

viva  **água**

cuidar da **Baía de Guanabara**
é proteger a vida

Informações climáticas para a biorregião Guapi Macacu - RJ

Referências Cadastrais

Estudo	Informações de climáticas para a biorregião Guapi Macacu - RJ
Contratante	Cooperação Alemã para o Desenvolvimento GIZ Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Projeto ProAdapta* - Apoio ao Brasil na Implantação da sua Agenda Nacional de Adaptação à Mudança do Clima
Data do documento	Setembro 2024

Responsabilidade Técnica

Geoclimate Data Analytics

Thales Vaz Penha

Isenção de Responsabilidade:

Este documento foi elaborado por Geoclimate Data Analytics em observância às normas técnicas recomendáveis e em estrita obediência aos termos de referência da contratação. Em razão disto, a empresa se isenta de qualquer responsabilidade, perante o cliente ou terceiros, pela utilização deste documento, ainda que parcialmente, fora do escopo para o qual foi preparado. O documento não pode ser reproduzido por qualquer meio (impresso, eletrônico e afins) ainda que em parte, sem a autorização prévia da GIZ.

*O Projeto ProAdapta é fruto da parceria entre o Ministério do Meio Ambiente do Brasil (MMA) e o Ministério Federal do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear e Defesa do Consumidor (BMUV, na sigla em alemão), no contexto da Iniciativa Internacional para o Clima (IKI, na sigla em alemão) e implementado pela Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. O ProAdapta "Apoio ao Brasil na Implantação da Agenda Nacional de Adaptação à Mudança do Clima" que visa favorecer o aumento da resiliência climática do Brasil, mediante apoio a processos de coordenação e cooperação entre as três esferas de governo, setores econômicos e sociedade civil, uma vez que os impactos da mudança do clima ocorrem em escala local, mas as medidas de enfrentamento dependem de ações coordenadas e implementadas em diferentes estratégias setoriais ou temáticas. Neste contexto o ProAdapta contribui para o alcance dos objetivos da iniciativa movimento Viva Água Guanabara por meio de apoio técnico para o tema de risco climático e opções de adaptação.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	4
Lista de Tabelas	5
1. Status de conservação e uso de terra - Guapi-Macacu	6
1.1 Introdução	6
1.2 Conservação da Mata Atlântica em Guapi-Macacu	6
1.2.1 Status de conservação em Cachoeira Macacu	6
1.2.2 Status de conservação em Guapimirim	8
1.3 Desafios à conservação em Guapi-Macacu	9
1.4 Evolução das mudanças no uso da terra em Guapi-Macacu	10
2. Impactos climáticos observados na biorregião de Guapi-Macacu	14
2.1 Introdução	14
2.2 Caracterização da biorregião	14
2.3 Impactos Climáticos observados segundo a plataforma S2ID	18
2.4 Impactos climáticos observados em periódicos jornalísticos	19
3. Riscos e ameaças climáticas para a biorregião de Guapi-Macacu	23
3.1 Introdução	23
3.2 Ameaças para a biorregião Guapi-Macacu	23
3.2.1 Ameaças climáticas observadas	26
3.2.2 Ameaças climáticas observadas para o futuro	27
3.3 Riscos climáticos em Guapi-Macacu	29
3.4 Método	37
4. Justiça Climática	39
4.1 Introdução	39
4.2 Definição de Justiça Climática	39
4.3 Grupos vulneráveis sob a lente da Justiça Climática em Guapi-Macacu	41
4.4 Análise da Justiça Climática em Guapi-Macacu	42
Referências bibliográficas	47

Lista de Figuras

Figura 1: Mapa de uso e cobertura da terra da bacia Guapi-Macacu. Fonte: Base de dados INEA (2018).....	11
Figura 2: Mapa de uso e cobertura da terra da bacia Guapi-Macacu. Fonte: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/32870/1/ibio-esa-mapa-bacia-guapi-macacu.pdf	15
Figura 3: Climatologia das cidades de (a) Cachoeiras de Macacu-RJ e (b) Guapimirim-RJ. Fonte: https://www.climatempo.com.br/	16
Figura 4: Mapa de localização das áreas classificadas com população em área de risco e áreas inundáveis.....	17
Figura 5: Distribuição dos tipos de desastres na biorregião Guapi-Macacu para o período de 1991 a 2022 segundo a plataforma S2ID (BRASIL-MIDR, 2024).....	19
Figura 6: Distribuição dos tipos de eventos climáticos que afetaram a biorregião Guapi-Macacu, extraídos a partir de portais de notícias entre 2008 e 2024.....	20
Figura 7: Distribuição dos tipos de desastres na biorregião Guapi-Macacu, extraídos a partir de portais de notícias entre 2008 e 2022.....	21
Figura 8: Distribuição dos tipos de desastres na biorregião Guapi-Macacu, extraídos a partir de portais de notícias entre 2008 e 2022.....	22

Lista de Tabelas

Tabela 1: Transição de classes nos períodos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2022 em Guapi-Macacu (valores em percentual de área do território).....	13
Tabela 2: Resumo com as características socioeconômicas dos municípios em Guapi-Macacu.....	18
Tabela 4: Riscos e ameaças climáticas em Guapi-Macacu.....	25
Tabela 5: Riscos climáticos em Guapi-Macacu segundo a plataforma Adaptabrasil-MCTI.....	34
Tabela 6: Fontes e referências consultadas para análise das ameaças climáticas em Guapi-Macacu.....	38
Tabela 7: Fontes consultadas e recortes geográficos para análise.....	38
Tabela 8: Indicadores de Justiça Climática.....	44
Tabela 9: Indicadores de Justiça Climática.....	45

1. Status de conservação e uso de terra - Guapi-Macacu

1.1 Introdução

Este capítulo consolida informações sobre status de conservação e uso da terra na biorregião Guapi-Macacu. Para esta análise revisitou-se os documentos do Planos Municipais da Mata Atlântica dos municípios contidos na biorregião para compreensão do estado de conservação da vegetação da Mata Atlântica e utilizou-se dados do MapBiomas para analisar a evolução de mudanças do uso da terra em Guapi-Macacu.

1.2 Conservação da Mata Atlântica em Guapi-Macacu

1.2.1 Status de conservação em Cachoeira Macacu

De acordo com o PMMA de Cachoeiras de Macacu, a conservação da vegetação nativa no município se destaca por apresentar uma vasta cobertura florestal na porção relativa à bacia Guapi-Macacu, correspondendo a 66,2% do território da biorregião. O município de Cachoeiras de Macacu, localizado na Serra do Mar, apresenta uma variação altitudinal, que vai desde áreas de planície até altitudes de 2.255 metros. Essa diversidade de relevo, aliada à exposição aos ventos úmidos, favorece a formação de diversos ecossistemas florestais. Dentre os ecossistemas predominantes, encontram-se a Floresta Ombrófila Densa em suas diferentes variações, conforme a altitude: desde a Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, presente nas áreas úmidas da planície, até a Floresta Ombrófila Densa Alto Montana, nas áreas mais elevadas. Além disso, em pequenos enclaves, há florestas estacionais semidecíduais e decíduais, também distribuídas de acordo com a altitude e condições climáticas (PMMA, 2020).

Cachoeiras de Macacu abriga um remanescente florestal significativo, cobrindo aproximadamente 67% de seu território, segundo o Inventário Florestal Nacional de 2018. A maior parte dessa vegetação está localizada nas bacias hidrográficas dos rios São João e Guapimirim-Macacu, áreas que são protegidas por Unidades de Conservação (UCs) em níveis municipal, estadual, federal e particular. Essas UCs desempenham um papel fundamental na preservação dos remanescentes de Mata Atlântica, principalmente nas áreas de relevo mais acidentado, onde o acesso é mais difícil e, por consequência, há menor interferência humana. Ao todo são 11 UCs existentes em Cachoeiras de Macacu que

apresentam diferentes estágios de planejamento e implementação, o que reforça a necessidade de avanços na gestão dessas áreas protegidas (PMMA, 2020).

No entanto, apesar da considerável área preservada, o município enfrenta desafios ambientais. A pressão demográfica crescente, o avanço urbano, a mineração, os processos erosivos e a agricultura (tradicional e alternativa) são fatores que contribuem para a degradação da vegetação nativa. Esse cenário ressalta a importância das UCs e de políticas ambientais que busquem o uso sustentável do território, conciliando a conservação da biodiversidade com o desenvolvimento econômico e social da região (PMMA, 2020).

A Mata Atlântica atua de forma diferenciada nestes ambientes. Nas encostas, seus principais serviços ecossistêmicos estão relacionados à captação das chuvas pluviométricas e das chuvas ocultas (proveniente da interceptação dos vapores da atmosfera pelas copas das árvores). Ao incidirem no chão da floresta (serapilheira), a água consegue infiltrar até atingir os lençóis freáticos, contribuindo para a perenidade dos rios e do próprio lençol freático. Nas planícies, as funções da vegetação são diferentes, atuando na permeabilidade com infiltração da água em múltiplas direções, variando desde as encostas até a calha dos rios nos períodos de estiagens. No sentido inverso, durante as cheias, aumenta a retenção da água na base da serra e dentro da planície, contribuindo de forma significativa para a perenidade do recurso hídrico, sendo o principal serviço ecossistêmico para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (PMMA, 2020).

Além disso, no município há a formação de corredores ecológicos, dado o conjunto de UCs da Serra do Mar que conformam o Mosaico Central Fluminense (APA da Bacia do Rio Macacu, Parque Estadual Três Picos e Estação Ecológica do Paraíso) representam um eixo de fundamental importância para a conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos. Assim, a cadeia de montanhas da Serra do Mar evidencia-se como estratégico remanescente florestal, que funciona como corredor ecológico específico e se interliga com outras áreas declivosas do município, garantindo a manutenção de corredores ecológicos naturais nos moldes tradicionais (PMMA, 2020).

Quanto às áreas verdes em perímetro urbano, verifica-se que os núcleos urbanos de Cachoeiras de Macacu são pequenos, ocupam apenas 2% do território. Além de estarem em sua maioria localizados na planície de inundação, entre florestas dispostas nas encostas. A renaturalização dos rios Macacu e Guapiaçu representa um potencial de armazenamento de água da ordem de 5 a 20 km³ de volume de água superficial. Tal aspecto pode promover perenidade, maior volume mínimo nas estiagens e menores valores máximos nos períodos

de chuvas, afetando diretamente o abastecimento por anos da Região Metropolitana (PMMA, 2020).

1.2.2 Status de conservação em Guapimirim

De acordo com o PMMA de Guapimirim, a conservação da vegetação nativa no município se destaca por estar em grande parte protegido por Unidades de Conservação (UCs), como por exemplo a Área de Proteção Ambiental (APA) Guapimirim, o que contribui para a preservação ambiental da região. Os corpos hídricos de Guapimirim são fundamentais para o abastecimento do Setor Leste da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, integrando o Sistema Imunana-Laranjal, que abastece municípios como Itaboraí, Tanguá, São Gonçalo, além de parte de Maricá, Niterói e a Ilha de Paquetá. Além disso, pelo menos 10 sítios arqueológicos, em sua maioria sambaquis, foram registrados no município pelo IPHAN em 2018 (PMMA, 2021).

No que diz respeito a biorregião, que ocupa 85,8% do território, de acordo com dados do INEA, a Bacia Guapimirim-Macacu possui 55% de seu território coberto por remanescentes da Mata Atlântica, com três macroambientes distintos: a parte serrana, as encostas médias e as planícies de inundação. O relevo predominantemente plano de Guapimirim favoreceu uma intervenção urbana significativa, o que resultou em impactos ambientais relevantes, como desmatamento, expansão de pastagens, aterros, drenagem de brejos e lagoas, poluição dos corpos d'água e retificação dos rios (PMMA, 2021).

A área de Mata Atlântica situada no município de Guapimirim apresenta diversos ecossistemas florestais originais predominantes, entre eles: Mangue, Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas nas áreas úmidas da planície, Floresta Ombrófila Densa Submontana, Floresta Ombrófila Densa Montana, Floresta Ombrófila Densa Alto Montana, além de Campos de Altitude. Adicionalmente, pequenas áreas apresentam enclaves de Florestas Estacionais Semidecíduais e Decíduais em diferentes altitudes. Os ventos úmidos provenientes do oceano são responsáveis pela manutenção da Mata Atlântica como bioma predominante, desempenhando um papel crucial na conservação do solo. As principais feições geomorfológicas da região incluem as Escarpas Serranas, o Domínio de Morros Elevados, as Colinas Dissecadas e Morros Baixos, os Altos Platôs, os Tabuleiros e as Rampas de Colúvio-Tálus. Nas áreas mais baixas, encontram-se as Planícies de Inundação e as Planícies Fluvio-marinhas (compostas por brejos e mangues) (PMMA, 2021).

Os principais remanescentes de Mata Atlântica estão concentrados na porção norte do município, em áreas de relevo acidentado e de alta altitude, que conferem maior resiliência

aos ecossistemas locais devido à incidência de ventos provenientes do Oceano Atlântico. De acordo com o Inventário Florestal Nacional de 2018, 57% do território de Guapimirim ainda é coberto por remanescentes florestais, enquanto dados do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) de 2015 apontam um percentual de 49,9% de cobertura florestal, indicando que o uso predominante do solo no município está diretamente relacionado à vegetação nativa. Além disso, mais de 80% do território de Guapimirim é protegido por Unidades de Conservação (UCs) federais, estaduais e municipais, que desempenham um papel crucial na preservação da biodiversidade e na manutenção dos serviços ecossistêmicos. A cobertura florestal atual de Guapimirim, que corresponde a 55,2% da bacia hidrográfica Guapimirim-Macacu, desempenha um papel essencial na oferta de serviços ecossistêmicos, especialmente na captação e produção de água. Observa-se, ainda, que as áreas de encosta da Serra do Mar estão passando por um processo de restauração natural, sendo que a intervenção humana deve se limitar a permitir que a natureza siga seus próprios processos de regeneração passiva (PMMA, 2021).

No que se refere aos corredores ecológicos, a Serra do Mar, com sua densa cobertura florestal e a presença de diversas UCs, atua como um importante corredor ecológico, facilitando a interconexão entre diferentes áreas do município. A Área de Proteção Ambiental (APA) Guapi-Mirim, por exemplo, tem como uma de suas funções estabelecer a ligação entre o ecossistema de mangue e as florestas da Serra do Mar, além de proteger áreas da planície sujeitas a intensa pressão antrópica (PMMA, 2021).

1.3 Desafios à conservação em Guapi-Macacu

Os municípios que estão na biorregião Guapi-Macacu enfrentam desafios ambientais significativos, os quais são apontados por seus PMMAs, tais como a erosão das encostas, o rebaixamento do lençol freático e a elevação do nível do mar. O rebaixamento do lençol freático, causado pela erosão dos leitos dos rios, tem levado à escassez de água nas áreas mais baixas das planícies e nas partes inferiores dos morros, o que compromete a presença de vegetação ripária. Já os processos erosivos nas encostas têm contribuído para a produção de sedimentos que, transportados pelas chuvas, alteram a cor e a qualidade da água nos rios da região. Assim, áreas de pastoreio extensivo e regiões próximas à planícies de inundação, que enfrentam inundações frequentes, se tornam ameaças pois causam prejuízos consideráveis à agricultura local. Outro problema relevante é a falta de Planos de

Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), tanto por parte do poder público quanto de empreendimentos devidamente licenciados.

