

**Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto
Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade PIBIC/ICMBio**



Relatório Final
(Ciclo 2022-2023)

**Análise de impactos e desenvolvimento de protocolo de redução de
risco à eventos pluviométricos extremos no Parque Nacional da Tijuca**

Nome do(a) estudante de IC: Isabela Barros

Orientador(a): Mariana Egler

**Coorientador(a): Francisco Dourado
Leonard Schumm**

Instituição do coorientador: UERJ/ICMBio

**Rio de Janeiro
Setembro /2023**

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo investigar a ocorrência de deslizamentos no Parque Nacional da Tijuca associados aos impactos de eventos pluviométricos extremos, e a partir deste conhecimento apoiar a administração da unidade na elaboração de protocolo de redução de risco para a Unidade. O Parque Nacional da Tijuca abrange uma série de formações montanhosas, incorporadas ao Maciço da Tijuca com destaque para o Pico da Tijuca (1022 m), que representa o segundo ponto mais elevado do município. A geologia montanhosa da unidade além de posição geográfica paralela à costa, expõe seu território à umidade oriunda do mar e chuvas intensas. A geomorfologia acidentada formada por encostas íngremes, associadas a solos rasos cobertos por vegetação de grande porte, tornam este território vulnerável a ocorrência de deslizamentos. Este cenário de vulnerabilidade vem se agravando nos últimos anos, em decorrência do aumento na frequência e intensidade de eventos pluviométricos extremos. Tal condição reflete fenômeno coerente e esperado aos impactos das mudanças climáticas nos trechos montanhosos do território brasileiro, localizado na região sudeste do continente sul-americano. Para alcançar este objetivo serão avaliados os deslizamentos registrados no ano de 2022, e verificados a sua ocorrência em relação à eventos extremos neste período. Será feito um levantamento dos eventos pluviométricos extremos nos últimos 10 anos, com base nos dados de estações meteorológicas no entorno da unidade, e verificada a ocorrência de deslizamentos nos últimos 10 anos através de registros e entrevistas. Diante desta análise espera-se contribuir com dados científicos para a definição dos limites pluviométricos a serem utilizados em protocolos de redução de risco e funcionamento da unidade.

Palavras-chave: Eventos pluviométricos extremos, deslizamentos, mudanças climáticas.

ABSTRACT

The present study aims to investigate the occurrence of landslides in the Tijuca National Park associated with the impacts of extreme rainfall events, and to support the unit's administration in the conception of a risk reduction protocol for the unit. The Tijuca National Park encompasses a mountainous area, including Pico da Tijuca (1022 m), which represents the second highest point in Rio de Janeiro city. The mountainous geology of the unit, in addition to its geographical position parallel to the coast, exposes its territory to humidity from the sea and intense rain. The rough geomorphology formed by steep slopes, associated with shallow soils covered by developed trees make this territory vulnerable to the occurrence of landslides. This vulnerability has been worsening in recent years, due to the increase in the frequency and intensity of extreme rainfall events. This condition reflects a coherent and expected phenomenon related to climate change and its impacts on the mountainous stretches of the Brazilian territory, located in the south-eastern region of the South American continent. To achieve this objective, landslides registered the year 2022 will be evaluated, and their occurrence will be verified in relation to extreme events in this period. A survey of extreme rainfall events in the last 10 years will be carried out, based on data from meteorological stations near the unit, and the occurrence of landslides in the last 10 years will be verified through records and interviews. We expect to contribute with scientific data for the definition of rainfall limits to be used in risk reduction protocols and unit operation regime.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização Parque Nacional da Tijuca com seus respectivos setores.	20
Figura 2 - Movimento de massa ativo com impermeabilização emergencial com lona, que está rasgada em alguns pedaços (fotografia de 14/10/2022)	25
Figura 3 - Crista do movimento de massa, ocorrido em setembro de 2020, com obras no sistema de drenagem (fotografia de 14/10/2022)	26
Figura 4 - Paredão de rochas fraturas em iminência de queda com muro de contenção ao lado fotografia de (14/10/2022)	27
Figura 5 - Bloco caído no acostamento da pista (fotografia de 14/10/2022)	27
Figura 6 - Queda de uma grande árvore mobilizada por movimento de massa (fotografia de 25/11/2022)	28
Figura 7 - Grande árvore mobilizada pelo movimento de massa gravitacional de abril de 2022 (fotografia de 14/10/2022)	29
Figura 8 - Queda de árvore enraizada no substrato rochoso alterado e fraturada (fotografia de 21/10/2022)	30
Figura 9 - Árvore mobilizada pelo movimento de massa gravitacional (fotografia de 21/11/2022)	31
Figura 10 - Movimento de massa gravitacional que mobilizou diversas árvores de médio e pequeno porte fotografia de (09/11/2022)	32
Figura 11 - Queda de blocos no estacionamento Paineiras (fotografia de 16/11/2022).	33
Figura 12 - Movimento de massa gravitacional que está obstruindo a passagem dos pedestres (fotografia de 09/11/2022)	34
Figura 13 - Movimento de massa gravitacional com lona de impermeabilização com árvores ainda não removidas (fotografia de 02/07/2022)	35
Figura 14 - Movimento de massa gravitacional (fotografia de 04/04/2022)	36
Figura 15: Movimento de massa gravitacional (fotografia de 04/04/2022)	36
Figura 16: Paredão com eminente risco de queda de árvore e de blocos (fotografia de 20/07/2023.	38
Figura 17: Paredão com eminente risco de queda de árvore e de blocos (Fotografia de 16/11/2022).	38

Figura 18: Árvore mobilizada pelo movimento de massa do dia 24/11/2022	38
Figura 19: Árvore mobilizada pelo movimento de massa do dia 24/11/2022 (Fotografia 02/12/2012)	40
Figura 20 - Mapa dos pontos de deslizamento ativos. Fonte: Elaborado pela aluna	46
Figura 21: Localização das estações pluviométricas pertinentes para as análises.	49
Figura 22: Localização das Estações pluviométricas operadas pelo Alerta Rio selecionadas no presente estudo.	51
Figura 23: Localização das Estações pluviométricas operadas pelo CEMADEN e INEA descartadas no presente estudo.	51
Figura 24: Gráfico representativo das ocorrências de chuvas anuais de eventos de chuva acumulada em 24 horas superior a 30 mm/dia.	62
Figura 25: Gráfico representativo do somatório mensal de chuvas, nos intervalos anuais.	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - tabela dos pontos de deslizamentos no Parque Nacional da Tijuca em 2022	23
Tabela 2 - Descrição geotécnica do ponto 1001 P	24
Tabela 3 - Descrição geotécnica do ponto 1002 P.	26
Tabela 4 - Descrição geotécnica do ponto 1003 P	28
Tabela 5 - Descrição geotécnica do ponto 1004 P	29
Tabela 6 - Descrição geotécnica do ponto 1005 P	30
Tabela 7 - Descrição geotécnica do ponto 1006 P	31
Tabela 8 - Descrição geotécnica do ponto 1007 P	32
Tabela 9 - Descrição geotécnica do ponto 1008 P	33
Tabela 10 - Descrição geotécnica do ponto 1100 F	34
Tabela 11 - Descrição geotécnica do ponto 1101 F	37
Tabela 12 - Descrição geotécnica do ponto 1102 F	39
Tabela 13 - Análise comparativa dos pontos analisados	48
Tabela 14 - Estações pluviométricas selecionadas no presente estudo, considerando sua localização entorno do Parque Nacional da Tijuca, instituições responsáveis pela estação, localização geográfica e abrangência temporal dos dados pluviométricos.	45
Tabela 15 - Estações pluviométricas Alerta Rio selecionadas no presente estudo, considerando sua localização entorno do Parque Nacional da Tijuca e localização geográfica.	50
Tabela 16: Número de dias com precipitação superior a 30 mm em 24 horas, Estação Alto da Boa Vista, entre 2010 e 2022.	53
Tabela 17: Maiores valores mensais observados em 24 horas, Estação Alto da Boa Vista.	54
Tabela 18: Somatório mensal de chuvas, nos intervalos anuais, Estação Alto da Boa Vista.	55
Tabela 19: Número de dias com precipitação superior a 30 mm em 24 horas, Estação Rocinha.	56
Tabela 20: Maiores valores mensais observados em 24 horas, Estação Rocinha.	57

Tabela 21: Somatório mensal de chuvas, nos intervalos anuais, Estação Rocinha.	58
Tabela 22: Número de dias com precipitação superior a 30 mm em 24 horas, Estação Tijuca/Muda.	59
Tabela 23: Maiores valores mensais observados em 24 horas, Estação Tijuca/Muda.	60
Tabela 24: Somatório mensal de chuvas, nos intervalos anuais, Estação Tijuca-Muda.	61
Tabela 25: Número de dias com precipitação superior a 30 mm em 24 horas, Estações do Alerta Rio. Alto da Boa Vista, Rocinha e Tijuca Muda, entre 2020 e 2022.	66
Tabela 26: Maiores valores mensais observados em 24 horas, Estações do Alerta Rio: Alto da Boa Vista, Rocinha e Tijuca Muda, entre 2020 e 2022.	66
Tabela 27: Somatório mensal de chuvas, nos intervalos anuais, Estações do Alerta Rio: Alto da Boa Vista, Rocinha e Tijuca Muda, entre 2020 e 2022.	67
Tabela 28: Cronograma de atividades da pesquisa (set/22 - set/23)	82
Tabela 29: Cronograma de atividades da pesquisa (Nov/23 - Set/24)	83

SUMÁRIO

RESUMO	2
ABSTRACT	3
LISTA DE FIGURAS, QUADROS E TABELA	5
SUMÁRIO	8
1.INTRODUÇÃO	11
1.1. ESTUDOS ANTERIORES	11
1.2 REFERÊNCIAS TEÓRICAS	13
2. OBJETIVO	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: PARQUE NACIONAL DA TIJUCA	20
4. RESULTADOS	22
4.1. OCORRÊNCIA DE DESLIZAMENTOS E FATORES INTERVENIENTES	22
4.1.1. DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE DESLIZAMENTOS ATIVOS NO PARQUE NACIONAL DA TIJUCA (JAN-OUT. 2022)	24
4.1.1.1. SETOR SERRA DA CARIOCA	24
4.1.1.1.1. PONTO 1001 P	24
4.1.1.1.2. PONTO 1002 P	26
4.1.1.1.3. PONTO 1003 P	28
4.1.1.1.4. PONTO 1004 P	29
4.1.1.1.5. PONTO 1005 P	30
4.1.1.1.6. PONTO 1006 P	31
4.1.1.1.7. PONTO 1007 P	32
4.1.1.1.8. PONTO 1008 P	33
4.1.1.2. SETOR FLORESTA	35
4.1.1.2.1. PONTO 1100 F	35
4.1.1.2.1. PONTO 1101 F	37

4.1.1.2.1. PONTO 1102 F	39
4.2. DADOS CLIMATOLÓGICOS	46
4.2.1. ANÁLISE DAS TABELAS E GRÁFICOS COM OS PRINCIPAIS PARÂMETROS MENSAIS	53
4.2.1.1. COMPORTAMENTO DOS DESCRITORES PLUVIOMÉTRICOS PARA A ESTAÇÃO ALTO DA BOA VISTA	53
4.2.1.2. COMPORTAMENTO DOS DESCRITORES PLUVIOMÉTRICOS PARA A ESTAÇÃO ROCINHA	56
4.2.1.3. COMPORTAMENTO DOS DESCRITORES PLUVIOMÉTRICOS PARA A ESTAÇÃO TIJUCA/MUDA	59
4.2.2. ANÁLISE GRÁFICA DOS DESCRITORES PLUVIOMÉTRICOS	61
4.2.2.1. OCORRÊNCIAS ANUAIS DE EVENTOS DE CHUVA ACUMULADA DE 24 HORAS SUPERIOR A 30 MM/DIA	62
4.2.2.2. SOMATÓRIO MENSAL DE CHUVAS, NOS INTERVALOS ANUAIS	63
4.2.3. COMPARATIVO DO COMPORTAMENTO PLUVIOMETRICO DAS ESTAÇÕES NOS ANOS DE 2020, 2021 E 2022	65
4.3. LEVANTAMENTO DAS INSTITUIÇÕES FEDERAIS, ESTADUAIS E MUNICIPAIS	69
4.3.1. INSTITUIÇÕES FEDERAIS	69
4.3.2. INSTITUIÇÕES ESTADUAIS	70
4.3.3. INSTITUIÇÕES MUNICIPAIS	71
4.4. ATIVIDADES ADICIONAIS NÃO PREVISTAS NO PLANEJAMENTO DO PROJETO PIBIC	72
4.4.1. VISITA TÉCNICA À DEFESA CIVIL DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO: LEVANTAMENTO DAS OCORRÊNCIAS DE DESLIZAMENTOS NA ÁREA DA UNIDADE E SEU ENTORNO	72
5. RESULTADOS DOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS	73
5.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1	73
5.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2	74
5.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3 E 4	76
5.4. OBJETIVO ESPECÍFICO 5	76

5.5. OBJETIVO ESPECÍFICO 6	77
5.6. OBJETIVO ESPECÍFICO 7	77
6. IMPACTOS DO PRESENTE TRABALHO PARA A GESTAO DA UNIDADE	80
7. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	80
8. AGRADECIMENTOS	81
9. CRONOGRAMA DE CONCLUSÃO DO PLANO DE TRABALHO	81
10. CITAÇÕES E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84

1. INTRODUÇÃO

A presente pesquisa surgiu como fruto do interesse da equipe de uso público do Parque Nacional da Tijuca, de compreender e enfrentar os eventos observados nos últimos anos relativos aos deslizamentos nos domínios do Parque Nacional da Tijuca, cuja frequência vem se intensificando. Tais eventos estiveram, predominantemente, associados a chuvas acima das médias.

Os desafios principais impostos por este fenômeno relacionam-se à segurança das equipes e dos visitantes, implicando na decisão sobre a necessidade ou não de fechamento do Parque Nacional da Tijuca, doravante intitulado PNT. E em segundo lugar aos custos, impostos por estes eventos à administração pública, em virtude dos prejuízos observados sobre a infraestrutura construída.

A proposta do trabalho intitulada: Análise de impactos e desenvolvimento de protocolo de redução de risco à eventos pluviométricos extremos no Parque Nacional da Tijuca previa o alcance de quatro objetivos principais que serão detalhados abaixo e foram incluídos no cronograma disposto no final deste documento.

O final do ano de 2021 e início de 2022 foram particularmente críticos para a gestão do Parque Nacional da Tijuca no que diz respeito à comutatividade e intensidade de ocorrência de deslizamentos no seu território. Quatro eventos pluviométricos extremos registrados na estação Alto da Boa Vista se destacam nesse intervalo de tempo: dezembro de 2021 (chuva máxima em 96 horas de 114.2 mm), fevereiro de 2022 (chuva máxima em 96 horas de 150.2 mm), final de março de 2022 (chuva máxima em 96 horas de 125.0 mm), início de abril de 2022 (chuva máxima em 96 horas de 392.4 mm), e novembro de 2022 (chuva máxima em 96 horas de 258.0 mm). Os deslizamentos que ocorreram nesse período e que continuam ativos foram então alvo do presente trabalho.

1.1. ESTUDOS ANTERIORES

Este projeto se insere no âmbito de uma parceria já em andamento entre o Parque Nacional da Tijuca (PNT), CEPEDES, Laboratório da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, sendo o principal coordenador por parte da UERJ, o professor Francisco Dourado, membro do corpo técnico do CEPEDES e Professor do Departamento de Geologia desta Universidade.

Esta parceria se iniciou em 2019 com o projeto *Mapeamento e levantamento de processos erosivos no Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro (2019-2020)* (Brust, 2019). Em seguida, em 2020 foram simultaneamente empreendidos os projetos: *Mapeamento dos processos erosivos na linha férrea do Trem do Corcovado (2020-2021)*

(Nery, 2020); *Mapeamento dos processos erosivos na estrada das Paineiras (2020-2021)* (Villaça, 2020); *cujas bolsas foram financiadas pelas Concessionárias, Trem do Corcovado e Paineiras-Corcovado*, e um último estudo voltado ao *Mapeamento dos processos erosivos na estrada do Sumaré (2020-2021)* (Dantas, 2021).

Nestes projetos foi desenvolvida metodologia de identificação de áreas propensas a ocorrência de movimentos de massa e processos erosivos. O primeiro projeto, de 2019, teve como ponto de partida a análise de imagens aéreas, fornecidas pelo Instituto Pereira Passos (IPP), e elaboração de um inventário com as regiões de maior ou menor susceptibilidade. Em seguida foram realizados estudos de campo para identificar o tipo de litologia, geologia estrutural local, e declividade, além de caracterizar o tipo de deslizamento e seus possíveis agravantes. Como resultado, criou-se uma escala de classificação de perigo com o método de interpolação, utilizada ao longo dos 4 projetos seguintes, na qual as classes variam de 0 a 5, sendo 0 os pontos onde não há perigo e 5 onde o perigo é muito alto. Por fim, foi possível determinar as áreas da estrada com maior ou menor índice de periculosidade, facilitando a gestão da equipe do uso público ao direcionamento de esforços de recuperação da via (Brust, 2019).

A mesma metodologia de campo voltada ao diagnóstico da susceptibilidade à erosão e movimentos de massa foi aplicada às estradas de ferro do Trem do Corcovado e Estrada das Paineiras e possibilitaram estabelecer o mapeamento e escala de classificação de perigo nestas vias, também utilizando metodologia de ranqueamento e hierarquização e classes variando de 0 a 5, sendo 0 os pontos onde não há perigo e 5 onde o perigo é muito alto. Estes estudos foram concluídos em dezembro de 2021, e os relatórios foram entregues ao Parque e às Concessionárias que financiaram as pesquisas.

A pesquisa em tela complementa as anteriores. Nas visitas à campo, em que foram mapeados os pontos de deslizamentos ativos em 2022 (eventos que se formaram entre janeiro e novembro de 2022), foi possível observar que considerando um total de 10 pontos ativos de deslizamentos, entre setembro e novembro de 2022, oito deles localizavam-se na estrada das Paineiras, implicando então na análise comparativa e complementar entre o trabalho de *Mapeamento dos processos erosivos na estrada das Paineiras em 2020/2021* (Villaça, 2020).

Além do trabalho de ranqueamento de trechos mais e menos suscetíveis à movimentos de massa aplicado à estrada das Paineiras, uma visita técnica com vários pesquisadores da UERJ, que se dedicaram a aplicação de análise rápida de identificação de pontos vulneráveis foi realizada em janeiro de 2021, gerando um mapa de pontos suscetíveis. Nos quatro eventos pluviométricos destacados entre o intervalo de tempo de

dezembro de 2021, fevereiro de 2022, final de março e início de abril de 2022, e novembro de 2022, esses pontos susceptíveis vieram a colapsar e os ativos foram reativados com as chuvas intensas. Todos estes trabalhos e relatórios constam do Processo SEI 02126.002205/2020-91.

1.2 REFERÊNCIAS TEÓRICAS

Highland e Bobrowsky (2008) explicam que os movimentos de massa dão origem a rupturas complexas que pode incluir diferentes tipos, dentre eles, quedas de blocos e deslizamentos. Este último ocorre quando a força gravitacional é maior que o atrito interno das partículas que compõem o terreno, na qual dentre as causas naturais, destaca-se o papel da infiltração da água, o que explica a incidência preponderante de deslizamentos durante as chuvas (Tominaga, 2012b). As influências antrópicas mais comuns estão relacionadas à execução de cortes de taludes geometria inadequada (caso das estradas do redentor, Sumaré e Corcovado), lançamento de entulho e lixo nas encostas e taludes, remoção da cobertura vegetal, lançamento de águas pluviais e/ou servidas e vazamentos nas redes de esgoto e abastecimento (Gerscovich, 2012; Tominaga, 2012b).

Além disso, cumpre ressaltar que os deslizamentos se subdividem ainda baseado em sua geometria e características materiais, podendo ser: planar, rotacional e em cunha. Para fins de prestar apoio a este estudo, vale adentrar na primeira subdivisão listada.

O deslizamento planar, tipo mais comum no Brasil, de acordo com Tominaga e Gerscovich (2012b, 2012, respectivamente) desenvolve-se durante ou seguido de intensos episódios de chuva e caracteriza-se pela curta duração e rápido deslocamento de materiais, os quais se movimentam segundo planos de fraqueza, em vertentes com altas declividades, associadas às heterogeneidades geológicas, geotécnicas ou hidrológicas do maciço, sendo que os materiais transportados são constituídos por rocha e/ou solo.

Por outro lado, e, as vezes concomitantemente, os movimentos de massa podem, também, preceder as quedas de blocos, que se caracterizam por um ou mais blocos desconexos do maciço rochoso que caem ao longo de um declive por queda livre, saltação ou rolamento (Yilmaz et al., 2008). Ao contrário dos deslizamentos, suas causas não são necessariamente relacionadas a períodos de chuva, e sim as condições que o talude se encontra (Ribeiro, 2013).

Pesquisadores do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, em seu relatório especial sobre Mudanças Climáticas e Gestão do Risco de Desastres Associados a Eventos Extremos, publicado em 2012, em especial em seu Capítulo 1 intitulado: Mudanças Climáticas: Novas Dimensões em Risco de Desastres, Exposição,

Vulnerabilidade e Resiliência, incluem os deslizamentos entre os eventos físicos em ambientes terrestres que podem ser causados ou sofrer contribuição de eventos atmosféricos extremos.

