

Perspectivas da adaptação
à mudança do clima do
Estado do Rio de Janeiro
de Janeiro

Circulação de veículos híbridos
elétricos ou elétricos: projeção
de cenários de emissões
atmosféricas na cidade do Rio
de Janeiro até 2030

Fatores críticos de sucesso
para a implementação da
observação de aves no Refúgio
de Vida Silvestre Estadual da
Lagoa da Turfeira (RJ)

Florística e estrutura de
uma Floresta Estacional
Semidecidual em São Pedro
da Aldeia (RJ) como subsídio
à criação de unidade de
conservação municipal

Aplicação dos setores
censitários na demarcação
das Faixas Marginais de
Proteção em áreas urbanas
consolidadas no Estado do
Rio de Janeiro

ineana

julho > dezembro 2021

v. 09
nº 02

> Governo do Estado do Rio de Janeiro
Carlos Castro, governador

Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade
Thiago Pampolha, secretário

Instituto Estadual do Ambiente
Philippe Campelo Costa Brondi da Silva, presidente

Diretoria de Licenciamento Ambiental
Leonardo Daemon, diretor

Diretoria de Pós-Licença
Fábio Costa, diretor

Diretoria de Biodiversidade, Áreas Protegidas e Ecossistemas
João Eustáquio Nacif Xavier, diretor

Diretoria de Gente e Gestão
Jorge Eduardo Barreto de Andrade, diretor

Diretoria de Recuperação Ambiental
Daniel Moraes de Albuquerque, diretor

Diretoria de Segurança Hídrica e Qualidade Ambiental
Hélio Vanderlei Coelho Filho, diretor

Produção editorial
Gerência de Publicações e Acervo Técnico
(GEPAT/DIGGES)

Coordenação editorial
Tania Machado

Assistente editorial
Sandro Carneiro

Revisão
Sandro Carneiro
Ricardo Reys

Normalização
Wellington Lira

Diagramação
Thiago Duarte

Capa
Foto: Acervo INEA

Inundação de sede de fazenda às margens da Lagoa Feia, em Quissamã (RJ). Devido às emissões de gases do efeito estufa, eventos climáticos extremos, como alagamentos, têm se intensificado no mundo todo

Conselho Editorial
Alceo Magnanini
Alcides Pissinatti
Sílvia Marie Ikemoto
Luciana Maria Baptista Ventura
Maicon Guerra de Miranda
Renata da Matta dos Santos
Ricardo Marcelo da Silva
Vanessa Schinaider do Amaral
Pereira Gonçalves
Viviani de Moraes Freitas Ribeiro
Tania Machado de Oliveira

Pareceristas *ad hoc*
João Rafael Gomes
Letícia Lütke
Maicon Guerra de Miranda
Moema Versiani
Neise Vieira
Paulo Frevier
Renata Lopes
Ricardo Marcelo da Silva
Telmo Borges
Victor Maluf

© Instituto Estadual do Ambiente (INEA)

Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução de dados e informações contidas nesta publicação, desde que citada a fonte. Os artigos são de inteira responsabilidade de seus autores.

Periodicidade: semestral

Disponível também em:
www.inea.rj.gov.br > Publicações > Publicações Inea > Revista Ineana

Endereço para correspondência:
Gerência de Publicações e Acervo Técnico
Av. Venezuela, 110 - Sala 113 - Térreo - Saúde
CEP 20081-312 - Rio de Janeiro - RJ

E-mail
inea.gepat@gmail.com

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do INEA

R454 Revista Ineana/Instituto Estadual do Ambiente.
--- v.09, n.02 (jul./dez. 2021)---Rio de Janeiro: INEA, 2021 -
ISSN: 2238-2496

1. Meio ambiente -- Rio de Janeiro. 2. Meio ambiente -- Periódicos. I. Título.
CDU 628(815.3)

inea instituto estadual
do ambiente

4 Editorial

Perspectivas da adaptação à mudança do clima do estado do Rio de Janeiro

Heliana V. O. Silva
Claudio F. Neves
Denise S. Sousa
Giovannini Luigi
Emilio L. La Rovere

40 Circulação de veículos híbridos elétricos ou elétricos: projeção de cenários de emissões atmosféricas na cidade do Rio de Janeiro até 2030

Luciana Maria Baptista Ventura
Laiza Molezon Soares
Simone Lorena Quitério de Souza
Eduardo Monteiro Martins

58 Aplicação dos setores censitários na demarcação das Faixas Marginais de Proteção em áreas urbanas consolidadas no Estado do Rio de Janeiro

Mauro Medeiros de Carvalho Junior
Naiara da Silva Pitta
Monique de Faria Marins

68 Florística e estrutura de uma Floresta Estacional Semidecidual em São Pedro da Aldeia (RJ) como subsídio à criação de unidade de conservação municipal

Fabio Mostacato Bastos
Luís Fernando Faulstich Neves
Bruno Coutinho Kurtz

84 Fatores críticos de sucesso para a implementação da observação de aves no Refúgio de Vida Silvestre Estadual da Lagoa da Turfeira (RJ)

Graziele Noronha dos Santos
Rodrigo Machado Vilani

editorial

> Philipe Campello

presidente do Instituto Estadual do Ambiente (INEA)

> Thiago Pampolha

secretário de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS)

A Terra está aquecendo. Eventos climáticos extremos, como ondas de calor, alagamentos e incêndios florestais, estão se intensificando por causa da emissão de combustíveis fósseis. Para tratar da questão, em Glasgow, na Escócia, teve início, em 31 de outubro, a 26ª Conferência da ONU sobre Mudanças Climáticas, mais conhecida como COP 26 (Conference of the Parties), ou simplesmente Convenção do Clima da ONU.

O encontro foi convocado para que cerca de 200 países apresentassem, entre outros compromissos, seus planos de redução de emissões nocivas até 2030. Semanas antes, em 8 de outubro, outro órgão da ONU, o Conselho de Direitos Humanos, pela primeira vez reconheceu “o direito a um ambiente seguro, limpo, saudável e sustentável como um direito humano fundamental”.

Na nova resolução, o Conselho destaca que “a degradação ambiental, as mudanças climáticas e o desenvolvimento insustentável são algumas das mais sérias ameaças à capacidade das gerações presentes e futuras de usufruir dos direitos humanos, incluindo o direito à vida”.

Com o agravamento da crise climática, o mundo, inclusive o Brasil, deve sofrer cada vez mais com eventos extremos. A previsão, parte do último relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas da ONU (IPCC), é citada no primeiro artigo desta edição da Ineana: *Perspectivas da adaptação à mudança do clima do Estado do Rio de Janeiro*.

O trabalho apresenta uma síntese do Plano Estadual de Adaptação às Mudanças Climáticas, que tem como objetivo proteger as gerações atuais e futuras dos efeitos da mudança do clima. Resultado de uma iniciativa vanguardista da então Secretaria de Estado do Ambiente (hoje, Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS), o plano avalia setores prioritários, projeta cenários e propõe medidas de adaptação aos impactos previstos.

Escrito por pesquisadores da Universidade Federal do Rio de Janeiro que participaram da elaboração do plano, o artigo destaca que, de acordo com resultados preliminares, o Rio de Janeiro já é um estado exposto a diversos perigos do clima, onde há chances reais de os impactos e vulnerabilidades associadas às mudanças climáticas se agravarem no futuro próximo.

Também com foco em sustentabilidade, o artigo *Circulação de veículos híbridos elétricos ou elétricos: projeção de cenários de emissões atmosféricas na cidade do Rio de Janeiro até 2030* aponta o setor de transportes como o principal emissor dos poluentes atmosféricos e gases do efeito estufa que afetam, direta ou indiretamente, o bem-estar e a saúde da população nas grandes cidades.

O trabalho faz várias projeções para as emissões veiculares na cidade do Rio de Janeiro até o começo da próxima década. Na mais otimista delas, se toda a frota de veículos for substituída por automóveis elétricos e híbridos elétricos até 2030, podemos chegar a esse ano com uma redução de mais de 30% nas emissões de monóxido de carbono e de compostos orgânicos voláteis.

Uma das atividades ao ar livre que mais cresce no mundo, a observação de aves também pode fazer muito pelo meio ambiente. Porém, são poucos os lugares com estrutura para receber esse tipo de atividade. É o que revela o artigo *Fatores críticos de sucesso para a implementação da observação de aves no*



Refúgio de Vida Silvestre Estadual da Lagoa da Turfeira (RJ).

Nele, os autores identificam e analisam os fatores críticos de sucesso que nortearam a implementação da observação de aves no Refúgio de Vida Silvestre Estadual da Lagoa da Turfeira, unidade de conservação que incluiu a atividade como prioritária em seu plano de manejo. Além disso, o trabalho sugere ações gerais e específicas para o aprimoramento das atividades de observação de aves nas unidades de conservação (UCs) estaduais.

As UCs, como o próprio nome sugere, são um importante instrumento para a preservação do patrimônio biológico existente numa determinada área. Mas, para a criação desses espaços, são necessários estudos, como os abordados no artigo *Florística e estrutura de uma Floresta Estacional Semidecidual em São Pedro da Aldeia (RJ) como subsídio à criação de unidade de conservação municipal*.

Além de detalhar os levantamentos feitos para caracterizar a composição florística e a estrutura fitossociológica de fragmentos florestais na Ilha dos Macacos, no litoral fluminense, o trabalho dá destaque aos resultados obtidos, como a identificação de 229 espécies, 11 delas ameaçadas de extinção.

Consideradas áreas de preservação de permanentes, mas muitas vezes ocupadas e degradadas pelo homem, as margens de corpos hídricos são o tema do quinto e último artigo desta Ineana: *Aplicação dos setores censitários na demarcação das Faixas Marginais de Proteção em áreas urbanas consolidadas no Estado do Rio de Janeiro*.

O trabalho toca num ponto sensível dos processos de demarcação de FMPs: a subjetividade que há na aplicação do conceito de área urbana consolidada e a insegurança que isso gera nos analistas e técnicos ambientais. Como solução, é proposta a utilização dos setores censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, descritos como uma ferramenta de fácil aplicação na hora de determinar a tipologia de uma área urbana.

editorial



Esta Ineana mostra que são muitos os desafios e as ameaças ao planeta. Mas que, também, há quem se dedique a encontrar caminhos para um mundo melhor. Dentro da SEAS e do INEA, não faltam iniciativas nesse sentido. Da sanção de leis à assinatura de acordos internacionais, passando pelo lançamento de planos e inventários, são várias as ações na esfera estadual para preservar o meio ambiente.

No que diz respeito às mudanças do clima, em 2020 foi lançado o Programa Florestas do Amanhã, que, até 2050, pretende fazer o estado atingir o índice de 40% de cobertura florestal. Outros planos na área são tornar o Rio de Janeiro neutro em emissões de gases causadores do efeito estufa até 2045 e investir na geração de hidrogênio verde e no aumento da produção de gás natural. Para saber mais sobre essas e outras ações, acompanhe nossos sites e redes sociais.

Boa leitura! >

Perspectivas da adaptação à mudança do clima do Estado do Rio de Janeiro

Prospect of climate change adaptation in the State of Rio de Janeiro

► Heliana V. O. Silva; Claudio F. Neves; Denise S. Sousa; Giovannini Luigi; Emilio L. La Rovere

► Resumo

O Estado do Rio de Janeiro é particularmente vulnerável a desastres naturais relacionados a eventos extremos do clima, devido a diversos fatores de ordem natural e antrópica, associados, por um lado, ao relevo montanhoso e à exposição direta do litoral a fenômenos meteorológicos e oceanográficos e, por outro lado, aos usos do solo. Tendo como introdução um referencial teórico sobre aquecimento global e a consequente mudança do clima, este artigo apresenta uma síntese dos trabalhos realizados no âmbito do Plano Estadual de Adaptação às Mudanças Climáticas, cujos objetivos são assegurar a proteção do patrimônio natural e construído além de preservar as relações econômicas e socioculturais face à mudança do clima, em prol da atual e das futuras gerações. Resultado da iniciativa vanguardista da então Secretaria de Estado do Ambiente (SEA), o trabalho estruturou-se na formação de parceria entre várias instituições, cabendo à Superintendência de Mudanças do Clima da SEA e técnicos do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) o acompanhamento e validação do trabalho, mediante consultas e reuniões multilaterais. Coube à SEA definir os setores estaduais a serem prioritariamente avaliados, para os quais identificaram-se projeções climáticas, impactos e medidas gerais de adaptação. Resultados preliminares indicam que o Rio de Janeiro é exposto a diversos perigos do clima já na atualidade, com reais chances de haver agravamento dos respectivos impactos e vulnerabilidades associadas no futuro próximo. As incertezas a respeito desses fatores são inúmeras, e a adaptação à mudança do clima deve partir de sólida base técnica e da validação das recomendações do trabalho por atores diversos, incluindo a sociedade civil, o setor privado, a academia e organizações não governamentais, além das diversas instâncias do governo, que irão liderar as ações de adaptação no estado. Assim, a síntese do Plano de Adaptação apresentada é o primeiro esforço de juntar a informação disponível, identificar as principais vulnerabilidades e esboçar medidas gerais de adaptação cabíveis para o Estado do Rio de Janeiro.

Palavras-chave

Mudança do Clima. Exposição. Vulnerabilidade. Projeções Climáticas. Plano de Adaptação. Estado do Rio de Janeiro.

► Abstract

The State of Rio de Janeiro is particularly vulnerable to natural disasters caused by extreme climate events, due to environmental and anthropic causes, which are related to the rugged topography and the exposure of the coastal zone to meteorological and oceanographical phenomena, as well as to land uses. Based on a theoretical background on global warming and climate change, this article summarizes the work conducted within the framework of the State Plan on Climate Change Adaptations. This Plan aimed at protecting the natural, cultural, and anthropic assets, as well as preserving economical and sociocultural relations, in the context of climate change, for the benefit of present and future generations. As a result of the pioneering initiative of the State of Rio de Janeiro Secretary for the Environment (SEA), the present work resulted from the partnership of several institutions, under the supervision of the Superintendence of Climate Change of SEA and officials from the State Institute of the Environment (INEA), which validated the findings and work conducted by the research team and called for multilateral meetings. SEA has chosen the most relevant sectors for which climate projections, impacts, and general adaptation responses should be studied in the State of Rio de Janeiro. Preliminary results indicate that, at present, the State is already exposed to various climate threats, and it is very likely that in the near future the impacts and vulnerabilities to those threats be increased. Despite the uncertainties related to climate change and its consequences, adaptation actions must be based on solid technical and scientific grounds. Recommendations presented in the article should be validated by the entire society, including citizens, economic agents, academia, and non-governmental organizations, besides government agencies which will lead the adaptation responses within the State. The present synthesis of the Adaptation Plan is the first effort to gather available information, to identify major vulnerabilities, and to draft preliminary adaptation responses, suited for the State of Rio de Janeiro.

Keywords

Climate change. Environment Exposure. Vulnerability. Future Climate Projections. Adaptation Plans. State of Rio de Janeiro.

1. Introdução

O aquecimento global e a consequente mudança do clima prenunciam um mundo em transformação e ganham relevância nas agendas governamentais, empresariais e da sociedade civil. A cada relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), aumenta a certeza científica, assim como crescem as projeções da velocidade do fenômeno e os impactos associados (IPCC, 2014a). Cinco anos depois da celebração, em 2015, do Acordo de Paris, que estabeleceu a meta de reduzir as emissões de carbono a fim de manter o aumento da temperatura média da Terra abaixo de 2°C até 2050, o próprio IPCC lança relatório indicando que a elevação de 1,5°C já será demasiadamente arriscada e custosa para todos: governos, empresas e indivíduos.

Os impactos da mudança do clima já se fazem presentes em todo o planeta. Os últimos seis anos, incluindo 2020, foram os mais quentes já registrados (WMO, 2021), com mais de 50 milhões de pessoas afetadas por inundações, secas ou tempestades, além de incêndios florestais de grande intensidade, como os registrados na Austrália, Rússia, EUA e Brasil. O derretimento das geleiras continentais na Groenlândia e na Antártida, com o consequente aumento do volume de água dos oceanos e a elevação do nível médio do mar, ameaçam as zonas costeiras (UNDP, 2021).

De acordo com o Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (AR5) (IPCC, 2014b), os riscos dos impactos relacionados à mudança do clima são resultado da interação entre perigos climáticos (incluindo eventos e tendências), vulnerabilidade e exposição dos sistemas humanos e naturais (Figura 1).

Nesse contexto, torna-se importante mitigar os efeitos da mudança do clima por meio da forte redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e, ao mesmo tempo, adaptar a humanidade aos efeitos já em curso. Medidas de adaptação centram-se na moderação dos perigos climáticos nos sistemas humanos e naturais expostos e vulneráveis. Portanto, é a oportunidade para a construção de um futuro mais resiliente diante da emergência climática que se prenuncia, servindo para a gestão dos riscos físicos e para a proteção dos sistemas ambientais, sociais e financeiros.

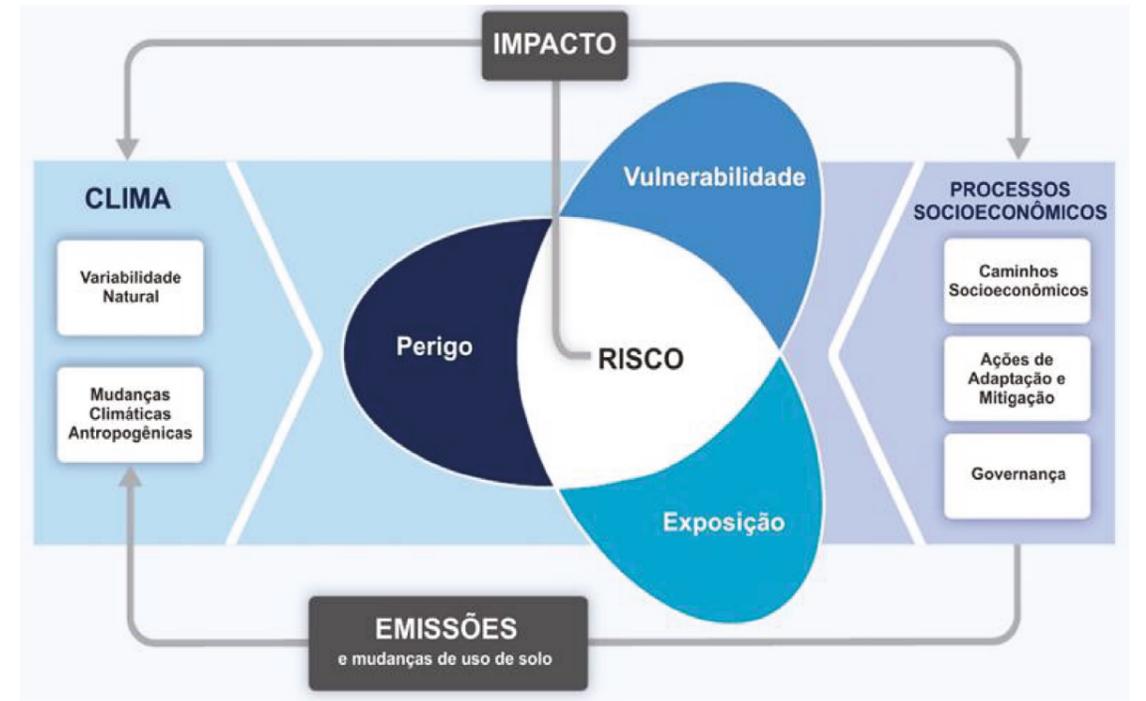
A colaboração brasileira para esse esforço mundial se materializa na mais recente Contribuição Nacional Determinada (NDC, na sigla em inglês), submetida à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC) em dezembro de 2020.

Do ponto de vista da adaptação, vale mencionar a publicação, em 2016, do Plano Nacional de Adaptação (PNA), cujo objetivo é promover a gestão e a redução do risco frente aos efeitos adversos da mudança do clima, de modo a aproveitar possíveis oportunidades, evitar perdas e danos, e construir instrumentos que permitam a adaptação dos sistemas naturais, humanos, produtivos e de infraestrutura. O PNA contém um conjunto de ações estruturantes para a agenda nacional, além de diretrizes e recomendações envolvendo 11 temas identificados como críticos à mudança do clima: agricultura, cidades, recursos hídricos, povos e populações vulneráveis, segurança alimentar e nutricional, biodiversidade e ecossistemas, gestão de risco aos desastres, indústria e mineração, infraestrutura, saúde e zonas costeiras (BRASIL, 2016).

O Governo do Estado do Rio de Janeiro integrou o enfrentamento da mudança do clima à sua agenda ao publicar a Política sobre Mudança do Clima e Desenvolvimento Sustentável (Lei Estadual nº 5.690, de 2010, atualizada pela Lei nº 9.072/2020). Esta norteia o Plano Estadual sobre Mudança do Clima, orienta a formulação de planos, programas e políticas, e define metas e ações restritivas, voluntárias ou de incentivo positivo. A finalidade é fomentar ações para antecipar e enfrentar os efeitos da mudança do clima, além de disciplinar as estratégias de adaptação.

Outra iniciativa se refere à assinatura do Regions-Adap, cujo objetivo é inspirar e apoiar os governos regionais a tomar medidas concretas e relatar ações relacionadas à adaptação ao clima. Impulsionado pelos governos do Rio de Janeiro e da Catalunha, o RegionsAdapt foi lançado na 21ª Convenção das Partes (COP 21), em Paris, e atualmente abrange mais de 71 regiões signatárias dos cinco continentes (REGIONS4, 2021).

Já em 2017, a então Secretaria Estadual do Ambiente (SEA), atual Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS), decidiu elaborar o Plano



Adaptação	Processo de ajuste aos efeitos do clima atual ou futuro. Em sistemas humanos, visa moderar o perigo ou explorar oportunidades, enquanto nos sistemas naturais a intervenção humana pode facilitar a adaptação.
Perigo	Potencial ocorrência de um evento físico natural ou induzido pelo homem ou uma tendência ou um impacto físico que possa causar perda de vida ou prejuízo ou outros impactos à saúde, assim como perdas e danos a propriedades, infraestruturas, meios de sobrevivência, prestação de serviços, ecossistemas e recursos naturais.
Exposição	Presença de pessoas, meios de subsistência, espécies ou ecossistemas, funções, serviços e recursos ambientais, infraestruturas ou bens econômicos, sociais ou culturais em locais que podem ser afetados adversamente.
Sensibilidade	Grau em que um sistema/espécie é afetado, negativamente ou beneficamente, pela variabilidade da mudança climática.
Capacidade adaptativa	Habilidade de um sistema, instituição, pessoas ou outros organismos de se ajustar a determinado dano, para aproveitar responder às consequências.
Vulnerabilidade	Propensão ou predisposição a ser adversamente afetado. Engloba uma variedade de conceitos e elementos, incluindo sensibilidade e suscetibilidade a danos e a ausência de capacidade de lidar e se adaptar.
Risco	Potência para consequência em que algo de valor esteja em questão e o resultado é incerto, reconhecendo a diversidade de valores. Normalmente, é representado como probabilidade de ocorrência de eventos perigosos ou tendências, multiplicada pelo impacto, caso ocorra.
Resiliência	Capacidade de um sistema social, econômico e/ou ambiental de lidar com um evento perigoso ou distúrbio, respondendo ou se reorganizando de forma a manter sua função essencial, identidade e estrutura, enquanto, também mantém a capacidade de adaptação, aprendendo e se transformando.

Figura 1 - Abordagem conceitual da avaliação de risco climático
Fonte: Elaborada pelos autores; adaptada de IPCC (2014b)

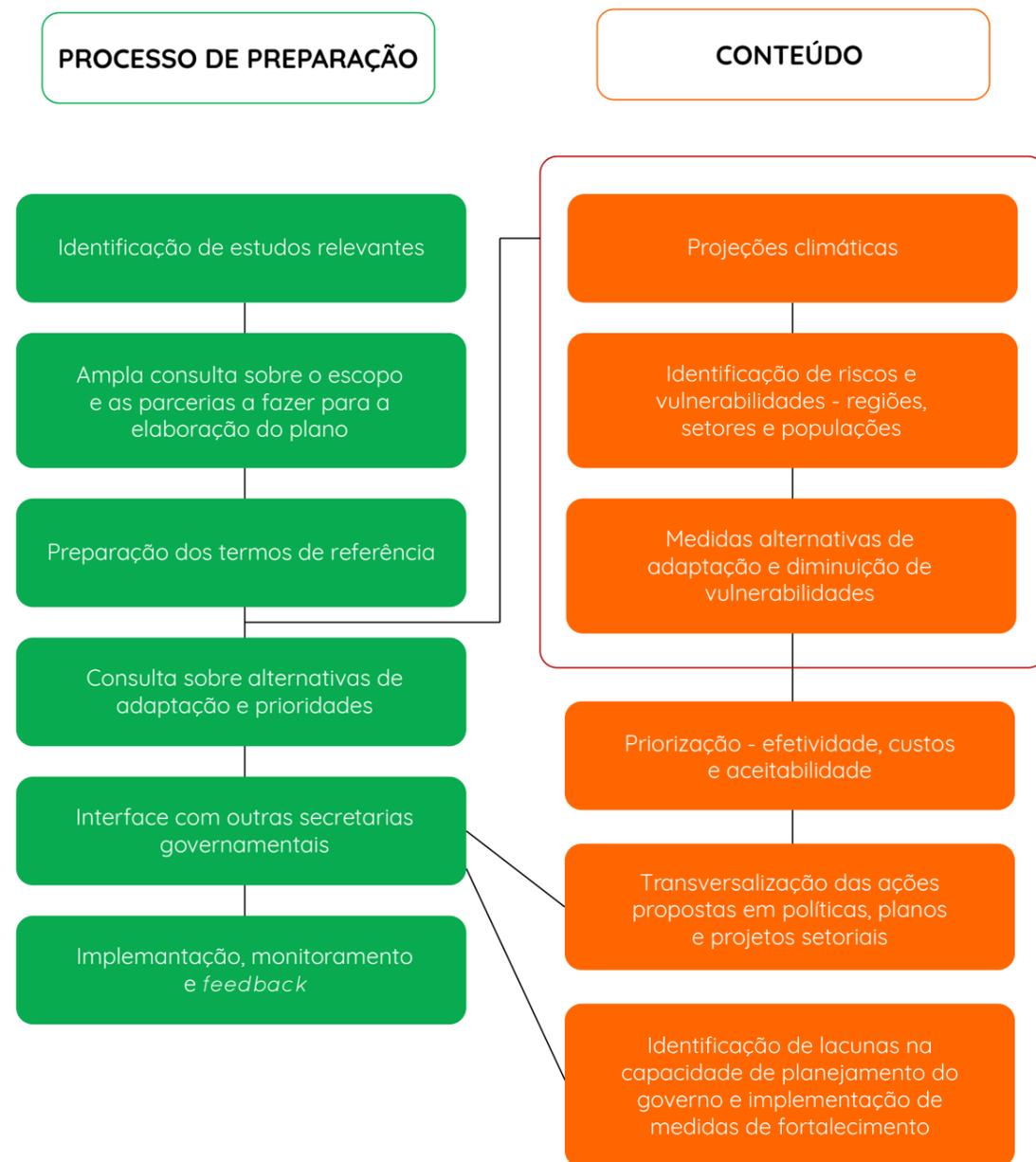


Figura 2 - Metodologia de preparação do Plano de Adaptação
Fonte: Margulis (2017)

Estadual de Adaptação às Mudanças Climáticas. Concluído em dezembro de 2018, o plano pode ser considerado o primeiro esforço para sistematização de dados, apresentação das informações disponíveis sobre o tema e indicação das principais vulnerabilidades. Para a sua elaboração, foi formada uma parceria reunindo técnicos do Instituto Internacional para a Sustentabilidade (IIS); do Instituto Alberto Luiz

Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (CO-PPE/UFRJ); do Instituto Militar de Engenharia (IME); e da Universidade Federal do Ceará (UFCE), em parceria com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), com o acompanhamento da Superintendência de Mudanças do Clima da SEA e dos técnicos do Instituto Estadual do Ambiente

(INEA). Trata-se, sem dúvida, de importante instrumento de apoio à tomada de decisão e definição de projetos e medidas concretas para aumentar a resiliência climática (MARGULIS & LA ROVERE, 2018). Desta forma, este artigo apresenta a síntese dos estudos realizados no âmbito do Plano Estadual de Adaptação às Mudanças Climáticas para os setores de Recursos Hídricos, Saúde da População, Drenagem Urbana, Escorregamento de Massa, Rodovias, Zona Costeira e Agenda Verde, os quais foram definidos pela SEA. Os estudos foram realizados tendo como base as projeções climáticas e a identificação de impactos.

2. Metodologia geral

O foco da metodologia se restringe aos seus aspectos técnicos e se baseia no guia metodológico publicado pela WWF-Brasil para elaboração de planos de adaptação climática para entes subnacionais (MARGULIS, 2017).

A Figura 2 mostra a etapa de preparação e o sequenciamento dos componentes técnicos, cujo primeiro passo é conhecer quais as mudanças do clima esperadas e, após, identificar os impactos esperados, ou o aumento dos impactos, e identificar as vulnerabilidades e riscos das regiões, dos setores, das populações e dos ecossistemas. Por fim, são propostas medidas de adaptação que buscam minimizar as vulnerabilidades e os efeitos dos impactos. Em função das especificidades dos setores, as metodologias são detalhadas para cada caso.

Quanto à priorização das medidas de adaptação propostas pela equipe técnica, demandaria que fossem feitas avaliações quantitativas de custos. Igualmente, a internalização (*mainstream*) das ações propostas demandaria interlocução com diferentes atores, assim como a identificação de lacunas de capacidade governamental, que exigiria um arcabouço institucional para a implementação do plano. Isso, entretanto, extrapola o escopo do estudo, que se propôs, nesta fase, apenas a informar sobre os riscos climáticos e os impactos potenciais a que está sujeito o Estado do Rio de Janeiro.