Diante desse cenário, os principais problemas ambientais que afetam Cachoeiras de Macacu e Guapimirim derivam dos processos antrópicos e dinâmicas regionais de uso da terra que podem ser amplificados em cenários de mudanças climáticas. A mitigação e adaptação necessárias a estas ameaças requer ações coordenadas entre os diferentes níveis de governo e a adoção de políticas públicas voltadas para a conservação e recuperação dos ecossistemas. Um desses instrumentos é a atualização do Plano Diretor municipal e o mapeamento detalhado das áreas prioritárias à conservação, conforme analisado nos PMMAs, como mecanismos que devem ser considerados nas tomadas de decisão e no planejamento do território.

1.4 Evolução das mudanças no uso da terra em Guapi-Macacu

Um dos principais mapeamentos de uso e cobertura da terra na biorregião guapi-macacu foi produzido pela EMBRAPA, em 2008, correspondendo ao produto de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica Guapi-Macacu (Figura 1), apresentando as classes: florestas em todos os estágios (48,8%), pastagens (41,4%) e agricultura (4,4%). Os 5,4% restantes eram cobertas por áreas urbanas, corpos d'água, solo descoberto, solo exposto, zonas úmidas e manguezais (Fidalgo et al., 2008; Pedreira et al., 2009b).

Em 2018, o INEA, em parceria com o IBGE, produziu a versão mais atualizada de uso e cobertura da terra para o Estado do Rio de Janeiro, no produto Base Cartográfica 1:25:000. Guapi-Macacu apresentou as seguintes classes (Figura 1): Afloramento Rochoso (0,42%), Agricultura (7,7%), Água (0,06%), Área Úmida (0,05%), Campo/Pastagem (36,36%), Comunidade Relíquia (0,53%), Dinâmica fluvial/lagunar (0,01%), Mangue (0,51%), Reflorestamento (0,22%), Urbano (2,46%), Vegetação secundária em estágio inicial (7,7%), Vegetação secundária em estágio médio e avançado (43,8%).

Analisando as mudanças e transições de classes de uso da terra, a despeito das diferenças inerentes aos métodos empregados nos mapeamentos, em 10 anos, observa-se que as áreas de floresta e vegetação pouco de alteraram no período, correspondendo a 48,8%, em 2008, e 51,72%, em 2018, da área do território. As maiores mudanças ocorreram nas classes de agricultura e pastagem, com uma redução das áreas de pastagem, 41,4% em 2008 contra 36,36% em 2018, e uma ampliação das áreas de agricultura, 4,4% em 2008 ante

7,7% em 2018. Estes mapeamentos indicam avanço das atividades agrícolas na biorregião, ao passo que há uma manutenção das áreas de florestas e vegetação.

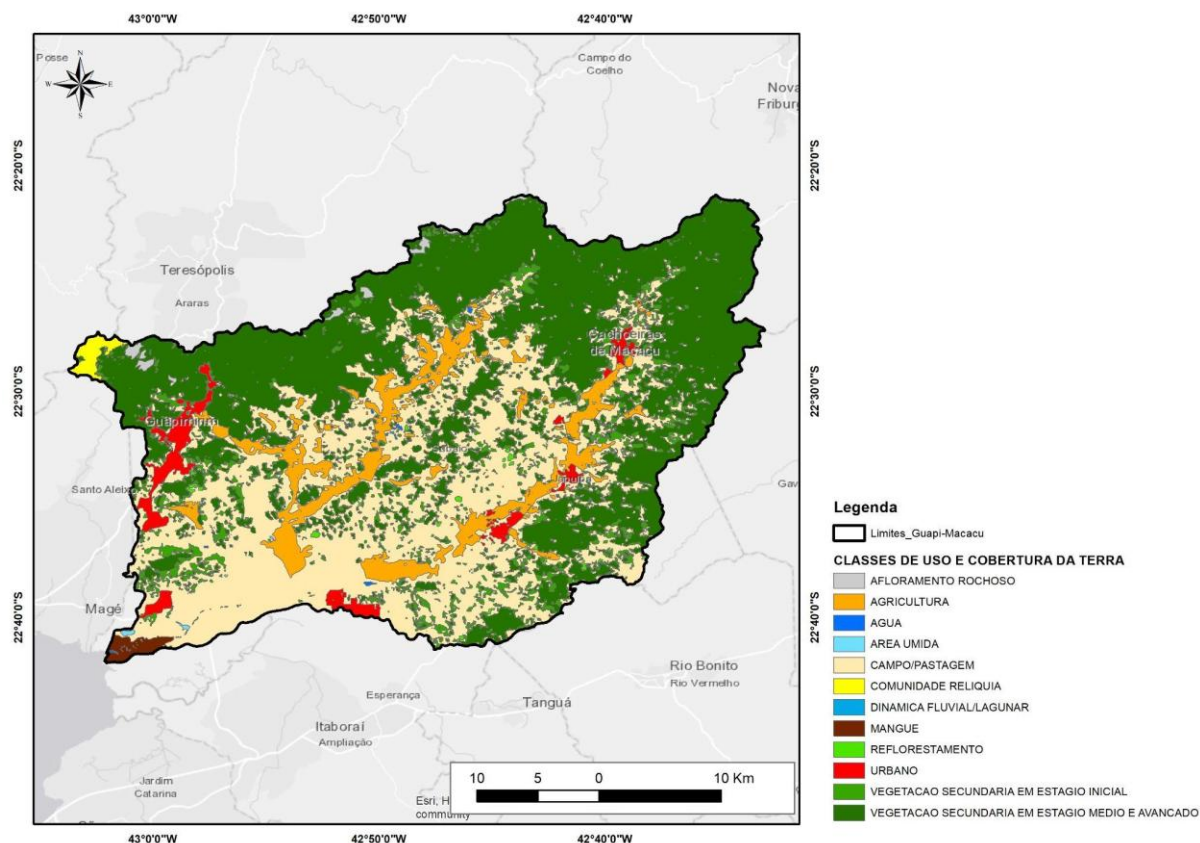


Figura 1: Mapa de uso e cobertura da terra da bacia Guapi-Macacu. Fonte: Base de dados INEA (2018).

Uma fonte e ferramenta importante e amplamente utilizada para compreensão das dinâmicas de uso e cobertura da terra sobre um território é o MapBiomias. Os dados de uso e cobertura da terra são fornecidos pelo MapBiomias na versão da Coleção 9.0. O mapeamento MapBiomias é processado usando Google Earth Engine e é baseado em uma classificação supervisionada utilizando o algoritmo Random Forest que utiliza métricas espectraltemporais de imagens de satélite do Programa Landsat como dado de entrada e treinamento (MapBiomias, 2024). Os mapas anuais têm uma resolução espacial de 30 m e abrangem o período de 1985-2022. A precisão geral do MapBiomias varia de 84% a 94%, dependendo do nível de detalhe na estratificação de classes (MapBiomias, 2024).

Na Tabela 1 são apresentados as transições de classes do MapBiomias para os recortes de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2022. As classes apresentadas Floresta, Mangue, Formação Savânica, Restinga (árvores), Restinga (arbustos), Floresta inundável, Gramíneas, Outras formações naturais não vegetais, Restinga arbóreas e arbustivas), Afloramento Rochoso, Sal, Áreas úmidas, Agricultura Perene, Agricultura Temporária, Floresta plantada,

Pastagem, Mosaico de Agricultura e Pastagem, Praias e dunas, Mineração, Outras áreas não vegetadas, Infraestrutura urbana, Aquicultura, Rios, lagos e oceanos, e Não observado.

De acordo com o MapBiomas, em 37 anos, as maiores mudanças de uso da terra nos municípios de Cachoeiras de Macacu e Guapimirim ocorreram nas classes Pastagem, Mosaico de Agricultura e Pastagem e Infraestrutura urbana. As áreas de Pastagem tiveram um aumento relativo de +1,21 p.p. em Cachoeiras de Macacu, passando de 13,64% para 14,85% de área do território; e +4,8 p.p. em Guapimirim, passando de 9,07% para 13,87% de área do território. Destaca-se que em ambos os municípios o ano de 2015 foi o auge de áreas classificadas como Pastagem correspondendo a 19,49% e 18,69% dos respectivos territórios. Em contrapartida, a classe de Mosaico de Agricultura e Pastagem apresentou dinâmica oposta à da Pastagem, variando negativamente de 25,99% e 36,95% (1985) para 23,79% e 31,49% (2022), respectivamente, em Cachoeiras de Macacu e Guapimirim. Os picos identificados em 2015 das classes de Pastagem são compensados na classe de Mosaico de Agricultura e Pastagem, uma vez que há um pico negativo de 20,33% em Cachoeiras de Macacu e 28,65% em Guapimirim. Na soma da superclasse Agropecuária, em 1985, Cachoeiras de Macacu apresentava 39,63% do seu território destinado a este uso da terra, e em Guapimirim 46,02% do território para este fim. Em 2022, as áreas de Agropecuária em Cachoeiras de Macacu correspondiam a 38,88% (redução de -0,75 p.p.), com a expansão das Lavouras Temporárias (0,24%); e em Guapimirim a 45,62% (redução de -0,4 p.p.), com expansão da classe Lavouras Temporárias (0,26%).

Outra classe que mostra a expansão urbana em Guapi-Macacu corresponde a Infraestrutura urbana que saltou de 0,09% e 0,18% dos territórios Cachoeiras de Macacu e Guapimirim em 1985, para 0,85% e 2,33%, respectivamente, em 2022. Ainda destaca-se que a dinâmica da cobertura da vegetação florestal nos municípios oscilou ao longo do tempo, indicando uma redução destas áreas até 2005 (reduzindo de 59,45% e 36,65%, em 1985, para 57,21% e 35,31%, em 2005, respectivamente em Cachoeiras e Guapimirim) e incremento a partir de 2015, desta forma, retornando aos padrões de conservação de Floresta em 2022 nos mesmo níveis de 1985 (59,67% em Cachoeiras e 37,10% em Guapimirim). Ainda em Guapimirim, verifica-se um incremento das áreas de Mangue, saindo de 4,12% em 1985 para 5,53% em 2022.

Esta análise permite o detalhamento e acompanhamento das dinâmicas de uso e cobertura da terra em Guapi-Macacu, consta-se que o status de conservação é alto em ambos os municípios do território, apresentando áreas da superclasse de Florestas de quase 60% em Cachoeiras de Macacu e 45% em Guapimirim. Além das atividades relacionadas a Agropecuária não apresentarem grandes acréscimos nos últimos 37 anos. Conhecendo as

boas práticas de conservação em Guapi-Macacu, bem como, a existência de Unidades de Conservação estruturadas, pode-se dizer que o território está na direção da sustentabilidade.

Tabela 1: Transição de classes nos períodos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2022 em Guapi-Macacu (valores em percentual de área do território).

Superclasse	Classes	Guapi-Macacu									
		Cachoeiras de Macacu					Guapimirim				
		1985	1995	2005	2015	2022	1985	1995	2005	2015	2022
Florestas	Floresta	59,45	57,08	57,21	58,77	59,67	36,65	34,63	35,31	36,54	37,10
	Mangue	-	-	-	-	-	4,12	5,01	5,37	5,38	5,53
	Formação Savânica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Restinga (árvores)	-	-	-	-	-	3,79	3,02	2,91	3,25	3,01
	Floresta inundável	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Formações naturais não florestais	Gramíneas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Outras formações naturais não vegetais	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Restinga arbóreas e arbustivas)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Afloramento Rochoso	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08	0,83	0,80	0,81	0,82	0,86
	Sal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Agropecuária	Áreas úmidas	0,59	0,22	0,10	0,17	0,35	6,76	4,05	3,90	3,75	4,80
	Agricultura Perene	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Agricultura Temporária	0,00	0,00	0,05	0,20	0,24	0,00	0,00	0,03	0,25	0,26
	Floresta plantada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-
	Pastagem	13,64	14,02	15,30	19,49	14,85	9,07	8,75	9,57	18,69	13,87
Áreas Não vegetadas	Mosaico de Agricultura e Pastagem	25,99	28,22	26,50	20,33	23,79	36,95	42,00	39,98	28,65	31,49
	Praias e dunas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mineração	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Outras áreas não vegetadas	0,09	0,03	0,03	0,02	0,03	0,54	0,15	0,06	0,12	0,20
	Infraestrutura urbana	0,09	0,26	0,62	0,81	0,85	0,18	0,56	1,39	2,14	2,33
Água	Aquicultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Rios, lagos e oceanos	0,06	0,09	0,11	0,12	0,15	1,11	1,03	0,67	0,41	0,55
Não observado	Não observado	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Mapbiomas (2024).

2. Impactos climáticos observados na biorregião de Guapi-Macacu

2.1 Introdução

Este capítulo destaca informações sobre impactos climáticos observados na biorregião Guapi-Macacu, localizada no nordeste da Baía de Guanabara, no Estado do Rio de Janeiro. Para a condensação das informações neste documento foi consultada como principal fonte de coleta de dados a base pública e aberta do Sistema Integrado de Informações Sobre Desastre (S2ID-MDIR). Além disso, foi realizada uma breve revisão bibliográfica em repositórios de artigos científicos (ex: Google Scholar, Web of Science e Scopus) e foi realizado um levantamento de informações na imprensa digital com as principais notícias que mencionaram impactos climáticos observados e impacto das mudanças climáticas na biorregião.

2.2 Caracterização da biorregião

A biorregião Guapi-Macacu compreende a bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu, abrangendo o município de Cachoeiras de Macacu e, parcialmente, os municípios de Itaboraí e Guapimirim, no Estado do Rio de Janeiro, apresentando uma superfície aproximada de 1 265 km² e com faixas de elevação desde planície costeira até altitudes de 2.250m na Serra dos Órgãos (Fidalgo et al., 2009). Os principais rios da bacia correspondem aos rios Macacu e Guapiaçu, com trechos de drenagem de sentido Nordeste-Sudoeste em direção à Serra dos Órgãos, pertencentes ao norte da Serra do Mar (Figura 3). Uma parcela considerável da área de captação da bacia do rio Guapi-Macacu encontra-se em áreas de conservação e proteção ambiental (Pedreira et al., 2009a). Além disso, a biorregião está inserida no contexto do bioma Mata Atlântica, apresentando áreas de mata ainda preservadas, muitas das quais localizadas em unidades de conservação, fazendo com que a água proveniente delas seja a de melhor qualidade em relação à água das bacias da região Oeste da Baía de Guanabara (Penedo et al. 2011; Pereira et al., 2017).

A bacia também abriga sistemas ecológicos importantes como manguezais, florestas nativas e campos de altitudes, que em boa parte estão contidos em oito áreas protegidas, dentre as quais, a Área de Proteção Ambiental (APA) da Bacia do Rio Macacu, APA Guapimirim, APA Petrópolis, Parque Estadual Três Picos e Parque Nacional Serra dos Órgãos. Ainda, pode-se compreender que este território está inserido no contexto da Lei da Mata Atlântica (LEI Nº 11.428, DE 22 DE DEZEMBRO DE 2006), tendo seus principais

municípios, Cachoeiras de Macacu e Guapimirim, elaborado e publicado seus Planos Municipais da Mata Atlântica (PMMA) em 2020.

