2 km Leme e 3,0 km Copacabana), delimitado em sua extremidade nordeste pelo costão Ponta do Leme e na extremidade sudeste pela Ponta de Copacabana.

O arco praial seguinte, Ipanema-Leblon, de extensão aproximada de 4 km (2,6 km Ipanema e 1,4 km Leblon), é delimitado, em sua porção leste, pela ponta do Arpoador, onde se inicia a praia homônima. Em seguida, segue-se a praia de Ipanema que é delimitada a oeste pelo canal de maré do Jardim de Alah, que faz a ligação entre a laguna Rodrigo de Freitas e o oceano Atlântico. Segue-se então a praia do Leblon até as proximidades da Ponta Dois Irmãos, onde existe uma outra embocadura de maré (Bulhões, 2006).

Seguindo esta caracterização, o terceiro arco praial desta zona costeira está baseado no segmento litorâneo de São Conrado, que é delimitado em sua extremidade leste pela Ponta Dois Irmãos, um longo costão rochoso, de extensão longitudinal aproximada de 2,6 km em cuja encosta passa a Avenida Niemeyer. O arco praial subsequente tem extensão aproximada de 2,5 km e é delimitado em sua porção oeste por outro costão rochoso, também de expressiva extensão, denominado de Ponta da Gávea, onde a proeminência mais ao mar é a Ponta do Marisco.

Finalizando esta classificação feita por Bulhões (2006), há o arco praial da Barra da Tijuca, que se caracteriza por ser o mais extenso arco praial da cidade do Rio de Janeiro. Iniciado na praia da Barra da Tijuca, estende-se até o Recreio dos Bandeirantes, com extensão aproximada de 18 km, delimitado em sua porção leste pelo Canal da Joatinga. Uma feição interessante é que o arco praial se inicia, neste ponto, a partir do canal de maré que interliga as lagunas costeiras da baixada de Jacarepaguá ao mar. Em conjunto a este sistema lagunar, desenvolveu-se uma extensa planície costeira inteiramente dentro da cidade, e é clara a formação de lagunas intracordões, como a de Marapendi. Também é válido destacar que os cordões litorâneos deste arco praial seguem a tendência da fisiografia do litoral centro-norte fluminense, na qual as características estão relacionadas a um ambiente de micromaré e alta energia de ondas, conforme é detalhado por Sousa (2011). A conjunção desses fatores propicia a formação de extensos cordões arenosos que tendem a isolar totalmente as lagunas costeiras (Dias; Silva, 1984).

No que se refere à interação do fenômeno atmosférico-oceânico em estudo, Lins-de-Barros & Parente Ribeiro (2016), através da aplicação do modelo de Brunn (1962 apud Bird, 1993) e do inventário de atividades econômicas diretamente relacionadas à orla, apontam para as perdas econômicas diretas para o arco praial Ipanema/Arpoador – Leblon quando associadas à subida do nível do mar e intensificadas através de fenômenos de ressaca, como mostrado na figura 12.



Figura 12: Ressacas marítimas atingindo a orla da praia do Leblon. Fonte: Jornal O Globo, 2019.

Uma outra exemplificação das consequências destas ressacas é representada por Sousa & Castro (2011), em um trabalho realizado no arco praial da Barra da Tijuca. Eles apontam em seus resultados que, no Rio de Janeiro, o processo de erosão costeira está relacionado à interferência entre ondas de tempestade – sobretudo as originadas no quadrante sudoeste – e a ocupação inadequada da faixa do pós-praia (backshore) e da face praia (onshore).

De acordo com Pena (2013), a justificativa para a ocorrência destes eventos no arco praial em destaque (Leme - Guaratiba) se deve ao fato de esta porção corresponder a ambientes frontais dos sistemas costeiros além de representar locais extremamente dinâmicos, expostos a constantes modificações. Estão ainda inseridas nos cordões arenosos e possuem formas geralmente arqueadas e côncavas em direção ao continente (Suguio, 2003).

Estas características morfodinâmicas corroboram a afirmativa de Dieter Muehe e Paulo Rosman (2011), que salientam:

Em suma, para os diversos cenários de elevação do nível do mar as praias oceânicas urbanas, devido à sua “fixação” com muros, ficam impedidas de se ajustar por meio de retrogradação e tenderão a perder areia, efeito acelerado pelo refluxo das ondas nos obstáculos impermeáveis representados pelos mesmos muros. (p.78)

Desta forma, cenários extremos representados por uma sobrelevação de maré meteorológica, adicionada à ocorrência de maré astronômica de sizígia somada a

eventos extremos de ondas geradas pelos ventos como os descritos por Muehe e Neves (2008), podem acentuar ainda mais os processos de erosão da costa, destacando os impactos costeiros atuantes principalmente neste compartimento em específico.

4.1.3 Compartimento costeiro da Baía de Sepetiba

Referente a cidade do Rio de Janeiro, a porção leste deste compartimento é representada pelas seguintes praias:

- Praia do Cardo
- Recôncavo
- Dona Luiza
- Capela
- Ponta Grossa
- Venda Grande
- Brisa / Aterro
- Sepetiba
- Praia da Pedra
- Praia do Coqueirinho
- Barra de Guaratiba

Inicialmente, Muehe (1996) caracteriza a Baía de Sepetiba a partir de sua morfologia elipsoidal com 40 Km de comprimento e 16 Km de largura, se localizando à retaguarda da restinga da Marambaia, compreendendo uma área de 300 km². Em geral, a baía é de águas pouco profundas, apresentando cerca de metade de sua área com profundidades inferiores a 6 m. As menores profundidades e baixas declividades se encontram no setor leste, a exemplo da praia do Recôncavo, conforme a figura 13. Na porção central, uma depressão alongada atinge profundidades de até 8 m. O contato com o oceano se faz, principalmente, pelo setor oeste, através de dois canais, com profundidades máximas variando entre 31 e 24m (Muehe, 1996).



Figura 13: Praia do Recôncavo no Compartimento costeiro da Baía de Sepetiba – Município do Rio de Janeiro. Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Praia_do_Rec%C3%B4ncavo.jpg

A sua distribuição eólica foi analisada por Borges (1990), utilizando dados da estação meteorológica de Angra dos Reis para o período de 1931 a 1960. O resultado mostra o predomínio do vento sul, que ocorre em todos os meses do ano, porém com maior frequência de ocorrência nos meses de verão, apresentando velocidades variando entre 6,8 e 8,2 km/h que incidem sobre a superfície marítima do corpo hídrico em questão.

Entretanto, mesmo diante dessas características do regime eólico, com influência sobre o regime de ondas, segundo Moura et al. (1982), esta laguna costeira (Baía de Sepetiba) está isolada da alta energia do Atlântico pela Restinga de Marambaia, mostrada na figura 14. Sampaio (2002) salienta que a sua existência está condicionada justamente a este extenso cordão arenoso, representado pela Restinga da Marambaia, sendo esta feição, na verdade, uma barreira que, alinhada no eixo leste-oeste, isola parcialmente as águas da Baía da ação das vagas oceânicas, criando o que se convencionou chamar de ambiente lagunar semiconfinado.



Figura 14: Foto aérea da Restinga de Marambaia. Fonte: <https://www.flickr.com/photos/valerapena/2557608494/>

Isto faz com que, nas adjacências deste local, devido à baixa energia reinante e às oscilações das marés, se instale uma ampla área intermarés, onde se desenvolve um ecossistema costeiro de manguezais (Silva et al., 2000).

5 Fundamentação teórica

5.1 Frente Polar Atlântica (FPA) e o município do Rio de Janeiro

No que se refere ao recorte espacial deste projeto, o clima específico da cidade do Rio de Janeiro (RJ) corresponde ao Clima Tropical Úmido/Atlântico. De acordo com as médias (temperatura e umidade relativa) e valores acumulados (radiação solar e precipitação) dos dados históricos do Instituto Nacional de Meteorologia, o clima tropical úmido se caracteriza como exposto no quadro 3:

Quadro 3: Indicadores climáticos anuais da cidade do Rio de Janeiro de 1931 a 1990

TEMPERATURA MÉDIA	UMIDADE RELATIVA	RADIAÇÃO SOLAR	PLUVIOSIDADE ACUMULADA
23,8°C – Anual	79,1% - Anual	2181,8h - Anual	1069,4mm - Anual

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

Os verões são marcados por dias quentes e úmidos, eventualmente suplantando a barreira dos 40°C em pontos isolados, enquanto os invernos apresentam-se amenos e com regime de chuvas mais restrito, com mínimas raramente inferiores a 10°C. De modo geral, o ano pode ser dividido em duas estações: uma quente e relativamente chuvosa, e outra de temperaturas amenas; desta forma, primavera e outono agregam-se às características das demais, tratando-se mais de intervalos de transição do que estações propriamente definidas (Climatempo, 2017).

Esta classificação climática do recorte espacial em foco está baseada na dinâmica atmosférica decorrente da interação tanto dos fatores quanto dos elementos climáticos no município do Rio de Janeiro, dentro de uma periodização de no mínimo 30 anos. Para compreender e classificá-la, se faz necessária a pesquisa pela identificação e caracterização dos sistemas atmosféricos presentes e atuantes ao longo das estações do ano sobre o território carioca.

A definição de sistema meteorológico se aplica aos componentes da atmosfera que proporcionam uma dinâmica que interage com todos os elementos que a compõem. Além dos fatores climáticos, eles são responsáveis pela consolidação do tempo e dos climas (Freitas, 2018).

A exemplificação de um destes sistemas que possui grande impacto termopluviométrico no recorte espacial desta dissertação é o sistema das Frentes Atmosféricas, que se caracterizam por representarem o encontro de duas massas de ar de características diferentes, onde é gerada uma zona ou superfície de descontinuidade (térmica, anemométrica, barométrica, higrométrica etc.) no interior da atmosfera, sendo genericamente denominada de frente, a qual possui a frontogênese como sendo o seu processo de origem e frontólise a sua dissipação. (Monteiro, 1988).

No caso desta pesquisa, o sistema frontal em destaque está baseado na Frente Polar Atlântica (FPA), que, dentro da abordagem de Monteiro (1988), ocorre a partir do ar frio mais denso e mais pesado que empurra o ar quente para cima e para frente, fazendo-o se retirar da área tanto por elevação quanto por advecção. Esta dinâmica atmosférica caracteriza-se como uma Frente Fria (na qual o ar frio avança sobre a região do ar quente tropical), tendo sua passagem sobre uma determinada região acompanhada por instabilidade atmosférica, alternância de tipos de tempo e, genericamente, ocorrência de precipitações (Monteiro, 1988; Mendonça; Danni-Oliveira 2007) como indicado na figura 15.

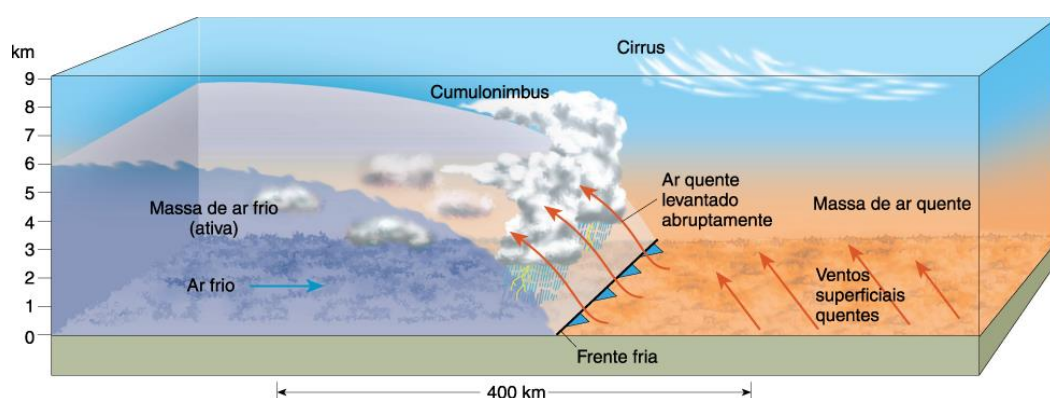


Figura 15: Esquema demonstrativo da formação de uma frente fria. Fonte: Christopherson, 2012.

Ambos os tipos de ar (frio e quente) são representados, na prática, respectivamente, pela massa de ar Polar Atlântica (mPa - fria e úmida) e a massa Tropical Atlântica (mTa - quente e úmida), sendo que, segundo Mendonça (2007),

o “encontro atmosférico” entre ambas as massas geradoras da Frente Polar Atlântica se justifica a partir da presença do peso que o ar exerce sobre uma superfície resultante da força transmitida pelas moléculas de ar, ou seja, a pressão atmosférica. Este elemento climático explica a movimentação da mPa e da mTa a partir de uma atração atmosférica entre as áreas de alta e baixa pressão, conforme é descrito por Miegues (1996):

Quando uma região na superfície terrestre é aquecida sob a influência dos raios solares, a irradiação do calor provoca o aquecimento do ar que, em consequência, se torna menos denso, mais leve e sobe para as camadas superiores. Isto é, na região considerada forma-se uma zona de baixa pressão atmosférica na superfície (...). Por outro lado, uma região fria na superfície resfria o ar adjacente, tornando-o mais denso e resultando em uma área de alta pressão, sendo que este ar tende a fluir para as zonas baixa pressão.

Assim como a penetração de uma frente fria na porção central do Brasil e outra no litoral NE, também se observa movimentação de uma frente quente sobre o SE, conforme a figura 16 registra.

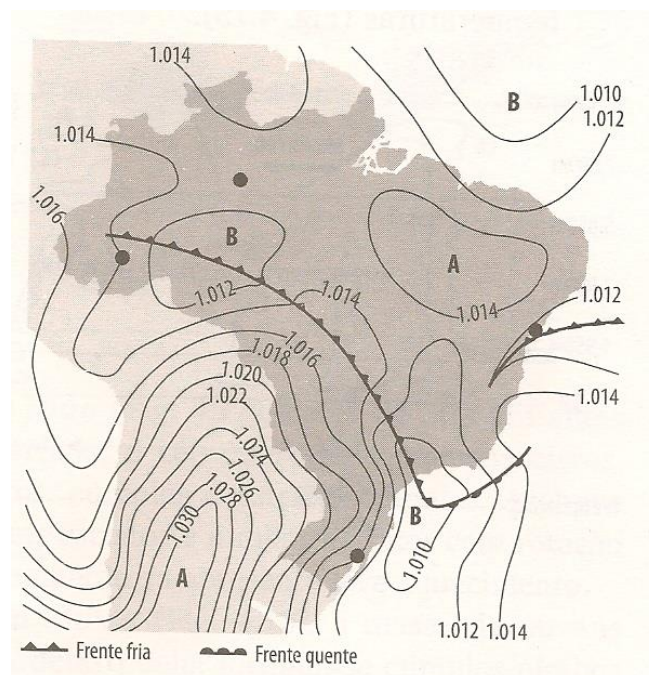


Figura 16: Exemplo da interação de campos de alta (A) e baixa (B) pressões atmosféricas sobre o continente. Fonte: Carta sinótica do Brasil de 23/04/71 em Mendonça & Danni-Oliveira, 2007.

A repartição desigual da energia solar sobre as áreas onde se formam células de alta pressão e baixa pressão atua como causa da movimentação das massas de ar

componentes da frente fria em estudo, as quais seguem esta progressão anticiclônica polar sobre a porção sul da América do Sul, que realiza sua ciclogênese dentro do direcionamento Sudoeste - Nordeste no continente (DHN, 1994). Neste caso, ela se desloca e gera depressões atmosféricas em direção ao oceano, orientando sua atividade ciclogênética na costa sul e sudeste do Brasil (situada entre 20°S e 35°S) atuando com maior proximidade no litoral fluminense.

Esta trajetória representa, na prática, a Lei de Buys-Ballot (1817-1890) ou a conhecida Lei Básica dos Ventos, que estabelece uma relação entre a distribuição do vento e a interação entre diferentes campos de pressão atmosférica. Entretanto, esta especificação quanto as áreas de altas e baixas pressões atmosféricas se fazem necessárias, não somente devido à explicação da trajetória das massas de ar componentes da FPA, mas também à influência destas na formação e intensidade dos ventos atmosféricos e suas respectivas consequências espaciais.

5.1.1

Pressão e vento atmosférico

Segundo Mendonça (2007), Mendonça & Danni-Oliveira (2007), Cavalcanti et al. (2009) e Christopherson (2012), os ventos são gerados justamente a partir da diferença de gradiente de pressão entre ambas as áreas de superfície contíguas, de forma que, quanto maior o gradiente, mais veloz será o vento.

Acrescentado a esta primeira perspectiva, Miguens (1996) define vento como sendo o movimento horizontal do ar, resultante de diferenças na pressão atmosférica entre áreas adjacentes; sendo que a sua velocidade irá depender do gradiente barométrico que é a diferença de pressão, em milibares (unidade de medida), medida perpendicularmente às isóbaras (linhas que unem locais com a mesma pressão). Quanto mais próximas estiverem as isóbaras, maior o gradiente barométrico e maior a força do vento.

Esta dinâmica atmosférica entre ambas as colunas de ar implica as direções em que estas áreas barométricas se movimentam. Miguens (1996), inicia esta descrição a partir da Lei de Coriolis, ou, também, a conhecida rotação terrestre, que impede o vento de soprar diretamente, em linha reta, dos centros de alta para os centros de baixa pressão, fazendo com que o vento siga uma trajetória curva, de modo que as áreas de alta pressão realizam um movimento em sentido anti-horário

(anticiclônico) enquanto que as áreas de baixa, no sentido horário (ciclônico), conforme a imagem da figura 17 abaixo:

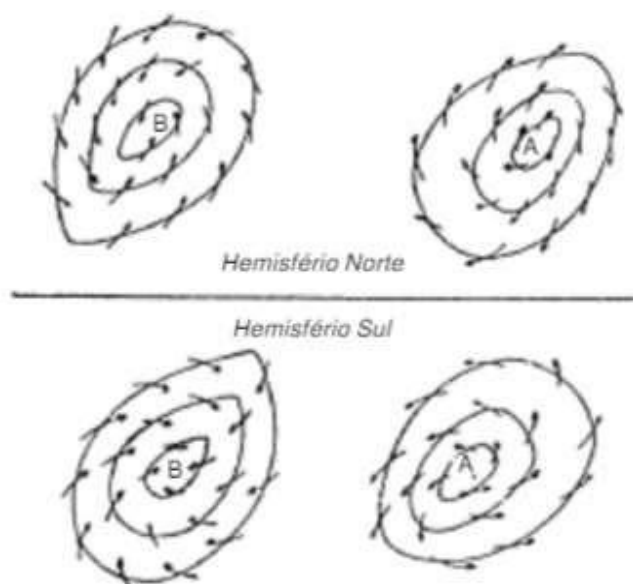


Figura 17: Representação gráfica dos Ciclones e Anticiclones com as Isóbaras e Ventos correspondentes – Lei de Buys-Ballot (1817 – 1890). Fonte: Diretório de Hidrografia e Navegação, 2003.

Esta mesma lei atua não só como causa da trajetória da Frente Polar Atlântica descrita anteriormente, mas segundo Schaffer et al. (1997) também age de forma indireta sob o nível do mar devido ao vento local, que se dá através do mecanismo de transporte de Ekman, podendo modificar significativamente a maré prevista para o local. Esta ação barométrica (pressão atmosférica) gera disposições antagônicas sobre o oceano, podendo assim intensificar o fluxo e aumentar a superfície de atuação do vento ao longo da costa (Nunes, 2007). Diante deste raciocínio, este mesmo vento quando atuante em superfícies líquidas gera as ondas, as quais, quando associadas ao aumento do nível do mar, promovem o empilhamento das águas junto à costa, conhecido como marés meteorológicas.

Talvez pela relação direta entre esta capacidade e o tamanho das ondas que atingem a costa, as marés meteorológicas são mais comumente relacionadas aos fenômenos meteorológicos geradores de grandes ondas do que aos mecanismos delas próprias, que lhe conferem esta capacidade (Nunes, 2007). Isto torna explícita a relação entre a frontólise barométrica da Frente Polar Atlântica e a geração do elemento atmosférico vento, o qual, dependendo da sua intensidade sob superfícies oceânicas se mostra de extrema importância a esta pesquisa, principalmente no que

concerne à formação do segundo objeto de estudo desta dissertação, referente aos fenômenos marítimos das ressacas.

5.2

Marés meteorológicas, marés astronômicas e ressacas costeiras

A influência da pressão atmosférica sobre o nível do mar pode ser considerada sobre dois aspectos: o primeiro, indireto, através da ação do vento gerado a partir da existência dos gradientes atmosféricos de pressão; e o segundo, direto, pelo efeito físico do peso da coluna de ar atmosférico sobre a coluna d'água (Nunes, 2007). Esta pesquisa tratou apenas o primeiro aspecto, referindo-se à influência da intensidade das rajadas de vento em superfície oceânica.

Seguindo essa perspectiva, esta ação local do vento sobre o nível do mar é descrita por Pugh (2004, p.130) como sendo uma expressão que comporta toda a generalidade que implique em variações do nível dos mares devido às interações destes com a atmosfera, sendo equivalente ao termo *surge*. Complementando este raciocínio, Nunes (2007) aplica o papel do vento na variação do nível do mar fundamentado na transferência de energia e momento das massas de ar em movimento para as massas líquidas sobre as quais sopra. Este processo se encontra na origem da formação das ondas geradas pelo vento e das correntes oceânicas, fenômenos potencialmente geradores de marés meteorológicas. O vento que sopra sobre a superfície da água cria ondas por transferência de energia do movimento do ar (energia cinética) para a água (Garrison, 2016).

Nunes, define este fenômeno da seguinte forma:

Marés meteorológicas são fenômenos naturais originados da interação entre o oceano e a atmosfera da Terra, como uma das respostas oceânicas às condições atmosféricas e aos fenômenos meteorológicos em curso [sendo esta relação válida para as grandes massas líquidas do planeta].

Estão associadas, principalmente, à influência da pressão atmosférica sobre as massas de água [conhecido como efeito de barômetro invertido, segundo o Princípio de Torricelli] e ao efeito da tensão do vento sobre suas superfícies [associado ao Transporte de Ekman e à geração de ondas]. (2007, p.30)

O movimento das marés meteorológicas é continuamente modificado positiva ou negativamente pelos efeitos atmosféricos gerados pela atuação do campo de vento na superfície oceânica (Parise, 2007); sendo que as positivas podem ter seu

regime de ventos intensificados pela presença de um ciclone extratropical sobre o oceano e um anticiclone sobre o continente (sistema de alta pressão), formando um corredor de ventos paralelo à região costeira (Krueger, 2011).

Dependendo da quantidade de energia eólica transferida para o mar, pode ocorrer a geração de ondas capazes de persistir por vários dias e percorrer longas distâncias. Com a propagação contínua e gradual, esta sequência de ondulações é denominada “trens de ondas”, sendo capaz de atingir regiões costeiras com expressiva energia e altura significativa (H_s), causando a elevação do mar ao longo da costa, gerando as chamadas ressacas marítimas ou ondas de tempestade, com impactos significativos sobre a faixa dinâmica da praia, conforme pode ser observado na figura 18 a seguir.

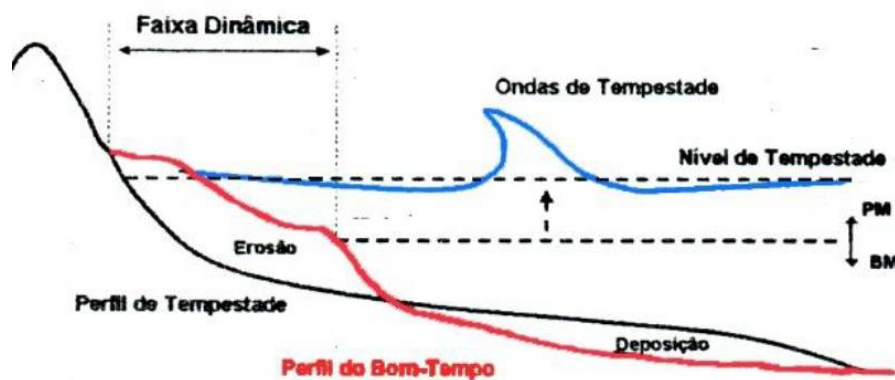


Figura 18: Perfil de ondas de tempestade. Fonte: Lins-de-Barros, 2010.

De acordo com Neves & Muehe (2008), em situações de eventos extremos, as ondas e marulhos podem atingir alturas da ordem de 15 metros em mar aberto e períodos de 17 segundos. Contudo, por conta da batimetria da região, as ondas sofrem alterações em suas características e alcançam no mínimo entre 2 e 3 metros na costa (Zee, 2012).