Em termos de processo, o estudo também não se propôs a fazer consultas aos diversos *stakeholders*. Esta é uma parte reconhecidamente fundamental para a elaboração e implementação de qualquer plano, mas demandaria um tempo muito maior que o permitido para a elaboração do produto final. Este foi, assim, o escopo acordado com a SEA/RJ, a base técnica de um Plano de Adaptação Climática que demanda, ainda, consultas aos setores econômicos, às populações locais, às instituições interessadas e com capacidade técnica, e aos demais setores do próprio governo do estado, que eventualmente liderariam as ações de adaptação nos níveis estadual e municipal.

3. Caracterização do Estado do Rio de Janeiro

3.1 Geografia física

O Estado do Rio de Janeiro apresenta feições geográficas especiais e diferenciadas em relação a outras unidades da Federação. O território, com aproximadamente 44 mil km², divide-se em uma região montanhosa, caracterizada pelas serras do Mar e da Mantiqueira, e em uma região de planícies fluviomarinhas e costeiras, por vezes permeadas de remanescentes de manguezais ou sistemas lagunares.

A costa brasileira sofre uma mudança brusca de alinhamento na região do Cabo de São Tomé e de Cabo Frio, com expressivo alargamento da plataforma continental e afastamento da Corrente do Brasil em relação à costa. O Rio Paraíba do Sul corre ao longo do estado, no vale formado entre a Serra do Mar e a da Mantiqueira, tendo sido um importante eixo econômico no tempo do Império.

Três grandes baías, da Guanabara, de Sepetiba e da Ilha Grande, compõem a caracterização da costa, desempenhando importante papel histórico desde o século XVI, por serem ambientes de abrigo para embarcações e locais de disputa entre portugueses e franceses. Hoje, abrigam portos, terminais marítimos, usinas geradoras de energia e a indústria de reparos navais, sendo, também, utilizadas para o turismo.

Desde a década de 1980, o Estado do Rio de Janeiro vem se destacando como polo produtor de petróleo, sediando o principal centro de apoio à indústria de óleo e gás no país. Com 17,4 milhões de habitantes, segundo estimativas de 2020 (IBGE), e a terceira maior renda per capita do país (R\$ 1.730,00), tem pouco mais da metade da população concentrada na Região Metropolitana.

É nesse complexo cenário físico, econômico e social que se pretende apresentar as vulnerabilidades e os impactos causados pela mudança do clima.

3.2 Clima

O clima do Rio de Janeiro apresenta variações significativas, distinguindo-se o clima Tropical Aw nas regiões mais baixas e planícies costeiras, e o Sub-tropical (Cfa, Cfb e Cwa) nas regiões serranas, por conta da altitude. No litoral, as temperaturas médias

são elevadas e se situam em torno de 24°C. No interior, principalmente nas áreas de maior altitude, as temperaturas são relativamente mais amenas, e os índices pluviométricos, mais elevados, variando entre 1.250 mm e 1.500 mm. Na vizinhança do Cabo Frio, porém, existe um microclima, com precipitação anual em torno de 1.000 mm, atingindo 40 mm mensais nos meses de inverno.

A sazonalidade climática é influenciada por fenômenos meteorológicos de escala planetária, como o *El Niño* e o *La Niña*, e, também, de escala sinótica, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que traz umidade da Região Amazônica em direção à Região Sudeste, e as frentes frias oriundas de latitudes mais altas. O inverno é, caracteristicamente, a estação seca.

Uma das mais importantes consequências da mudança do clima se refere a alterações no comportamento de eventos extremos, como altas tem-

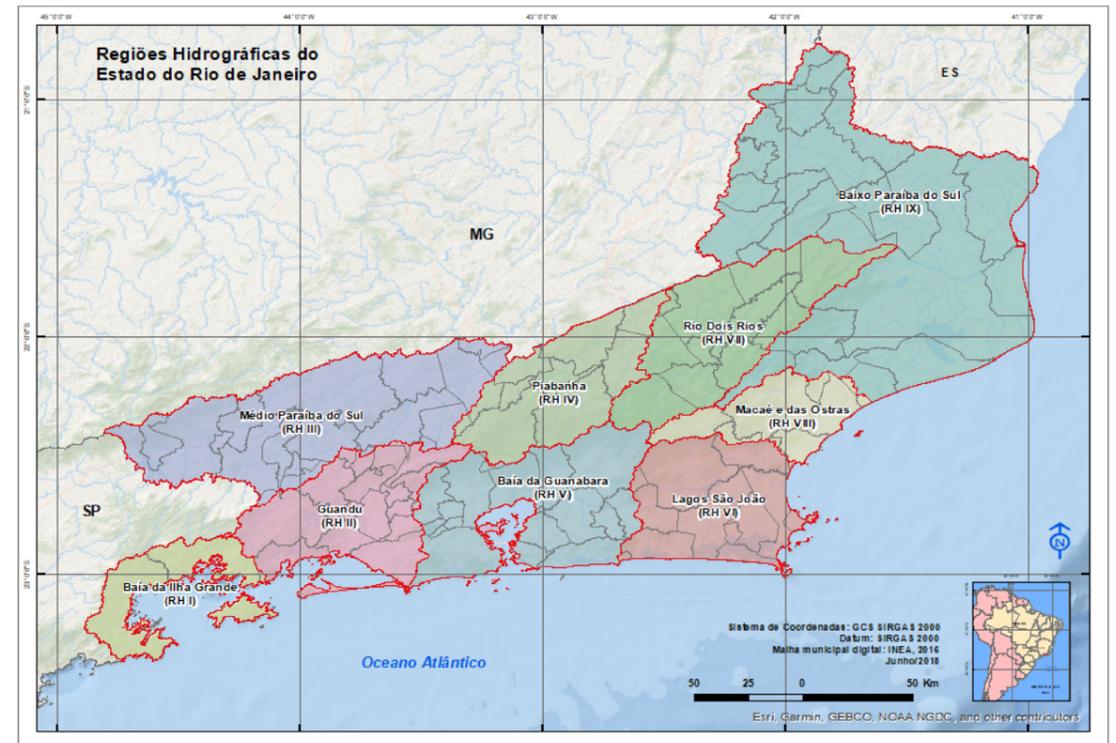


Figura 3 -Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro
Fonte: INEA (2018)

Quadro 1 - Histórico de eventos extremos de chuva no Estado do Rio de Janeiro

Município	Evento	Desastres associados a Eventos Pluviométricos
Rio de Janeiro	1988	80 mortes e mais de 1.700 notificações de ocorrências (19 dias ininterruptos de chuva)
Região Serrana e Baixada Fluminense	1988	277 mortos e 2.000 desabrigados em Petrópolis e municípios da Baixada Fluminense
Rio de Janeiro	1996 e 1997	Mais de 200 mortes
Niterói	2010	47 mortes e dezenas de casas soterradas por antigo lixão do Morro do Bumba
RMRJ	2010	Mais de 250 mortes
Angra dos Reis	2010	Soterramento de pousada e sete casas na Praia do Bananal
Região Serrana	2011	Maior desastre socioambiental do país, com registro de 916 mortes, 345 desaparecidos e 35 mil desabrigados. Municípios mais atingidos: Nova Friburgo, Teresópolis, Petrópolis, Sumidouro, São José do Vale do Rio Preto e Bom Jardim

Fonte: Margulis & La Rovere (2018)

peraturas, fortes chuvas, secas prolongadas e ciclones extratropicais de alta intensidade (MARENGO et al., 2007; WUEBBLES et al., 2017). Nobre & Marengo (2017) ressaltam que os extremos de chuva no Estado do Rio de Janeiro têm aumentado de frequência, resultando no número cada vez maior de enchentes e escorregamentos de encostas. Alguns desses eventos resultaram em impactos de grande magnitude para a população, ecossistemas, infraestruturas e serviços essenciais (Quadro 1).

Em 2014-2015, toda a Região Sudeste sofreu com uma seca extrema, que afetou o setor agrícola, os sistemas de geração de energia hidrelétrica e o abastecimento de água (SOBRAL et al., 2018). Há, também, registros de ressacas expressivas no litoral fluminense (2015, 2016, 2018, 2020), seguidas pela erosão de praias e destruição de várias benfeitorias.

3.3 Recursos hídricos

O Estado do Rio de Janeiro é dividido em nove Unidades Estaduais de Planejamento e Gestão dos

Recursos Hídricos, ou Regiões Hidrográficas (RHs) (Figura 3), cada qual com características próprias de relevo. São três setores, a saber: (i) Vale do Rio Paraíba do Sul, delimitado pelas serras da Mantiqueira e Serra do Mar, que atua como divisor central de águas e se estende desde o litoral de Paraty (RH I - Baía da Ilha Grande) até o município de São Fidélis (RH VII - Macaé e das Ostras e RH IX - Baixo Paraíba do Sul); (ii) planícies costeiras a sul e sudeste das escarpas da Serra do Mar, com colinas, maciços isolados, lagunas, planícies fluviais e fluvio-marinhas - Baixada Fluminense (RH V - Baía da Guanabara) e Região dos Lagos (RH VI - Lagos São João); - e (iii) Baixada Campista (RH IX - Baixo Paraíba do Sul).

Cada RH apresenta um perfil distinto de estrutura de demandas, sendo a indústria e o abastecimento humano os setores que exercem maior pressão sobre os recursos hídricos, respondendo, juntos, por 86% da demanda total. A RH II (Guandu) concentra o maior polo industrial, apresentando elevado potencial poluidor, ao passo que na RH IV (Piabanha) e na

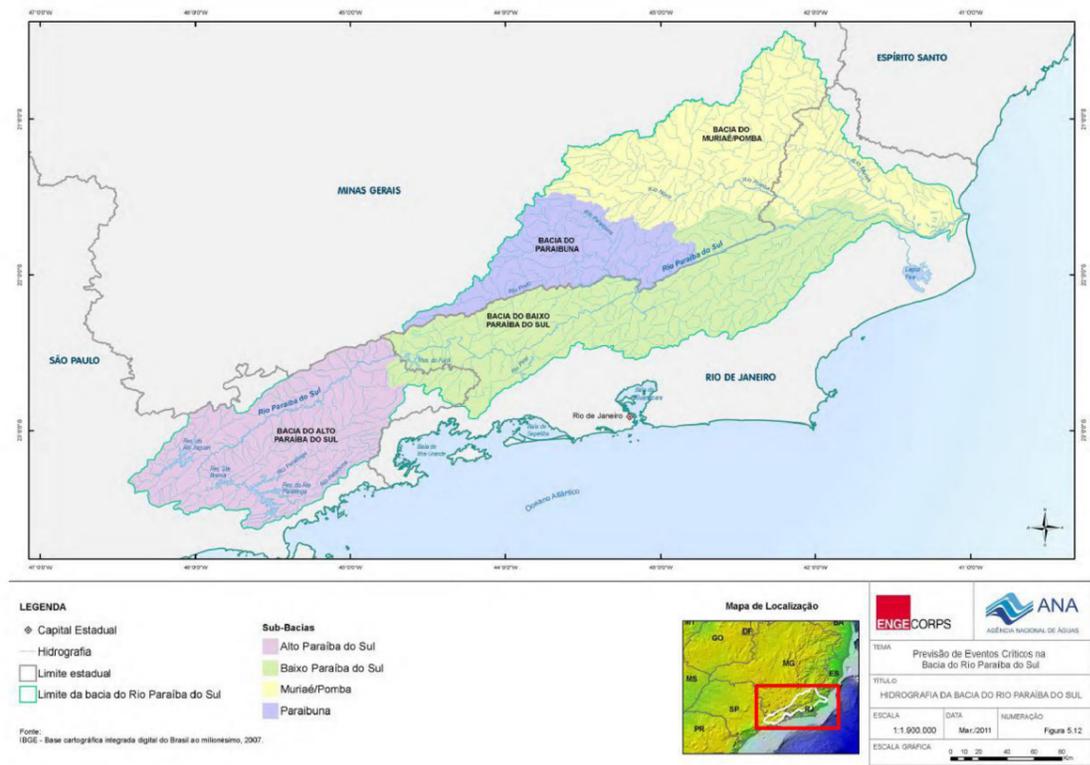


Figura 4 - Hidrografia da bacia do Rio Paraíba do Sul
Fonte: ANA(2021)

RH IX (Baixo Paraíba do Sul), aqui em razão da presença de extensas plantações de cana-de-açúcar, a maior demanda hídrica está associada ao setor agrícola. A RH V (Baía da Guanabara) abrange a maior parte da Região Metropolitana, mas o principal vetor de crescimento está na RH II (Guandu), que também concentra elevada demanda para a geração de energia termelétrica.

Dentre todas as bacias hidrográficas, destaca-se a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, que se espalha pela RH II (Guandu), RH III (Médio Paraíba do Sul) e RH IX (Baixo Paraíba do Sul) (Figura 4). Por abranger os estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais, apresenta elevada complexidade física, política e institucional, englobando 57 dos 92 municípios do estado e 75% da população fluminense. Ao longo do Rio Paraíba do Sul, existem quatro reservatórios de regularização hídrica - Paraibuna/Paraitinga, Santa Branca, Jaguarí e Funil - que garantem a afluência adequada para a operação do reservatório de Santa Cecília, onde se efetiva a transposição de águas para a bacia do Rio

Guandu, que abastece a Região Metropolitana. O referido rio é, em particular, o principal manancial de abastecimento humano no Rio de Janeiro.

3.4 Saúde da população

A saúde humana também é sensível à mudança do clima. A população mais vulnerável a eventos extremos, via de regra, será a mesma que já é vulnerável a enfermidades causadas ou agravadas por condições sociais desfavoráveis, saneamento inexistente ou precário e carência no atendimento à saúde, assim como no acesso a serviços públicos, educação e infraestrutura.

Os efeitos da mudança do clima na ocorrência de doenças infecciosas são indiretos, uma vez que o mecanismo de desenvolvimento é mediado diretamente por fatores de ordem ambiental e social. A ampliação da variação da temperatura e a ocorrência de eventos extremos previstos nos cenários climáticos contribuem para a expansão de doenças transmitidas por vetores sensíveis ao clima. Existem, porém,

os efeitos diretos do clima sobre a saúde, como, por exemplo, as doenças relacionadas à elevação da temperatura (ondas de calor) e à associação entre condições climáticas e poluição atmosférica.

Para tentar entender melhor como a mudança do clima pode afetar os municípios do Estado do Rio de Janeiro, em 2014 a Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) elaborou o *Mapa de Vulnerabilidade do Estado do Rio de Janeiro*. O objetivo foi comparar os 92 municípios fluminenses quanto à vulnerabilidade de suas respectivas populações, principalmente, à ocorrência de doenças zoonóticas em função de associações entre a ecologia de vetores transmissores de doenças e potenciais mudanças climáticas (BARATA et al., 2015). Foram utilizados três indicadores de morbidade (dengue, leptospirose e leishmaniose), cuja transmissão e persistência são influenciadas pelo regime de chuvas ou de estiagens, pela temperatura e por outros fenômenos relacionados ao clima. Foram considerados o número de casos, a incidência acumulada e a respectiva tendência. Outro indicador selecionado foi a ocorrência de diarreia em crianças com menos de 5 anos, o que envolveu a avaliação do total de óbitos, da taxa de mortalidade e da tendência em cada município. Todas as doenças estão presentes de forma endêmico-epidêmica no estado.

Entre os resultados, vale destacar que a Região Metropolitana apresentou os mais altos índices para as doenças consideradas, com especial menção para dengue, leptospirose e diarreia em crianças com menos de 5 anos. A Região Serrana apresentou o mais alto índice para leishmaniose tegumentar americana (LTA); e a Noroeste Fluminense, para leptospirose. Os mais baixos índices foram associados à dengue e diarreia, na Região Serrana; LTA, no Noroeste Fluminense; e leptospirose, na Região das Baixadas Litorâneas.

3.5 Drenagem urbana

A avaliação do comportamento da drenagem urbana face à variabilidade do clima requer que sejam investigados o relevo e a cobertura do solo. As camadas superiores do solo irão determinar o tipo de cobertura vegetal que irá se fixar e, conseqüentemente, o balanço hídrico. Além disso, influem na determina-

ção da estabilidade do terreno o transporte de sedimentos e de poluição difusa em direção aos corpos hídricos (rios, lagoas, lagoas). Tais camadas interferem nos processos de infiltração e vazão superficial da chuva que atinge o solo, formando escoamentos, com retenção e acúmulo de água nos lençóis subterrâneos e na superfície. Portanto, a alteração da cobertura do solo, especialmente a impermeabilização decorrente do processo de urbanização, é o principal agente antrópico na intensificação das inundações fluviais e alagamentos urbanos.

A urbanização muitas vezes avança pela supressão da cobertura vegetal, ocupa a calha secundária dos rios, impermeabiliza grandes superfícies, inclusive em encostas, ocupa áreas potencialmente alagáveis e realiza intervenções físicas nos cursos d'água. Em consequência, reduz-se a infiltração e a evapotranspiração, e aumentam o volume e a velocidade dos escoamentos superficiais. As inundações são agravadas pela expansão de assentamentos ilegais, inadequação das redes de drenagem e presença de lixo nas redes de drenagem e rios.

As manchas urbanas retratam o processo de crescimento das cidades, onde os principais aglomerados urbanos estão próximos ao mar e/ou corpos hídricos notáveis, como o caso dos municípios do Rio de Janeiro e Niterói, voltados para a Baía de Guanabara; Santa Cruz, Sepetiba e Itaguaí, voltados para a Baía de Sepetiba; Araruama, Saquarema e Iguaba Grande, voltadas para a Lagoa de Araruama; e Resende, Barra Mansa, Campos dos Goytacazes, entre outros, nas margens do Rio Paraíba do Sul.

Por outro lado, segundo a Base de Dados Geoespaciais do INEA (Monitoramento do Uso do Solo), em 2018 aproximadamente 59% do território fluminense encontrava-se nas categorias "pastagem" e "agricultura" (INEA, 2021), o que representa um conjunto de terras com potencial de introdução de medidas estruturais e não estruturais em drenagem, tais como reflorestamento, zoneamento estratégico para fins hidrológicos e novos processos de urbanização.

3.6 Escorregamento de massa

Na cidade do Rio de Janeiro, há inúmeros locais com elevada densidade populacional e suscetibilidade a escorregamento de massa, em especial nas en-

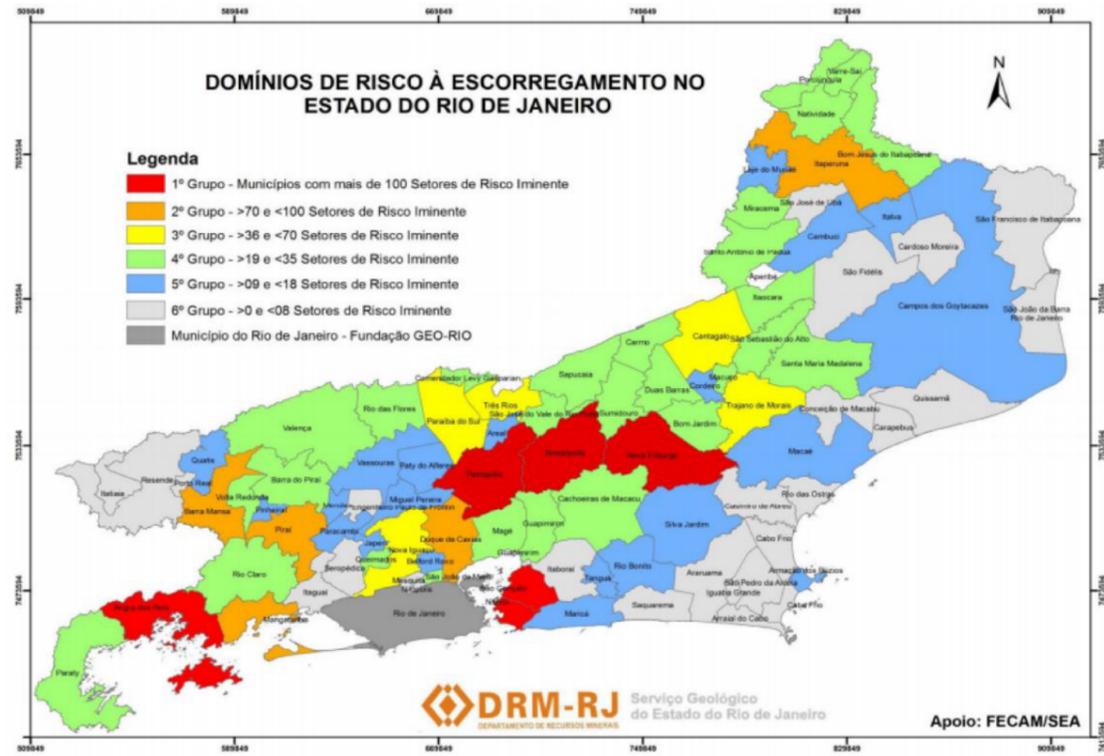


Figura 5 - Domínios de risco iminente a escorregamento no Estado do Rio de Janeiro
Fonte: DRM-RJ (2014)

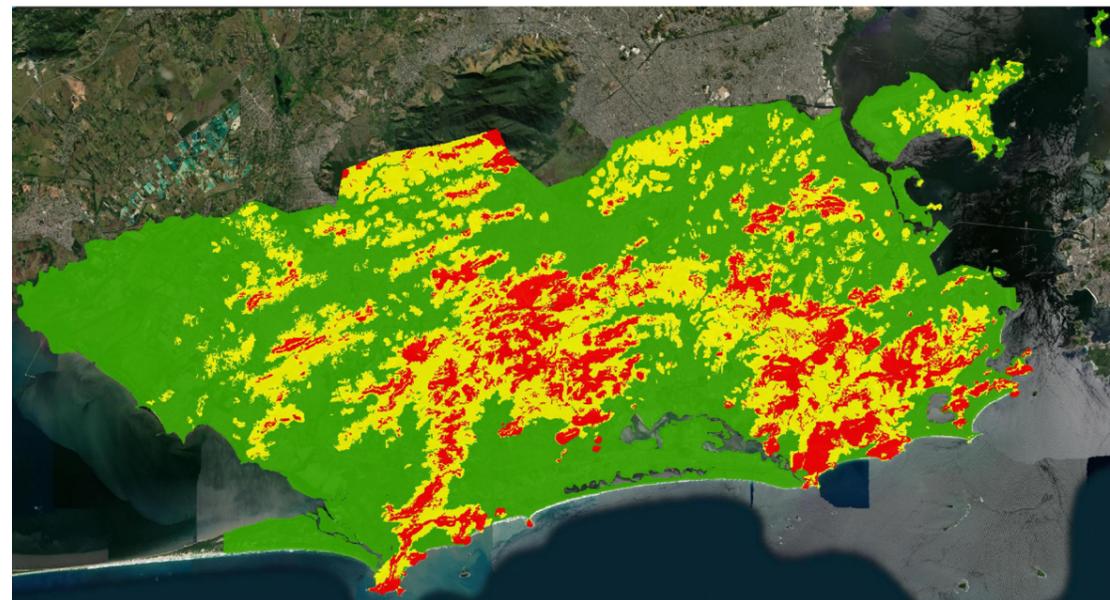


Figura 6 - Mapa de suscetibilidade a escorregamento de massa da cidade do Rio de Janeiro
Verde: Baixa; Amarelo: Média; Vermelho: Alta.
Fonte: GEO-RIO (2014)

costas, onde a população que vive em condições de risco tem crescido de modo acelerado. Em encostas urbanizadas, onde há abastecimento por água encaçada, porém, sem coleta de esgoto, a infiltração de água no solo as torna suscetíveis à instabilidade por ocasião de chuva, mesmo que não excepcional em termos de volume.

O processo de urbanização ocorreu de forma intensa e desigual, sendo que a parte menos favorecida da população ocupa áreas inadequadas para moradias, muitas vezes sob risco de morte em decorrência da ausência de controle do poder municipal ou em consequência de planos diretores inadequados quanto ao uso do solo. Entre 2010 e 2013, o DRM-RJ (2014) efetuou levantamentos de áreas com possibilidade iminente de deslizamento (Figura 5) em 75 dos 92 municípios do estado. Ao todo, foram identificados 2.519 pontos sob risco iminente, reunindo 10.755 residências e 44.109 pessoas.

No sentido de melhor caracterizar e/ou reduzir diretamente o risco de acidentes associados a movimentos de massa, a cidade do Rio de Janeiro (Figura 6) e o município de Angra dos Reis elaboraram mapas de suscetibilidade a escorregamentos, que possibilitam identificar imóveis e comunidades em áreas de alto risco. Na capital, cerca de 30% dos 1,2 mil km²

vistoriados estão nessa categoria, ao passo que, em Angra dos Reis, aproximadamente 33% da população reside em áreas de alta e muito alta suscetibilidade a escorregamentos.

O mapeamento permite estabelecer ações de preparação dos moradores e implantação do Sistema de Alarme por Sirenes. Níveis críticos de pluviosidade prováveis de deflagrar movimentos de massa são monitorados pela rede de 33 estações pluviométricas espalhadas por todas as regiões da cidade do Rio de Janeiro, porém, com maior concentração no maciço da Tijuca. Encontram-se instaladas 163 sirenes em 105 comunidades na capital, além de outras 445 no interior (GEO-RIO, 2014).

3.7 Rodovias

A economia nacional, e, em particular, a fluminense, baseia-se no transporte por rodovias. Em 2019, havia no estado cerca de 2.600 km de rodovias, somadas as federais, as estaduais e as municipais, valor correspondente a apenas 4,15% do total até então instalado na Região Sudeste (62.520 km) (CNT, 2019).

O estado de conservação, a qualidade do pavimento e a manutenção continuada da malha rodoviária influenciam diretamente a segurança, os custos e a eficiência energética do transporte, com

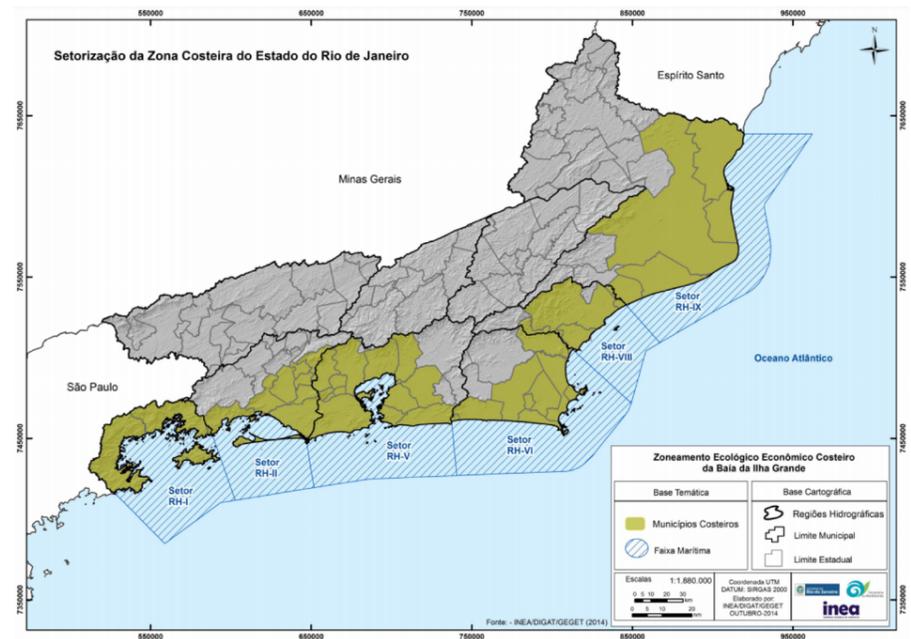


Figura 7 - Divisão territorial para o Zoneamento Ecológico-Econômico da Zona Costeira do Estado do Rio de Janeiro
Fonte: Inea (2018)

reflexos, também, no meio ambiente e na saúde da população. Dada a predominância do modal rodoviário na matriz de transporte nacional, o aperfeiçoamento dessa infraestrutura deve ser ação prioritária com vistas à melhoria do desempenho da movimentação de cargas e de passageiros e à geração de ganhos ambientais, sociais e econômicos. O perfil da infraestrutura rodoviária estadual, avaliada pelo CNT (2019), contribui, potencialmente, para o aumento do risco de acidentes e pela demanda de elevados investimentos em manutenção, restauração e reconstrução.

Cabe salientar que a infraestrutura rodoviária é vulnerável à mudança do clima, pois é construída com base em parâmetros de segurança que incorporam as condições climáticas. As principais causas de interrupção dos serviços de transporte de bens e passageiros dizem respeito a problemas decorrentes da interação entre o pavimento e a temperatura do ar, bem como de falhas no sistema de drenagem, associadas à escassez ou excesso de chuva, que

acarretam danos nas camadas de base rodoviária, conforme relatado em Margulis & La Rovere (2018). Escorregamento em encostas e de material dos taludes marginais são fontes de preocupação adicionais, por ocasião de chuvas fortes e/ou de longa duração.

3.8. Zona Costeira

A Zona Costeira Fluminense (ZCFlu) é composta por 34 municípios, abrangendo, aproximadamente, 17.500 km² ou cerca de 40% da área do estado. Possui cerca 1.200 km lineares, considerando o contorno de ilhas e baías. As feições geomorfológicas costeiras são bastante diversificadas e incluem baías, estuário de rio federal, lagunas, ilhas oceânicas, praias arenosas, costões rochosos, falésias vivas, serras e relevo acidentado junto ao mar. Importantes e ricos biomas marinhos, como manguezais, bancos de coral e ecossistemas estuarinos, também são encontrados na costa fluminense, muitos deles ameaçados pela extensiva urbanização e ocupação da Zona Costeira.

Quadro 2 - Ventos impactantes sobre os ambientes costeiros fluminenses					
Efeito climático	Ambientes naturais				
	Praias	Baixadas	Rios	Lagunas	Baías
Elevação do nível do mar	Erosão	Inundação	Afogamento do vale	Transbordamento	Inundação
Maré meteorológica	Erosão	Inundação	Intrusão salina Remanso	Transbordamento	Inundação
Ondas	Recuo da praia Inundação da orla Danos à estrutura	-	-	-	Agitação em portos Ressonância em marinas
Temperatura do ar	-	-	-	Qualidade do ar	-
Vento	Transporte de areia	-	-	Transbordamento	Inundação Geração de ondas Navegação Portos e marinas
Precipitação	-	Inundação	Inundação	Transbordamento Assoreamento	-

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Considerando aspectos físicos e econômicos, a ZC-Flu foi compartimentada em seis setores pelo INEA para fins de gestão territorial, de acordo com o Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro (ZEEC-RJ) (Figura 7).