Em 2008 (Figura 3), o uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica Guapi-Macacu consistia em florestas em todos os estágios (48,8%), pastagens (41,4%) e agricultura (4,4%). Os 5,4% restantes eram cobertas por áreas urbanas, corpos d'água, solo descoberto, solo exposto, zonas úmidas e manguezais (Fidalgo et al., 2008; Pedreira et al., 2009b).

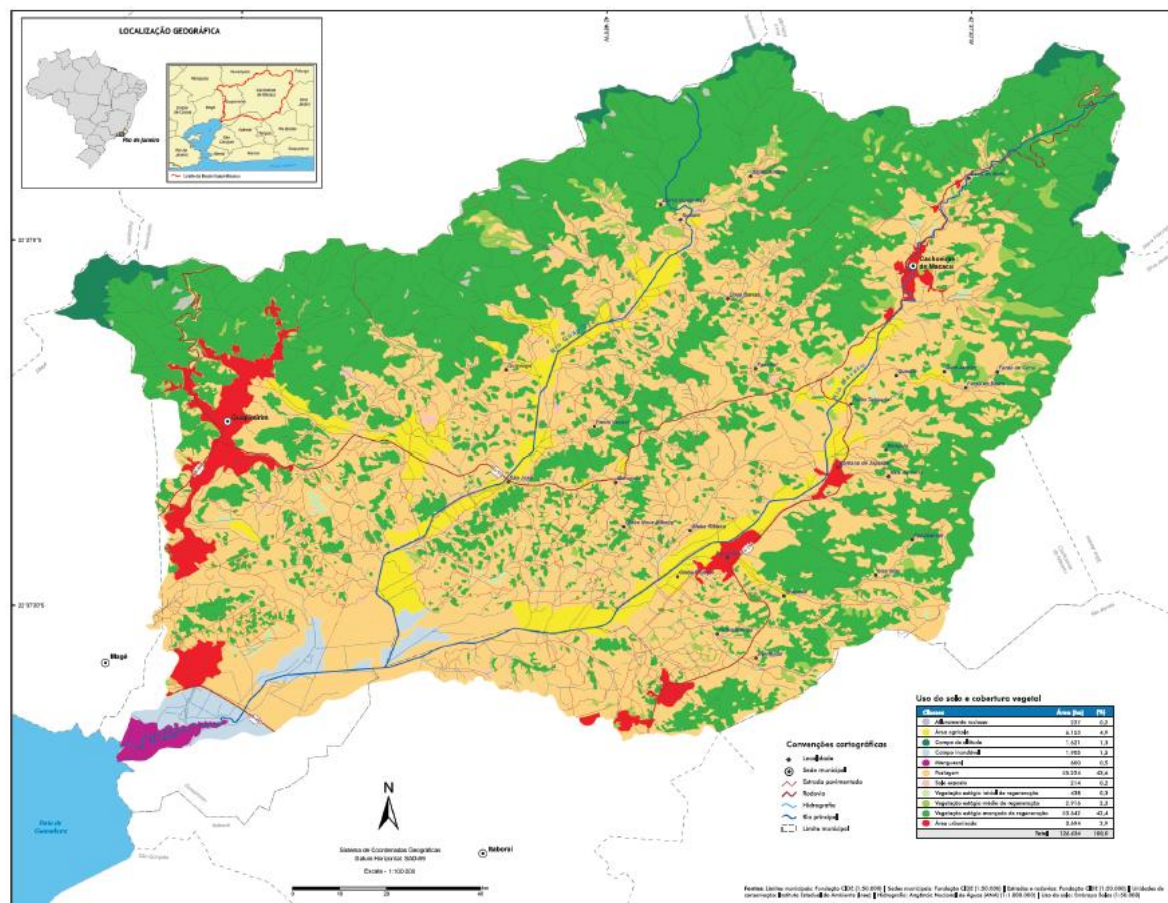


Figura 2: Mapa de uso e cobertura da terra da bacia Guapi-Macacu. Fonte: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/32870/1/ibio-esa-mapa-bacia-guapi-macacu.pdf>.

O clima regional varia dentro da bacia, a pluviosidade atinge 2.300 mm anuais e tanto a frequência quanto a intensidade de chuvas estão muito relacionadas à atuação das frentes frias vindas do sul e à presença do relevo (Pedreira et al., 2009a). O clima é predominantemente tropical com períodos chuvosos bem marcados, principalmente na estação do verão, desde novembro a março, quando os valores mensais de chuva ficam acima de 250mm (Figura 4). Já o período mais seco ocorre entre os meses de junho e agosto, correspondendo ao inverno. A porção de planície costeira no sudoeste da bacia hidrográfica, já na região da baía de Guanabara, mostra temperaturas mais altas e taxas de precipitação

mais baixas em comparação com a porção de altitudes mais elevadas à nordeste da bacia, próxima a Serra do Mar (Penedo et al. 2011).

De acordo com os dados do IBGE do produto Terreno sujeito à Inundação que faz parte da categoria Hidrografia da Base Cartográfica Vetorial Contínua do Estado do Rio de Janeiro, na escala 1:25.000, desenvolvida no âmbito do Projeto RJ25, cerca de 6,5% (~83 km²) da área da bacia Guapi Macacu está sujeita a inundações, principalmente na porção sudoeste à jusante do rio Macacu e Guapiaçu, nas regiões de planícies da bacia (Figura 5). Segundo dados do BATER - IBGE, em Guapi-Macacu 162 domicílios foram mapeados em áreas de risco, concentrados majoritariamente em Cachoeiras de Macacu. Ainda segundo os dados da Casa Fluminense, com base nas cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações do Serviço Geológico Brasileiro e IBGE para região metropolitana do Rio de Janeiro, Guapimirim e Cachoeiras de Macacu apresentam, respectivamente, 0% e 2,5% dos domicílios particulares permanentes em áreas de risco alto de deslizamento; e 48,4% e 39,9% dos domicílios particulares permanentes em áreas de risco alto de inundações (Casa Fluminense, 2024).

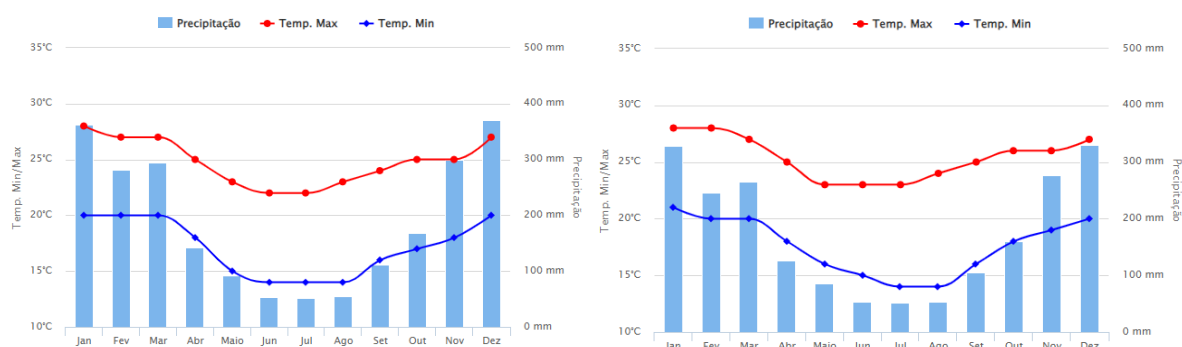


Figura 3: Climatologia das cidades de (a) Cachoeiras de Macacu-RJ e (b) Guapimirim-RJ. Fonte: <https://www.climatempo.com.br/>.

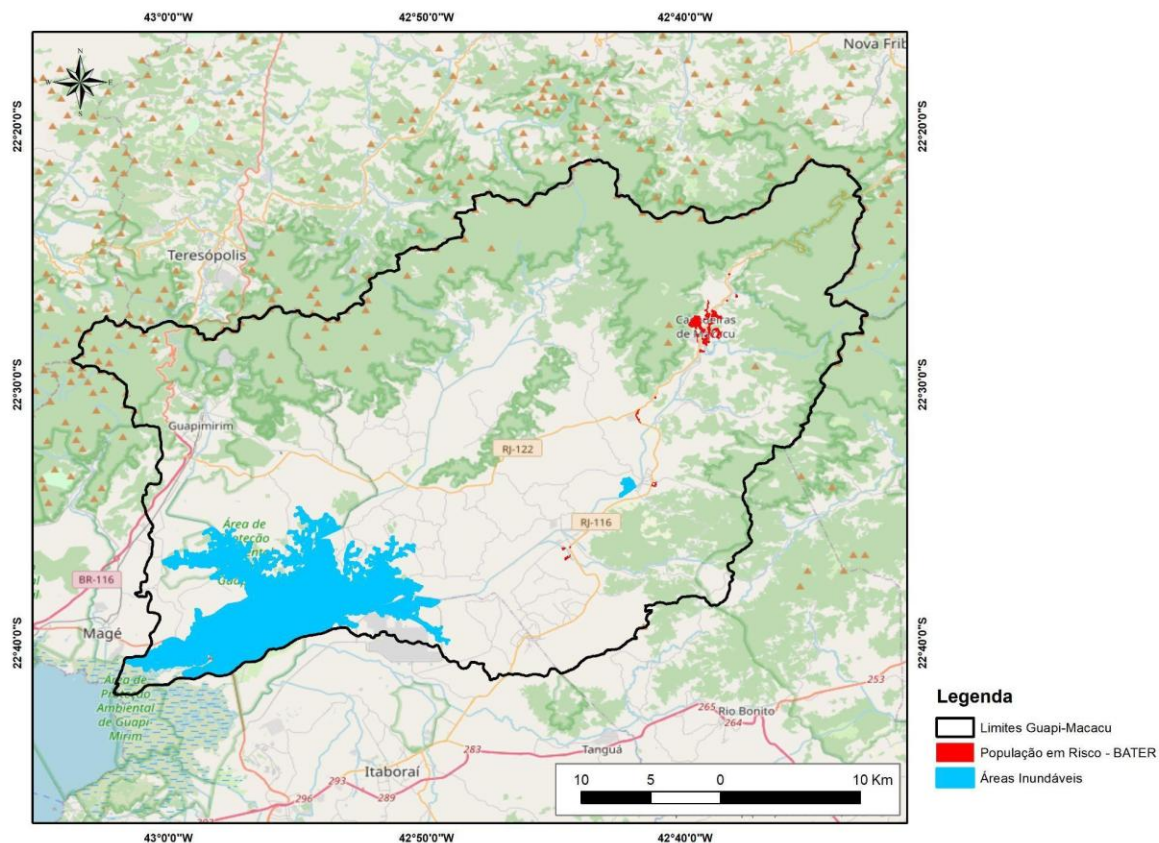


Figura 4: Mapa de localização das áreas classificadas com população em área de risco e áreas inundáveis.

Sobre aspectos socioeconômicos, de acordo com o portal IBGE Cidades (IBGE, 2024) as populações de Cachoeira de Macacu e Guapimirim corresponderam a 56.943 e 51.696 habitantes no último Censo de 2022 (Tabela 1). Embora nesta região tenha baixa densidade demográfica (59,64 e 144,22 habitantes por quilômetro quadrado - IBGE Cidades) considerando sua inserção na região metropolitana do Rio de Janeiro, a bacia Guapi-Macacu desempenha um papel importante na região, uma vez que abastece cerca de 2,5 milhões de pessoas dos municípios de Cachoeira de Macacu, Guapimirim, Itaboraí, São Gonçalo e Niterói, sendo também utilizado para a irrigação e piscicultura (Rodríguez Osuna et al., 2014; Pereira et al., 2017). Em documento elaborado pela Embrapa, a biorregião se destaca pela atividade agrícola e pecuária, devido ao solo fértil, clima tropical úmido e áreas de relevo plano, o que a torna economicamente significativa para os moradores locais (FIDALGO et al., 2008). Apesar dos municípios de Cachoeiras de Macacu e Guapimirim serem caracterizados como terras baixas, sujeitas a alagamentos naturais durante períodos sazonais, eventos climáticos extremos podem aumentar a vulnerabilidade dessas atividades, impactando diretamente a economia da região (CARNEIRO et al., 2012).

Características socioeconômicas	Cachoeiras de Macacu	Guapimirim
População em 2022	56,9 mil habitantes	51,6 mil habitantes
Densidade demográfica (2022)	59,64 hab./km ²	144,22 hab./km ²
PIB per capita (2021)	R\$ 21.885,51	R\$ 21.920,68
População ocupada (2022)	16,34%	22,24%
Rendimento médio trabalhadores formais	2,1 salários mínimos	1,9 salários mínimos
Área Total	954,749 km ²	358,443 km ²
Área Urbanizada (2019)	24,55 km ²	27,15 km ²
População exposta ao risco (2010)	6262 pessoas	não registrado
População Quilombola (2022)	não registrado	28 pessoas
População indígena (2022)	44 pessoas	43 pessoas

Tabela 2: Resumo com as características socioeconômicas dos municípios em Guapi-Macacu.
Fonte: IBGE, 2024.

2.3 Impactos Climáticos observados segundo a plataforma S2ID

Nas últimas décadas, a biorregião Guapi-Macacu sofreu com algum tipo de desastre. De acordo com a série histórica da plataforma S2ID, no período desde 1991 a 2022, foram cerca de 77 ocorrências reportadas que afetaram cerca de 3.123 pessoas, e totalizaram R\$ 27,5 milhões em danos e prejuízos na região, somando os dados dos municípios de Cachoeiras de Macacu, Guapimirim e Itaboraí. Destas ocorrências, 6 resultaram em óbito, 35 pessoas ficaram feridas e cerca de 3.082 pessoas ficaram desabrigadas ou desalojadas após eventos climáticos que culminaram em desastre (BRASIL-MIDR, 2024).

Quando observados por tipos de desastre (Figura 7), o principal desencadeador de desastres na região são as chuvas intensas, que representam 41,6% das ocorrências. Em seguida, foram reportados os eventos de inundações e movimentos de massa, com 15,6% e 13% das ocorrências, respectivamente. Importante ressaltar que existe uma relação intrínseca entre os principais tipos de desastres na biorregião, visto que 87% das ocorrências estão relacionadas ao excesso de precipitação. Embora em menor proporção, a ocorrência de ventos fortes (9,1%) e incêndios florestais (3,9%) também podem ser apontados como estressores para a biorregião.