Segundo Melo Filho (2017), estes eventos costeiros também são conhecidos como *Wave Set-up*, e representam grandes ondulações a partir de uma sobre-elevação do nível médio da altura do mar, causado exclusivamente pela arrebentação das ondas em uma praia, podendo ser classificada como um componente das marés meteorológicas.

Além deste processo, o nível do mar também é capaz de oscilar não somente a partir de uma influência atmosférica, mas também pela influência astronômica,

gerando as marés de sizígia e marés de quadratura. De acordo com Trucollo (1998), estas marés são o resultado da conjunção ou oposição de forças associadas à atração gravitacional da Lua e do Sol que exercem influência sobre as partículas de água nas bacias oceânicas.

A maré de sizígia ocorre em períodos em que a Terra, a Lua e o Sol encontram-se alinhados, e a força gravitacional da Lua e do Sol somadas resultam em maiores amplitudes de maré, ou seja, ocorrem picos mais elevados de preamar e mais baixos de baixa-mar. Já as marés de quadratura, ao contrário das de sizígia, possuem as menores amplitudes quando o sistema Terra-Lua-Sol encontra-se em oposição. Ambas ocorrem alternadamente a cada sete dias, podendo ser verificadas de acordo com a fase da lua: lua cheia e nova - sizígia; crescente e minguante – quadratura (Krueger, 2011), como mostra a figura 19.

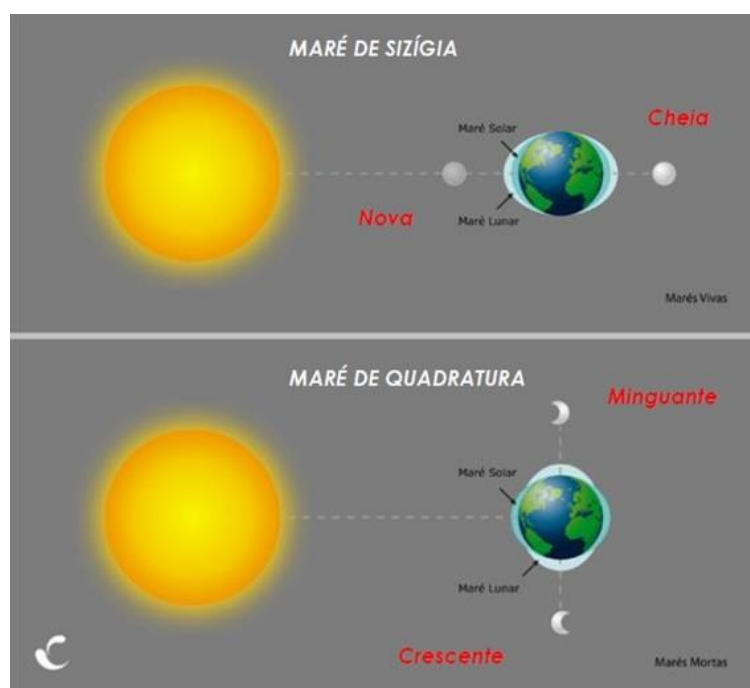


Figura 19: Marés de sizígia (ou vivas), acima, e de quadratura (ou mortas). Fonte: Instituto Hidrográfico da Marinha de Portugal.

Wood (1978) descreve que as inundações ocasionadas pelas ressacas podem ser ainda mais severas quando o aumento do nível do mar, devido às condições meteorológicas, coincide com o pico de maré de sizígia e/ou com o aumento em que a Lua está em seu perigeu (momento em que se encontra mais próxima da Terra devido à sua órbita elipsoide). Neste período, sua atração gravitacional aumenta, acarretando amplitudes da maré ainda maiores.

A presença conjunta de ambas as marés descritas anteriormente gera valores espúrios àquelas variações esperadas em torno do nível médio do mar, compondo, com os componentes astronômicos e meteorológicos da maré, a chamada maré total (Nunes, 2007). Dependendo do local de ocorrência e do nível de energia desta Maré Total, o “empilhamento” de ondas na costa faz com que o nível do mar fique momentaneamente mais elevado do que o normal. Nesta situação, as ondas conseguem alcançar porções mais elevadas da praia, o que em situações normais de maré não ocorreria (Centro de Estudos do Mar - UFPR, 2005).

As ressacas litorâneas fazem das zonas costeiras espaços vulneráveis aos efeitos adversos desses eventos, gerando risco ao recorte espacial em questão. Este trabalho considerou justamente as chamadas ressacas significativas, as quais representam todo e qualquer evento extremo oceanográfico incidente na orla do Rio de Janeiro e que tenham oferecido risco e/ou acidentes para a cidade (Zee, 2012).

5.3

Morfologia costeira, risco e vulnerabilidade

Tratando-se da área de estudo em questão, a zona costeira carioca como um todo tem, no sistema praial, sua maior expressão. Estes espaços naturais se caracterizam como sendo ambientes de deposição de material sedimentar predominantemente arenoso, desagregado e permeável, que se encontra permanentemente sob ação dos agentes marinhos, continentais e atmosféricos, apresentando como característica fundamental o fato de ser a área de dissipação de energia das ondas (Barros, 2005).

Quanto ao aspecto morfodinâmico, a praia se estende da porção subaérea para a zona submersa, constituindo em conjunto um prisma sedimentar que se eleva em direção à costa e onde os sedimentos são mobilizados principalmente pelas ondas, se deslocando em uma constante busca de equilíbrio (Projeto Orla, 2004). As praias estão permanentemente se adaptando às mudanças oceanográficas, meteorológicas e a qualquer mudança no balanço sedimentar, buscando manter um equilíbrio dinâmico. Uma praia está sempre recebendo e perdendo sedimentos por diversos processos (Barros, 2005).

No que se refere à subdivisão morfológica das praias, um perfil transversal delas apresenta um limite interno (no sentido do continente) caracterizado pela linha

de vegetação permanente ou qualquer alteração fisiográfica brusca (falésia, duna ou estruturas de engenharia) e um limite externo (no sentido do oceano), que pode ser definido pelo nível base da ação de ondas, ou profundidade de fechamento do perfil – essa é a área mais externa da zona de arrebentação (Pena, 2017). Toda esta faixa representa o perfil dinâmico da praia.

Segundo Komar (1998), Dias (2007) e Oliveira (2012), os diferentes setores que caracterizam e que tem influência direta no comportamento morfodinâmico das praias definem seus compartimentos fisiográficos principais, a saber:

- Alta e média praia (*backshore*).
- Face de praia (*shoreface*), que é a zona inclinada do perfil de praia entre a crista da berma (na ausência desta é o limite superior do espraçamento das ondas na preamar) e a marca da baixa-mar, que está normalmente exposta à rebentação das ondas.
- Linha de costa (*shoreline*), que é móvel de acordo com as marés e com a variação do nível médio do mar.
- Berma (*berm*), caracterizada como a zona quase horizontal da praia e que é formada pelas ondas através da deposição de sedimento.
- Escarpa de erosão, que é quase vertical e causada pela erosão das ondas.
- Terraço de maré (*low tide terrace*), que é a zona pouco inclinada do perfil de praia, abaixo da face de praia. Pode estar permanentemente submerso, ou parcialmente emerso na maré baixa.
- Lobos de praia (*beach cusps*), que são formas ondulantes, compostas por cristas e cavas com espaçamento regular (as cristas possuem geralmente sedimentos mais grosseiros e mais permeáveis do que as cavas).
- Barras submersas (*longshore bar*), que são cristas de areia submersa com orientação paralela à linha de costa.
- Cava (*longshore trough*), que é uma depressão alongada paralela à linha de costa.

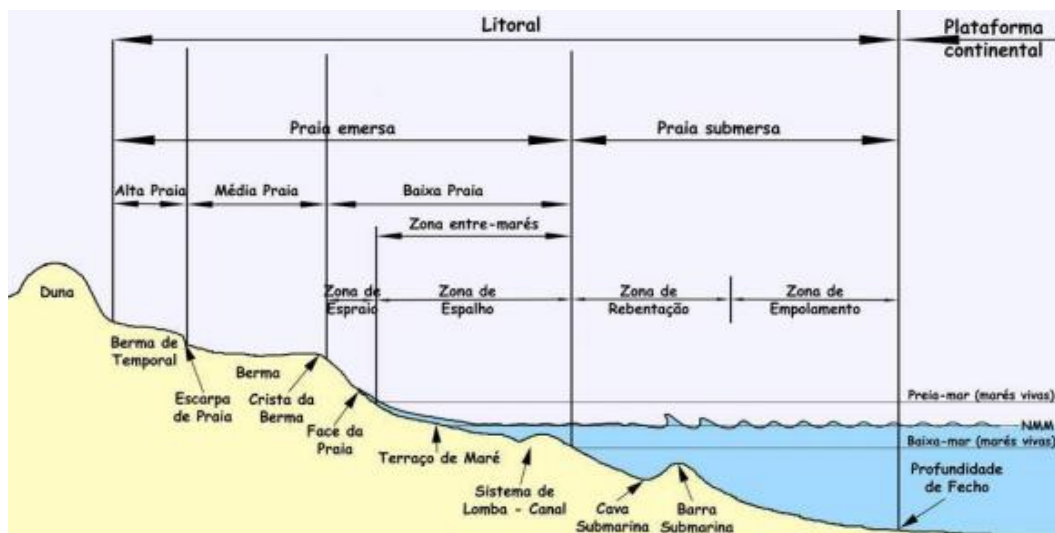


Figura 20: Zonas e elementos morfológicos de uma praia. Fonte: Dias, 2007 - retirado de <http://www.aprh.pt/rgci/glossario/praias.html>.

Associando estas zonas identificadas na figura 20 ao contexto deste projeto, as zonas de arrebatção se destacam por conta da sua proximidade das praias, onde, segundo Madruga Filho (2004), as ondas não encontram profundidades de águas suficientes para o seu avanço e sofrem arrebatção, fenômeno que é acompanhado pela liberação de muita energia, o que permite o transporte de água e sedimentos junto à praia (figura 21).



Figura 21: Hidrodinâmica praial. Fonte: Faller, 2005.

Nos períodos de maré alta somadas às ondas de tempestades, estas grandes ondulações são capazes de intensificar estes processos através das ressacas. Este fenômeno somado à alta taxa de urbanização costeira pode trazer possíveis consequências socioambientais adversas e risco às populações que habitam à beira-mar.

Na literatura, o conceito de risco possui toda uma designação polissêmica, referente às suas diversas áreas de aplicabilidade, conforme é exemplificado pela opinião de Cunha:

No entanto, talvez porque no plano acadêmico os estudos sobre riscos são relativamente recentes, e também porque, devido ao carácter interdisciplinar de que se revestem, os conceitos chegam até nós através de investigadores com diferentes formações científicas, apesar das muitas discussões e tentativas de clarificação do conceito, quer no plano teórico, quer no plano operativo (ex: Julião et al., 2009), o conceito de risco ainda é portador de alguma polissemia que, não raras vezes, se presta mesmo a alguma confusão. (2013, p.155)

Por mais que haja uma certa dificuldade científica quanto à definição precisa deste conceito em abordagem, nesta pesquisa, seu significado se vincula à probabilidade de determinado perigo gerar danos à sociedade, sejam estes materiais sejam para a saúde e/ou vida humana (Giddens, 1991; Lins-de-Barros, 2005; Bulhões, 2005).

Na geomorfologia costeira, o estudo de risco é geralmente associado ao perigo do mar, das ondas ou das correntes e engloba questões como a subida do nível do mar, erosão costeira, tempestades, inundações e afogamentos (Lins-de-Barros, 2006; Bulhões, 2006). Esta afirmativa acaba sendo complementada por Cunha (2013) e Walsh (2004), os quais, respectivamente, tratam deste conceito baseando-se nos locais em que há mais probabilidade de os eventos perigosos provocarem danos, somada à expectativa de perda de infraestruturas ou vidas dentro de um período específico de tempo.

Estas definições tornam perceptível a utilização do risco associada às chances de ocorrência de um determinado evento gerar danos espaciais, referindo-se tanto ao modelamento do litoral em função da ação das ondas, correntes e marés em ambientes litorâneos, quanto ao ser humano, no que diz respeito à exposição da sociedade a um determinado perigo. Tais definições vão de acordo com o trabalho de Barros (2012), que trata do risco perante uma combinação entre o grau de vulnerabilidade física, que revela a fragilidade, resistência e suscetibilidade de determinado ambiente, aos perigos e a distribuição espacial humana, fazendo com que ao conceito de risco seja incluído o conceito de vulnerabilidade, assim como é descrito por Cunha & Leal:

(...) o estudo do risco inclui seguramente a análise dos processos eventualmente perigosos (perigosidade ou hazard), decomposta na sua probabilidade temporal (probabilidade s. s., ou eventualidade) e espacial (susceptibilidade) de ocorrência, combinada com o nível das consequências previsíveis sobre a sociedade, o ambiente e o território, ou seja, com a vulnerabilidade (...). (2012, p.1-2)

Dentro de sua definição literária, vulnerabilidade diz respeito ao ponto pelo qual alguém ou algo pode ser atingido. Entretanto, o estudo da vulnerabilidade, depende do tipo de risco considerado, uma vez que diferentes processos perigosos afetam diferentes elementos, de diferentes modos, provocando, também, diferentes reações na busca de lhes resistir ou deles recuperar (Cunha, 2013).

A magnitude destes mesmos impactos, segundo Aquino et al, (2017), dita os níveis de interações ao qual um sistema está exposto a determinado evento, além de demonstrar a sensibilidade do sistema e sua capacidade de adaptação a qualquer tipo de alteração, que ditam a vulnerabilidade ambiental deste sistema.

Porém, mesmo diante desta concepção, é importante salientar o fato de que a perspectiva da vulnerabilidade costeira não deve ser apenas em termos da exposição a eventos, mas, também, como estes afetam as pessoas e estruturas, ou seja, a vulnerabilidade deve ser entendida tanto ambientalmente quanto socialmente. Uma exemplificação desta perspectiva se baseia na multidimensionalidade acerca deste conceito, buscando conjugar a avaliação de vulnerabilidade ambiental a fatores sociais e econômicos, adicionando a esta palavra um caráter socioambiental (Aquino et al., 2017).

Este conceito deve ter uma perspectiva integrada dos eventos físicos e das características da sociedade relacionadas à sua capacidade em lidar com o risco, (Dolan; Walker, 2004), sempre correlacionando a um cenário futuro, isto é, representando uma análise dos efeitos em termos de perdas ou adaptações naturais (morfodinâmica, ecológica), econômicas (prejuízos) e sociais na costa em função das mudanças climáticas globais e da subida do nível do mar (Barros, 2005).

É possível perceber a relação prática do conceito de vulnerabilidade costeira quanto às consequências espaciais, tanto físicas (praias) quanto sociais (sociedade), de modo a fazer com que seja entendido como uma variável socioambiental, a qual se baseia tanto na perspectiva das chances de ocorrência de um impacto ambiental em um determinado espaço geográfico, como também nas respostas da sociedade ali localizada a esses danos (IPP, 2012), o que torna ambos os conceitos aplicáveis a esta pesquisa, trazendo maior significância epistemológica.

De modo geral, a vulnerabilidade das zonas costeiras frente ao risco de serem atingidas pelos fenômenos oceânicos de origem atmosférica (ressacas litorâneas) consegue tornar explícita a dinâmica física destes espaços, referente às suas constantes modificações morfológicas. Sua flexibilidade e fragilidade diante da possibilidade de serem impactadas, atribui a produção de novas realidades espaciais socioambientais negativas para sociedade, fazendo com que seja necessária a implantação de um sistema de monitoramento prático nestes espaços, baseado em um planejamento de gestão integrada destas zonas costeiras, conforme será visto a seguir.

5.4

Transformação paisagística: evolução do uso e cobertura do solo do município do Rio de Janeiro (1988 - 2017)

Desde o período da colonização portuguesa, cada contexto histórico que se perpetuava sobre o município do Rio de Janeiro retratava uma série de mudanças quanto aos seus aspectos naturais, fazendo com que o uso e a cobertura do solo carioca apresentassem, em cada um desses períodos, características específicas. Sobre este fato não se exclui a orla costeira da cidade, que sofreu uma série de mudanças paisagísticas frente à constante atuação antrópica decorrente do fenômeno da urbanização ao longo dos anos.

Antes mesmo de analisar a evolução do uso e da cobertura do solo no recorte espacial em destaque, é válido compreender a definição do conceito de paisagem frente às suas graduais alterações visuais. Mesmo que seja característico deste conceito ter um aspecto polissêmico a partir de toda uma diversidade de significados agregados a ele, segundo Troll (1971), paisagem geográfica corresponde a entidade visual e espacial total do espaço vivido pela humanidade, ou seja, a visão geográfica da paisagem enfatiza a análise do todo, dentro de uma dimensão basicamente espacial.

De acordo a esta anterior descrição, também se pode entender a paisagem como sendo um território produzido e praticado pelas sociedades humanas, por motivos econômicos, políticos e culturais. Para Besse, (2014), esta paisagem produzida pode ser entendida como sendo um espaço organizado através das ações coletivas das sociedades com suas respectivas culturas, se diferenciando da primeira problemática ao afirmar que a paisagem não é apenas uma representação mental,

mas, sim, um espaço na superfície terrestre da Terra, comum a um grupo humano. A paisagem geográfica é vista de modo dinâmico, sempre se apresenta em constante mudança, o que implica em questionar quais as causas desta transformação no que se refere às suas características sociais e naturais, a partir da forma como o ser humano se instalou ou ainda se instala em um determinado espaço, e como as consequências desta ação antrópica se apresentam visualmente dentro do ponto de vista da paisagem como um todo, ou seja, de forma unificada.

Ao longo do tempo, modificações foram se tornando usuais na paisagem litorânea carioca. Segundo Andreatta et al., (2009), seria impossível pensar as relações entre cidade, praia e sociedade no Rio de Janeiro sem levar em consideração dois aspectos. O primeiro deles consiste no processo de formação das praias do Rio – nas mudanças físicas – e o segundo, nas modificações urbanísticas ocorridas durante a transformação da cidade portuária em cidade balneária. As características geográficas dessa cidade e sua evolução ao longo de mais de 440 anos, desde a sua fundação, acabaram por transformar as praias contíguas ao centro histórico em porto comercial moderno e porto de passageiros. Neste processo, as praias mais ao sul e as atlânticas acabaram destinadas ao lazer da população, fato que faz do Rio uma “cidade resort” e importante polo turístico do Brasil (Andreatta et al., 2009).

Vieira (2019) considera os séculos XIX e XX o início das modificações quando a orla adquire uma centralidade no âmbito urbano, num contexto em que os banhos de mar se popularizam e a imagem da praia enquanto local de residência e lazer foi progressivamente sendo valorizada. Especificamente em meados do século XIX, por exemplo, bairros atualmente reconhecidos pela sua atividade praieira como Copacabana, Leme, Ipanema e Leblon não existiam formalmente ou eram escassamente povoados e detinham pouca infraestrutura urbana. Foi justamente a partir das décadas finais do século XIX que se iniciou o desenvolvimento dessa cultura e se consolidou uma urbanização e turismo direcionados pela proximidade com o mar. A seguinte frase de Macedo (2004) enfatiza este contexto: “O mar como valor cênico e paisagístico e a praia como espaço para o lazer são incorporados nessa época ao repertório urbano brasileiro”.

A Baía de Guanabara começa a atrair todo um conjunto populacional em direção a suas praias, pelo fato destas se localizarem mais próximas ao centro. Deste período podemos mencionar a Praia do Russel, na Glória, a Praia da Ajuda, na atual

Cinelândia, e a Praia do Peixe, próxima da Praça XV, – muitas deixaram de existir, em função dos sucessivos aterros efetuados na cidade (Vieira, 2019).

Uma outra exemplificação desta inicial transformação praiana foi a praia de Botafogo, que foi sendo ocupada lentamente a partir de 1820. Este princípio da cultura praieira carioca no século XIX pode ser observado abaixo no quadro 4, que apresenta as obras, leis e planos de modificação de parte da orla do Rio de Janeiro.

Quadro 4: Obras, leis e planos de modificação de parte da orla do Rio de Janeiro – Século XIX.

Ano ou Período	Obras, leis e planos
1891	Criação da "Empresa de Construções Civas", responsável pelo loteamento do bairro de Copacabana
1892	Construção do Túnel Velho, ligando os bairros de Botafogo e Copacabana
1894	Fundação do bairro de Ipanema, decretando a abertura de 19 ruas (dentre elas, a avenida Vieira Souto, atual beira-mar) e 2 praças
1895	Abertura da Rua Francisco Otaviano, conectando, pela primeira vez, os bairros de Copacabana e Ipanema
1898	Decreto declara isenção do pagamento de imposto para quem construísse no bairro de Ipanema.

Fonte: Vieira, 2019.

Já no século XX, há uma expressiva valorização das praias do Rio, em meio a obras de valorização econômica e estética. Vieira (2019) novamente explica que este respectivo enaltecimento praiano se iniciou quando o adensamento da população e de edificações em bairros como Copacabana, Leme e Ipanema ainda era baixo e médio, até a década de 1920, quando a concentração demográfica e a verticalização destes espaços começam a se expandir.

Neste contexto também se aplica a sequência de urbanização dos bairros da Glória, Flamengo e Botafogo e suas respectivas praias, incluídos o ajardinamento das ruas da borda litoral (Andreatta et al., 2009). Além destas, no contexto pós-Segunda Guerra, o *boom* imobiliário se destaca em meio à orla da cidade, situação que gerou as operações de aterro da costa e a construção de túneis, representando as medidas adotadas para vencer a topografia, tornando-se instrumentos básicos de criação da cidade (SMU - RJ, 2009).

Estas transformações das praias do Rio de Janeiro ao longo do século XX, somada a outras transformações urbanas, são apresentadas no quadro 5:

Quadro 5: Obras, leis e planos de modificação de parte da orla do Rio de Janeiro – Século XX.

Década de 1910	Construção da Avenida Beira-Mar, que percorre a linha litoral do centro até Botafogo e, em certa medida, facilita o deslocamento a bairros como Leme e Copacabana.
1902	Inauguração da iluminação elétrica em Ipanema
1903	Decreto n. 391 que trata da regulação dos prédios
1904	Início das obras do Túnel Novo, ligando as avenidas Lauro Sodré (Botafogo) e Princesa Isabel (Copacabana)
1905	Início das obras da Avenida Atlântica, que percorrerá a linha litoral dos bairros de Copacabana e Leme
1905-1927	A Companhia Construtora de Ipanema assume a urbanização do bairro, atuando na localidade até 1927.

Fonte: Vieira et al., 2019.

Conforme Andreatta et al. (2009), essas intervenções proporcionaram à cidade uma nova fachada marítima, onde o paisagismo começa a assumir um papel importante, de forma a demonstrar que tais mudanças sobre visualização do espaço litorâneo carioca estão de acordo com as históricas relações entre a sociedade e a natureza, as quais, segundo Abreu (1992), variam ao longo do tempo em conformidade com o significado e os valores que uma sociedade atribui justamente aos elementos da natureza, acompanhando o processo histórico de seu desenvolvimento econômico e social (figuras 22 e 23).