O Estado do Rio de Janeiro apresenta a maior concentração humana na Zona Costeira do Brasil e o maior grau de exposição a eventos de origem oceânica, atmosférica e geológica associados a condições meteorológicas extremas. Em 2010, a ZCFlu concentrava 80% da população estadual, responsável por 81% do PIB estadual (IBGE, 2010), sendo que, em 2015, esse percentual se elevou para 94% (IBGE, 2015). De fato, a atividade econômica é intensa, pois conta com a presença de portos e terminais marítimos, bases navais e militares, usinas termoelétricas (incluindo o Complexo de Usinas Nucleares Almirante Álvaro Alberto), indústria de petróleo e gás, agricultura e aquicultura, pesca, turismo, patrimônio histórico e artístico. Tal diversidade de atividades humanas torna a Zona Costeira fluminense uma das mais ricas do país e, também, uma das mais vulneráveis à mudança do clima.

Existem graves problemas na Zona Costeira, resultado de décadas de planejamento inadequado,

omissão do poder público, desconhecimento sobre a dinâmica natural do ambiente, falta de monitoramento e projeto ou execução inadequada de obras civis próximas à orla. As mudanças do clima afetam a Zona Costeira em diversos aspectos (Quadro 2), talvez mais sérios do que a elevação eustática do nível do mar (aumento do volume de água dos oceanos): esperam-se alterações no clima de ondas, no regime de ventos, na formação de ciclones extratropicais e eventuais furacões, na elevação transitória do nível do mar por efeitos meteorológicos e no padrão de precipitação (IPCC 2014b). Cada um desses fenômenos traz consequências para os ambientes naturais costeiros e para a ocupação ou uso desses ambientes pela sociedade fluminense. Por efeitos de elevação do nível do mar (eustático e maré meteorológica), estima-se que apenas na Região Metropolitana o patrimônio em risco se situe entre R\$ 56 e 84 bilhões (valores de 2007) (MARGULIS & DUBEUX, 2010).

O Plano de Adaptação (MARGULIS & LA ROVERE, 2018) apresenta a avaliação das vulnerabilidades, da exposição e dos potenciais impactos em cada município costeiro fluminense, para o leitor que desejar se aprofundar no assunto.

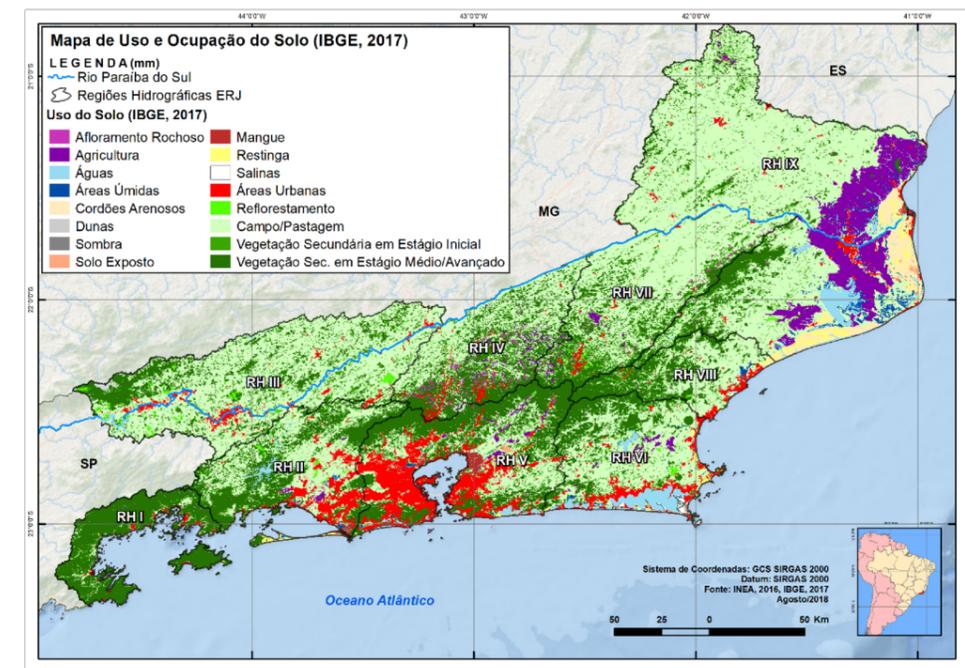


Figura 8 - Mapa de uso e ocupação do solo
Fonte: Margulis & La Rovere (2018)

3.9 Agenda Verde

A Agenda Verde se refere à proteção e restauração de ecossistemas, mitigação da perda ou deterioração dos sistemas de suporte da vida natural, gestão diante de desastres naturais e prevenção da degradação dos recursos naturais. A inclusão da produção agropecuária na Agenda Verde é, da mesma forma, essencial para endereçar os desafios de sustentabilidade.

O Estado do Rio de Janeiro abriga grande diversidade faunística e florística, com muitas espécies endêmicas, sendo, portanto, especialmente sensível à mudança do clima. A paisagem, porém, foi profundamente alterada após consecutivos ciclos econômicos, que resultaram na drástica redução e fragmentação da vegetação nativa de Mata Atlântica, da qual restam apenas 28%, segundo dados de 2018 do INEA.

Em relação à agropecuária, estima-se que menos de 7% do território fluminense seja destinado à agricultura, segundo a base de dados do INEA. Apesar da pouca área, salienta-se a alta diversidade de culturas, especialmente na Região Metropolitana. Atualmente, a cana-de-açúcar apresenta a maior área de cultivo, concentrada na Região Norte. Outro cultivo de relevante interesse é o do café arábica, com produção concentrada na Região Noroeste Fluminense e Região Serrana.

O espaço rural fluminense está vivendo um processo de profunda transformação, em que pese a redução das áreas destinadas à produção agrícola. Segundo Vidal & Vicens (2020), entre 2008 e 2017 foi verificada alta redução, da ordem

de 80%, na taxa de crescimento da área de cultivos temporários e permanentes. Por outro lado, a agricultura orgânica vem crescendo, trazendo a diversificação da produção. Com relação às pastagens, ressalta-se a baixa produtividade e o elevado grau de degradação.

A mudança do clima pode acarretar impactos mais significativos, particularmente nos campos de altitude e em restingas e manguezais, os quais representam a menor parcela da vegetação nativa, além de estarem expostos a condições de clima mais extremas.

4. Cenarização do clima

Os resultados do estudo do clima futuro apresentados no Plano de Adaptação serviram de base para as análises setoriais conduzidas pelas demais equipes do trabalho.

No presente estudo, foram utilizados os modelos climáticos regionais Eta/HadGEM2-ES e Eta/MIROC5, com resolução espacial de 5 km (grade regular), disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Tais modelos, que integram um conjunto de quatro disponibilizados, são capazes de reproduzir o clima presente e, sobretudo, apresentar projeções até o final do presente século.

Na escala de 5 km, os modelos regionais são úteis para avaliar potenciais impactos do clima futuro e avaliar a correspondente vulnerabilidade de sistemas humanos, naturais e econômicos. Os modelos regionais, cumpre ressaltar, derivam de ajustes realizados em modelos de grade regular de 100 km ou mais, denominados, por conta dessa baixa resolução espacial,

Quadro 3 - Comportamento dos Caminhos Representativos de Emissões (RCP)

Cenário	Característica	Consequência
RCP 4.5	- Estabilização da forçante radiativa em 4,5 W/m ² após 2100 - Aproximadamente 650 ppm CO ₂ eq	- Aquecimento da superfície da Terra entre 1,1 e 2,6°C - Elevação do nível dos oceanos entre 32 e 63cm
RCP 8.5	- Forçante radiativa de 8,5 W/m ² até 2100 - Aproximadamente 1370 ppm CO ₂ eq	- Aquecimento da superfície da Terra entre 2,6 e 24,8°C - Elevação do nível dos oceanos entre 45 e 82cm

Fonte: Adaptado de Souza (2017)

Quadro 4 - Índices de extremo de temperatura do ar e precipitação pluviométrica avaliados

Índice	Descrição	Unidade de medida
CDD	Número máximo de dias secos consecutivos por ano (precipitação diária < 1mm)	dias
PRCPTOT	Precipitação anual total	mm
RX1day	Precipitação máxima anual em um dia	mm
Temp7dias	Média da temperatura dos sete dias consecutivos mais quentes do ano	°C
TNn	Menor temperatura mínima anual	°C
TMAXmean	Temperatura média máxima anual	°C
TMINmean	Temperatura média mínima anual	°C
WSDI	Número máximo de dias consecutivos no ano com TX > percentil 90	dias

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Quadro 5 - Tendências anuais dos índices de extremos do clima (médias absolutas)

Índice de extremo	ETA/MIROC5			ETA/HadGEM2-ES		
	1961-1990	2041-2070		1961-1990	2041-2070	
		RCP 4.5	RCP 8.5		RCP 4.5	RCP 8.5
CDD	↘	↗	↗	↘	↗	↗
PRCPTOT	↗	↘	↘	↗	↘	↘
RX1day	↗	↗	↗	↗	↘	↘
TNn	↗	↗	↗	↗	↗	↗
Temp7 dias	↗	↗	↗	↗	↗	↗
TMAXmean	↗	↗	↗	↗	↗	↗
TMINmean	↗	↗	↗	↗	↗	↗
WSDI	↗	↗	↗	↗	↗	↗

Legenda:

Sem tendência
Tendência não significativa de aumento
Tendência significativa de aumento
Tendência não significativa de redução
Tendência significativa de redução

ST	---
TnSA	↗
TSA	↗
TnSR	↘
TSR	↘

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

de “globais”. A redução da escala global ao nível regional tem sido realizada pelo INPE com base no *down-scaling* dinâmico (CHOU et al., 2014).

Na avaliação do clima futuro, também são considerados os *Representative Concentration Pathways* (RCP), ou Caminhos Representativos de Emissões, adotados a partir do Quinto Relatório do IPCC, que exprimem a provável concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera até o final do século. O RCP 8.5 é o mais pessimista, comparativamente ao RCP 4.5, conforme pode ser depreendido do Quadro 3. Para a avaliação da magnitude e sinal da mudança do clima entre o presente e o futuro, foram adotados os períodos de integração 1961-1990 (presente ou *baseline*) e 2041-2070.

Em uma primeira etapa do trabalho, foram avaliados os estudos técnicos mais recentes disponíveis na literatura científica para o território fluminense. Dentre os poucos que tratam do tema, cabe mencionar aqueles conduzidos por Dereczynski et al. (2013) e Silva et al. (2014), que investigaram o comportamento do clima futuro do ponto de vista de um amplo conjunto de índices de extremos relacionados à temperatura do ar e à precipitação pluviométrica. Os autores utilizaram os modelos Eta/HadGEM2-ES e Eta/MIROC5 e os cenários RCP 4.5 e 8.5.

Uma importante contribuição ao tema deriva dos trabalhos de Barata & Confalonieri et al. (2015), que avaliaram o comportamento do clima futuro utilizando as variáveis temperatura e precipitação. Os modelos regionais e cenários de emissão foram os mesmos utilizados pelos citados autores em 2013 e 2014. Porém, os pesquisadores avaliaram a vulnerabilidade da população para cada um dos 92 municípios fluminenses. Entretanto, todos os estudos convergem no sentido de que, via de regra, o clima futuro poderá ser mais quente e menos úmido.

Por esse motivo, este estudo focou na avaliação do comportamento de índices de extremo do clima, conforme apresentado no Quadro 4. Foram investigados cinco índices para a variável precipitação pluviométrica (CDD, PRCPTOT e RX1day) e outros cinco para a temperatura do ar (Temp7dias T_N T_{MAX}mean T_{MIN}mean WSDI). Os resultados comparativos dos dois modelos numéricos são mostrados no Quadro 5.

Em ambos os cenários de emissão do modelo Eta/MIROC5, foram constatadas anomalias climáticas médias positivas com relação aos índices de extremos de temperatura, com prevalência de tendência de aumento não significativa no RCP 4.5 e significativa no RCP 8.5. Para o índice WSDI, as projeções apontam para aumento no cenário RCP 8.5, que representa maior emissão de GEE, e redução no RCP 4.5. Assim, para esse modelo, as projeções apontam para um clima mais quente, via de regra. Com relação à precipitação, as tendências são de redução para o acumulado anual de chuvas (PRCPTOT), em ambos os RCP, e de redução significativa para acumulados de chuva em 24 horas (RX1day), no RCP 8.5. Dias secos consecutivos (CDD) tendem a aumentar em ambos os cenários, ainda que com tendência não significativa. Desse modo, é projetado um clima mais seco até 2070.

O modelo Eta/HadGEM2-ES, via de regra, projeta clima mais quente e seco do que o Eta/MIROC5. Há, de modo geral, tendência de aumento dos índices de temperatura, em especial com relação à temperatura média máxima (T_{MAX}mean) e temperatura média mínima (T_{MIN}mean). As diferenças percentuais são particularmente maiores para anomalias de T_{MIN}mean e menores para T_{MAX}mean, o que significa dizer que poderá haver redução da amplitude térmica diária, com a elevação generalizada da temperatura. Dias quentes consecutivos (WSDI) tenderão a aumentar significativamente até 2070. Para a precipitação, especificamente para PRCPTOT e RX1day, é projetada redução estatisticamente significativa para ambos os cenários de emissão, além de um aumento dos dias secos consecutivos. Portanto, assim como no Eta/MIROC5, no Eta/HadGEM2-ES é projetado um clima mais quente e com menores volumes de chuva.

5. Perspectivas da mudança do clima nos setores avaliados

5.1 Recursos hídricos

A mudança do clima representa um desafio para a gestão de recursos hídricos, pois afeta o ciclo hidrológico e, conseqüentemente, a demanda de diversos se-

tores, em especial no que se refere ao abastecimento humano, à agricultura e ao consumo de energia.

A metodologia utilizada, que classifica o clima com base nas condições hídricas, foi desenvolvida em quatro frentes, a saber: (i) análise do clima presente; (ii) análise comparativa da temperatura do ar e precipitação pluviométrica para os cenários RCP 4.5 e 8.5; (iii) seleção dos dados de temperatura, precipitação, insolação, umidade e vazão de estações meteorológicas em nove sub-bacias do Rio Paraíba do Sul, para calibração dos parâmetros do modelo hidrológico, e estimativa da evapotranspiração potencial para projeção das vazões; e (iv) utilização do modelo de balanço hídrico vertical para as nove RHs.

Por conta da importância dos recursos hídricos na vida das pessoas, nos setores econômicos e nos ecossistemas, é fundamental entender como a mudança do clima poderá impactar os recursos hídricos no futuro. No presente estudo, o objetivo principal foi a geração de informações sobre os po-

tenciais impactos nas bacias do estado, com especial ênfase nas vazões do Rio Paraíba do Sul.

Os potenciais impactos do clima futuro nas vazões da bacia do Rio Paraíba do Sul e demais bacias podem ser assim resumidos:

- Para 2011-2040, é esperada redução nas vazões médias anuais na bacia do Paraíba do Sul, divergindo apenas em magnitude, conforme o cenário de emissão e modelo climático, especialmente na região a jusante de Santa Cecília.
- As regiões RH IX (Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana) e RH VIII (Macaé e das Ostras) se tornarão menos úmidas.
- É preciso considerar as medidas de adaptação ao clima presente como prioritárias. Nesse sentido, o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro (PERHI-RJ) cita a necessidade de ampliação imediata dos sistemas de abastecimento nas regiões RH I, RH II, RH III, RH V e RH IX (Figura 9), com destaque para o problema de qualidade de água associado à diluição de esgotos nas RH II e RH V.

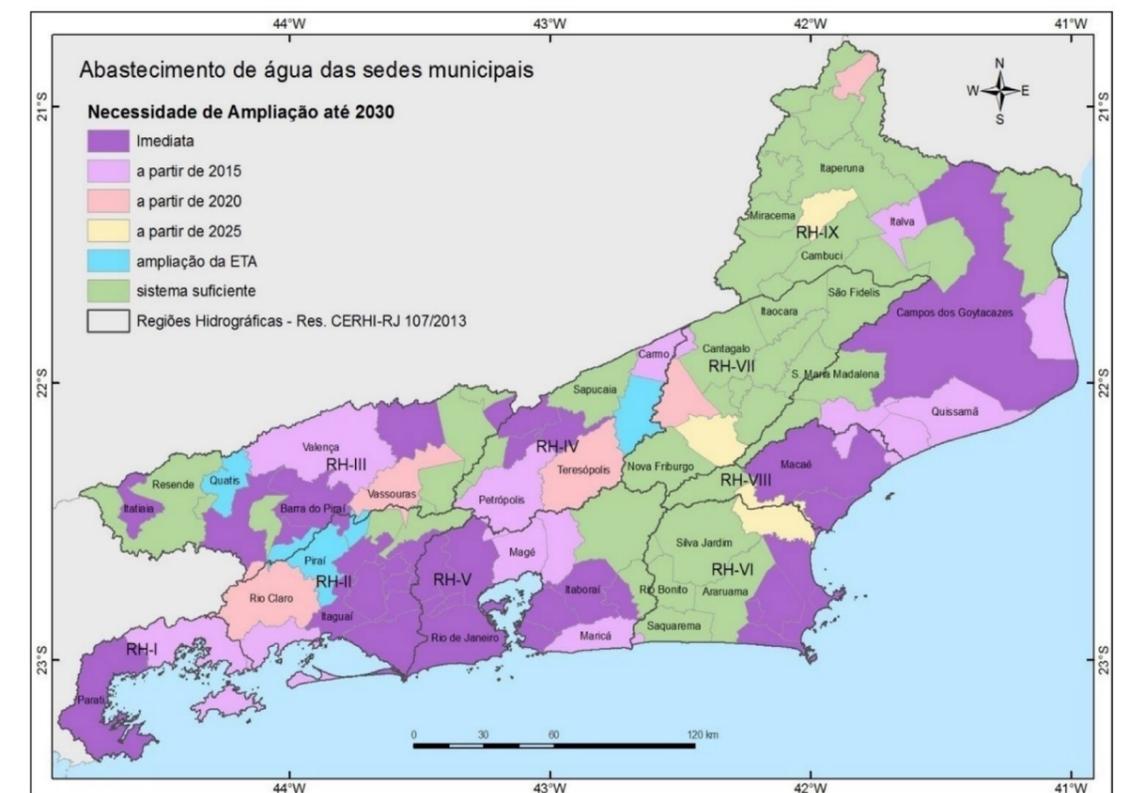


Figura 9 - Necessidade de ampliação dos sistemas de abastecimento de água das sedes municipais para demandas até 2030
Fonte: PERHI-RJ (INEA, 2014)

- A mudança do clima associada ao crescimento da demanda pode intensificar as crises hídricas e causar novos conflitos, como o ocorrido no período de 2013 a 2015, entre Rio de Janeiro e São Paulo.

Devido à variabilidade do clima em múltiplas escalas temporais e àquela decorrente das alterações no uso e ocupação nas bacias, o Estado do Rio de Janeiro se encontra em estágio de adaptação insuficiente à variabilidade hidrológica existente.

5.2. Saúde da população

Existem três caminhos básicos pelos quais a mudança do clima afeta a saúde humana (CONFALONIERI & MARINHO, 2007):

- Impactos diretos, que se relacionam principalmente com mudanças na frequência de clima extremo, incluindo calor, secas e chuvas fortes;
- Efeitos mediados por sistemas naturais, como, por exemplo, vetores de doenças, doenças transmitidas pela água e poluição do ar;
- Efeitos fortemente mediados por sistemas humanos, como, por exemplo, impactos ocupacionais, desnutrição e estresse mental.

Foram identificados dois grupos de doenças potencialmente afetadas pela mudança do clima: doenças fisiológicas (cardiovasculares e respiratórias), decorrentes de efeitos diretos de eventos climáticos extremos; e doenças zoonóticas (dengue, leptospirose, leishmaniose), cujo comportamento está associado indiretamente a alterações nos ecossistemas naturais e ciclos biogeoquímicos.

Alguns estudos buscaram medir os efeitos de alterações de variáveis do clima na incidência de doenças fisiológicas, morbidade e mortalidade entre diferentes grupos:

- Estudos de morbidade relacionada à temperatura relatam aumentos de casos devido a doenças cardiovasculares, respiratórias e renais, e o impacto tem sido relacionado à duração e intensidade do calor.
- A elevação da temperatura tende a aumentar a mortalidade por doenças zoonóticas e do sistema circulatório e a reduzir as doenças do aparelho respiratório.
- O aumento na frequência de episódios de picos de temperatura (dias muito frios ou muito quentes)

impacta principalmente as crianças abaixo de 5 anos e idosos acima de 65, além dos mais pobres.

- Das doenças zoonóticas ligadas ao clima, a dengue é uma das mais disseminadas e conhecidas e, também, uma das enfermidades cujos principais vetores (*Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*) são sensíveis ao clima.
 - A incidência de dengue aumenta em períodos de temperaturas quentes e em períodos de chuvas, mas condições extremas de temperatura e pluviosidade a diminuem.
 - A leptospirose, cuja transmissão ocorre pela água contaminada pela urina de roedores, está associada ao aumento de pluviosidade e inundações.
- Qualquer estratégia de adaptação ao clima deve se submeter ao contexto do setor e tomar, como ponto de partida, as condições e dificuldades existentes. Isto quer dizer que as recomendações de adaptação, do ponto de vista da saúde da população fluminense, começam pela melhoria do quadro geral do setor e da capacidade de atendimento à população.

5.3. Drenagem urbana

A mudança do clima têm potencial para afetar os sistemas de drenagem de três formas distintas (MARGULIS & LA ROVERE, 2018): (i) por meio do aumento da intensidade dos eventos de chuva intensa; (ii) pela sobrelevação do nível do mar; e (iii) através da ocorrência de estiagens mais prolongadas. Tais estressores climáticos desencadeiam uma série de impactos negativos que pode atingir a totalidade dos sistemas urbanos, assim potencializados por problemas inerentes ao próprio sistema de drenagem e às condições de uso e ocupação do solo. Assim sendo, o aumento na impermeabilização do solo concorre para o maior número de eventos de inundação, cujos impactos são exacerbados pela inadequação dos sistemas de drenagem. Eventualmente, a drenagem pode ser prejudicada pela elevação transiente do nível do mar (maré meteorológica e astronômica), afogando galerias pluviais.

Com o objetivo de organizar os padrões de escoamento gerados pelas chuvas em áreas urbanas, são construídos sistemas artificiais de: (i) microdrenagem, responsável pela drenagem das menores parcelas urbanas, como lotes, quadras, ruas, parques; e (ii) ma-

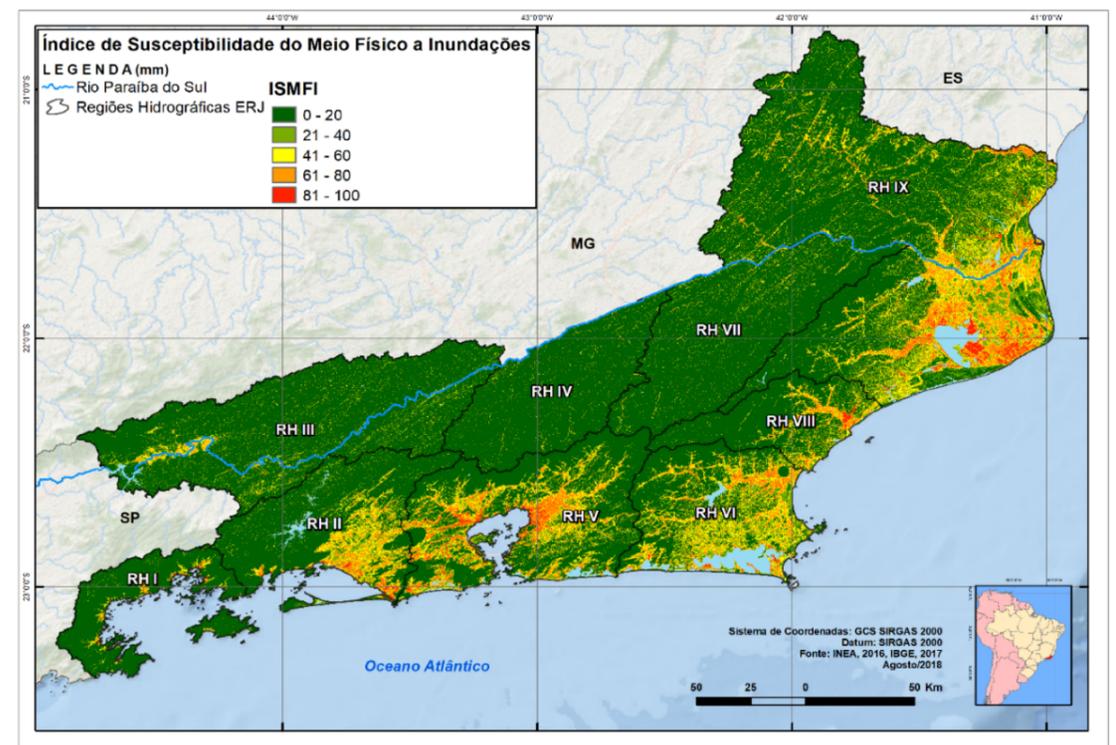


Figura 10 - Mapa de suscetibilidade à inundação - Situação atual
Fonte: Margulis & La Rovere (2018)

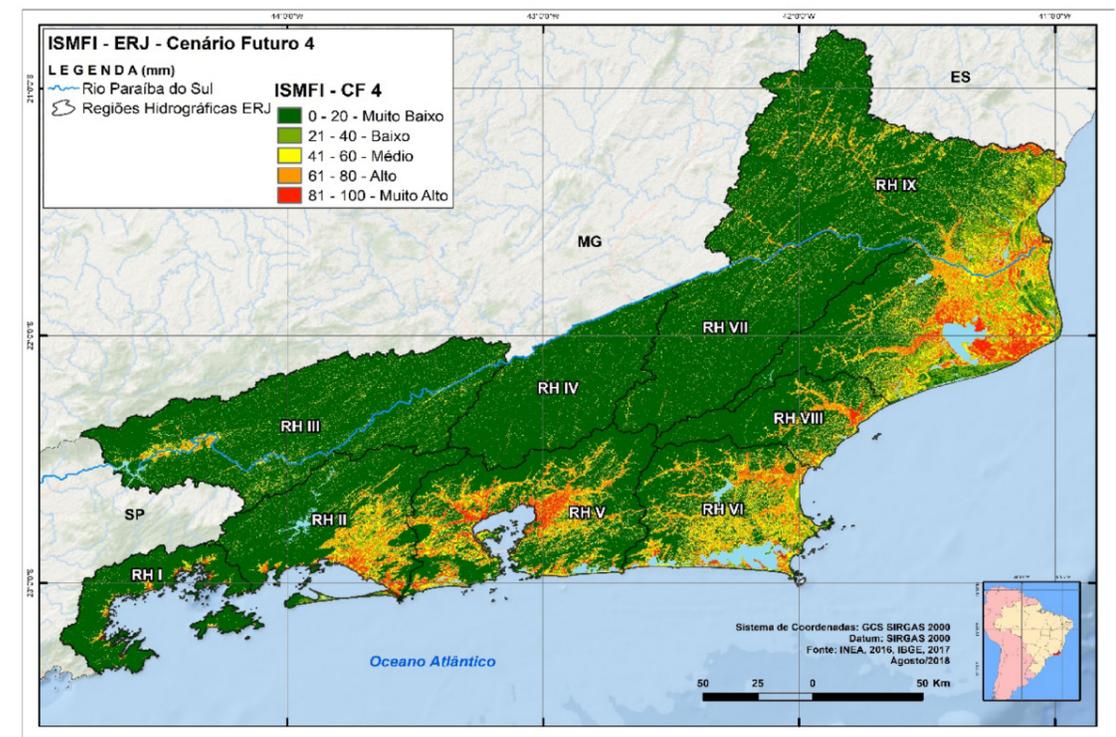


Figura 11 - Mapa de suscetibilidade à inundação - Cenário Futuro 4
Fonte: Margulis & La Rovere (2018)

crodragem, que atua na escala da bacia e é caracterizada tanto por elementos naturais da paisagem, como os cursos d'água e talvegues, quanto por intervenções antrópicas, a exemplo de canais artificiais e condutos de grande porte. A falha de um ou ambos os sistemas pode levar a drenagem ao colapso, paralisando, parcialmente ou por completo, serviços essenciais. No entanto, em função de receber a contribuição da microdrenagem, a macrodrenagem possui maior risco associado a eventuais falhas.

Neste estudo, a análise dos impactos potenciais da mudança do clima foi realizada em duas escalas: (i) para todo o território estadual, considerando as áreas com maior propensão a sofrer alagamentos; e (ii) para bacias isoladas, onde foram simulados eventos de cheia para avaliação das consequências sob um evento hidrológico potencializado pela mudança do clima.

A avaliação qualitativa das áreas mais propensas a inundações se baseou na aplicação do Índice de Suscetibilidade do Meio Físico a Inundações (ISMFI), desenvolvido no Laboratório de Hidráulica Computacional da COPPE/UFRJ (LA ROVERE & SOUSA, 2016; MIRANDA, 2016). Foram elaborados mapas de suscetibilidade para a situação atual sob cinco cenários: (i) Clima atual; (ii) Futuro 1, com sobre-elevação do nível do mar; (iii) Futuro 2, com sobre-elevação do nível do mar e aumento de 20% na intensidade de chuva; (iv) Futuro 3, com sobre-elevação do nível do mar e aumento de 30% na intensidade de chuva; e (v) Futuro 4, com sobre-elevação do nível do mar e aumento de 40% na intensidade de chuva. Os mapas de suscetibilidade (Figuras 10 e 11) mostram a Situação Atual e o Cenário Futuro 4, respectivamente.