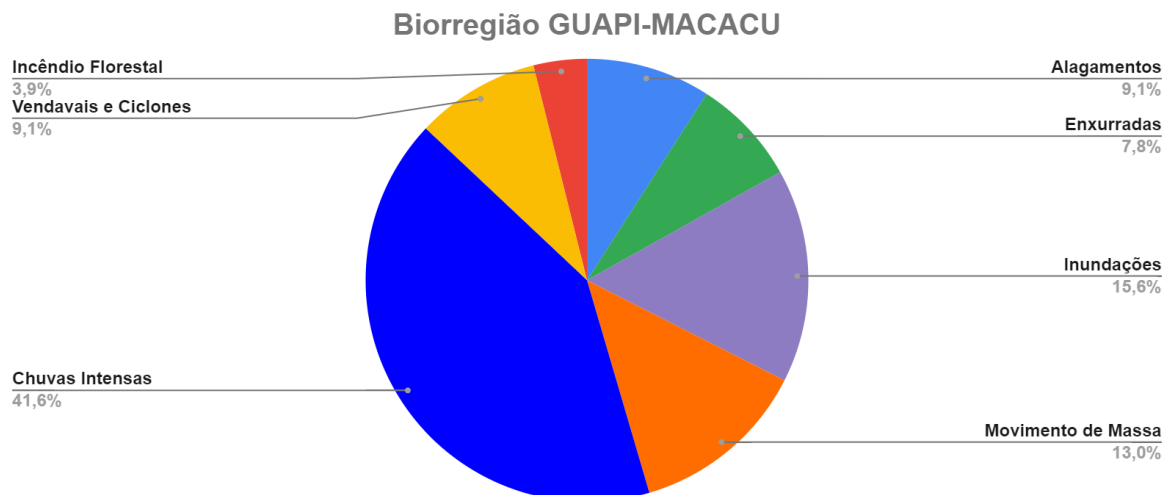


Figura 5: Distribuição dos tipos de desastres na biorregião Guapi-Macacu para o período de 1991 a 2022 segundo a plataforma S2ID (BRASIL-MIDR, 2024).

2.4 Impactos climáticos observados em periódicos jornalísticos

Para avaliar a cobertura midiática dos principais eventos climáticos que atingiram a biorregião, foi realizado o levantamento de notícias dos principais portais digitais sobre impactos de desastres nos municípios de Guapimirim e Cachoeiras de Macacu, incluindo os portais Extra, UOL, O Dia, O Globo, G1, A Tribuna, Brasil de Fato, Multiplix, Nova Friburgo em Foco, Tupi FM, CNN Brasil, Clima Tempo e Folha de Pernambuco. Foram encontradas cerca de 50 reportagens, datadas entre 2008 e 2024, que mencionaram a ocorrência de eventos climáticos extremos e desastres nos municípios. Conforme ilustrado no gráfico abaixo (Figura 8), o fenômeno natural mais frequentemente citado nas matérias foi de chuvas fortes, correspondendo a 89,8% das menções, sendo o principal fator causador de desastres na região.

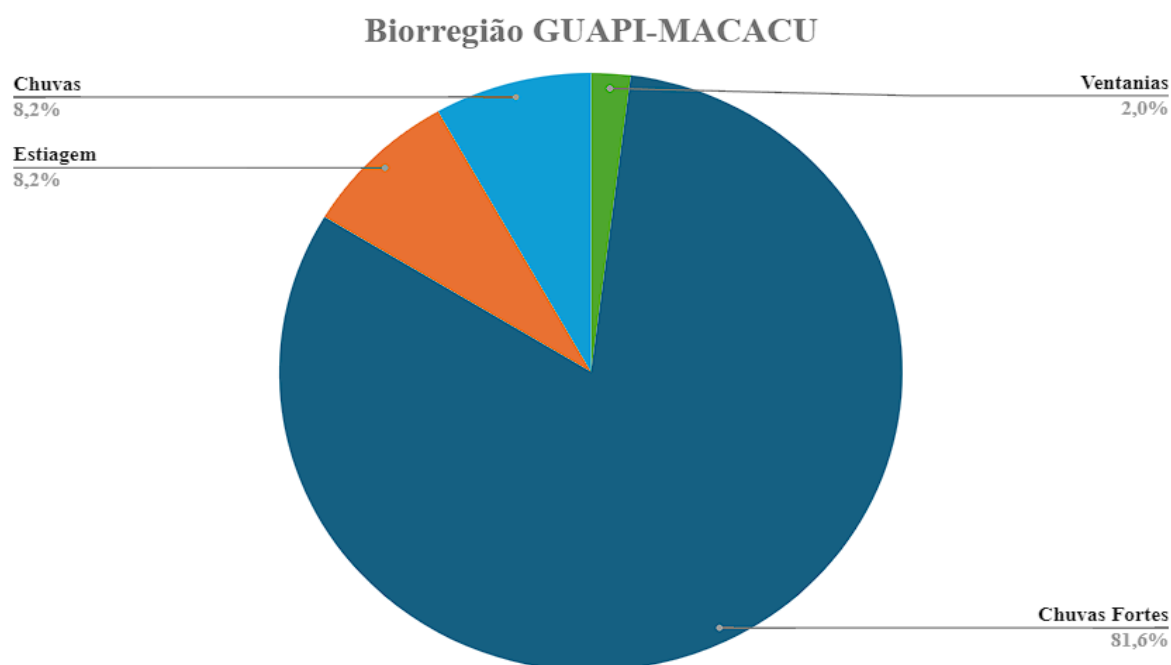


Figura 6: Distribuição dos tipos de eventos climáticos que afetaram a biorregião Guapi-Macacu, extraídos a partir de portais de notícias entre 2008 e 2024.

Os portais O Dia (20), O Globo (7), G1 (7) e Multiplix (4) foram as principais fontes de cobertura on-line sobre desastres naturais na região. Foi realizado um trabalho de classificação dos principais desastres associados às chuvas intensas. Os desastres relatados pela mídia incluíram alagamentos, deslizamentos, cabeça d'água, quedas de árvores e postes, interdição de vias, queda de energia e prejuízo agrícola (Figura 9). Quando somados os desastres relacionados a alagamentos e/ou deslizamentos, observa-se que correspondem a 49% das ocorrências em notícias na biorregião. Também foram mencionados períodos de estiagem que provocaram desabastecimento hídrico na região (8,2%).

Com base nas informações coletadas, foram identificados quatro episódios com óbitos devido aos impactos dos desastres nos municípios. Em março de 2008, uma pessoa perdeu a vida devido a uma cabeça d'água. Em novembro de 2009, deslizamentos resultaram em outro caso com óbito. Já em março de 2016, uma queda de barreira causada por chuvas intensas foi registrada e, mais recentemente, em abril de 2022, uma fatalidade ocorreu como consequência de fortes chuvas¹. Contudo, como foi observado no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres, da Defesa Civil, nem todas as ocorrências viram notícia, ou não foram encontradas na coleta.

¹ Links dos óbitos: [<https://tinyurl.com/2nbzw3z3>]; [<https://tinyurl.com/5n8878uf>]; [<https://tinyurl.com/3fpzhp4n>]; [<https://tinyurl.com/mtjzts6>]

A biorregião Guapi-Macacu, por ser uma área vital de abastecimento hídrico do município do Rio de Janeiro e Niterói, recebeu atenção especial nos portais de notícias durante os episódios de seca registrados em fevereiro e outubro de 2015, setembro de 2017 e novembro de 2021. Além disso, destaca-se que episódios classificados apenas como “chuvas” (8,2%) (Figura 8) podem estar relacionados às cabeças d’água (8,2%) (Figura 9) em topos de serra na região, que é conhecida por suas diversas cachoeiras, atraentes tanto para turistas quanto para moradores locais. Este tipo de desastre figura entre as principais causas de óbitos na área, e os eventos extremos de precipitação podem agravar ainda mais sua frequência e severidade.

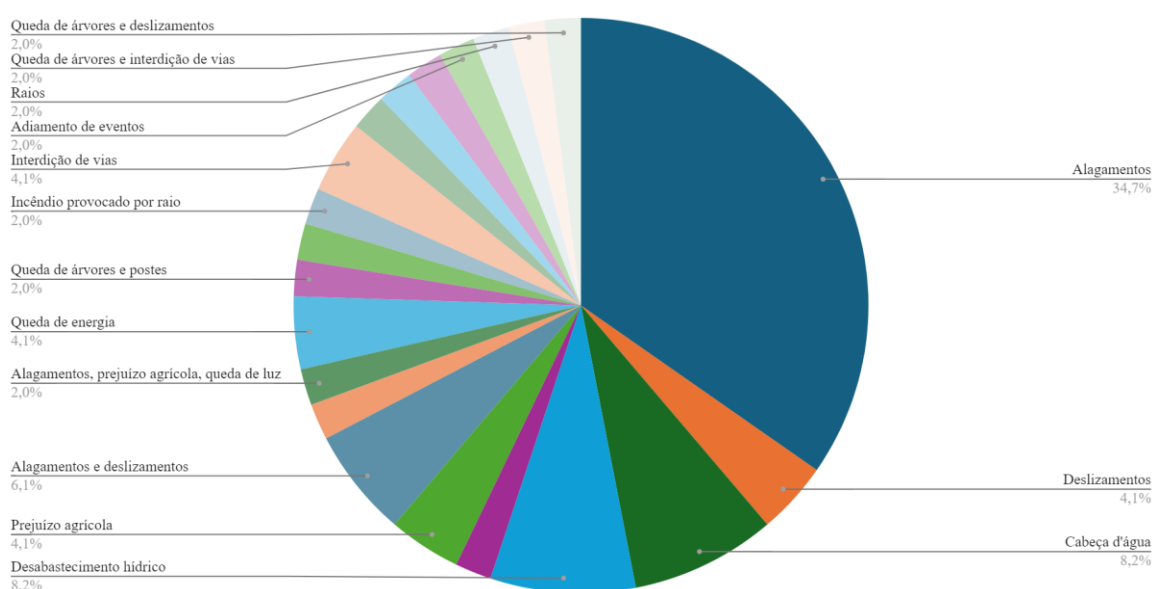


Figura 7: Distribuição dos tipos de desastres na biorregião Guapi-Macacu, extraídos a partir de portais de notícias entre 2008 e 2022.

Conforme indicado no gráfico (Figura 10), os bairros com maior recorrência nas reportagens monitoradas foram o Centro de Guapimirim, com 5 menções, seguido pelos bairros de Marubaí, Papucaia e São José da Boa Morte, localizados no município de Cachoeiras de Macacu. Os dois primeiros bairros estão situados no vale do rio Macacu, enquanto São José da Boa Morte encontra-se no vale do rio Guapiaçu. É importante destacar que, segundo dados do INCRA, São José da Boa Morte e Papucaia possuem projetos de assentamentos, com pelo menos 400 famílias assentadas, conforme apontado no PMMA de Cachoeiras de Macacu e de Guapimirim (PMMA, 2020; PMMA, 2021). Os assentamentos registrados são o Projeto de Assentamento Federal São José da Boa Morte e o Projeto Integrado de Colonização Papucaia, criados em 1982 e 1951, respectivamente.

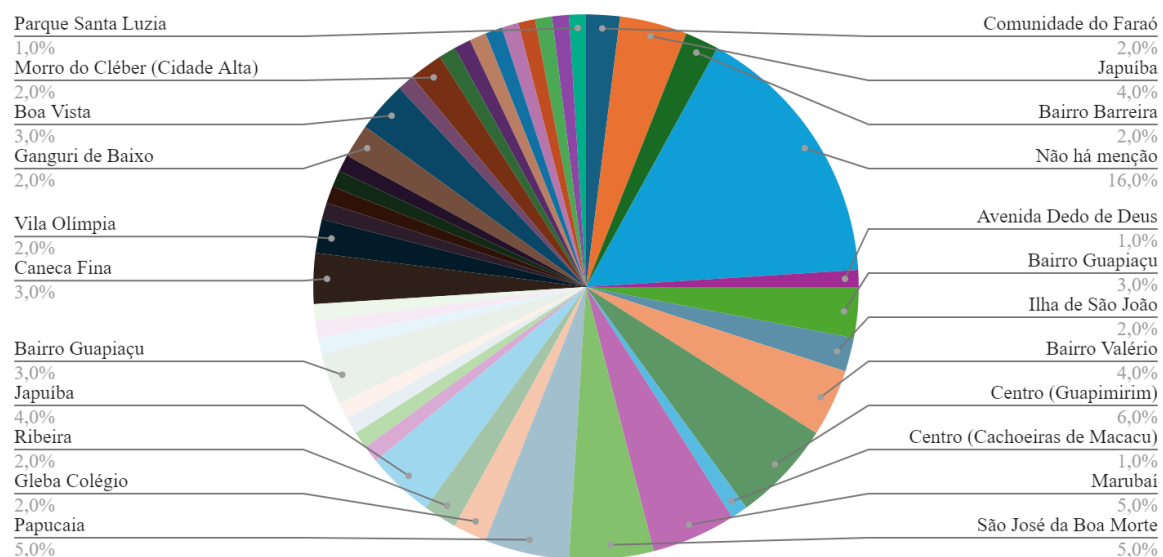


Figura 8: Distribuição dos tipos de desastres na biorregião Guapi-Macacu, extraídos a partir de portais de notícias entre 2008 e 2022.

3. Riscos e ameaças climáticas para a biorregião de Guapi-Macacu

3.1 Introdução

Já este capítulo consolida informações sobre ameaças e riscos climáticos observados e projetados para a biorregião Guapi-Macacu, localizada no nordeste da Baía de Guanabara, no Estado do Rio de Janeiro. Para a sistematização das informações neste documento foram consultadas como principais fontes de informações as ferramentas de consulta de banco de dados sobre mudanças climáticas como o Atlas do IPCC, o portal de Projeções Climáticas do Brasil do INPE, portal de mudanças climáticas do Banco Mundial, a plataforma Adaptabrasil-MCTI, o INMET, plataforma Climate Information Site-Specific Report da Organização Mundial de Meteorologia, e o portal de nível do mar da NASA/JPL. Além disso, foram considerados artigos científicos relevantes para a biorregião, identificados a partir de uma breve revisão bibliográfica em repositórios de artigos científicos (ex: Google Scholar, Web of Science e Scopus), e que acrescentam à análise, especificamente do clima observado, na compreensão das tendências de mudanças climáticas. Salienta-se que os estudos científicos selecionados são resultados de pesquisas realizadas por cientistas ligados a instituições como UFRJ, UFF, UFAL, USP e Embrapa.

3.2 Ameaças para a biorregião Guapi-Macacu

A Tabela 2 resume os principais achados relacionados às ameaças climáticas para Guapi-Macacu, considerando as mudanças observadas e futuras e por tipos de ameaças climáticas. A seguir são destacados na forma de tópicos as principais tendências de ameaças climáticas para a biorregião.

Na seção 3 os dados e fontes utilizados na análise são explorados de maneira mais detalhada. Além disso, o método aplicado para identificar as principais ameaças climáticas para Guapi-Macacu são detalhadas na seção 4.

- Guapi-Macacu tem experimentado um aumento de temperatura gradual nos últimos anos que são refletidos tanto em termos de temperaturas médias mais altas, quanto nas temperaturas mínimas e máximas, sendo plausível que esta tendência de aumento continue no futuro (alta concordância).