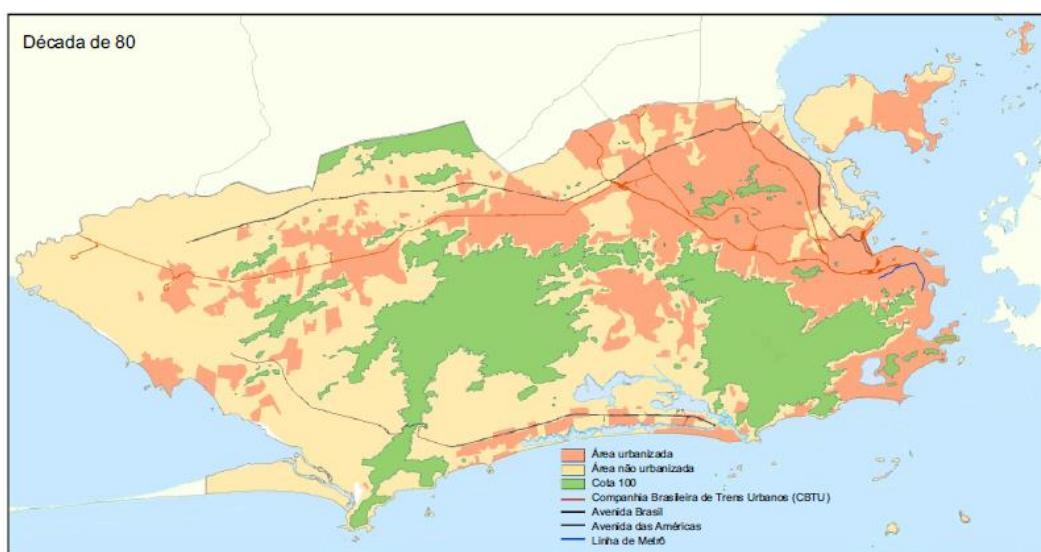


Figura 22: Evolução urbana no Rio de Janeiro, 1980. Fonte: IBGE, 2018

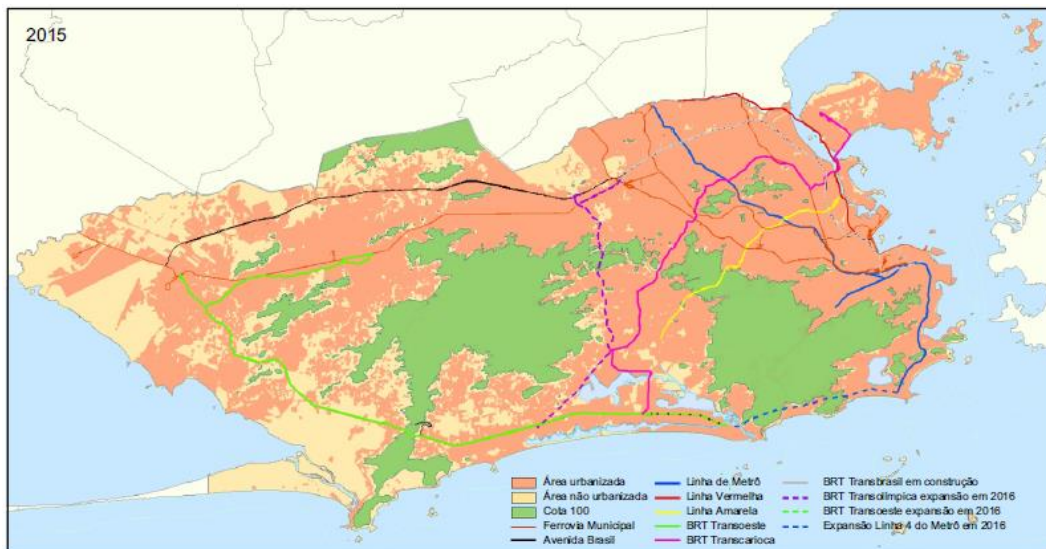


Figura 23: Evolução urbana no Rio de Janeiro, 2015. Fonte: IBGE, 2018.

Em 1988, a Constituição Federal e as leis municipais e estaduais de preservação e proteção ambiental proibiram a transformação da morfologia costeira da cidade. A partir desse momento, a pressão cidadã parece ter garantido legalmente, em tese, a imutabilidade e a manutenção da condição física das praias do Rio de Janeiro e de sua cultura social e urbana (SMU - RJ, 2009). Entretanto, a urbanização costeira já consolidada sobre o solo litorâneo do município do Rio de Janeiro passou a ser atingida frequentemente por ressacas, as quais vêm se perpetuando ao longo dos anos e parecem ter se acentuado no atual contexto das mudanças climáticas, o que também desencadeia transformações na paisagem da orla carioca, contudo no formato de impactos costeiros muitas vezes com danos à infraestrutura urbana.

A fragilidade das praias diante da possibilidade de serem impactadas por estes eventos de alta energia admite a produção de novas realidades espaciais socioambientais negativas, fazendo com que seja necessária a implantação de um sistema de monitoramento destes espaços que sirva de suporte a um planejamento de gestão integrada das zonas costeiras, conforme será detalhado a seguir.

5.5 Impacto costeiro e seu gerenciamento

Segundo os dados do Instituto Pereira Passos (IPP, 2012), dos 1.204 km² do recorte espacial desta pesquisa, 595 km² representam a totalidade de espaços

urbanizados do município do Rio de Janeiro, que, independente do quantitativo populacional específico de cada bairro, tem uma concentração populacional de 5.556 habitantes por quilômetro quadrado. Trazendo esta alta densidade demográfica em conjunto da sua superfície urbanizada às zonas costeiras cariocas aqui estudadas, estes espaços, quando relacionados à interação atmosfera-oceano, demonstram ser passíveis de ressacas, sendo estas capazes de gerar impactos costeiros em meio à população que habita a beira-mar, como se pode observar na figura 24.



Figura 24: Ressaca significativa sobre a Praia da Macumba – RJ. Fonte: Jornal O Globo, 2017.

Considerando todo o histórico de ocupação da orla carioca, o conceito de impacto costeiro neste estudo segue uma perspectiva socioambiental dentro de uma ideologia integralista entre a natureza e a sociedade, que Vasconcelos (2008) define como sendo a reação, na sociedade ou no meio ambiente, a uma ação humana.

Estas repercussões socioambientais negativas dos eventos de ressacas marítimas provenientes da relação atmosfera-oceano seguem a lógica proposta por Silveira (2014):

A relação entre a climatologia e a geomorfologia costeira de uma cidade, se associam ao nível de desenvolvimento da sociedade, seguindo a lógica de que quanto menor o nível de organização e de planejamento do espaço maior será a repercussão desses fenômenos, ou seja, maior será o grau de vulnerabilidade da população exposta àquela ameaça.

Associando estas afirmativas à área de estudo desta pesquisa (orla carioca), se torna impreterível a existência de um tipo de gerenciamento ativo desses espaços costeiros ocupados pela sociedade urbana, afim de prevenir e coordenar medidas de mitigação de possíveis impactos ambientais e sociais na zona costeira carioca, justamente por meio da GIZC (Gestão Integrada das Zonas Costeiras). A GIZC tem quatro principais objetivos segundo NRC (1993), Chua (1993) e Turner & Arger (1996): (a) restaurar e manter a integridade ecológica dos ecossistemas costeiros; (b) reduzir os conflitos de uso dos recursos naturais; (c) manter a saúde do meio ambiente; (d) facilitar o progresso do desenvolvimento multissetorial, respeitando os valores humanos e os recursos naturais.

O gerenciamento costeiro pode ser definido como “um processo contínuo de diagnose e planejamento do uso sustentável dos recursos costeiros, sob uma perspectiva integrada dos diversos processos e dos diversos atores que atuam na zona costeira” (FEEMA, 2005, p.1). De acordo com Klein et al. (1998), para promover uma Gestão Integrada das Zonas Costeiras mais efetiva, é necessário compreender como a ZC (Zona Costeira) reage quando submetida a uma ampla gama de pressões socioeconômicas e ambientais, as quais interagem em escalas de tempo de curto e longo períodos.

Nesse contexto, as avaliações de risco são consideradas importantes instrumentos de suporte à GIZC, podendo ser usadas para estimar os impactos potenciais advindos das atividades antrópicas e das pressões naturais na zona costeira (NRC, 1993; Turner; Adger, 1995).

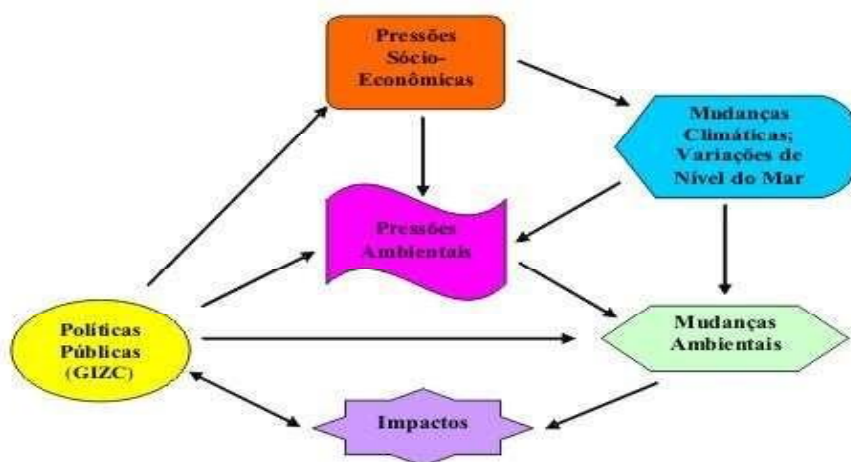


Figura 25: Modelo de GIZC. Fonte: Souza & Suguio, 2003, modificado de Turner et al., 1998.

No Brasil, as pressões socioeconômicas na zona costeira vêm desencadeando, ao longo do tempo, um processo acelerado de urbanização que não levou em conta a dinâmica costeira no desenvolvimento do planejamento urbano, gerando degradação dos recursos naturais, os quais são uma ameaça à sustentabilidade econômica e à qualidade ambiental e de vida das populações humanas (Souza, 2003; Souza, 2004).

Segundo Filet et al. (2001) as principais fontes de pressões antrópicas na zona costeira brasileira são: (a) invasões de áreas públicas, áreas de preservação permanente e áreas sujeitas a riscos geológicos, por migrantes de todas as regiões do país; (b) déficit crescente na infraestrutura, principalmente de saneamento básico e habitação; (c) desemprego e subemprego causados pela instabilidade econômica nacional e mundial e pela sazonalidade característica do turismo de veraneio; (d) informalidade, ignorância, ilegalidade e/ou conflitos de entendimento no que se refere ao cumprimento da legislação ambiental vigente, principalmente as normas de proteção da Mata Atlântica, as que estabelecem as Áreas de Preservação Permanente e as que regulamentam a investimentos estrangeiros no setor imobiliário da zona costeira, visando às atividades de turismo e lazer (Filet et al., 2001).

Este contexto torna necessária uma articulação intergovernamental com a sociedade, cabendo aos municípios elaborar, implementar, executar e acompanhar um Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro (PMGC), observadas as diretrizes do PNGC (Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro) e do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro (PEGC). Levando em consideração as normas e os padrões federais e estaduais, estes se baseiam em estruturar o sistema municipal de informações do Gerenciamento Costeiro; executar os programas de monitoramento; promover o fortalecimento das entidades diretamente envolvidas no gerenciamento costeiro, mediante apoio técnico, financeiro e metodológico; e promover a estruturação de colegiado municipal (Moraes, 1999; MMA, 2005, p.6).

Contudo, segundo Frolich (2016), alguns estados no Brasil já possuem leis de gerenciamento costeiro e seus respectivos PEGCs, mas a falta de recursos humanos e financeiros tem comprometido as atividades neles definidas, assim como a precária situação no âmbito municipal, já que poucos gestores municipais estão realmente engajados nos processos de melhoria da gestão costeira, muitas vezes por

falta de conhecimento sobre a natureza das oportunidades e potencialidades dessa política pública (MMA, 2014). Os PMGCs (Planos Municipais de Gerenciamento Costeiro) são praticamente inexistentes no Brasil, sendo o Projeto Orla a política com maior grau de implementação na esfera municipal (Frolich, 2016).

Neste contexto, esta pesquisa, ao pretender apontar o provável comportamento da tendência futura dos impactos costeiros associada à representação cartográfica da sua frequência, respectivamente, possibilita que as informações geradas possam ser usadas como subsídios à Gestão Integrada das Zonas Costeiras (GIZC) em nível local (cidade do Rio de Janeiro), contribuindo com informações importantes a respeito da dinâmica natural desse ambiente.

Resultados

6.1

Frequência histórica da Frente Polar Atlântica no município do Rio de Janeiro (1988 – 2017)

A partir dos dados secundários cedidos pelo Banco Nacional de Dados Oceanográficos da Marinha do Brasil (BNDO), foi possível analisar e selecionar todos os sistemas frontais atuantes no quadrante: -23° 06' 00" Sul - 43° 47' 12.48" Oeste/ -22° 52' 00" Sul - 43° 09' 00" Oeste, onde se localiza a cidade do Rio de Janeiro.

No total, mais de 400 cartas sinóticas foram analisadas, representando a atuação de uma série de frentes frias sobre o recorte espacial em estudo entre os anos de 1988 – 2017. O gráfico a seguir (figura 26) apresenta o histórico de ocorrência destes fenômenos atmosféricos para intervalos anuais, sendo válido citar que essa periodicidade foi utilizada no intuito de realizar uma análise temporal mais detalhada à evolução dos objetos de estudo de forma simultânea, no caso a Frente Polar Atlântica e as ressacas significativas.

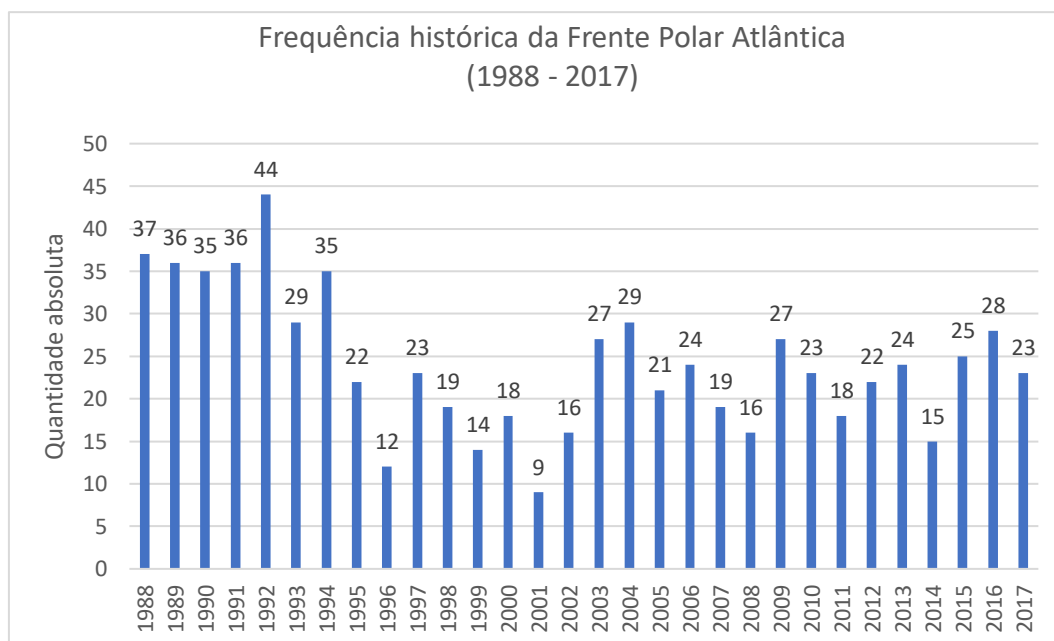


Figura 26: Frequência histórica da Frente Polar Atlântica no município do Rio de Janeiro (1988 – 2017). Fonte: Banco Nacional de Dados Oceanográficos – Marinha do Brasil.

De 1988 até 2017 ocorreu um total de 726 episódios de Frente Polar Atlântica sobre a cidade do Rio de Janeiro, conforme a tabela apresentada no anexo 2, onde é possível observar uma quantidade significativa deste fenômeno já nos primeiros anos de estudo (1988 – 1992), que correspondeu ao período com a maioria das ocorrências, totalizando 188 frentes polares. Em termos de porcentagem, este período inicial compõe cerca de 25,89% do total de ocorrências da FPA do recorte temporal analisado.

Já nos dez anos seguintes, o número de episódios frontais sobre a capital carioca diminui de forma expressiva. Tratando-se de um total absoluto e percentual, no período de 1993 a 1997 ocorreram 121 eventos, correspondendo a 16,6% do total. Entre 1998 e 2002, apenas 76 ocorrências (10,46%) foram registradas, o que a princípio demonstra uma tendência de queda no fluxo do sistema atmosférico ao longo deste período.

Entretanto, a partir dos anos posteriores é possível constatar uma tendência de aumento no número de FPA's sobre a orla carioca. Entre os anos de 2003 e 2007 ocorreram 44 casos a mais do que no último período descrito (1998 – 2002), totalizando 120 eventos atmosféricos frontais (16,52% do total), além dos 106 e dos 115 episódios (14,60% e 15,84% do total respectivamente) registrados nos intervalos subsequentes de 2008 – 2012 e 2013 – 2017.

A ocorrência destes fenômenos frontais atmosféricos, também foi analisada associando-as as estações climáticas anuais. O gráfico gerado (figura 27) mostra um maior número de FPA's entre os meses de outono e inverno, os quais naturalmente já representam os típicos e mais usuais períodos de ocorrência de frentes frias sobre o município do Rio.

A concentração dos eventos associados a FPA nas estações do outono e inverno reflete a característica do clima local, marcado, na prática, pela divisão em duas amplas estações: uma quente e relativamente chuvosa, e outra de temperaturas amenas; desta forma, primavera e outono agregam-se às características das demais, tratando-se mais de intervalos de transição do que estações propriamente definidas (Climatempo, 2017).

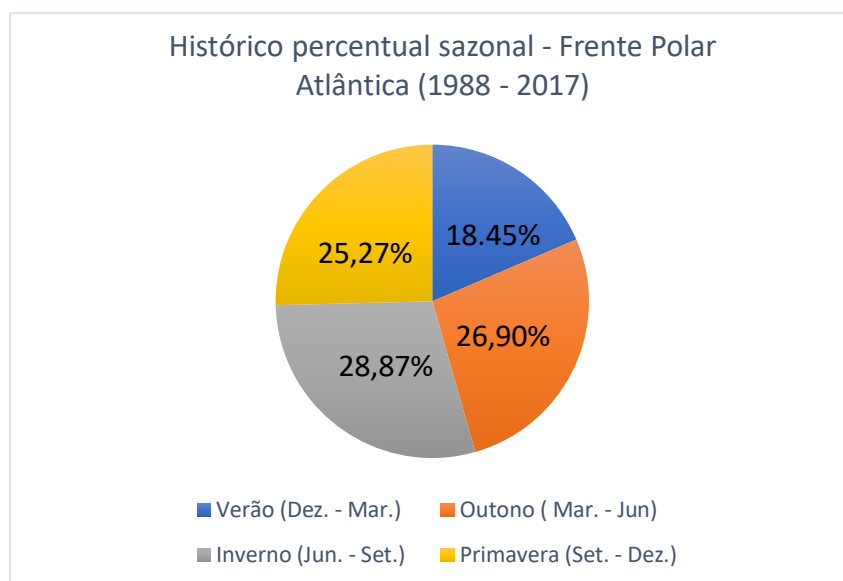


Figura 27: Histórico percentual de ocorrência da Frente Polar Atlântica entre as estações climáticas anuais no município do Rio de Janeiro (1988 – 2017). Fonte: Banco Nacional de Dados Oceanográficos – Marinha do Brasil.

A análise dos dados referentes às FPA's permitiu também determinar a média total de ocorrências da Frente Polar Atlântica para o período analisado. Em média, existe a ocorrência de 24 eventos a cada ano.

Em meio a uma oscilação irregular, nos primeiros 20 anos (1988 – 2007) a passagem do sistema frontal em estudo reduziu, oscilando de 5,09% para uma ocorrência percentual de 2,61%, conforme é possível observar na figura 28.

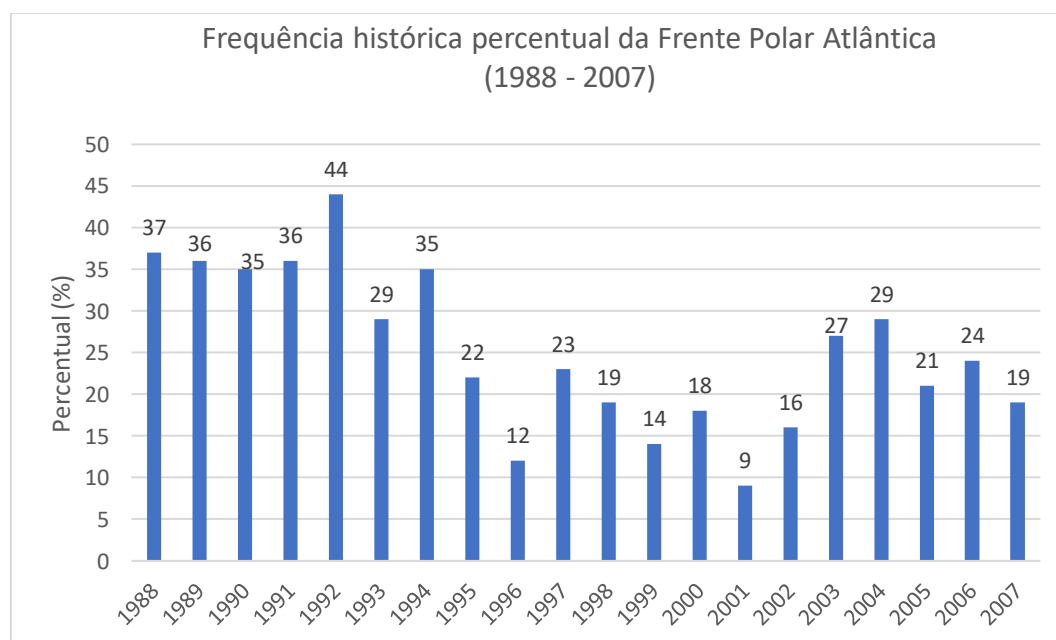


Figura 28: Frequência histórica percentual da Frente Polar Atlântica no município do Rio de Janeiro (1988 – 2017). Fonte: Banco Nacional de Dados Oceanográficos - Marinha do Brasil.

Entretanto, os 10 anos seguintes (2008 – 2017) demonstraram uma variabilidade percentual crescente de 6,06% sobre a sua ocorrência, em comparação à década de 1988 a 2007 como é demonstrado na figura 29.

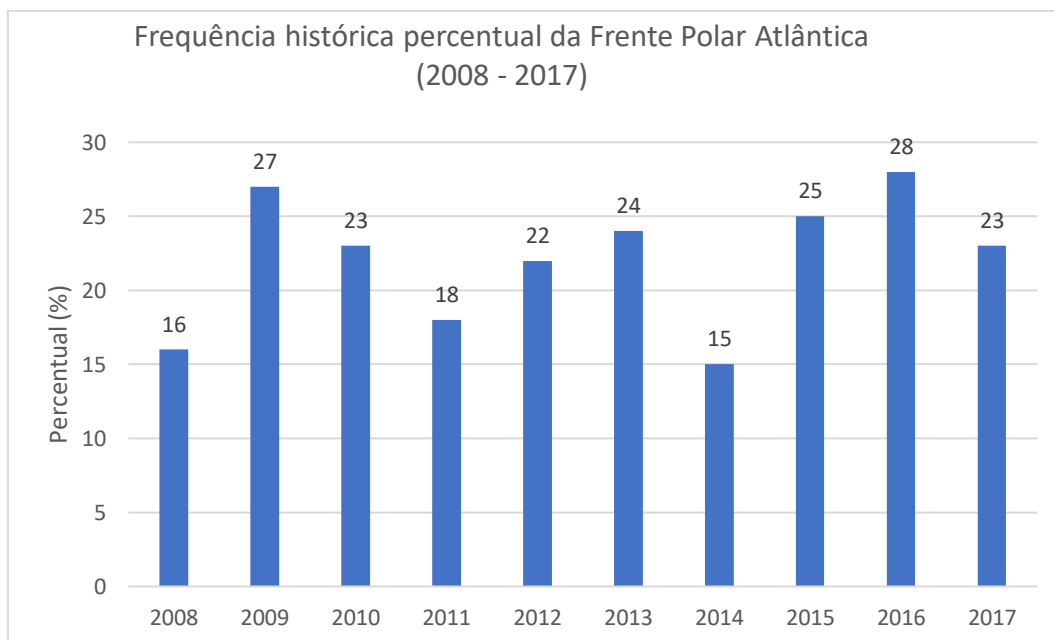


Figura 29: Frequência histórica percentual da Frente Polar Atlântica no município do Rio de Janeiro (2008 – 2017). Fonte: Banco Nacional de Dados Oceanográficos - Marinha do Brasil.