A avaliação local foi realizada na bacia do canal do Mangue, zona central da cidade do Rio de Janeiro (RH V) altamente urbanizada e ponto de comunicação focal entre vários bairros. A bacia apresenta alta vulnerabilidade aos estressores do clima, devido à exposição aos níveis de maré da Baía de Guanabara e à conformação geomorfológica, caracterizada pela alta declividade nas cabeceiras e pela grande planície de inundação. As simulações indicaram aumento nas áreas inundadas para eventos com 25 anos de tempo de recorrência.

Dentre os resultados mais relevantes do estudo, destacou-se o fato de que grande parte do território estadual apresenta muito baixa e baixa suscetibilidade a inundações, ultrapassando 70% em todos os cenários. A população que vive nas áreas com baixa suscetibilidade não é muito impactada com a mudança do clima, mas pode estar sujeita a outros perigos, como enxurradas e deslizamentos. As regiões hidrográficas mais afetadas são as com maior porção territorial em planícies de baixada, com grande concentração populacional. O pior caso é o da Baixada de Sepetiba (RH II), enquanto a Baixada Fluminense, na Região Metropolitana (RH V), não se mostrou tão impactada. Em sub-bacias hidrográficas, os estudos indicam que o estado apresenta situação grave dos sistemas de drenagem, sendo que a condição atual das cidades já configura desafio à gestão do risco de inundações, a qual, em um cenário de mudança do clima, tende a se agravar por ocasião de chuvas intensas.

As ferramentas de mapeamento do meio físico e modelagem hidrodinâmica das cheias forneceram subsídios para o planejamento das 39 bacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro e permitiram aprimorar os mecanismos de gestão do risco de inundações frente à mudança do clima, pois apresentam uma análise espacial da evolução da área e da população em faixas de suscetibilidade, tanto no cenário atual quanto no futuro.

5.4. Escorregamento de massa

Os impactos da mudança do clima estão associados a intervenções desordenadas que podem levar a alterações nas condições de drenagem e geometrias do talude, além de sobrecargas nas encostas, constituindo-se, dessa forma, num dos principais fatores favorecedores de escorregamentos de massa em regiões urbanas. Em zonas rurais, o desmatamento é a principal ação de desequilíbrio de taludes, levando à formação de voçorocas, interrupção de estradas e transporte de sedimentos para várzeas, rios e reservatórios. O leitor interessado pode obter informações adicionais em Margulis e La Rovere (2018).

O estudo para avaliar e identificar as expectativas de movimentos de massa nas encostas sob con-

dições de precipitação no futuro apoiou-se em estudos prévios desenvolvidos para três regiões (cidade do Rio de Janeiro, Angra dos Reis e Região Serrana), que podem ser consideradas como as mais críticas do estado. As seguintes atividades foram realizadas:

- Utilização de mapas de suscetibilidade e risco da GEO-RIO (cidade do Rio de Janeiro), COPPE/IGEO (Angra dos Reis) e DRM (Região Serrana).
- Características geológicas, geomorfológicas, geotécnica e de ocupação e comportamento (resposta) a chuvas que resultaram em escorregamento (correlações chuva/deslizamento) na cidade do Rio de Janeiro e Região Serrana.
- Verificação qualitativa de semelhanças dessas com as demais regiões do Estado do Rio de Janeiro, buscando definir macrorregiões com comportamentos similares.
- Utilização de simulações computacionais dos eventos pluviométricos, baseadas nos cenários de emissão dos modelos climáticos do INPE, para 2041-2070.
- Cotejamento das condições pluviométricas futuras com as observadas nos estudos anteriores, verificando se as condições futuras atingirão os limiares associados a movimentos de massa.
- Extrapolação dos resultados para as macrorregiões.

Considerando o cenário RCP 8.5 do Eta/MIROC5, dependendo do município, foram verificados incrementos da ordem de 9 a 22% na incidência de novos escorregamentos de massa, sendo os maiores valores associados à Região Serrana, Norte, Noroeste Fluminense e Vale do Paraíba. Por outro lado, o cenário RCP 8.5 do Eta/HadGEM2-ES indica valores de pluviosidade inferiores aos níveis históricos em todas as regiões e, conseqüentemente, uma expectativa de diminuição no número de novos escorregamentos.

Deve-se destacar que, independentemente do cenário de emissões, a expansão da ocupação humana nas encostas e o desmatamento dos morros poderão exacerbar o problema e suas consequências. Assim, a deterioração das encostas pode levar a que áreas atualmente menos susceptíveis se tornem problemáticas, mesmo considerando chuvas menos intensas.

5.5. Rodovias

O estudo teve como objetivo avaliar a vulnerabilidade das rodovias aos potenciais efeitos da mudança do clima. Para isso, foi elaborado o Índice de Vulnerabilidade de Infraestrutura Rodoviária (IVIR) para as rodovias estaduais e federais. Ao todo, foram analisados 548 trechos rodoviários da malha estadual e 251 pertencentes à malha federal.

A vulnerabilidade foi determinada em sete etapas: (i) caracterização da malha rodoviária federal e estadual; (ii) identificação dos impactos; (iii) definição das variáveis climáticas; (iv) identificação dos *hotspots* climáticos; (v) definição da exposição da infraestrutura; (vi) definição de critérios para a avaliação da vulnerabilidade; e (vii) cálculo do IVIR.

A malha rodoviária federal foi caracterizada do ponto de vista de aspectos administrativos, locacional e do Volume Médio Diário (VMD) de tráfego, assim como das seguintes condições técnicas: tipo de superfície asfáltica, estado da pavimentação, geometria e sinalização, todos indicadores amplamente adotados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) para a caracterização de rodovias (BRASIL, 2006). Para as rodovias estaduais, a caracterização levou em consideração apenas o estado da pavimentação, com base na experiência dos autores e em pesquisa na internet, uma vez que dados georreferenciados não estavam disponíveis à época do estudo.

As variáveis do clima avaliadas foram temperatura do ar e precipitação pluviométrica, considerando a sua relevância com relação ao comportamento dos pavimentos asfálticos mais utilizados em rodovias do Brasil e os padrões construtivos de dispositivos de drenagem sob condições de clima adverso. Estabeleceram-se, ainda, os limites de tolerância a níveis extremos de temperatura do ar, a partir dos quais podem ocorrer danos à integridade física do pavimento, com comprometimento da funcionalidade e das condições de operação rodoviárias. Com relação à precipitação, foram identificadas regiões onde os dispositivos de drenagem existentes poderiam ser adversamente afetados sob condições de chuvas extremas. Sobre a avaliação da sensibilidade do pavimento asfáltico, foram feitas adaptações metodológicas para a realidade dos pavimentos mais usados no Brasil, tendo

por referência o estudo de Roberts et al. (1996). Com relação ao sistema de drenagem, a metodologia se baseou no trabalho de Brasil (2006).

De maneira geral, pode-se dizer que uma elevação de grande magnitude pode provocar inundações e danos na estrutura do pavimento. Por outro lado, uma redução significativa pode provocar obstrução de tais dispositivos, dada a menor capacidade de garantir sua autolimpeza, provocando inundação por falta de manutenção adequada por ocasião de chuvas.

As regiões onde determinados níveis de temperatura e precipitação do clima futuro ultrapassam os limiares críticos de resistência da infraestrutura rodoviária foram consideradas *hotspots* para efeito dessa avaliação. Em relação à malha federal, 22,3% dos trechos foram classificados como de baixa vulnerabilidade, 70,1% como de média e apenas 7,6% como de alta vulnerabilidade. Sobre a malha estadual, os resultados indicam que apenas 1,5% e 2,2% dos trechos apresentam baixa e média vulnerabilidade, respectivamente, enquanto 96,3% podem ser considerados altamente vulneráveis ao clima futuro. É razoável supor, portanto, que os trechos rodoviários avaliados serão gravemente afetados pelos potenciais efeitos da mudança do clima. Apesar de estar em situação mais favorável, a malha federal não garante uma posição de conforto, tendo em vista que a maior parte dos trechos rodoviários se encontra no intervalo de média vulnerabilidade.

Ainda que a ausência de dados tenha imposto restrições à avaliação da vulnerabilidade das rodovias, os resultados apresentados apontam para a possível necessidade de intervenções de cunho político e de engenharia e gestão nas diferentes regiões, pois diferentes graus de vulnerabilidade requerem distintas ações.

5.6. Zona Costeira

Na Zona Costeira, os problemas estão associados à interação entre os agentes naturais e econômicos com o meio ambiente, o que inclui:

- Morfologias naturais: praias, falésias, restingas, lagunas, embocaduras, estuários e rios;
- Biomas aquáticos e terrestres: manguezais, bancos de corais, restingas, Mata Atlântica e seus ecossistemas associados;

- Relevo natural: planícies, morros e serras;
- Urbanização: estradas, benfeitorias na orla, prédios comerciais e moradia;
- Serviços básicos: energia, abastecimento de água, gás, saneamento e comunicação;
- Atividades econômicas: turismo, exploração de petróleo e gás, geração de energia, portos, transporte marítimo, estradas de ferro, rodovias, pesca, aquicultura, agricultura por irrigação, pecuária, mineração de areia, de conchas e de saibro, produção de sal.

Os impactos estariam associados aos seguintes agentes naturais:

- Ondas: podem ser geradas por vento sobre os grandes espelhos d'água fluminenses (baías, lagoas) ou podem vir do oceano com altura, período e direção variáveis, como consequência da mudança do clima;
 - Nível do Mar Eustático: os valores previstos são da ordem de dezenas de centímetros, em prazo relativamente longo, comparativamente pequenos em relação a variações dinâmicas;
 - Nível do Mar Dinâmico: considera-se tanto a maré meteorológica (resposta do nível do mar à ação do vento e à pressão atmosférica) quanto a astronômica (resposta do nível do mar à atração do Sol e da Lua), atingindo centenas de centímetros, inundando túneis e galerias subterrâneas, e infiltrando o lençol freático;
 - Ventos: ação sobre todas as atividades econômicas - como, por exemplo, o acidente com guindaste no Terminal de Itaguai e o navio que abalroou um pilar da Ponte Rio-Niterói -, além de tombamento de árvores, deslocamento de telhados, semáforos, chapas metálicas e esquadrias de alumínio;
 - Precipitação intensa: problemas de drenagem, afogamento das redes de drenagem e inundação de galerias e túneis subterrâneos (em caso de falta de energia);
 - Outras formas de precipitação: granizo e tromba d'água;
 - Temperatura: variação da temperatura do mar com formação de nevoeiro, temperaturas elevadas no continente e formação de ilhas de calor modificando a circulação atmosférica.
- À exceção da elevação do nível do mar eustático, existem dificuldades para associar os demais agentes



Figura 12 - Praia da Macumba, cidade do Rio de Janeiro
Foto: C.F. Neves (18/08/2017 e 23/07/2007)

aos cenários de emissão do IPCC, pois ainda faltam ferramentas computacionais para relacionar o cenário macroscópico climatológico (em escala planetária) com os eventos costeiros em escala local ou regional. Na verdade, os modelos climáticos globais amortecem necessariamente os eventos extremos, posto que o objetivo é delinear um padrão, em vez de um evento particular. Tais modelos podem indicar uma tendência à formação de ciclones mais intensos, porém não são ferramentas adequadas para prever um ciclone específico e, por conseguinte, as respostas do oceano (correntes, ondas, nível do mar, maré meteorológica) a tal evento meteorológico.

No caso do Estado do Rio de Janeiro, ao se tratar de mudança do clima, há obrigatoriamente que se considerar as diversas etapas da exploração de petróleo no mar (prospecção, produção, transporte e refino). Ondas com alturas de 15 m e períodos de 18 s e ventos com velocidade da ordem de 120 km/h são condições cada vez mais frequentes no Atlântico Sul, desde a ocorrência do Furacão Catarina, em 2004, conforme relatado pela agência espacial americana

(NASA, na sigla em inglês) (2004, 2010). Em levantamento envolvendo a cidade do Rio de Janeiro, identificaram-se ressacas excepcionais nos anos de 1853, 1913, 1963, 2013, 2015, sugerindo tempos de recorrência longos, da ordem de 50 anos (LA ROVERE & SOUSA, 2016). Em 2017, uma nova ressaca causou danos consideráveis à infraestrutura e a equipamentos urbanos na orla do município (Figura 12).

Diversas consequências associadas a ressacas, chuvas intensas e ventos fortes foram relacionadas. Atualmente, impõe-se uma visão sistêmica para a evolução da Zona Costeira, onde diferentes fatores contribuem. A resposta ideal de adaptação seria aquela que integrasse diversos agentes, naturais e antrópicos, que respeitasse os interesses econômicos, sociais e culturais, que conciliasse todos esses fatores com a dinâmica ambiental, contemplando a resiliência do meio ambiente em questão. Com este objetivo, inicialmente foi feita uma comparação entre as ações e legislações sobre gerenciamento costeiro, incluindo o Projeto Orla, nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo,

Quadro 6 - Exemplo de atividades na Zona Costeira que demandam estratégia específica de adaptação

Estratégias para:	Setor ou Tema										
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Aquicultura / maricultura	✓	✓					✓				✓
Adaptação de culturas à salinidade	✓							✓			✓
Reflorestamento com manguezais	✓	✓			✓						✓
Building with Nature + ZC		✓	✓			✓			✓		✓
Rotas de fuga			✓	✓		✓					✓
Pontos de reunião			✓	✓			✓				✓
Mapeamento de inundação costeira			✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓
Fornecimento de água e de energia			✓	✓	✓	✓		✓			✓
Areia para recuperação de praias			✓	✓	✓	✓					✓
Minérios não ferrosos no ZEE			✓		✓						✓
Transporte aquaviário e portos			✓			✓					✓
Pesca artesanal		✓				✓	✓			✓	✓
Aquíferos costeiros		✓	✓			✓	✓	✓	✓		✓
Redes de drenagem pluvial		✓	✓	✓		✓		✓	✓		✓
Efluentes industriais em estuários e mar		✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓

Legenda:

- | | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| (I) Agricultura | (V) Indústria e Mineração | (IX) Saúde |
| (II) Biodiversidade e Ecossistemas | (VI) Infraestrutura | (X) Segurança Alimentar e Nutricional |
| (III) Cidades | (VII) Povos e Populações Vulneráveis | (XI) Zona Costeira |
| (IV) Gestão de Risco de Desastres | (VIII) Recursos Hídricos | |

Fonte: PNAMC (2016)

Santa Catarina, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Espírito Santo e Paraná.

A seguir, analisou-se o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNAMC 2016), buscando relacionar os onze temas propostos com as ações ou atividades (correntes, potenciais ou futuras) identificadas no Estado do Rio de Janeiro (Quadro 6). Percebe-se neste Quadro a complexidade da Zona Costeira e como os diversos temas se interligam e influenciam a maioria das atividades costeiras.

A pesquisa sobre o estado corrente da costa fluminense foi conduzida para 29 municípios, a saber: São Francisco de Itabapoana, São Joao da Barra, Campos dos Goytacazes, Quissamã, Carapebus, Macaé, Rio das Ostras, Casemiro de Abreu, Armação dos Búzios, Cabo Frio, Arraial do Cabo, São Pedro da Aldeia, Iguaba Grande, Araruama, Saquarema, Maricá, Niterói,

São Gonçalo, Itaboraí, Guapimirim, Magé, Nova Iguaçu, Duque de Caxias, São Joao de Meriti, Rio de Janeiro, Itaguaí, Mangaratiba, Angra dos Reis e Paraty. Buscaram-se informações na mídia impressa (jornais da capital e locais), na internet, nos sites das prefeituras, em imagens de satélite, em entrevistas com moradores locais, além das informações existentes em bases de dados de organismos estaduais. Estas informações foram complementadas com visitas a alguns locais e consultas ao banco de imagens e de bibliografia do Projeto Litoral Rio, compilado desde a década de 1990 (NEVES : VALENTINI, 1993; NEVES : MUEHE, 2008).

O presente estudo buscou, em todos os municípios e no estado, evidências de embasamento legal, de ações políticas, de organização administrativa, de participação da sociedade e de conhecimento sobre a dinâmica ambiental. Compôs-se um quadro complexo que deveria

Quadro 7 - Extrato de anamnese fotográfica de municípios costeiros fluminenses

São Francisco de Itabapoana



- Ocupação urbana demasiadamente junto à orla. https://www.ferias.tur.br/thumbnailcli/17216/900/500/g_1010838_553247798057909_945545447_n.jpg
- Praia a Sul da foz do rio Itabapoana; observa-se linha da formação Barreiras afastada da orla; planície e cordão de duna frontais foram escavados na década de 1990, retirando-se grandes quantidades de areia (Projeto Litoral Rio).
- Falésia viva em Punta Buena; erosão pode ser acompanhada desde a década de 1950.
- Praia de Guaxindiba, delta do Paraíba do Sul.
- Parque eólico em Gargaú, a Norte da foz do rio Paraíba do Sul. Opção de geração de energia em substituição à receita do petróleo. <https://3004itinerante.wordpress.com/2014/11/28/conhecendo-campos-dos-goytacazes/>

São João da Barra



- Destruição progressiva do pontal de Atafona desde a década de 1980, cujas causas podem ser atribuídas a mudanças hidrológicas causadas por aproveitamentos hídricos diversos na bacia, retirada de areia em e a jusante de Campos, acomodação do terreno na região da foz, evolução hidrosedimentológica da foz, entre outras.
- Manguezais na foz do rio Paraíba do Sul.
- Praia de Grussaí, delta do Paraíba do Sul, 10 km a Sul de Atafona. Neste local houve acréscimo da praia da ordem de 200 m conforme avaliação na década de 1990 (Projeto Litoral Rio).
- Porto de Açú.
- Praia do Açú: estrada foi construída sobre o cordão de dunas, ficando vulnerável a variações do nível do mar ou às condições de ondas.
- Praia do Açú: processo erosivo tem sido associado à construção do porto do Açú, contudo no próprio local do porto não se verifica qualquer processo de acúmulo ou de erosão de praia.

Campos dos Goytacazes



- Cidade de Campos dos Goytacazes: grandes obras de saneamento foram projetadas e construídas na Baixada Campista para evitar os efeitos das enchentes do rio Paraíba do Sul. Diques e canais com comportas foram construídos, drenando, na margem direita, em direção à Lagoa Feia.
- Canal Campos-Macaé em Campos: construído em 1844-1872, com 109 km de extensão para dar vazão à produção de açúcar da região, que era transportado até Macaé e embarcado do porto de Imbetiba para o Rio de Janeiro e Niterói.
- Lagoa Feia: com espelho d'água de 335 km² avaliado por Saturnino de Brito em 1928, a área reduziu-se a 170 km² (FEEMA, 1993). O crescimento de vegetação em suas margens, aterros sucessivos e episódios de seca vêm reduzindo seu espelho, como ocorrido em 2017, prejudicando a irrigação, agricultura e pecuária.
- Farol de São Thomé: praia utilizada para estacionamento dos barcos, que atravessam a arrebentação, encaham na face da praia e são puxados por tratores para a areia. Além do desgaste das embarcações, existe alto risco nesta operação em situações de mar revolto. Isto motivou a construção das obras na Barra do Furado, que, no entanto, produziram grave impacto negativo, com erosão a Norte da estrutura, alcançando a vila de pescadores de São Thomé.
- Barra do Furado: guia-correntes na embocadura do Canal das Flechas, conexão da Lagoa Feia com o mar, provocaram problema de erosão a Norte (Campos), acúmulo de areia a Sul (Quissamã) e deposição no interior do canal, inicialmente projetado para acesso a um porto pesqueiro. A praia alargada e o assoreamento no canal proporcionaram a prática de surf, construindo-se instalações para campeonatos em Quissamã.
- Canal das Flexas: barragem localizada a 4 km da Barra do Furado e a 14 km da Lagoa Feia, que bloqueia a entrada de água salgada.

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)



Inundação de estradas e edificações próxima à estrada de Barra do Furado e ao redor da Lagoa Feia (Quissamã-RJ)
Foto: Acervo INEA

ser, necessariamente, avaliado no contexto do gerenciamento costeiro. Com efeito, este é um padrão recorrente nos estados onde as ações do GERCO mais avançaram (e.g. ESTADO DE SANTA CATARINA, 2010).

Dentro deste quadro metodológico de avaliação, para cada município foram enumeradas as vulnerabilidades atuais à mudança do clima, incluindo fenômenos atmosféricos e oceânicos; foram avaliados, qualitativamente, alguns impactos esperados em consequência de fenômenos naturais; e foram comparadas imagens de satélite para caracterizar mudanças de uso do solo. Essas informações foram resumidas em uma “anamnese fotográfica”, com indicações de links na web, da qual apresenta-se uma amostra reduzida para os municípios do Norte Fluminense (Quadro 7). De maneira indireta, foi possível sintetizar a complexidade dessa avaliação em três características (BROWN et al. 2014): (i) grau de consciência sobre problemas costeiros; (ii) alerta e preparo para as respostas à mudança do clima; e (iii) capacidade de gestão para operações de emergência.

O nível de consciência sobre problemas costeiros pode ser evidenciado de diversas maneiras, como, por exemplo, pela expansão urbana ou industrial em áreas

baixas e alagáveis, falta de conservação de canais e comportas, exposição perigosa a ressacas com destruições recorrentes de casas e acessos viários e destruição de manguezais.

O nível de alerta e de preparo para a mudança do clima pode ser evidenciado pelos relatos e imagens, na web ou em jornais, e pela recorrência de desastres naturais e das respostas que foram dadas. Isto pode ser constatado pela falta de monitoramento de condições fluviais, oceanográficas e meteorológicas e pela falta de representação cartográfica detalhada em quase todos os municípios pesquisados.

A demora em resolver situações emergenciais climáticas (meteorológicas, fluviais e oceanográficas), a falta de legislação municipal que procure reduzir a exposição do patrimônio municipal (viário, estrutural, arqueológico, biológico, ecossistêmico etc.) aos agentes naturais relacionados à mudança do clima, bem como a falta de informações mínimas para diagnosticar as causas de problemas costeiros, são sinais indiretos que permitem mensurar a capacidade de gestão por parte do estado e dos municípios.

Curiosamente, entre as ações preconizadas pela Política Estadual da Mudança do Clima, nada foi previsto para a Zona Costeira, nem mesmo o monitoramento

ambiental da indústria de petróleo e gás. Percebe-se então que, apesar de ter uma economia integralmente dependente do mar, o legislador fluminense ainda tem um longo caminho a percorrer para atingir o oceano.

5.7. Agenda Verde

Considerando a estreita interação entre os elementos associados à Agenda Verde e ao clima, podem ser destacados os seguintes aspectos:

- Biodiversidade e ecossistemas: (i) a vegetação nativa, especialmente as formações florestais, é um importante sumidouro de carbono; (ii) a grande diversidade de fauna e flora endêmica já é afetada, considerando, inclusive, o elevado grau de fragmentação das paisagens fluminenses; (iii) populações pequenas de animais e plantas já ameaçadas de extinção ou com baixa capacidade de dispersão, na atualidade, são as que apresentam maior risco de extinção.

- Agropecuária: (i) o clima interfere nas interações de plantas com polinizadores, dispersores, herbívoros e diversos microrganismos, incluindo pragas; (ii) a distribuição dos cultivos agrícolas e a criação de animais estão associadas, especialmente, à disponibilidade hídrica, padrões de precipitação e variações de temperatura; (iii) temperaturas elevadas aumentam o estresse animal e, conseqüentemente, a respectiva produtividade.

- Segurança alimentar: (i) a produção supre menos de um terço da demanda atual de alimentos da população fluminense, o que a coloca numa situação de alta vulnerabilidade à variabilidade do clima; (ii) a ocorrência de eventos extremos, além de prejudicar a produção de alimentos, interfere no abastecimento dos centros consumidores, levando a aumentos de preços.

Os potenciais impactos e os riscos associados à mudança do clima foram avaliados com base nos seguintes indicadores:

- Biodiversidade e ecossistemas: cobertura florestal, ocorrência de espécies endêmicas ameaçadas da flora, e distribuição espacial das UCs.

- Agropecuária: produção de pastagens, estresse animal, distribuição espacial e produção de cana-de-açúcar e café arábica, e dependência dos cultivos agrícolas de polinizadores.

- Segurança alimentar: origem dos alimentos consumidos e participação destes no orçamento familiar.

A exposição e vulnerabilidade da biodiversidade foram avaliadas sob a ótica dos três diferentes níveis de diversidade genética: (i) intraespécies e intrapopulações; (ii) entre espécies e entre populações; e (iii) ecossistemas. Considerando cada um dos sistemas, os principais resultados alcançados são os seguintes:

- Biodiversidade e ecossistemas: (i) as UCs continuarão a contribuir para a maior proteção das espécies endêmicas da flora, além de auxiliar na mitigação dos efeitos da mudança do clima; (ii) as populações pequenas já ameaçadas de extinção ou com baixa capacidade de dispersão correm alto risco de serem extintas, especialmente em áreas de baixada altamente fragmentadas, além de topos de morros; (iii) as áreas de Floresta Ombrófila Densa devem experimentar redução de área, o que poderá desencadear a substituição das comunidades por outras mais adaptadas à menor disponibilidade hídrica, como a Floresta Estacional; (iv) a Floresta Estacional provavelmente será a fitofisionomia mais afetada pela potencial expansão de paisagens campestres típicas do Cerrado.

- Agropecuária, com base apenas na temperatura: (i) para a cana-de-açúcar, os resultados do modelo Eta/HadGEM2-ES apontam para condições de clima ideal de plantio, independentemente do cenário (RCP 4.5 ou 8.5); (ii) em contrapartida, o cultivo será restrito ou de alto risco em algumas áreas, inclusive pelo aumento potencial da incidência de incêndios, segundo resultados do modelo Eta/MIROC5; (iii) o risco para a pecuária associado ao aumento de temperatura variou de médio a crítico, dependendo do modelo e cenário; (iv) para a produção de pastagens, todos os municípios apresentam risco entre médio e alto de perdas; (v); todos os municípios apresentam risco médio e alto de perda de produtividade de pastagens, considerando ambos os modelos e cenários; (vi) a elevação da temperatura do ar poderá aumentar o estresse animal e afetar a sua produtividade; (vii) também são previstos impactos na disponibilidade de polinizadores associados à cultura do café.

- Segurança alimentar: alterações nos padrões climáticos podem influenciar a produtividade e qualidade dos produtos agropecuários e, conseqüentemente, a segurança alimentar e nutricional da população. Por outro lado, a mudança do clima traz efeitos diretos sobre a capacidade produtiva agropecuária, influenciando

do, por exemplo, a adequabilidade de cultivos às novas condições de clima. Além disso, podem ocorrer maiores perdas e custos na cadeia de produção, em função da incidência de eventos extremos mais intensos e frequentes. Destaca-se, também, que a maior demanda por irrigação poderá acirrar conflitos pelo uso da água.

6. Medidas de adaptação

O trabalho apresentou um conjunto de medidas de adaptação para cada um dos setores avaliados, que podem ser pesquisadas pelo leitor interessado no Relatório Final (MARGULIS & LA ROVERE, 2018). As medidas de adaptação foram agrupadas em quatro categorias: (i) política pública e institucionais; (ii) levantamento de dados técnicos e conhecimento científico; (iii) medidas a serem tomadas com as comunidades e/ou grupos específicos; e (iv) medidas que envolvem intervenção física.

Evidenciou-se o déficit de adaptação às condições climáticas presentes, exigindo que considerações sobre as incertezas nas projeções do clima futuro sejam incorporadas no planejamento de obras, na legislação estadual, nos códigos de obras e nas leis de uso do solo municipais, buscando solucionar os problemas decorrentes dos impactos de eventos climáticos.

As medidas de adaptação expressam diferentes situações: (i) “sem arrependimento” (*low-regret* ou *no-regret*), que já se justificam no presente e que devem ser implementadas, pois geram benefícios sociais maiores que os custos, independentemente dos possíveis efeitos climáticos; (ii) medidas que geram os maiores benefícios colaterais possíveis e que atendem muito além das vulnerabilidades aos eventos climáticos; (iii) medidas de baixo custo, que incluem coleta de informações ambientais, capacitação técnica, implantação de sistemas de alerta de riscos, monitoramento e previsão do clima, boas práticas para a operação e manutenção das infraestruturas existentes e, não menos importante, legislação estadual e municipal baseadas em conhecimento científico.

As medidas de adaptação à mudança do clima demandam que se conheçam as ameaças e os respectivos níveis de risco, os quais, em relação

ao futuro, podem ser vislumbrados com base em projeções. Quando estas são relativamente convergentes, a tomada de decisão é mais fácil, inclusive por conta da redução das incertezas associadas. No entanto, a cenarização do clima evidenciou que, embora as tendências relativas ao aumento da temperatura fossem convergentes entre modelos e cenários, o mesmo não se verificou com relação à precipitação. Há várias explicações possíveis, incluindo a influência, nos modelos numéricos, de variáveis como relevo, áreas urbanas, situação geográfica e temperatura do oceano.

Diante das incertezas, as estratégias de adaptação deveriam ter como foco inicial o déficit de adaptação presente, buscando solucionar os problemas decorrentes dos impactos presentes dos eventos climáticos. As medidas apresentadas no Relatório Final (MARGULIS & LA ROVERE, 2018) forneceram apenas orientações iniciais, de caráter genérico, e o embasamento técnico necessário para futuras ações, envolvendo a gama necessária de atores sociais a serem envolvidos. Ressalta-se que a adaptação à mudança do clima, muitas vezes, é de aplicação local, ou seja, de âmbito municipal ou regional. Dessa forma, cabe ao estado gerenciar as soluções, nortear políticas e prover financiamento para a implementação das medidas. Neste contexto, a governança administrativa ganha relevância.