- Ondas de calor, já são sentidas no tempo presente, com tendências positivas, mas com poucos estudos que confirmem. Em contraste, nos dados futuros são esperados o aumento destas ondas de calor em muitos cenários e recortes temporais (alta concordância).
- Na biorregião são observados aumento no volume total de chuvas anual em dados históricos (alta concordância), que podem se manifestar em eventos extremos e concentrados. Para o futuro, é projetada a redução dos totais anuais nos modelos com cenário otimista e a curto prazo no cenário pessimista. Ressalta-se que devido às variações nos sinais dos dados de modelos consultados (indefinido a médio e longo prazos no cenário RCP 8.5) e a pouca concordância entre as fontes, não há uma tendência plausível para o futuro do volume total de chuvas anuais.
- Guapi-Macacu já experimenta episódios de chuvas extremas (sinal positivo), mas os dados observados são ainda insuficientes para consolidar esta tendência, seja pela escassez de fontes, seja por não ser estatisticamente significativa.
- Para o futuro, chuvas extremas são esperadas para a biorregião, principalmente nos cenários de maiores emissões (RCP 8.5), na qual a tendência de aumento é mais bem definida tanto a curto, médio e longo prazos (alta concordância entre as fontes).
- Quanto à episódios de estiagem e secas, não se observa tendências nos dados históricos, entretanto, para o futuro são esperados dias mais secos tanto a curto, médio e longo prazos, com baixa e média concordância no cenário de emissões intermediário (RCP 4.5) e alta concordância entre as fontes no cenário de altas emissões (RCP 8.5).
- Em termos de ventos mais severos que podem desencadear vendavais na região, não se observa no histórico tendências para Guapi-Macacu. Em contraste, para o futuro são projetados cenários com alta tendência de ventos mais intensos (média concordância).
- Quanto à elevação médio do nível do mar na região da Baía de Guanabara, esta ameaça já está ocorrendo e é esperado um aumento (sinal positivo) no futuro na região. Porém, apenas uma fonte foi consultada (Altas IPCC) o que impede de garantir tendência com concordância entre as fontes.

Tabela 3: Mudanças observadas e futuras para Guapi-Macacu para diferentes tipos de ameaças climáticas.

Guapi Macacu							
	Histórico	Futuro					
		RCP 4.5			RCP 8.5		
		Horizonte que representa um caminho intermediário de emissões e níveis de aquecimento.			Horizonte que representa um cenário de altas emissões e maior aquecimento.		
Ameaças climáticas	Observado	Curto prazo (2020-2039)	Médio prazo (2040-2069)	Longo Prazo (2070-2100)	Curto prazo (2020-2039)	Médio prazo (2040-2069)	Longo Prazo (2070-2100)
Temperatura média	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Temperatura máxima	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Temperatura mínima	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Ondas de calor ⁽¹⁾	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Precipitação total anual	(+)*	(-)*	(-)*	(-)*	(-)*	(x)*	(x)*
Chuva extrema ⁽²⁾	(+)	(-)*	(+)*	(+)*	(+)*	(+)*	(+)*
Chuva extrema persistente ⁽³⁾	(+)	(x)*	(x)*	(-)*	(x)*	(+)*	(+)*
Dias muito secos ⁽⁴⁾	(x)	(+)*	(+)*	(+)*	(+)	(+)	(+)
Vento severo ⁽⁵⁾	(x)	(+)*	(+)*	(+)*	(+)*	(+)*	(+)*
Aumento no nível do mar	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)

1 Pode ser representado pelo número de dias com Temp > 35°C ou temperatura máxima maior que o percentil 90 ou pelo índice WSDI

2 Representado pelo índice de Precipitação máxima anual em 1 dia (Rx1day)

3 Representado pelo índice de Precipitação máxima anual em 5 dias (Rx5day)

4 Representado pelo índice de Dias Consecutivos Secos (CDD)

5 Medido pela intensidade do vento

Legenda	
(+)	Aumento
(-)	Redução
(x)	Sinal indefinido
*	Apresenta diferenças de sinal de mudança no conjunto de fontes

	Alta concordância entre as fontes (Mais de 70% das fontes concordam)
	Média concordância entre as fontes (Mais de 50% das fontes concordam)
	Baixa concordância entre as fontes (Menos de 50% das fontes concordam)
	Poucas observações

3.2.1 Ameaças climáticas observadas

Para a biorregião Guapi-Macacu são esperadas mudanças nos regimes climáticos relacionados principalmente à temperatura e precipitação. Dados observados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para esta porção do Estado do Rio de Janeiro apontou para essa região um aumento da temperatura média de +2°C e redução da precipitação média de 20mm (-8,3%), no período de 1991-2020 em relação 1961-1990, acompanhados pelos aumentos da evapotranspiração total da ordem de 20% e da umidade relativa do ar em 5% na comparação dos mesmos períodos. Dados do Banco Mundial (World Bank Climate Change Knowledge Portal) corroboram essas tendências, mostrando que o Estado do Rio de Janeiro teve um aumento da temperatura média, temperatura mínima e máxima observadas da ordem de +0,6°C, no período de 1991-2020 em relação 1961-1990. Quanto a precipitação, observa-se uma redução de chuvas principalmente no período de inverno (junho, julho e agosto) de 12,8% entre os períodos de 1991-2020 em relação 1961-1990, e um aumento de chuvas nos meses de março, abril e maio da ordem de 7,48%, comparando a climatologia de 1991-2020 e 1961-1990, portanto, indicando invernos mais secos e outonos mais chuvosos.

Estudos realizados utilizando dados observados de estações meteorológicas do INMET e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) verificaram que o histórico de estações inseridas ou próximas à biorregião não indicam concordância estatística significativa para as variações nos volumes de precipitação ou de extremos climáticos observados. Lopes et al. (2023) analisaram 4 estações (ANA/CPRM) inseridas na bacia Guapi-Macacu para o período de 1968 a 2019 e verificaram que existem diferentes tendências nos regimes de chuvas ao longo das diferentes porções da bacia, com tendências distintas entre as séries temporais de chuvas. Em duas estações verificou-se aumento tanto dos volumes precipitados anuais quanto sazonais com tendências significativas, nas outras duas estações essas tendências não são significativas. Avaliando o número de dias sem chuvas, os autores verificaram que duas estações mostraram tendências de aumento dos dias sem chuva anuais e da estação seca, em contraste, uma terceira apresentou tendências negativas para dias sem chuvas e uma quarta, não apresentou tendências (LOPES et al., 2023). Desta forma, não sendo possível verificar um padrão concordante sobre a variabilidade das chuvas em toda a biorregião.

Outros estudos que utilizaram dados observados de estações meteorológicas também indicam pouca concordância estatística para as tendências observadas para chuvas na biorregião, oscilando os sinais positivos e negativos a depender da localização da estação. Lima e Armond (2022) verificaram tendência positiva significativa de eventos extremos apenas em uma de cinco estações nos municípios da biorregião Guapi-Macacu entre 1970-2019, relacionados com chuvas intensas. Já Silva e Dereczynski (2014) observaram tendências positivas para as variáveis de temperatura em estações próximas a Guapi-Macacu no período de 1968 a 2012, porém, sem tendências estatísticas significativas. Já para os índices de extremos climáticos derivados da precipitação, considerando o período de 1968 a 2008, de modo geral verificou-se aumento no volume anual de chuvas, com algumas estações com tendências significativas e outras não. Além disso, os períodos de estiagem tiveram leve tendência de redução, sem significância estatística nas estações.

3.2.2 Ameaças climáticas observadas para o futuro

Nesta análise, os dados do PROJETA do INPE foram considerados como referência para Guapi-Macacu, uma vez que os quatro modelos regionais disponibilizados pela plataforma foram calibrados para ter maior aderência e sensibilidade às características regionais do Brasil. Além disso, devido a resolução espacial mais refinada são os modelos com cenários futuros mais adequados à análise nesta escala. Devido a questão de cobertura dos dados dos modelos, outras fontes de dados, tal como o Atlas do IPCC não são os mais indicados em termos de enquadramento espacial (Sul da América do Sul), pois acabam recobrando uma área extensa muito heterogênea, desta forma, sub-representando regiões na escala de bacia hidrográfica.

Na plataforma PROJETA, selecionou-se quatro modelos regionais ETA, experimentos HADGEM-2, MIROC-5, CANESM2 e BESM, com os cenários RCP 4.5 (otimista) e RCP 8.5 (pessimista). Optou-se por analisar utilizando a média destes modelos e avaliar as projeções futuras na frequência anual. De acordo com os modelos regionais, são esperados para a biorregião um aumento da temperatura média entre +1,06°C (RCP 4.5) e +1,23°C (RCP 8.5) a curto prazo (2011-2040). A médio prazo (2041-2070) a temperatura média da região aumentará entre +1,8°C (RCP 4.5) e +2,49°C (RCP 8.5). Para um horizonte de longo prazo (2071-2100), até o final do século, os modelos climáticos indicam para o cenário mais pessimista (RCP 8.5) um aumento de até +4,18°C. As temperaturas mínimas e máximas também serão mais elevadas com uma variação percentual da ordem de +8% a +12% para as mínimas e +10% a +14% até 2070, respectivamente, ultrapassando assim o patamar de 30°C médios de temperatura máxima média anual no cenário pessimista (RCP 8.5). Além

disso, são projetadas ondas de calor extremo, com aumento de 11 dias nos dados observados para 14 (RCP 4.5) a 16 (RCP 8.5) dias até 2040, podendo atingir entre 24 (RCP 4.5) a 34 (RCP 8.5) dias do ano com temperaturas muito altas (limiar crítico de 35°C) até 2070.

Segundo os modelos climáticos, os totais de chuvas anuais em Guapi-Macacu têm tendência de redução em até 18% (-378 mm) no cenário pessimista (RCP 8.5) e até 10% (-203 mm) no cenário otimista (RCP 4.5) até 2070. A escassez hídrica poderá atingir limiares críticos a curto prazo (até 2040), com uma redução no volume de chuvas da ordem de -275 mm (RCP 8.5) e -238 mm (RCP 4.5). Em relação a dias secos consecutivos, as projeções indicam um aumento de seca, variando entre 4 (cenário otimista - RCP 4.5) e 10 dias (cenário pessimista - RCP 8.5) a mais por ano a médio prazo (até 2070), podendo chegar a 16 dias até o final do século no cenário pessimista (estiagens prolongadas), o que implicaria para a região cenários de menos volume de chuvas com pior distribuição (redução de chuvas fracas).

Os índices de chuvas extremas (Rx1day - Quantidade máxima de chuvas em 1 dia e Rx5day - Quantidade máxima de chuvas em 5 dias) apontam para um cenário mais crítico para a biorregião, mas de redução destes eventos no cenário pessimista (RCP 8.5) da ordem de 6% até 2070, devido à redução acentuada nos totais de chuvas anuais para este cenário. Além disso, nos modelos globais CMIP6 do Atlas IPCC, há o indicativo de aumento do número de chuvas extremas intensas (Quantidade máxima de chuvas em 1 dia) aumentando de 61 dias (histórico observado) para cerca de 66 dias (+7,5% de aumento) no cenário mais otimista (RCP 4.5) e 68 dias (+11% de aumento) no cenário mais pessimista (RCP 8.5) até 2040. Para o final do século XXI estes eventos podem chegar a 74 dias (+26% de aumento) de chuvas intensas no cenário RCP 8.5. Ainda segundo os dados do Atlas IPCC, as chuvas intensas persistentes (Quantidade máxima de chuvas em 5 dias) aumentariam de 113 dias do ano (histórico observado) para cerca de 120 dias (+6% de aumento) no cenário mais otimista (RCP 4.5) e 123 dias (+8,6% de aumento) no cenário mais pessimista (RCP 8.5) até 2040 a macrorregião do sul da América do Sul. Complementarmente, dados do portal Site-Specific Report para as cidade de Guapimirim e Cachoeiras de Macacu, usando dados de modelos globais e regionalizados do CMIP5 e CORDEX, indicam também essas tendências nas chuvas e apresentam o reflexo destes cenários para o balanço hídrico da região, com os indicadores de recarga hídrica e escoamento superficial, apresentando redução de -3% a -4% no cenário otimista (RCP 4.5) até 2040, mas com aumento de mais de 10% destes indicadores para os demais cenários e horizontes temporais.

Por fim, a elevação média do nível do mar na região da Baía de Guanabara é observada em dados da NASA/JPL. De acordo com o dado ECCO v.4v4, entre 1992 e 2017 (25 anos), houve elevação da ordem de 50,3 mm, enquanto segundo o dado MEaSUREs, entre 1992 e 2022 (30 anos), o nível médio do mar na região aumentou 12,1 mm. Embora não concordem no valor nominal, o sinal é de aumento em ambos os conjuntos de dados. Para o futuro a plataforma Atlas IPCC, utilizando o CMIP6, indica que a elevação média do nível no mar pode ser de até 0,7 metros no pior cenário (RCP 8.5), e até 0,5 metros no cenário mais otimista (RCP 4.5) até 2100.

Esses dados indicam e corroboram a expectativa de aumento dos eventos de chuvas extremas concentradas para a biorregião, principalmente para as épocas de verão, quando as condições meteorológicas potencializam estes eventos, mas ao mesmo tempo de redução dos totais anuais de chuvas, sendo afetados nos períodos de poucas chuvas, como no inverno, por períodos mais quentes e de estiagem. Portanto, a redução das chuvas e de sua distribuição, que tende a ocorrer nos meses do verão, fará com que os ecossistemas tendem a armazenar menos água para sua manutenção ao longo do ano, notadamente nos períodos de estiagem. Se estas previsões se tornarem realidade, se reduzirá ainda mais a baixa oferta de serviços ecossistêmicos que são de grande relevância para todas as atividades nos municípios de Guapi-Macacu (PMMA, 2020). Estes resultados corroboram com as ameaças e riscos climáticos identificados nos PMMAs dos municípios de Cachoeiras de Macacu e Guapimirim a serem explorados na próxima seção.

3.3 Riscos climáticos em Guapi-Macacu

Os riscos climáticos na biorregião Guapi-Macacu estão atrelados aos efeitos das mudanças climáticas, os usos da terra e impactos em cascata que atingem a região. Dois documentos importantes que se aprofundaram nesta temática em Guapi-Macacu são os Planos Municipais da Mata Atlântica (PPMA) tanto de Cachoeiras de Macacu quanto de Guapimirim, produzidos em 2020 e 2021, respectivamente. Estes produtos identificaram em co-construção com os atores locais os principais riscos climáticos na biorregião, e com base em modelos de projeção climática futuro do INPE (Hadgem2), apontaram que a combinação entre menor volume precipitado e pior distribuição durante o ano, poderá potencializar os efeitos de aumento da temperatura e estiagem. Além disso, a redução dos totais anuais das chuvas e a previsão de chuvas mais intensas concentradas, torna-se uma combinação

perigosa que fragiliza os ecossistemas menos resilientes, reduz a oferta de seus serviços ecossistêmicos e impacta a população em diversas dimensões (PMMA, 2020).