Conforme as informações descritas anteriormente, é importante destacar que uma das possibilidades de justificar essa variação trintenária da Frente Polar Atlântica baseia-se no fenômeno do El Niño/ Oscilação Sul (ENOS). De acordo com Minuzzi (2006), tal evento se caracteriza como sendo um fenômeno de grande escala que ocorre no oceano Pacífico Equatorial, atuando de forma marcante a partir do forte acoplamento oceano-atmosfera que se manifesta sobre a região, representado pela imagem apresentada na figura 29:

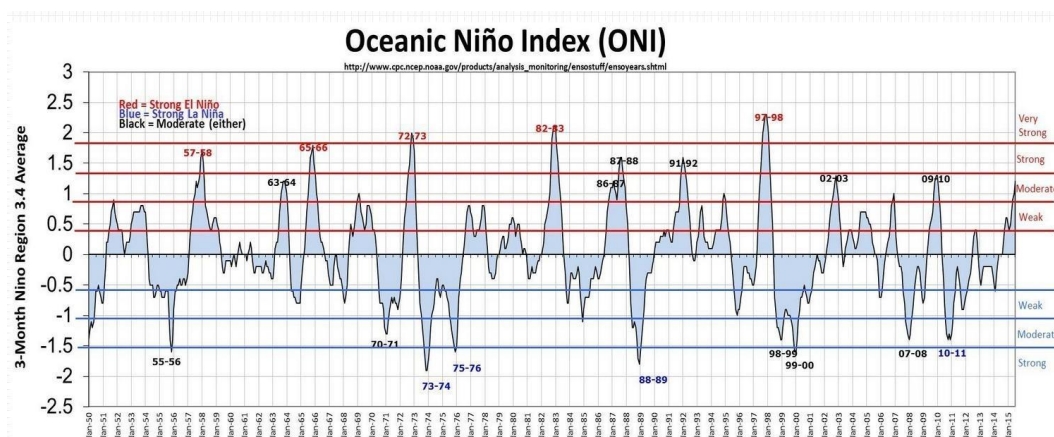


Figura 30: Índice de El Niño oceânico de 1950-2015, demonstrando em azul os picos de La Niña e em vermelho os anos de El Niño. Fonte: <http://ggweather.com/enso/oni.htm>.

Tal influência no nível atmosférico e oceânico é abordada de acordo com as conclusões da tese de Klumb-Oliveira (2015), que explicita que para o litoral do Rio de Janeiro os anos de El Niño se caracterizam pela maior média anual de episódios de tempestade, com boa probabilidade de ocorrência de episódios extremos. O autor afirma que, no que se refere às médias anuais de ocorrência, os anos de El Niño apresentaram 6,4 tempestades/ano, enquanto nas fases de La Niña, a média foi de 6,0 tempestades por ano, o que atribui ao El Niño a maior frequência média anual de tempestades.

Além do ENOS, também é provável que o anticiclone subtropical do Atlântico (ASAS) esteja relacionado a oscilação das FPA's. Segundo Ito (1999), nos meses de inverno, a variação na posição do ASAS está intimamente ligada à passagem de frentes frias. Quando uma frente fria se desloca, ela desloca o ASAS para leste, sendo que, quando não há passagem de frentes, a alta pressão atinge longitudes mais a oeste. Espera-se que, em meses que tenham muitas passagens de frentes frias na América do Sul, o ASAS esteja deslocado para leste da sua posição climatológica, conforme a imagem 31. Já em meses em que são observadas poucas passagens de frentes frias, o ASAS tende a se aproximar do continente sul-americano (DEGOLA, 2013).

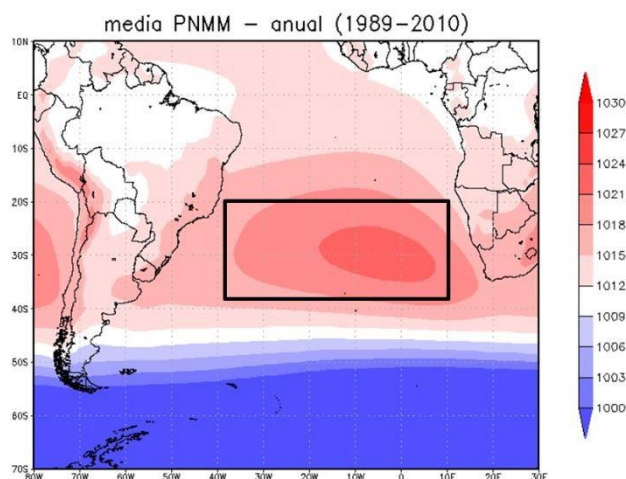


Imagem 31: Posição climatológica do ASAS à leste da Am. do Sul. Área compreendida entre 38°S – 20°S e 38°W – 10°E. Fonte: DEGOLA (2013).

Desta forma, tendo em vista a Frente Polar Atlântica como sendo um evento de tempestade, existe a possibilidade de correlacionar sua oscilação a partir de ambos os sistemas atmosféricos descritos anteriormente (ENOS - El Niño/Oscilação Sul e o ASAS - Anticiclone subtropical do Atlântico) , os quais possivelmente também se tornam influentes na variação das ressacas significativas expostas no próximo item.

6.2

Frequência histórica das ressacas significativas no município do Rio de Janeiro (1988 – 2017)

Como consequência da Frente Polar Atlântica, os dados sobre as ressacas costeiras significativas também foram reunidos e analisados nesta pesquisa. Os resultados encontrados podem ser vistos no gráfico da figura 32, assim como no anexo 3.

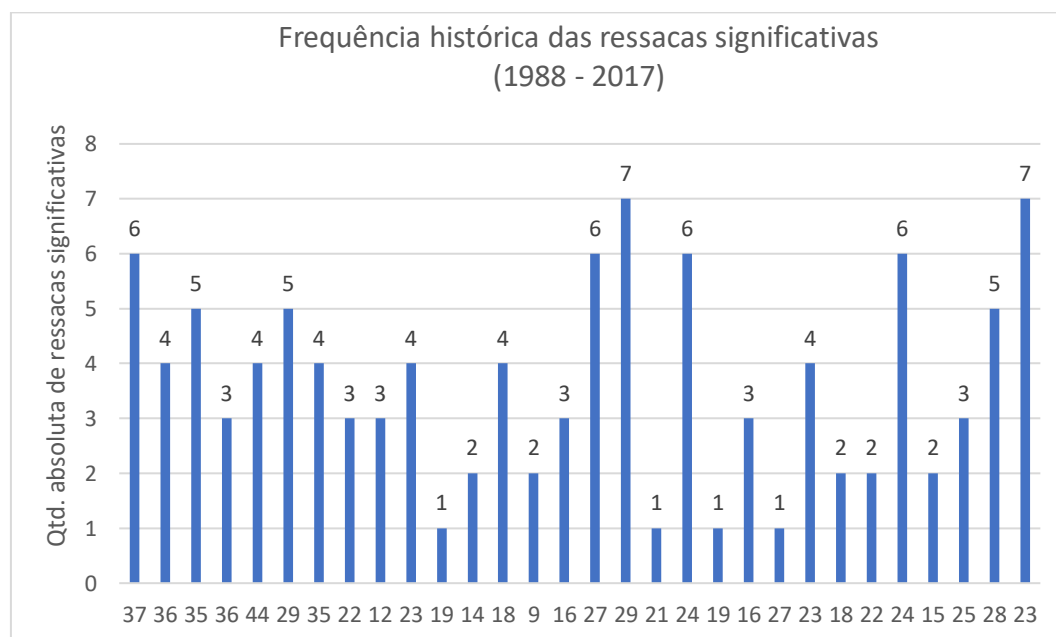


Figura 32: Frequência histórica das ressacas costeiras significativas no município do Rio de Janeiro (1988 – 2017). Fonte: Banco Nacional de Dados Oceanográficos - Marinha do Brasil e meios midiáticos.

Os eventos de ressacas costeiras significativas foram selecionados de acordo com as respectivas datas de ocorrência da FPA, com o intuito de analisar se há relação direta entre a ocorrência de ambas ou se ocorrem de forma eventual. Sendo assim, o gráfico da figura 32 foi organizado seguindo os mesmos períodos anuais

estabelecidos para a análise das FPA's, representando um total de 109 eventos de ressacas significativas no Rio de Janeiro dentro do período analisado.

Este fenômeno costeiro apresentou uma considerável variação ao longo dos anos, sobretudo entre 1988 e 2002, quando sua frequência seguiu uma tendência de queda expressiva. Em números absolutos e percentuais, entre 1988 e 1992 as 22 ressacas existentes, equivalentes a 20% do total, diminuíram para 19 casos (17,27% do total) nos anos seguintes, entre 1993 – 1997. Esta sequência de queda se manteve também entre 1998 e 2002, em que apenas 11 ressacas foram registradas (10% do total), o menor número em 14 anos.

Porém, essa frequência se altera nos anos posteriores, como foi o caso do período entre 2003 a 2007, em que foram registrados 21 episódios (19,09% do total), enquanto os anos de 2008 a 2012 e 2013 a 2018 apresentaram, respectivamente, 12 e 17 casos, o que equivale a 10,90 % e 15,45% total de ressacas significativas.

Embora o aumento das ressacas significativas tenha ocorrido apenas a partir de 2003, ao analisar as alturas médias das ondas originadas por estes eventos percebe-se que as ondas seguiram uma tendência de aumento nos últimos 30 anos, conforme pode ser observado no gráfico da figura 33.

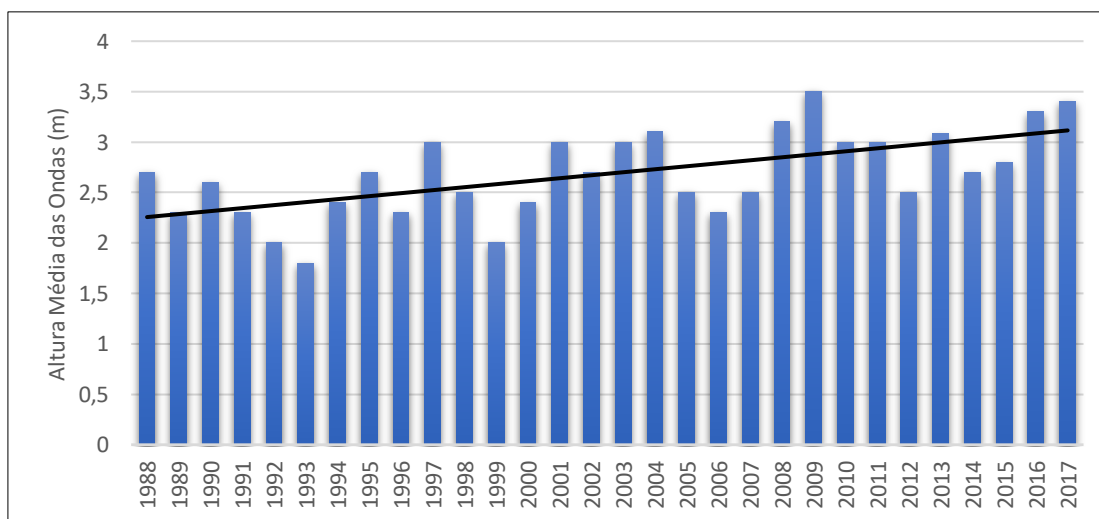


Figura 33: Médias históricas das alturas das ondas das ressacas significativas costeiras no município do Rio de Janeiro (1988 – 2017). Fonte: Banco Nacional de Dados Oceanográficos - Marinha do Brasil / elaborado pelo autor.

Conforme a oscilação das médias altimétricas, o valor de 3,0 metros de altitude se apresentou anualmente com maior frequência, alcançando assim a moda aritmética da altura das ondas. Associando este valor com a classificação proposta

pela Lei de Douglas – Estado do Mar, é possível constatar que as ressacas significativas obtiveram um aspecto “grosso”, apresentando riscos consideráveis a partir de ondas com grandes ondulações.

Por mais que este regime de ondas tenha atingido alturas de até 6 metros, algumas notícias na imprensa não relataram a altura das ondas. Mesmo assim, tais episódios foram contabilizados, pois repercutiram de forma negativa sobre a linha de costa. Nestes casos, foi atribuída a altura mínima de 2 metros sobre tais ocorrências, conforme referência de Zee (2012) descrita no tópico 5.2 - Marés meteorológicas, marés astronômicas e ressacas costeiras.

É válido salientar que, ao longo da coleta sobre a altura das ondas foi possível notar a ocorrência de ressacas fora das específicas datas de ocorrência dos episódios da Frente Polar, o que demonstra a presença de outros fenômenos climáticos ou até mesmo astronômicos (marés de sizígia) influentes na formação destas demais marés meteorológicas, que não foram contabilizadas no contexto da pesquisa.

A distribuição das ressacas significativas também pôde ser analisada de acordo com as estações do ano. No gráfico da figura 34 se torna evidente um maior número de ressacas entre os meses de outono e inverno, evidenciando um comportamento análogo à ocorrência das FPA's, descritas no item anterior.

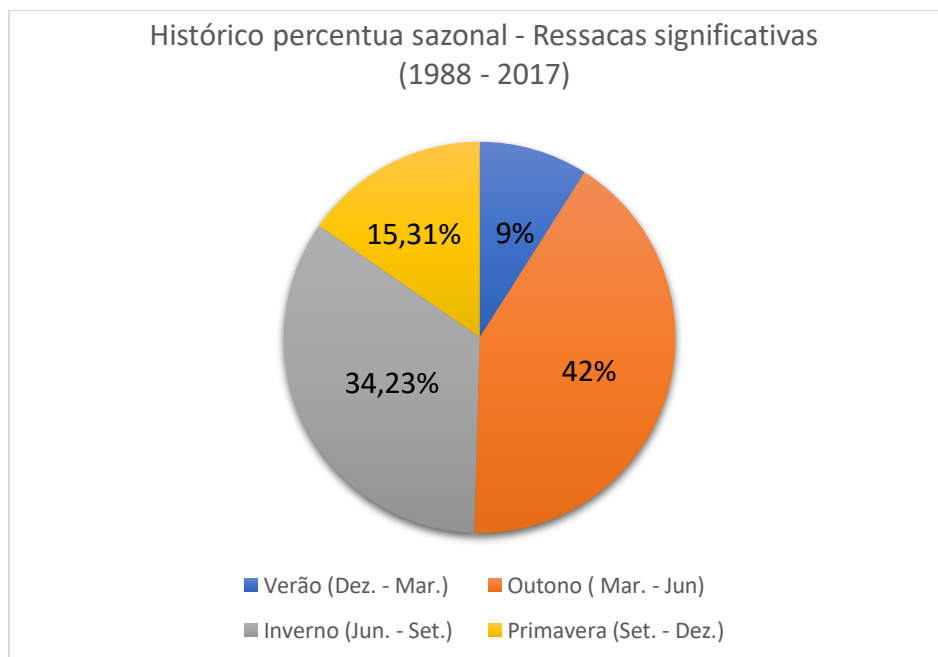


Figura 34: Distribuição das ressacas significativas por estações do ano no município do Rio de Janeiro (1988 – 2017). Fonte: elaborado pelo autor.

Ao longo do período analisado, foi possível extrair uma média anual de 3,6 ressacas significativas por ano, sendo que, percentualmente, a frequência das ressacas significativas diminuiu ao longo dos primeiros 20 anos, diante de uma variação máxima de 6,42% e mínima de 0,91%, conforme é possível observar na figura 35.

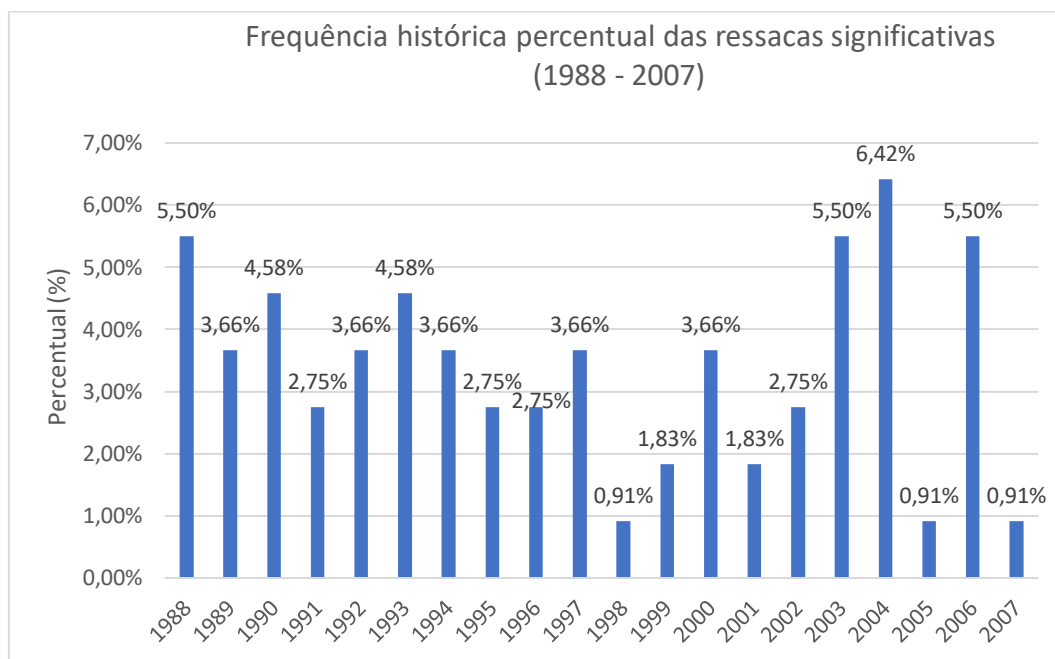


Figura 35: Frequência histórica percentual das ressacas costeiras no município do Rio de Janeiro (1988 – 2007). Fonte: Banco Nacional de Dados Oceanográficos - Marinha do Brasil e meios midiáticos.

Entretanto, os dados percentuais mostram ainda uma expansão do número de marés meteorológicas (ou marés de ressaca) sobre o litoral carioca no período entre 2008 e 2017, como demonstra a figura 36 quando ocorreu um aumento de 4,54% na quantidade de ressacas significativas registradas, em comparação à década de 1998 a 2007.

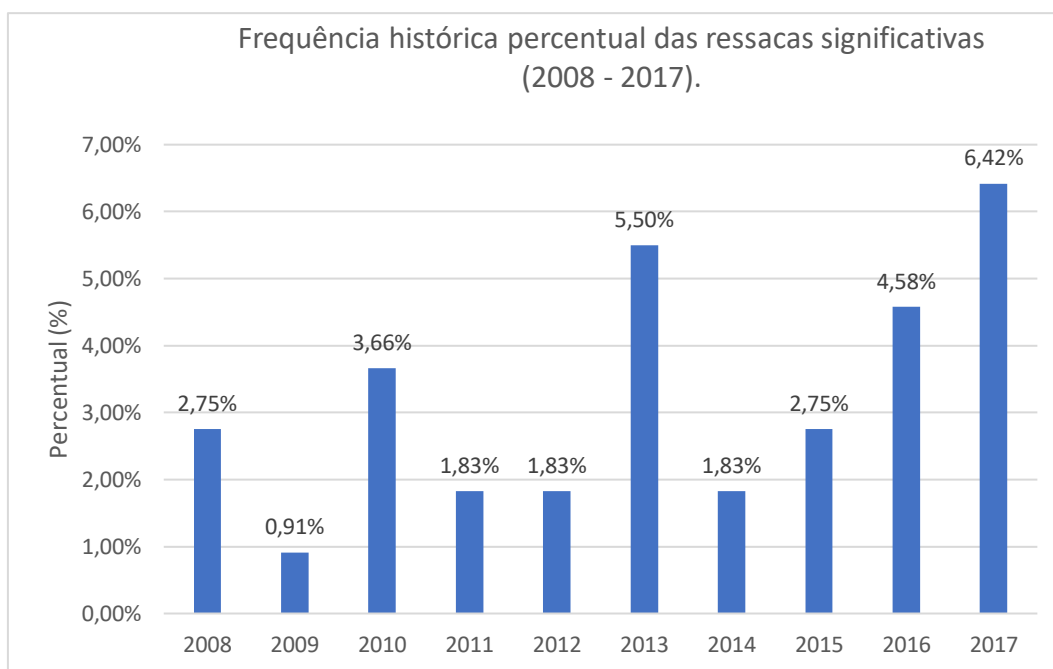


Figura 36: Frequência histórica percentual das ressacas costeiras no município do Rio de Janeiro (2008 – 2017). Fonte: Banco Nacional de Dados Oceanográficos - Marinha do Brasil e meios midiáticos.

Seguindo a descrição do fenômeno El Niño/ Oscilação Sul no tópico anterior (6.1 Frequência histórica da Frente Polar Atlântica no município do Rio de Janeiro 1988 – 2017), o ENOS, da mesma forma que provavelmente influencia na ocorrência anual dos fenômenos frontegenéticos (Frente Polar Atlântica), possivelmente também possui a capacidade de atuar sobre a dinâmica oceânica das ressacas.

Isto é exposto por Kourky et al., (1984) , que apontam que em anos de El Niño ocorre a intensificação da ASAS (Alta Subtropical do Atlântico Sul) e consequentemente maior transferência de energia para as ondas de ENE-ESE na costa brasileira. Reconhecendo essa afirmativa, a tese científica de Klumb-Oliveira (2015) demonstra que em períodos de El Niño a costa fluminense estaria mais exposta a danos e prejuízos causados por eventos extremos do que em anos de Niña, ocorrendo um deslocamento do pico da direção predominante de ondas de aproximadamente 5° sentido ESE.

Por mais que o El Niño possua maior destaque neste contexto, é válido frisar que nos anos de La Niña pode até ocorrer uma suave redução do número de eventos de ressacas, mas, ao mesmo tempo, há uma intensificação destes, com maiores valores de Hs (altura) e maior duração, gerando maior vulnerabilidade quanto à

ocorrência de impactos costeiros sobre a orla fluminense, a mesma na qual se insere a área de estudo (Klumb-Oliveira, 2015).

Tendo em vista o quantitativo total e a oscilação anual das ressacas significativas, estes mesmos eventos tiveram suas repercussões evidenciadas ao longo das praias urbanizadas cariocas, destacando assim a problemática desta pesquisa quanto à ocorrência dos diferentes tipos de impactos costeiros.

6.3

Frequência histórica dos impactos costeiros no município do Rio de Janeiro (1988 – 2017)

Diante das variáveis numéricas crescentes de ressacas, torna-se indispensável a abordagem sobre os danos socioambientais destas ondulações de alta energia na orla carioca no que se refere aos impactos costeiros (IC's).

Cada notícia sobre a ocorrência de ressacas significativas continha todo um conjunto de informações capazes de descrever tais impactos costeiros. Estas mesmas informações foram filtradas e associadas à classificação de Souza (2011), alcançando, assim, 12 tipos diferentes de IC's sobre as praias do município do Rio de Janeiro, os quais foram:

1. Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
2. Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens.
3. Problemas com as redes de esgoto e de fornecimento de água potável (gravidade e refluxo).
4. Alto custo de manutenção, recuperação, mitigação.
5. Prejuízos socioeconômicos.
6. Perda progressiva de terrenos naturais.
7. Inundações periódica de terrenos da orla.
8. Mortandades de espécies vegetais e animais.
9. Salinização dos terrenos e do lençol freático.
10. Perda da qualidade de vida.
11. Modificações paulatinas nos processos biogeoquímicos.
12. Comprometimento da beleza cênica.

Tais impactos foram enumerados desta forma a fim de facilitar a sua representação conforme pode ser observado no gráfico apresentado na figura 37:

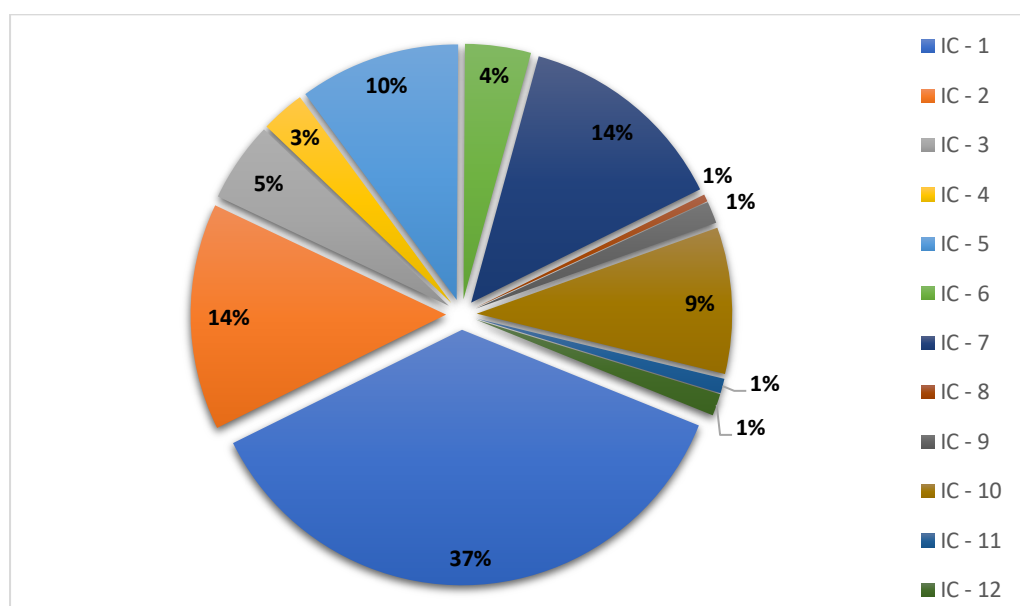


Figura 37: Frequência percentual dos diferentes tipos de impactos costeiros no município do Rio de Janeiro – 1988 a 2017). Fonte: elaborado pelo autor.