A despeito do setor ambiental do Estado do Rio de Janeiro, por intermédio da então SEA, ter tomado a liderança na preparação do Plano de Adaptação, é importante salientar a necessidade de que as medidas sejam pensadas, lideradas e implementadas de modo compartilhado e integrado com as demais secretarias de governo e segmentos da sociedade, sempre com base no conhecimento científico. Deve ser levado em consideração que a maior parte das ações propostas deverá ser capitaneada por indivíduos, empresas e comunidades, e não necessariamente em nível de governo. É responsabilidade do estado, no entanto, de modo inequívoco e único, coletar e disponibilizar dados e informações (especialmente ambientais)

à população, para que as possíveis decisões sejam bem fundamentadas.

O conhecimento técnico-científico sobre a mudança do clima aumentará constantemente, enquanto os eventos extremos começarão a se manifestar de forma mais clara em termos espaciais, de intensidade e de frequência. Esta conjugação permitirá que a tomada de decisão seja menos incerta. 🍀

7. Conclusão

A complexidade geográfica do Estado do Rio de Janeiro, incluindo aspectos físicos e humanos, a magnitude do patrimônio (cultural, artístico, histórico, social, econômico) exposto a diversos fatores climáticos em processo de contínua transformação ao longo do século XXI e a projeção do seu papel econômico para um futuro com profundas mudanças na matriz energética exigem urgente esforço de planejamento. Tal esforço deve, necessariamente, contemplar os seguintes aspectos: fontes de geração de riquezas, crescimento populacional, distribuição espacial de renda, preservação de áreas naturais, aumento da eficiência energética, redução de emissão de GEE, controle de poluição (atmosférica, hídrica, do solo), infraestrutura (saneamento, transportes, abastecimento de água, serviços públicos), saúde, educação e segurança pública. Cada um desses aspectos possuirá dinâmica de evolução própria e, ao mesmo tempo, será afetado pela mudança do clima.

Considerando as alterações na forma de uso e na cobertura do solo ao longo das últimas décadas, o artigo apresentou o resultado de investigações conduzidas em 2017 sobre sete setores, selecionados pela então SEA: Recursos Hídricos, Saúde da População, Drenagem Urbana, Escorregamento de Massa, Rodovias, Zona Costeira e Agenda Verde. Concluiu-se que potenciais mudanças nos padrões climáticos podem aumentar a frequência de ocorrência de desastres naturais, com prejuízos localizados para populações mais vulneráveis, em termos socioeconômicos e de saúde, e generalizados para toda a sociedade fluminense, em termos de empobrecimento econômico e da capacidade de atração de investimentos futuros. Infraestruturas e serviços estratégicos são particularmente sensíveis, o que remete à necessidade de avaliação e atualização periódica de sua expo-

sição e vulnerabilidade aos extremos do clima para tomadas de decisões governamentais.

Os resultados apresentados possibilitaram avaliar o potencial comportamento do clima do estado para o período 2040-2070, com base em índices estratégicos de extremos do clima. Porém, ainda assim, trata-se de uma análise parcial – uma vez que outros índices de temperatura e precipitação, igualmente importantes, deveriam integrar um estudo, incluindo, também, novos setores –, cujo objetivo é subsidiar o desenvolvimento de uma agenda governamental de adaptação.

Diferentemente de um plano de negócios (*business plan*), o Plano de Adaptação é uma estratégia para que a SEAS se estruture para enfrentar a mudança do clima, devendo ser periodicamente atualizado em função de novos dados e informações disponíveis. As medidas de adaptação propostas são referência para que a instituição avalie e complemente, caso necessário, se estruturando para implementá-las e realizar o acompanhamento sistematicamente.

Assim, como todo exercício de planejamento de governo, o Plano de Adaptação proposto só se caracterizará como tal na medida em que explicitar prioridades de ação. Do ponto de vista econômico, por exemplo, as primeiras ações a serem implementadas devem ser aquelas cujo investimento produza o maior retorno econômico dentre as opções. Do ponto de vista social, devem ser priorizadas ações que beneficiem, em maior proporção, indivíduos mais carentes ou de determinada população específica. Do ponto de vista operacional, deve-se priorizar ações que já estejam contempladas em planos existentes na agenda de governo ou, ainda, as de mais fácil implementação.

Há uma miríade de critérios alternativos e tipicamente complementares a ditar o que deve ser prioritário para um governo, sendo que a decisão sobre tais critérios extrapola o âmbito do estudo proposto. No entanto, é indispensável garantir a governança administrativa, o que somente poderá ser garantido pela Assembléia Legislativa, pois se trata de um planejamento que transcende aos mandatos político-administrativos. Este, certamente, será o principal desafio para a continuidade deste exercício. 🍀

Referências bibliográficas

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Hidrografia. **Estudos auxiliares para a Gestão de Risco de Inundações – Bacia do Rio Paraíba do Sul**. Disponível em: <http://gripbsul.ana.gov.br/Hidrografia.html>. Acesso em: maio 2021.
- BARATA, M. M.; CONFALONIERI, U. **Mapa de vulnerabilidade da população do estado do Rio de Janeiro aos impactos das mudanças climáticas nas áreas social, saúde e ambiente**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2015. 87 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: estratégias setoriais e temáticas: vol. 2**. Brasília: MMA, 2016.
- BROWN, S.; NICHOLLS, R.; HANSON, S.; BRUNDRIT, G.; DEARING, J. A.; DICKSON, M. E.; GALLOP, S. L.; GAO, S.; HAIGH, I. D.; HINKEL, J.; JIMENEZ, J. A.; KLEIN, R. J. T.; KRON, W.; LÁZÁR, A. N.; NEVES, C. F. FREITAS; NEWTON, A.; PATTIARATCHI, C.; PAYO, A.; PYE, K.; SANCHEZ-ARCILLA, A.; SIDDALL, M.; SHAREEF, A.; TOMPKINS, E. L.; VAFEIDIS, A. T.; MAANEN, B. VAN; WARD, P. J.; WOODROFFE, C. D. Shifting perspectives on coastal impacts and adaptation. **Nature Climate Change**, v. 4, p. 752-755, 2014.
- CHOU, C.S.; LYRA, A.; MOURÃO, C.; DEREZYNSKI, C.; PILOTTO, I.; GOMES, J.; BUSTAMANTE, J.; TAVARES, P.; SILVA, A.; RODRIGUES, D.; CAMPOS, D.; CHAGAS, D.; SUEIRO, G.; SIQUEIRA, G.; NOBRE, P.; MARENGO, J. Evaluation of the Eta simulations nested in three global climate models. **American Journal of Climate Change**, v. 3, n. 5, p. 438-454, dez. 2014.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE (Brasil). **Pesquisa CNT de rodovias 2019**. Brasília: CNT: SEST: SENAT, 2019. 236 p.
- DERECZYNSKI, C. P.; LUIZ SILVA, W.; MARENGO, J. Detection and projections of climate change in Rio de Janeiro, Brazil. **American Journal of Climate Change**, v. 2, n. 1, p. 25-33, 2013.
- DERECZYNSKI, C. P.; OLIVEIRA, J. S.; MACHADO, C. O. Climatologia da precipitação no Município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 24, n. 1 p. 24-38, 2009.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO DE GEOTÉCNICA DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO. **Manual técnico de encostas**. Rio de Janeiro: Prefeitura do Rio de Janeiro, 2014. 2 v.
- INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS (Brasil). **Manual de drenagem de rodovias**. Rio de Janeiro: IPR, 2006. 333 p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS (Brasil). **Manual de estudos de tráfego**. Rio de Janeiro: IPR, 2006. 384 p.
- INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro (PERHI)**. Rio de Janeiro: INEA, 2014.
- INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Portal GeoINEA: base de dados geoespaciais**, 2021. Disponível em: <https://inea.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=00cc256c620a4393b3d04d2c34acd9ed>. Acesso em: ago. 2021.
- INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Setorização da zona costeira do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: INEA, 2018. 1 mapa, color. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/Portal/Agendas/GESTAODEAGUAS/Gerenciamento_Costeiro/Avancos_do_BIG/Zoneamento_ecologico_BIG/index.htm. Acesso em: maio 2021.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Alterações climáticas 2014: impactos, adaptação e vulnerabilidade: resumos para decisões**. Genebra, Suíça: IPCC, 2014a. 34 p.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2014: synthesis report**. Cambridge: Cambridge University Press, 2014b.
- LA ROVERE, E. L.; SOUSA, D. S. (coord.). **Estratégia de adaptação da cidade do Rio de Janeiro às mudanças climáticas**. Rio de Janeiro: COPPE, 2016. 87 p.
- MARENGO, J. A.; ALVES, L.; VALVERDE, M.; ROCHA, R.; LABORBE, R. **Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o século XXI: projeções de clima futuro usando três modelos regionais: Relatório 5**. Brasília: MMA, 2007.
- MARGULIS, S. **Por que Estados, Municípios e Cidades têm que se adaptar às mudanças climáticas?**. Brasília: WWF, 2017. 73 p.
- MARGULIS, S.; DUBEUX, C.B.S. (coord.). **A economia da mudança do clima no Brasil**. São Paulo: IBEP, 2010.
- MARGULIS, S.; LA ROVERE, E. (coord.). **Plano de adaptação às mudanças climáticas do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: IIS: COPPE, 2018.
- MIRANDA, F. M. **Índice de suscetibilidade do meio físico a inundações como ferramenta para o planejamento urbano**. 2016. Dissertação (Mestrado em) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Hurricane season 2010: Tropical storm 90Q (Southern Atlantic). **Nasa**, 2010. Disponível em: https://www.nasa.gov/mission_pages/hurricanes/archives/2010/h2010_90Q.html. Acesso em: maio 2021.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Rare south atlantic tropical cyclone. **Earth Observatory**, 2004. Disponível em: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/12939/rare-south-atlantic-tropical-cyclone>. Acesso em: maio 2021.
- NEVES, C. F.; MUEHE, D. Vulnerabilidade, impactos e adaptação às mudanças do clima: a zona costeira. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, n. 27, p. 217-295, 2008.
- NEVES, C. F.; VALENTINI, E. Projeto Litoral-Rio. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 10., 1993, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: ABRH, 1993. p.1-10. v. 2.
- NOBRE C. A.; MARENGO, J. A. (org.). **Mudanças climáticas em rede: um olhar interdisciplinar**. São José dos Campos, SP: INCT, 2017. 608 p.
- REGIONS4. **RegionsAdapt**, 2021. Disponível em: <https://www.regions4.org/project/regionsadapt>. Acesso em: maio 2021.
- ROBERTS, F. L.; KANDHAL, P. S.; BROWN, E. R.; LEE, D-Y.; KENNEDY, T. W. **Hot mix asphalt materials, mixture, design, and construction**. 2. ed. Lanham: Napa Education Foundation, 1996. 603 p.
- SANTA CATARINA. Secretaria de Planejamento. **Implantação do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro**. Florianópolis, 2010. 48 p.
- SILVA, W. L. **Caracterização climatológica e mudanças climáticas no Estado do Rio de Janeiro**. 2014. 95 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. 95 p.
- SILVA, W. L.; DEREZYNSKI, C. P. Caracterização climatológica e tendências observadas em extremos climáticos no Estado do Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 2, p 123-138, 2014.
- SILVA, W. L.; DEREZYNSKI, C.; CHOU, S. C.; CAVALCANTI, I. Future changes in temperature and precipitation extremes in the State of Rio de Janeiro (Brazil). **American Journal of Climate Change**, v. 3, n. 4, p. 353-365, dez. 2014.
- SOBRAL, B. S.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; GOIS, G.; TERASSI, P. M. B.; MUNIZ-JÚNIOR, J. G. R. Variabilidade espaço-temporal e interanual da chuva no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 14, v. 22, p. 21-308, jan./jun. 2018.

SOUZA, M. C. O. **Mudanças climáticas e energia**: um estudo sobre contribuições brasileiras diante de um novo regime climático. 2017. 215 p. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2017.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Adaptation Gap Report** 2020. Nairobi, 2021.

VIDAL, M. R.; VICENS, R. S. O abandono de terras agrícolas no estado do Rio de Janeiro: padrões espaciais. **Tamoios**, v. 16, n. 3, p. 30- 41, 2020.

WUEBBLES, D. J.; EASTERLING, D. R.; HAYHOE, T.; KNUTSON, R. E.; KOPP, J. P.; KOSSIN, K. E.; KUNKEL, A. N.; LEGRANDE, C.; MEARS, W. V.; SWEET, P. C.; TAYLOR, R. S.; VOSE and WEHNER, M. F. Our globally changing climate. In: WUEBBLES, D. J.; FAHEY, D. W.; HIBBARD, K. A.; DOKKEN, D. J.; STEWART, B. C.; MAYCOCK, T. K. (ed.). **Climate science special report**: fourth national climate assessment: volume 1. Washington, DC: U.S. Global Change Research Program, 2017. p. 35-72.

Sobre os autores

Heliana V. O. Silva

Pesquisadora do Programa de Planejamento Energético pela COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Claudio F. Neves

Professor associado do Programa de Engenharia Oceânica pela COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Denise S. Sousa

Pesquisadora do Programa de Planejamento Energético pela COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Giovannini Luigi

Pesquisador do Programa de Planejamento Energético pela COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Emilio L. La Rovere

Professor titular do Programa de Planejamento Energético pela COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).



Circulação de veículos híbridos elétricos ou elétricos: projeção de cenários de emissões atmosféricas na cidade do Rio de Janeiro até 2030

Circulation of hybrid electric or electric vehicles: projection of atmospheric emission scenarios in Rio de Janeiro city until 2030

► Luciana Maria Baptista Ventura; Laiza Molezon Soares; Simone Lorena Quitério de Souza; Eduardo Monteiro Martins

► Resumo

O setor de transporte é o principal causador das emissões de poluentes atmosféricos locais e de gases de efeito estufa que afetam diretamente ou indiretamente o bem-estar e a saúde da população em grandes cidades. O desenvolvimento de soluções inovadoras e ambientalmente corretas para o setor de transporte rodoviário assume um papel de relevância para a transformação de cidades sustentáveis. Diante disto, o objetivo principal deste estudo foi estimar as emissões veiculares da cidade do Rio de Janeiro com o aumento da adoção de automóveis elétricos e híbridos elétricos em circulação até 2030. Para isto, foram simulados cenários otimistas que consideraram um aumento anual de 10% destes novos veículos frente aos convencionais a partir de 2021, até que em 2030 só vendam automóveis elétricos ou híbridos elétricos. A metodologia descrita no *Inventário de Emissões de Fontes Veiculares da Região Metropolitana do Rio de Janeiro: ano-base 2013*, publicada pelo Instituto Estadual do Ambiente em 2016, foi utilizada como base do estudo. Os resultados indicam que, se nada for feito, as emissões aumentarão 131% em 2030 em relação a 2020. Porém, a substituição da frota de automóveis convencionais por elétricos poderá reduzir mais de 30% das emissões de monóxido de carbono e de compostos orgânicos voláteis em 2030. As tecnologias veiculares elétricas e híbrido-elétricas mostram-se importantes, tanto na contribuição do atendimento aos padrões de qualidade do ar quanto no fomento de cidades sustentáveis, conforme preconiza a Agenda 2030.

Palavras-chave

Emissão Veicular. Automóveis. Mobilidade Urbana Sustentável. Cidades Sustentáveis.

► Abstract

The transport sector is the main cause of emissions of local air pollutants and greenhouse gases, which directly or indirectly affect the well-being and health of the population in big cities. The development of innovative and environmentally friendly solutions for the road transport sector takes on a relevant role in transforming sustainable cities. In view of this, the aim of this study was to estimate vehicle emissions in the Rio de Janeiro city with the increase in the adoption of electric and hybrid-electric cars in circulation until 2030. For this, optimistic scenarios were simulated, which considered an annual increase of 10% of these new vehicles compared to conventional vehicles from 2021, until in 2030 only sell electric or hybrid electric cars. The methodology described in the *Inventário de Emissões de Fontes Veiculares da Região Metropolitana do Rio de Janeiro: Ano-base 2013*, published by the Instituto Estadual do Ambiente in 2016, was used as the basis of this study. The results indicate that if nothing is done, emissions will increase 131% in 2030 compared to 2020. However, the replacement of the conventional car fleet by electric ones, it will be able to reduce more than 30% of emissions of carbon monoxide and volatile's organic compounds volatile in 2030. Electric and hybrid electric vehicle technologies proved to be important both in contributing to meeting air quality standards and in promoting sustainable cities, as advocated by the 2030 Agenda.

Keywords

Vehicle Emission. Cars. Sustainable Urban Mobility. Sustainable Cities.

1. Introdução

Atualmente, cerca de 80% da população brasileira mora em áreas urbanas (IBGE, 2010) que apresentam problemas comuns, os quais vêm piorando ao longo dos anos, tais como a falta de transporte público adequado, os constantes congestionamentos de veículos automotores nos trajetos casa-trabalho-casa e nos deslocamentos das pessoas, causando poluição sonora e atmosférica, além de perda de tempo útil dos cidadãos (CAMPOS, 2006; CASTRO et al., 2013; LIMA; SALEME, 2014; CIDADES EFICIENTES, 2019).

Esses problemas de mobilidade urbana prejudicam a qualidade de vida e o bem-estar da população, assim como podem ocasionar ou agravar problemas de saúde e segurança (CAMPOS, 2006; CASTRO et al., 2013; LIMA; SALEME, 2014; MILARÉ, 2016). A poluição no ar não respeita fronteiras geográficas ou políticas, nem se limita a questões urbanas pontuais, pois os gases e partículas emitidos propagam-se pela atmosfera conforme as condições meteorológicas (LOUREIRO, 2005; INEA, 2016).

Além disso, o transporte é responsável pela maior parte das emissões de gases de efeito estufa (GEE) nas grandes cidades brasileiras (AZEVEDO et al., 2018; CIDADES EFICIENTES, 2019). De acordo com o estudo de Azevedo et al. (2018), os automóveis foram responsáveis por mais de 72% das emissões de GEE nas cidades brasileiras em 2015, fazendo com que elas tenham grande contribuição nas mudanças climáticas.

Uma solução para as cidades com problemas relacionados à mobilidade urbana é a implementação da mobilidade urbana sustentável. De acordo com Campos (2006), isso pode ocorrer através de ações integradas a aspectos socioeconômicos, tais como o uso e ocupação do solo e a gestão dos transportes, com o objetivo de proporcionar acessibilidade aos bens e serviços de uma forma eficiente para todos os habitantes, de modo a permitir uma melhor qualidade de vida à população, sem se descuidar da preocupação com as gerações futuras. A mobilidade urbana sustentável, portanto, é o resultado do deslocamento de pessoas nos centros urbanos

com menor impacto ao meio ambiente e, consequentemente, maior probabilidade de ampliação da qualidade de vida e manutenção da vida no futuro (SEABRA et al., 2013).

Neste sentido, a substituição dos veículos convencionais com motores de combustão interna (MCI), tais como os automóveis com motor do ciclo Otto e ônibus com motor do ciclo Diesel – que fazem uso de combustíveis fósseis como gasolina e diesel, respectivamente – por tecnologias de motores menos poluidoras, como os veículos elétricos (VE) ou, ao menos, pelos veículos híbridos elétricos (VHE), os quais fazem uso ora do motor elétrico, ora do MCI, é uma ação de mitigação de poluição veicular que já vem sendo adotada por diversas cidades e países pelo mundo (SOARES, 2019).

A necessidade de se manter um ambiente equilibrado para obtenção de uma boa qualidade de vida fez emergir a criação das cidades sustentáveis, onde se busca compatibilizar o crescimento econômico e a conservação do meio ambiente (LIMA; SALEME, 2014). Segundo a Agência Europeia do Ambiente (European Environmental Agency) (EEA, 1995), uma cidade, para ser considerada sustentável, deve minimizar o consumo de espaço e recursos naturais, racionalizar e gerenciar eficientemente os fluxos urbanos, proteger a saúde da população urbana, assegurar igualdade de acesso a recursos e serviços e manter a diversidade social e cultural. Sendo assim, as cidades sustentáveis são o resultado de planejamento de Estado que visa dar uma melhor qualidade de vida para sua população.

Nesse contexto, a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas, assinada por diversos países em 2015, inclusive o Brasil, também reforça a necessidade de criação de cidades sustentáveis a fim de colocar o mundo em um caminho alinhado aos preceitos da sustentabilidade até 2030. A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, o planeta e a prosperidade, que conta com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que visam, de forma equilibrada, integrar as três dimensões do desenvolvimento sustentável: a econômica, a social e a ambiental (BRASIL, 2021). No

contexto de se criar uma mobilidade urbana sustentável, destacam-se os seguintes ODS:

ODS 13 - Ação contra a mudança global do clima (adotar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os seus impactos);

ODS 11 - Cidades e comunidades sustentáveis (tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis);

ODS 7 - Energia acessível e limpa (garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos); e

ODS 3 - Saúde e bem-estar (assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todas e todos, em todas as idades).

Portanto, não há como buscar uma cidade sustentável sem se preocupar com os aspectos relacionados à mobilidade urbana (LIMA; SALEME, 2014; MILARÉ, 2016; AZEVEDO et al., 2018). Órgãos públicos, entidades sem fins lucrativos, iniciativas privadas e estudos acadêmicos discutem a mobilidade urbana sustentável em diferentes cidades no mundo, com vistas a levantar sugestões viáveis de mudanças significativas no sistema de transporte urbano (CASTRO et al., 2013; GOMIDE; MORATO, 2011). Iniciativas relacionadas à implantação de uma mobilidade urbana sustentável, tais como o aumento da frota de carros elétricos e híbridos elétricos, são algumas das alternativas para o futuro na busca por um desenvolvimento urbano sustentável.

Em vista de toda essa problemática, o objetivo geral deste estudo foi projetar cenários futuros de emissões veiculares na cidade do Rio de Janeiro em 2030, considerando um aumento gradual na adoção de automóveis elétricos ou híbridos elétricos, em prol de uma cidade mais sustentável em atendimento à Agenda 2030, servindo de subsídio para as tomadas de decisões quanto aos investimentos nesses tipos de tecnologias.

1.1. Veículos elétricos e híbridos elétricos

A implantação de veículos elétricos (VE) e híbridos elétricos (VHE) é uma das alternativas para melhorar a eficiência energética e reduzir o impacto ambiental proveniente dos veículos automotores

(SOARES, 2019). Segundo Richardson (2013), uma série de impactos positivos pode ser esperada a partir da introdução dos veículos com motorização elétrica, incluindo menores custos de operação, reduções de emissões de CO₂ (dióxido de carbono) e capacidade de introduzir energia elétrica gerada por fontes renováveis na rede elétrica.

Alguns países vêm adotando políticas públicas para incentivar e difundir o uso dos veículos elétricos e híbridos elétricos, de modo a torná-los sua matriz energética no futuro, em detrimento aos veículos automotores de combustão interna. A União Europeia, por exemplo, possui metas de redução das emissões de CO₂, que estão continuamente sendo revistas, tal como ocorreu em 2015, ocasião que determinou uma redução de 27% dessas emissões em 2020 em comparação à legislação vigente em 2012 (VAZ et al., 2015).

Ressalta-se que a meta da União Europeia era ter em circulação nas ruas algo em torno de oito a nove milhões de veículos elétricos em 2020, de forma a atender às legislações de mitigação de emissões de GEE (MCKINSEY; COMPANY, 2014). Segundo a Fundação Getúlio Vargas (AGÊNCIA ESTADO, 2017), os grandes responsáveis pela adoção mais acelerada dos veículos elétricos e híbridos elétricos ao redor do mundo são os subsídios para sua aquisição. É o que ocorre na China, mercado que mais cresce atualmente, onde o governo custeia entre um terço e metade dos preços os carros elétricos.

Vaz et al. (2015) fizeram um vasto estudo relacionando os incentivos oferecidos por diversos países do mundo para aumentar a adoção de VE e VHE em circulação pelas vias públicas, em detrimento daqueles com motores de combustão interna (MCI). Com relação aos incentivos financeiros, os Estados Unidos da América (EUA), vários países da Europa (Alemanha, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Holanda, Itália, Noruega, Reino Unido e Suécia) e alguns da Ásia (China, Índia e Japão) incentivam os consumidores a comprarem estes veículos com a isenção das taxas de licenciamento, subsídios e incentivos fiscais.

Sob a ótica da infraestrutura, estes países investem em pontos de recargas distribuídos em residências, locais públicos, ruas e rodovias. Além disso, des-

tacam-se outros incentivos, tais como a gratuidade em estacionamentos públicos, uso de faixas exclusivas, isenção de pedágios em rodovias, descontos no seguro do veículo, dispensa de inspeções veiculares, descontos no valor da eletricidade para recarga de veículos elétricos etc.

Ainda segundo Vaz et al., em 2013 foram licenciados em todo o mundo pouco menos de 1,7 milhão de VE e VHE, o que corresponde a aproximadamente 2% do total da frota de veículos automotores. Estudo da FGV (AGÊNCIA ESTADO, 2017) mostrou que em 2016 esse número já era de 2 milhões. Embora em pequena proporção, o mercado destes veículos vem crescendo aproximadamente 25% ao ano, contra 3,1% dos veículos a MCI. De acordo com a FGV, é esperado que este número chegue a 13 milhões em 2020 e 140 milhões em 2030, passando a corresponder a 10% da frota total de carros.

O Japão lidera o ranking de países que incentivam o uso de VE e VHE. Em 2013, licenciou mais de 900 mil VHE, comercializados com incentivos desde 1997. Já o segmento de VE teve crescimento de 77,6% de 2012 para 2013, sendo os EUA o maior mercado, uma vez que contabiliza 40% dos veículos licenciados no mundo. Na Noruega, este percentual foi ainda maior (83%), devido às políticas públicas agressivas que incentivaram financeiramente e não financeiramente a aquisição destes veículos (VAZ et al., 2015).

No Brasil, o cenário é bem diferente em relação ao que o mundo já está propondo. Até o momento, os incentivos se limitam à isenção do Imposto de Importação para elétricos e redução da alíquota de 35% para até 7% para os híbridos. Segundo o Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), em dezembro de 2014 foi registrado uma frota de 1.730 VHE contra 34 VE, o que não alcança 0,01% da frota automotiva brasileira, sendo estes veículos majoritariamente táxis registrados nas cidades do Rio de Janeiro e São Paulo (VAZ et al., 2015). Segundo a FGV (AGÊNCIA ESTADO, 2017), no país só foram vendidos 5,9 mil carros elétricos e híbridos de 2011 até 2016.

De maneira geral, tanto no Brasil quanto no resto do mundo, as fontes renováveis de geração de eletricidade têm um papel fundamental para o aumento da adesão ao VE ou VHE. Pensando de forma

mais ampla, as emissões devem ser mitigadas não só pelos veículos, como na geração de energia que os movimentam. Sendo assim, o Brasil apresenta uma grande vantagem, pois grande parte da sua geração de energia elétrica é limpa, produzida por usinas eólicas e hidrelétricas, além de ter um desenvolvimento bem estabelecido na produção de biocombustíveis, tal como o etanol.

2. Metodologia

A metodologia adotada consiste em projetar a frota de automóveis da cidade do Rio de Janeiro até o ano de 2030 e então simular três cenários hipotéticos de emissões atmosféricas para o município, tomando como base o *Inventário de Emissões de Fontes Veiculares da Região Metropolitana do Rio de Janeiro - ano base 2013*, publicado pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA, 2016).

O primeiro cenário a ser estimado foi o cenário-base (conservador), que consiste em simular as emissões da frota de automóveis em 2030, não considerando futuros avanços nas tecnologias dos motores de combustão interna (MCI) e nas melhorias da qualidade dos combustíveis. Ou seja, os veículos fabricados de 2021 a 2030 terão as mesmas características que aqueles fabricados em 2020.

Os demais cenários (otimistas) consideram a substituição nas vendas de veículos novos com MCI por VE ou VHE, com um incremento anual de 10% a partir de 2021, até que em 2030 só sejam vendidos VE ou VHE, conforme descrito nos dois cenários simulados abaixo:

Cenário 1 - 100% das vendas de automóveis novos em 2030 serão de VE;

Cenário 2 - 100% das vendas de automóveis novos em 2030 serão de VHE.

As diferenças percentuais nas emissões estimadas por cada cenário em relação ao cenário-base nos permite avaliar os benefícios ambientais possíveis com o aumento gradual da motorização elétrica e híbrido-elétrica na frota de automóveis na cidade do Rio de Janeiro em dez anos.

De forma resumida, a metodologia aplicada consiste em projetar a frota veicular registrada na cidade do Rio de Janeiro até o ano de 2030 (item 2.2), de forma a estimar as emissões no mesmo período para simulação do cenário-base (item 2.3), abatendo deste as emissões evitadas com o aumento da circulação de automóveis elétricos (item 2.4) ou híbridos elétricos (item 2.5) para a simulação dos dois cenários otimistas.

2.1. Área de estudo

A cidade do Rio de Janeiro está localizada, respectivamente, a 22°54'23" S/-43°10'21" O de latitude e longitude. Este é o maior e mais populoso município da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) (IBGE, 2010). Ao norte, faz limite com os municípios de Itaguaí, Seropédica, Nova Iguaçu, Mesquita, Nilópolis, São João de Meriti, Duque de Caxias e Niterói; ao sul, é banhado pelo Oceano Atlântico; ao leste, pela Baía de Guanabara; e a oeste pela Baía de Sepetiba (INSTITUTO PEREIRA PASSOS, 2020), tal como mostra a Figura 1.

Segundo o IBGE (2010), a população do município do Rio de Janeiro no Censo 2010 era de mais de 6 milhões de pessoas distribuídas em uma exten-

são territorial de aproximadamente 1,2 mil km²; uma das maiores densidades demográficas do Brasil (5.265,82 hab km²).

2.2. Frota Veicular

A frota da cidade do Rio de Janeiro é constituída, majoritariamente, por automóveis (73%), sendo apenas 2% representada por ônibus e microônibus. As motocicletas representam 11% da frota, tal como os caminhões, caminhonetes e camionetes juntos (Tabela 1). Estes veículos datam sua fabricação de 1969 a 2020 e já ultrapassaram 3,2 milhões registrados pelo Departamento Estadual de Trânsito do Rio de Janeiro (DETRAN-RJ, 2020).