Neste relatório os deslizamentos são apontados entre os resultados mais amplamente documentados de eventos hidroclimáticos extremos, em especial quando provocados por níveis aumentados de escoamento superficial após eventos de pluviosidade excessiva (Dhakal and Sidle, 2004 apud Lavell et al, 2012). Neste relatório o capítulo 3 foi dedicado aos Impactos de Extremos Climáticos nos Ambientes Físicos Naturais (Sineviratne et al, 2012). Os autores concluem de que há alta confiança de que mudanças nos eventos de precipitação elevada irão afetar a ocorrência de deslizamentos em algumas regiões (Sineviratne et al, 2012).

Referências adicionais detalham as características dos eventos de chuva excessiva sobre a ocorrência de deslizamentos. “Padrões espaciais e temporais de precipitação, a intensidade e a duração da chuva e a pluviosidade acumulada ou prévia são fatores importantes no desencadeamento de deslizamentos (Iverson, 2000; Wieczorek et al., 2005; Sidle e Ochiai, 2006 apud Sineviratne, 2012). Em algumas regiões, a precipitação previa ou acumulada é provavelmente um fator mais importante do que a intensidade da chuva (Kim et al., 1991; Glade, 1998 apud Sineviratne, 2012), enquanto em outras regiões a duração e a intensidade das chuvas são os fatores críticos (Jakob e Weatherly, 2003, apud Sineviratne, 2012)”.

Por fim, o último relatório do Grupo II do IPCC, de 2022, que trata de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas, em seu capítulo sobre a América do Sul (Parmesan et al, 2022), afirmam que há confiança média de que “eventos extremos de precipitação, que resultam em inundações, deslizamentos de terra e secas, deverão se intensificar em magnitude e frequência devido às mudanças climáticas (confiança média). E que é previsto que as alterações climáticas convertam os riscos existentes na região da América Central e do Sul, em riscos-chave graves (confiança média). Sendo os principais riscos considerados: 1. Risco de insegurança alimentar devido às secas; 2. Risco para pessoas e infraestrutura devido a inundações e deslizamentos de terra; 3. Risco de insegurança hídrica devido ao declínio da cobertura de neve, diminuição das geleiras e variabilidade nas chuvas; 4. Risco de aumento de epidemias, particularmente de doenças transmitidas por vetores; 5. Riscos em cascata superando os sistemas de serviço público; 6. Risco de mudanças em larga escala e deslocamentos de bioma na Amazônia; 7. Riscos para ecossistemas de recifes de corais; e 8. Riscos aos sistemas socioecológicos costeiros

devido ao aumento do nível do mar (SLR), tempestades e erosão costeira (Parmesan et al, 2012).

Feitas essas considerações e devidamente contextualizados estes institutos, passa-se à exposição dos objetivos do presente estudo.

2. OBJETIVOS

O objetivo principal do trabalho é, conforme seu título indica avaliar os impactos dos eventos pluviométricos extremos no Parque Nacional da Tijuca em relação a ocorrência de deslizamentos e colaborar para o desenvolvimento de protocolos de redução de risco a estes eventos pluviométricos extremos no Parque Nacional da Tijuca.

Os objetivos específicos são:

Objetivo específico 1 – Compreende a etapa 1 do estudo que inclui a elaboração de um diagnóstico detalhado dos deslizamentos ativos, formados entre janeiro de e outubro de 2022, sob a perspectiva geotécnica, de forma a identificar os principais parâmetros geomorfológicos e ambientais associados aos eventos de deslizamentos-

Objetivo específico 2 – Compreende a etapa 2 do trabalho, e inclui a verificação do comportamento das chuvas abrangendo o intervalo mínimo de 10 anos progressos e especificamente no período do trabalho. Espera-se também avaliar se, neste intervalo, é possível perceber a intensificação e aumento da frequência de eventos pluviométricos extremos incidentes sobre o Parque.

Objetivo específico 3 – Identificar a partir de imagens de satélite pré-selecionadas na pesquisa feita por Brust R., 2020, a ocorrência de movimentos de massa ocasionando mudanças na cobertura vegetal rastreáveis a cada ano no período estudado.

Objetivo específico 4 – Avaliar de forma integrada a ocorrência dos deslizamentos apontados em imagens de satélite com os eventos pluviométricos extremos identificados na pesquisa para descrever a correlação entre estes dois fenômenos e se é possível apontar indicadores pluviométricos associados aos riscos de deslizamentos.

Objetivo específico 5 – Empreender o levantamento da percepção social relativo à ocorrência de deslizamentos, no mínimo nos últimos dez anos por meio de aplicação de questionários a membros das equipes de servidores, chefes e funcionários terceirizados do Parque Nacional da Tijuca e ICMBio, de forma a ampliar o acervo de informações sobre deslizamentos ocorridos nos domínios da Unidade.

Objetivo específico 6 - Empreender levantamento das instituições federais, estaduais e municipais que atuam na temática relativa ao enfrentamento de desastres, suas atribuições e responsabilidades, e planos e programas voltados ao enfrentamento em

desastres associados a eventos extremos, utilizando metodologia de análise institucional empregada por Egler M., 2012.

Objetivo específico 7 - A última etapa da pesquisa buscará, a partir destas análises combinadas, propor diretriz para a equipe do uso público que ampare técnica e cientificamente a decisão sobre o fechamento da unidade, de acordo com previsão e ocorrência dos eventos pluviométricos extremos através dos informes de previsão meteorológica.

É importante esclarecer que devido ao tempo exíguo da pesquisa, e da dificuldade encontrada no levantamento das informações sobre os dados meteorológicos no interior e entorno do parque, que se estendeu por dois meses adicionais compreendendo o objetivo específico 2 da pesquisa, não foi possível empreender os seguintes objetivos específicos apresentados no plano de trabalho original.

- Propor a criação de um protocolo de resposta com informações e contatos de entidades públicas e demais parceiros a serem acionados em casos críticos naturais;
- Criar um modelo de procedimentos a serem executados pela Gestão de UCs federais a fim de mitigar e gerenciar os riscos, minimizando os danos patrimoniais, sociais, culturais e biológicos em situações críticas, utilizando o Parna Tijuca como estudo de caso;
- Executar levantamentos que possibilitem estimar os investimentos e custos associados ao enfrentamento às mudanças climáticas na unidade.
- Empreender o levantamento da percepção social relativo à ocorrência de deslizamentos, no mínimo nos últimos dez anos por meio de aplicação de questionários a membros das equipes de servidores, chefes e funcionários terceirizados do Parque Nacional da Tijuca e ICMBio, de forma a ampliar o acervo de informações sobre deslizamentos ocorridos nos domínios da Unidade

A aluna continuará as atividades no âmbito do programa CIEE-ICMBio em 2024 e muito provavelmente conseguirá empreender as atividades faltantes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho está sendo realizado em etapas e a metodologia a ser empregada será descrita de acordo com as etapas/objetivos específicos do trabalho.

Metodologia - Objetivo específico 1 – Para alcançar este resultado foram empreendidas oito saídas de campo entre setembro e outubro de 2022. Estas saídas

possibilitaram o diagnóstico geotécnico dos deslizamentos. A descrição geotécnica é baseada na análise do solo/ rocha, inclinação do terreno no local, cobertura vegetal, tipo de movimento de massa, impactos locais da movimentação de massa. Esta metodologia é aplicada tradicionalmente nos estudos de risco de deslizamento e se baseia no Manual Técnico para Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa - Serviço Geológico do Brasil/Ministério de Minas e Energia (Nelson Fernandes, 2018).

Adicionalmente foram feitas sugestões de medidas de intervenção com base no conjunto de soluções de intervenção em áreas de risco de acordo com Manual Técnico para Plano de Intervenção de Ruptura de Encosta (Nelson Fernandes, 2018).

Metodologia- Objetivo específico 2 – Para alcançar este resultado foi realizado o levantamento das estações meteorológicas que coletam dados de pluviosidade existentes no entorno do Parque Nacional da Tijuca e das séries históricas de dados pluviométricos disponíveis. Planilhas foram elaboradas para armazenar e viabilizar a análise destas informações de forma a possibilitar estudar o comportamento das chuvas incidentes no Parque Nacional da Tijuca nos últimos 10 anos. Para executar essa atividade foi empreendida a seguinte metodologia e atividades associadas:

(1) Atividade 1 - Levantamento das estações meteorológicas disponíveis no entorno do Parque da Tijuca, registro das informações relativas às coordenadas geográficas das estações, do intervalo de tempo e cobertura temporal dos dados disponíveis, bem como frequência da apresentação dos dados de pluviosidade,

(2) Atividade 2 – A partir das análises acima foram selecionadas as estações meteorológicas que poderiam ser utilizadas no levantamento sistematizado da ocorrência de eventos extremos, no intervalo mínimo de 10 anos, no Parque Nacional da Tijuca, utilizando como referência o trabalho de (Dereczynsk C, 2008, Konrad, 1997 *apud* Dereczynsk C, 2008).

(3) Atividade 3 – Foi feito o download das bases de dados de todas as estações selecionadas no item anterior de forma a avaliar a abrangência, robustez, integridade nas series históricas disponibilizadas

(4) Atividade 4 – Foi aplicada a análise de ocorrências de eventos extremos baseada na metodologia proposta por Dereczynsk C, 2008, através da construção de tabelas descritoras dos dados das estações selecionadas para compor a análise, selecionando as ocorrências anuais de eventos de chuva acumulada de 24 horas, superior a 30 mm/dia. Tabelas descritoras relativas aos maiores valores mensais observados em 24 horas, e tabelas descritoras do somatório mensal de chuva, em intervalos anuais, por estação selecionada conforme metodologia descrita (Dereczynsk C, 2008)

Metodologia - Objetivo específico 3 – Para alcançar este resultado, fizemos uso de imagens de satélite pré-selecionadas na pesquisa conduzida por Brust R., 2020, para identificar a ocorrência de movimentos de massa que ocasionaram mudanças na cobertura vegetal. Utilizamos técnicas de sensoriamento remoto e análise temporal para rastrear as mudanças na cobertura vegetal anualmente no período estudado (Brust R., 2020). Ao correlacionar estas mudanças com a localização e tempo dos movimentos de massa, conseguimos identificar as áreas que sofreram alterações devido a esses eventos.

Metodologia - Objetivo específico 4 – Para alcançar este resultado implementamos uma avaliação integrada das ocorrências de deslizamentos identificados em imagens de satélite com os eventos pluviométricos extremos identificados na pesquisa. Utilizamos ferramentas de sensoriamento remoto para analisar imagens de satélite e identificar os deslizamentos, enquanto os eventos pluviométricos extremos foram determinados a partir de dados meteorológicos coletados no objetivo específico 2. As duas séries de dados foram então correlacionadas para identificar possíveis associações entre a ocorrência de deslizamentos e eventos pluviométricos extremos. Através desta análise, buscamos identificar indicadores pluviométricos que possam estar associados a riscos de deslizamentos.

Metodologia - Objetivo específico 5 – Para alcançar este resultado, o levantamento da percepção social será elaborado um questionário semi-estruturado e será aplicado a membros das equipes de servidores, chefes e funcionários terceirizados do Parque Nacional da Tijuca e ICMbio, de forma a ampliar o acervo de informações sobre deslizamentos ocorridos nos domínios da Unidade.

Metodologia - Objetivo específico 6 – Para alcançar este resultado foi realizado o levantamento abrangente das instituições federais, estaduais e municipais que lidam com o enfrentamento de desastres relacionados a eventos pluviométricos extremos. Através da revisão bibliográfica, consultas online e análise de relatórios governamentais, identificamos as instituições relevantes e analisamos suas respectivas atribuições e responsabilidades. Avaliamos os planos e programas dessas instituições, usando análise documental empregada por Egler M., 2012. Esse método nos permitiu obter um panorama detalhado das instituições atuantes no combate a desastres climáticos extremos no Estado do Rio de Janeiro e que interageriam com a gestão Parque Nacional da Tijuca no enfrentamento de eventos extremos.

Metodologia - Objetivo específico 7 - Para alcançar este resultado, procuraremos consolidar as análises combinadas de nossos objetivos anteriores para propor diretrizes para a equipe de uso público. Essas diretrizes serão elaboradas com a intenção de fornecer

um suporte técnico e científico para decisões sobre o fechamento da unidade em resposta à previsão e ocorrência de eventos pluviométricos extremos. Utilizaremos os informes de previsão meteorológica como base para nossas recomendações. A metodologia aqui envolve uma revisão aprofundada e consideração dos dados e conclusões obtidos em nossos objetivos anteriores, combinados com as previsões meteorológicas, para formular uma diretriz robusta e baseada em evidências para auxiliar nas decisões de gerenciamento do parque.

3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: PARQUE NACIONAL DA TIJUCA

A área do Parque Nacional da Tijuca (PNT) se situa totalmente dentro do município do Rio de Janeiro e abrange quatro Setores, sendo eles o Setor A - Floresta da Tijuca, Setor B - Serra da Carioca, Setor C - Pedra da Gávea/Pedra Bonita, e o Setor D - Pretos-Forros e Covanca, formando um mosaico de áreas protegidas que possui interfaces com a área urbanizada do município em todos os seus limites (Figura 1). O Parque abrange aproximadamente uma área de 40 km² de florestas preservadas, representando 6% da área do município (Ribeiro et. al., 2009)

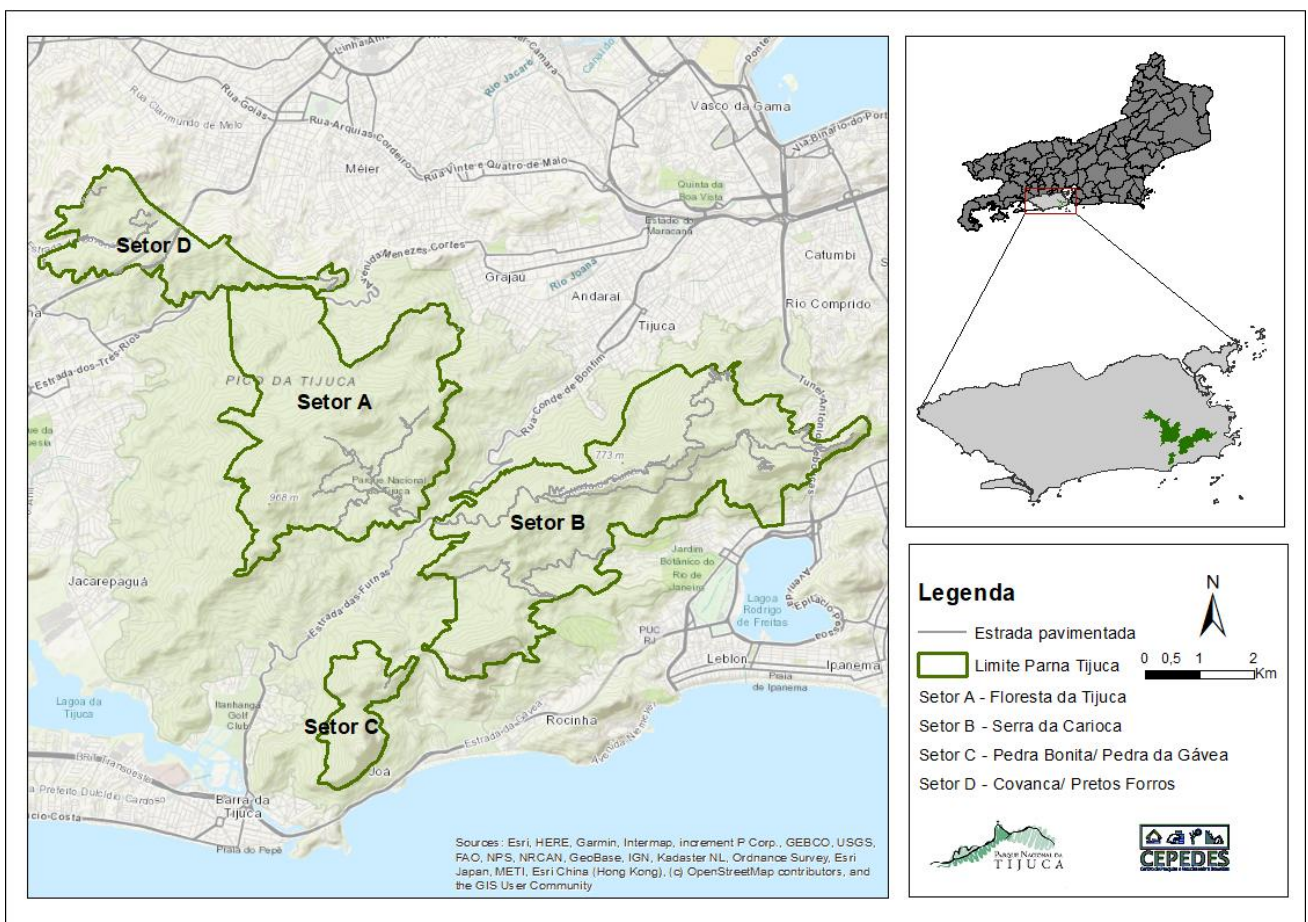


Figura 1: Localização Parque Nacional da Tijuca com seus respectivos setores. Fonte: elaboração própria.

O Parque Nacional da Tijuca é a segunda maior área florestada do município do Rio de Janeiro. A geologia do município do Rio de Janeiro é caracterizada pelas áreas transitórias existentes entre os depósitos sedimentares (região geomorfológica dos tableiros costeiros e das planícies costeiras) e as faixas de dobramento remobilizado

(região geomorfológica das colinas e maciços costeiros, das escarpas e dos reversos da Serra do Mar, Vale do Paraíba do Sul, Mantiqueira Meridional e Mantiqueira Setentrional) (Plano de Manejo, 2008). Diferentes regiões geomorfológicas se distribuem nas áreas do município do Rio de Janeiro, sendo que as planícies costeiras originam baixadas, a exemplo da Baixada da Guanabara centrada no interior da cidade. Transitoriamente às formações geomorfológicas dos tabuleiros costeiros e das planícies costeiras há uma caracterização das faixas de dobramento remobilizado, compreendidas pelas colinas (diferenciadas pelas formas de meias-laranjas e pelas altitudes inferiores às dos maciços) e pelos maciços. Dentre essas formações destacam-se de modo expressivo: os maciços da Pedra Branca, Tijuca e Niterói, sendo os dois primeiros localizados a oeste da Baía de Guanabara, no município do Rio de Janeiro (com altitude superior a mil metros) e o último se situa ao leste da mesma baía (Domingues et al., 1976, RADAMBRASIL, 1983).

Rodrigues e Machado (1996) descrevem que o município do Rio de Janeiro apresenta um relevo montanhoso, onde dominam três conjuntos de elevações principais, que correspondem aos maciços da Tijuca (1.021m), Pedra Branca (1.024m) e de Gericinó (887m), dispostos sobre as planícies sedimentares denominadas baixadas Fluminense, Jacarepaguá e Sepetiba. O embasamento é cristalino, e apresenta estrutura gnáissica em base granítica, decomposta e fraturada em virtude da ação de intemperismo.

Além disso, o Parque está inserido no contexto geomorfológico e geológico da Serra do Mar, região de relevo montanhoso e acidentado com elevações que variam de 20 metros acima do nível do mar até 1021 metros, como o Pico da Tijuca. Em termos geológicos, estas serras representam uma das mais importantes estruturas geológicas do Brasil, do qual a formação remonta o processo de separação do continente africano e da América do Sul há cerca de 130 milhões de anos, durante o período Cretáceo. A Serra do Mar também é marcada por falhas geológicas e dobras causadas pela movimentação das placas tectônicas ao longo de milhões de anos (Heilbron et al., 1993). Esses processos geológicos contribuíram para a formação do relevo montanhoso e escarpado característico da Serra do Mar, na qual a porção sul voltada para o oceano. apresenta maior declividade e influência das chuvas orográficas, provenientes do S-SW.

A mata atlântica, vegetação típica da região da Serra do Mar, é caracterizada como uma floresta tropical que se estende ao longo da costa leste do Brasil, desde o estado do Rio Grande do Norte até o estado do Rio Grande do Sul. É um bioma rico em biodiversidade, com uma grande variedade de ecossistemas, dentre eles florestas densas e úmidas. É, também, o lar de diversas plantas e animais, muitos dos quais são endêmicos,

que são só encontrados nessa região. A vegetação nativa desse bioma é responsável por manter a umidade do solo, evitando a erosão (Ribeiro et al., 2009). O Parque Nacional da Tijuca se caracteriza por abranger um fragmento de bioma Mata Atlântica localizada sob o relevo acidentado e bastante íngreme, com solos rasos e pouco desenvolvidos.

O bioma apresenta o clima tropical atlântico, que se caracteriza por invernos secos e verões chuvosos. As temperaturas médias oscilam entre 18° C e 26° C, formando amplitudes térmicas crescentes na medida em que alcançam o Sul do país. As precipitações são abundantes, superando 1.200 mm/ano com uma maior frequência no verão. A região é, também, afetada por eventos climáticos extremos, como ciclones tropicais e tempestades, que podem causar deslizamentos de terra e inundações (Plano de Manejo, 2008).

Dereczynsk C, 2008, caracteriza o clima do Maciço da Tijuca, como tropical de altitude, típico clima influenciado pela altitude resultando em temperaturas mais amenas quando comparadas às áreas costeiras vizinhas. Durante a maior parte do ano, as temperaturas são consideradas quentes, mas ainda assim mais suaves do que nas regiões mais baixas. Este clima se destaca pelas chuvas regulares, bem distribuídas ao longo do ano, com possíveis períodos de estiagem seguidos por chuvas intensas. Estas condições favorecem o crescimento da vegetação exuberante, característica do Parque Nacional da Tijuca.