Diante deste cenário, em Cachoeiras de Macacu foram identificados três principais riscos climáticos: rebaixamento de lençol freático, erosão de encostas de sotavento e elevação do nível do mar (Tabela 3). As mudanças do clima projetadas devem afetar principalmente a parte do município onde há planície de inundação, uma vez que considerando cenários com volumes de chuvas anuais reduzidos e dias com alta concentração de chuvas, isto é, menos dias de chuvas e maior intensidade (destaque para os meses de verão), as áreas suscetíveis à inundação têm seu risco aumentado no futuro. Por outro lado, a parte do município situada nas encostas da Serra do Mar potencialmente pouco ou nada sofrerá (PMMA, 2020). Já em Guapimirim foram identificados cinco principais riscos climáticos: desabastecimento hídrico, perda na qualidade da água, inundações na parte de planície, incêndios das turfas e aumento do nível do mar com efeitos no mangue e intrusão salina (Tabela 3). Assim como seu município vizinho, os desafios e possíveis impactos são semelhantes e afetariam principalmente as regiões de planície do município como consequência também da interação entre os usos da terra e ameaças climáticas. Na tabela 3 são resumidos os riscos identificados nos PMMAs, os impactos atrelados e quais ameaças estão mais associadas.

Para detalhar mais as questões de Riscos climáticos, utilizou-se a plataforma AdaptaBrasil-MCTI para avaliar os principais riscos nos municípios de Guapi-Macacu, com ênfase nos riscos climáticos relacionados aos recursos hídricos e desastres geohidrológicos, uma vez que são setores identificados como mais relevantes na biorregião, pois estabelecem um diálogo direto com os riscos apontados nos PMMAs e o resultado da revisão das ameaças climáticas para Guapi-Macacu.

Segundo a plataforma AdaptaBrasil-MCTI (Tabela 4), os municípios de Guapimirim e Cachoeiras de Macacu, inseridos na biorregião, apresentam os valores de 0,66 e 0,64 de Índice de Risco climático para seca no setor de recursos hídricos, respectivamente, pertencendo à classe de Alto Risco no tempo presente. Nos horizontes temporais de 2050 em tanto no cenário otimista quanto pessimista estes municípios têm seu Risco elevado nominalmente para valores superiores a 0,7, mantendo-se na classe Alto. A componente do Risco do Índice de Exposição (0,74) é o que mais contribui para Guapimirim, puxado principalmente pelos indicadores de “Densidade Populacional” e “Proximidade da população em relação às áreas em processo de degradação ou desmatamento”. Em termos de vulnerabilidade o Índice de Vulnerabilidade é Médio (0,41), o Índice de Sensibilidade (0,25) é Baixo e a Capacidade Adaptativa (0,41) do município é Médio, sendo necessário empreender

esforços para melhorar principalmente as “Alternativas ao abastecimento por rede geral” e investir em “Programas ou ações de prevenção contra impactos da seca”.

Já em Cachoeiras de Macacu, a componente do Risco do Índice de Exposição (0,53) é o que mais contribui para o Alto Risco de impacto da seca nos recursos hídricos do município, sendo influenciado principalmente pelo indicador “Proximidade da população em relação às áreas em processo de degradação ou desmatamento”. Em termos de vulnerabilidade o Índice de Vulnerabilidade é Médio (0,50), o Índice de Sensibilidade (0,43) é Médio e a Capacidade Adaptativa (0,44) do município é Médio, sendo necessário empreender esforços para melhorar principalmente a “Renda domiciliar não comprometida pela cobrança da água” e investir em “Programas ou ações de prevenção contra impactos da seca”.

No setor de Desastres Geohidrológicos, o Risco atual dos municípios de Guapimirim e Cachoeiras de Macacu, é considerado Alto tanto para a ameaça de Inundações, enxurradas e alagamentos (0,68 e 0,67) quanto para Deslizamento de terra (0,78 e 0,61). No futuro, tanto em 2030 quanto em 2050, no cenário pessimista, a situação de Guapimirim em termos de desastres geohidrológicos, segue sendo de Alto Risco em ambas as ameaças, puxado pela componente de Ameaça climática. Para Risco de Inundações, enxurradas e alagamentos, o Índice de Vulnerabilidade (0,50) em Guapimirim é classificado como Médio, com o Índice de Sensibilidade (0,52) considerado Médio e a Capacidade Adaptativa (0,49) também como Médio, sendo apontadas na plataforma os indicadores de “Ações adaptativas para redução de risco em situações de desastres de inundações, enxurradas e alagamentos” e “Gestão de resíduos e limpeza pública” os principais fatores negativos no município em termos de Risco de Inundações, enxurradas e alagamentos. Para Risco de Deslizamento de terra, o Índice de Vulnerabilidade (0,64) em Guapimirim é classificado como Alto, com o Índice de Sensibilidade (0,52) considerado Médio e a Capacidade Adaptativa (0,25) como Baixo, sendo apontadas pela plataforma os indicadores de “Ações adaptativas para redução de risco em situações de desastres de inundações, enxurradas e alagamentos” e “Gestão de resíduos e limpeza pública” os principais fatores negativos no município em termos de Risco de Deslizamento de terra.

No futuro, tanto em 2030 quanto em 2050, no cenário pessimista, a situação de Cachoeiras de Macacu em termos de desastres geohidrológicos, segue sendo de Alto Risco para Deslizamento de terra e passa a ser Médio Risco para Inundações, enchentes e alagamentos. Para Risco de Deslizamento de terra, o Índice de Vulnerabilidade (0,24) em Cachoeiras de Macacu é classificado como Baixo, com o Índice de Sensibilidade (0,53) considerado Médio e a Capacidade Adaptativa (0,98) como Muito Alto, sendo apontadas pela plataforma um conjunto de ações adaptativas bem estruturadas no município para lidar com

a situação de deslizamento de terra. Podendo melhorar no indicador de “Índice Firjan de Gestão Fiscal”. O que realmente deflagra o Risco Alto do município é o Índice de Exposição (0,69), influenciado principalmente pelo indicador de “Proporção de domicílios em áreas de risco”. Para Risco de Inundações, enxurradas e alagamentos, o Índice de Vulnerabilidade (0,24) em Cachoeiras de Macacu é classificado como Baixo, com o Índice de Sensibilidade (0,53) considerado Médio e a Capacidade Adaptativa (0,97) na classe Muito Alto, o que garante ao município as capacidades necessárias para lidar com esse tipo de desastre. O Índice de Exposição (0,71) é considerado Alto e deflagra o Risco de Inundações quando associado à Ameaça climática, sendo influenciado principalmente pelo indicador de “Proporção de domicílios em áreas de risco”.

Do ponto de vista da Segurança Energética, ambos os municípios apresentando Risco baixo para disponibilidade de energias e Risco Médio para Acesso. Porém, no futuro serão municípios com Risco Muito Alto (0,90) em 2050 em termos de disponibilidade de energia e Risco Alto (acima de 0,7) em no acesso à energia. Quanto à disponibilidade de energia, são municípios altamente dependentes da produção de energia hidrelétrica, com alta demanda de resfriamento e baixo potencial de geração de energia eólica e solar. Como são previstas reduções nos volumes de chuvas anuais, as vazões para produção hidrelétrica serão altamente afetadas no cenário 2050 pessimista.

Em Segurança Alimentar, Guapimirim e Cachoeiras de Macacu apresentam para a Ameaça de Seca, valores de Risco Médio para ambos os municípios. Para a Ameaça de Chuvas Intensas, os valores de Risco são Médio e Baixo, respectivamente, para Guapimirim e Cachoeiras de Macacu. Para o futuro, ambos municípios apresentam Alto Risco no cenário pessimista, em 2030 e 2050, para Chuvas Intensas. Para Seca, Guapimirim tem seu valor de Risco elevado para a classe Alto no futuro em todos os cenários e recortes temporais. Já em Cachoeiras de Macacu o Risco é Baixo em 2050 tanto no cenário otimista quanto pessimista.

Para Risco de Seca em Segurança Alimentar, o Índice de Vulnerabilidade (0,44) em Guapimirim é classificado como Médio, com o Índice de Sensibilidade (0,46) considerado Médio e a Capacidade Adaptativa (0,60) como Alto, sendo apontadas pela plataforma um conjunto de ações adaptativas bem estruturadas no indicador temático de “Logística e abastecimento”. Os indicadores mais frágeis do município e que podem melhorar são: “Investimento per capita em políticas de adaptação e infraestrutura para proteção ambiental” e “Nível de atendimento à população das unidades receptoras do Programa de Aquisição de Alimentos (PAA)”. Contudo, o Índice de Exposição (0,62) é considerado Alto e quando associado à Ameaça climática de Seca, pode afetar principalmente o acesso da população aos alimentos, uma vez que o Índice de Exposição está sendo mais influenciado pelo

indicador de “Densidade Populacional”. Em Cachoeiras de Macacu, o Risco de Seca em Segurança Alimentar, apresenta Índice de Vulnerabilidade (0,19) sendo considerado como Muito Baixo, o Índice de Sensibilidade (0,31) é Baixo e a Capacidade Adaptativa (0,89) como Muito Alto, sendo apontadas pela plataforma um conjunto de ações adaptativas bem estruturadas no município, principalmente relacionados aos temáticos de “Logística e abastecimento” e “Manutenção da produção agropecuária”. Em termos de medidas adaptativas, Cachoeiras de Macacu ainda pode aperfeiçoar “Abrangência do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE)”, “Adesão ao Programa Cidades Resilientes” e “Abrangência do Programa Bolsa Família”. Assim como verificado no município vizinho, o Índice de Exposição (0,44) é a componente que mais contribui para o Risco, que mesmo sendo Médio, e o Risco Baixo, precisa ter uma atenção no aspecto da “Densidade de estabelecimentos agropecuários”, visto que as atividades agrícolas podem ser impactadas em cenários de Seca no futuro.

Para Risco de Chuvas Intensas em Segurança Alimentar, o Índice de Exposição (0,42) e o Índice de Vulnerabilidade (0,48) em Cachoeiras de Macacu são classificados como Médio, com o Índice de Sensibilidade (0,42) considerado Médio e a Capacidade Adaptativa (0,46) como Médio, sendo apontadas pela plataforma como indicadores mais frágeis do município e que podem ser melhorados: “Abrangência do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE)”, “Nível de associativismo”, e “Nível de orientação técnica”. Indicadores relacionados diretamente com a oferta de alimento para grupos vulneráveis em idade escolar e a capacitação e capacidade de trabalho em rede do produtor rural no município. Em Guapimirim, o Risco de Chuvas intensas em Segurança Alimentar, apresenta Índice de Exposição (0,50) e Índice de Vulnerabilidade (0,51) sendo considerados como Médio, o Índice de Sensibilidade (0,56) é Médio e a Capacidade Adaptativa (0,53) como Médio, sendo apontadas pela plataforma a necessidade de aperfeiçoar medidas adaptativas, o “Nível de associativismo” do produtor rural, aumentar “Investimento per capita em políticas de adaptação e infraestrutura para proteção ambiental” e ampliar a “Abrangência do Programa Bolsa Família”. São indicadores relacionados ao grau de cooperação dos produtores rurais, investimento direto em políticas ambientais e maior inclusão da população vulnerável em programas assistenciais.

Tabela 4: Riscos e ameaças climáticas em Guapi-Macacu.

Riscos climáticos	Ameaças climáticas mais associadas	Limiares críticos	Impactos potenciais
Risco de rebaixamento de lençol freático	Chuvvas intensas concentradas Redução das chuvas anuais + Obras de drenagem e retificação das calhas de rios	As chuvas anuais sofrerão redução em curto prazo (até 2040) da ordem de -275 mm (RCP 8.5) e -238 mm (RCP 4.5) e até 18% (-378 mm) no cenário pessimista (RCP 8.5) e até 10% (-203 mm) no cenário otimista (RCP 4.5) até 2070 (dados dos modelos regionais do INPE) Os modelos do Atlas IPCC indicam aumento do número de chuvas extremas intensas da ordem 66 dias no ano no cenário mais otimista (RCP 4.5) a 68 dias no ano no cenário mais pessimista (RCP 8.5) até 2040	• Aumento da erosão de talvegue • Rebaixamento da altura do lençol freático na planície de inundação • Degradação da vegetação nativa, inclusive matas ciliares • Assoreamento dos rios • Redução da disponibilidade hídrica para abastecimento humano, irrigação e vegetação
Risco de erosão de encostas e qualidade da água	Chuvvas intensas concentradas Redução das chuvas anuais + Degradação de encostas, desmatamento, incêndios e mal planejamento do território	As chuvas anuais sofrerão redução em curto prazo (até 2040) da ordem de -275 mm (RCP 8.5) e -238 mm (RCP 4.5) e até 18% (-378 mm) no cenário pessimista (RCP 8.5) e até 10% (-203 mm) no cenário otimista (RCP 4.5) até 2070 (dados dos modelos regionais do INPE) Os modelos do Atlas IPCC indicam aumento do número de chuvas extremas intensas da ordem 66 dias no ano no cenário mais otimista (RCP 4.5) a 68 dias no ano no cenário mais pessimista (RCP 8.5) até 2040	• Erosão laminar • Sulcos e voçorocas • Aumento do transporte de sedimentos para rios (assoreamento) • perda na qualidade da água • Empobrecimento do solo e degradação de encostas • Elevação do custo de tratamento e perdas na produção agrícola
Risco de elevação do nível do mar	Elevação do nível médio do mar	Segundo o Atlas IPCC, para os dados CMIP6, a elevação média do nível no mar pode ser de até 0,7 metros no pior cenário, e até 0,5 metros no cenário mais otimista até 2100	• Tendência da redução do lençol freático pelo aumento do bombeamento de água doce para consumo humano • Intrusão de água salgada em áreas de mangue, prejudicando atividades econômicas como o turismo, pesca, áreas agrícolas • Interferência no abastecimento da população, e consequentemente mais custo para alternativas ao abastecimento. Regiões de aglomerados urbanos que depende de uso direto de mananciais, agricultores e os ecossistemas ripários são os mais afetados
Risco de desabastecimento hídrico	Redução das chuvas anuais Mais estiagens + Obras de drenagem	As chuvas anuais sofrerão redução em curto prazo (até 2040) da ordem de -275 mm (RCP 8.5) e -238 mm (RCP 4.5) e até 18% (-378 mm) no cenário pessimista (RCP 8.5) e até 10% (-203 mm) no cenário otimista	• Vazões ecológicas baixas nas partes altas • Redução do armazenamento hídrico superficial • Perda de recarga do lençol freático • Erosão de talvegues • Rebaixamento do lençol freático • Redução da oferta de água para o

	e retificação das calhas de rios	(RCP 4.5) até 2070 (dados dos modelos regionais do INPE) Projeções do INPE indicam um aumento de estiagens, com aumento de 23 dias (histórico) para 27 dias em curto prazo (até 2040) em ambos os cenários, podendo atingir 33 dias (cenário pessimista - RCP 8.5) até 2070	abastecimento humano
Risco de inundações na parte de planície	Redução das chuvas anuais Mais estiagens + Mau uso da ocupação do solo	As chuvas anuais sofrerão redução em curto prazo (até 2040) da ordem de -275 mm (RCP 8.5) e -238 mm (RCP 4.5) e até 18% (-378 mm) no cenário pessimista (RCP 8.5) e até 10% (-203 mm) no cenário otimista (RCP 4.5) até 2070 (dados dos modelos regionais do INPE) Projeções do INPE indicam um aumento de estiagens, com aumento de 23 dias (histórico) para 27 dias em curto prazo (até 2040) em ambos os cenários, podendo atingir 33 dias (cenário pessimista - RCP 8.5) até 2070	• Vegetação degradada em morretes • Impermeabilização dos solos • Redução da infiltração do solo • Maior saturação do solo • Aumento do volume e velocidade do escoamento superficial • Aumento da afluência de águas para calhas • Aumento na frequência e magnitude de inundações e alagamentos
Risco de incêndios das turfas	Aumento da temperatura média Redução das chuvas anuais Mais estiagens + falta de manejo em áreas agrícolas	De acordo com os dados de modelo do INPE, a temperatura média da região aumentará a curto prazo (até 2040) +1,06°C (cenário otimista) a +1,23°C (cenário pessimista) e entre +1,8°C (RCP 4.5) e +2,49°C (RCP 8.5) até 2070 (dados dos modelos regionais do INPE) As chuvas anuais sofrerão redução em curto prazo (até 2040) da ordem de -275 mm (RCP 8.5) e -238 mm (RCP 4.5) e até 18% (-378 mm) no cenário pessimista (RCP 8.5) e até 10% (-203 mm) no cenário otimista (RCP 4.5) até 2070 (dados dos modelos regionais do INPE) Projeções do INPE indicam um aumento de estiagens, com aumento de 23 dias (histórico) para 27 dias em curto prazo (até 2040) em ambos os cenários, podendo atingir 33 dias (cenário pessimista - RCP 8.5) até 2070	• Modificação da composição florística das turfas • Redução do armazenamento hídrico em planícies • Redução da regulação hídrica • Secamento das turfas • Aumento da frequência de incêndios em turfas

Tabela 5: Riscos climáticos em Guapi-Macacu segundo a plataforma Adaptabrasil-MCTI.