Diante da magnitude da frota de automóveis na cidade do Rio de Janeiro, essa categoria foi então projetada até 2030, aplicando a tendência determinística, utilizando o percentual médio anual (1,4%) verificado a partir dos dados de frota registrada no DETRAN-RJ para a cidade de 2014 a 2020 (Tabela 2).

Cabe ressaltar que a frota veicular da cidade do Rio de Janeiro, adotada nos cálculos a seguir, foi obtida a partir dos dados disponíveis no endereço eletrônico do DETRAN-RJ (2020), em vez de



Figura 1: Representação do local de estudo: Brasil (branco), estado do Rio de Janeiro (cinza) e cidade do Rio de Janeiro (amarelo).
Fonte: Adaptado de IBGE, 2019 e Google Earth

Tabela 1 - Frota, por tipo de veículos, da cidade do Rio de Janeiro em 2020

Tipo de veículo	Percentual
Automóvel	73%
Motocicleta	11%
Ônibus	1%
Microônibus	1%
Caminhão	1%
Caminhonete	4%
Caminhoneta	6%
Outros	3%

Fonte: Adaptado do DETRAN-RJ, 2021

Tabela 2 - Frota de automóveis registrados na cidade do Rio de Janeiro de 2014 a 2020

Ano	Automóveis	% crescimento anual
2014	2.141.289	-
2015	2.187.098	2,1
2016	2.219.689	1,5
2017	2.242.666	1,0
2018	2.268.290	1,1
2019	2.303.693	1,5
2020	2.329.881	1,1

Fonte: Adaptado do DETRAN-RJ, 2021

ser estimada conforme a metodologia descrita no *Inventário de Emissões Veiculares do INEA* (INEA, 2016), de forma a simplificar a simulação.

2.3. Simulação do cenário-base

As emissões atmosféricas foram calculadas baseadas na metodologia *top-down* apresentada pelo INEA (2016), adotando um cálculo simplificado que considerou apenas a frota registrada no DETRAN-RJ (item 2.2), a intensidade de uso de referência (item 2.3.1) e o fator de emissão de poluente (item 2.3.2), conforme descrito pela Equação 1 e detalhado nos tópicos:

Equação 1

$$Emiss\tilde{a}o_n = \frac{(Frota_n \times IU_{ref} \times Fe)}{100.000}$$

Onde:

Emiss\tilde{a}o_n = Emissão do cenário-base para o ano a ser projetado (t ano⁻¹)

F_m = Frota circulante de veículos do ano a ser projetado (número de veículos)

IU^{ref} = Intensidade de uso do veículo (km ano⁻¹)

Fe = Fator de emissão do poluente considerado (g km⁻¹).

n = ano projetado

Neste sentido, foram consideradas as emissões dos seguintes poluentes: óxidos de nitrogênio (NOx), material particulado de escapamento (MP), monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos não metano total (NMHCtotal) e aldeídos (RCHO).

2.3.1. Intensidade de Uso

A Intensidade de Uso (IU) é a distância percorrida pelo veículo ao longo de um ano, considerando a categoria e sua idade (INEA, 2016). Neste estudo, para o cálculo das emissões, foram adotadas as Intensidades de Uso de referência (IU^{ref}) disponibilizadas na publicação da página da *web* da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2020a), apresentadas na Tabela 3.

A diferença entre o ano projetado (n) e o ano de fabricação dos veículos indicará o tempo de uso dos mesmos e assim torna-se possível conhecer a IU^{ref}

Tabela 3 - Intensidade de Uso de Referência (km ano⁻¹)

Anos de uso	Automóvel flex-fuel
0	8.610
1	17.220
2	15.968
3	15.277
4	15.001
5	14.995
6	15.112
7	15.208
8	15.136
9	14.750
10	14.744

Fonte: Adaptado de CETESB, 2020a

que deverá ser considerada para estimativa das suas emissões. Por exemplo, para os veículos que entraram em circulação em 2014 no ano projetado de 2020, foram consideradas as IU^{ref} do sexto ano de uso. De maneira análoga, para calcular as emissões dos veículos fabricados em 2021 em circulação no ano de 2030, foram consideradas as IU^{ref} de nove anos de uso.

De modo geral, as emissões estimadas nos inventários são calculadas levando em conta a Intensidade de Uso ajustada, a qual considera o consumo aparente de combustível anual (L ano⁻¹) para o setor de transporte, informado pela Agência Nacional de Petróleo e Biocombustíveis, e o consumo de combustível de todas as categorias de veículos, estimado pela relação entre os valores de intensidade de uso de referência (km ano⁻¹) e autonomia (km L⁻¹). Como não foram obtidos os dados de consumo de combustível aparente, o estudo limitou-se a utilizar a IU^{ref} disponibilizada pela CETESB (2020a).

2.3.2. Fator de emissão

Fator de emissão (Fe) é a massa de poluente emitida pelos veículos ao circularem por um determinado trecho (INEA, 2016). Ele é específico para o

ano-modelo de cada tipo de veículo e depende do tipo de combustível utilizado (SOARES, 2019).

Esses valores são publicados pela CETESB todo ano, a partir de informações recebidas de testes realizados pelos fabricantes ou importadores de veículos ou motores (SOARES, 2019). Porém, excepcionalmente em 2020, estes fatores não foram publicados.

Neste sentido, os fatores de emissão foram obtidos da página da *web* da CETESB (2020b). Para os veículos fabricados entre 2020 e 2030 foi considerado o Fe do ano de 2019, pois este é o último dado disponibilizado pelo órgão. Além disso, considerou-se que todos os automóveis vendidos de 2020 até 2030 têm motor *flex-fuel*, o qual permite usar tanto gasolina C quanto etanol hidratado. Diante de tal fato, foi adotado, na estimativa, que a gasolina C e o etanol hidratado foram usados na fração de 50% de cada (Tabela 4).

Tabela 4 - Fatores de Emissão de 2019 (g km⁻¹)

Tipos de Veículos	CO (g km ⁻¹)	NMHC (g km ⁻¹)	NOx (g km ⁻¹)	RCHO (g km ⁻¹)	MP (g km ⁻¹)
Automóvel flex-fuel (gasolina C)	0,275	0,020	0,011	0,0010	0,001
Automóvel flex-fuel (etanol)	0,339	0,045	0,010	0,0067	-
Automóvel flex-fuel (adotado)	0,307	0,033	0,0105	0,0039	0,0005

Fonte: Adaptado de CETESB, 2020b

2.4. Simulação do cenário 1

Para estimativa das emissões da cidade do Rio de Janeiro de 2021 até 2030, considerando a implantação gradativa dos veículos elétricos (cenário 1), bastou-se subtrair o percentual de implantação dos veículos elétricos das emissões calculadas para o cenário-base no ano projetado, conforme a Equação 3 (veículos elétricos não emitem poluentes atmosféricos).

Equação 3

$$E_{nVE} = E_n (1 - P_{im})$$

Onde:

Emissão_{nVE} = Emissão do ano projetado, considerando implantação dos veículos elétricos (t ano⁻¹)

Emissão_n = Emissão do cenário-base para o ano projetado (t ano⁻¹)

P_{im} = Percentual de implantação gradual dos veículos elétricos

n = ano projetado

2.5. Simulação do cenário 2

Para estimar as emissões dos veículos híbridos elétricos, foram considerados os percentuais de redução das emissões encontrados na literatura em comparação aos veículos convencionais (MCI), conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Percentuais de redução das emissões dos veículos híbrido-elétricos em comparação aos veículos convencionais

Poluentes	Reduções de emissões
CO	56% ¹
HCT	73% ¹
MP	22% ²
NOx	93% ¹

Fonte: Adaptado de Soares (2019), Wu et al. (2015), Ahmadi (2019)

Equação 4

$$E_{nVHE} = E_n (1 - P_{red})$$

Onde:

E_{nVHE} = Emissão do ano projetado, considerando implantação dos veículos híbridos elétricos (t ano⁻¹)

E_n = Emissão do cenário-base para o ano projetado (t ano⁻¹)

P_{red} = taxa de redução das emissões com a introdução dos VHE

n = ano projetado

3. Resultados e discussão

Obviamente, o uso racional de automóveis, o investimento em transporte coletivo de qualidade e o fomento à utilização de transporte alternativo, tal qual a bicicleta, são algumas das ações que contribuem muito para o desenvolvimento mais sustentável das cidades (SILVEIRA, 2010). Porém, neste estudo são propostos cenários que avaliam as projeções das futuras emissões atmosféricas de automóveis com a mudança no uso de energia, indo ao encontro de alguns ODS da Agenda 2030 para a criação de cidades sustentáveis.

3.1. Projeção da frota veicular

A frota de automóveis estimada de 2021 a 2030 foi calculada considerando um crescimento anual de 1,4%, que é a tendência anual de crescimento verifi-

cada na frota registrada na cidade do Rio de Janeiro (Tabela 2) no período entre 2014 e 2020. Logo, a projeção é que a frota de automóveis cresça 14% de 2020 a 2030 (Figura 2).

Considerando a premissa dos cenários otimistas - os quais preveem uma substituição anual dos veículos convencionais (MCI) novos vendidos de 10% por VE ou VHE a partir de 2021, até que em 2030 só sejam vendidos os veículos com motorização elétrica - a cidade do Rio de Janeiro alcançará uma frota de automóveis composta por 9% desses veículos menos poluentes ao final de dez anos.

3.2. Estimativa de emissões atmosféricas até 2030

Embora a projeção da frota total de automóveis indique um aumento de 14% de 2020 a 2030, se houver a substituição de veículos convencionais a uma taxa de incremento anual de 10% por aqueles com motores elétricos (VE ou VHE) é possível conseguir reduções de até 32% nas emissões de poluentes atmosféricos, considerando apenas os veículos novos vendidos entre 2021 e 2030 (cenários 1 e 2) em relação ao cenário-base, onde se manteria somente a venda de veículos convencionais. A Figura 3 (3a a 3f) apresenta as emissões estimadas de CO, NOx, NMHC, RCHO, MP e poluentes totais para os anos de 2021 a 2030 para o cenário-base, cenário 1 e cenário 2.

De acordo com Ventura et al. (2016), os principais poluentes atmosféricos emitidos pelos automóveis convencionais são o CO e NMHC; consequentemente, são também as maiores emissões estimadas. Além disso, os automóveis convencionais são os maiores emissores de compostos orgânicos voláteis (COV), que resumidamente podem ser computados pela soma dos NMHC e RCHO. Este poluente é o principal causador dos altos índices de ozônio troposférico (O₃) na cidade do Rio de Janeiro (DANTAS et al., 2020). Portanto, ao substituir veículos convencionais por elétricos tende-se a reduzir os níveis de O₃ na troposfera.

Se nada for feito, em 2030 as emissões dos automóveis aumentarão 131% em relação às estimadas para 2020, indo na contramão do que se preconiza mundialmente. Porém, com a entrada gradual dos

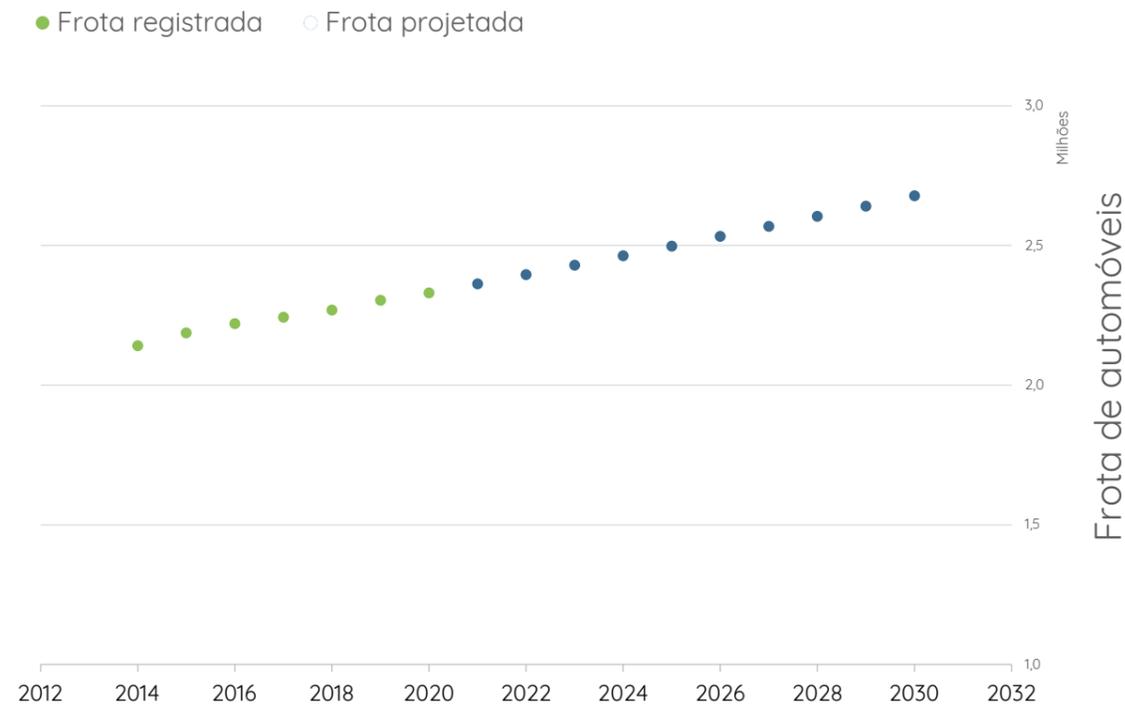


Figura 2 - Frota registrada e frota projetada de automóveis na cidade do Rio de Janeiro
Fonte: Elaborada pelos autores

automóveis elétricos, seria possível mitigar quase 3,8 mil toneladas de poluentes atmosféricos até 2030, sendo este ano o ápice da mitigação anual (pouco menos de 1,0 mil toneladas), quando só forem vendidos automóveis novos com motor elétrico.

Segundo o cenário 1, em 2030, quando a frota de automóveis corresponder a 9% de veículos elétricos e 91% de convencionais, as emissões totais de poluentes atmosféricos, assim como de CO, poderão ser reduzidas em 32% em relação às emissões do cenário-base, e as de NMHC e RCOH poderão reduzir em 31%, e MP e NOx em 32% e 28%, respectivamente (Figura 3a à 3f). Já no cenário 2, as emissões totais poderão reduzir em 20%, CO poderá reduzir em 18%, assim como as emissões de NMHC poderão reduzir em 23%, e MP e NOx em 7% e 26%, respectivamente (Figura 3a a 3f).

No Estado do Rio de Janeiro, durante a fase inicial da pandemia, foi possível quantificar o impacto que a redução de veículos com MCI nas vias ocasio-

nou na melhoria da qualidade do ar. De acordo com a nota técnica publicada pelo órgão ambiental do Rio de Janeiro (INEA, 2020), vários poluentes apresentaram queda nos níveis de poluição no ar (20% até 78%). Esta queda foi acompanhada pelo declínio de veículos em circulação nesse mesmo período (25% a 78%), segundo dados do monitoramento de tráfego realizado na cidade do Rio de Janeiro (CET-Rio, 2020). Por outro lado, a redução verificada pelo setor industrial foi de apenas 8% em março e 16% em abril (IBGE, 2020). Portanto, estas informações indicam que a melhoria expressiva na qualidade do ar que os cidadãos cariocas respiraram, e que inclusive atendeu a praticamente todos os valores recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS), durante esta fase, foi majoritariamente influenciada pela redução das emissões veiculares. Da mesma forma, reduções nas emissões atmosféricas com a consequente melhoria na qualidade do ar são esperadas com o aumento de VE e VHE em circulação nas vias.

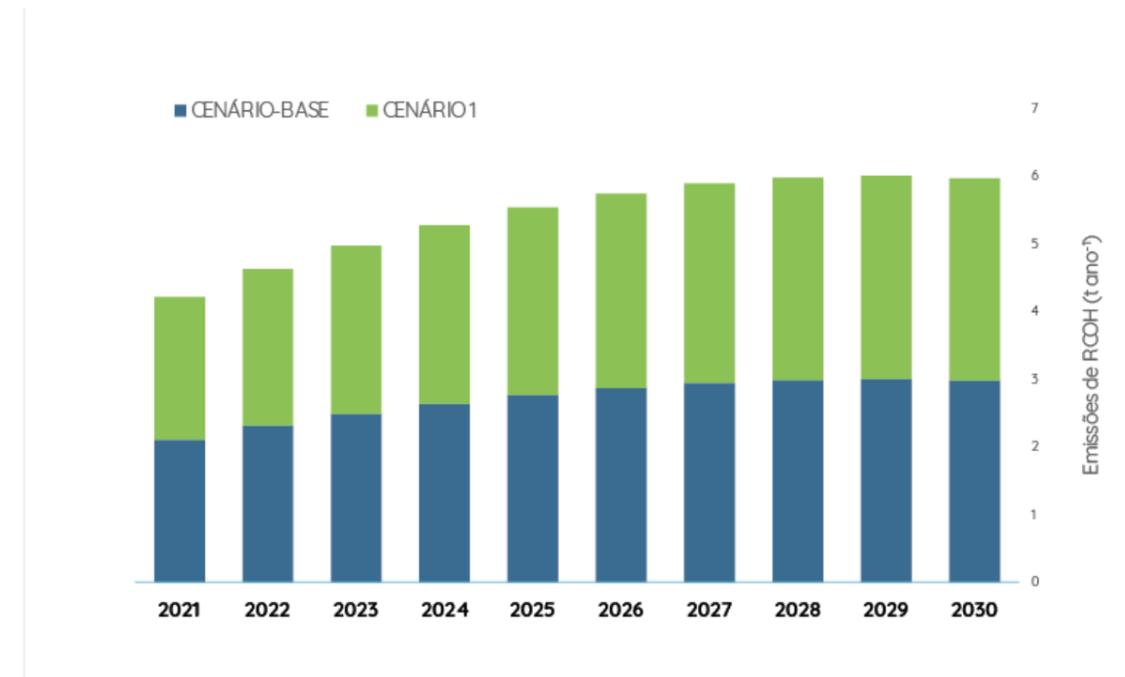


Figura 3a - Estimativa de emissões de RCOH para o cenário-base, cenários 1 e 2 para os anos de 2021 a 2030
Fonte: Elaborada pelos autores

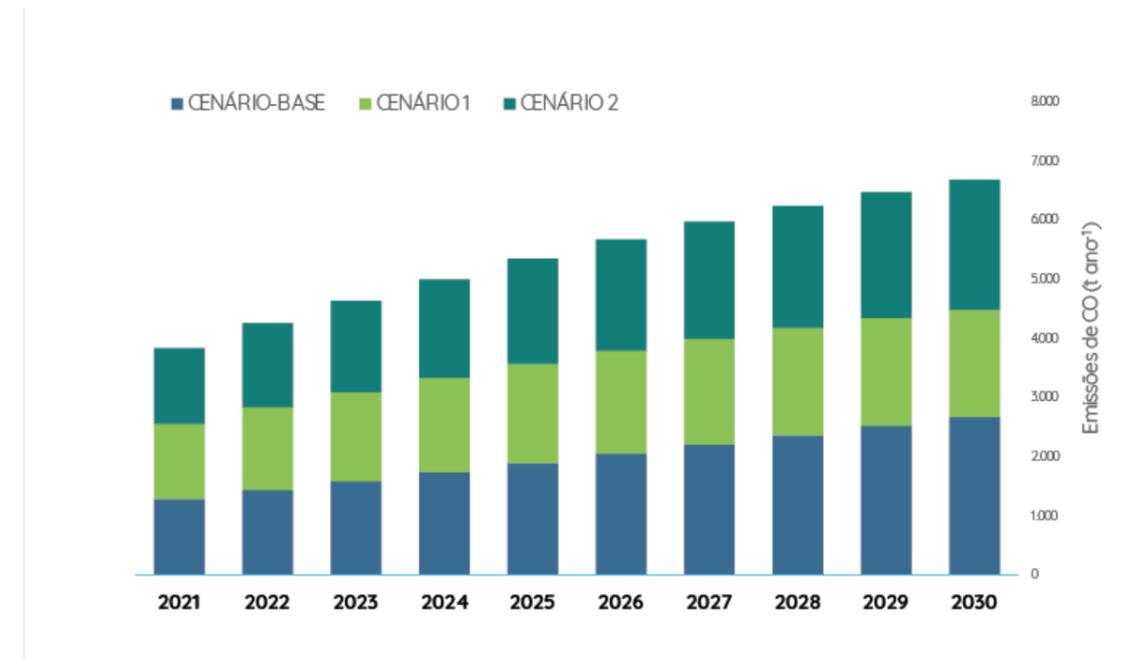


Figura 3b - Estimativa de emissões de CO para o cenário-base, cenários 1 e 2 para os anos de 2021 a 2030
Fonte: Elaborada pelos autores

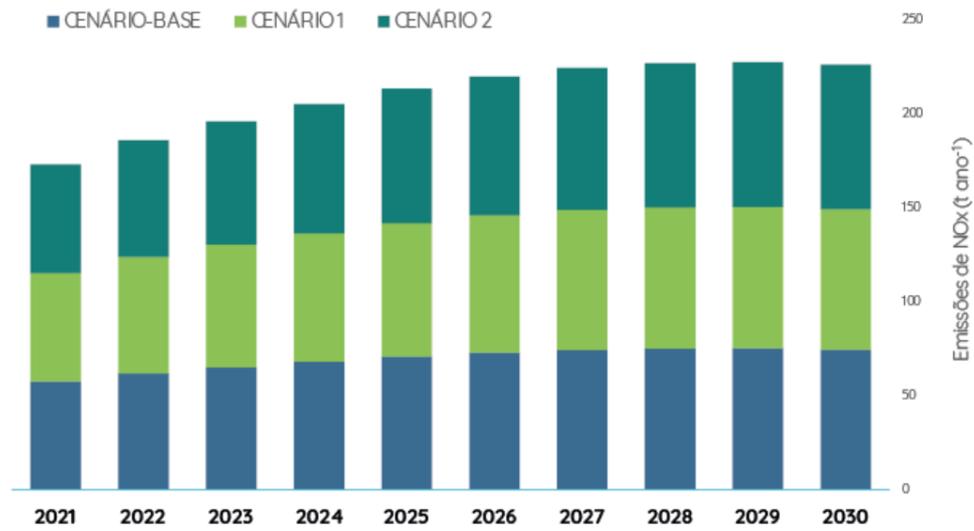


Figura 3c - Estimativa de emissões de NOx para o cenário-base, cenários 1 e 2 para os anos de 2021 a 2030
Fonte: Elaborada pelos autores

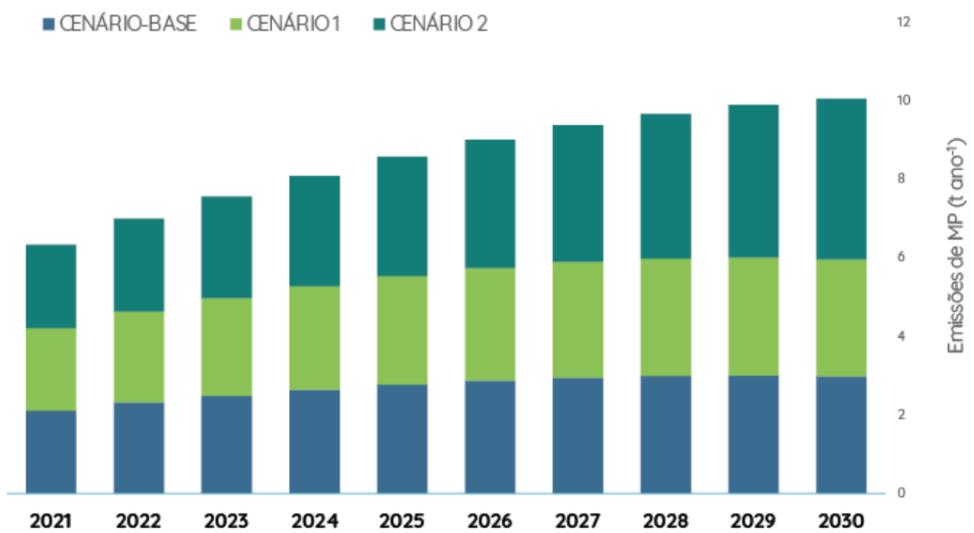


Figura 3d - Estimativa de emissões de MP para o cenário-base, cenários 1 e 2 para os anos de 2021 a 2030
Fonte: Elaborada pelos autores

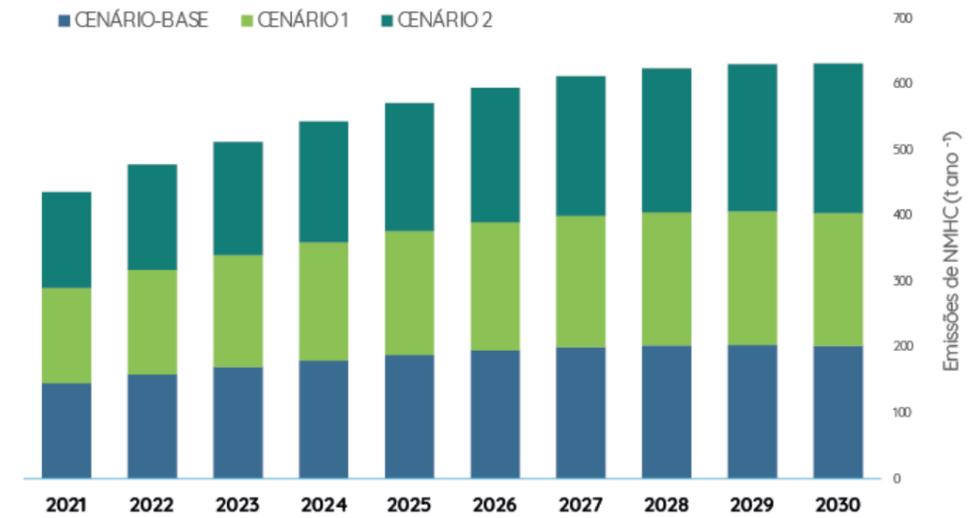


Figura 3e - Estimativa de emissões de NMHC para o cenário-base, cenários 1 e 2 para os anos de 2021 a 2030
Fonte: Elaborada pelos autores

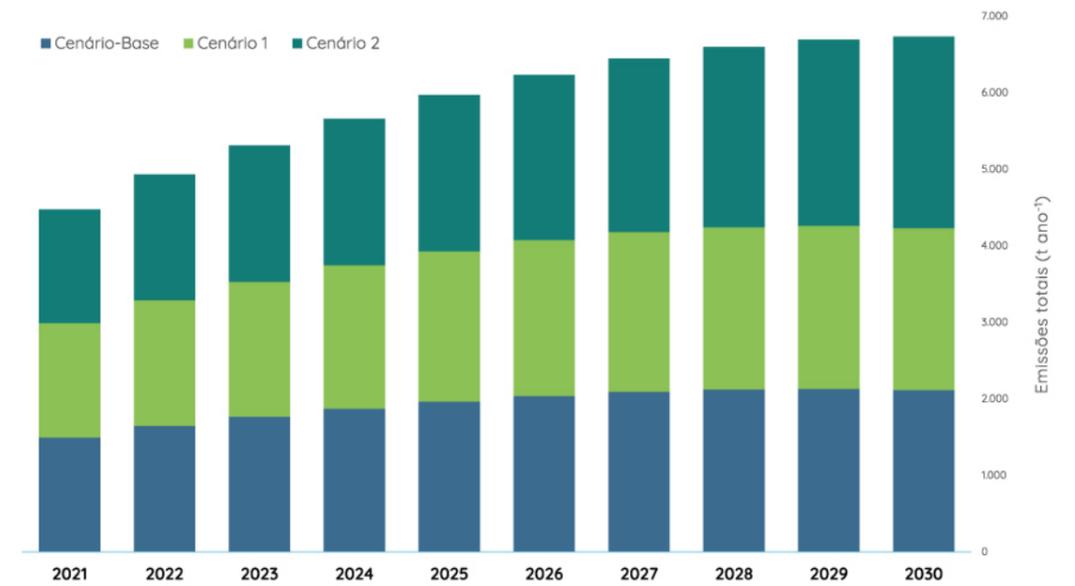


Figura 3f - Estimativa de emissões totais para o cenário-base, cenários 1 e 2 para os anos de 2021 a 2030
Fonte: Elaborada pelos autores

4. Conclusão

Os cenários otimistas que substituíram a frota de automóveis convencionais por elétricos (cenário 1) e híbridos elétricos (cenário 2) contribuíram significativamente para a redução das emissões de poluentes atmosféricos, em especial de CO e NMHC. Essas tecnologias veiculares levaram a uma redução de 28% a 32% das emissões de poluentes atmosféricos no cenário 1 e de 7% a 23% no cenário 2 em relação ao cenário conservador. Portanto, as tecnologias veiculares elétricas e híbrido-elétricas implementadas gradativamente ao longo dos próximos dez anos poderão contribuir para a efetivação de cidades mais sustentáveis que atendam aos padrões nacionais de qualidade do ar, indo ao encontro dos ODS da Agenda 2030. 🌱

Referências bibliográficas

AGÊNCIA ESTADO. Brasil tem apenas 5,9 mil carros elétricos e híbridos. **Gazeta do Povo**, Paraná, 21 set. 2017. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/economia/nova-economia/brasil-tem-apenas-59-mil-carros-Eletricos-e-hibridos-6d8y6jw3gv0r4171eao3izdmw/?ref=aba-ultimas>. Acesso em: 02 abr. 2021.

AHMADI, P. Environmental impacts and behavioral drivers of deep decarbonization for transportation through electric vehicles. **Journal of Cleaner Production**, v. 225, p.1209-1219, 2019.

AZEVEDO, T. R.; COSTA JUNIOR, C.; BRANDÃO JUNIOR, A.; CREMER, M. S.; PIATTO, M.; TSAI, D. S.; BARRETO, P.; MARTINS, H.; SALES, M.; GALUCHI, T.; RODRIGUES, A.; MORGADO, R.; FERREIRA, A. L.; SILVA, F. B.; VISCONDI, G. F.; SANTOS, K. C.; CUNHA, K. B.; MANETTI, A.; COLUNA, I. M. E.; ALBUQUERQUE, I. R.; WATANABE JUNIOR, S.; LEITE, C.; KISHINAMI, R. SEEG initiative estimates of Brazilian greenhouse gas emissions from 1970 to 2015. **Scientific Data**, v. 5, maio. 2018.