4. RESULTADOS

4.1. OCORRÊNCIA DE DESLIZAMENTOS E FATORES INTERVENIENTES

A seguir apresentaremos a descrição detalhada dos eventos de deslizamentos ativos identificados com início do trabalho desta pesquisa. Devido as limitações temporais do trabalho de estágio, e do início das atividades empreendidas apenas em setembro de 2022, nosso recorte temporal foram os deslizamentos ativos no ano de 2022, especificamente identificados entre setembro e outubro de 2022, período destinado a atividade de campo desta pesquisa. Os resultados serão apresentados para o Setor A - Floresta e o Setor B - Carioca, especificamente no entorno da estrada das Paineiras e Corcovado e (Setor B, no entorno das estradas do Setor Floresta.

As vistorias técnicas dos deslizamentos ativos foram realizadas nas datas 02 de setembro de 2022, no Setor Floresta e nas datas 16 de setembro, 13, 14, 21 e 27 de outubro, 09 e 25 de novembro de 2022, no Setor Serra da Carioca, na ocasião dessas visitas, foram feitas as descrições dos deslizamentos e registro das imagens para o presente relatório.

O conjunto dessas vistorias culminou na produção de um mapa dos deslizamentos ativos, identificados entre dezembro de 2021 e novembro de 2022, com os pontos de referência da unidade para facilitar a localização.

Este trabalho se soma a outros desenvolvidos pela parceria entre CEPEDS e PNT, desta forma seguiu-se um o critério para a nomeação dos pontos que segue a ordem de numeração de 1000 em diante. Os pontos se subdividem em 1001 P, 1002 P, 1003 P, 1004 P, 1005 P, 1006 P, 1007 P e 1008 P no caso do Setor B- Serra da Carioca (localizados na estrada das Paineiras), já no Setor A- Floresta da Tijuca, o ponto 1100 F, 1101 F e 1102 F (Tabela 1) (Figura 2).

Registramos que os pontos 1001 P, 1002 P E 1007 P, localizados no Setor A- Serra da Carioca (Estrada das Paineiras), já haviam sido identificados no estudo *Mapeamento dos processos erosivos na estrada das Paineiras (2020-2021)*, conduzidos pelo Professor Francisco Dourado e sua aluna, Flávia Villaça, mas foram reativados pelos eventos pluviométricos recentes.

Tabela 1 - tabela dos pontos de deslizamentos no Parque Nacional da Tijuca em 2022 amostrados

Setor	Ponto	Lat	Long
Setor B - Serra da Carioca	1001 P	683838	7461385
Setor B - Serra da Carioca	1002 P	683897	7461393
Setor B - Serra da Carioca	1003 P	683989	7461053
Setor B - Serra da Carioca	1004 P	683471	7461117
Setor B - Serra da Carioca	1005 P	683227	7461109
Setor B - Serra da Carioca	1006 P	683176	7461086
Setor B - Serra da Carioca	1007 P	682707	7461146
Setor B - Serra da Carioca	1008 P	683061	7461236
Setor A - Floresta da Tijuca	1100 F	676476	7459913
Setor A - Floresta da Tijuca	1101 F	676420	7460015
Setor A - Floresta da Tijuca	1102 F	675700	7461119

Após as vistorias e descrições detalhadas dos pontos faz-se necessário uma análise comparativa da descrição dos pontos para ver os fenômenos e fatores intervenientes comuns aos deslizamentos ativos no Parque Nacional da Tijuca entre janeiro e novembro de 2022. O interesse é identificar fatores emergentes que agravam ou não a amplitude e severidade dos movimentos de massa. Diante disso, a planilha (Tabela 2) apresenta a análise comparativa dos pontos críticos identificados ao longo do Parque Nacional da Tijuca, sendo estes identificados de acordo com o tipo de deslizamento, fatores

deflagradores, fatores amplificadores de intensidade e, adicionalmente, medidas de mitigação sugeridas.

4.1.1. DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE DESLIZAMENTOS ATIVOS NO PARQUE NACIONAL DA TIJUCA (JAN-OUT 2022)

4.1.1.1. SETOR SERRA DA CARIOCA

4.1.1.1.1. PONTO 1001 P

Tabela 2 - Descrição geotécnica do ponto 1001 P

Coordenadas:	Altitude	Declividade
683838/76185	145 metros	Declividade: alta (< 45°)

Movimento de massa gravitacional ativo do tipo corrida de massa, relacionado ao evento pluviométrico extremo de setembro de 2020 (244,00 mm/ 24h), o deslizamento mobilizou solo residual muito espesso, rocha alterada (saprólito) e árvores, que pioraram a situação do talude. O deslizamento deixou uma cicatriz na encosta que está sendo provisoriamente coberta por uma lona, não há rejeitos na estrada, porém a lona está em péssimas condições podendo causar futuros problemas. Na crista do movimento de massa que fica a montante, foram feitas obras de contenção provisória do escoamento d'água, pequeno muro da altura de um meio fio.

De acordo com o relatório emergencial, a equipe do CEPEDS/UERJ, descreveu a causa do evento como a ruptura do meio-fio da Estrada Velha devido ao excesso de água na via causado pelo acúmulo da vazão de duas calhas de drenagem da linha do trem do Corcovado. Em vista disso, a primeira calha a montante deságua diretamente na Estrada Velha e a segunda calha que possui uma passagem sob a estrada, na qual no momento do evento pluviométrico extremo estava assoreada, veio a extravasar e junto com a vazão da primeira calha, obstruiu a pista com materiais mobilizados.

Intervenção Sugerida: (i) Emergencial - impermeabilização emergencial, com cobertura por lona, da superfície do movimento de massa; (ii) Médio-longo prazo: obras no sistema de drenagem a montante do movimento, Estrada Velha, e impermeabilização da cicatriz do movimento (e.g. concreto projetado [atenção à drenagem do sistema de impermeabilização adotado]).



Figura 2: Movimento de massa ativo com impermeabilização emergencial com lona, que está rasgada em alguns pedaços (fotografia de 14/10/2022)



Figura 3: Crista do movimento de massa, ocorrido em setembro de 2020, com obras no sistema de drenagem (fotografia de 14/10/2022).

4.1.1.1.2. PONTO 1002 P

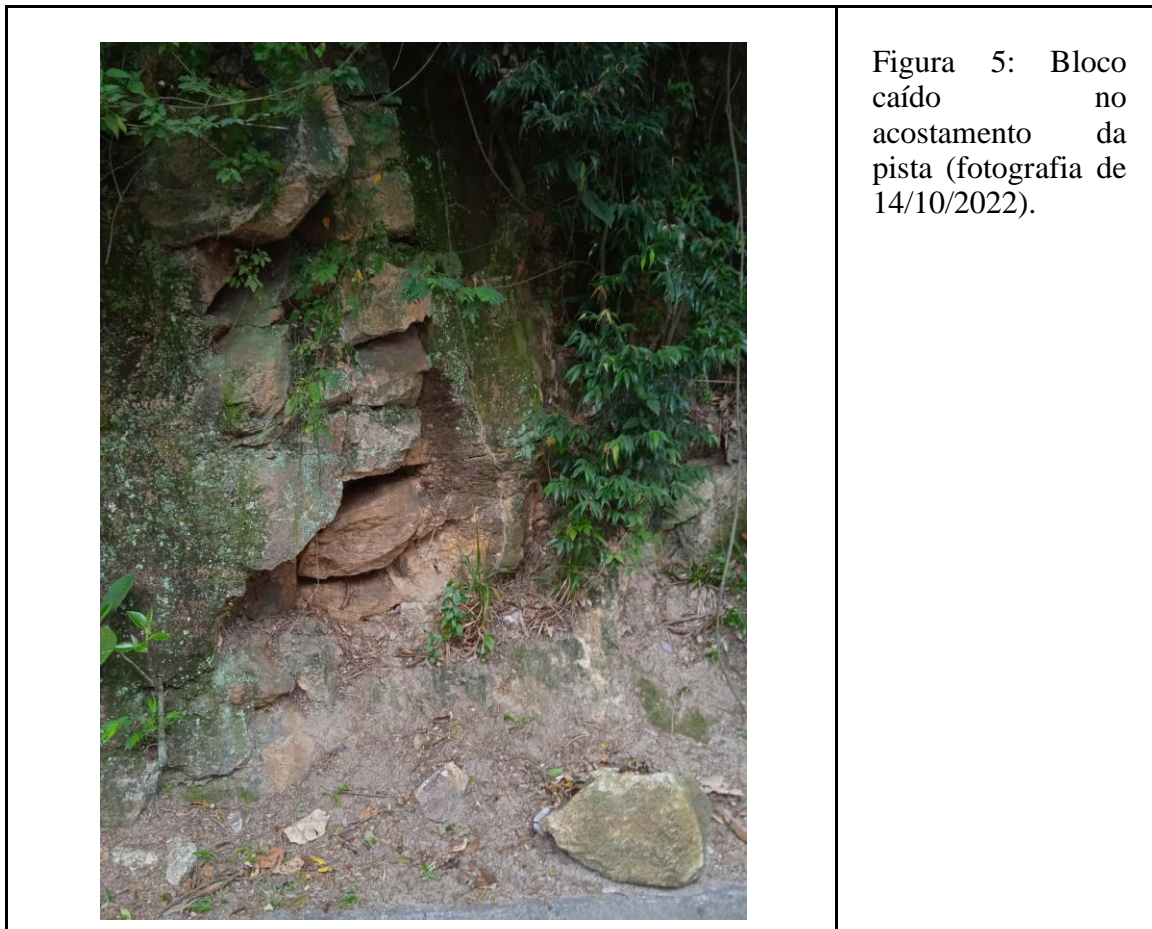
Tabela 3- Descrição geotécnica do ponto 1002 P

Coordenadas:	Altitude	Declividade
683897/746139	112 metros	Declividade: alta (< 45°)

A presença de um muro de contenção indica que o local já sofreu com problemas passados. Ao lado, paredão de rocha alterada em iminência de queda, 1 set- 1 mm de abertura, há a presença de blocos caídos no acostamento da pista relacionados ao evento pluviométrico de abril de 2022 (392.4 mm/ 96 h). Árvores agravam a situação do afloramento, à medida que suas raízes se fixam nas fraturas seu peso desestabiliza ainda mais o paredão. Apesar dos agravos narrados anteriormente, nenhuma medida de contenção foi feita.

Diâmetro árvores: 70 cm e 50 cm

Intervenção Sugerida: (i) médio-longo prazo: realizar um trabalho/ estudo para o desmonte da rocha fraturada e retirada das árvores que ameaçam a estabilidade e solidez do paredão de pedra, assim como, avaliar a necessidade da utilização do muro de contenção.



4.1.1.1.3. PONTO 1003 P

Tabela 4 - Descrição geotécnica do ponto 1003 P

Coordenadas:	Altitude:	Declividade
683989/ 7461053	412 metros	Alta (< 45°)

Queda de uma grande árvore, 60 cm de diâmetro, mobilizada por movimento de massa gravitacional, relacionada ao evento pluviométrico extremo de abril de 2022 (392.4 mm/ 96 h). O substrato no qual essa árvore estava inserida era composto por material do tipo regolito e rocha fraturada, muito alterada que foi mobilizado junto com a mesma. Blocos no acostamento indicam que o local é susceptível a queda de blocos. Apesar de a queda ter ocorrido em abril de 2022, consta-se pela imagem abaixo que a árvore permanece no estado que se encontrava.

Intervenção Sugerida: (i) Emergencial: retirada da grande árvore e impermeabilização emergencial da superfície do movimento de massa, com cobertura por lona; (ii) Médio-longo prazo: utilização de geomanta para a estabilização de processos erosivos, minimizando o efeito do escoamento superficial concentrado da água.



Figura 6: Queda de uma grande árvore mobilizada por movimento de massa (fotografia de 25/11/2022)



Figura 7: Grande árvore mobilizada pelo movimento de massa gravitacional de abril de 2022 (fotografia de 14/10/2022)

4.1.1.1.4. PONTO 1004 P

Tabela 5 - Descrição geotécnica do ponto 1004 P

Coordenadas:	Altitude:	Declividade
683471/7461117	422 metros	Alta (< 45°)

Queda de blocos mobilizou a queda de uma árvore, 80 cm de diâmetro, enraizada nas fraturas dessa rocha. A queda de blocos está relacionada ao evento pluviométrico de dezembro de 2021 (114.2 mm/ 96 h), apesar de a queda ter ocorrido nesse período, consta-se pela imagem abaixo que a árvore permanece no estado que se encontrava.

Intervenção Sugerida: (i) Emergencial – retirada da árvore e blocos do acostamento da pista (ii) Médio-longo prazo: realizar trabalho/ estudo para o desmonte da rocha fraturada e desobstrução do sistema de drenagem do talude.



Figura 8: Queda de árvore enraizada no substrato rochoso alterado e fraturada (fotografia de 21/10/2022).

4.1.1.1.5. PONTO 1005 P

Tabela 6 - Descrição geotécnica do ponto 1005 P

Coordenadas:	Altitude:	Declividade
683227/ 7461109	451 metros	Alta (< 45°)

Movimento de massa gravitacional, tipo deslizamento planar, em regolito que mobilizou a queda de uma árvore, 70 cm de diâmetro. Apesar de a queda ter ocorrido em abril de 2022 (392.4 mm/ 96 h), constata-se pela imagem abaixo que a árvore permanece no estado que se encontrava.

Intervenção Sugerida: (i) Emergencial: retirada da árvore; (ii) Médio-longo prazo: desobstrução do sistema de drenagem ao lado, onde há uma geomanta, na qual escoo a água para esse talude.



Figura 9: Árvore mobilizada pelo movimento de massa gravitacional (fotografia de 21/11/2022)

4.1.1.1.6. PONTO 1006 P

Tabela 7 - Descrição geotécnica do ponto 1006 P

Coordenadas:	Altitude:	Declividade
683176/ 7461086	457 metros	Alta (< 45°)

Movimento de massa, tipo deslizamento planar, em regolito em abril de 2022 (392.4 mm/ 96 h), mobilizou a queda de árvores, 25, 30 e 50 cm de diâmetro. Apesar do movimento de massa ter ocorrido nesse período, constata-se que nenhuma obra de contenção ou remoção das árvores caídas foi feita, impedindo a passagem dos pedestres.

Intervenção Sugerida: (i) Emergencial - impermeabilização emergencial da superfície do movimento de massa, com cobertura por lona, retirada das árvores e do material inconsolidado. (ii) Médio-longo prazo: obras no sistema de drenagem à montante, Estrada do Corcovado, e utilização de geomanta para a estabilização de processos erosivos, minimizando o efeito do escoamento superficial concentrado da água.



Figura 10: Movimento de massa gravitacional que mobilizou diversas árvores de médio à pequeno porte fotografia de (09/11/2022)

4.1.1.1.7. PONTO 1007 P

Tabela 8 - Descrição geotécnica do ponto 1007 P

Coordenadas:	Altitude:	Declividade
682707/ 7461146	468 metros	Alta (< 45°)

Tombamento de blocos no estacionamento Paineiras, ativada pelo evento pluviométrico de novembro de 2022 (258.0 mm/ 96hrs).

Intervenção Sugerida: (i) Emergencial – retirada da árvore e blocos do acostamento da pista (ii) Médio-longo prazo: realizar um trabalho/ estudo para o desmonte da rocha fraturada, e avaliar a necessidade da utilização de tela metálica para a contenção.



Figura 11:
Queda de
blocos no
estacionament
o Paineiras
(fotografia de
16/11/2022)

4.1.1.1.8. PONTO 1008 P

Tabela 9 - Descrição geotécnica do ponto 1008 P

Coordenadas:	Altitude:	Declividade
683061/ 7461236	496 metros	Alta (< 45°)

Há 4 (quatro) anos ocorreu um movimento de massa gravitacional, tipo deslizamento planar, que mobilizou a queda de uma grande árvore e expôs o solo a ação das águas das chuvas. No evento pluviométrico de abril de 2022 (392.4 mm/ 96 h), o talude foi remobilizado e, tendo ocorrido um novo movimento de massa translacional, a passagem de pedestres ficou obstruída. Em face de tal ocorrência, ainda não foram feitas obras de contenção.

Intervenção Sugerida: (i) Emergencial - impermeabilização emergencial da superfície do movimento de massa, com cobertura por lona, retirada das árvores e do material insolidado. (ii) Médio-longo prazo: obras no sistema de drenagem a montante, Estrada do Corcovado, e utilização de geomanta para a estabilização de processos erosivos, minimizando o efeito do escoamento superficial concentrado da água.



Figura 12: Movimento de massa gravitacional que está obstruindo a passagem dos pedestres (fotografia de 09/11/2022)

4.1.1.2. SETOR FLORESTA

4.1.1.2.1. PONTO 1100 F

Tabela 10 - Descrição geotécnica do ponto 1100 F

Coordenadas:	Altitude:	Declividade
676476/ 7459913	432 metros	Alta (< 45°)

No evento pluviométrico extremo registrado em abril de 2022 (392.4 mm/ 96 h), o Setor Floresta foi o mais impactado. No trecho acima do estacionamento e banheiros da Cascatinha Taunay, ocorreu um movimento de massa gravitacional em solo que mobilizou duas árvores de grande e parte da infraestrutura de sustentação da estrada. As duas árvores atingiram uma van, que estava no Estacionamento da Cachoeira da Cascatinha, e quase atingiram o pequeno depósito de material e base de apoio da equipe de manutenção, assim como, os banheiros históricos tombados pela UNESCO.

Apesar de o deslizamento ter ocorrido em abril de 2022, constata-se que a única obra no sistema de drenagem foi à contenção provisória do escoamento d'água, pequeno muro da altura de um meio fio, e mesmo assim algumas trincas perto do ponto que cedeu já foram notadas pela equipe de manutenção. Após o ocorrido foi colocada uma lona de impermeabilização no talude, entretanto, nenhuma obra de contenção ou remoção das árvores caídas foi feita.

Intervenção Sugerida: (i) Emergencial - impermeabilização emergencial da superfície do movimento de massa, com cobertura por lona, e retirada das duas grandes árvores. (ii) Médio-longo prazo: obras no sistema de drenagem à montante do escorregamento e impermeabilização da cicatriz do movimento (e.g. concreto projetado [atenção a drenagem do sistema de impermeabilização adotado]).



Figura 13:
Movimento de
massa gravitacional
com lona de
impermeabilização
com árvores ainda
não removidas
(fotografia de
02/07/2022)



Figura 14:
Movimento de
massa
gravitacional
(fotografia de
04/04/2022)

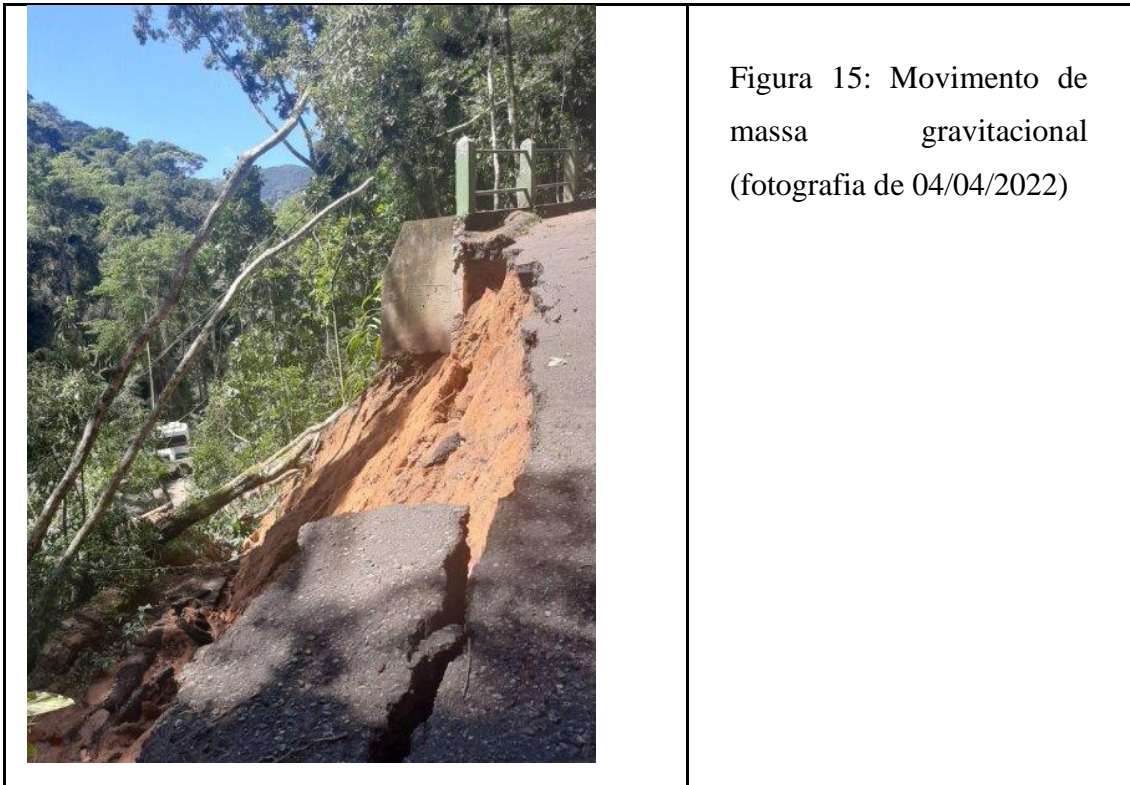


Figura 15: Movimento de massa gravitacional (fotografia de 04/04/2022)

4.1.1.2.2. PONTO 1101 F

Tabela 11 - Descrição geotécnica do ponto 1101 F

Coordenadas:	Altitude:	Declividade
676420/ 7460015	441 metros	Alta (< 45°)

Na Estrada da Cascatinha localizada no Setor Floresta, após o estacionamento e banheiros da Cascatinha Taunay, a via corta um paredão extremamente alterado e com diversos sets de fratura com cerca de 2 metros de altura e 1 km de comprimento, que torna a região extremamente susceptível a movimentos de massa, queda de blocos, e queda de árvores fixadas em suas fraturas, podendo causar danos à pista e risco à população.