Município	Sector Estratégico	Risco climático	Presente	2030 - Otimista	2030 - Pessimista	2050 - Otimista	2050 - Pessimista
Guapimirim	Recursos hídricos	Seca	0,66	0,58	0,66	0,77	0,7
	Seg Alimentar	Seca	0,58	0,49	0,58	0,71	0,63
		Chuvas	0,51	0,69	0,66	0,68	0,66
	Desastres Geohidrológicos	Inundações, enxurradas e alagamentos	0,68	0,69	0,69	0,69	0,69
		Deslizamento de terra	0,78	0,77	0,77	0,77	0,77
	Segurança Energética	Disponibilidade	0,35	Indisp	Indisp	Indisp	0,9
		Acesso	0,5	Indisp	Indisp	Indisp	0,79
	Saúde	Malária	0,44	0,46	0,45	0,46	0,47
Cachoeira de Macacu	Recursos hídricos	Seca	0,64	0,58	0,54	0,73	0,7
	Seg Alimentar	Seca	0,31	0,24	0,2	0,42	0,39
		Chuvas	0,51	0,69	0,66	0,68	0,66
	Desastres Geohidrológicos	Inundações, enxurradas e alagamentos	0,67	0,6	0,59	0,59	0,58
		Deslizamento de terra	0,61	0,6	0,6	0,6	0,59
	Segurança Energética	Disponibilidade	0,35	Indisp	Indisp	Indisp	0,9
		Acesso	0,4	Indisp	Indisp	Indisp	0,7
	Saúde	Malária	0,44	0,46	0,46	0,46	0,47

Legenda AdaptaBrasil					
	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto

3.4 Método

Esta análise se baseou no método MASTRANDREA et al. (2011), o qual é usado no tratamento de incertezas nos relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC). Os sinais das tendências observadas e projetadas para cada ameaça climática identificada são baseados no nível de concordância entre as conclusões das diferentes fontes de dados e referências consultadas e no nível de evidência de cada uma delas. Foram consideradas 13 fontes de dados e referências, incluindo análises e dados advindos do do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), atlas climático do IPCC, portal sobre clima do Banco Mundial, a plataforma Adaptabrasil-MCTI, plataforma Climate Information Site-Specific Report da Organização Mundial de Meteorologia, e artigos científicos revisados por pares publicados em periódicos relevantes (ver Tabela 5). Cada fonte recebeu uma pontuação, sendo +1 para uma conclusão de aumento e -1 para uma conclusão de diminuição. Caso a fonte indique alguma incerteza (p.ex., baixa concordância entre modelos ou sinal indefinido), então o valor da conclusão é igual a 0. Se mais de 70% das fontes concordam com aumento (ou diminuição), então há alta concordância entre as fontes e para o sinal de mudança observado nas fontes, considera-se os símbolos de (+) para aumento ou (-) para diminuição. Caso as fontes concordem em mais da metade, mas em menos que 70%, existe uma média concordância entre as fontes e o sinal dominante é considerado, seja de aumento (+) ou redução (-). Se em 50% ou menos das fontes consultadas existe uma conclusão de tendência, então, há uma baixa concordância entre as fontes. Nas situações em que o sinal dominante não é identificável, utilizou-se o símbolo (x) para representar o sinal indefinido. O símbolo de asterisco (*) sinaliza quando nas fontes consultadas há diferenças de sinal de mudança no conjunto de fontes. A cor cinza, representa as situações de poucas observações para a conclusão de tendência.

No total, 13 fontes foram consultadas, 8 de origem em plataformas de dados sobre mudanças climáticas e 5 oriundos de referencial bibliográfico. Devido a escala da biorregião Guapi-Macacu, são poucas as fontes que tratam da avaliação de riscos e ameaças climáticas no contexto de mudanças climáticas especificamente para este recorte. Portanto, foram consideradas tanto fontes com diferentes recortes geográficos que abrangem a biorregião para compor a análise (Tabela 6).

Tabela 6: Fontes e referências consultadas para análise das ameaças climáticas em Guapi-Macacu.

	Fontes de dados e referências													Fonte	
Ameaças climáticas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	
Temperatura média														2	Atlas do IPCC
Temperatura máxima														3	INMET
Temperatura mínima														4	NASA/JLP
Ondas de calor														5	Climate Information Site-Specific Report
Precipitação total anual														6	World Bank Climate Change Knowledge Portal
Precipitação extrema														7	AdaptaBrasil-MCTI
Precipitação extrema persistente														8	INPE - Projeções Climáticas do Brasil
Dias muito secos														9	Plano de Adaptação Climática do Estado do Rio de Janeiro
Vento severo														10	Lopes et al. (2023)
														11	Lima e Armond (2022)
Legenda		Dado projetado												12	Silva e Dereczynski (2014)
		Dado observado												13	Sobral et al. (2018)
		Ambos													

Tabela 7: Fontes consultadas e recortes geográficos para análise.

	Fonte	Abrangência geográfica
1	Atlas do IPCC (CMIP6)	Sul da América do Sul
2	Atlas do IPCC (CORDEX)	Sul da América do Sul
3	INMET	Estado do Rio de Janeiro
4	NASA/JLP	Baía da Guanabara
5	Climate Information Site-Specific Report	Municípios de Guapimirim e Cachoeiras de Macacu
6	World Bank Climate Change Knowledge Portal	Estado do Rio de Janeiro
7	AdaptaBrasil-MCTI	Municípios de Guapimirim e Cachoeiras de Macacu
8	INPE - Projeções Climáticas do Brasil	Estado do Rio de Janeiro (recorte Guapi-Macacu)
9	Plano de Adaptação Climática do Estado do Rio de Janeiro	Estado do Rio de Janeiro
10	Lopes et al. (2023)	Bacia Guapi-Macacu
11	Lima e Armond (2022)	Região Metropolitana do Rio de Janeiro
12	Silva e Dereczynski (2014)	Estado do Rio de Janeiro (recorte Guapi-Macacu)
13	Sobral et al. (2018)	Região Metropolitana do Rio de Janeiro

4. Justiça Climática

4.1 Introdução

Por fim, a partir do que foi possível observar do status, riscos e impactos da região estudada, foi construído informações sobre justiça climática e perfil das populações mais vulneráveis na biorregião Guapi-Macacu. Para esta análise utilizou-se dados do Censo IBGE 2022 e os dados produzidos pela Casa Fluminense como base para uma análise integrada de justiça climática no território.

4.2 Definição de Justiça Climática

De acordo com Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), em seu relatório síntese do AR6² (IPCC, 2023), órgão científico-político das Nações Unidas, a justiça climática se refere à forma como os impactos das mudanças climáticas e as medidas para mitigação e adaptação afetam diferentes grupos sociais e regiões. Na perspectiva da Justiça Climática, é fundamental garantir que as ações climáticas sejam equitativas e não perpetuem ou amplifiquem as desigualdades existentes nas diversas regiões do globo. Para promover a Agenda de adaptação e ações necessárias de mitigação, além do desenvolvimento resiliente das populações ao clima, com resultados efetivos para os grupos marginalizados, se faz necessário mapear e pensar medidas adaptativas assertivas que considerem principalmente o grau de vulnerabilidade aos riscos climáticos dos diferentes grupos sociais. Ressalta-se ainda que as estratégias práticas de prevenção e mitigação devem ser conduzidas local e globalmente, visando reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE).

O relatório AR6 do IPCC elenca os principais aspectos que devem ser considerados em abordagens que consideram a lente da Justiça Climática são:

- **Desigualdade na exposição e vulnerabilidade:** comunidades mais vulneráveis e menos responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa (GEE) frequentemente enfrentam os impactos mais severos das mudanças climáticas. Essas comunidades são frequentemente de baixa renda, marginalizadas ou situadas em regiões altamente vulneráveis.

² Sexto Ciclo de Avaliação (AR6): <https://www.ipcc.ch/ar6-syr/>.

- **Histórico de emissões:** reconhecer que existe uma desigualdade histórica nas emissões de GEE, com países desenvolvidos sendo historicamente responsáveis por uma parte significativa das emissões, enquanto países em desenvolvimento são os mais afetados pelos impactos climáticos.
- **Capacidade de adaptação e acesso a recursos:** a capacidade de adaptação às mudanças climáticas varia amplamente entre diferentes países e comunidades. Países mais ricos geralmente têm mais recursos e infraestrutura para se adaptar e se proteger, enquanto países mais pobres podem ter menos capacidade de enfrentar e se recuperar dos impactos.
- **Medidas de mitigação e políticas climáticas:** necessidade de discutir políticas climáticas que não apenas reduzam as emissões de GEE, mas também considerem o impacto dessas políticas nas populações vulneráveis. Isso inclui o desenvolvimento de políticas que ofereçam apoio específico para as comunidades mais afetadas.
- **Justiça intergeracional:** abordar a questão da justiça intergeracional, ou seja, a responsabilidade de garantir que as ações climáticas não comprometam o bem-estar das futuras gerações. As decisões atuais devem considerar os impactos a longo prazo para as próximas gerações.

Na esfera nacional, de acordo com o Portal do Governo Federal, Justiça Climática refere-se a ações de mitigação e adaptação às mudanças climáticas no Brasil, com o objetivo de evitar o agravamento das desigualdades que tornam parte da população mais vulnerável a eventos extremos. Grupos submetidos a diferentes formas de desigualdade, seja econômica, social, de gênero, racial ou étnica, são ainda mais suscetíveis aos efeitos dessas mudanças. Atualmente, a Justiça Climática é um eixo transversal do Novo Plano Clima, coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. De maneira geral, as iniciativas voltadas para a descarbonização da economia, o desenvolvimento sustentável e a redução das desigualdades estão diretamente associadas à infraestrutura, habitação e saneamento (MMA, 2024).

No âmbito estadual, o Rio de Janeiro se destaca por iniciativas que buscam compreender sob a lente da Justiça Climática os grupos e regiões que são e podem vir a ser afetadas. Uma delas foi a criação da Frente Parlamentar pela Justiça Climática, formada na Assembleia Legislativa do Estado, com a finalidade de debater a criação da Secretaria Estadual de Emergência Climática. Essa institucionalização visa fortalecer órgãos como a Defesa Civil e o Ministério Público. Segundo o *Guia para Justiça Climática*, elaborado pela Casa Fluminense, o conceito de justiça climática no Rio de Janeiro é uma extensão dos

movimentos por justiça ambiental, partindo da premissa incontestável de que os impactos das mudanças climáticas não são democráticos, afetando de maneira desproporcional as populações racializadas e periféricas, que menos contribuíram para a crise climática. O guia menciona favelas, periferias, quilombos, comunidades indígenas, áreas suburbanas e rurais como exemplos de locais mais vulneráveis à injustiça climática (Casa Fluminense, 2024).

Em resumo, a Justiça Climática vai além de um conceito teórico, posicionando-se como um movimento de resiliência, especialmente para grupos vulnerabilizados. Esses grupos devem buscar ou ser foco de estratégias, metodologias e recursos que permitam investir em um desenvolvimento sustentável e adaptativo, com foco na redução das desigualdades causadas pelos impactos das mudanças climáticas.

4.3 Grupos vulneráveis sob a lente da Justiça Climática em Guapi-Macacu

No relatório AR6 do IPCC são apontados aspectos metodológicos cruciais para uma compreensão mais clara sobre como enfrentar as desigualdades climáticas. Em primeiro lugar, o relatório ressalta a necessidade de identificar grupos sociais vulneráveis, que, embora contribuam menos para as emissões de gases de efeito estufa (GEE), são os mais afetados pelas mudanças climáticas. Nesse sentido, foram avaliados e verificados os perfis demográficos da biorregião de Guapi-Macacu, com o objetivo de identificar grupos com maior grau de vulnerabilidade sob a ótica da Justiça Climática.

De acordo com dados demográficos do Censo de 2022, realizado pelo IBGE, foram identificados 28 quilombolas e 43 indígenas no município de Guapimirim (RJ), além de 44 indígenas em Cachoeiras de Macacu (IBGE, 2024). Complementarmente, o Mapa das Desigualdades, produzido pela Casa Fluminense, revela que mais de 50% da população de ambos os municípios se autodeclarou parda ou negra no Censo de 2010. Ainda segundo o Censo 2022, a renda média dos trabalhadores formais é de 2,1 salários mínimos em Cachoeiras de Macacu e 1,9 salários mínimos em Guapimirim, evidenciando baixa renda econômica da região.

Ademais, constatou-se que, nos municípios de Guapimirim e Cachoeiras de Macacu, a população de pessoas negras residentes em domicílios inadequados à habitação corresponde a 73,6% e 71,7%, respectivamente. Sob a ótica da justiça de gênero, o Mapa da Desigualdade destaca que 70,4% da população que vive em domicílios não destinados à habitação em Guapimirim e 70,5% em Cachoeiras de Macacu são mulheres negras que

vivem em condições similares de vulnerabilidade habitacional. Outro dado relevante é que 82,7% das pessoas em situação de rua em Cachoeiras de Macacu e 65,2% em Guapimirim são negras. Esses dados sugerem que esses grupos podem estar mais vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas, em uma região frequentemente afetada por enchentes e deslizamentos de terra (Casa Fluminense, 2024).