O tipo de dano mais comum a atingir as praias cariocas é representado por (1). Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens, recorrente em 36,57% dos casos entre os quinquênios estudados. Já a ocorrência associada ao dano (7). Inundações periódica de terrenos da orla representa 13,42%. Ambos os danos (IC's 1 e 7) variaram em quantidade de ocorrências ao longo dos anos, conforme é exposto no gráfico da figura 38.

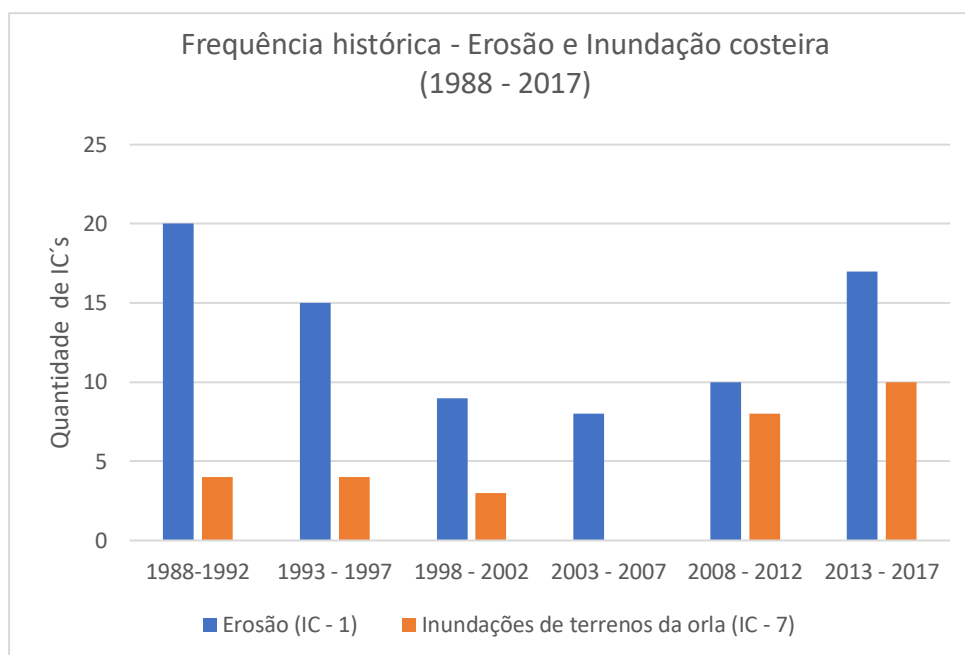


Figura 38: Frequência histórica absoluta dos eventos de erosão costeira e inundações de terrenos da orla carioca (1988 – 2017). Fonte: elaborado pelo autor.

Somado a estes IC's expostos anteriormente, também é válido expressar os danos associados a (2). Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens no decorrer dos anos, a exemplo dos salvamentos de banhistas realizados pelo grupo Salvamar do Corpo de Bombeiros do Estado do Rio de Janeiro. Este dano representou o segundo maior tipo de impacto costeiro, com percentual de 14,35% das ocorrências totais. Sua ocorrência foi diminuindo principalmente ao longo do quinquênio de 2003 a 2007 em diante (figura 39), frente a um aumento do número de avisos/alertas públicos sobre a ocorrência de ressacas e os riscos associados aos banhistas realizados pela Marinha do Brasil e da maior conscientização da população ao longo dos anos.

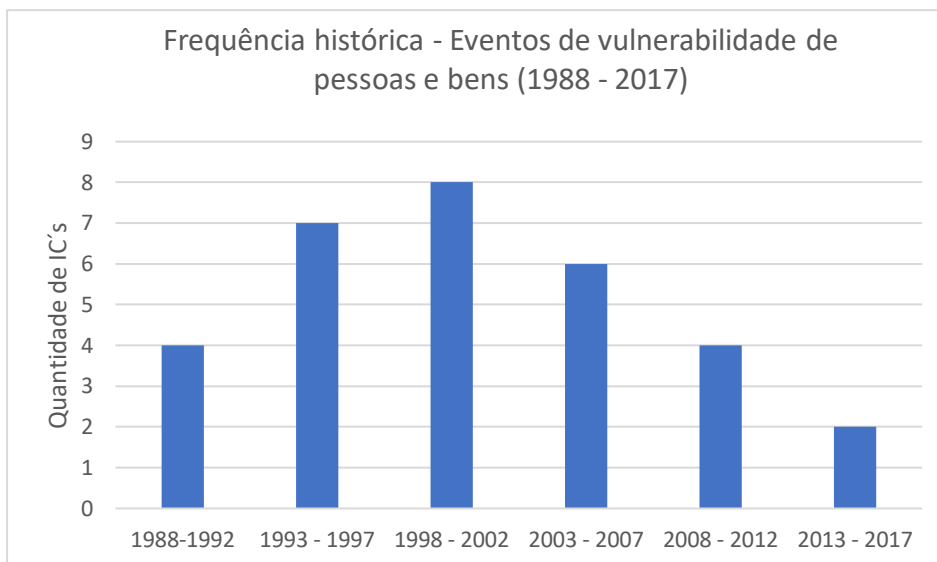


Figura 39: Frequência histórica absoluta dos eventos de vulnerabilidade de pessoas e bens na orla carioca (1988 – 2017). Fonte: elaborado pelo autor.

Os impactos de caráter ambiental (figura 40), por mais que possam ter apresentado uma frequência menor, também aparecem nesta representação. Tais valores são expostos dentro de um percentual pequeno a exemplo da frequência de 1,38% para (9). salinização dos terrenos próximos a orla e do lençol freático, e 0,92% de (11). modificações paulatinas nos processos biogeoquímicos a exemplo de episódios de línguas negras em algumas praias como a de São Conrado. Além destes, 0,46% de (8). mortandades de espécies vegetais e animais também se inserem neste contexto de impactos costeiros em nível ambiental, como pode ser observado em alguns episódios de mortes de centenas de peixes no sistema lagunar da Barra da Tijuca (Lagoa da Tijuca).

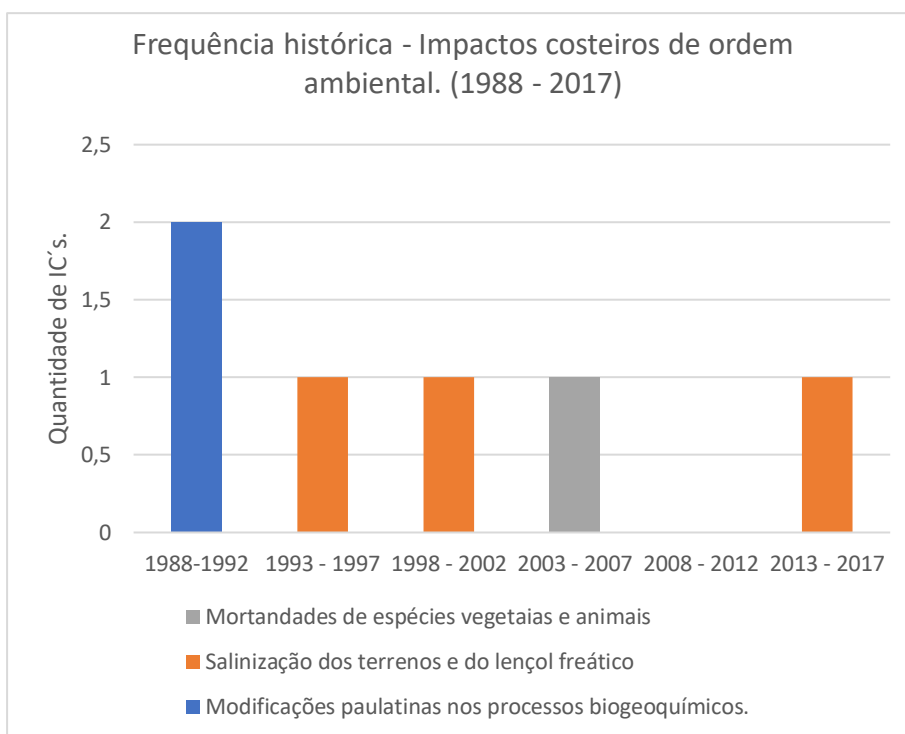


Figura 40: Frequência histórica absoluta dos impactos costeiros de ordem ambiental na orla carioca (1988 – 2017). Fonte: elaborado pelo autor.

Descrevendo a frequência dos diferentes tipos de impactos costeiros de forma mais específica, tais IC's demonstraram uma regularidade (frequência) desigual ao longo das zonas litorâneas em destaque nesta pesquisa, conforme é possível visualizar no gráfico apresentado na figura 41 e no anexo 4:

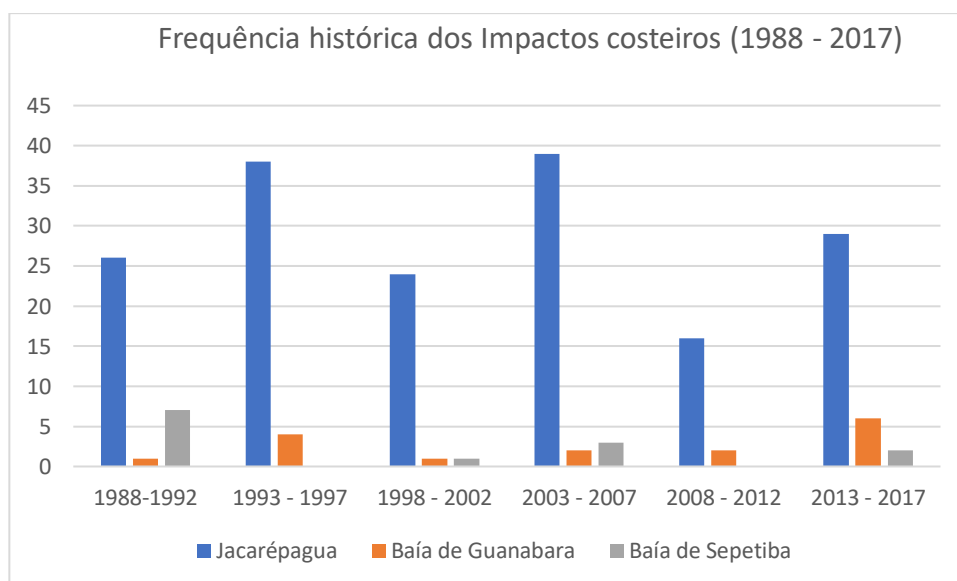


Figura 41: Frequência histórica dos tipos de impactos costeiros no município do Rio de Janeiro (1988 a 2017). Fonte: elaborado pelo autor.

O Compartimento costeiro de Jacarepaguá foi o trecho do litoral estudado que apresentou o maior registro de danos associados a impactos costeiros com um total de 172 ocorrências, conforme é possível visualizar no gráfico abaixo (figura 42). Tais danos estão relacionados à grande urbanização deste compartimento em conjunto com sua morfologia litorânea mais exposta ao Oceano Atlântico, tornando-o conseqüentemente mais suscetível à incidência de ressacas e vulnerável a estes impactos.

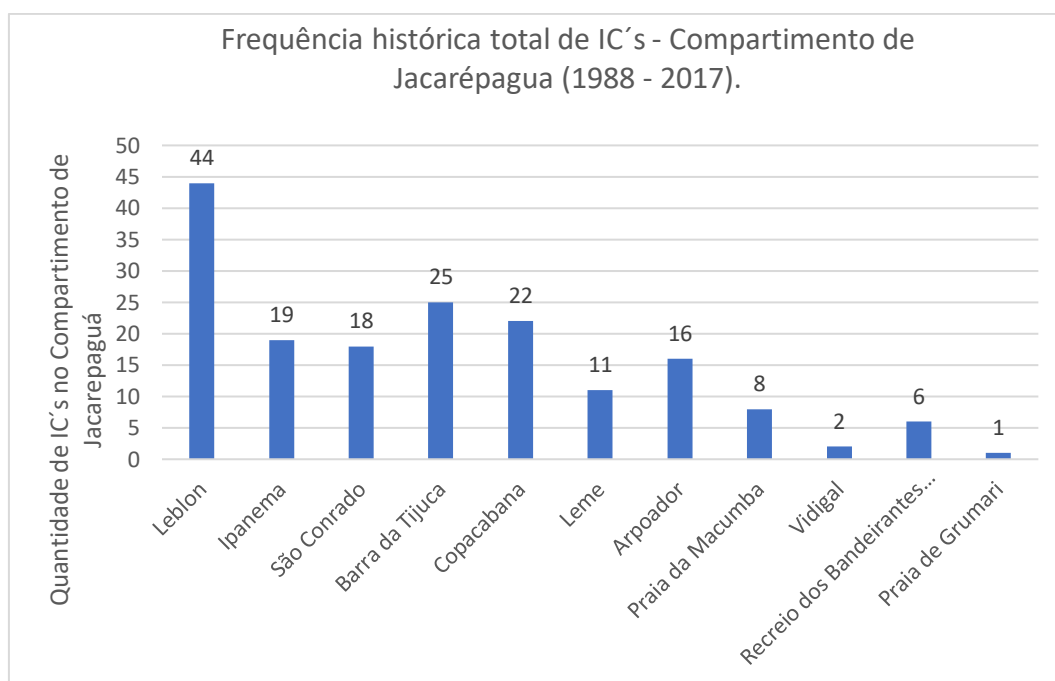


Figura 42: Frequência histórica total dos IC's no Compartimento Costeiro de Jacarepaguá (1988 – 2017). Fonte: elaborado pelo autor.

Dentro deste compartimento, a praia do Leblon foi a que apresentou o maior percentual de ocorrência de IC's nos últimos 30 anos, representando 25,58% do total ou 44 impactos, seguida da praia da Barra da Tijuca com a ocorrência de 25 impactos ou 14,53%. Neste mesmo compartimento litorâneo, a praia de Grumari apresentou o menor número de danos, com apenas 0,58% dos impactos totais, ou 1 impacto registrado.

Já o Compartimento da Baía de Guanabara representa o segundo compartimento costeiro com a maior incidência de IC's, com um quantitativo total de 16 impactos durante o período de análise (1988 - 2017). Neste compartimento (figura 43), a praia do Flamengo possui a maior parcela dos danos costeiros, com sua orla sendo afetada em 37,5% dos IC's, seguida da praia Vermelha e Marina da

Glória que representam, cada uma, 18,75% dos impactos, além da praia da Urca, que sofreu com 12,5%. Já a praia de Botafogo apresentou a menor percentagem dos IC's na orla da Baía de Guanabara, com apenas 6,25% da ocorrência total de impactos, provavelmente em função de sua característica mais protegida da incidência direta das ondas, assim como partes da pista de pouso do Aeroporto Santos Dumont (6, 25%).

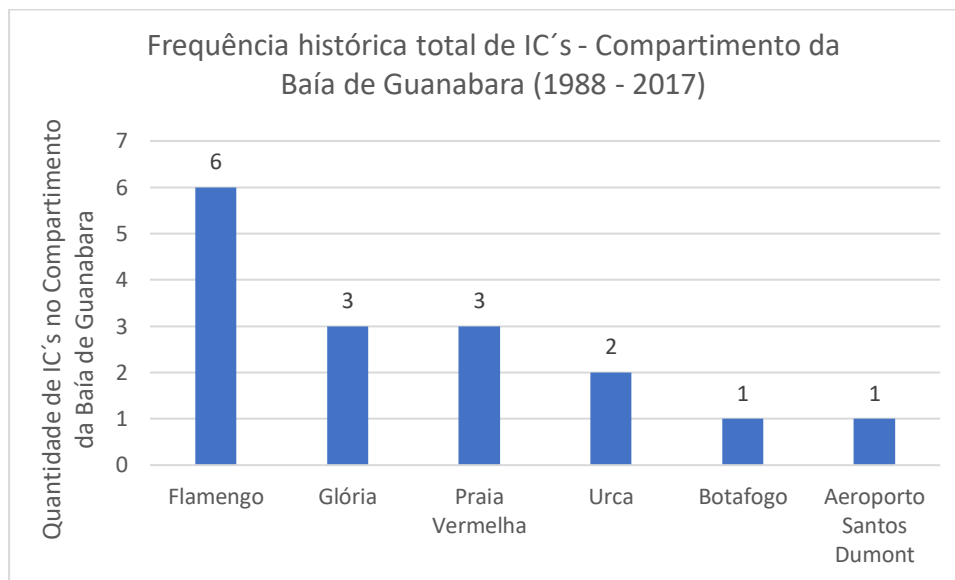


Figura 43: Frequência histórica total dos IC's no Compartimento costeiro da Baía de Guanabara (1988 – 2017). Fonte: elaborado pelo autor.

Por fim o Compartimento da Baía de Sepetiba, que teve suas praias impactadas apenas 12 vezes durante os quinquênios estudados. A praia da Barra de Guaratiba e a praia de Sepetiba possuem os maiores percentuais de impactos, representando 50% e 33,33% dos impactos respectivamente. Já as praias de Ponta Grossa e Pedra apresentaram 8,33% dos impactos, cada uma, como demonstrado na figura 41.

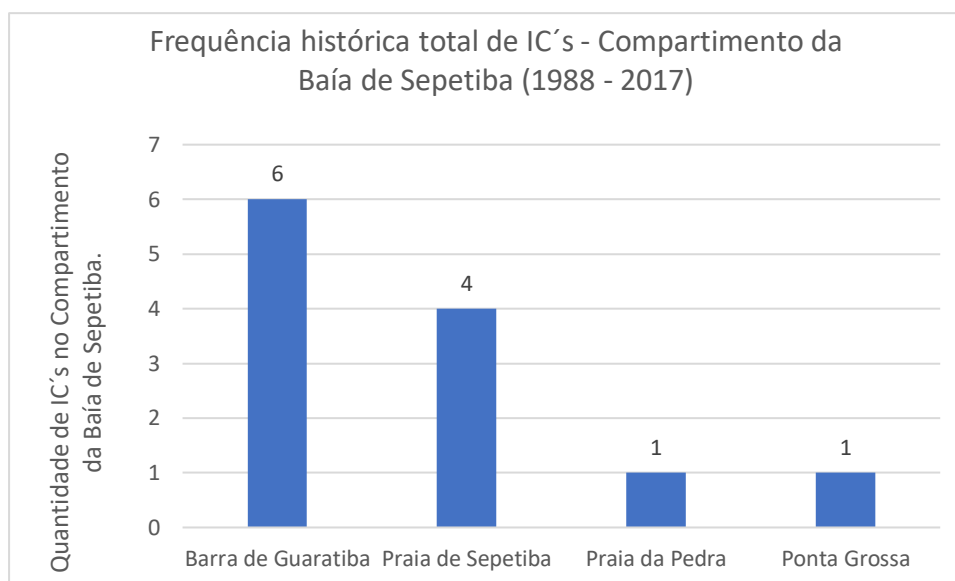


Figura 44: Frequência histórica total dos IC's no Compartimento Costeiro de Sepetiba (1988 – 2017). Fonte: elaborado pelo autor.

A partir da quantificação dos impactos costeiros, foi possível observar uma significativa diferença numérica absoluta entre os compartimentos litorâneos do município do Rio de Janeiro frente à exposição aos impactos. Estas divergências se justificam pela morfologia das zonas costeiras estudadas, assim como o regime de ondas provenientes dessas condições climáticas ao longo das estações do ano.

O compartimento de Jacarepaguá se enquadra nesta assertiva anterior, em que a variação dos seus 172 episódios de IC's consegue ser explicada segundo o trabalho de Sousa (2011), que afirma que nos momentos de chegada de frentes frias sobre parte das praias desta linha de costa (arco praial Barra da Tijuca – Recreio dos Bandeirantes) a incidência dos ventos passa a ser S e SW, determinando as situações pós-frontais, resultado da penetração do anticiclone polar. As ondas produzidas nos períodos de tempestades são significativas, chegando a 3,0 m de altura; sendo que, no período de inverno quando as condições climáticas são mais intensas com o predomínio os ventos de S-SW, produzem correntes com direção predominante W-E.

Esta posição, quando associada à morfologia mais aberta e exposta das praias oceânicas, consegue explicar o motivo pelo qual esta zona costeira deteve o maior número de IC's.

Já a Baía de Guanabara apresentou uma quantidade baixa de diferentes tipos de impactos costeiros (15 danos litorâneos) quando comparada à frequência do

compartimento anterior, sendo que tal oscilação pode ser associada à concepção de Bird (2008), quando este se refere à posição de algumas praias da Baía de Guanabara na linha de costa e aos seus aspectos morfológicos curvos, como praias de bolso, presentes em baías e enseadas, sendo abrigadas por estes locais de alguns eventos intensos, como ocorre nas praias do interior da Baía. Assim, por mais que algumas praias da Baía de Guanabara possam ter sido atingidas por eventos oceânicos, de forma geral as praias deste compartimento são protegidas das ações de ondas de tempestade, o que faz com que apresentem efeitos erosivos pequenos e dinâmica geomorfológica própria, conforme Sousa (2011).

De forma semelhante à Baía de Guanabara, a pequena variação dos impactos costeiros no compartimento de Sepetiba (12 impactos) pode ser associada à concepção de Moura et al. (1982), presente no tópico 4.1.3, no que se refere a Baía de Sepetiba se caracterizar como uma laguna costeira isolada da alta energia do Atlântico pela Restinga de Marambaia, que representa uma espécie de barreira que, alinhada no eixo leste-oeste, isola parcialmente as águas da Baía da ação das vagas oceânicas, criando o que se convencionou chamar de ambiente lagunar semiconfinado.

No intuito de representar espacialmente e facilitar a visualização de tais frequências (quantidade) de impactos costeiros em suas respectivas praias de ocorrência, foram produzidos Mapas de Frequência dos Impactos Costeiros (FIC'S) de cada um dos compartimentos costeiros do município do Rio de Janeiro (figuras 45, 46, 47 e 48).

Frequência dos IC's: Compartimento de Jacarépagua I – RJ
(Leme – São Conrado)

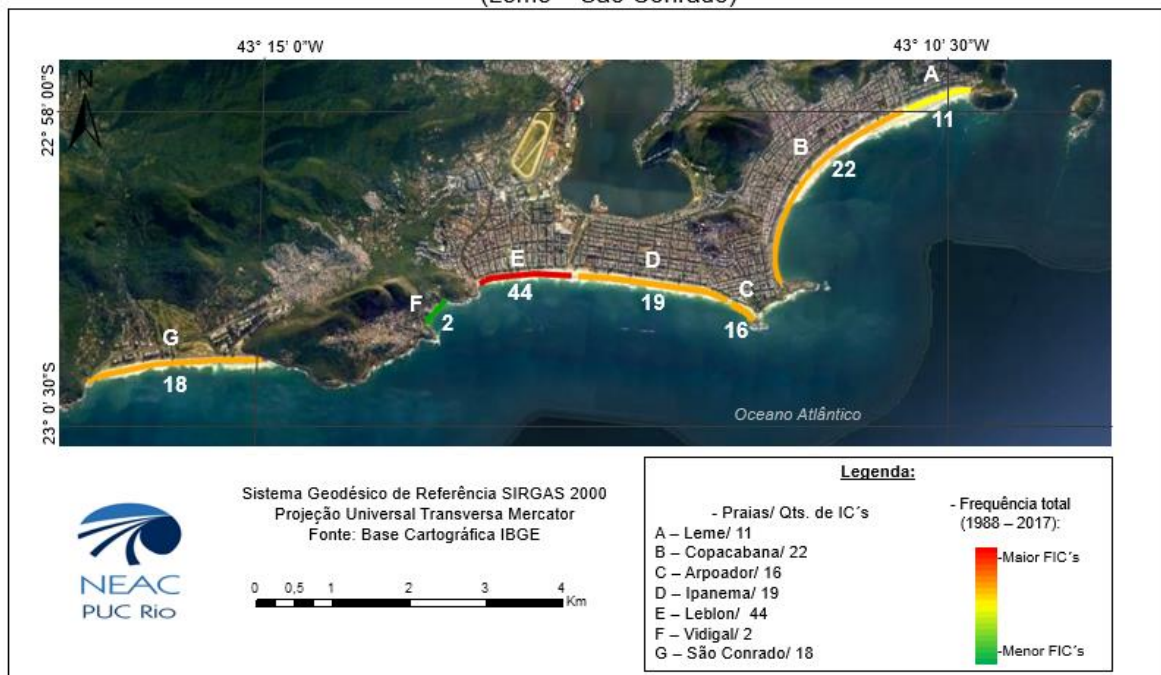


Figura 45: Mapa da Frequência dos tipos de Impactos costeiros no Compartimento costeiro de Jacarepaguá I (1988 – 2017). Fonte: elaborado pelo autor.