Ao analisar as imagens de satélite conta-se que a via é toda interligada ao sistema de drenagem, obstruções no mesmo causam um acúmulo de água nas regiões mais baixas e somado a substrato já susceptível acarreta os movimentamos de massa, vistos ao longo de todas as vias do parque. Em face de tal ocorrência, ainda não foram feitas obras de contenção.

Intervenção Sugerida: (i) Emergencial - impermeabilização emergencial da superfície do movimento de massa, com cobertura por lona, e retirada das árvores. (ii) Médio-longo prazo: obras no sistema de drenagem à montante do escorregamento e muro de contenção ao longo de todos os pontos susceptíveis [atenção a drenagem do sistema de impermeabilização adotado].



Figura 16: Paredão com eminente risco de queda de árvore e de blocos (fotografia de 20/07/2023).



Figura 17: Paredão com eminente risco de queda de árvore e de blocos (Fotografia de 16/11/2022).

4.1.1.2.3. PONTO 1102 F

Tabela 12 - Descrição geotécnica do ponto 1102 F

Coordenadas:	Altitude:	Declividade
675700/ 7461119	575 metros	Alta (< 45°)

Movimento de massa, tipo deslizamento planar, em regolito em 24 de novembro de 2022, mobilizou a queda de uma grande árvore com 80 cm de diâmetro. Obstruções no sistema de drenagem da Estrada Major Archer, ocasionou o acúmulo de água à montante, trilha que dá acesso a Cachoeira das Almas, e somado ao substrato susceptível mobilizou a queda desta grande árvore.

Intervenção Sugerida: (i) Emergencial - impermeabilização emergencial da superfície do movimento de massa, com cobertura por lona, e retirada da grande árvore. (ii) Médio-longo prazo: obras no sistema de drenagem à montante do escorregamento.



Figura 18: Árvore mobilizada pelo movimento de massa do dia 24/11/2022.



Figura 19: Árvore mobilizada pelo movimento de massa do dia 24/11/2022.
(Fotografia 02/12/2012)

Tabela 13 - Análise comparativa dos pontos analisados.

Pontos	Tipo de deslizamento	Fatores deflagradores	Fatores amplificadores da intensidade	Medidas de mitigação sugeridas
1001P	Corrida de massa	Excesso de água na via causado pela obstrução do sistema de drenagem da linha do trem do Corcovado.	Chuvas intensas, obstrução do sistema de drenagem à montante instabilidade na interseção solo/rocha, árvores fixadas no substrato instável.	(i) Emergencial - impermeabilização emergencial, com cobertura por lona, da superfície do movimento de massa; (ii) Médio-longo prazo: obras no sistema de drenagem a montante do movimento, Estrada Velha, e impermeabilização da cicatriz do movimento (e.g. concreto projetado [atenção à drenagem do sistema de impermeabilização adotado]).
1002P	Queda de blocos	Blocos de rocha na via causado pela ausência de contenção do talude e acúmulo do fluxo de água à montante na linha do trem do Corcovado.	Chuvas intensas, obstrução do sistema de drenagem à montante substrato rochoso muito alterado e fraturado, árvores fixadas no substrato rochoso instável.	(i) médio-longo prazo: realizar um trabalho/ estudo para o desmonte da rocha fraturada e retirada das árvores que ameaçam a estabilidade do talude, assim como, avaliar a necessidade da utilização do muro de contenção.

1003P	Movimento de massa	Queda de árvore com risco de danos na pista.	Chuvas intensas, árvore fixada no substrato instável, substrato rochoso muito alterado e fraturado somado a instabilidade da intersecção solo/rocha.	(i) Emergencial: retirada árvore e impermeabilização emergencial da superfície do movimento de massa, com cobertura por lona; (ii) Médio-longo prazo: utilização de geomanta para a estabilização de processos erosivos, minimizando o efeito do escoamento superficial concentrado da água.
1004P	Queda de blocos	Blocos de rocha e árvore caída dispostos no acostamento da via a vulnerabilizando a danos	Chuvas intensas, árvore fixada no substrato rochoso instável, talude rochoso instável sem nenhuma infraestrutura de contenção.	(i) Emergencial: retirada da árvore e blocos do acostamento da pista (ii) Médio-longo prazo: realizar trabalho/ estudo para o desmonte da rocha fraturada e desobstrução do sistema de drenagem do talude.
1005P	Deslizamento planar	Árvore caída no acostamento da via causada pela obstrução do sistema de drenagem à montante na Estrada das Paineiras	Chuvas intensas, obstrução do sistema de drenagem à montante, árvores fixadas no substrato instável e talude com alta declividade sem infraestrutura de contenção.	(i) Emergencial: retirada da árvore; (ii) Médio-longo prazo: desobstrução do sistema de drenagem ao lado, onde há uma geomanta, na qual escoar a água para esse talude.

1006P	Deslizament o planar	Árvores caídas e material inconsolidado (solo/blocos de rocha) dispostos no acostamento da via, movimento causado pela instabilidade do talude e acúmulo do fluxo de água à montante na Estrada das Paineiras	Chuvas intensas, obstrução do sistema de drenagem à montante, árvores fixadas no substrato instável e talude com alta declividade sem infraestrutura de contenção	(i) Emergencial: impermeabilização emergencial da superfície do movimento de massa, com cobertura por lona, e retirada das árvores. (ii) Médio-longo prazo: obras no sistema de drenagem a montante, Estrada do Corcovado, e utilização de geomanta para a estabilização de processos erosivos, minimizando o efeito do escoamento superficial concentrado da água.
1007P	Tombamento de blocos	Tombamento de blocos no estacionamento paineira causado pela sobrecarga vegetal no talude rochoso e acúmulo do fluxo de água da chuva.	Chuvas intensas, árvores fixadas no substrato rochosos instável e talude com alta declividade sem obras de contenção.	(i) Emergencial – retirada da árvore e blocos do acostamento da pista (ii) Médio-longo prazo: realizar um trabalho/ estudo para o desmonte da rocha fraturada, e avaliar a necessidade da utilização de tela metálica para a contenção.

1008P	Deslizamento planar	Árvores caídas e material inconsolidado (solo/blocos de rocha) dispostos no acostamento da via, movimento remobilizado pela falta de infraestrutura de contenção e acúmulo do fluxo de água à montante na Estrada das Paineiras	Chuvas intensas, obstrução do sistema de drenagem à montante, árvores fixadas no substrato instável e talude com alta declividade sem infraestrutura de contenção	(i) Emergencial - impermeabilização emergencial da superfície do movimento de massa, com cobertura por lona, retirada das árvores e material inconsolidado; (ii) Médio-longo prazo: obras no sistema de drenagem a montante, Estrada do Corcovado, e utilização de geomanta para a estabilização de processos erosivos, minimizando o efeito do escoamento superficial concentrado da água.
1100F	Movimento de massa	Queda de duas grandes árvores e parte da infraestrutura de sustentação da estrada causado pelo acúmulo do fluxo de água à montante na Estrada da Cascatinha	Chuvas intensas, obstrução do sistema de drenagem à montante, árvores de grande porte e idade avançada fixadas no substrato instável e talude com alta declividade sem infraestrutura de contenção	(i) Emergencial: impermeabilização emergencial da superfície do movimento de massa, com cobertura por lona, e retirada das duas grandes árvores. (ii) Médio-longo prazo: obras no sistema de drenagem à montante do escorregamento e impermeabilização da cicatriz do movimento (e.g. concreto projetado [atenção a drenagem do sistema de impermeabilização adotado]).

1001F	Queda de blocos	Queda de blocos ao longo da Estrada da Cascatinha, Setor Floresta, causado pela sobrecarga vegetal no talude rochoso e acúmulo do fluxo de água da chuva.	Chuvas intensas, árvores fixadas no substrato rochosos instável e talude com alta declividade sem obras de contenção.	(i) Emergencial - impermeabilização emergencial da superfície do movimento de massa, com cobertura por lona, e retirada das árvores. (ii) Médio-longo prazo: obras no sistema de drenagem à montante do escorregamento e muro de contenção ao longo de todos os pontos susceptíveis [atenção a drenagem do sistema de impermeabilização adotado].
1002F	Movimento de massa	Queda de uma grande árvore causado pelo acúmulo do fluxo de água à montante na Estrada Major Archer	Chuvas intensas, obstrução do sistema de drenagem à montante, árvores de grande porte e idade avançada fixadas no substrato instável e talude com alta declividade sem infraestrutura de contenção	(i) Emergencial - impermeabilização emergencial da superfície do movimento de massa, com cobertura por lona, e retirada da grande árvore. (ii) Médio-longo prazo: obras no sistema de drenagem à montante do escorregamento.

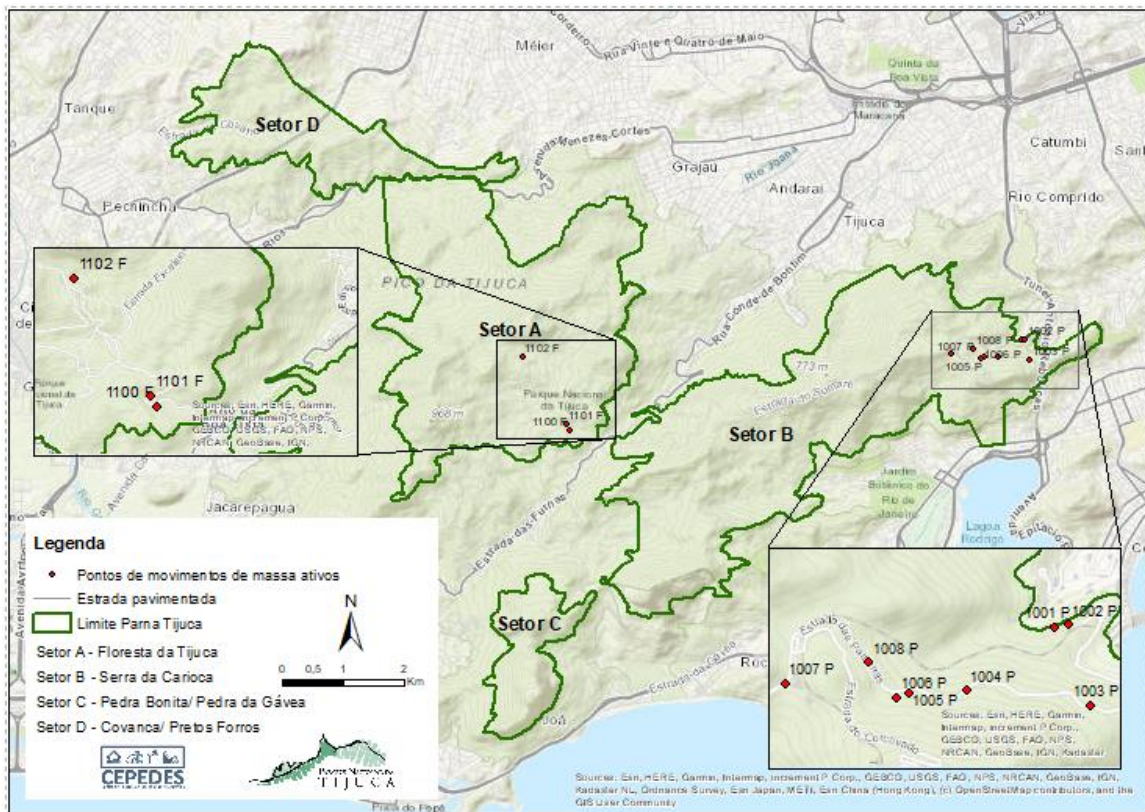


Figura 20 - Mapa dos pontos de deslizamento ativos. Fonte: Elaborado pela aluna

4.2. DADOS CLIMATOLÓGICOS

A seleção das estações climatológicas usadas no presente trabalho foi feita através do site <https://mapas.inmet.gov.br/>, do qual, foram separadas 17 estações, 10 operadas pelo Sistema municipal Alerta Rio, uma (1) pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) e cinco (5) pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN). Dentre elas, apenas 9 se mostraram pertinentes para as análises, à medida que muitas estão muito próximas umas das outras ou fogem da área delimitada ao parque. Portanto, as 9 estações escolhidas foram Rocinha, Alto da Boa Vista e Tijuca/Muda (Alerta Rio), Capela Mayrink (INEA), Estrada Pedra Bonita, Alto da Boa Vista, São Conrado, Usina e Jornalista Brito Broca (CEMADEN) (Tabela 14) (Figura 16) (Pereira, R. M. S., 2007).

O download dos dados disponíveis foi realizado, levando em consideração o formato dos dados e a descrição dos mesmos. Os arquivos foram baixados no formato .txt diretamente dos sítios eletrônicos das seguintes instituições/sistemas: (i) Prefeitura do Rio de Janeiro/ Sistema Alerta Rio, (ii) Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (“CEMADEN”), órgão federal responsável pela atuação perante desastres naturais ocorridos em território brasileiro; e, (iii) Instituto Estadual do Ambiente (Inea), agência ambiental da Secretaria Estadual de Ambiente (SEA – RJ)

Os dados pluviométricos coletados diferem em termos de frequência de acordo com a instituição responsável. No caso do sistema Alerta Rio, as medições são realizadas em diferentes intervalos: a cada 15 minutos, a cada 1 hora, 4 horas, 24 horas e 96 horas diariamente. Por sua vez, o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) realiza registros com maior intensidade de frequência, coletando dados a cada 10 minutos diários. Por fim, o Instituto Estadual do Ambiente (INEA) segue uma frequência similar ao Alerta Rio, com coleta de dados a cada 15 minutos, diariamente.

Na sequência, tendo em vista que cada um dos órgãos disponibilizam as informações em arquivos com diferentes formatos e frequência (.txt/.csv/.xlsx-somente leitura) e a dificuldade em catalogá-las dessa maneira, foi procedida a conversão de todos os dados obtidos para o formato compatível com o programa Microsoft Excel (.xlsx).

Com a finalização das conversões para o formato desejado, os dados foram compilados em uma única planilha, organizados em sequência por anos, com informações de jan/2010 até dez/2022.

Tabela 14 - Estações pluviométricas selecionadas no presente estudo, considerando sua localização entorno do Parque Nacional da Tijuca, instituições responsáveis pela estação, localização geográfica e abrangência temporal dos dados pluviométricos.

Código	Nome da estação	Operadora	Lat.	Log.	Ano de início	Frequência do dado
D5030	Rocinha	Alerta Rio	- 22,98583 3	- 43,24500 0	01/01/201 0	15 minutos diários/1h/4h/24h/ 96
D1852	Alto da Boa Vista	Alerta Rio	- 22,96583 3	- 43,27833 3	01/04/201 0	15 minutos diários/1h/4h/24h/ 96
D5060	Tijuca/Mud a	Alerta Rio	- 22,93277 8	- 43,24333 3	01/04/201 1	15 minutos diários/1h/4h/24h/ 96
D7019	Capela Mayrink	INEA	- 22,57280 0	- 43,16400 0	30/11/201 4	15 minutos diários
D1830	Estrada da Pedra bonita	CEMADE N	- 22,97786 0	- 43,27744 0	01/04/201 4	10 minutos diários
D1852	Alto da Boa Vista	CEMADE N	- 22,96660 0	- 43,29650 0	01/05/201 6	10 minutos diários
D1842	São Conrado	CEMADE N	- 22,99500 0	- 43,26900 0	01/05/201 6	10 minutos diários
D1854	Usina	CEMADE N	- 22,94800 0	- 43,25800 0	01/06/201 6	10 minutos diários
D1853	EM. Jornalista Brito Broca	CEMADE N	- 22,94300 0	- 43,24100 0	01/09/201 5	10 minutos diários

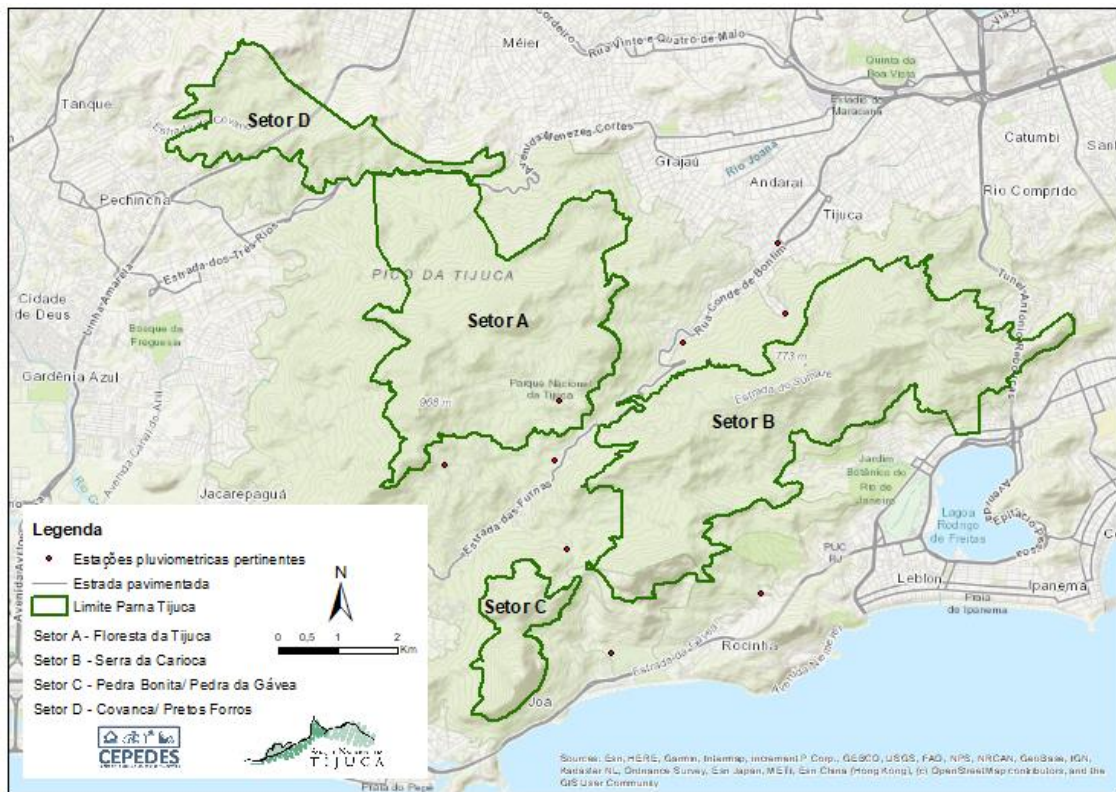


Figura 21: Localização das estações pluviométricas pertinentes para as análises.

É importante salientar que para o tratamento de dados referentes à chuva acumulada do dia, foco no recorte dos últimos dez anos, a base de dados disponível abrange um período até 1997, totalizando 25 anos. Entretanto, a disponibilidade dos dados para a análise no sistema Alerta Rio, se dá somente a partir de 2011, o que representa um período de 13 anos. Embora possuamos uma base de dados com um histórico de 25 anos, as informações estão disponíveis apenas a partir de 2011. Portanto, todas as conclusões e análises realizadas neste estudo levam em consideração um período de 12 anos, a partir de 2010, em relação à chuva acumulada do dia.

Para o sistema Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), a disponibilidade dos dados varia de estação para estação. Por exemplo, na estação Pedra Bonita, os dados estão disponíveis para períodos específicos: de abril a dezembro de 2014, de agosto de 2015 a abril de 2016 e de janeiro de 2018 a fevereiro de 2019. Na estação Escola Municipal Jornalista Brito Broca, os dados estão disponíveis para o período específico de setembro de 2015 a abril de 2016. Já nas estações Alto da Boa Vista, São Conrado e Usina, os dados estão disponíveis para o período específicos

de maio de 2016 a dezembro de 2022, com algumas inconsistências nesse período de tempo.

O sistema do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), os dados estão disponíveis para períodos específicos na estação Capela Mayrink: de janeiro de 2016 a junho 2017, de outubro de 2018 a janeiro de 2020 e, por fim, de janeiro a agosto de 2021.

Em última análise, as inconsistências nos dados pluviométricos das operadoras CEMADEN e INEA implicavam em várias limitações para a pesquisa, prejudicando a qualidade e a precisão das análises, tornando mais difícil identificar padrões e tendências confiáveis. Além disso, as inconsistências podem reduzir a confiabilidade das previsões baseadas nesses dados, potencialmente impactando a capacidade de tomar decisões informadas sobre gestão de riscos e planejamento de respostas a desastres.