Além disso, segundo dados do Sistema de Estimativa de Emissão de Gases (SEEG), a principal plataforma de monitoramento de emissões da América Latina, as estimativas anuais dos principais emissores de GEE nos municípios de Guapimirim e Cachoeiras de Macacu em 2022 foram as atividades relacionadas principalmente a pecuária 38,7% e 50,4%, respectivamente, seguida pelo saneamento básico (25,2% e 21,2%) e o transporte de passageiros (13,4% e 9%). Foi observado que Cachoeiras de Macacu (0,15 Mt) tem em números absolutos maior emissão de GEEs que Guapimirim (0,13 Mt), no entanto, quando comparados a média de emissão do Estado do Rio de Janeiro (0,65 Mt) e nacional (0,43 Mt), ambos os municípios não são grandes emissores de GEE (SEEG, 2022). Se avaliado per capita, o valor de emissão de GEEs em Cachoeiras de Macacu e Guapimirim correspondem, respectivamente, a 2.637 toneladas e 2.519 toneladas de GEEs por pessoa. Vale ressaltar que, seguindo o padrão em âmbito nacional das emissões, a atividade pecuária se destaca como o maior emissor de GEEs do país. Sendo, portanto, fundamental, compreender as desigualdades que estas atividades econômicas produzem para as populações dependentes destes setores da economia.

Como recomendação para se pensar medidas adaptativas, o AR6 do IPCC indica que as abordagens devem também incluir as vozes das comunidades vulneráveis, envolvendo e refletindo as necessidades das comunidades mais afetadas pelas mudanças climáticas, incluindo, portanto, as lideranças comunitárias. Além disso, realizar um financiamento mais justo, ajudando as comunidades vulneráveis a se adaptarem às mudanças climáticas e a mitigar seus impactos; e pensar programas a partir da perspectiva da justiça e equidade, com políticas desenhadas de forma a não ampliar desigualdades existentes e a promover benefícios equitativos.

4.4 Análise da Justiça Climática em Guapi-Macacu

Para analisar o grau de vulnerabilidade em termos de justiça climática na biorregião, foi proposta a construção de um Índice de Justiça Climática (IJC) para os municípios da

Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), com base nos dados do Mapa da Desigualdade produzido pela Casa Fluminense. Além disso, foram avaliados o status das políticas públicas sob a ótica da Justiça Climática do Painel Climático da Casa Fluminense.

O Mapa da Desigualdade é uma publicação da Casa Fluminense que reúne um conjunto de indicadores socioeconômicos sobre os 22 municípios da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, a partir da análise de bases governamentais e empresariais e da Geração Cidadã de Dados (GCD), organizados pelas justiça econômica, racial, de gênero e climática (Casa Fluminense, 2024). O Mapa é composto por um total de 40 indicadores selecionados para compor 4 grandes eixos temáticos que avaliam as justiça dos de análise: (1) Justiça Econômica; (2) Justiça Racial; (3) Justiça de Gênero; e (4) Justiça Climática. Os dez indicadores do eixo Justiça Climática são descritos na Tabela 7.

Como método para construção do IJC, atribuiu-se para cada fatiamento de classe nos mapas de cada indicador um valor (grau) de Justiça, de 1 a 5, na qual o valor 1 corresponde a um valor ruim de Justiça e 5 o valor máximo de Justiça. Em seguida, agregou-se os 10 indicadores a partir de média simples, respeitando o sentido de Justiça de cada indicador. Desta forma, de acordo com o IJC um município pode obter como nota máxima o valor de 5 e mínima de 1. Os resultados do IJC são apresentados na Tabela 8. Por fim, para facilitar a interpretação, classificou-se em níveis de cores os valores do IJC com base em um fatiamento por quartil. Assim, os municípios que se encontram de um determinado quartil recebem uma cor esverdeada no caso de Alto grau de Justiça Climática e tons avermelhados para graus Baixo de Justiça Climática na RMRJ.

A partir deste índice verificou-se que os municípios da biorregião, Guapimirim e Cachoeiras de Macacu, são os que apresentam maior grau de Justiça Climática na RMRJ, apresentando valores de 3,22 e 3,20, respectivamente. Dentre os indicadores que mais contribuem para este nível de Justiça climática, em Guapimirim, destaca-se principalmente a presença alta de áreas verdes por habitante. Já em Cachoeiras de Macacu, também a presença alta de áreas verdes por habitante, e a boa qualidade da água.

O status das políticas públicas sob a ótica da Justiça Climática de acordo com o monitoramento da Casa Fluminense, nos municípios pertencentes à biorregião Guapi-Macacu, mostra que das sete políticas monitoradas pelo Painel Climático da Casa Fluminense³, Guapimirim possui Plano de saneamento básico, e Plano de habitação de interesse social elaborados e implementados. Os Plano diretor e Plano de mobilidade são inexistentes no município e outras três políticas importantes que o município deveria ter visando a Justiça Climática não foram encontrados, identificados os respondidos sobre a existência (Plano de contingência de proteção e defesa civil, Plano de mitigação e adaptação

³ Disponível em: <https://casafluminense.org.br/painelclimatico/>

às mudanças climáticas, e Plano de gestão de resíduos sólidos). Em Cachoeiras de Macacu, o status é da existência e implementação de quatro das sete políticas avaliadas (Plano de saneamento básico, Plano de habitação de interesse social, Plano de contingência de proteção e defesa civil, e Plano de gestão de resíduos sólidos). O Plano diretor do município é apontado como inexistente e os Plano de mitigação e adaptação às mudanças climáticas e Plano de mobilidade não foram encontrados, identificados os respondidos sobre a existência. Portanto, se atribuídas notas aos municípios de Guapi-Macacu quanto à existência de políticas públicas orientadas à Justiça Climática, Guapimirim apresentaria nota 2,8 e Cachoeiras de Macacu 5,7 de 0 a 10.

Tabela 8: Indicadores de Justiça Climática.

Tema do indicador	Indicador associado
Habitação	Moradias afetadas pelas chuvas
Emprego	Empregos verdes
Transporte	Veículos nas ruas
Segurança	Crimes ambientais
Saneamento	Qualidade de Rios, Baías e Lagoas
Saúde	Área verde por habitante
Educação	Falta de Infraestrutura nas escolas
Cultura	Unidades de Conservação
Assistência Social	Pessoas afetadas pelas chuvas
Gestão Pública	Custos das chuvas para infraestrutura pública

Tabela 9: Indicadores de Justiça Climática.

Ranking	Índice de Justiça Climática	
1	Guapimirim	3,22
2	Cachoeiras de Macacu	3,20
3	Rio Bonito	3,17
4	Seropédica	2,88
5	Petrópolis	2,80
6	Itaguaí	2,67
7	São Gonçalo	2,57
8	Niterói	2,56
9	Paracambi	2,56
10	Rio de Janeiro	2,38
11	Maricá	2,33
12	Queimados	2,30
13	Magé	2,25
14	Mesquita	2,00
15	Itaboraí	2,00
16	Japeri	2,00

17	Nova Iguaçu	1,90
18	Duque de caxias	1,88
19	Tanguá	1,86
20	São João de Meriti	1,60
21	Nilópolis	1,50

Referências bibliográficas

Banco Mundial, World Bank Climate Change Knowledge Portal. Disponível em: <<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/brazil/extremes>>. Acesso em: agosto de 2024.

BRASIL-MIDR. Atlas Digital de Desastres do Brasil. Disponível em: <<http://atlasdigital.mdr.gov.br/>>. Acesso em: 08 agosto. 2024.

Carneiro, M. J. T., Latini, J. L., Coelho, T. D., Pedreira, B. C. C. G., Fidalgo, E. C. C., Prado, R. B. Histórico do processo de ocupação das bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2012. 48 p. - (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627; 152).

Casa Fluminense. Dados e informações sobre Justiça Climática. Disponível em: <<https://casafluminense.org.br/painelclimatico/>>. Acessado em agosto de 2024.

Climate Information. Site-Specific Report. Disponível em: <<https://ssr.climateinformation.org/ssr/>>. Acesso em: agosto de 2024.

Fidalgo, E. C. C., Carvalho Junior, W. D., Pedreira, B., & Chagas, C. D. S. (2009). Adequação de uso da terra e detecção de conflitos na bacia hidrográfica do Rio Guapi-Macacu, RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009, Fortaleza. O solo e a produção de bioenergia: perspectivas e desafios. [Viçosa, MG]: SBCS; Fortaleza: UFC, 2009. 1 CD-ROM.

Fidalgo, E. C. C., Pedreira, B. C. C. G., de Abreu, M. B., de Moura, I. B., & Godoy, M. D. P. (2008). Uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Guapi-Macacu. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 31 p.: il. - (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627; 105).

Guia para justiça climática. Tecnologias sociais e ancestrais de enfrentamento ao racismo ambiental na região metropolitana do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://casafluminense.org.br/guia-justica-climatica/>>. Acesso em: 15 de setembro de 2024.

GUTIÉRREZ, J. M. et al. IPCC WGI Interactive Atlas: Regional information (Advanced).Dataset: CMIP6. Disponível em: <<http://interactive-atlas.ipcc.ch/>>. Acesso em: agosto de 2024.

GUTIÉRREZ, J. M. et al. IPCC WGI Interactive Atlas: Regional information (Advanced). Dataset: CORDEX South America. Disponível em: <<http://interactive-atlas.ipcc.ch/>>. Acesso em: agosto de 2024.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE Cidades. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acessado em agosto de 2024.

INEA, Instituto Estadual do AMbiente. GeolINEA. Bases Cartográficas - Metadados e Downloads (2018). Disponível em: <<https://geoportal.inea.rj.gov.br/portal/apps/experiencebuilder/experience/?id=031a9ab1c27145f19dea5ec32577fe0b>>. Acessado em setembro de 2024.

INMET. Normais climatológicas do Brasil: Variações Climáticas. Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br/VariacoesClimaticas/1961-1990/diferenca_precipitacao>. Acesso em: agosto de 2024.

INPE. Projeções Climáticas do Brasil. Disponível em:<<http://pclima.inpe.br/analise/>>. Acesso em: agosto de 2024.

Justiça Climática. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Governo Federal. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/mudanca-do-clima/justica#:~:text=A%20justi%C3%A7a%20clim%C3%A1tica%20%C3%A9%20considerada,promova%20a%20resili%C3%A7%C3%A3o%20do%20Pa%C3%ADs>>. Acesso em: 15 de setembro de 2024.

LIMA, S. S.; ARMOND, N. B.. Chuvas na Região Metropolitana do Rio de Janeiro: caracterização, eventos extremos e tendências. *Sociedade & Natureza*, v. 34, p. e64770, 2022. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/sn/a/wcxM8bTfmLM6JNYxBcshNZc/?format=pdf&lang=pt>>. Acessado em agosto de 2024.

LOPES, A. F. M.; SCHULER, A. E.; GONÇALVES, A. O. ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS DE PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA GUAPI-MACACU, RIO DE JANEIRO. In: XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ISSN 2318-0358, 2023, Aracaju-SE. Anais [...]. Porto Alegre-RS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2023.

Mapbiomas. Plataforma de mapeamento anual da cobertura e uso da terra. Coleção 9.0 (2024). Disponível em: <<https://brasil.mapbiomas.org/>>. Acessado em setembro de 2024.

MCTI. Plataforma AdaptaBrasil. Disponível em: <<https://adaptabrasil.mcti.gov.br/>>. Acesso em: agosto de 2024.

NASA/JPL. NASA Sea Level Portal. Data Analysis Tool 2.0. Disponível em: <<https://sealevel.nasa.gov/data-analysis-tool/>>. Acesso em: agosto de 2024.

Painel Climático. Sua cidade tem estratégias para sobreviver às mudanças climáticas. Casa Fluminense. Disponível em: <<https://casafluminense.org.br/painelclimatico/>>. Acesso em: 15 de setembro de 2024.

Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Relatório Síntese. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/ar6-syr/>>. Acesso em: 15 de setembro de 2024.

Pedreira, B. C. C. G., Fidalgo, E. C. C., & de Abreu, M. B. (2009b). Mapeamento do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio Guapi-Macacu, RJ. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril de 2009, INPE, 2111-2118.

Pedreira, B. C. C. G., Fidalgo, E. C. C., Prado, R. B., Fadul, M. D. A., Bastos, E. C., da Silva, S. A., ... & Peluzo, J. (2009a). Dinâmica de uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas de Guapi-Macacu e Caceribu-RJ. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 65 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892; 136).

Pedreira, B. C. G. P., Fidalgo, E. C. C., Uzeda, M. C., & da Costa, M. D. A. (2011). Áreas prioritárias para recuperação na região da bacia hidrográfica do Rio Guapi-Macacu, RJ. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 50 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892; 191).

Penedo, S., Kunne, A., Prado, R., Schuler, A. E., Roehrig, J., & Ribbe, L. (2011). Implementation of hydro-climatic monitoring network in the Guapi-Macacu river basin in Rio de Janeiro, Brazil. In: WORLD WATER CONGRESS, 14., 2011, Porto de Galinhas. Anais... Porto de Galinhas: International Water Resources Association, 2011.

Pereira, V. C. R., Almeida, C. N., & da Silva, T. M. (2017). Diagnóstico Hidrogeoquímico na Bacia do Guapimirim-Macacu (RJ). *Anuário do Instituto de Geociências*, 40 (3).

Rodríguez Osuna, V., Börner, J., Nehren, U., Prado, R. B., Gaese, H., & Heinrich, J. (2014). Priority areas for watershed service conservation in the Guapi-Macacu region of Rio de Janeiro, Atlantic Forest, Brazil. *Ecological Processes*, 3, 1-21.

Secretaria do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro (SEA). Plano de Adaptação Climática do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://www.iis-rio.org/wp-content/uploads/2021/11/PAERJ-Relato%CC%81rio-Final-compactado.pdf>>. Acesso em: agosto de 2024.

SILVA, W. L.; DERECZYNSKI, C. P.. Caracterização climatológica e tendências observadas em extremos climáticos no estado do Rio de Janeiro. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 37, n. 2, p. 123-138, 2014. Disponível em: <<https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/7828/6309>>. Acessado em agosto de 2024.

Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. Disponível em: <<https://plataforma.seeg.eco.br/>>. Acesso em: 15 de setembro de 2024.

Sistema Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística de Recuperação Automática. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/9578>>. Acesso em: 10 de setembro de 2024.

SOBRAL, B. S.; OLIVEIRA-JUNIOR, J. F.; GOIS, G.; BODAS TERASSI, P. M.; MUNIZ-JUNIOR, J. G. R.. Variabilidade espaço-temporal e interanual da chuva no estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 22, 2018. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/55592/35170>>. Acessado em agosto de 2024.

ZIGLIO, L., WEILER, J., FERNANDES, C. Justiça Climática e o papel da Universidade. São Paulo-SP. Disponível em: <[https://jornal.usp.br/artigos/justica-climatica-e-o-papel-da-universidade/#:~:text=Para%20o%20IPCC%20\(2023\)%20a,maior%20vulnerabilidade%20aos%20riscos%20clim%C3%A1ticos](https://jornal.usp.br/artigos/justica-climatica-e-o-papel-da-universidade/#:~:text=Para%20o%20IPCC%20(2023)%20a,maior%20vulnerabilidade%20aos%20riscos%20clim%C3%A1ticos)>. Acesso em: 12 de setembro de 2024.