Frequência dos IC's: Compartimento de Jacarépagua II - RJ
(Barra da Tijuca - Grumari)

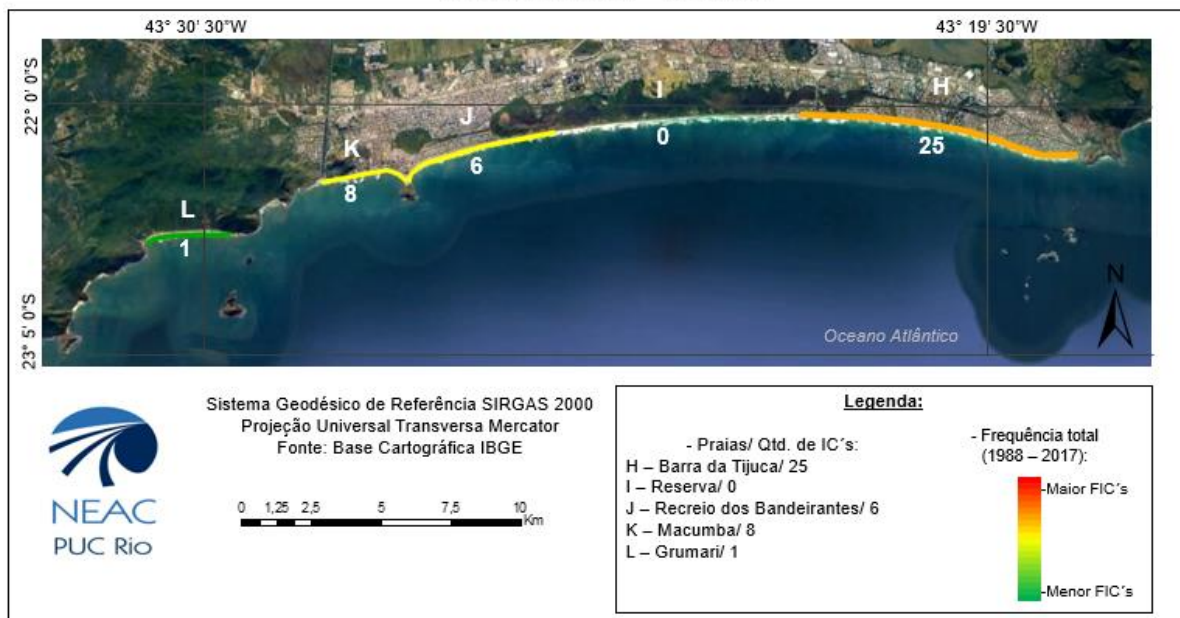


Figura 46: Mapa da Frequência dos tipos de Impactos costeiros no Compartimento costeiro de Jacarepaguá II (1988 – 2017). Fonte: elaborado pelo autor.

Frequência dos IC's: Compartimento da Baía de Guanabara - RJ

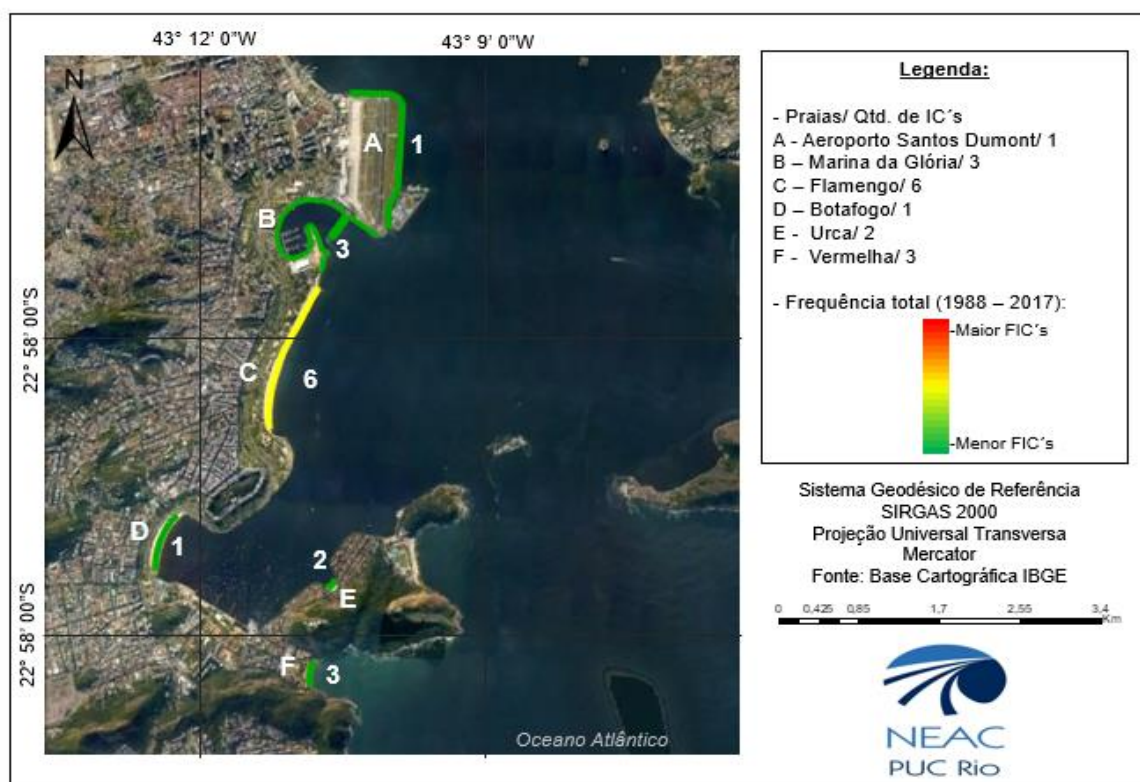


Figura 47: Mapa da Frequência dos tipos de Impactos costeiros no Compartimento costeiro da Baía de Guanabara (1988 - 2017). Fonte: elaborado pelo autor.

Frequência do IC's: Compartimento da Baía de Sepetiba - RJ

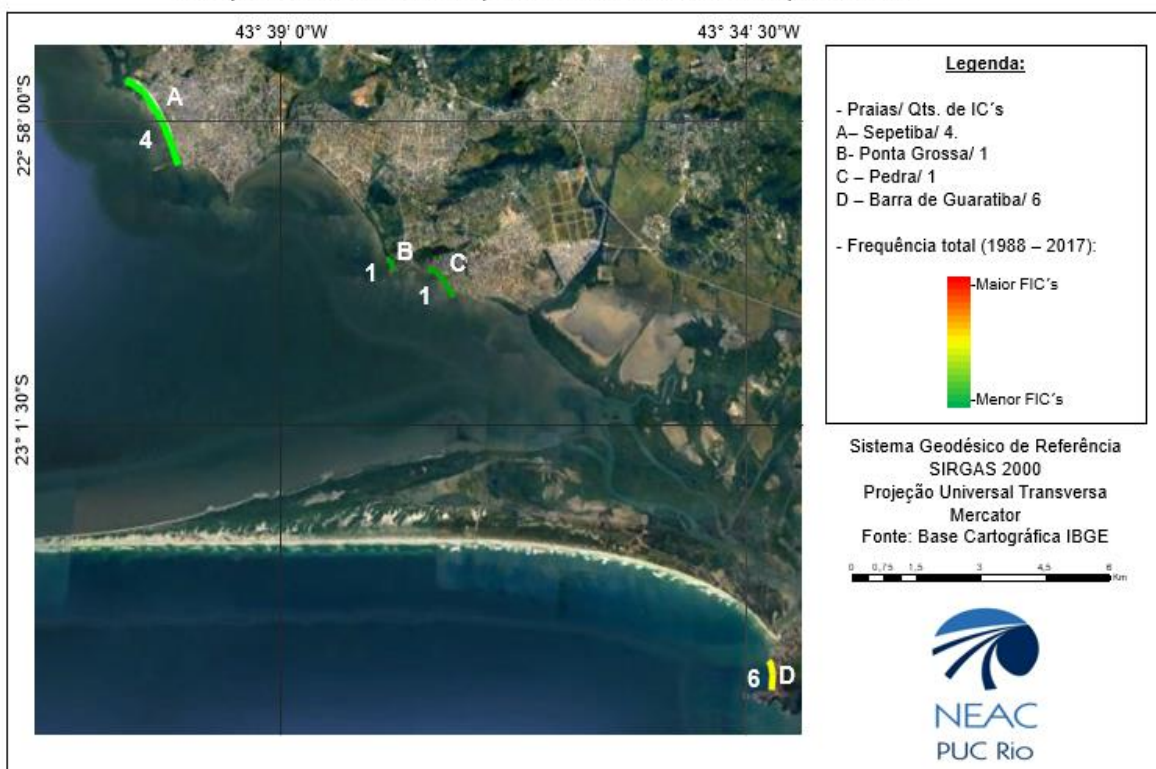


Figura 48: Mapa da Frequência dos tipos de Impactos costeiros no Compartimento costeiro da Baía de Sepetiba (1988 - 2017). Fonte: elaborado pelo autor.

Esses mapas representam uma classificação quantitativa com relação à frequência total dos impactos costeiros sobre as zonas litorâneas cariocas. Conforme metodologia descrita no tópico 3.5 - Mapeamento da frequência dos impactos costeiros (FIC's) no município do Rio de Janeiro (1988 – 2017), para que a quantidade de impactos costeiros pudesse ter sido confeccionada cartograficamente, a "formatação condicional" do software Excel conseguiu atribuir, de forma automática, cores às respectivas quantidades de impactos costeiros em cada praia, conforme o quadro 6:

Quadro 6: Representação visual dos FIC's por praia – Indicação de cores pela quantidade total de impactos costeiros por praias (Compartimento de Jacarepaguá, Baía de Guanabara e Baía de Sepetiba).

Praias	Cores (tonalidades)/ Qtd. de IC's
Leblon	44
Bara da Tijuca	25
Copacabana	22
Ipanema	19
São Conrado	18
Arpoador	16
Leme	11
Macumba	8
Recreio dos Bandeirantes	6
Flamengo	6
Barra de Guaratiba	6
Praia de Sepetiba	4
Glória	3
Praia Vermelha	3
Urca	2
Vidigal	2
Botafogo	1
Ponta Grossa	1
Praia da Pedra	1
Grumari	1

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir desse quadro, tais tonalidades foram introduzidas na linha de costa de suas praias específicas. No caso do compartimento de Jacarepaguá, os seus 172 impactos costeiros foram divididos pelas 11 praias atingidas, conforme

representadas nos Compartimento de Jacarepaguá I e Compartimento de Jacarepaguá II (figuras 42 e 43). Da mesma forma como este primeiro compartimento, tanto a Baía de Guanabara quanto a Baía de Sepetiba tiveram a representação visual dos FIC's em suas respectivas praias conforme os mapas da Frequência dos IC's: Compartimento da Baía de Guanabara – figura 44, e Frequência dos IC's: Compartimento da Baía de Sepetiba – fig. 45. Na Baía de Guanabara, 15 episódios de ressacas enquanto em Sepetiba, 12 ocorrências. Referindo-se a estes resultados obtidos, em um estudo de caso sobre o risco e a vulnerabilidade à erosão costeira e impactos sócio-econômicos na orla urbanizada de Maricá (RJ), Lins - de - Barros (2005) evidencia uma série de praias com significativa ocupação urbana, ausência de vegetação, inexistência de dunas, construções ao longo da berma praial entre outras características, que constata a elevada vulnerabilidade potencial destes locais diante da presença de fortes ondulações, de forma semelhante a orla urbanizada destacada nos mapas acima. Sendo assim, da mesma forma como Lins -de-Barros (2005) reforça a utilização do mapeamento como sendo adequada para a classificação de áreas litorâneas mais suscetíveis no litoral urbano de Maricá, a nível comparativo, também é possível trazer a importância desta metodologia para as praias do município do Rio de Janeiro conforme os mapas acima, destacando as áreas mais vulneráveis com maior grau de risco frente a frequência dos IC's.

Além destas representações espaço-temporais quanto à frequência dos mais diversos tipos de impactos costeiros sobre a orla carioca, é importante salientar que por mais que algumas praias possam ter tido um número pequeno de eventos, os danos socioambientais repercutiram de forma bastante prejudicial em curto prazo. Uma exemplificação disto se baseia na Praia da Macumba, pois mesmo que só tenha apresentado oito episódios de impactos entre os anos de 2006 e 2017 (conforme as notícias coletadas), eles ocorreram de forma significativa, a ponto de gerarem grandes custos financeiros com obras de reconstrução da orla, destruição de quiosques comerciais, além da interdição de trechos da avenida próxima ao mar, que prejudicou o turismo local diante da limitação da circulação de pessoas, e até mesmo a desvalorização imobiliária, afetando parte dos moradores que habitam próximo à orla.

Uma segunda demonstração deste contexto está na Praia de São Conrado, onde, dos 18 eventos, especificamente o do dia 21 de abril de 2016 foi devastador:

parte de sua orla foi atingida por ondas de ressacas, geradoras do desabamento da Ciclovía Tim Maia, causando a morte de duas pessoas, pouco mais de três meses depois de sua inauguração, conforme a reprodução da notícia (figura 46) logo a seguir:

‘A desgraça surgiu no caminho’

Cunhado de engenheiro morto diz que acidente na ciclovía é inadmissível

Os corpos das duas vítimas do acidente foram enrolados em cangas e estendidos nas areias da Praia de São Conrado. Um saco preto foi posto em cima deles logo em seguida, e a área, isolada. De repente, uma mulher de óculos escuros e calça jeans se aproxima e desaba em lágrimas. Mulher do engenheiro mecânico Eduardo Marinho de Albuquerque, a médica Eliane Fernandes soube da morte do marido enquanto seguia para o trabalho. Em estado de choque, correu em direção ao corpo e, chorando, desabafou: “Meu marido, deixa eu me despedir dele”. Os banhistas acompanharam a cena e se emocionaram com a trágica despedida. Depois, continuaram aproveitando, na praia, o feriado de Tiradentes.

Praticante de corrida, Eduardo percorria a ciclovía da Niemeyer desde a sua inauguração, em 17 de janeiro. Aos 54 anos, gostava de correr para relaxar, mantendo a saúde em dia. Ontem, calçou o tênis esportivo e saiu às 10h de casa, em Ipanema, na altura do Posto 9. Atravessou a Niemeyer e caiu no mar, quando a estrutura de concreto desabou com a forte onda.



Drama. A médica Eliane Fernandes se desespera diante do corpo do marido, o engenheiro Eduardo de Albuquerque

‘O QUE ACONTECEU FOI ESPIRITUAL’

Irmão de Eliane e cunhado de Eduardo, João Ricardo Tinoco ia da Barra, onde mora, até o Arpoador, onde pretendia pegar ondas. No meio do caminho, na altura do João, recebeu uma ligação da irmã, que estava apreensiva.

— Ela me disse que estava com o coração apertado e pediu para ver se o Eduardo estava na Niemeyer — conta João Ricardo, que havia escutado sobre o acidente no rádio do carro.

Capitão-médico da Aeronáutica, foi ele quem reconheceu, primeiro, o corpo de Eduardo.

— O que aconteceu foi espiritual — disse, bastante emocionado, enquanto aguardava a liberação do corpo do cunhado na porta do Instituto Médico-Legal (IML).

to Médico-Legal (IML).

Durante todo o tempo, João Ricardo deu apoio à irmã, que preferiu não conversar com a imprensa. Ele classificou o acidente como “inadmissível”.

— Não ficou boa a ciclovía. Se logo no início ela caiu, imagina se ficasse mais tempo. O trabalho final (da ciclovía) está aí, gerando desgraça para uma família. Era um dia de lazer, de sol, de contemplar a natureza, e a desgraça surgiu no caminho de quem só queria o bem. Eduardo era alto astral e adorava esportes. Era um carioca que gostava de viver a vida — comentou, acrescentando que evitava a nova ciclovía, não por causa de riscos na estrutura, mas pelo medo de assaltos.

O corpo de Eduardo será cremado hoje. Segundo parentes, antes de sair para correr, ele tinha deixado um bilhete para o filho de 15 anos: “Vou correr. Volto já. Te amo muito”.

Ontem à noite, o corpo da outra vítima, Rinaldo Severino da Silva, de 60 anos, foi identificado. Com a ajuda de lanchas e de um helicóptero, as buscas por uma possível terceira vítima foram encerradas às 18h. Os trabalhos serão retomados na manhã de hoje. A Polícia Civil abriu um inquérito para investigar as causas do acidente. ●

Participaram da cobertura: Carina Bacellar, Célia Costa, Dayana Resende, Guilherme Ramalho, Gustavo Goulart, Ludmilla de Lima e Ruben Berta

Figura 49: Corpo do engenheiro falecido Eduardo Albuquerque. Fonte: Acervo digital – O Globo, 2019.

Isto faz com que seja importante levar em consideração não só a quantidade de episódios de impactos costeiros em conjunto aos eventos de ressacas e frentes frias, mas também a suas consequências, levando em conta os aspectos morfológicos das praias e o uso e cobertura do solo. Bello (2006) demonstra este contexto a partir de um estudo de caso realizado no Bairro de Janga, em Paulista, no litoral de Pernambuco, afirmando que, em meio aos impactos da expansão urbana sobre os sistemas geomorfológicos litorâneos de tal área estudada, é válido considerar os subsídios propostos pela geomorfologia para buscar compreender os processos funcionais relacionados à alteração antrópica de sistemas costeiros.

Sendo assim, além dos resultados numéricos aqui presentes, esta pesquisa também sugere, como desdobramentos futuros, a importância de classificar tais impactos litorâneos quanto às suas consequências, a fim de melhor compreender a

magnitude e a proporção que estes mesmos danos tiveram, considerando os aspectos geomorfológicos costeiros e sua ocupação histórica da zona litorânea.

6.4

Análise histórica conjunta entre os episódios da Frente Polar Atlântica e ressacas significativas nas praias do município do Rio de Janeiro (1988 a 2017)

Observando a variação quantitativa da FPA em conjunto com as ressacas significativas que atingiram o litoral carioca ao longo do recorte temporal estudado, é possível avaliar que ambos os fenômenos variaram não dentro da mesma proporção (quantidade), mas sim de forma simultânea na mesma direção, conforme pode ser observado no gráfico da figura 50 a seguir:

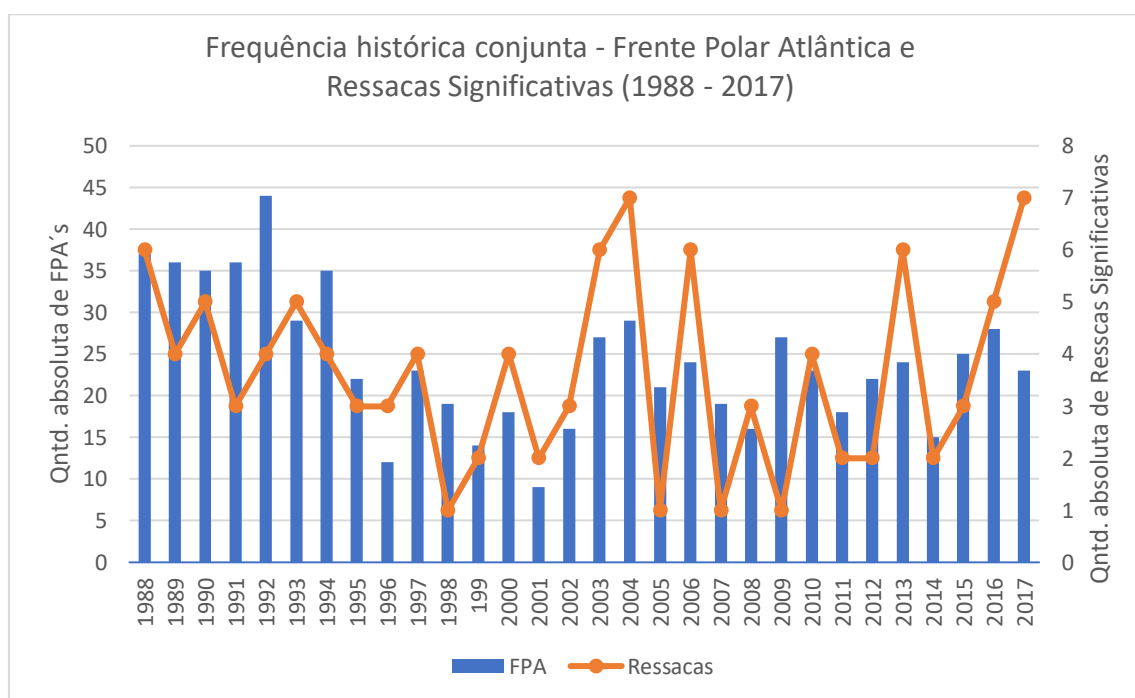


Figura 50: Gráfico de análise de oscilação conjunta entre a FPA e as ressacas significativas (1988 – 2017). Fonte: elaborado pelo autor.

Analisando esta variação conjunta entre ambos os fenômenos, é possível compreendê-la a partir da atuação da frente polar sobre a superfície oceânica, capaz de gerar uma sobre-elevação do nível do mar. Bitencourt (2002) analisa este contexto a partir de um estudo de caso sobre ressacas no litoral da região sul do Brasil, onde é possível constatar que o aumento na altura das ondas, na maioria das vezes, ocorre devido à atuação de sistemas meteorológicos de baixa pressão. Trazendo esta análise ao recorte espacial estudado, tal fundamento também se

aplica ao observar a oscilação conjunta das datas de ocorrência da Frente Polar Atlântica com os episódios de ressacas significativas.

A fim de representar esta variação de forma quantitativa, foi realizado também o coeficiente de correlação entre tais objetos de estudo, dentro da fórmula matemática do Coeficiente de Correlação de Spearman.

Dentro de uma escala temporal anual, foi possível obter uma correlação (r_s) de 0,56 sobre a ocorrência conjunta da FPA e das ressacas significativas, ou seja, do total de eventos frontais atmosféricos (726) sobre a cidade do Rio de Janeiro, 56% causaram ressacas significativas, o que, segundo a classificação do nível de coeficiente, indica correlação positiva moderada (de 0.40 a 0.69) entre ambos os eventos ao longo dos quinquênios selecionados (figura 48).

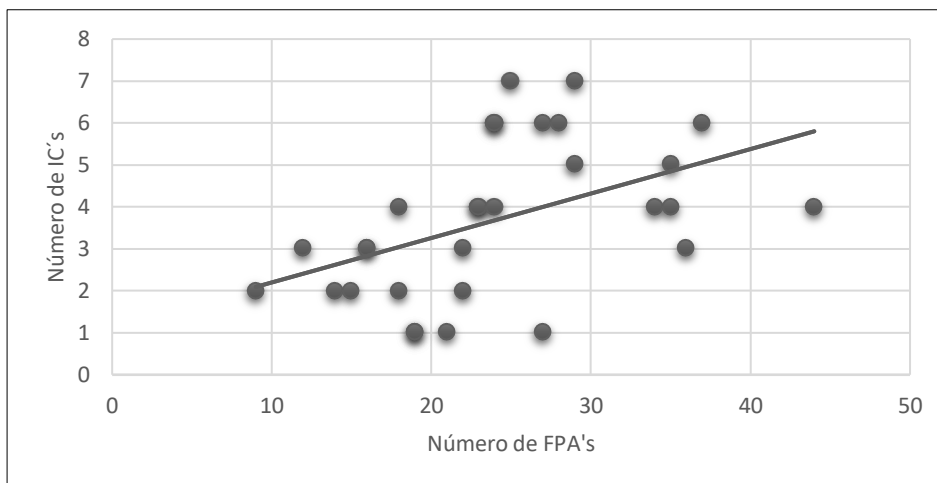


Figura 51: Dispersão quantitativa anual entre o número de IC's e FPA's. Fonte: elaborado pelo autor.

Por mais que esta correlação esteja sendo expressa em um percentual mediano, ela não deixa de indicar uma alternância positiva entre os dois objetos de estudo destacados, fortalecendo ainda mais a grande influência que as Frentes Polares Atlânticas tiveram sobre a formação das ressacas significativas e seus respectivos impactos nas linhas de costa do recorte espacial estudado, em meio às suas variabilidades temporais.

Sendo assim, com o objetivo de estimar numericamente esta mesma variação das repercussões socioambientais na linha de costa carioca, a figura 52 apresenta o gráfico da frequência percentual relativo à quantidade de ressacas significativas (que geraram impactos costeiros) congruentes aos eventos de Frente Polar

Atlântica. Esse gráfico consegue mostrar o quanto a ressacas variaram em função da ocorrência das FPA's em forma de porcentagem, ao longo do período estudado (1988 – 2017).