Portanto, decidimos descartar as estações com grandes números de lacunas e apenas analisar as estações da operadora Alerta Rio, do qual, apesar de apresentar a restrição temporal de 12 anos, a partir desse período os dados apresentam grande confiabilidade. Ou seja, das 9 estações selecionadas no início da pesquisa, somente 3 estações operadas pelo Alerta Rio foram aproveitadas para as análises (Tabela 13) (Figura 17 e 18). Para facilitar a análise dos resultados numeramos as estações com relação a sua distância da sede da unidade localizada no Setor Floresta.

Tabela 15 - Estações pluviométricas Alerta Rio selecionadas no presente estudo, considerando sua localização entorno do Parque Nacional da Tijuca e localização geográfica.

Numeração	Nome da estação	Operadora	Lat.	Log.
1	Alto da Boa Vista	Alerta Rio	-22,965833	-43,278333
2	Rocinha	Alerta Rio	-22,985833	-43,245000
3	Tijuca/Muda	Alerta Rio	-22,932778	-43,243333

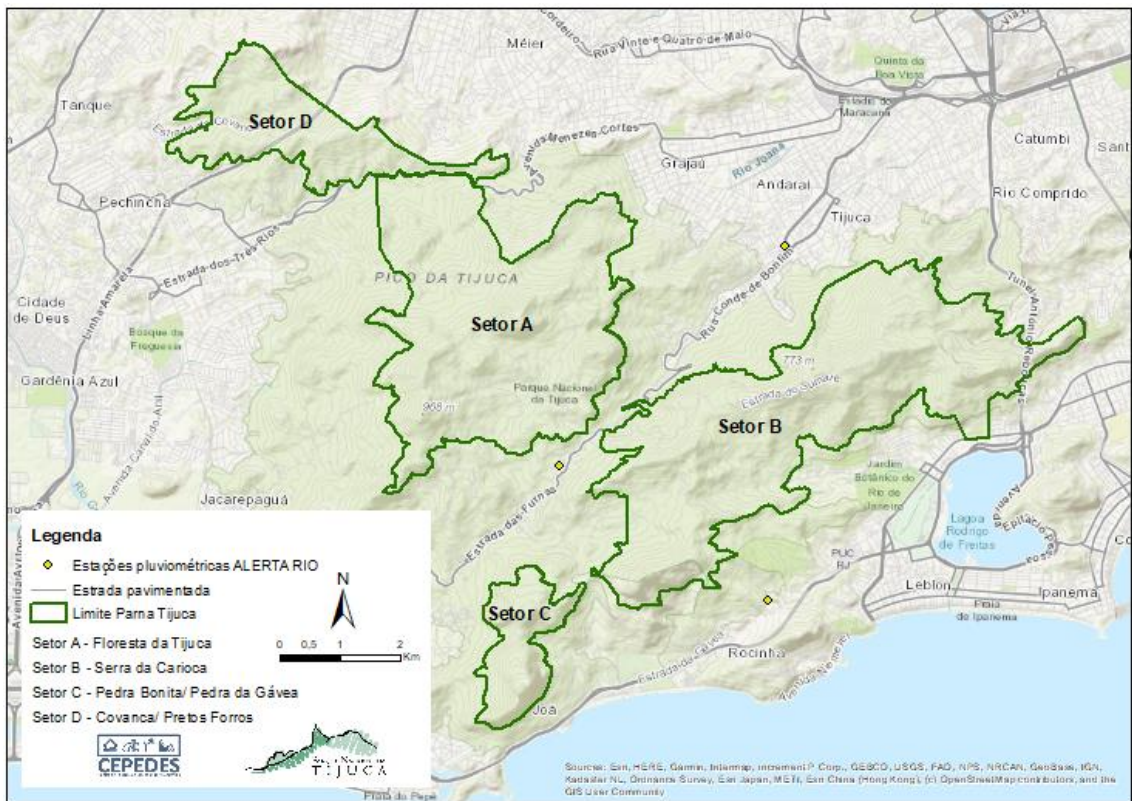


Figura 22: Localização das Estações pluviométricas operadas pelo Alerta Rio selecionadas no presente estudo.

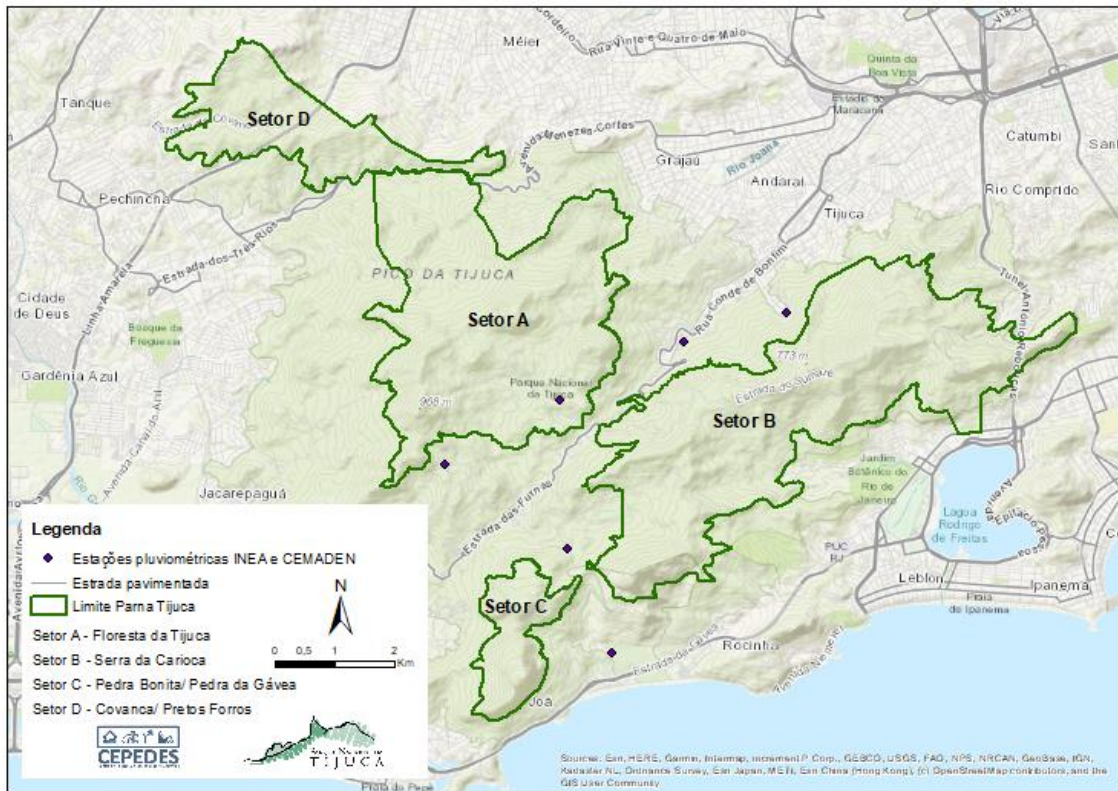


Figura 23: Localização das Estações pluviométricas operadas pelo CEMADEN e INEA descartadas no presente estudo.

Cabe destacar que na área principalmente amostrada neste estudo, referente à Estrada das Paineiras, localizada ao extremo Nordeste do Setor B – Serra da Carioca, não observamos estações pluviométricas. As estações que foram incluídas no trabalho refletem a incidência pluviométrica que afeta principalmente os setores A (Setor Floresta) e o Sul do setor B (Serra da Carioca). A continuidade deste estudo deverá buscar explorar a inclusão de outras estações pluviométricas para aperfeiçoar a presente análise do comportamento pluviométrico no entorno do Parque e seus impactos sobre a Unidade. As estações mais próximas da estrada das Paineiras seriam a de Santa Tereza, e também devemos avaliar a validade de uso dos dados da estação Jardim Botânico, Laranjeiras e Leblon ou Ipanema.

Também destacamos que nos limites da Unidade não registramos nenhuma estação pluviométrica.

4.2.1. ANÁLISE DAS TABELAS E GRÁFICOS COM OS PRINCIPAIS PARÂMETROS MENSAIS

A análise de ocorrências dos eventos extremos baseada na metodologia proposta por Dereczynsk C, 2008, orienta para a construção de 3 tabelas descritoras dos dados das estações selecionadas conforme a metodologia descrita no item 2, atividade 4, observando os seguintes descritores: (i) ocorrências anuais de eventos de chuva acumulada de 24 horas superior a 30 mm/dia, (ii) maiores valores mensais observados em 24 horas, e (iii) somatório mensal de chuvas, nos intervalos anuais.

Esta metodologia as estações selecionadas no presente trabalho: (1) Estação Alto da Boa Vista; (2) Estação Rocinha; (3) Estação Tijuca/Muda;

4.2.1.1. COMPORATAMENTO DOS DESCRITORES PLUVIOMÉTRICOS PARA A ESTAÇÃO ALTO DA BOA VISTA

a) ESTAÇÃO ALTO DA BOA VISTA – DIAS COM PRECIPITAÇÃO SUPERIOR A 30 MM /24 HORAS

Tabela 16: Número de dias com precipitação superior a 30 mm em 24 horas, Estação Alto da Boa Vista, entre 2010 e 2022.

Alto da Boa Vista /Alerta Rio													
Número de dias com precipitação superior a 30 mm em 24 horas													
Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Somatório
2010	-	-	-	1	1	1	3	0	0	4	2	0	12
2011	1	0	3	4	1	1	2	0	1	1	1	2	17
2012	2	0	2	2	2	2	1	0	2	1	2	0	16
2013	6	0	6	2	2	1	5	1	3	3	3	2	34
2014	1	1	0	3	3	2	3	2	0	0	1	1	17
2015	1	1	3	2	0	3	1	0	2	0	1	0	14
2016	5	1	2	0	0	2	0	1	1	0	5	2	19
2017	0	0	3	6	1	2	2	1	0	1	3	0	19
2018	5	3	2	2	0	2	1	4	0	3	3	2	27
2019	1	4	5	2	3	0	1	3	3	1	2	1	26
2020	3	9	2	1	2	0	1	3	3	3	3	4	34
2021	1	3	1	2	4	1	1	3	0	4	3	5	28
2022	2	0	2	4	0	2	1	1	5	0	4	6	27

Análise - Os resultados observados em relação ao descritor chuva acumulada de 24 horas, na estação 1, Alto da Boa Vista, indicam que ao longo do período de 2010 a 2022, há uma variação significativa no número de dias com precipitação superior a 30

mm em um período de 24 horas. Em 2010, foram registrados 12 dias, seguidos de 17 em 2011, 16 em 2012 e um aumento notável para 34 em 2013. Os anos subsequentes apresentaram uma variação entre 14 (2015) e 34 dias (2020). O último ano do período estudado, 2022, apresentou 27 dias com precipitação superior a 30 mm em 24 horas. Os anos com o maior somatório do número de dias com precipitação superior a 30 mm em 24 horas foram os anos de 2013 e 2020, ambos com 34 dias com precipitação superior a 30 mm em 24 horas.

O intervalo de tempo entre 2010 e 2022, revela grande variação e ausência de tendência nestes dados, há uma certa concentração de maiores índices de eventos extremos acima de 30 mm em 24 horas, de 2015 a 2022.

b) ESTAÇÃO ALTO DA BOA VISTA – MAIORES VALORES MENSAIS EM 24 HORAS

Tabela 17: Maiores valores mensais observados em 24 horas, Estação Alto da Boa Vista.

Alto da Boa Vista /Alerta Rio												
Maior valor de pluviosidade por dia												
Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
2010	-	-	-	33,80	58,00	44,00	122,00	0,00	0,00	46,20	56,80	0,00
2011	66,40	0,00	38,20	122,60	58,60	38,60	64,20	0,00	76,20	59,20	38,20	47,00
2012	48,60	0,00	136,80	66,00	83,40	103,40	54,80	0,00	115,20	31,80	54,20	0,00
2013	187,00	0,00	140,80	82,40	184,40	42,00	64,40	43,20	55,60	42,60	46,00	132,20
2014	84,00	85,60	0,00	186,60	39,60	59,00	47,20	73,20	0,00	0,00	31,20	85,80
2015	74,80	67,00	55,80	43,00	0,00	193,00	44,00	0,00	48,40	0,00	45,00	0,00
2016	107,00	188,40	188,40	0,00	0,00	104,20	0,00	32,60	59,80	0,00	86,20	32,20
2017	0,00	0,00	113,40	52,80	30,60	244,60	34,00	70,20	0,00	35,40	44,60	0,00
2018	89,80	97,20	83,00	36,60	0,00	59,00	79,60	96,20	0,00	62,00	105,20	49,60
2019	57,80	140,00	94,00	208,00	62,00	0,00	85,40	82,40	96,00	59,00	117,00	31,40
2020	60,00	96,00	126,80	37,20	86,60	0,00	85,00	132,40	244,00	118,80	109,60	109,60
2021	104,20	47,80	36,60	41,20	56,20	30,00	76,60	64,40	0,00	36,60	46,00	75,20
2022	84,80	0,00	116,80	209,20	0,00	34,80	111,00	32,40	81,40	0,00	120,00	99,80

Análise - Os resultados observados em relação ao descritor maiores valores mensais observados em 24 horas, na estação 1, Alto da Boa Vista, revela a quantidade máxima de precipitação registrada em um único dia para cada mês, ao longo dos anos de 2010 a 2022. Esses números representam a máxima pluviosidade diária em milímetros.

Por exemplo, em janeiro de 2013, a maior quantidade de chuva em um único dia foi de 187 mm, enquanto em julho de 2017, esse valor foi de 244,60 mm. Alguns meses, como evidenciado por 0,00 mm, não tiveram um dia em que a chuva acumulada em 24 horas atingisse ou excedesse o limiar de 30 mm. Ao longo dos anos, o maior valor de pluviosidade diária variou significativamente, indicando a ocorrência de eventos pluviométricos extremos em diferentes momentos.

c) ESTAÇÃO ALTO DA BOA VISTA - SOMATÓRIO DA PLUVIOSIDADE MENSAL

Tabela 18: Somatório mensal de chuvas, nos intervalos anuais, Estação Alto da Boa Vista.

Alto da Boa Vista /Alerta Rio													
Somatório mensal de chuvas													
Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	somatório
2010	-	-	-	99,00	111,00	111,80	359,80	66,80	86,20	210,80	166,20	205,80	1417,40
2011	132,20	39,80	195,40	287,40	219,00	89,80	133,80	131,20	111,20	173,20	142,20	239,40	1894,60
2012	198,00	17,60	254,00	181,40	235,60	299,60	121,40	29,00	214,00	118,20	189,20	39,80	1897,80
2013	578,40	95,80	447,20	147,00	307,00	83,80	358,60	111,20	213,80	163,00	256,80	306,80	3069,40
2014	88,00	88,00	93,40	309,80	135,00	157,80	226,20	164,40	61,20	52,80	108,80	132,20	1617,60
2015	125,60	133,60	215,60	140,40	75,00	307,40	71,40	26,40	193,00	109,80	229,40	111,00	1738,60
2016	421,60	93,00	304,00	51,60	132,20	221,40	28,60	151,80	152,40	147,00	327,40	159,40	2190,40
2017	114,60	20,60	256,80	339,40	45,40	369,20	92,40	152,00	18,60	91,40	176,80	115,00	1792,20
2018	330,00	264,80	181,60	139,20	75,40	174,00	109,40	311,40	79,60	268,20	375,00	126,80	2435,40
2019	66,80	429,20	476,20	413,60	189,00	89,00	118,00	302,60	354,20	99,20	301,00	134,40	2973,20
2020	219,40	533,60	230,40	69,00	203,00	82,40	168,80	315,20	390,20	315,60	261,00	353,40	3142,00
2021	125,20	179,20	73,20	131,60	183,40	120,20	89,60	200,60	84,80	310,00	223,20	417,40	2138,40
2022	268,60	99,20	218,00	462,40	74,40	197,20	138,20	61,20	338,40	91,00	391,00	371,60	2711,20

Análise - Os resultados observados em relação ao descritor somatório mensal de chuvas, nos intervalos anuais, na estação 1, Alto da Boa Vista, representa o volume total de chuva acumulada ao longo de cada ano, somando todas as chuvas mensais. Por exemplo, no ano de 2010, a precipitação acumulada ao longo do ano foi de 1417,4 mm, enquanto em 2022, a precipitação totalizou 2711,2 mm. No geral, houve um aumento geral no somatório da precipitação ao longo dos anos, sugerindo possíveis mudanças nas condições climáticas ou variações anuais normais.

4.2.1.2. COMPORATAMENTO DOS DESCRITORES PLUVIOMÉTRICOS PARA A ESTAÇÃO ROCINHA

a) ESTAÇÃO ROCINHA – DIAS COM PRECIPITAÇÃO SUPERIOR A 30 MM/24 HORAS

Tabela 19: Número de dias com precipitação superior a 30 mm em 24 horas, Estação Rocinha.

Rocinha /Alerta Rio													
Número de dias com precipitação superior a 30 mm em 24 horas													
Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	somatório
2010	2	1	4	5	1	2	4	0	0	2	2	2	25
2011	1	0	2	2	1	0	2	1	1	1	1	0	12
2012	2	0	1	2	3	3	1	0	1	1	1	0	15
2013	2	0	2	1	3	2	2	0	1	2	1	2	18
2014	1	0	0	2	3	1	4	2	0	0	0	1	14
2015	2	1	1	1	0	2	0	0	2	2	4	2	17
2016	0	1	2	0	1	2	0	0	1	0	3	0	10
2017	1	0	2	5	0	2	0	1	0	1	1	0	13
2018	3	3	1	0	0	1	1	2	0	1	3	2	17
2019	0	3	5	2	2	0	2	2	3	1	1	0	21
2020	2	5	1	1	2	0	3	2	1	1	3	3	24
2021	1	1	1	2	3	1	1	1	1	2	1	1	16
2022	1	0	0	2	0	1	1	0	5	0	2	2	14

Análise - Os resultados observados em relação ao descritor chuva acumulada de 24 horas, na estação 2, Rocinha. A estação demonstrou variação considerável de ano para ano nas ocorrências anuais de eventos de chuva acumulada de 24 horas, com o menor número de dias (10) ocorrendo em 2016 e o maior (25) em 2010. Em 2010, por exemplo, houve 25 dias em que a precipitação excedeu esse limiar, enquanto em 2022, esse número foi de 14. Embora haja alguma variação, o número de dias com chuva intensa parece ter aumentado ligeiramente ao longo do período, com picos em 2010, 2019 e 2020. Os anos com o maior somatório do número de dias com precipitação superior a 30 mm em 24 horas foram os anos de 2010 e 2020 com, respectivamente, 25 e 24 dias com precipitação superior a 30 mm em 24 horas.

O intervalo de tempo entre 2010 e 2022, revela grande variação e ausência de tendência nestes dados, há uma certa concentração de maiores índices de eventos extremos acima de 30 mm em 24 horas, de 2016 a 2020.

b) ESTAÇÃO ROCINHA – MAIORES VALORES MENSAIS EM 24 HORAS

Tabela 20: Maiores valores mensais observados em 24 horas, Estação Rocinha.

Rocinha /Alerta Rio												
Maior valor de pluviosidade por dia												
Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ag	set	out	nov	dez
2010	60,00	65,40	106,40	241,20	53,00	60,00	97,80	0,00	0,00	53,20	40,40	49,80
2011	35,40	0,00	37,40	72,00	47,00	0,00	89,00	33,00	61,00	47,00	52,20	0,00
2012	35,40	0,00	37,40	72,00	47,00	89,00	33,00	0,00	61,00	47,00	52,20	0,00
2013	137,60	0,00	63,60	46,20	118,40	55,40	46,20	0,00	46,20	35,80	34,80	76,60
2014	88,20	0,00	0,00	110,40	52,80	42,20	76,40	34,40	0,00	0,00	0,00	52,60
2015	72,60	34,60	57,80	92,20	0,00	107,60	0,00	0,00	88,40	68,80	67,00	38,40
2016	0,00	125,00	144,80	0,00	55,20	52,00	0,00	0,00	37,80	0,00	56,20	0,00
2017	48,80	0,00	57,60	58,80	0,00	107,00	0,00	35,00	0,00	53,80	35,20	0,00
2018	50,00	64,20	149,80	0,00	0,00	53,60	43,60	55,40	0,00	58,00	97,80	57,00
2019	0,00	161,20	72,00	208,20	68,00	0,00	49,40	58,00	132,00	87,20	127,60	0,00
2020	83,40	100,60	73,40	37,00	61,20	0,00	68,00	69,60	155,60	133,80	68,00	80,80
2021	115,00	51,20	59,80	48,40	62,00	46,80	64,00	62,80	68,40	79,40	34,40	56,40
2022	42,80	0,00	87,00	142,00	0,00	30,80	46,80	0,00	105,40	0,00	55,60	55,00

Análise - Os resultados observados em relação ao descritor maiores valores mensais observados em 24 horas, na estação 2, Rocinha, representa a máxima pluviosidade diária em milímetros ao longo dos anos de 2010 a 2022. Podemos observar que em alguns anos, como em 2011, 2012 e 2014, houve meses sem nenhum dia de precipitação superior a 30 mm, conforme evidenciado pelas entradas de 0,00 mm. Em contraste, houve registros consideráveis de precipitação em um único dia em outros anos e meses. Por exemplo, em abril de 2013, o maior registro de precipitação em um dia foi de 118,40 mm, e em setembro de 2020, um único dia teve precipitação de 155,60 mm.

c) ESTAÇÃO ROCINHA - SOMATÓRIO DA PLUVIOSIDADE MENSAL

Tabela 21: Somatório mensal de chuvas, nos intervalos anuais, Estação Rocinha.