CAMPOS, V. B. G. Uma visão da mobilidade urbana sustentável. **Revista dos Transportes Públicos - ANTT**, v. 2, p. 99-106. 2006.

CASTRO, C. M. S.; BARBOSA, H. M.; OLIVEIRA, L. Análise do potencial de integração da bicicleta com o transporte coletivo em Belo Horizonte. **Journal of Transport Literature**, v. 7, n. 2, p. 146-170. 2013.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Emissões veiculares no Estado de São Paulo** - 2019. São Paulo: CTESB, 2020a. (Série Relatórios). Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2020/11/Relatorio-Emissoes-Veiculares-no-Estado-de-Sao-Paulo-2019.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2021.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Fatores de Emissão**. São Paulo: CTESB, 2020b. (Série Relatórios). Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/relatorios-e-publicacoes/> Acesso em: 12 abr. 2021.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO (RJ). **Plataforma de Informação de Tráfego**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/cetrio>. Acesso em: 20 abr. 2021.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. INCENTIVO À MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL. **Cidades Eficientes**. São Paulo: CBCS, 2019. Disponível em: http://cidadeseficientes.cbcs.org.br/?page_id=811. Acesso em: 22 mar. 2021.

DANTAS, G.; Siciliano, B.; FRANÇA, B. B.; SILVA, C. M.; ARBILLA, G. The impact of COVID-19 partial lockdown on the air quality of the city of Rio de Janeiro. **Science of The Total Environment**, v. 729, p. 139085. 2020.

DEPARTAMENTO DE TRÂNSITO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Portal do Departamento de Trânsito do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: DETRAN-RJ, 2020. Disponível em: http://www.detrانrj.gov.br/_estatisticas.veiculos/index.asp. Acesso em: 12 abr. 2021.

EUROPEAN ENVIROMENT AGENCY. **Europe's Environments: The Dobris Assesment**. Copenhagen: EEA, 1995.

GOMIDE, A. Á.; MORATO, R. **Instrumentos de desestímulo ao uso do transporte individual motorizado**: lições e recomendações. São Paulo: Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2011. (Série temas e debates).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades**. Rio de Janeiro: IBGE, c2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-de-janeiro/panorama>. Acesso em: 17 abr. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resultados do Censo Demográfico de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Resultados_do_Universo/tabelas_pdf/tab1.pdf. Acesso em: 19 abr. 2021.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Inventário de emissões de fontes veiculares**: região metropolitana do Rio de Janeiro ano-base 2013. Rio de Janeiro: INEA, 2016. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/@inter/documents/document/zwew/mti3/-edisp/inea0127421.pdf>. Acesso em: 12 abril 2021.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Nota técnica nº 21/2020/GEAR**. Rio de Janeiro, INEA, n. 21, 17 p., 2020. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2020/05/NT_21_2020_COVID_QAR-.pdf. Acesso em: 12 abr. 2021.

INSTITUTO PEREIRA PASSOS. **Data-Rio**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.data.rio/>. Acesso em: 2 abr. 2020.

LIMA, T. E. C.; SALEME, E. R. Sustentabilidade no programa de política nacional de mobilidade urbana, nos termos das normas vigentes. In: CONGRESSO NACIONAL DO CONPEDI, 28., 2014, João Pessoa. **Anais [...]** Florianópolis: CONPEDI, 2014.

LOUREIRO, L. N. **Panorâmica sobre Emissões Atmosféricas**: estudo de caso: avaliação do inventário de emissões atmosféricas da Região

Metropolitana do Rio de Janeiro para fontes móveis. 2005. 153 f. Tese (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

MCKINSEY & COMPANY; AMSTERDAM ROUND TABLES. **Evolution - Electric vehicles in Europe: gearing up for a new phase?**. Amsterdam: Amsterdam Roundtables Foundation, 2014.

MILARÉ, É. Política nacional de mobilidade urbana. **Unisul de Fato e de Direito: Revista Jurídica da Universidade do Sul de Santa Catarina**, v. 7, n. 12, p. 59-67, mar. 2016. Disponível em: http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/U_Fato_Direito/article/view/3586. Acesso em: 17 abr. 2021

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando nosso mundo**: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Brasília: Ministério das Relações Exteriores do Brasil, 2016. 42 p. Disponível em: <http://svs.aids.gov.br/dantps/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/ods/publicacoes/transformando-nosso-mundo-a-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2021.

RICHARDSON, D. B. Electric vehicles and the electric grid: are view of modeling approaches, impacts, and renewable energy integration. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.19, p. 247-254, mar. 2013.

SEABRA, L. O.; TACO, P. W. G.; DOMINGUEZ, E. M. Sustentabilidade em transportes: do conceito às políticas públicas de mobilidade urbana. **Revista dos Transportes Públicos - ANTT**, v. 35, n. 134, p. 103-124, 2013.

SILVEIRA, M. O. **Mobilidade sustentável**: a bicicleta como meio de transporte integrado. 2010. 155f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Programa de Pós-graduação em Engenharia de

Transportes) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

SOARES, L. M. **Previsão de emissões veiculares com a implantação gradativa de veículos híbridos e elétricos na cidade do Rio de Janeiro.** 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

VAZ, L. F. H.; BARROS, D. C.; CASTRO, B. H. R. Veículos híbridos e elétricos: sugestões de políticas públicas para o segmento. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 41, p. 295-344, mar. 2015.

VENTURA, L. M. B.; LOPES, J. S. Evolução dos inventários de emissões veiculares da região metropolitana do Rio de Janeiro. **Revista Ineana**, Rio de Janeiro, v.4, n. 1, p. 64-83, 2016.

VENTURA, L. M. B.; SOARES, L. M.; LOPES, J. S. **Evolução da política do controle da poluição veicular nos últimos 30 anos.** 1. ed. Curitiba: Prismas, 2019. 95 p.

WU, X.; ZHANG, S.; WU, Y.; LI, Z.; KE, W.; KE, W.; FU, L.; HAO, J. On-road measurement of gaseous emissions and fuel consumption for two hybrid electric vehicles in Macao. **Atmospheric Pollution Research**, v. 6, n. 5, p. 858-866, sept. 2015.

Sobre os autores

Luciana Maria Baptista Ventura

Pós-doutora em Engenharia de Transportes pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ/COPPE), com estágio na Universidade da Califórnia. Possui doutorado em Química pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). Mestrado e graduação em Engenharia Química pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Atua no Instituto Estadual do Ambiente (INEA) na Coordenação de Pesquisa e Inovação Tecnológica. Foi gerente de Qualidade do Ar e chefe do Serviço de Controle da Poluição Veicular do Instituto. Professora da pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO).

Laiza Molezon Soares

Mestre em Engenharia Ambiental pela UERJ. Graduada em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Fluminense (UFF), com especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Candido Mendes. Foi estagiária e, posteriormente, admitida como extraquadro na Gerência da Qualidade do Ar do INEA.

Simone Lorena Quitério de Souza

Pós-doutora em Saúde Pública pela Escola Nacional de Saúde Pública/FIOCRUZ, com mestrado e doutorado em Físico-Química pela UFRJ. Graduada em Química também pela UFRJ. Atualmente é professora associada do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ). Atua também como professora permanente no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UERJ.

Eduardo Monteiro Martins

Doutor e mestre em Físico-Química pela UFRJ. Possui graduação em Química pela mesma universidade. Atualmente é professor adjunto da Faculdade de Engenharia da UERJ e dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e de Química da UERJ. Jovem Cientista do Nosso Estado da FAPERJ (2015). Bolsista de produtividade em pesquisa Prociência-UERJ.



Banco de Imagens (ArcGis)

Aplicação dos setores censitários na demarcação das Faixas Marginais de Proteção em áreas urbanas consolidadas no Estado do Rio de Janeiro

Application of census sectors in the demarcation of Faixas Marginais de Proteção in consolidated urban areas in the state of Rio de Janeiro

► Mauro Medeiros de Carvalho Junior; Naiara da Silva Pitta; Monique de Faria Marins

► Resumo

No Estado do Rio de Janeiro, a Faixa Marginal de Proteção (FMP), considerada Área de Preservação Permanente (APP), é um importante instrumento de controle do sistema de proteção dos lagos e cursos d'água, visando à preservação do meio ambiente e à utilização racional dos recursos naturais do estado. Nesse sentido, a publicação do Decreto Estadual nº 42.356/2010 flexibilizou os limites das FMPs nas áreas urbanas consolidadas em relação ao previsto no art. 4º da Lei nº 12.651/2012. No entanto, há grande subjetividade na aplicação do conceito de área urbana consolidada, o que dificulta a observância do princípio da isonomia nos processos de demarcação de FMP analisados pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), tornando o trabalho dos analistas e técnicos ambientais mais inseguro, bem como sujeito a revisões e a interpretações diversas pelos requerentes e órgãos de controle. Assim, a utilização dos setores censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) surge como uma ferramenta extremamente didática e de fácil aplicação quanto à verificação do conceito de área urbana consolidada, em específico, na validação dos equipamentos de infraestrutura urbana previstos no decreto estadual supramencionado.

Palavras-chave

Faixa Marginal de Proteção. Setores Censitários. Áreas de Preservação Permanente.

► Abstract

In the state of Rio de Janeiro, the Marginal Protection Strip, considered as a Permanent Preservation Area, is an important instrument for the control of the protection system for lakes and watercourses, aiming at the preservation of the environment and the rational use of the state's natural resources. In this sense, through the publication of State Decree 42.356/2010, there was a relaxation of its limits in consolidated urban areas, in relation to what is provided for in art. 4º of Law 12.651/2012. However, there is great subjectivity in the application of the concept of consolidated urban area, which makes it difficult to observe the principle of isonomy in the Marginal Protection Strip demarcation processes, by the Instituto Estadual do Ambiente (INEA), making the work of environmental analysts and technicians more unsafe and subject to various revisions and interpretations by applicants and control bodies. Thus, the use of IBGE census sectors (2010) emerges as an extremely didactic and easy-to-apply tool for evaluating the application of the concept of consolidated urban area, specifically, in the validation of urban infrastructure equipment, provided for in the State Decree mentioned above.

Keywords

Marginal Protection Strip. Permanent Preservation Area. Census. Sectors.

1. Introdução

No Estado do Rio de Janeiro, a Faixa Marginal de Proteção (FMP), considerada Área de Preservação de Permanente (APP) nos termos do inciso III do artigo 268 da Constituição estadual (RIO DE JANEIRO, 1989), foi criada pela Lei nº 650 (RIO DE JANEIRO, 1983), de 11 de janeiro de 1983, sendo definida como a faixa de terra nas margens de cursos d'água, lagos e reservatórios, necessária e destinada à proteção, defesa, conservação e operação de sistemas fluviais e lacustres. É, também, um instrumento de controle do sistema de proteção dos lagos e cursos d'água, visando à preservação do meio ambiente e à utilização racional dos recursos naturais do estado (INEA, 2016).

No Instituto Estadual do Ambiente (INEA), órgão ambiental do Estado do Rio de Janeiro, a definição da largura mínima das Faixas Marginais de Proteção envolve, principalmente, critérios hidrológicos e hidráulicos, nos quais é avaliado o comportamento dos parâmetros fluviomorfológicos da bacia hidrográfica de interesse. Cabe ressaltar que as larguras mínimas estabelecidas em instrumento legal podem ser estendidas observando-se, também, os parâmetros ecológicos e as áreas sujeitas a inundações (CARVALHO JUNIOR, 2013).

No entanto, os maiores entraves para a determinação e demarcação dos limites das FMPs ocorrem nas áreas urbanas, isto é, onde já há ocupação das margens, na maioria das vezes de forma desordenada ou mesmo irregular. Assim, em 2010, foi publicado o Decreto Estadual nº 42.356/2010 (RIO DE JANEIRO, 2010), sobre a metodologia de demarcação a ser aplicada nessas áreas consolidadas. Desta forma, para estas áreas é prevista a redução dos limites das FMPs dispostos na legislação federal – especificamente, em relação aos limites previstos no art.4º da Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012) –, inclusive com a previsão de demarcação de Faixa *Non Aedificandi* (FNA), que pode variar, minimamente, de 1,5 até 10 m, dependendo da vazão do curso d'água associada ao Tempo de Recorrência (TR) de dez anos.

Em decorrência da publicação do decreto supracitado, os analistas do INEA iniciaram sua aplicação nos processos de licenciamento ambiental. Porém, o que se percebe com o passar dos anos, desde a publicação do texto normativo, é que há grande subjetividade

na aplicação do conceito de área urbana consolidada, previsto no art.4º do referido decreto. Isso dificulta a observância do princípio da isonomia nos processos de demarcação de FMP analisados pelo INEA, tornando o trabalho dos analistas ambientais mais inseguro, tanto sob a ótica técnica quanto a jurídica, e deixando-o sujeito a revisões e interpretações diversas pelos requerentes e órgãos de controle.

Nesse sentido, a utilização dos setores censitários do IBGE (2010) surge como uma ferramenta extremamente didática, pública, de fácil aplicação, para avaliação quanto ao enquadramento técnico de áreas urbanas consolidadas, em específico, na validação dos equipamentos de infraestrutura urbana previstos no inciso II do art.4º do decreto supramencionado.

2. Metodologia

O Decreto Estadual nº 42.356/2010 destaca, em seu inciso II, que um dos quatro requisitos mínimos para enquadramento de uma área como urbana consolidada é que esta contenha pelo menos quatro dos sete itens de infraestrutura grifados a seguir:

Art. 4º - Os limites mínimos fixados abstratamente pelo art. 2º, "a", do Código Florestal (Lei Federal nº 4.771/65 e suas alterações) poderão ser reduzidos, em cada caso concreto, unicamente para os fins do disposto no art. 1º, deste Decreto, desde que a área se localize em zona urbana do município e que vistoria local, atestada por pelo menos 03 (três) servidores do Instituto Estadual do Ambiente, comprove, cumulativamente:

I - que a área encontra-se antropizada;

II - a longa e consolidada ocupação urbana, com a existência de, no mínimo, quatro dos seguintes equipamentos de infraestrutura urbana:

a) malha viária com canalização de águas pluviais;

b) rede de abastecimento de água;

c) rede de esgoto;

d) distribuição de energia elétrica e iluminação pública;

e) recolhimento de resíduos sólidos urbanos;

f) tratamento de resíduos sólidos urbanos; e

g) densidade demográfica superior a cinco mil habitantes por km².

III - a inexistência de função ecológica da FMP/APP em questão, desde que identificadas a inexistência de vegetação primária ou vegetação secundária no estágio avançado de regeneração e a presença de, no mínimo, uma das seguintes características:

a) ocupação consolidada das margens do curso d'água a montante e a jusante do trecho em análise;

b) impermeabilização da FMP/APP;

c) capeamento do curso d'água, sendo que, no caso de obras recentes, deverá ser apresentado ao órgão ambiental competente o respectivo projeto aprovado pela prefeitura local ou o levantamento cadastral da obra;

IV - que a alternativa de recuperação da área como um todo seja inviável pelos custos manifestamente excessivos para a coletividade. [grifo dos autores]

Assim, dos sete itens relatados no inciso supracitado, seis podem ser obtidos com as informações contidas nos setores censitários do IBGE, que são: (i) Malha viária com canalização de água pluviais; (ii) Rede

de abastecimento de água; (iii) Rede de esgoto; (iv) Distribuição de energia elétrica e iluminação pública; (v) Recolhimento de resíduos sólidos; e (vi) Densidade demográfica superior a cinco mil habitantes por km². Quanto à existência de tratamento para resíduos sólidos urbanos, único requisito que não possui pesquisa nos setores censitários, destaca-se que a informação pode ser obtida com dados secundários, junto às prefeituras correspondentes, não invalidando a aplicação da metodologia aqui proposta.

Assim, para certificar que um setor censitário possui determinado item, é necessário que, minimamente, 60% dos domicílios inseridos no referido setor censitário possua este equipamento.

A adoção do critério de 60% se fundamenta: (i) no fato de que os dados do levantamento dos setores censitários possuem incertezas inerentes à metodologia empregada pelo IBGE para coleta de informações nos domicílios; (ii) na necessidade de ser segmentada, inicialmente, uma área que ainda é superior à real possibilidade de aplicação do decreto estadual, já que se trata do primeiro filtro aplicado na metodologia aqui proposta. Isto é, optou-se por ser menos conservador nessa etapa, considerando que, seguindo a sequência metodológica, ainda é aplicado um novo refinamento, correspondente à interseção entre a camada dos setores censitários aptos à aplicação do referido decreto e a camada correspondente à área urbana do mapeamento de uso e ocupação do solo, cabendo, ainda, por fim, a validação do analista do órgão ambiental.

Em síntese, além desse critério mínimo de 60%, foram avaliados apenas os setores considerados como áreas legalmente urbanas que, segundo a classificação do IBGE, são as áreas urbanizadas de cidade ou vila, áreas não urbanizadas de cidade ou vila e as áreas urbanas isoladas.

Na esteira do tema, foram adotadas as equações abaixo para os seguintes equipamentos de infraestrutura:

a) Malha viária com canalização de águas pluviais:

$$R = \frac{QTDE \text{ de residências atendidas com canalização de águas pluviais}}{QTDE \text{ total de residências}} \times 100 \geq 60\%$$

b) Rede de abastecimento de água:

$$R = \frac{QTDE \text{ de residências atendidas por rede de abastecimento}}{QTDE \text{ total de residências}} \times 100 \geq 60\%$$

c) Rede de esgoto:

$$R = \frac{QTDE \text{ de residências atendidas por rede de esgoto}}{QTDE \text{ total de residências}} \times 100 \geq 60 \%$$

d) Distribuição de energia elétrica e iluminação pública:

$$R = \frac{QTDE \text{ de residências atendidas por rede de eletricidade}}{QTDE \text{ total de residências}} \times 100 \geq 60 \%$$

e) Recolhimento de resíduos sólidos urbanos:

$$R = \frac{QTDE \text{ de residências com coleta pública de resíduos sólidos}}{QTDE \text{ total de residências}} \times 100 \geq 60 \%$$

Na esteira do tema, para o cálculo da densidade demográfica (D), os totais populacionais de cada setor censitário também foram utilizados na metodologia, conforme equação abaixo:

$$D = \frac{\text{Número de moradores do setor censitário (hab)}}{\text{Área do setor censitário (km}^2\text{)}} \geq 5.000 \frac{\text{hab}}{\text{km}^2}$$

Desta forma, após a seleção dos setores censitários que possuem pelo menos quatro dos sete equipamentos de infraestrutura exigidos no inciso II do art.4º do Decreto Estadual nº 42.356/2010 – considerados urbanos, segundo a classificação do IBGE –, é necessário o refinamento das áreas realmente urbanizadas, já que o setor censitário pode, muitas vezes, ter área superior à mancha urbana.

Assim, o refinamento das áreas foi realizado através da interseção da camada correspondente aos setores censitários aptos à aplicação do decreto estadual com a camada correspondente à área urbana do mapeamento de uso e ocupação do solo, produzido pelo INEA em 2018.

Por fim, é realizada a interseção dessas áreas refinadas, nas quais é passível a aplicação do referido instrumento normativo estadual, com a rede hidrográfica utilizada pelo INEA, desenvolvida na escala 1:25.000 (INEA, 2021), como referência para

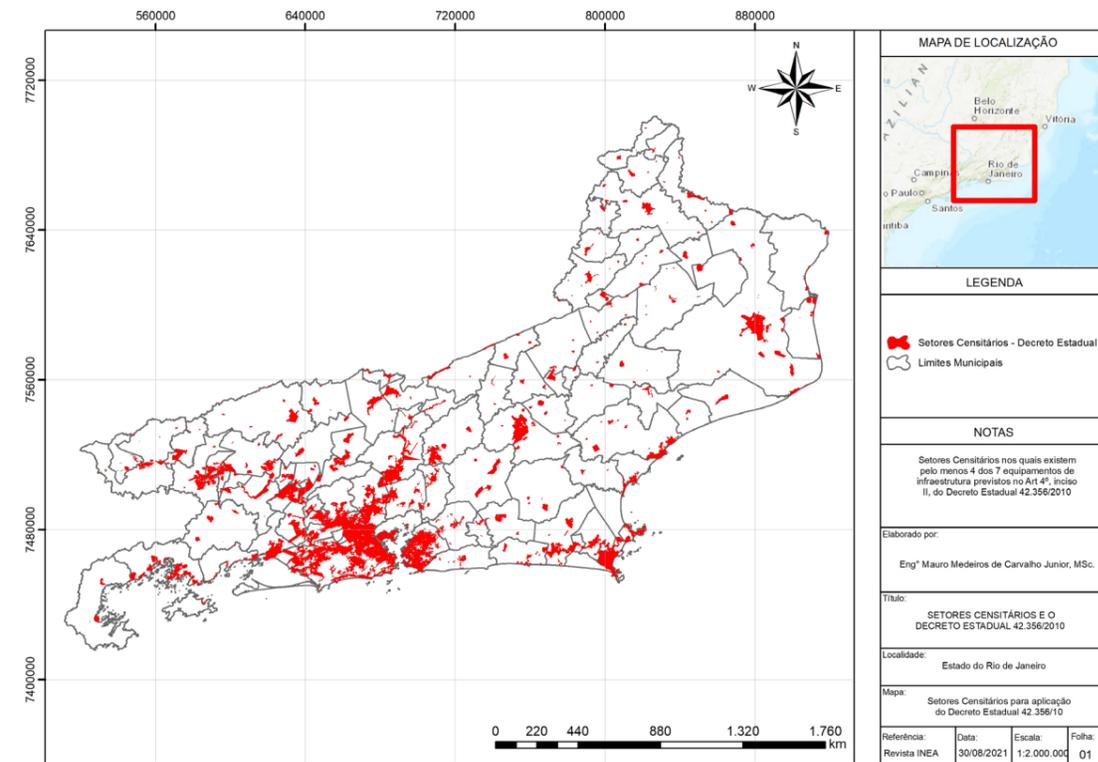


Figura 1 - Setores censitários nos quais se aplica o previsto no inciso II do art.4º do Decreto Estadual nº 42.356/2010

Fonte: Elaborada pelos autores

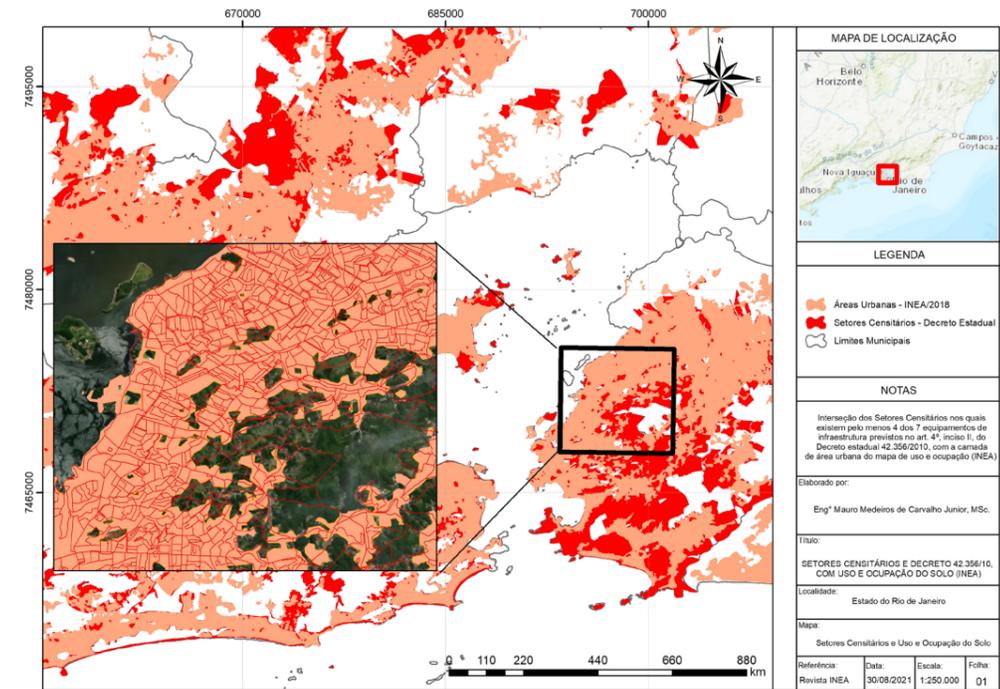


Figura 2 - Interseção da zona urbana da camada de uso e ocupação do solo (INEA, 2021) com os setores censitários que possuem pelo menos quatro dos sete equipamentos de infraestrutura do inciso II do art.4º do Decreto Estadual nº 42.356/2010

Fonte: Elaborada pelos autores

demarcação das FMPs, permitindo obter os trechos de cursos d’água sujeitos à observância dos limites estabelecidos no decreto estadual.

3. Resultados

Para iniciar o processamento das informações contidas nos setores censitários, foi utilizado o software de geoprocessamento ©ArcGis, através do qual foi possível avaliar que somente 8,3% (3.648,37 km²) do território do Estado do Rio de Janeiro (43.750,43 km²) atenderia aos requisitos mínimos expostos no inciso II do art. 4º do Decreto Estadual nº 42.356/2010. Isto é, apenas esse percentual contemplaria pelo menos quatro dos sete itens de infraestrutura exigidos (Figura 1) para habilitação e continuidade na análise do enquadramento das áreas como urbanas consolidadas, permitindo uma redução da FMP em relação aos critérios apresentados no art. 4º da Lei nº 12.651/2012.

No entanto, conforme ilustra a Figura 2, os setores censitários possuem áreas maiores do que a mancha urbana efetivamente ocupada no uso do solo, mesmo tendo sido considerados apenas os setores urbanos que possuem pelo menos quatro dos sete equipamentos de infraestrutura aqui abordados. Assim, para refinar a determinação das áreas suscetíveis à aplicação do inciso II do art.4º do decreto estadual supracitado, foi realizada a interseção da camada de uso e ocupação do solo produzida pelo INEA (2018) com a camada anteriormente gerada, ilustrada na Figura 1.

Nesse sentido, o refino proposto ainda pode ser usado para validação quanto ao cumprimento do inciso I do art.4º do referido decreto, que relata a necessidade de que a área seja antropizada, ou seja, tenha tido suas características originais (solo, vegetação, relevo e regime hídrico etc.) alteradas por consequência de atividade humana.

Desta forma, com a interseção das camadas acima citadas, conforme ilustrado na Figura 3, a

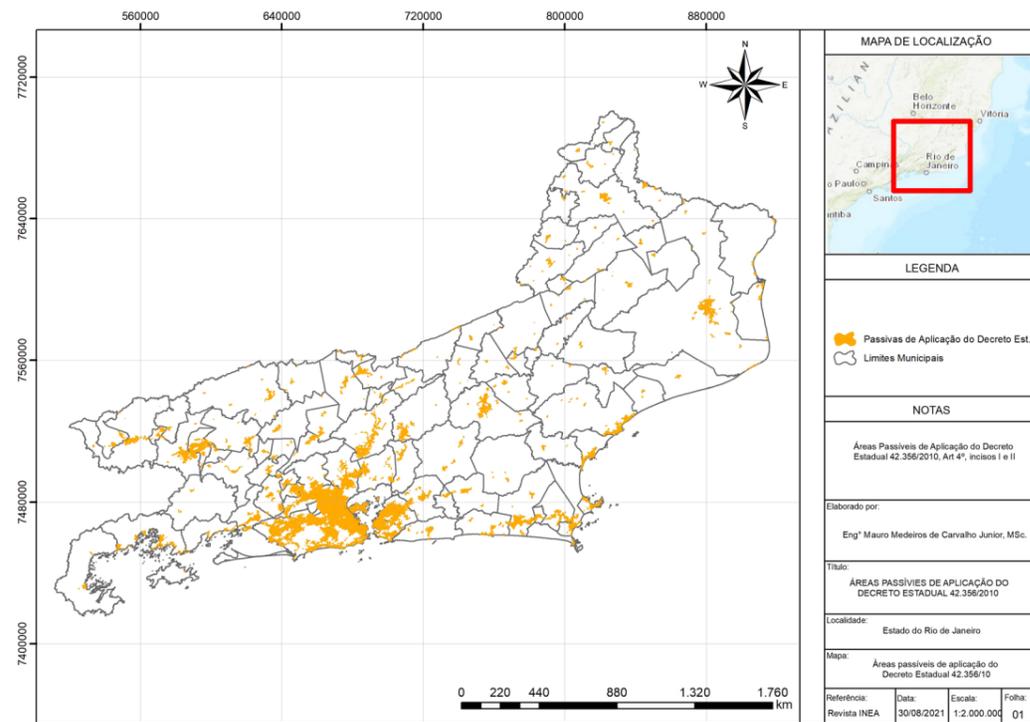


Figura 3 - Áreas passíveis de aplicação do Decreto Estadual nº 42.356/2010, art. 4º incisos I e II
Fonte: Elaborada pelos autores

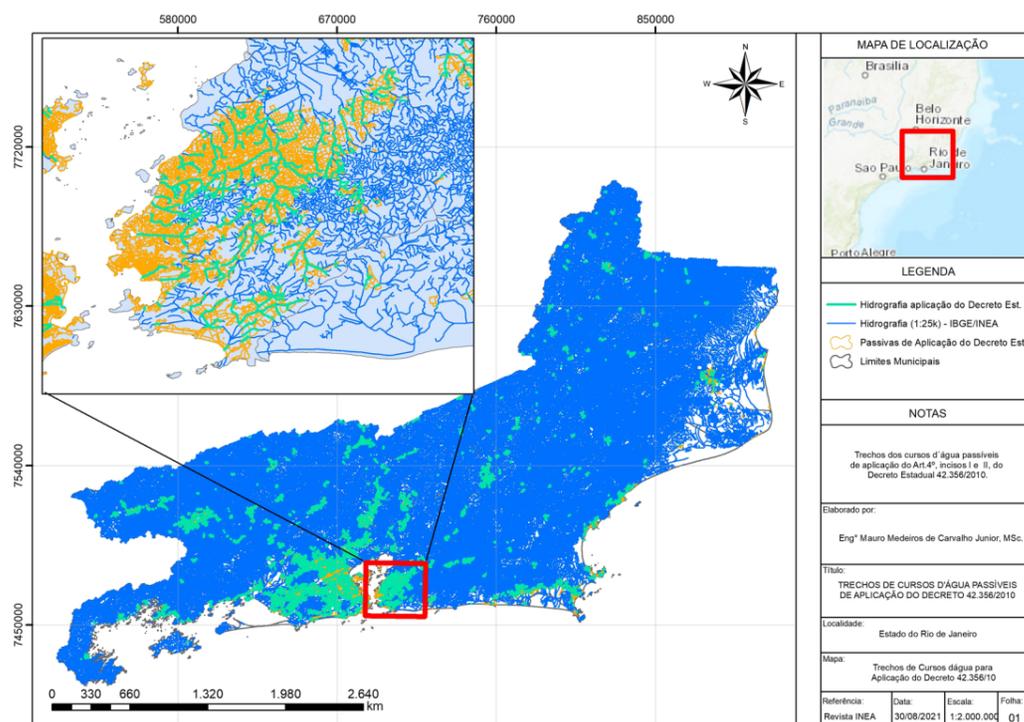


Figura 4 - Trechos dos cursos d'água passíveis de aplicação do Decreto Estadual nº 42.356/2010, art. 4º, incisos I e II
Fonte: Elaborada pelos autores

área efetiva que cumpre os requisitos impostos nos incisos I e II do art.4º do Decreto nº 42.356/2010 seria de 1.784,24 km², representando, aproximadamente, 4,1% do território do Rio de Janeiro (43.750,43 km²).