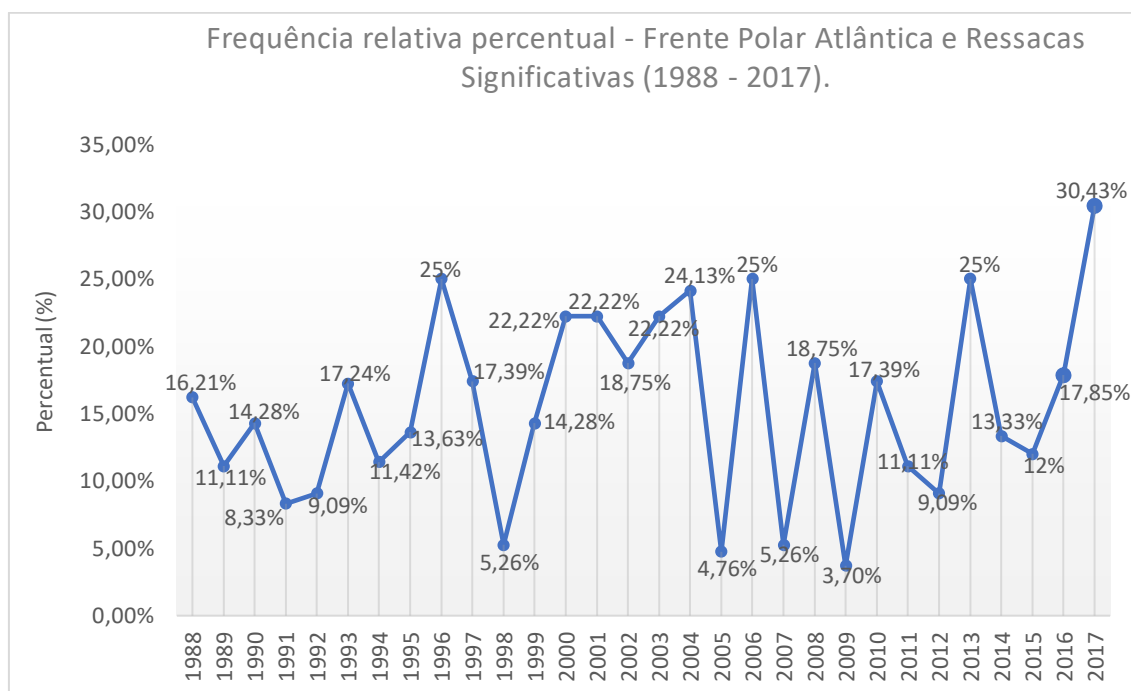


Figura 52: Frequência percentual relativa entre o número de Ressacas significativas e FPA's. Fonte: elaborado pelo autor.

O esboço acima traz consigo uma oscilação não linear, porém sincrônica, entre ambas as variáveis destacadas a partir de uma alternância percentual crescente ao longo dos últimos trinta anos. Tais variáveis percentuais do gráfico da figura 50 tornam nítida a propensão ascendente dos IC's diante de uma frequência inicial de 16,21% em direção a uma constância crescente final de 30,43%, o que fortalece ainda mais a projeção futura da linha de crescimento numérica dos danos costeiros sobre as praias do Rio de Janeiro.

O alcance deste resultado demonstra ser compatível com o recente Relatório sobre o Estado dos Serviços Climáticos 2020: Mudança de Alertas Antecipados para Ação Antecipada, divulgado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) da ONU (2020). Se apresentando de forma significativa, este documento salienta um aumento do número de eventos climáticos e meteorológicos extremos, tanto em frequência quanto intensidade e gravidade, como resultado da mudança climática, atingindo comunidades vulneráveis de forma desproporcional. O documento evidencia ainda que, só em 2018, tempestades e outros fenômenos climáticos não usuais deixaram cerca de 108

milhões de pessoas necessitando de assistência humanitária internacional, com uma projeção de aumento de quase 50% até 2030.

Além dos anteriores resultados obtidos neste tópico concordarem com as projeções da OMM (Organização Mundial de Meteorologia), é válido destacar que a Organização das Nações Unidas evidencia a importância de investir em sistemas eficazes de alerta precoce, o que, a nível comparativo, acaba trazendo utilidade a esta pesquisa no que se refere à utilização destas informações obtidas como forma de prevenção e planejamento frente ao atual contexto das mudanças climáticas em escala local.

7

Conclusão

A partir dos cálculos numéricos estatísticos realizados sobre a variância dos três objetos de estudo, esta dissertação tornou ainda mais evidente a relação entre a formação das marés meteorológicas ou marés de ressaca e seus correspondentes impactos costeiros nas praias do município do Rio de Janeiro, frente à específica atuação contínua do sistema atmosférico da Frente Polar Atlântica.

Tal afirmativa é validada diante da oscilação anual semelhante entre os episódios da FPA e das ressacas significativas. Além das datas de ocorrência das ressacas terem sido parcialmente compatíveis com as datas da FPA, tais fenômenos apresentam uma correlação numérica anual (1988 – 2017) positiva e moderada (0,56), o que de fato comprova o objeto central desta pesquisa. Entretanto, com relação à premissa desta dissertação, por mais que a FPA e as ressacas possam aparentar seguir uma tendência de crescimento para os próximos anos, é válido frisar que isto não faz com que haja total assertividade de que os impactos costeiros irão aumentar ou diminuir futuramente, mas, sim, que o número de ressacas significativas e seus devidos danos sobre a orla irão variar em concordância (na mesma direção) aos episódios de frentes frias, ou seja, tal hipótese não pode ser validada.

Isto se deve às alternâncias desiguais dos impactos litorâneos entre as praias cariocas, que se justificam não exclusivamente pelos episódios de ressacas significativas (altura) e as FPA's (ventos), mas também a outras variáveis capazes de influenciar sua ocorrência. Entre estas variáveis, além dos aspectos morfológicos das três zonas litorâneas, também é válido lembrar que o uso e cobertura do solo das praias, destacando as mais urbanizadas, também contribuem para o aumento dos riscos.

Além disto, não é possível estabelecer uma relação direta entre a quantidade de passagens frontais e ressacas significativas com os eventos ENOS, já que se sabe que El Niños/La Niñas de mesma intensidade podem modular de forma distinta os sistemas, assim como o ASAS. Para estabelecer essa relação, é preciso análise mais aprofundada deste modo de variabilidade em sua natureza de ocorrência, podendo ser realizada em estudos futuros.

Em um cenário de poucos estudos acerca deste tema, esta pesquisa tornou possível a obtenção de um panorama histórico ambiental sobre o nível de correlação numérica entre a Frente Polar Atlântica e as ressacas significativas e seus respectivos impactos litorâneos cariocas. Além de colaborar para o entendimento das transformações na paisagem costeira, esta investigação também pode auxiliar na gestão e planejamento da orla do município do Rio de Janeiro, em meio ao atual contexto das mudanças climáticas globais, ao apontar os compartimentos litorâneos que apresentam maior frequência de ocorrência de impactos costeiros.

Associar a Climatologia e a Geomorfologia Costeira torna possível analisar tanto a atuação dos fenômenos climáticos das passagens frontais sobre o litoral, quanto seus impactos sobre uma área densamente urbanizada cujos planos urbanísticos, na maioria dos casos, desconsideram o comportamento e a presença sazonal das frentes atmosféricas e suas consequências sobre a zona costeira. Neste sentido a Geografia, a partir desta análise entre aspectos da sociedade e da natureza, permite o entendimento das consequências (impactos) sobre o espaço geográfico, assim como a compreensão sobre tal realidade.

ADGER, W.N. Vulnerability. **Global Environment Change**, v.16, n.3, p.268-281, 2006.

ANDERSON, R. K.; et al. **The use of satellite pictures in weather analysis and forecasting**. Geneva, Organização Meteorológica Mundial, 1973.

ANDREATTA, V.; CHIAVARI, M. P.; REGO, H. O Rio de Janeiro e a sua orla: histórioca. **Coleção Estudos Cariocas**, Rio de Janeiro, n.9, p.1-16, dez 2009.

_____; _____. Rio de Janeiro e a sua orla: história, projetos e identidade carioca. **Coleção estudos cariocas**, v.12, n.1, p.1-16, 2009.

AQUINO, A. R.; PALETTA, F. C.; ALMEIDA, J. R. **Vulnerabilidade ambiental**. São Paulo: Blucher, 2017.

ARMOND, Núbia Beray; AFONSO, Anice Esteves. A Geografia Teorético-Quantitativa e a Teoria Dos Geossistemas: por uma Geografia Física Integradora. In: XIV Simpósio. Bras. Geografia Física Aplicada SBGFA. **Anais...** v.1, p.1-12.

ARMOND, N. B.; NETO, J. L. S. A. Utilização de mídia impressa na identificação e análise de episódios extremos de chuva no município do Rio de Janeiro. **Revista Geonorte**, v.3, n.8, p.774-785, 2012.

ATLAS NACIONAL DO BRASIL MILTON SANTOS. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

BAUER, Lidiane. **Estimação do coeficiente de correlação de Spearman ponderado**. Programa de Pós-graduação em Epidemiologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

BELLO, L. R. G. **O impacto da expansão urbana sobre os sistemas geomorfológicos litorâneos**: o caso do maceió Nossa Senhora Aparecida, bairro do Janga-Paulista-PE. 2012. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco.

BESSE, Jean-Marc. Entre a geografia e a ética: a paisagem e a questão do bem-estar. Trad. Eliane Kuvassney e Mônica Balestrin Nunes. **Geosp** – Espaço e Tempo, São Paulo, v.18 n.2, p. 241-252, 2014.

_____. As cinco portas da paisagem – ensaio de uma cartografia das problemáticas contemporâneas. In: BESSE, Jean-Marc. **O gosto do mundo**. Exercícios de paisagem. Rio de Janeiro: Editora da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2014.

BIRD, Eric F. C. **Submerging coasts**: the effects of a rising sea level on coastal environments. Chichester: John Wiley & Sons, 1993.

BITENCOURT, D. P.; QUADRO, M. F. L.; CALBETE, N. O. Análise de dois casos de ressaca no litoral da região sul do verão de 2002. In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002, Foz de Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2002. p.1910-1917.

BONETT, Douglas G.; Wright, Thomas A. Sample size requirements for estimating pearson, kendall and spearman correlations. **Psychometrika**, v.65, n.1, p.23-28, mar 2000.

BULHÕES, E. **Condições Morfodinâmicas Associadas a Riscos aos Banhistas**. Contribuição à Segurança nas Praias Oceânicas da Cidade do Rio de Janeiro, RJ. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ. Rio de Janeiro, 2006.

CHM. CENTRO DE HIDROGRAFIA DA MARINHA DO BRASIL. **Escala de Douglas do Estado do Mar**. Disponível em: https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br/chm/files/u2035/estado_do_mar.pdf Acesso em: 12 set 2020.

CHRISTOPHERSON, R. W. **Geossistemas**. Uma introdução à geografia física. 7.ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

CHUA, T-E. Essential elements of integrated coastal zone management. **Ocean e Coastal Management**, v.21, n.1-3, p.81-108. 1993. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/0964-5691\(93\)90021-P](http://dx.doi.org/10.1016/0964-5691(93)90021-P). Acesso em 5 out 2020.

COUTINHO, N. M. **Erosão e deposição de sedimentos no arco de praia da Barra da Tijuca - Recreio dos Bandeirantes, Rio de Janeiro - RJ**. 2007. 80f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

CUNHA, L. **Vulnerabilidade**: a face menos visível do estudo dos riscos naturais. Riscos naturais, antrópicos e mistos: homenagem ao professor doutor Fernando Rebelo. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2013.

CUNHA, C. L. N.; ROSMAN, P. C.; MONTEIRO, T. C. N. Avaliação da poluição por esgoto sanitário na baía de Sepetiba usando modelagem ambiental. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 28, 2002, Cancún. **Anais...** México, 2002. p.1-8.

CUNHA, C. L. N.; ROSMAN, P. C. (1997). Mecanismo de inundação em um modelo hidrodinâmico de corpos d'água rasos. In: XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH. **Anais...** Vitória - ES, nov/97.

CUNHA, L.; LEAL, C. Natureza e sociedade no estudo dos riscos naturais. Exemplos de aplicação ao ordenamento do território no município de Torres Novas

(Portugal). In: PASSOS, M. M.; CUNHA, L.; JACINTO, R. **As novas geografias dos países de língua portuguesa**. Paisagens territórios e políticas no Brasil e em Portugal. Geografia em Movimento, S. Paulo, 2012. p.47-66.

DHN. **Roteiro Costa Sul**: do Cabo Frio ao Arroio Chui, Lagoas dos Patos e Mirim. Diretoria de Hidrografia e Navegação. 12.ed. Rio de Janeiro, 1994.

DIAS, A. M. J. Glossário das Zonas Costeiras. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, 2007. Disponível em: <http://www.aprh.pt/rgci/glossario/arriba.html>. Acesso em: 10 jan 2020.

DIAS, G. T. M.; SILVA, C. G. Geologia de depósitos arenosos costeiros emersos: exemplos ao longo do litoral fluminense. In: LACERDA, L. D. (Org.) **Restingas**: origem, estruturas e processos. Niterói: CEUFF, 1984. p.47-60.

DIEZ, J. J.; ESTEBAN, M. D.; PAZ, R. et al. Urban coastal flooding and climate change. **Journal of Coastal Research**, v. SI64, p.205–209, jan 2011.

DOLAN, A. H.; WALKER, I. J. Understanding vulnerability of coastal communities to climate change related risks. **Journal of Coastal Research**, v.SI39, 2004.

FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente. **Gerenciamento Costeiro**. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: http://www.feema.rj.gov.br/gerenciamento_costeiro.htm. Acesso em: 8 mar 2020.

FILET, M.; SOUZA, C. R. G.; XAVIER, A. F.; BÜSCHEL, E.C.G.; MORAES, M. B. R.; POLETI, A. E. Gerenciamento costeiro e os estudos do Quaternário no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Pesquisas em Geociências**, v.28, n.2, p.475-486, 2001.

FREITAS, Eduardo de. Sistema Atmosférico. **Brasil Escola**. Disponível em <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/sistemas-atmosferico.htm>. Acesso em: 5 out 2020.

FROHLICH, Miguel Franco. Diagnóstico do gerenciamento costeiro no estado do Rio de Janeiro: subsídios para a propositura de um substitutivo ao projeto de Lei nº 216/2011. Guanabara no estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.17, p.205-225, 2016.

HOEFEL, Fernanda Gemaél. **Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas**: uma revisão bibliográfica. Itajaí: Editora da Univali, 1998.

HOSKINS, B.J.; HECKLEY, W. A. Cold and warm fronts in baroclinic waves. **Quart. J. R. Meteorol. Soc.**, v.107, p. 79-90, 1981.

HOUGHTON, J.; DING, Y.; GRIGGS, D. J. et al. (Eds.) **Climate Change 2001**. The Scientific Basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE - **Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil 2011**. Diretoria de

Geociências. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv55263.pdf>. Acesso em: 12 set 2020.

IPP. Instituto Pereira Passos. Estatísticas Municipais do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil, 2012. Disponível em: <Http:www.armazemdedados.rio.rj.gov.br/>. Acesso em: 12 set 2020.

KJERFVE, B.; RIBEIRO, C. H. A.; DIAS, G. T. M. et al. Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. **Continental Shelf Research**, v.17, n.13, p.1609-1643, 1997.

KJERFVE, B.; MACINTOSH, D. J. 1997, The impact of climatic change on mangrove ecosystems. In: KJERFVE, B.; LACERDA, L. D.; DIOP, E. (Eds.). **Mangrove ecosystem studies in Latin America and Africa**. Paris: Unesco, 1977.

KLEIN, R. J. T.; Smith, M. J.; GOOSEN, H.; HULSBERGEN, C. H. Resilience and vulnerability: coastal dynamics or Dutch dikes? **The Geographical Journal**, v.164, n.3, p.259-268, 1998.

KLUMB-OLIVEIRA, L. A. **Variabilidade Interanual do Clima de Ondas e Tempestades e seus Impactos sobre a Morfodinâmica de Praias do Litoral Sudeste do Estado do Rio de Janeiro**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

KOMAR, P. D. **Handbook of coastal processes and erosion**. Boca Raton: CRC Press, 1983.

_____. **Beach processes and sedimentation**. 2.ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1998.

KRUEGER, J. **Análise dos Parâmetros Meteorológicos e Oceanográficos dos Eventos de Ressaca, ocorridos entre Janeiro de 2001 a Dezembro de 2010, no Estado de Santa Catarina**. Monografia. Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar (CTTMar), Universidade do Vale do Itajaí, Santa Catarina, 2011.

LEG: LABORATÓRIO DE ESTATÍSTICA E GEOINFORMAÇÃO. **Interpretação do coeficiente de correlação**. Disponível em: <http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003/node74.html>. Acesso em: 19 ago 2020.

LIMA, J. S. **Aspectos Climáticos da Região Metropolitana de Porto Alegre**. Porto Alegre: Instituto de Proteção ao Vôo. Ministério da Aeronáutica, 1985.

LIMA, Renan Silva de; PINHEIRO, Lidriana de Souza; MORAIS, Jäder Onofre de. Vulnerabilidade das Dunas Frontais aos Regimes de Espraçamento, Colisão e Overwash na Praia de Caponga - Cascavel, Ceará. In: PAULA, Davis Pereira de; DIAS, João Alveirinho. **Ressacas do Mar: Temporais e Gestão Costeira**. Fortaleza: Premium, 2015. p. 393-415.

LINS-DE-BARROS, F. M. **Risco e Vulnerabilidade à Erosão Costeira no Município de Maricá, Rio de Janeiro**. 2005. 147f. Dissertação (Mestrado em

Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG / UFRJ. Rio de Janeiro, 2005.

_____; PARENTE RIBEIRO, Leticia. How much is a beach worth: economic use and vulnerability to coastal erosion – the case of Ipanema and Arpoador beaches, Rio de Janeiro (Brazil). **Latin American Symposium On Climate Change Adaption**, Rio de Janeiro, v.1, n.1, p.1-13, nov 2016.

_____; MUEHE, D.; ROSO R. H. Erosão e Danos na Orla Costeira do Município de Maricá, Rio de Janeiro. II Congresso de Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa. **Anais...** Recife, 2003.

LUIJENDIJK, Arjen et al. The state of the world's beaches. **Scientific reports**, v.8, n.1, p.1-11, 2018.

MADRUGA FILHO, José Diniz; MANSO, Valdir do Amaral Vaz. **Aspectos geoambientais entre as praias do Paiva e Gaibú, Município do Cabo de Santo Agostinho** (Litoral sul de Pernambuco). 2004. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

MAMBRINI, Natalia P. **Evolução ambiental na Barra da Tijuca**: o sistema de espaços livres no entorno da Lagoa da Tijuca. UFRJ, FAU, Rio de Janeiro, Março de 2005.

MASS, C. F. Synoptical frontal analysis: time for a reassessment? **Bull. Am. Meteorol. Soc.**, v.72, n.3, p. 348-363, 1991.

MELO FILHO, Eloi. **Maré meteorológica na costa brasileira**. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia Universidade Federal de Rio Grande, 2017.

MENDONÇA, Francisco de Assis. **Geografia e meio ambiente**. 7.ed. São Paulo: Contexto, 2007.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M.; **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

MIGUENS, A. P. **Navegação**: a Ciência e a Arte. Volume I - Navegação Costeira, Estimada e em Águas Restritas. Rio de Janeiro: DHN, 1996.

MINUZZI, R.B. **Influência dos fenômenos El Niño e La Niña nos veranicos do estado de Minas Gerais**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 96p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 2003.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Projeto Orla**: subsídios para um projeto de gestão. Brasília: MMA e MPO, 2008. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/orla/_arquivos/11_04122008110506.pdf Acesso em: 4 fev 2020.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro** (PNGC II). Brasília, 2005. Disponível em:

https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80033/0.PNGC-II97%20Resolucao05_97.CIRM.pdf Acesso em: 12 set 2020.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Climatologia**, São Paulo, n.1, p.1-21, 1971.

MORAES, A. C. R. **Contribuições para a Gestão da Zona Costeira do Brasil**: elementos para uma Geografia do Litoral Brasileiro. São Paulo: Edusp, 1999.

MOURA, J. A.; DIAS-BRITO, D.; BRÖNNIMANN P. 1982 - Modelo ambiental de laguna costeira clástica - Baía de Sepetiba, RJ. **Atas do IV Simpósio do Quaternário no Brasil**, p.135-152.

MUEHE, D. Caracterização físico-natural da plataforma continental interna e área costeira adjacente. In: MMA/UFRJ/FuJB/LAGET. **Macrodiagnóstico da zona costeira do Brasil na escala da União**, 1996. p.83-100.

MUEHE, D. O Litoral Brasileiro e sua Compartimentação. In: CUNHA, Sandra Baptista; GUERRA, Antonio José Teixeira (Orgs.). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p.273-349.

MUEHE, D. Caracterização físico-natural da plataforma continental interna e área costeira adjacente. In: MMA/UFRJ/FuJB/LAGET. **Macrodiagnóstico da zona costeira do Brasil na escla da União**, p.83-100, 1996.

_____. Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla costeira para fins de gerenciamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.2, n.1, p.35-44, 2001.

MUEHE, D.; NEVES, C. F. Impactos possíveis da elevação do nível do mar e eventos climáticos extremos na cidade do Rio de Janeiro: vulnerabilidade física da orla. **Rio próximos**, v.100, p.59-77, 2008.

MUEHE, D.; ROSMAN, P. C. C. A orla costeira da Região Metropolitana do Rio De Janeiro: impactos das mudanças climáticas sobre o meio físico. **Megacidades, Vulnerabilidades e Mudanças Climáticas**: Região Metropolitana do Rio de Janeiro, CST/INPE e NEPO/Unicamp, 2011.

NRC - National Research Council. **Managing Wastewater in Coastal Urban Areas**. 478p. National Academy Press, Washington, D.C., 1993.

NEVES, C. F.; MUEHE, D. Vulnerabilidade, impactos e adaptação às mudanças do clima: a zona costeira. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v.13, n.27, p. 217–296, 2008. Disponível em: http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/325/319 Acesso em: 15 set 2020.

NICHOLLS, R. J.; CAZENAVE, A. Sea-level rise and its impact on coastal zones. **Science**, v.328, p.1517-1520, 2010.

NUNES, A. L. **Determinação das Marés Meteorológicas na Região da Baía do Espírito Santo e sua influência na drenagem de águas continentais**. 131 p. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Gestão de águas interiores e costeiras. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2007.

OLHAR OCEANOGRÁFICO. **A engorda das praias: onde as ressacas são perigosas?**. Disponível em: <https://olharoceanografico.wordpress.com/category/ressacas/>. Acesso em: 4 nov 2019.

OLIVEIRA, S. **Comparação da distribuição do sedimento em duas praias com diferente exposição às ondas** (Praia de Galé e Praia de Olhos de Água). 65p. Projeto Tecnológico da Licenciatura em Biologia, Universidade do Algarve, 2012.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Eventos climáticos extremos aumentam em frequência**; relatório pede ação precoce. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/95478-eventos-climaticos-extremos-aumentam-em-frequencia-relatorio-pede-acao-precoce>. Acesso em: 19 out 2020.

PACÍFICO, A. (2011). O espaço da Baía de Guanabara e suas múltiplas tensões. **Seminários Espaços Costeiros**, v.1, 2011. Disponível em: <https://portalseer.ufba.br/index.php/secosteios/article/view/14683> Acesso em: 10 jan 2020.

PARISE, C. K. **Padrões atmosféricos sinóticos geradores de marés meteorológicas intensas e a resposta morfodinâmica da praia do Cassino**. 2007. 60p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanologia) - Faculdade de Oceanografia, Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande, 2007.

PENA, Juliana do Nascimento; LINS-DE-BARROS, Flavia Moraes. Gestão de Praias Urbanas e Efeitos dos Eventos de Ressaca: Estudo de Caso das Praias Urbanas Oceânicas da cidade do Rio de Janeiro. Encontro Nacional da Anpege, 11, 2015, Presidente Prudente. **Anais...** 2015. p.1-1113.

PROJETO ORLA. **Fundamentos para gestão integrada**. Brasília: MMA/SQA, 2002.

PROJETO ORLA. **Subsídios para um projeto de gestão**. Brasília: MMA e MPO, 2004.