Rocinha /Alerta Rio													
somário mensal													
Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	somatório
2010	159,80	131,20	424,00	574,20	94,80	147,20	280,40	77,60	80,80	175,40	111,60	202,20	2459,20
2011	124,60	40,40	150,60	148,40	123,40	67,00	128,60	130,40	53,60	136,60	120,00	157,00	1380,60
2012	151,00	11,40	81,40	158,60	204,20	354,40	101,00	14,40	124,40	102,80	147,80	34,40	1485,80
2013	402,00	70,60	251,00	105,20	230,00	132,80	214,60	74,40	130,80	100,80	190,40	198,60	2101,20
2014	92,00	37,20	88,20	206,80	157,20	78,00	323,40	145,00	37,00	81,40	76,80	0,00	1323,00
2015	143,80	81,00	127,00	163,20	55,00	227,80	49,80	12,40	229,20	162,80	321,40	133,00	1706,40
2016	103,80	206,60	232,80	23,40	143,00	127,80	11,40	110,00	111,80	69,60	230,80	87,00	1458,00
2017	149,80	5,40	172,20	276,60	15,20	219,40	37,60	72,40	17,60	100,80	119,20	109,80	1296,00
2018	197,40	236,60	169,80	77,40	35,60	149,80	79,00	206,60	46,20	147,80	277,80	129,60	1753,60
2019	37,40	322,60	382,60	391,00	151,20	75,40	100,00	255,40	309,00	107,00	222,60	88,00	2442,20
2020	172,00	411,80	143,00	67,20	195,80	65,60	202,60	130,40	229,80	215,60	219,40	280,20	2333,40
2021	141,20	114,40	95,80	168,40	189,60	121,40	69,60	120,20	96,60	268,80	120,80	242,40	1749,20
2022	148,60	69,80	117,60	255,00	55,40	148,60	85,80	36,60	370,40	58,60	197,40	203,20	1747,00

Análise - Os resultados observados em relação ao descritor somatório mensal de chuvas, nos intervalos anuais, na estação 2, Rocinha, a precipitação acumulada anualmente durante este período varia significativamente, desde um mínimo de 1296,00 mm em 2017 até um máximo de 2459,20 mm em 2010. A precipitação parece ter sido relativamente alta no início da década, com um pico em 2010, seguido por uma diminuição nos anos subsequentes, atingindo o menor valor em 2017. No entanto, após 2017, há um aumento na precipitação anual, culminando em outro pico em 2019.

4.2.1.3. COMPORATAMENTO DOS DESCRITORES PLUVIOMÉTRICOS PARA A ESTAÇÃO TIJUCA/MUDA

a) ESTAÇÃO TIJUCA/MUDA – DIAS COM PRECIPITAÇÃO SUPERIOR A 30MM/24 HORAS

Tabela 22: Número de dias com precipitação superior a 30 mm em 24 horas, Estação Tijuca/Muda.

Tijuca- Muda /Alerta Rio													
Número de dias com precipitação superior a 30 mm em 24 horas													
Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ag	set	out	nov	dez	somatório
2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	-	-	-	4	1	0	0	0	1	1	0	1	8
2012	2	0	1	1	0	2	0	0	2	0	0	0	5
2013	5	1	4	0	2	0	1	0	1	1	1	1	7
2014	1	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
2015	1	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	3
2016	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3
2017	2	0	1	1	0	3	0	0	0	0	1	0	5
2018	1	2	3	3	0	0	0	0	0	0	1	0	4
2019	1	2	3	3	3	1	0	0	0	0	1	0	8
2020	0	5	1	2	1	0	1	2	1	1	0	2	10
2021	1	2	1	1	2	0	0	0	0	0	3	3	9
2022	3	0	2	3	1	0	1	0	2	0	3	3	13

Análise - Os resultados observados em relação ao descritor chuva acumulada de 24 horas, na estação 3, Tijuca/Muda, demonstraram variação considerável de ano para ano nas ocorrências anuais de eventos de chuva acumulada de 24 horas. É importante salientar que o período de janeiro de 2010 a março de 2011, a estação não registrou nenhum dado, ou seja, ao contrário das outras estações com restrição temporal de 12 anos, a Tijuca/Muda tem uma restrição temporal de 11 anos.

A análise inicial dos dados revela uma tendência crescente na frequência dos eventos de chuva intensa. Nos primeiros anos do período, de 2011 a 2014, o número de dias com chuvas intensas variou de 2 a 8 por ano. No entanto, a partir de 2020, o número de dias com precipitação superior a 30 mm em 24 horas aumentou significativamente, atingindo um pico de 13 dias em 2022.

b) ESTAÇÃO TIJUCA/MUDA – MAIORES VALORES MENSAIS EM 24 HORAS

Tabela 23: Maiores valores mensais observados em 24 horas, Estação Tijuca/Muda.

Tijuca- Muda /Alerta Rio												
Maior valor de pluviosidade por dia												
Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ag	set	out	nov	dez
2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	-	-	-	220,20	34,20	0,00	0,00	0,00	64,00	32,40	0,00	52,20
2012	49,60	0,00	45,80	39,60	0,00	31,80	0,00	0,00	65,80	0,00	0,00	0,00
2013	61,40	31,80	88,40	86,40	0,00	0,00	43,40	0,00	42,60	43,60	41,00	115,20
2014	35,20	0,00	42,20	81,40	0,00	0,00	33,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2015	65,40	0,00	52,40	56,80	0,00	67,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2016	51,80	48,60	139,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	39,80	40,20
2017	37,40	0,00	31,60	39,40	0,00	168,20	0,00	30,60	0,00	0,00	31,00	0,00
2018	131,60	76,40	40,00	30,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	54,40	0,00
2019	42,60	71,40	71,80	98,00	43,20	47,00	0,00	0,00	0,00	0,00	68,60	0,00
2020	0,00	52,40	71,40	0,00	34,40	0,00	42,40	79,80	152,80	66,80	0,00	82,60
2021	61,80	68,20	35,40	43,00	47,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,60	84,60
2022	93,20	0,00	128,80	132,20	30,00	0,00	85,60	0,00	41,40	0,00	89,00	78,40

Análise - Os resultados observados em relação ao descritor maiores valores mensais observados em 24 horas, na estação 3, Tijuca-Muda, é possível observar a presença de chuvas extremamente intensas em diversos períodos, atingindo picos de mais de 200 mm em um único dia, ano de 2011. Alguns padrões podem ser identificados, como o aumento na intensidade das chuvas nos meses de março e abril em anos específicos, como 2011, 2013, 2019 e 2022. Além disso, os anos de 2016 e 2020 apresentam uma distribuição mais equilibrada de eventos de chuva intensa ao longo dos meses. Há também uma quantidade significativa de meses sem registros, representados pelos zeros, indicando a ausência de chuvas extremas durante esses períodos.

c) ESTAÇÃO TIJUCA/MUDA - SOMATÓRIO DA PLUVIOSIDADE MENSAL

Tabela 24: Somatório mensal de chuvas, nos intervalos anuais, Estação Tijuca-Muda.

Tijuca-Muda /Alerta Rio													
Somatório mensal de chuvas													
Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	somatório
2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	-	-	-	402,20	148,00	55,40	42,20	39,00	75,60	138,60	92,00	189,20	1182,20
2012	204,20	14,80	114,60	106,80	91,00	129,80	49,60	18,40	142,60	69,60	95,80	24,00	1061,20
2013	390,00	101,20	398,00	68,60	173,00	39,40	139,40	39,80	69,00	89,00	133,20	288,00	1928,60
2014	51,20	34,00	114,60	167,20	27,60	83,00	87,20	39,00	40,40	51,00	77,40	44,60	817,20
2015	92,80	97,20	132,80	107,40	51,40	133,20	11,40	9,60	86,80	26,20	144,00	71,00	963,80
2016	202,80	173,80	199,20	9,40	50,00	64,80	11,20	64,00	49,80	57,00	152,60	150,60	1185,20
2017	132,60	20,40	131,60	176,20	34,20	345,20	55,20	68,20	10,80	42,60	98,60	104,80	1220,40
2018	287,40	252,60	55,00	72,40	32,20	39,60	21,20	81,60	60,80	108,20	192,00	64,60	1267,60
2019	51,00	267,60	352,80	291,00	140,80	115,60	29,00	63,80	96,60	43,00	150,40	98,80	1700,40
2020	77,60	268,40	148,40	18,40	106,00	19,60	60,80	160,00	199,20	150,00	116,80	259,80	1585,00
2021	87,20	148,60	76,60	129,80	248,80	32,00	18,20	83,80	37,60	128,40	101,20	321,40	1413,60
2022	243,20	92,40	232,20	294,00	80,80	73,80	105,60	49,40	249,60	45,60	240,20	251,20	1958,00

Análise - Os resultados observados em relação ao descritor somatório mensal de chuvas, nos intervalos anuais, na estação 3, Tijuca/Muda, há uma considerável variação na quantidade total de chuvas anuais ao longo do período observado. No início da década, em 2010, não houve registro de dados. Em contrapartida, os anos de 2013, 2019 e 2022 se destacam por apresentar os maiores somatórios anuais de chuva, ultrapassando a marca de 1700 mm. Já os anos de 2014 e 2015 registraram uma quantidade de chuvas mais baixa, com somatórios anuais próximos a 800 e 960 mm, respectivamente.

4.2.2. ANÁLISE GRÁFICA DOS DESCRITORES PLUVIOMÉTRICOS

Seguindo a metodologia proposta por Dereczynsk C, 2008, a partir das 3 tabelas descritoras dos dados das estações pluviométricas, foram elaborados dois gráficos com todas as estações, que representam as seguintes tabelas: (i) ocorrências anuais de eventos de chuva acumulada de 24 horas superior a 30 mm/dia; (ii) somatório mensal de chuvas, nos intervalos anuais.

4.2.2.1. OCORRÊNCIAS ANUAIS DE EVENTOS DE CHUVA ACUMULADA DE 24 HORAS SUPERIOR A 30 MM/DIA

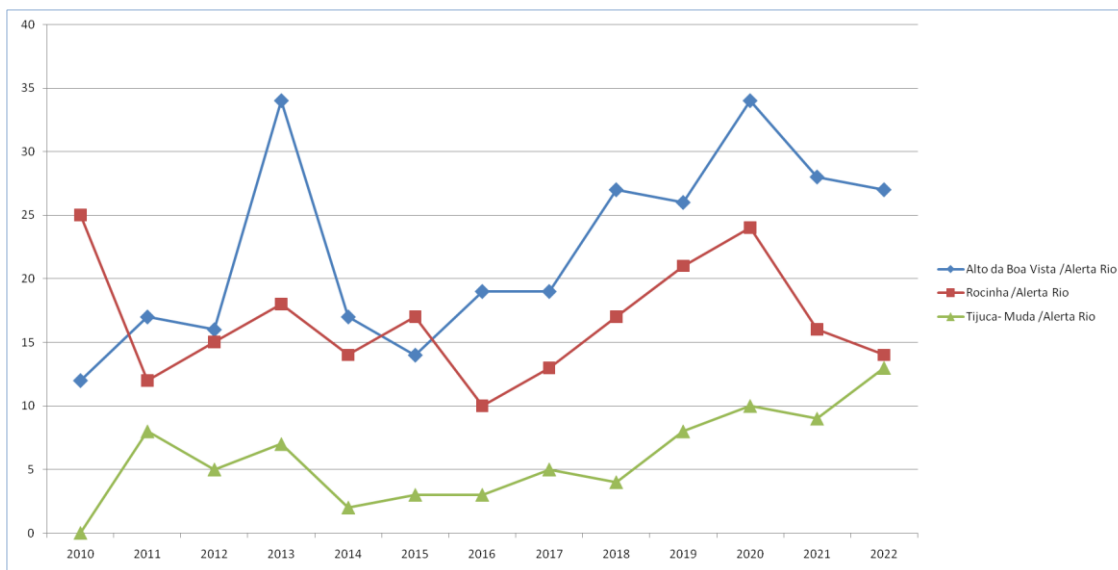


Figura 24: Gráfico representativo das ocorrências de chuvas anuais de eventos de chuva acumulada em 24 horas superior a 30 mm/dia.

A análise dos dados das três Estações Alto da Boa Vista, Rocinha e Tijuca-Muda, demonstra um aumento perceptível no número de dias com precipitações superiores a 30 mm ao longo dos anos em estudo. Especificamente, o Alto da Boa Vista e Tijuca-Muda apresentaram um crescimento mais consistente na frequência desses eventos extremos, com um salto de 12 para 27 dias e 8 para 13 dias, respectivamente, entre o início do período analisado e 2022. Embora haja algumas flutuações anuais, a tendência subjacente é de aumento

Essa tendência ascendente, observada nas três estações, é consistente com projeções climáticas globais relacionadas ao aquecimento global. À medida que a atmosfera aquece, sua capacidade de reter umidade aumenta, levando a eventos de precipitação mais intensos. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) já havia destacado essa relação em seus relatórios. Os dados do Parque Nacional da Tijuca reforçam essa narrativa global na escala local, sinalizando a importância de protocolos robustos de redução de risco para mitigar os impactos desses eventos pluviométricos extremos.

4.2.2.2. SOMATÓRIO MENSAL DE CHUVAS, NOS INTERVALOS ANUAIS

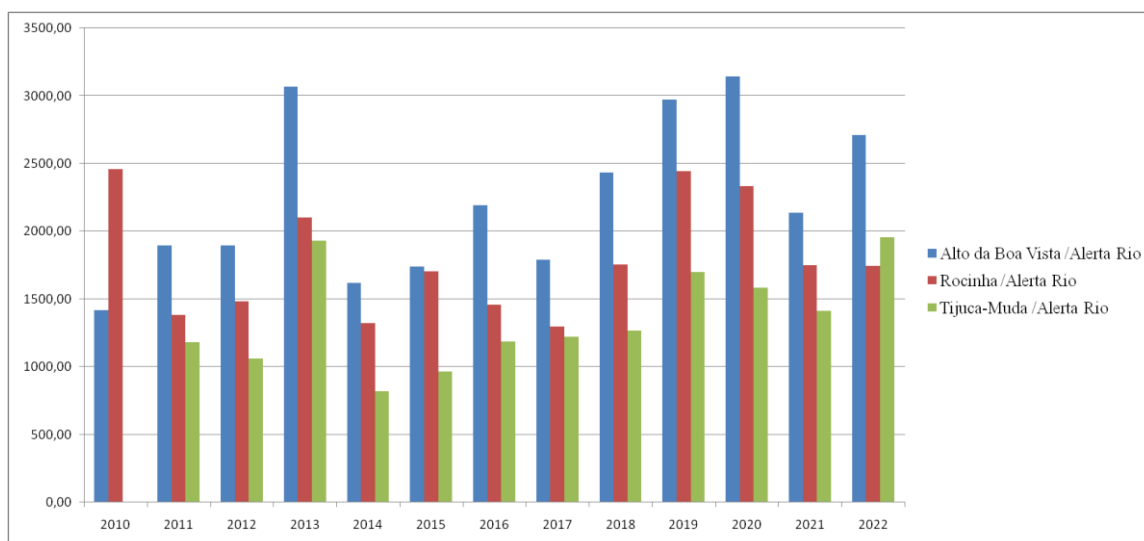


Figura 25: Gráfico representativo do somatório mensal de chuvas, nos intervalos anuais.

A análise do somatório mensal para as três Estações Alto da Boa Vista, Rocinha e Tijuca-Muda segue as seguintes métricas propostas por Pereira, R. M. S., 2007, seguindo a metodologia descritiva de Dereczynsk C, 2008: (i) Média do somatório anual de precipitação - A média do somatório de chuva por ano; (ii) Média mensal de precipitação - A média de chuva por mês considerando todos os anos; (iii) Ano mais chuvoso - O ano com maior somatório de chuvas; (iv) Ano menos chuvoso - O ano com menor somatório de chuvas; (v) Mês mais chuvoso em média - O mês que, em média ao longo dos anos, teve mais chuvas; (vi) Mês menos chuvoso em média - O mês que, em média ao longo dos anos, teve menos chuvas.

No qual, as estações apresentaram os seguintes resultados:

A) Alto da Boa Vista

- Média do somatório anual de precipitação: 2295,5 mm;
- Média mensal de precipitação: 191,29 mm;
- Ano mais chuvoso: 2013 com 3069,4 mm;
- Ano menos chuvoso: 2010 com 1417,4 mm;
- Mês mais chuvoso em média: janeiro com média próxima a 238,7 mm;
- Mês menos chuvoso em média: fevereiro com média próxima a 114,6 mm;

B) Rocinha

- Média do somatório anual de precipitação: 1966,56 mm;

- Média mensal de precipitação: 163,88 mm;
- Ano mais chuvoso: 2010 com 2459,2 mm;
- Ano menos chuvoso: 2011 com 1380,6 mm;
- Mês mais chuvoso em média: janeiro com média próxima a 138,3 mm;
- Mês menos chuvoso em média: setembro com média próxima a 118,1 mm;

C) Tijuca-Muda (Excluindo o ano de 2010 por falta de dados)

- Média anual de precipitação: 1218,54 mm;
- Média mensal de precipitação: 101,54 mm;
- Ano mais chuvoso: 2022 com 1958 mm;
- Ano menos chuvoso: 2014 com 817,2 mm;
- Mês mais chuvoso em média: janeiro com média próxima a 143 mm;
- Mês menos chuvoso em média: julho com média próxima a 47,5 mm;

Pereira, R. M. S, 2007, aplica em seus estudos as métricas estatística de desvio padrão e a variância, sobre os resultados anteriores, temos, respectivamente, a raiz quadrada da variância, expressando a dispersão dos dados em unidades originais, tornando-o mais intuitivo e diretamente comparável à média, e a média das diferenças quadráticas da média, oferecendo uma visão geral da variabilidade em um conjunto de dados. A partir dos quais podemos entender melhor a consistência e a previsibilidade dos eventos extremos de precipitação nas estações pluviométricas selecionadas, logo, essas ferramentas estatísticas nos permitem não apenas quantificar, mas também interpretar a natureza e a confiabilidade dos fenômenos observados.

Por fim, os resultados encontrados nessa análise demonstram diferentes padrões de variabilidade, para cada estação selecionada. No Alto da Boa Vista, a variância foi de 386,575 mm² com um desvio padrão de 19,663 mm, indicando que as chuvas anuais nesta estação tendem a variar em torno de 19,663 mm em relação à média. Para Rocinha, a variância foi de 333,994 mm². e o desvio padrão de 18,276 mm. Em Tijuca-Muda, a variância foi de 287,305 mm². com um desvio padrão de 16,951 mm. Estes valores de desvio padrão indicam a dispersão dos dados em relação à média. Esta análise sugere que as chuvas no Alto da Boa Vista são mais inconsistentes ano a ano, enquanto Tijuca-Muda tem uma relativa estabilidade em comparação com as outras duas estações. Ademais, o Alto da Boa Vista apresenta a maior variabilidade anual em precipitação, seguido pela Rocinha e, finalmente, Tijuca-Muda.

Ao ligarmos esta variabilidade de pluviometria com o contexto global do aquecimento climático, podemos inferir que as mudanças climáticas resultantes do aquecimento global podem estar influenciando os padrões de chuva na região. O aumento das temperaturas globais tem sido associado a eventos climáticos mais extremos e a mudanças nos padrões de precipitação em diversas regiões do mundo. As variações observadas nas três estações podem ser um reflexo dessas alterações climáticas induzidas pelo homem, tornando regiões como o Alto da Boa Vista mais susceptíveis a variações extremas de precipitação, enquanto outras, como Tijuca-Muda, mostram uma relativa estabilidade. Esta interconexão reforça a necessidade de políticas sustentáveis e de adaptação às mudanças climáticas, considerando as características específicas e vulnerabilidades de cada região.

O Alto da Boa vista é a estação localizada em maior altitude entre as três, com maior extensão florestal e área preservada no seu entorno, e sua posição geográfica em relação a costa e ao mar pode torná-la mais exposta a variações atmosféricas de natureza marinha, que atingem as zonas mais elevadas do território (Pereira, R. M. S, 2007)

4.2.3. COMPARATIVO DO COMPORTAMENTO PLUVIOMETRICO DAS ESTAÇÕES NOS ANOS DE 2020, 2021 E 2022

Uma análise comparativa e detalhada dos descritores selecionados no presente estudo, para as três estações selecionadas entre 2020-2022 é apresentada abaixo. Cabe destacar que enquanto os deslizamentos na Estrada das Paineiras foram principalmente mobilizados em setembro/outubro de 2020, outubro/novembro de 2021, e abril e setembro de 2022; os deslizamentos no Setor Floresta foram registrados em abril e setembro de 2022.

Tabela 25: Número de dias com precipitação superior a 30 mm em 24 horas, Estações do Alerta Rio. Alto da Boa Vista, Rocinha e Tijuca Muda, entre 2020 e 2022.

Anos	Número de dias com precipitação superior a 30 mm em 24 horas – Dados por mês e estação												
	Alto da Boa Vista												
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Som
2020	3	9	2	1	2	0	1	3	3	3	3	4	34
2021	1	3	1	2	4	1	1	3	0	4	3	5	28
2022	2	0	2	4	0	2	1	1	5	0	4	6	27
	Rocinha												
2020	2	5	1	1	2	0	3	2	1	1	3	3	24
2021	1	1	1	2	3	1	1	1	1	2	1	1	16
2022	1	0	0	2	0	1	1	0	5	0	2	2	14
	Tijuca-Muda												
2020	0	5	1	2	1	0	1	2	1	1	0	2	10
2021	1	2	1	1	2	0	0	0	0	0	3	3	9
2022	3	0	2	3	1	0	1	0	2	0	3	3	13

Obs: Os maiores valores foram destacados em negrito.

Tabela 26: Maiores valores mensais observados em 24 horas, Estações do Alerta Rio: Alto da Boa Vista, Rocinha e Tijuca Muda, entre 2020 e 2022.

Anos	Maiores valores mensais observados em 24 horas, dados por mês e estação pluviométrica											
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
	Alto da Boa Vista											
2020	60,00	96,00	126,80	37,20	86,60	0,00	85,00	132,40	244,00	118,80	109,60	109,60
2021	104,20	47,80	36,60	41,20	56,20	30,00	76,60	64,40	0,00	36,60	46,00	75,20
2022	84,80	0,00	116,80	209,20	0,00	34,80	111,00	32,40	81,40	0,00	120,00	99,80
	Rocinha											
2020	83,40	100,60	73,40	37,00	61,20	0,00	68,0	69,6	155,6	133,80	68,00	80,8
2021	115,00	51,20	59,80	48,40	62,00	46,80	64,0	62,8	68,4	79,40	34,40	56,4
2022	42,80	0,00	87,00	142,00	0,00	30,80	46,8	0,00	105,4	0,00	55,60	55,0
	Tijuca-Muda											
2020	0,00	52,40	71,40	0,00	34,40	0,0	42,4	79,80	152,8	66,8	0,00	82,6
2021	61,80	68,20	35,40	43,00	47,80	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	34,0	84,6
2022	93,20	0,00	128,80	132,20	30,00	0,0	85,6	0,00	41,4	0,0	89,00	78,4

Obs: Os maiores valores foram destacados em negrito.

Tabela 27: Somatório mensal de chuvas, nos intervalos anuais, Estações do Alerta Rio: Alto da Boa Vista, Rocinha e Tijuca Muda, entre 2020 e 2022. Os maiores valores foram destacados em negrito.

Ano	Somatório mensal de chuvas, nos intervalos anuais, dados por mês e estação pluviométrica												
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Som
Alto da Boa Vista													
2020	219,40	533,60	230,40	69,00	203,00	82,40	168,80	315,20	390,20	315,60	261,00	353,40	3142,00
2021	125,20	179,20	73,20	131,60	183,40	120,20	89,60	200,60	84,80	310,00	223,20	417,40	2138,40
2022	268,60	99,20	218,00	462,40	74,40	197,20	138,20	61,20	338,40	91,00	391,00	371,60	2711,20
Rocinha													
2020	172,00	411,80	143,00	67,20	195,80	65,60	202,60	130,40	229,80	215,60	219,40	280,20	2333,40
2021	141,20	114,40	95,80	168,40	189,60	121,40	69,60	120,20	96,60	268,80	120,80	242,40	1749,20
2022	148,60	69,80	117,60	255,00	55,40	148,60	85,80	36,60	370,40	58,60	197,40	203,20	1747,00
Tijuca-Muda													
2020	77,60	268,40	148,40	18,40	106,00	19,60	60,80	160,00	199,20	150,00	116,80	259,80	1585,00
2021	87,20	148,60	76,60	129,80	248,80	32,00	18,20	83,80	37,60	128,40	101,20	321,40	1413,60
2022	243,20	92,40	232,20	294,00	80,80	73,80	105,60	49,40	249,60	45,60	240,20	251,20	1958,00

Obs: Os maiores valores foram destacados em negrito.

Os resultados observados para estes três anos, e três estações revelam elementos interessantes sobre a dinâmica pluviométrica no entorno do Parque Nacional da Tijuca.

Em relação a variação espacial observamos que a estação do Alto da Boa Vista apresenta sempre os valores de pluviosidade mais elevados. Os resultados indicam a pluviosidade afeta os setores do Parque de forma distinta, e que a dinâmica da pluviosidade também está sendo afetada pela localização da estação em relação ao relevo e proximidade dos remanescentes florestais. Também se registra que há uma maior similaridade no comportamento da pluviosidade entre as estações Alto da Boa Vista e Rocinha, neste intervalo de tempo. Ambas apresentaram maiores pluviosidades sequencialmente em 2020 e 2022. Para a estação Tijuca Muda o maior valor de pluviosidade ocorreu em 2022. Também notamos menor valores pluviométricos totais na estação Tijuca-Muda indicando uma menor pluviosidade incidente nesta estação.

Em relação à variação temporal, cabe destacar três questões, a ocorrência de chuvas anual, a ocorrência mensal, e a sua dispersão. Nota-se que neste intervalo de tempo não se observou um padrão similar anual de distribuição da chuva ao longo dos meses, indicando desvio em relação ao comportamento sazonal das chuvas e perda da previsibilidade da sazonalidade na pluviosidade. Houve no entanto certa coerência temporal nestes fenômenos em relação as diferentes localidades e meses, ou seja, apesar a quantidade total de chuva anual ter sido distinta entre as localidades, mas sua distribuição temporal foi similar entre as três estações, especialmente em relação a Alto da Boa Vista e Rocinha.

- 2020– Ano com maior índice pluviométrico, sendo os meses mais chuvosos: fevereiro, setembro, outubro e dezembro (Exceção Tijuca-Muda cuja maior pluviosidade se dá em 2022),
- 2021 – Ano com terceiro maior índice pluviométrico, sendo os meses mais chuvosos: dezembro, outubro e maio. (Exceção Rocinha que os anos de 2021 e 2022, foram similares em relação a pluviosidade).
- 2022 - Ano com segundo maior índice pluviométrico. Meses mais chuvosos: abril, dezembro, janeiro, novembro e setembro.

Em relação a concentração das chuvas no tempo. O número de anos avaliado não permite assumir premissas estruturais, mas é interessante notar os seguintes resultados:

- 2020– O mês de fevereiro foi mais chuvoso, e apresentou maior número de dias com pluviosidade acima de 30mm/hora no dia, indicando maior dispersão da chuva no tempo. Entretanto o segundo período mais chuvoso foi setembro/outubro com número de dias com pluviosidade acima de 30 mm/hora menores, e com maiores valores de pluviosidade mensais observados em 24 horas, indicando um fenômeno de chuva concentrada.
- 2022 – O mês mais chuvoso foi abril, os maiores valores de mensais de precipitação acima de 30ml também foram observados em abril e o número de dias com pluviosidade acima de 30ml não foram destacadamente maiores, indicando novamente o fenômeno da concentração de chuvas. O segundo mês mais chuvoso foi dezembro, mas a distribuição no tempo foi maior, e os valores máximos em 24 horas também não se destacaram.

Assim é interessante notar que as tradicionais chuvas de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) continuaram ocorrendo, entretanto, eventos pluviométricos concentrados, também passaram a ocorrer, mas agora nos meses de outono (2020, 2021) e na primavera (2021 e 2022), O recorde histórico de chuva em abril de 2022 , observado nas estações Alto da Boa Vista (462,40 mm), Rocinha (255,00) e Tijuca- Muda (294,00), afetaram severamente o Parque Nacional, mobilizando todos os deslizamentos registrados no Setor Floresta (Setor A), neste ano.

4.3. LEVANTAMENTO DAS INSTITUIÇÕES FEDERAIS, ESTADUAIS E MUNICIPAIS

O levantamento das instituições federais, estaduais e municipais que lidam com o enfrentamento de desastres relacionados a eventos pluviométricos extremos, segue a revisão bibliográfica, consultas online e análise de relatórios governamentais, identificando as instituições relevantes e analisando suas respectivas atribuições e responsabilidades, conforme a metodologia descrita no item 6.

Em face de tal, avaliamos os planos e programas dessas instituições, usando análise documental empregada por Egler M., 2012. Este método nos permitiu obter um panorama detalhado das instituições atuantes no combate a desastres climáticos extremos no Parque Nacional da Tijuca.

4.3.1. INSTITUIÇÕES FEDERAIS

O Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) é o órgão do Governo Federal do Brasil responsável por coordenar políticas e ações relacionadas ao desenvolvimento regional, urbano e de habitação, além de promover políticas de proteção e defesa civil.

A Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC) é uma das unidades que fazem parte do MDR. A SEDEC atua sob a coordenação do MDR, que define as políticas gerais de desenvolvimento regional e também a política nacional de proteção e defesa civil. Dito posto, a SEDEC executa essas políticas, promovendo a articulação entre os diferentes órgãos e entidades envolvidos no enfrentamento de desastres, além de fornecer diretrizes, capacitação e apoio técnico aos estados e municípios para lidar com situações de emergência. Estão sobre suas diretrizes:

(1) Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC): política governamental que estabelece diretrizes, princípios e objetivos para a proteção e defesa

civil no Brasil. Seu objetivo principal é promover a prevenção, a mitigação, a preparação, a resposta e a recuperação em situações de desastres e emergências. A PNPDEC é formulada e implementada pelo Ministério do Desenvolvimento Regional, por meio da Sedec.

(2) Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC): conjunto de órgãos e entidades de proteção e defesa civil em todos os níveis de governo, ou seja, federal, estadual, distrital e municipal. Por intermédio da SEDEC, o SINPDEC é coordenado pelo MDR, e tem como finalidade integrar e articular a atuação dos diversos órgãos e entidades envolvidos nas ações de proteção e defesa civil, garantindo uma resposta mais eficiente e coordenada diante de desastres e situações de emergência.

(3) Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC): colegiado vinculado ao Ministério do Desenvolvimento Regional, também sob a coordenação da Sedec. O CONPDEC é responsável por assessorar o Ministro do MDR nas questões relacionadas à proteção e defesa civil. Composto por representantes de diversos ministérios, órgãos federais, estados, municípios e outras entidades relevantes na área, este conselho tem a função de contribuir com a elaboração de políticas, diretrizes e ações de proteção e defesa civil, além de ser um espaço importante para a troca de experiências e conhecimentos entre os diferentes atores envolvidos na temática.

4.3.2. INSTITUIÇÕES ESTADUAIS

No estado do Rio de Janeiro, diversos órgãos, entidades e colegiados estão vinculados aos órgãos federais relacionados à proteção e defesa civil. Estes representam a esfera estadual e atuam em coordenação com o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) e a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC) para lidar com desastres e situações de emergência. Alguns dos principais órgãos estaduais vinculados são:

(1) Secretaria de Estado de Defesa Civil (SEDEC-RJ): É o órgão estadual responsável por coordenar as ações de defesa civil no Estado do Rio de Janeiro. Promove a prevenção, preparação e resposta a desastres e emergências, assim como, a recuperação das áreas afetadas. A SEDEC-RJ atua como o órgão coordenador das ações de proteção e defesa civil em todo o estado e é responsável por articular e alinhar as atividades dessas outras instituições.

(2) Instituto Estadual do Ambiente (INEA): órgão vinculado ao estado do Rio de Janeiro, desempenha relevante papel na gestão ambiental e na relação com desastres naturais. Possui conhecimentos e recursos técnicos relacionados ao meio ambiente e à gestão de recursos naturais. Sua atuação é relevante para prevenir e minimizar os impactos ambientais causados por desastres naturais.

(3) O Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ) e a Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro (PMERJ): desempenham papéis essenciais nas operações de resgate, assistência às vítimas e na manutenção da ordem pública em situações de desastres e emergências.

(4) A Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil (CEPDEC-RJ): unidade do governo estadual que atua diretamente com a SEDEC-RJ, auxiliando na implementação das políticas e planos de contingência relacionados à defesa civil.

(5) Comitê Estadual de Gestão de Riscos e Desastres (CEGRED-RJ): colegiado composto por representantes de diversos órgãos e entidades estaduais, sendo responsável por discutir e propor políticas e ações relacionadas à gestão de riscos e desastres no estado.

Estas instituições trabalham de forma integrada para fortalecer a capacidade de resposta do estado em situações de desastres e emergências.

4.3.3. INSTITUIÇÕES MUNICIPAIS

No âmbito municipal do Rio de Janeiro, existem diversos órgãos, entidades e colegiados que estão vinculados aos órgãos estaduais responsáveis pela proteção e defesa civil. Essas instituições têm um papel fundamental na gestão local de desastres e emergências. Alguns dos principais são:

(1) Secretaria Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil (COMPDEC): órgão municipal responsável por coordenar as ações de proteção e defesa civil na cidade do Rio de Janeiro. Atua em estreita colaboração com a Secretaria de Estado de Defesa Civil (SEDEC-RJ) e a Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil (CEPDEC-RJ), contribuindo para uma resposta coordenada em situações de desastres.

(2) Subsecretaria de Proteção e Defesa Civil (SUBPDEC): Subsecretaria vinculada à Secretaria Municipal de Ordem Pública (SEOP), que tem como atribuições a gestão de riscos e ações de defesa civil na cidade do Rio de Janeiro.

(3) Comitê Municipal de Gestão de Riscos e Desastres (CMGRD): colegiado que reúne representantes de diferentes órgãos municipais, estaduais e da sociedade civil, com o objetivo de discutir e propor políticas e ações relacionadas à gestão de riscos e desastres no âmbito municipal.

(4) Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro (GEO-Rio): órgão que tem como atribuição realizar estudos geotécnicos e de risco em áreas urbanas e está vinculado à Prefeitura do Rio de Janeiro. Ao trabalhar em conjunto com outros órgãos municipais, como a Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil (COMPDEC) e a Subsecretaria de Proteção e Defesa Civil (SUBPDEC), o GEO-Rio contribui para uma abordagem integrada de gestão de riscos e desastres no município, visando proteger a população e promover a segurança em áreas suscetíveis a eventos naturais adversos. A Geo-Rio também é a instituição responsável pelo sistema Alerta Rio. O Alerta Rio é o sistema de alerta de chuvas intensas e de deslizamentos em encostas da cidade do Rio de Janeiro. Foi criado em 25 de setembro de 1996 (Decreto No 15142), com o objetivo de emitir boletins de alerta à população sempre que houver previsão de chuvas intensas que possam gerar inundações de vias públicas e/ou acidentes geotécnicos em encostas (deslizamentos).

(5) Centro de Operações Rio (COR-Rio) é um Centro de Operações e resiliência da Cidade do Rio de Janeiro criado em 2010 e vinculado diretamente a Prefeitura. Foi criado como parte dos preparativos da cidade do Rio de Janeiro para as Olimpíadas e integra funcionários das diversas secretarias e órgãos da Prefeitura em atividades de monitoramento e prevenção de desastres e gestão de megaeventos. O COR tem uma dinâmica única e viabiliza a antecipação de soluções diante de eventos pluviométricos extremos e outras intercorrências, alertando os setores responsáveis sobre os riscos e as medidas urgentes que devem ser tomadas em casos de crise. Também viabiliza a ação coordenada de diversas instituições para preparação da cidade a eventos de grande porte, como as festas de carnaval, ano novo, megaeventos como o Rock in Rio, etc.

4.4. ATIVIDADES ADICIONAIS NÃO PREVISTAS NO PLANEJAMENTO DO PROJETO PIBIC

4.4.1. VISITA TÉCNICA À DEFESA CIVIL DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO: LEVANTAMENTO DAS OCORRÊNCIAS DE DESLIZAMENTOS NA ÁREA DA UNIDADE E SEU ENTORNO

No dia 19/07/2023, ocorreu uma reunião com um dos gestores da Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro, Alexandre. Na reunião o mesmo, se disponibilizou a permitir o acesso da equipe ao Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), instância responsável por apoiar a articulação entre a União, os estados, o Distrito Federal e os municípios na redução de desastres e na proteção das comunidades atingidas, para o levantamento das informações existentes sobre ocorrências de deslizamentos nas áreas da unidade e do seu entorno.

É importante esclarecer que devido ao tempo exíguo da pesquisa e a burocracia para disponibilizar o acesso ao Sistema, os resultados da consulta, não serão entregues no presente relatório. Contudo, a aluna continuará as atividades no âmbito do programa CIEE-ICMBio em 2024 e muito provavelmente conseguirá empreender as atividades faltantes de análise dos dados de ocorrências de intercorrências e deslizamentos registrados neste sistema.

5. RESULTADOS DOS OBEJTIVOS ESPECÍFICOS

5.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Em relação ao objetivo específico 1 – que abrangia a elaboração de um diagnóstico detalhado dos deslizamentos ativos, formados entre setembro de 2020 e outubro de 2022. Foi possível identificar que os pontos com deslizamentos ativos na estrada das Paineiras no Parque Nacional da Tijuca registrados em setembro de 2022, representaram pontos foram mapeados como locais de maior susceptibilidade a deslizamentos em pesquisas anteriores (Brum, 2019, Villaça, 2021) que foram mobilizados ou remobilizados pelos eventos de chuvas pluviométricas intensas, observadas em dezembro de 2020, outubro de 2021, abril de 2022 e outubro de 2022, justamente os meses mais chuvosos destes intervalos anuais. Ante o exposto foi possível verificar a correlação entre eventos pluviométricos extremos e a ocorrência de deslizamentos no Parque

Outros fatores intervenientes sobre os deslizamentos que ocorreram no Parque Nacional da Tijuca observados na atual pesquisa foram (1) obstrução do sistema de drenagem à montante, (2) sobrecarga vegetal, a qual figura como a principal agravante para severidade dos deslizamentos, e (3) inclinação do terreno, classificado como de alta declividade (< 45°),

Da análise sumária da tabela 11, tem-se que, em caráter emergencial para conter a piora dos deslizamentos ativos são medidas necessárias impermeabilização emergencial, com cobertura por lona, da superfície do movimento de massa, retirada das árvores que afetam a estabilidade dos taludes e desobstrução dos sistemas de drenagem das vias indicadas.

Já a médio-longo prazo, recomenda-se obras no sistema de drenagem à montante do movimento, impermeabilização da cicatriz do movimento (e.g. concreto projetado /atenção à drenagem do sistema de impermeabilização adotado), realizar trabalho/ estudo para o desmonte das rochas fraturadas e retirada das árvores que ameaçam a estabilidade de taludes, assim como, avaliar a necessidade da utilização do muro de contenção em certos pontos, e avaliar a necessidade da utilização de geomanta para a estabilização de processos erosivos, minimizando o efeito do escoamento superficial concentrado da água.

5.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2

Em relação ao objetivo específico 2 que compreendia o levantamento de dados relativos ao comportamento das chuvas incidentes sobre o território do Parque Nacional da Tijuca, abrangendo o intervalo mínimo de 10 anos pregressos e especificamente no período do trabalho (2020-2021). Cabe explicar que esta foi a etapa mais trabalhosa do estudo, sendo originalmente prevista para ocorrer entre janeiro e fevereiro de 2023, mas se deu entre janeiro e julho de 2023 (5 meses adicionais). Este atraso ocorreu, pois, as bases de dados estavam com muitas lacunas temporais, e eram disponibilizadas de forma distinta entre as várias instituições, impondo um desafio não previsto ao planejamento da pesquisa. Foi necessário fazer o download dos dados, organizar as tabelas de forma padronizada, analisar a consistência temporal dos dados, e identificar as estações passíveis de serem utilizadas no estudo e as estações a serem descartadas. Também foi uma novidade para a equipe trabalhar com os descritores climatológicos propostos por Dereczynsk (2008) para avaliação da ocorrência de eventos extremos, e a execução destas análises se estenderam por mais tempo que planejado. Diferente do que era esperado das nove estações inicialmente previstas, apenas três puderam ser efetivamente analisadas (tabelas 14 e 15). Nenhuma delas localizava-se delas dentro da Unidade.

Os resultados encontrados revelaram que no intervalo estudado os maiores valores de pluviosidade anual no entorno do Parque (entre 2011 e 2022) ocorreram, em ordem de

magnitude nos seguintes anos (Obs.: os dados de 2010 foram descartados pois não estavam disponíveis pra todas as estações):

- Alto da Boa Vista: 2013, 2020, 2019 e 2022,
- Rocinha: 2019, 2020, 2013 e 2018,
- Tijuca-Muda: 2022, 2013, 2019 e 2020,

Observa-se que os anos mais chuvosos são similares entre as estações com destaque para 2013, 2019, 2020 e 2022. No entanto observamos diferenças espaciais do com distribuição desta massa de água de forma desigual no território do município e por conseguinte na Unidade. Apesar de grandes padrões atmosféricos serem comuns, descritores específicos e recordes de pluviosidade estão apresentando um comportamento caracterizado por fenômenos localizados e características da geografia e relevo locais. **O único padrão espacial muito evidente é a ocorrência de valores de pluviosidade notadamente mais elevados no Alto da Boa Vista em todos estes anos.**

Já o recorte analítico detalhado nos anos de 2020 e 2022, revelou padrões temporais parecidos da distribuição temporal das chuvas nos meses e nos três locais, e ainda a consistência temporal entre as três estações relativas à ocorrência de eventos pluviométricos extremos concentrados em meses específicos, especialmente em setembro/outubro de 2020 e abril de 2022. Também cabe destacar que os descritores utilizados possibilitaram distinguir a ocorrência de eventos extremos em relação ao padrão climatológico tradicionalmente sazonal, com a continuidade da ocorrência das chuvas de verão do Sudeste brasileiro, que são registradas nos meses de dezembro e fevereiro, em todos os três anos, onde os valores mensais são elevados, o número de dias com pluviosidade acima de 30 ml é mais elevado, e os valores máximos diários acima de 30 ml não são tão discrepantes, indicando maior dispersão da chuva no tempo. Nos eventos em que a pluviosidade é concentrada, caracterizando um evento extremo, os valores mensais são elevados, o descritor número de dias com pluviosidade acima de 30 ml é menor, e o descritor valores máximos diários acima de 30 ml é notadamente mais elevado. Também foi possível notar que para além da estação chuvosa no verão, os dois principais eventos pluviométricos extremos que afetaram o Parque nestes dois anos ocorreram na primavera (set/out de 2020) e no outono (abril/2022), indicando um comportamento separado em relação ao padrão tradicional e previsível das chuvas de verão.