PROJETO ORLA. **Plano de Ação na Orla Estuarina e Marítima do Município do Rio Grande**. Rio Grande, 2004.

PUGH, D. **Changing sea levels**. Effects of tides, weather and climate. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

REDDIT. Praia do Leblon, Praia de Ipanema e Pedra do Arpoador vistas do Mirante do Sétimo Céu. Disponível em: https://www.reddit.com/r/brasil/comments/8kxx3x/praia_do_leblon_praia_de_ipanema_3_pedra_do/. Acesso em: 21 set 2020.

RODRIGUES M. L. G.; FRANCO, D.; SUGAHARA, S. Climatologia de frentes frias no litoral de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Geofísica**, v.22, n.2, p.135-151, 2004.

RODRÍGUEZ, J. J.; WINDEVORHEL, N. J. **Análisis Regional de la Situación de la Zona Marina Costera Centroamericana**. Washington: Banco Interamericano de Desenvolvimento. No.ENV-121,1998.

SAMPAIO, Andréa Carmo. Considerações sobre a evolução geológica-geomorfológica recente da Baía de Sepetiba-litoral sudeste do Estado do Rio de Janeiro. (Tese) Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.

SANTOS, M. C. F. V.; ZIEMAN, J. C.; COHEN, R. R. H. Interpreting the upper mid-littoral zonation patterns of mangroves in Maranhao (Brazil) in response to microtopography and hydrology. *Mangrove Ecosystem Studies in Latin America and Africa*; Kjerfve, B., Lacerda, LD, Diop, EH, Eds, p. 149, 1997.

SILVA, M. A. M.; SILVA, A. L. C.; SANTOS, C. L.; SILVESTRE, C. P.; ANTONIO, R. V. M.; CUNHA, A. B. C.; GRALATO, J. C. A.; SOUZA, R. D. Praias da Baía de Guanabara no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.17, p.205-225, 2016.

SILVEIRA, I.; CALADO, L.; CASTRO, B. et al. On the baroclinic structure of the Brazil Current-Intermediate Western Boundary Current system at 22 °- 23°S. **Geophysical Research Letters**, v. 31, L14308, p.1-5, 2004.

SILVEIRA, Renata Dias. **Risco climático, vulnerabilidade socioespacial e eventos climáticos extremos relacionados ao calor e ao frio no estado do Rio Grande do Sul- Brasil**. 2014. 377 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/115959>>.

SILVIA et al. LEG: laboratório de estatística e geoinformação. Interpretação do coeficiente de correlação. 2006. Disponível em: <http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003/node74.html>. Acesso em: 19 ago 2020.

SOUZA, P. H. G. O.; SIEGLE, E.; TESSLER, M.G. Environmental and Anthropogenic Indicators for Coastal Risk Assessment at Massaguaçu Beach (SP) Brazil. **Journal of Coastal Research**, v.64, p.319-323, 2011.

SOUZA, C. R de G.; SUGUIO, K. The coastal erosion risk zoning and the São Paulo Plan for Coastal Management. **Journal Coastal Research**, SI35, p.530-547, 2003.

SOUZA, Rafael Santos de. **Erosão costeira nas Praias da Barra da Tijuca, Reserva e Recreio dos Bandeirantes**. Monografia. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.

SOUSA, Rafael Santos de. **Erosão costeira nas Praias da Barra da Tijuca, Reserva e Recreio dos Bandeirantes**. Rio de Janeiro. 2011.

STECH, J. L.; LORENZZETTI, J. A. 1992. The response of the South Brazil Bight to passage of wintertime cold fronts. **Journal of Geophysical Research**, v.97, n.C6, p.9.507-9.520, 1992.

TOL, R. S. J et al. In press. Adaptation to five metres of the sea level rise. *J. Risk Anal.* In: Turner, R. K.; Doktor, P.; Adger, N. **Assessing the costs of sea-level rise**. *Environ. Plann. A* 27, 1995. p.1777-1796.

TROLL, C. **Geoforum**, v.8, p.43-46, 1971.

TRUCCOLO, E. C. **Maré Meteorológica e Forçantes Atmosféricas Locais em São Francisco do Sul - SC**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

TURNER, R. K.; ADGER, W. N. **Coastal Zone Resources Assessment Guidelines**. LOICZ (Land Ocean Interactions in the Coastal Zone). LOICZ Reports & Studies, n.4, 101p., Texel, Holanda, 1996.

VIEIRA, Ivan Souza. Rio de Janeiro e meio ambiente: relações entre cidade e natureza no início do século XX. **Revista Desenvolvimento Social** v.25, n.1 p.21-38, 2019.

WOOD, F. J. **The strategic role of perigean spring tides: In nautical history and north American coastal flooding, 1635 - 1979**. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S Government Printing Office, 1978. p.3-12.

WALSH, K. J. E.; et al. Using Sea Level Rise Projections for Urban Planning in Australian. **Journal of Coastal Research**, v.20, p.586-598, 2004.

ZEE, D.M.W. et al. Subsídios para a Gestão dos Impactos das Mudanças Climáticas nas Áreas Costeiras do Rio de Janeiro-Brasil. In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Rio de Janeiro. **Anais...** 2012. p.120.

Consulta aos sites:

BORESTENÁUTICA. Noções de Meteorologia para Navegantes. Disponível em: <https://www.borestenautica.com.br/arquivos/Meteorologia.pdf>. Acesso em: 16 de Agosto de 2019.

CEM. Centros de Estudos do Mar. 2005. Disponível em: <http://www.cem.ufpr.br/portal/>. Acesso em: 12 set 2019.

CLIMATEMPO. Climatedpo. Disponível em: <https://www.climatedpo.com.br/> Acesso em: 3 jan 2020.

Anexo 1



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



PEDIDO DE CESSÃO DE DADOS PARA FINS ACADÊMICOS

Rio de Janeiro, 22 de julho de 2020.

OF.POS-GEO nº22/2020



De: Prof. Alexandro Solórzano, Diretor do Departamento de Geografia e Meio Ambiente

Para: Capitão de Mar e Guerra Sebastião Simões de Oliveira, Diretor do Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil (CHM)

Prezado Capitão de Mar e Guerra Sebastião Simões de Oliveira,

O Diretor do Departamento de Geografia e Meio Ambiente, Professor Alexandro Solórzano, junto ao orientador da pesquisa Prof. Sérgio Cadena de Vasconcelos, vem por meio desta solicitar ao estimado Diretor do CHM a cessão de dados contidos no Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) para fins acadêmicos.

Os referidos dados descritos abaixo serão utilizados no desenvolvimento da dissertação de mestrado do aluno Carlos Eduardo Santos Costa do Programa de Pós-Graduação em Geografia da PUC-Rio com o título: "Relação entre a expansão da Frente Polar Atlântica e os impactos de eventos extremos na zona costeira do Rio de Janeiro (RJ): análise da frequência e intensidade dos eventos nos últimos 30 anos".

A área de estudo da pesquisa localiza-se ao longo do litoral do município do Rio de Janeiro (RJ), no quadrante: -23° 06' 00" Sul - 43° 47' 12.48" Oeste/ -22° 52' 00" Sul - 43° 09' 00" Oeste).

Para o desenvolvimento da pesquisa citada acima será necessário o acesso aos seguintes dados:

	TEMÁTICA	DADOS/ INFORMAÇÕES	FORMATO DE DISPONIBILIDADE	DEFINIÇÃO	OBSERVAÇÕES	INTERVALO DE TEMPO
22	Oceanografia	<p>Altura observada horária de Marés (Estações maregráficas)</p> <p>- Barra da Tijuca (50178). -Recreio dos Bandeirantes (50174). - Piracão (50129). - Sepetiba (50163).</p>	ASCII	Alturas horárias de maré medidas in situ	Dados disponibilizados sob demanda	1988 -2018 (Diariamente)

Tal solicitação é feita, a fim de adquirir os dados oceanográficos das estações maregráficas da Barra da Tijuca (50178), Recreio dos Bandeirantes (50174), Piracão (50129) e Sepetiba (50163). Caso o Banco Nacional de Dados Oceanográficos tenha o histórico das datas sobre os Alertas de Ressacas (1988 – 2018), também há o interesse em adquiri-los.

Agradeço desde já pela atenção e valorosa contribuição desta instituição ao trabalho de pesquisa acadêmica em desenvolvimento.

Atenciosamente,

Sérgio Cadena de Vasconcelos
 Prof. Dr. Sérgio Cadena de Vasconcelos
 Orientador da pesquisa

Sérgio Cadena de Vasconcelos
 Coordenador da Graduação
 Departamento de Geografia
 e Meio Ambiente
 PUC-Rio

Alexandro Solórzano
 Prof. Dr. Alexandro Solórzano
 Diretor do Departamento de Geografia e Meio Ambiente

Alexandro Solórzano
 Diretor
 Departamento de Geografia
 e Meio Ambiente
 PUC-Rio

Departamento de Geografia e Meio Ambiente — PUC-Rio
 Rua Marquês de São Vicente, 225, Ala Frings, Sala 41 IF
 Gávea, Rio de Janeiro, RJ. CEP: 22.451-900

Apêndice 1

Ano	FPA	Percentual
1988	37	5,09%
1989	36	4,95%
1990	35	4,82%
1991	36	4,95%
1992	44	6,06%
1993	29	3,99%
1994	35	4,82%
1995	22	3,03%
1996	12	1,65%
1997	23	3,16%
1998	19	2,61%
1999	14	1,92%
2000	18	2,47%
2001	9	1,23%
2002	16	2,20%
2003	27	3,71%
2004	29	3,99%
2005	21	2,89%
2006	24	3,30%
2007	19	2,61%
2008	16	2,20%
2009	27	3,71%
2010	23	3,16%
2011	18	2,47%
2012	22	3,03%
2013	24	3,30%
2014	15	2,06%
2015	25	3,44%
2016	28	3,85%
2017	23	3,16%

Elaborado pelo autor.

Apêndice 2

Ano	Ressacas	Percentual
1988	6	5,50%
1989	4	3,66%
1990	5	4,58%
1991	3	2,75%
1992	4	3,66%
1993	5	4,58%
1994	4	3,66%
1995	3	2,75%
1996	3	2,75%
1997	4	3,66%
1998	1	0,91%
1999	2	1,83%
2000	4	3,66%
2001	2	1,83%
2002	3	2,75%
2003	6	5,50%
2004	7	6,42%
2005	1	0,91%
2006	6	5,50%
2007	1	0,91%
2008	3	2,75%
2009	1	0,91%
2010	4	3,66%
2011	2	1,83%
2012	2	1,83%
2013	6	5,50%
2014	2	1,83%
2015	3	2,75%
2016	5	4,58%
2017	7	6,42%

Elaborado pelo autor.

Apêndice 3

- 1988:

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1812499/CA

Datas	Praias	Tipos de IC's
10/04/1988	Leblon	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Problemas com as redes de esgoto e de fornecimento de água potável (gravidade e refluxo).
28/05/1988	Leblon, Ipanema	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Perda da qualidade de vida.
07/06/1988	Leblon	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Problemas com as redes de esgoto e de fornecimento de água potável (gravidade e refluxo).
27/07/1988	Leblon	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. * Problemas com as redes de esgoto e de fornecimento de água potável (gravidade e refluxo). *Alto custo de manutenção, recuperação, mitigação.
12/08/1988	Ipanema, Leblon, Vidigal, São Conrado.	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. * Problemas com as redes de esgoto e de fornecimento de água potável (gravidade e refluxo). *Alto custo de manutenção, recuperação, mitigação.
03/08/1988	Leblon, Vidigal, São Conrado	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. * Problemas com as redes de esgoto e de fornecimento de água potável (gravidade e refluxo). *Modificações paulatinas nos processos biogeoquímicos. *Alto custo de manutenção, recuperação, mitigação.

- 1989:

Datas	Praias	Tipos de IC's
08/05/1989	Leme, Sepetiba	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens.
14/05/1989	Pedra de Guaratiba, Sepetiba.	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens. *Prejuízos socioeconômicos.
29/05/1989	Praia do Zumbi	*Modificações paulatinas nos processos biogeoquímicos
18/09/1989	Leblon	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Perda da qualidade de vida
26/09/1989	Leblon	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.

- 1990:

Datas	Praias	Tipos de IC's
22/04/1990	Praia da Pedra, Leblon, Copacabana,	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódica de terrenos da orla. *Modificações nas nos processos biogeoquímicos.
12/06/1990	Leblon, Flamengo	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódica de terrenos da orla. *Perda progressiva de terrenos naturais.
24/06/1990	Leblon	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódica de terrenos da orla.
20/08/1990	Leblon	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
30/11/1990	Leblon	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Perda progressiva de terrenos naturais.

- 1991:

Datas	Praias	Tipos de IC's
21/04/1991	Leblon	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódica de terrenos da orla.
05/08/1991	Leblon	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens
02/10/1991	Leblon	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens

-1992:

Datas	Praias	Tipos de IC's
02/03/1992	Leblon, Barra da Tijuca	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens
13/06/1992	Leblon	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Perda da qualidade de vida. *Comprometimento da beleza cênica.
04/08/1992	Praia do Coqueirinho, Praia de Ponta Grossa, Pedra de Guaratiba.	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Prejuízos socioeconômicos. *Perda da qualidade de vida.
26/08/1992	Leme, Copacabana	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens

- 1993:

Datas	Praias	Tipos de IC's
09/04/1993	Leblon, Ipanema (Canal do Jardim de Alá)	*Perda progressiva de terrenos naturais (Assoreamento) *Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
17/05/1993	Copacabana, Leblon, Ipanema (Canal do Jardim de Alá)	*Perda progressiva de terrenos naturais (Assoreamento) *Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens
30/05/1993	Leblon, Ipanema	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
12/06/1993	Leblon	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódica de terrenos da orla *Perda da qualidade de vida.
12/08/1993	Leblon, Ipanema (Canal do Jardim de Alá)	*Perda progressiva de terrenos naturais (Assoreamento)

-1994:

Datas	Praias	Tipos de IC's
09/03/1994	Do Leme ao Recreio dos Bandeirantes, Praia do Flamengo	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens
30/06/1994	Leblon, Ipanema (Canal do Jardim de Alá)	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens *Perda da qualidade de vida. *Perda progressiva de terrenos naturais (assoreamento).
10/07/1994	Leblon, Ipanema	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Perda da qualidade de vida.
26/04/1994	Do Leme a Barra da Tijuca	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódica de terrenos da orla. *Perda da qualidade de vida. *Problemas com as redes de esgoto e de fornecimento de água potável (gravidade e refluxo).

- 1995:

Datas	Praias	Tipos de IC's
20/01/1995	Copacabana, Leblon, Barra da Tijuca	*Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens
24/04/1995	Do Leme a São Conrado (Canal Jardim de Alá), Copacabana, Barra da Tijuca,	*Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens, *Problemas com as redes de esgoto e de fornecimento de água potável (gravidade e refluxo).
14/09/1995	Leblon	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódica de terrenos da orla. *Alto custo de manutenção, recuperação, mitigação.

- 1996:

Datas	Praias	Tipos de IC's
16/02/1996	Leblon, Ipanema (Canal do Jardim de Alá)	*Perda progressiva de terrenos naturais (assoreamento)
29/06/1996	Leblon, Barra da Tijuca, Praia da Macumba	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Perda da qualidade de vida.
25/07/1996	Barra da Tijuca (Canal da Joatinga/Lagoas da Bacia de Jacarepaguá)	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Salinização dos terrenos e do lençol freático *Perda da qualidade de vida.

- 1997:

Datas	Praias	Tipos de IC's
20/02/1997	Praia do Arpoador	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens.
07/04/1997	Leblon, Ipanema, Arpoador	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens. *Inundações periódica de terrenos da orla. *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens *Prejuízos socioeconômicos
01/06/1997	Flamengo - Glória, Arpoador, Copacabana, Praia Vermelha	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Aumento da Vulnerabilidade de pessoas e bens. *Perda da qualidade de vida.
13/09/1997	Arpoador	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.

- 1998:

Datas	Praias	Tipos de IC's
01/10/1998	Copacabana	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.

- 1999:

Datas	Praias	Tipos de IC's
04/01/1999	Barra da Tijuca, Leme, São Conrado, Praia Vermelha	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens.
19/04/1999	Ipanema	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Prejuízos socioeconômicos. *Perda da qualidade de vida.

- 2000:

Datas	Praias	Tipos de IC's
29/05/2000	Barra da Tijuca, Arpoador	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódica de terrenos da orla. *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens *Problemas com as redes de esgoto e de fornecimento de água potável (gravidade e refluxo).
18/07/2000	Ipanema, Leblon, Arpoador, Barra da Tijuca, São Conrado	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódica de terrenos da orla. *Problemas com as redes de esgoto e de fornecimento de água potável (gravidade e refluxo). *Prejuízos socioeconômicos. *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens. *Perda da qualidade de vida.
20/06/2000	São Conrado	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Prejuízos socioeconômicos.
17/08/2000	Leblon	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens. *Prejuízos socioeconômicos.

- 2001:

Datas	Praias	Tipos de IC's
07/05/2001	Leblon, Ipanema, São Conrado	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódicas de terrenos da orla *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens. *Prejuízos socioeconomicos. *Perda da qualidade de vida.
18/09/2001	Arpoador, Ipanema	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens. *Prejuízos socioeconomicos.

- 2002:

Datas	Praias	Tipos de IC's
04/02/2002	Barra da Tijuca	*Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens.
21/03/2002	São Conrado, Recreio dos Bandeirantes, Leme, Pedra de Guaratiba	*Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens. *Comprometimento da beleza cênica *Prejuízo socioeconomicas.
06/09/2002	Ipanema, Leblon	* Salinização dos terrenos e do lençol freático *Perda progressiva de terrenos naturais

- 2003:

Datas	Praias	Tipos de IC's
14/04/2003	Barra da Tijuca	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Prejuízos socioeconômicos.
26/05/2003	Leblon, Copacabana, Pedra de Guaratiba, Leme, Leblon	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Prejuízos socioeconômicos. *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens *Inundações periódicas dos terrenos da orla. *Perda da qualidade de vida.
16/06/2003	Praia da Urca, Praias da Zona Sul.	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens. *Prejuízos socioeconômicos.
12/07/2003	Ipanema, Leblon, Barra da Tijuca, São Conrado e Recreio dos Bandeirantes	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens. *Prejuízos socioeconômicos.

20/08/2003	Copacabana, São Conrado	Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
12/09/2003	Ilha do Meio (Ilha do Governador)	*Perda da qualidade de vida. *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens

- 2004:

Datas	Praias	Tipos de IC's
12/04/2004	Barra da Tijuca	*Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens.
16/05/2004	Leblon	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
13/07/2004	Leblon	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
30/08/2004	Barra de Guaratiba, Leme, Leblon	*Mortandades de espécies vegetais e animais. *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens.
08/11/2004	Barra da Tijuca	*Perda da qualidade de vida. *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens
17/11/2004	Barra da Tijuca, Recreio dos Bandeirantes	*Perda da qualidade de vida. *Prejuízos socioeconômicos.

- 2005:

Datas	Praias	Tipos de IC's
14/09/2005	Copacabana	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Problemas com as redes de esgoto e de fornecimento de água potável (gravidade e refluxo).

- 2006:

Datas	Praias	Tipos de IC's
26/04/2006	Barra de Guaratiba, Arpoador, Ipanema.	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
02/05/2006	Barra, Praia da Macumba, Grumari, São Conrado, Lagoas da Tijuca e Marapendi.	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens *Prejuízos socioeconômicos. *Mortandades de espécies vegetais e animais.

29/06/2006	Arpoador, Barra da Tijuca.	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens *Prejuízos socioeconomicos.
30/08/2006	Recreio dos Bandeirantes	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Prejuízos socioeconomicos.
06/09/2006	Leblon, Praia da Macumba	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódica de terrenos da orla. *Problemas com as redes de esgoto e de fornecimento de água potável (gravidade e refluxo) *Prejuízos socioeconomicos.
24/09/2006	Barra da Tijuca	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
31/12/2006	Praia da Macumba	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Prejuízos socioeconomicos. *Problemas com aplicação da legislação ambiental vigente

- 2007:

Datas	Praias	Tipos de IC's
25/07/2007	Canal do Rio Morto (Recreio) São Conrado	Problemas com as redes de esgoto e de fornecimento de água potável (gravidade e refluxo).

- 2008:

Datas	Praias	Tipos de IC's
07/04/2008	Barra da Tijuca	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
25/04/2008	Leblon, Urca, Copacabana, Flamengo	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódica de terrenos da orla. *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens.
19/11/2008	Leme	*Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens
05/12/2008	Praia da Macumba	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódica de terrenos da orla. *Prejuízos socioeconômicos. *Perda da qualidade de vida.

- 2009:

Datas	Praias	Tipos de IC's
11/04/2009 14/04/2009	Canal do Jardim de Alah, Leme, Barra da Tijuca, Leblon	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Problemas com as redes de esgoto e de fornecimento de água potável (gravidade e refluxo). *Perda progressiva de terrenos naturais *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens

- 2010:

Datas	Praias	Tipos de IC's
26/02/2010	Leblon	*Inundações periódica de terrenos da orla *Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
09/04/2010	Aeroporto Santos Dumont, Copacabana, Leblon, São Conrado	*Inundações periódica de terrenos da orla *Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
05/06/2010	Praia da Macumba, São Conrado, Arpoador	*Inundações periódica de terrenos da orla *Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Prejuízos socioeconômicos *Comprometimento da beleza cênica *Perda da qualidade de vida.
24/09/2010	São Conrado	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Prejuízos socioeconômicos

- 2011:

Datas	Praias	Tipos de IC's
08/05/2011	Praia da Macumba	Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens
29/05/2011	Copacabana	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódica de terrenos da orla.

-2012:

Datas	Praias	Tipos de IC's
04/04/2012	São Conrado	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódicas de terrenos da orla.
26/11/2012	São Conrado	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódicas de terrenos da orla.

- 2013:

Datas	Praias	Tipos de IC's
03/01/2013	Barra da Tijuca	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
17/04/2013	Barra da Tijuca, Arpoador	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódicas de terrenos da orla.
22/05/2013	Leblon	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
06/05/2013	Arpoador	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
27/05/2013	Copacabana	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódicas de terrenos da orla. *Prejuízos socioeconômicos
28/06/2013	Baía de Sepetiba (Praia não identificada)	*Inundações periódicas de terrenos da orla.
26/09/2013	Lagoa Rodrigo de Freitas	*Salinização dos terrenos e do lençol freático

- 2014:

Datas	Praias	Tipos de IC's
15/04/2014	Praia do Arpoador	Perda da qualidade de vida
27/05/2014	Copacabana	*Inundações periódica de terrenos da orlas. *Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Prejuízos socioeconômicos

- 2015:

Datas	Praias	Tipos de IC's
01/09/2015	Praia de Sepetiba	*Inundações periódica de terrenos da orlas.
23/04/2015	Arpoador	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
14/05/2015	Urca	*Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens.
13/06/2015	Ipanema	*Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens.

- 2016:

Datas	Praias	Tipos de IC's
27/04/2016	Leblon, Arpoador, Copacabana	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
11/06/2016	Copacabana	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
13/06/2016	Copacabana	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
30/07/2016	Copacabana	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódica de terrenos da orlas.
03/08/2016	Copacabana, Marina da Glória	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
11/08/2016	Barra da Tijuca, São Conrado	*Perda da qualidade de vida
13/08/2016	Copacabana	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens.
31/10/2016	Leblon, São Conrado e Barra da Tijuca	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódicas de terrenos da orla. *Prejuízos socioeconomicos

- 2017:

Datas	Praias	Tipos de IC's
12/05/2017	Marina da Glória, Aterro do Flamengo	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódica de terrenos da orlas.
11/08/2017	São Conrado, Barra da Tijuca (Ciclovía Tim Maia)	*Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens *Perda da qualidade de vida.
14/08/2017	Flamengo, Botafogo	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódica de terrenos da orlas.

05/10/2017	Praia da Macumba	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódica de terrenos da orla. *Alto custo de manutenção, recuperação, mitigação *Prejuízos socioeconômicos.
18/10/2017	Praia da Macumba	*Prejuízos socioeconômicos. *Alto custo de manutenção, recuperação, mitigação.
25/10/2017	Praia da Macumba	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Inundações periódica de terrenos da orlas. *Alto custo de manutenção, recuperação, mitigação *Prejuízos socioeconômicos.
30/10/2017	Leblon, Arpoador	*Erosão, destruição e/ou comprometimento de propriedades e bens. *Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens.

Fonte: todos os quadros elaborados pelo autor.