Por fim uma última conclusão relevante é que não foram encontradas estações pluviométricas instaladas no maciço do Corcovado que poderia estar monitorando a pluviosidade incidente nas estradas das Paineiras, Corcovado e Redentor. Este estudo por exemplo abrangeu oito pontos de deslizamentos ativos na estrada das Paineiras (Setor Carioca – B), e três pontos no Setor Floresta (Setor A). Assim tanto as áreas mais visitadas e utilizadas do Parque, como as estradas mais importantes e onde observamos maior ocorrência de deslizamentos não estão abrangidas na área de influência de uma estação meteorológica. Fica registrado a importância de se buscar junto a parceiros, e até se possível o COR Rio, da Prefeitura para instalação de uma estação meteorológica neste ponto do Parque.

Uma análise importante a ser desenvolvida é a localização das estações meteorológicas em relação aos limites das bacias hidrográficas do município do Rio de Janeiro e do Parque, de forma a compreender a conectividade ambiental entre estações e a sua localização geográfica em relação a geomorfologia local, de forma a entender os elementos locais que estão influenciando no comportamento dos dados observados.

Seria muito importante continuar o trabalho de monitoramento dos deslizamentos, das chuvas e dos eventos extremos de forma a confirmar ou refutar ao longo do tempo as hipóteses aqui suscitadas.

5.3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3 E 4

Em relação ao objetivos específicos 3 e 4, que abrangiam respectivamente a identificação da ocorrência de movimentos de massa com efeitos sobre a cobertura vegetal rastreáveis a cada ano no período estudado, a partir de imagens de satélite pré-selecionadas na pesquisa feita por Brust R., 2020,; e objetivo 4, voltado à avaliação de forma integrada a ocorrência dos deslizamentos apontados em imagens de satélite com os eventos pluviométricos extremos identificados no item anterior, de forma a descrever a correlação entre estes dois fenômenos e se possível apontar indicadores pluviométricos associados aos riscos de deslizamentos. Este objetivo não pode ser alcançado, pois a base de dados do estudante Rodrigo Brust apenas foi disponibilizada agora em setembro de 2023. A estudante está em consulta com os orientadores para verificar se será possível empreender atividades para alcançar este objetivo ou o mesmo terá de ser descartado no próximo ano com a continuidade da pesquisa. É possível que seja viável substituir as análises de imagens de satélite por informações obtidas no sistema da Defesa Civil que a

aluna terá acesso após a conclusão dos tramites burocráticos de acesso ao Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC). Então esta atividade deverá ser continuada em 2024, com ou sem alterações de escopo conforme dados a serem disponibilizados e ou compilados.

5.4. OBJETIVO ESPECÍFICO 5

Em relação ao objetivo específico 5, relativo à aplicação de questionário e levantamento da percepção social sobre a ocorrência de deslizamentos, nos últimos dez anos por meio de aplicação de questionários a membros das equipes de servidores, chefes e funcionários terceirizados do Parque Nacional da Tijuca e ICMBio. Esta atividade não pode ser concluída a tempo, devido aos atrasos mencionados anteriormente, mas está planejada para ocorrer entre os meses de dezembro de 2024 e março de 2025, para viabilizar que mesmo no período de férias, o maior número possível participantes entre os funcionários e servidores seja incluído na pesquisa.

5.5. OBJETIVO ESPECÍFICO 6

O objetivo específico 6, compreendia o levantamento das instituições federais, estaduais e municipais que atuam na temática relativa ao enfrentamento de desastres, suas atribuições e responsabilidades, e planos e programas voltados ao enfrentamento em desastres. A pesquisa foi empreendida, e foram identificadas as principais instituições que atuam na temática de monitoramento e prevenção de desastres nas escalas municipal, estadual e federal. Observamos um espelhamento entre as instituições federais, estaduais e municipais, e a existência de um Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil. Apesar do Parque Nacional da Tijuca ser um território administrado pelo governo federal, as ações de enfrentamento de desastres e as instituições que proveem suporte para a unidade estão no município. Também cabe destacar que as estações meteorológicas administradas pelo governo federal (CEMADEN), e pelo governo estadual (INEA), apresentavam lacunas e inconsistências temporais e não puderam ser utilizadas na presente pesquisa, indicando necessidade de fortalecimento dos processos de implantação e manutenção das redes meteorológicas nestas escalas. Em contrapartida na escala municipal registrou-se duas instituições, o COR Rio e a Geo-Rio, e um sistema muito importantes para o monitoramento e a redução de riscos de desastres no Parque Nacional da Tijuca, o Sistema Alerta Rio.

5.5. OBJETIVO ESPECÍFICO 7

A última etapa da pesquisa não foi concluída a tempo, e buscará, a partir destas análises realizadas, propor diretrizes para a equipe do uso público que ampare técnica e cientificamente a decisão sobre a operação da unidade, de acordo com previsão e ocorrência dos eventos pluviométricos extremos através dos informes de previsão meteorológica e dados observados. Também buscará identificar descritores e limiares pluviométricos que possibilitem estabelecer protocolos de risco, com indicadores que possam sugerir níveis de normalidade, mobilização, atenção, alerta e interrupção da operação.

O que esta pesquisa já possibilita observar é que as estações analisadas puderam demonstrar que a incidência de chuva no território do Parque observa parâmetros atmosféricos gerais, com maiores valores de chuva ocorrendo nos mesmos períodos do ano, com algumas variações mensais. E responde a parâmetros locais, que acabam resultando em diferenças espaciais significativas e que não permitem agrupamentos fortes e tendências entre os dados indicando um comportamento da pluviosidade também influenciado por características locais.

A estação pluviométrica do Alto da Boa Vista, localizada na área central do Parque, na junção entre os Setores A e B, e entre os maciços da Tijuca e da Carioca, apresentou em todos os anos os maiores valores de pluviosidade. Indicando que esta área representa a área amostrada do Parque com maior incidência pluviométrica. Também pode indicar um efeito positivo da extensão de remanescentes de vegetação na produção de chuva local a partir da evapotranspiração das árvores.

A estudante compartilha neste trabalho a sua percepção visual que registra que em alguns dias do ano, é possível observar estas nuvens de umidade sendo produzidas pelas florestas de altitude protegidas pelo Parque Nacional da Tijuca se debruçando sobre as planícies dos bairros costeiros (São Conrado, Barra e Jardim Botânico), e dos bairros interiores (Tijuca, Jacarepaguá, Grajaú).

Também constatamos que os trechos com maior ocorrência de deslizamentos não estão próximos a estações de monitoramento pluviométrico, indicando a necessidade de ampliação da rede meteorológica localizada no entorno e dentro da Unidade, em especial neste setor que é o mais visitado da Unidade devido ao fluxo de visitantes para

o Monumento do Corcovado. Para compensar esta falha, iremos ampliar a análise incluindo possivelmente alguns pontos que não foram avaliados na presente pesquisa

Os descritores selecionados no presente trabalho se mostraram adequados para identificar variações e anomalias no comportamento das chuvas, mas não devem ser calculados separadamente pois é o conjunto destes indicadores que é capaz de identificar a ocorrência de chuvas concentradas, diferenciando as mesmas do padrão de chuvas de verão associadas à variação sazonal normal da pluviosidade.

Nossos resultados indicaram que os deslizamentos observados nos anos analisados neste curto intervalo de tempo, ou seja, em 2020 e 2022, foram observados após decorrências de anomalias climáticas, e chuvas concentradas em curto período de tempo, indicando que pode haver um momento que a intensidade da chuva extrema o leve à ruptura da homeostase e da coesão do sistema solo-encostas-árvores.

Um descritor importante que pode ser testado é a chuva acumulada em dois e em cinco dias seguidos, e iremos buscar desenvolver esta análise também nos próximos meses.

Por fim estamos em tratativa para desenvolver o Protocolo de Operação do Parque Nacional de um trabalho colaborativo com o Centro de Operações Rio (COR-Rio), responsável pelo desenvolvimento dos protocolos da cidade do Rio de Janeiro. Este protocolo deverá contemplar tanto um conjunto de informações sobre os limites de descritores pluviométricos e diferentes estágios de mobilização (Normalidade, Mobilização, Alerta e Interdição da Operação), quanto ações em cada situação. Também deverá considerar a variação espacial dos indicadores e índices pluviométricos, adequados a cada setor do Parque.

Um outro possível desdobramento deste trabalho poderá ser o desenvolvimento de protocolos de identificação e remoção de árvores em áreas lindeiras de estradas e até trilhas, a montante e a jusante das mesmas, que imponham riscos de aumentar a severidade de eventos de mobilização de solo e deslizamentos, podendo afetar estas infraestruturas e atrativos e aumentando significativamente os custos dos impactos de eventos extremos nas Unidades de Conservação. Como exemplo citamos o deslizamento magnificado pela queda de três árvores em sequência e que atingiram o estacionamento da Cascatina Taunay no Setor Floresta, ampliando significativamente os custos deste reparo, e o exíguo orçamento do ICMbio que normalmente já é subdimensionado e racionalizado.

Por fim a constatação da ausência de estações meteorológicas em funcionamento e com consistência na amostragem de dados dentro da Unidade de Conservação, é um elemento importante pois indica que ainda não há uma preocupação institucional com a coleta de dados meteorológicos nesta Unidade de Conservação, apesar da importância desta informação para conhecimento dos impactos dos sistemas atmosféricos sobre os sistemas naturais, bem como do conhecimento da dinâmica hidrológica nestes espaços protegidos do território. Tais informações são fundamentais para entender as diferenças nos comportamentos hidro geomorfológico entre áreas urbanas e ou agrícolas e áreas protegidas, bem como no conhecimento dos serviços ecossistêmicos de regulação de clima e hidrologia providos pelas áreas protegidas.

6. IMPACTOS DO PRESENTE TRABALHO PARA A GESTÃO DA UNIDADE

Este relatório em conjunto com documentos elaborado pela equipe técnica do Parque Nacional da Tijuca incluídos no Processo 02126.002205/2020-91, foram utilizados como subsídios para a definição dos primeiros pontos a serem alvos de elaboração de projetos de orçamento para implantação de obras de contenção pelo COPEA/ICMBIO. Temos a expectativa de continuar acompanhando a implantação das medidas de contenção de forma a verificar como foram selecionadas e implantadas as medidas de contenção preventiva e corretiva dos deslizamentos ativos no Parque, a serem implantadas com recursos de Compensação Ambiental Este projeto está, portanto, contribuindo, mesmo antes de sua conclusão na implantação de soluções para os escorregamentos ativos, e contenção preventiva para escorregamentos futuros.

7. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Fruto do interesse da equipe de uso público do Parque Nacional da Tijuca, de compreender e enfrentar os eventos observados nos últimos anos relativos aos deslizamentos nos domínios do Parque Nacional da Tijuca, cuja frequência vem se intensificando, o presente trabalho buscou fazer uma análise de impactos e desenvolvimento de protocolo de redução de risco à eventos pluviométricos extremos no Parque Nacional da Tijuca.

Diante disso, o panorama geral dos resultados evidencia uma relação incontestável entre eventos pluviométricos extremos e ocorrências de movimentos de massa. Durante o período entre setembro de 2020 e dezembro de 2022, todos os registros de tais movimentos ocorreram subsequentemente a eventos de eventos pluviométricos extremos. Especificamente, os deslizamentos verificados em setembro de 2020, dezembro de 2021, março/abril de 2022 e novembro de 2022 chamam a atenção.

A referência utilizada para classificar um evento como extremo na cidade do Rio de Janeiro é de 30 mm/hora, conforme estabelecido por Dereczynsk C. (2008). De forma complementar e preocupante, observa-se um aumento na ocorrência de eventos que superam essa marca a partir de 2015, em alinhamento com projeções climáticas globais. Esses dados, portanto, reforçam a literatura existente ao confirmar que chuvas com acumulados iguais ou superiores a 30 mm por hora intensificam significativamente os riscos de deslizamentos, especialmente em regiões como o Parque Nacional da Tijuca,

que possui uma geomorfologia descrita por Heilbron et al (1993) com relevo montanhoso e acidentado, e que frequentemente enfrenta eventos pluviométricos extremos.

A interação entre esses dois fatores se encontra ainda mais notáveis, à medida que a quantidade de chuva acumulada em um mês, por exemplo, fornece uma ideia das condições de saturação geral do solo ou maciço. Um solo saturado tem sua capacidade de suporte reduzida, pois a água preenche os poros, aumentando a pressão intersticial. Isso torna o terreno mais suscetível aos movimentos de massa, especialmente se houver outros fatores contribuintes, como o acúmulo de água por problemas no sistema de drenagem e árvores fixadas no substrato instável (Gerscovich, 2012; Tominaga, 2012b).

A quantidade de chuva em um único dia pode indicar eventos de precipitação muito extremos. Esses eventos podem causar movimentos de massa devido à rápida infiltração de água, especialmente em solos ou maciços que já estão parcialmente saturados. Um alto índice pluviométrico em um curto período pode superar a capacidade de infiltração do solo, levando ao escoamento superficial e, conseqüentemente, à erosão e potencial desestabilização do terreno (Tominaga, 2012b).

Ou seja, seguindo a metodologia proposta por Dereczynsk C. (2008), os maiores valores mensais observados em 24 horas, acima de 30 mm/hora, podem indicar de acordo com Tominaga (2012b), eventos de precipitação muito extremo e causar os piores danos a infraestrutura do Parque Nacional da Tijuca.

É importante que a gestão equipe de uso público do Parque Nacional da Tijuca, tome partido dos problemas listados no presente estudo e, junto com os diversos órgãos listados, trabalhe para redução dos impactos associados aos eventos pluviométricos extremos sobre as instalações do parque. A coordenação entre as equipes internas do Parque e outras agências relevantes é essencial para implementar medidas preventivas, monitorar áreas de risco e promover ações de mitigação.

8. AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer às instituições fomentadoras ICMBio e CNPq, assim como, minha orientadora, Mariana Egler, por sua orientação, paciência e apoio durante todo o processo de pesquisa. Sem sua orientação, não teria sido possível alcançar os resultados que obtivemos.

Além disso, gostaria de agradecer a Francisco Dourado, meu coorientador, pela orientação geotécnica e geológica do trabalho. Agradeço também a equipe do Parque

Nacional da Tijuca, que gentilmente concedeu acesso ao local de pesquisa e forneceu o suporte logístico necessário. Em particular, gostaria de agradecer a Sherlye Carvalho, especialista em geoprocessamento da Unidade, que gentilmente ofereceu apoio com os programas de georreferenciamento, ArcGis e Qgis.

Por fim, mas não menos importante, gostaria de agradecer a minha família e amigos por seu constante incentivo e apoio.

Mais uma vez, obrigado a todos. Sua ajuda e apoio foram inestimáveis e eu não teria conseguido chegar até aqui sem vocês.

9. CRONOGRAMA DE CONCLUSÃO DO PLANO DE TRABALHO

Etapa 1: Levantamento de informações, organização de material e planejamento das atividades de campo.

Etapa 2: Capacitação do bolsista.

Etapa 3: Elaboração de um diagnóstico geo-espacializado dos deslizamentos ativos no Parque Nacional da Tijuca e fatores alavancadores.

Etapa 4: Levantamento de dados pluviométricos disponíveis nos últimos 10 anos.

Etapa 5: Levantamento de informações sobre a ocorrência de deslizamentos nos últimos 10 anos, com base em documentos administrativos e elaboração e aplicação de questionários semi estruturados.

Etapa 6: Análise integrada dos dados de eventos pluviométricos extremos e ocorrência de deslizamentos nos últimos 10 anos no Parque Nacional da Tijuca, de forma a propor indicadores pluviométricos para redução de risco na Unidade.

Etapa 7: Levantamento de informações sobre protocolos de risco existentes nas instituições locais e outras Unidades de Conservação.

Etapa 8: Elaboração de Relatório Final e disponibilização do protocolo de redução de risco criado.

Tabela 28: Cronograma de atividades da pesquisa (Set/22 - Set/23)

Etapa	Set/22	Out/22	Nov/22	Dez/22	Jan/23	Fev/23	Mar/23	Abril/23	Mai/23	Jun/23	Jul/23	Ago/23	Set/23
1	x	x	x										
2	x	x	x										
3				x	x	x							
4						x	x	x	x	x			
5													
6													
7										x	x	x	
8												x	x

O cronograma acima proposto pela gestão do Parque Nacional da Tijuca, propunha 8 etapas organizadas de acordo com a capacitação do bolsista. Dito posto, apesar do esforço da aluna para completar as 8 atividades ao longo do período proposto, não foi possível completar as Etapas 5, 6 e 8 (disponibilização do protocolo de redução de risco criado).

Como mencionado nos capítulos anteriores, a aluna continuará trabalhando junto a gestão do parque através do programa de estágio externo CIEE. Portanto, propomos através do cronograma de pesquisa de 2024, a continuação da pesquisa com as atividades faltantes.

Tabela 29: Cronograma de atividades da pesquisa (Nov/23 - Set/24)

Etapa	Nov/23	Dez/23	Jan/24	Fev/24	Mar/24	Abr/24	Jun/24	Jul/24	Set/24
5	x	x	x	x	x				
6				x	x	x			
8						x	x	x	x

10. CITAÇÕES E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRUST, R. 2019. Mapeamento e levantamento de processos erosivos no Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro (2019-2020). 2019, pp 4-25
- DANTAS, C. 2021. Mapeamento dos processos erosivos na estrada do Sumaré (2020-2021). 2021, pp. 04-20
- DERECZYNSKI, C.; OLIVEIRA, J. S.; MACHADO, C. O. 2008. Climatologia da precipitação no município do Rio de Janeiro. 2008, pp. 25-37.
- DOMINGOS, A. J. P.; BRANDÃO, A. M. P. M.; GUERRA, A. J. T.; DOMINGOS, C. N.; KUHLMANN, E.; SANT'ANA, E. M.; LIMA, G. P.; SILVA, L. M.; WHATELY, M. H.; ALOISO, M. T. A.; BULHÕES, M. G.; RÉGIS, W. D. E. & SILVA, Z. L. 1976. Estudo do Relevo, Hidrografia, Clima e Vegetação das Regiões Programa do Estado do Rio de Janeiro. Boletim Geográfico, vol. 34 (248), pp. 5–73.
- EGLER, M. 2012. Gerenciamento integrado de Recursos Hídricos no Estado do Rio de Janeiro: Ensaio de indicador para o estabelecimento da avaliação das relações entre qualidade da água e cobertura vegetal. 2012, pp. 111-130.
- GERSCOVICH, D. Estabilidade de taludes. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 166p.
- HEILBRON, M.; PIRES, F. R. M.; VALERIANO, C. M. & PESSA, M. T. 1993. Litoestratigrafia, evolução tectônico-metamórfico e magmatismo no Pré-Cambriano do setor sudeste do município do RJ. Atas do III Simpósio de Geologia do Sudeste, S. G. B, Rio de Janeiro.
- HIGHLAND, L.M.; BOBROWSKY, P. The landslide handbook: a guide to understanding landslides. Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, 2008. 129p.
- ICMBIO. 2008. Plano de Manejo do Parque Nacional da Tijuca. Brasília. 2008, pp. 40-70.
- LAVELL, A., M. OPPENHEIMER, C. DIOP, J. HESS, R. LEMPERT, J. LI, R. MUIRWOOD, AND S. MYEONG, 2012: Climate change: new dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability, and resilience. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 25-64.

NELSON RODRIGUES. 2018. Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa – Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais – Projeto GIDES. (livro eletrônico): CPRM - Coordenação: Jorge Pimentel e Thiago Dutra dos Santos. – Rio de Janeiro: CPRM/SGB – Serviço Geológico do Brasil, 2018; Versão 1. 213páginas (pdf). pp. 5-14.

NERY, L. 2020. Mapeamento dos processos erosivos na linha férrea do Trem do Corcovado (2020-2021). 2020, pp. 5-14.

PEREIRA, R. M. S., 2017. Distribuição das chuvas no maciço da Tijuca.

RIBEIRO, M. C., METZGER, J. P., MARTENSEN, A. C., PONZONI, F. J., & HIROTA, M. M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation.

RIBEIRO, R.S. Simulação do processo de queda de blocos em encostas com aplicação da mecânica do contato e do método dos elementos discretos. 2013. 265 f. Tese (Doutorado em Ciências (Geologia)) – Instituto de Geociências.

RODRIGUES, B. H. & MACHADO, S. 1996. Geologia Regional e Geomorfologia do Parque Nacional da Tijuca. Disponível em: <http://www.terrabrasil.org.br/ecossistema/ecossist_geo>.

TOMINAGA, L.K. Escorregamentos. In: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do (Org.). Desastres naturais: conhecer para prevenir. 2. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2012b. cap. 2, p. 25-38.

VILLAÇA, F. 2020. Mapeamento dos processos erosivos na estrada das Paineiras (2020-2021). 2020, pp. 5-20.

YILMAZ, I.; YILDIRIM, M.; KESKIN, I. A method for mapping the spatial distribution of rockfall computer program analyses results using ArcGIS software. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, v. 67, n. 4, p. 547-554, 2008.