Utilizando como referência a base hidrográfica 1:25.000 (IBGE/INEA), e visando obter um panorama quanto aos trechos de cursos d'água que seriam passíveis de ter os limites da FMP alterados à luz dos incisos I e II do art.4º do Decreto Estadual nº 42.356/2010, foi realizada a interseção da referida base hidrográfica com o mapa apresentado na Figura 3, resultando no total de 2.488,24 km de trechos de cursos d'água, o equivalente a 2,1% da extensão total dos cursos d'água (12.0613,88 km) que fluem nos limites do Estado do Rio de Janeiro, como ilustra a Figura 4.

4. Limitações

A limitação da metodologia está na hora de validar se, em determinados setores, haveria ou não tratamento de resíduos sólidos, já que não há esse tipo de levantamento de dados nos setores censitários de 2010. Porém, esta informação pode ser obtida junto ao município no qual está inserido o referido setor censitário, não trazendo prejuízos para a metodologia aqui apresentada.

Outro ponto utilizado na base 1:25.000 (IBGE/INEA) e que poderá ser refinado junto ao órgão ambiental local é quanto à perenidade e à intermitência dos cursos d'água, já que para cursos d'água efêmeros não cabe demarcação de FMP, conforme definido no inciso I do art 4º da Lei nº 12.651/2012, e no item 6.3 da NOP-INEA-33/2014, aprovada em 10 de dezembro de 2015 e publicada no Boletim de Serviço nº 5, de 8 de janeiro de 2016.

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

*I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, **excluídos os efêmeros**, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: [grifo dos autores]*

Ainda, a utilização da base hidrográfica 1:25.000 (IBGE/INEA) para a elaboração do presente trabalho se deu em função de que, atualmente, esta é a base adotada pelo INEA para demarcação de FMPs. No entanto, na existência de base hidrográfica com maior detalhamento, há necessidade de revisão dos resultados aqui apontados.

Este trabalho focou a automatização e a padronização de procedimentos quanto à aplicabilidade do que está previsto nos incisos I e II do art. 4º do Decreto Estadual nº 42.356/2010, cabendo ainda a validação quanto aos incisos III e IV, para que possam ser aplicados os limites das FMPs e FNAs expostas no referido decreto.

As informações apresentadas neste trabalho estão pautadas nos dados contidos nos setores censitários de 2010. Portanto, são informações com uma defasagem de 11 anos, já que não houve nova pesquisa censitária desde então (o Censo de 2020 foi adiado e, até a publicação deste artigo, estava previsto para ser realizado em 2022).

5. Conclusões

Diante dos resultados obtidos no estudo, pode-se observar que o uso das informações contidas nos setores censitários é muito importante para a construção de uma metodologia prática e que observe os princípios da isonomia para demarcação de FMPs em áreas urbanas. Tal metodologia possibilita a adoção de critérios objetivos, fornecendo subsídios ao analista do órgão ambiental competente (no caso do Estado do Rio de Janeiro, o INEA) para que este possa avaliar a possibilidade de enquadramento dos requisitos expostos nos incisos I e II do art.4º do Decreto Estadual nº 42.356/2010, sendo esta uma das condições para definição de áreas urbanas consolidadas.

Nesse sentido, observa-se que apenas 4,1% (1.784,24 km²) do território fluminense estaria passível de aplicação dos limites estabelecidos no decreto estadual supracitado, cabendo ainda a validação dos demais incisos (III e IV) não analisados no presente trabalho, o que reduziria ainda mais este percentual de área. Em paralelo, apenas 2.488,24 km de trechos de cursos d'água, que representam 2,1% da extensão total dos cursos

d'água (12.0613,88km) que fluem nos limites do estado, poderiam ser enquadrados de acordo com o referido instrumento legal.

Os números supracitados mostram que os esforços empreendidos tanto com mão-de-obra qualificada dos órgãos, quanto com recursos públicos financeiros, acabam ficando concentrados em 4,1% do território estadual, ou, mais exatamente, em 2,1% da extensão total dos cursos d'água que fluem nos limites do estado, já que a maioria dos pedidos de demarcação de FMP feitos ao INEA é dentro dessas áreas urbanas. Nesse sentido, as ações de planejamento quanto à ocupação territorial ficam prejudicadas, uma vez que deveriam priorizar as áreas que ainda não sofreram ocupação desordenada e que, por conta disso, seria essencial que estivessem com suas FMPs previamente demarcadas pelo INEA. Estas FMPs deveriam ser inseridas nos planos diretores e de zoneamento urbano dos municípios, de modo que as novas ocupações já respeitassem tais limites estabelecidos em lei.

A adoção da metodologia aqui proposta é um importante passo para que se possa iniciar a demarcação da FMP de forma contínua, isto é, ao longo de todos os cursos d'água existentes no estado, possibilitando maior planejamento das ações do órgão ambiental e contribuindo para a preservação das matas ciliares dos referidos cursos d'água. 🍀

Referências bibliográficas

BRASIL. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 25 maio 2012.

CARVALHO JUNIOR, M. M. **Metodologia para determinação das áreas de preservação permanente das margens de cursos d'água e sua relação na**

determinação de hidrogramas ambientais: um estudo de caso na bacia do rio Piabanha. 2013. 147 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Setores Censitários**. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_estatisticos/censo_2010/mapas_de_setores_censitarios/. Acesso em: 20 abr. 2021.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Norma Operacional INEA nº 33, de 10 de dezembro de 2015**. Norma operacional para demarcação de faixas marginais de proteção e das faixas non aedificandi de cursos d'água no estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: INEA, 2016.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Portal GeolNEA:** base de dados geoespaciais, 2021. Disponível em: <https://inea.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=00cc256c620a4393b3d04d2c34acd9ed>. Acesso em: 27 abr. 2021.

RIO DE JANEIRO. [Constituição (1989)]. **Constituição Estadual do Rio de Janeiro**. [Rio de Janeiro: s.n.],1989.

RIO DE JANEIRO. Decreto Estadual 42.356, de 16 de março de 2010. Dispõe sobre o tratamento e a demarcação das faixas marginais de proteção nos processos de licenciamento ambiental e de emissões de autorizações Ambientais no Estado do Rio de Janeiro. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, 17 mar. 2010.

RIO DE JANEIRO. Lei Estadual nº 650, de 11 de janeiro de 1983. Dispõe sobre a Política Estadual de defesa e proteção das bacias fluviais e lacustres do Rio de Janeiro. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, 12 jan. 1983.

Sobre os autores

Mauro Medeiros de Carvalho Junior

Mestre em Engenharia Civil com ênfase em Meio Ambiente pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). MBA Executivo: Gestão Pública com ênfase em Projeto pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Engenheiro Ambiental graduado pela UFRJ. É chefe do Serviço de Engenharia Aquaviária (SEA) e instrutor do Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR) no Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT/MInfra), além de professor do Núcleo de Sustentabilidade da Pós-Graduação da Universidade Veiga de Almeida (UVA). Foi gerente de Licenciamento de Recursos Hídricos e engenheiro de Recursos Hídricos no Instituto Estadual do Ambiente (INEA/RJ).

Naiara da Silva Pitta

Pós-graduada em Auditoria e Perícia Ambiental pelo Centro Universitário Internacional (2019). Graduada em Engenharia Civil (2016) e em Engenharia Ambiental (2012) pelo Centro Universitário de Volta Redonda. Atualmente, cursa mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). É sócia-diretora na empresa Nascente Soluções Ambientais e de Recursos Hídricos.

Monique de Faria Marins

Mestre em Meio Ambiente/Recursos Hídricos pelo COPPE/UFRJ (2013). Graduada em Engenharia Civil (UFRJ/2016) e em Engenharia Agrícola e Ambiental (Universidade Federal Fluminense/2009) Atualmente, cursa doutorado no Programa de Pós-graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra (UFF). É sócia-diretora da empresa Nascente Soluções Ambientais e de Recursos Hídricos.



Florística e estrutura de uma Floresta Estacional Semidecidual em São Pedro da Aldeia (RJ) como subsídio à criação de unidade de conservação municipal

Floristics and structure of a Semideciduous Seasonal Forest in São Pedro da Aldeia (RJ) as an aid for creating a municipal protected area

► Fabio Mostacato Bastos; Luís Fernando Faulstich Neves; Bruno Coutinho Kurtz

► Resumo

A Região das Baixadas Litorâneas do Rio de Janeiro apresenta vários fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual ainda pouco conhecidos e sob grande pressão antrópica. Neste sentido, o Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de São Pedro da Aldeia indicou a necessidade de realização de estudos científicos para a criação de uma unidade de conservação no local conhecido como Ilha dos Macacos. Assim, o objetivo do presente estudo foi caracterizar a composição florística e a estrutura fitossociológica neste local. Espécies com diferentes hábitos foram amostradas no estudo florístico. O estudo fitossociológico caracterizou o estrato lenhoso (DAP ≥ 5 cm) em 15 parcelas de 10 x 20 m. Em ambos os estudos, foram registradas 229 espécies, 11 delas ameaçadas de extinção e outras pertencentes à flora de interesse conservacionista (raras, endêmicas e/ou com poucos registros em herbários). Os parâmetros fitossociológicos sugerem que a floresta está em estágio avançado de sucessão. Os resultados do estudo mostraram a importância da vegetação da Ilha dos Macacos, subsidiando o município no processo de criação de uma unidade de conservação de proteção integral no local.

► Abstract

The Baixadas Litorâneas (coastal plains) Region of Rio de Janeiro has several fragments of Seasonal Semideciduous Forest still little known and under great anthropic pressure. In this sense, the Municipal Plan for Conservation and Recovery of the Atlantic Forest of São Pedro da Aldeia indicated the need of scientific studies aiming the establishment of a protected area in the place known as Ilha dos Macacos. Thus, the objective of the present study was to characterize the floristic composition and the phytosociological structure of this site. Botanical material from species with different habits was collected for the floristic survey. The woody stratum (DBH ≥ 5 cm) was characterized by 15 plots of 10 x 20 m in the phytosociological survey. Two hundred and twenty nine species were registered in both studies, 11 of which officially threatened, in addition to other species of conservation interest (rare, endemic and/or with little herbaria registers). The phytosociological parameters suggest that the forest is in an advanced stage of succession. The results showed the importance of the vegetation of Ilha dos Macacos, aiding the municipality in the process of creating a protected area at the site.

Palavras-chave

Baixas Litorâneas. Centro de Diversidade Vegetal de Cabo Frio. Espécies Ameaçadas. Espécies Endêmicas.

Keywords

Coastal Plains. Centre of Plant Diversity of Cabo Frio. Threatened Species. Endemic Species.

1. Introdução

As Florestas Estacionais Semidecíduais (FES) estão entre as formações vegetais existentes na Região Florística do Sudeste e relacionam-se à ocorrência de clima estacional, que determina a queda parcial da folhagem da cobertura florestal. Constituem-se por fanerófitos com gemas foliares protegidas da seca por escamas (catáfilos ou pelos), cujas folhas adultas são esclerófilas ou membranáceas decíduas. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012), 20-50% das árvores dessas florestas são caducifólias. No Estado do Rio de Janeiro, são encontradas as seguintes subformações: FES Aluviais, FES de Terras Baixas, FES Submontanas e FES Montanas (IBGE, 2012).

A Região das Baixadas Litorâneas (RBL), definida como uma das Regiões de Governo pela Lei Estadual nº 1.227/1987 (RIO DE JANEIRO, 1987), ainda possui fragmentos de FES com variadas extensões, formatos, idades, graus de conectividade, matrizes e níveis de perturbação, o que é possível observar, em parte, no mapeamento do Centro de Diversidade Vegetal de Cabo Frio (CDVCF), uma área cujos limites geográficos contemplam quase todos os municípios da RBL (BOHRER et al., 2009). O CDVCF é uma região caracterizada por alta riqueza e endemismo de espécies vegetais, numa paisagem heterogênea, sob um regime climático de baixa pluviosidade e marcada estiagem (ARAÚJO, 1997; BOHRER et al., 2009), com influência direta do fenômeno oceanográfico da ressurgência (VALENTIN, 2001). É um dos 234 Centros de Diversidade de Plantas do planeta, que têm como objetivo subsidiar a proteção de sítios de primordial importância (DAVIS et al., 1997).

Auguste de Saint-Hilaire, um dos mais ilustres botânicos a visitar as Baixadas Litorâneas, afirmou que as florestas virgens causavam uma espécie de terror religioso, exceto nele. Fato é que os jesuítas promoveram o desmatamento de praticamente toda a região florestada da bacia do Rio Una com a fundação da Fazenda Campos Novos, no início do século XVII (LAMEGO, 1946). A retificação de rios nas Baixadas Litorâneas, como o Rio Una e seus tributários, promoveu atividades agropecuárias a partir da

drenagem das áreas pantanosas, causando grandes impactos nas florestas da região (BIDEGAIN; PEREIRA, 2005). Mais recentemente, a desruralização de áreas com remanescentes de FES, provocada pelo avanço das zonas de expansão urbana, ou mesmo a urbanização total, como ocorreu no município de Armação dos Búzios após a Lei Complementar nº 13/2006 (Armação dos Búzios, 2006), favoreceram a implantação de loteamentos ou outras atividades, não raro sobre fragmentos extremamente relevantes do ponto de vista da conservação, algo facilmente observável nas plataformas de imagens de satélites de franco acesso.

Adicionalmente, interpretações geográficas do tipo de fitofisionomia nos morros costeiros, especialmente em Arraial do Cabo, Cabo Frio e Armação dos Búzios, contribuíram para a destruição de FES nas últimas quatro décadas. Em contrapartida, um grande esforço acadêmico foi empreendido para comprovar que a vegetação dos morros costeiros, incluindo a das ilhas, não deveria ser tipificada como Estepe Arbórea Aberta (URURAHY; COLLARES; SANTOS, 1987) nem como Savana Estépica Florestada (VELOSO; RANGEL-FILHO; LIMA, 1991), ambas vegetações do bioma Caatinga. A falta de consenso vinha causando sérios impactos na conservação da vegetação local, que é FES, uma formação da Mata Atlântica (OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000; SÁ, 2006). Mais recentemente, Oliveira (2019) demonstrou, através de dados de campo e do uso de ferramentas de sensoriamento remoto em fina escala (1:2.000), que a vegetação de morro costeiro da Área de Proteção Ambiental de Praia da Azeda e Azedinha (APA Azeda e Azedinha), na Armação dos Búzios, é, de fato, FES.

Entretanto, as FES das Baixadas Litorâneas ainda são pouco conhecidas do ponto de vista botânico. As mais estudadas são as da Armação dos Búzios (DANTAS, 2005; FARÁG, 1999; KURTZ; SÁ; SILVA, 2009; SÁ, 2006), seguidas pelas de São Pedro da Aldeia (BASTOS, 2020; SÁ, 2006). Outros municípios da RBL não têm estudos conhecidos em FES, especialmente Iguaba Grande, Saquarema e Araruama. As FES totalizam 10.384,2 ha, considerando também as Florestas Secas (SÁ, 2006), e se localizam do centro para leste da área do CDVCF, conforme mapeamen-

to realizado por Bohrer et al. (2009) em escala de 1:300.000, no qual destacam-se a drástica fragmentação, redução e isolamento dessas florestas.

As Florestas Estacionais Semidecíduais possuem “mapas falados” nos Planos Municipais de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica da região (RIO DE JANEIRO, 2017), um recente e importante instrumento de política pública que atende à Lei da Mata Atlântica (BRASIL, 2006) e sua regulamentação (BRASIL, 2008). O plano para o município de São Pedro da Aldeia indica a necessidade de estudos científicos como condição para a criação de uma unidade de conservação (UC) na Ilha dos Macacos, alvo do presente estudo. Portanto, o objetivo aqui é apresentar dados florístico-estruturais da Ilha dos Macacos, no contexto das FES das Baixadas Litorâneas, para subsidiar a criação de uma unidade de conservação em São Pedro da Aldeia.

2. Material e métodos

A Ilha dos Macacos localiza-se próxima ao Assentamento Ademar Moreira, instalado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) no bairro São Mateus, área rural de São Pedro da Aldeia, município do Estado do Rio de Janeiro. É uma paisagem com matriz de planície aluvial, onde fragmentos de FES em diferentes estágios de sucessão ocupam as suaves elevações (menores que 50 m), em meio a extensos campos de gramíneas sujeitos à inundação sazonal do Rio Una e seus tributários, o Flecheira e o Papicu (BASTOS, 2020). A presença de bugios ruivos (*Alouatta guariba clamitans*) na Ilha dos Macacos explica o topônimo dado pelos moradores (BASTOS et al., no prelo). O clima é do tipo Aw de Köppen-Geiger: savânico, com estiagem no inverno, sendo agosto o mês mais seco (média de 38 mm de precipitação) e dezembro, o mais chuvoso (média de 119 mm). A pluviosidade anual média é de 885 mm, e a temperatura média, de 23° C (CLIMATE-DATA.ORG, 2020). Trata-se de uma mancha de FES de Terras Baixas (IBGE, 2012).

A área de estudo (Figura 1) situa-se a noroeste do mosaico de fragmentos florestais. O fragmento onde foram instaladas as parcelas do estudo fitossociológico (centróide em 22°43'20.02"S e 42°7'25.37"O) tem

formato elipsóide, 35,6 ha e maiores extensões lineares no sentido norte-sul (850 m) e leste-oeste (510 m); a altitude varia de 7 m (borda) até 35 m sobre o mar. Trata-se de um fragmento que desde 1984 não apresenta alterações visíveis, diferentemente da maioria dos outros fragmentos que vêm se regenerando desde então, segundo verificado na série histórica de imagens do Google Earth (BASTOS, 2020). O estudo florístico foi realizado no caminho para as parcelas do estudo fitossociológico, nas bordas do fragmento e na estrada de acesso, entre maio de 2018 e julho de 2020.

A metodologia utilizada para o estudo fitossociológico foi a amostragem aleatória simples, com parcelas fixas de 10 x 20 m (MARTINS, 1993; MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974), devido ao aspecto homogêneo da vegetação e do relevo. Para identificar o número mínimo de parcelas que garantisse a qualidade dos dados fitossociológicos, a fração amostral foi calculada em planilha de dados eletrônica (*Microsoft Excel*), conforme a variância das médias de diâmetro à altura do peito (DAP) de cada parcela, para uma população infinita, com limite de erro de 10% e acurácia de 95% ($p = 0,05$) (KERSTEN; GALVÃO, 2011). Para a avaliação da suficiência amostral em termos de espécies, foi utilizado o estimador não paramétrico *Bootstrap*, de aplicação geral em pesquisas ecológicas (PILLAR, 1998; SCHILLING; BATISTA, 2008). Os cálculos foram feitos no software *EstimateS 9.1* (COLWELL, 2013). Os parâmetros fitossociológicos foram calculados com o programa *Fitopac* versão 2.1 (SHEPHERD, 2010).

O critério de inclusão do estrato lenhoso foi o DAP (diâmetro à altura do peito; 1,3 m do solo) \geq 5 cm, recomendado para amostragem do componente arbóreo-arbustivo em levantamentos fitossociológicos na Mata Atlântica (MORO; MARTINS, 2011). Lianas lenhosas foram medidas uma única vez, mesmo que enraizadas várias vezes dentro da parcela. Plantas perfilhadas tinham os troncos medidos quando atendiam ao critério de inclusão. A altura foi estimada com base no podão.

Adicionalmente, foram feitas coletas assistemáticas para o estudo de florística, incluindo todos os hábitos. A nomenclatura botânica das espécies seguiu a *Lista de Espécies da Flora do Brasil* (FLORA DO BRASIL, 2020). O material testemunho foi tombado

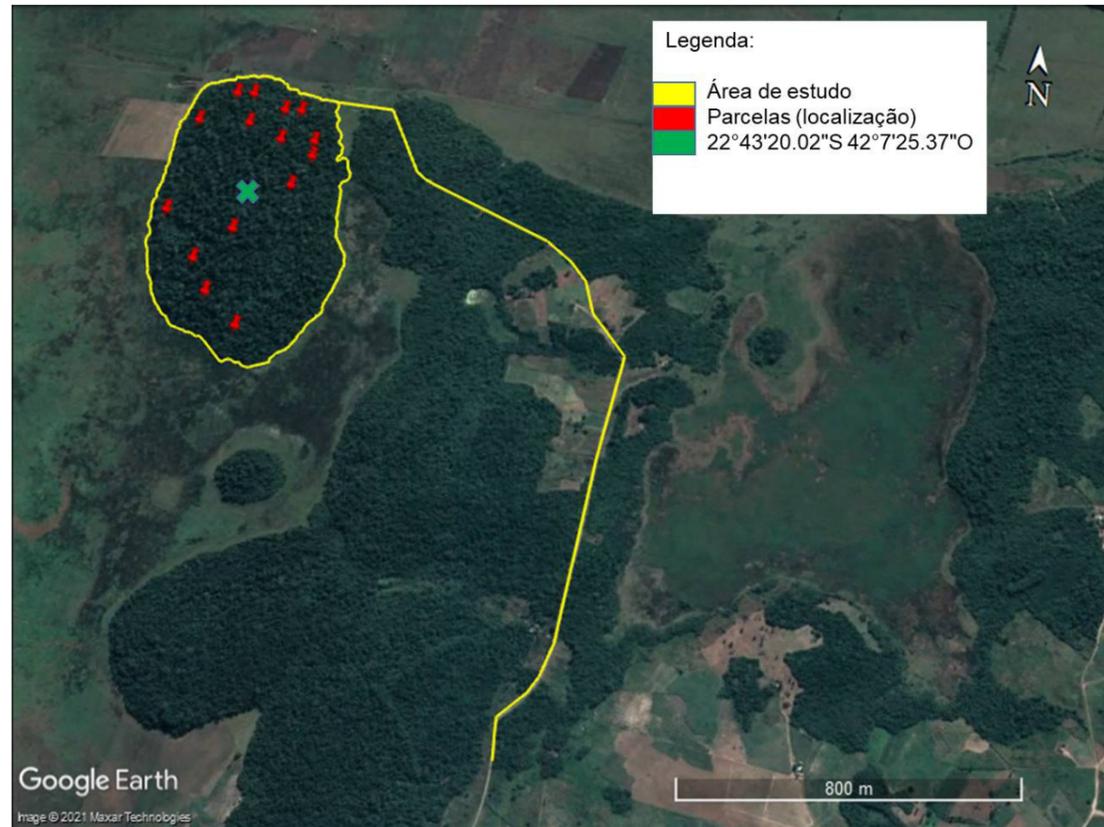


Figura 1 - Área de estudo na Ilha dos Macacos (São Pedro da Aldeia, RJ)

Fonte: Google Earth (02/07/2018)

no Herbário RB do Instituto de Pesquisas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Esta pesquisa teve autorização para atividades com finalidade científica do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO nº 75375-1).

3. Resultados e discussão

O estudo fitossociológico amostrou 419 indivíduos lenhosos, de 36 famílias e 104 espécies (Anexo 1, em material suplementar), incluindo 15 indivíduos de lianas, de oito espécies e quatro famílias. A maioria das espécies (S = 81) foi identificada em nível específico. Duas ficaram a conferir (cf.), 18 foram identificadas em nível genérico e três permaneceram indeterminadas (duas árvores e uma liana sem material foliar). O grande número de indivíduos estéreis, algo que tem sido uma constante em levantamentos fitossociológicos na Mata Atlântica, dificultou a identificação plena do material coletado.

O cálculo da fração amostral utilizando o DAP como variável estimou o número ideal de 14 parcelas. No entanto, preferiu-se implantar 15 parcelas, o que resultou numa área amostral de 0,3 hectare. Adicionalmente, o total de indivíduos mensurados (n = 419) atingiu o número ideal, conforme Durigan (2012) afirmou para a maioria das formações florestais (400 a 600 indivíduos medidos). O estimador *Bootstrap* indicou 128 espécies esperadas para a área. Desta forma, o esforço amostral empreendido (S = 104) correspondeu a 81,25% do total estimado.

As famílias mais ricas no levantamento fitossociológico, compondo quase 38% das espécies (Figura 2), foram Fabaceae, Myrtaceae e Sapotaceae. Tal resultado vai ao encontro do padrão observado nas FES próximas, nas quais Myrtaceae e Fabaceae se alternam como as mais ricas nos trechos estudados (Tabela 1). Estas famílias estão entre as mais ricas em espécies arbustivo-arbóreas nas FES do Sudeste brasileiro (OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000).

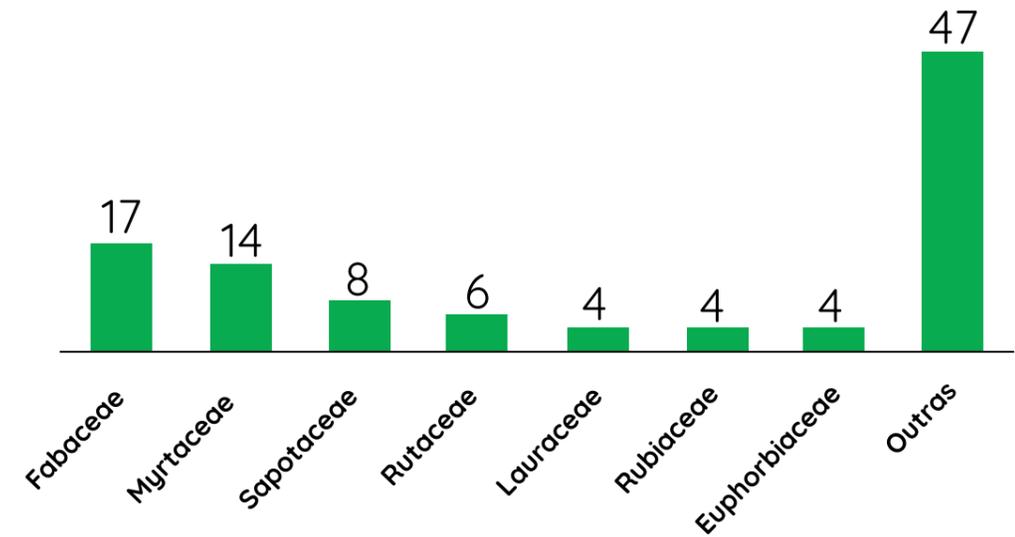


Figura 2 - Famílias com maior riqueza de espécies em Floresta Estacional Semidecidual na Ilha dos Macacos (São Pedro da Aldeia/RJ)

Fonte: Elaborada pelos autores

Tabela 1 - Famílias com maior riqueza de espécies em Florestas Estacionais Semidecisuais das Baixadas Litorâneas/RJ				
Município	Famílias (spp.)			Fontes
São Pedro da Aldeia	Fabaceae (17)	Myrtaceae (14)	Sapotaceae (8)	ESTE ESTUDO
	Myrtaceae (33)	Fabaceae (18)	Bignoniaceae (9)	SÁ, 2006
Armação dos Búzios	Myrtaceae (27)	Fabaceae (24)	Euphorbiaceae (10)	FARÁG, 1999
	Fabaceae (20)	Myrtaceae (11)	Euphorbiaceae (6)	KURTZ; SÁ; SILVA, 2009
	Fabaceae (17)	Rubiaceae; Myrtaceae (11)		SÁ, 2006
	Myrtaceae (16)	Fabaceae (7)	Euphorbiaceae (6)	DANTAS, 2005
	Myrtaceae (8)	Fabaceae; Euphorbiaceae (7)		DANTAS, 2005
Cabo Frio	Fabaceae (15)	Myrtaceae (14)	Euphorbiaceae (6)	SÁ, 2006
Arraial do Cabo	Myrtaceae (15)	Fabaceae (14)	Rubiaceae (11)	SÁ, 2006

Fonte: Elaborada pelos autores

As famílias mais abundantes no levantamento fitossociológico, compondo mais de 54% dos indivíduos medidos (Figura 3), foram Euphorbiaceae, Fabaceae e Rutaceae. A elevada abundância de Euphorbiaceae parece ser uma característica comum nas FES da região, como observado inicialmente por

Kurtz, Sá e Silva (2009). Fato é que esta família é a mais abundante na maioria dos trechos estudados de FES das Baixadas Litorâneas, seguida, de longe, por Fabaceae (Tabela 2).

Não foi uma surpresa constatar que o gênero mais rico no estudo estrutural (10 spp.) foi o *Eugenia*,

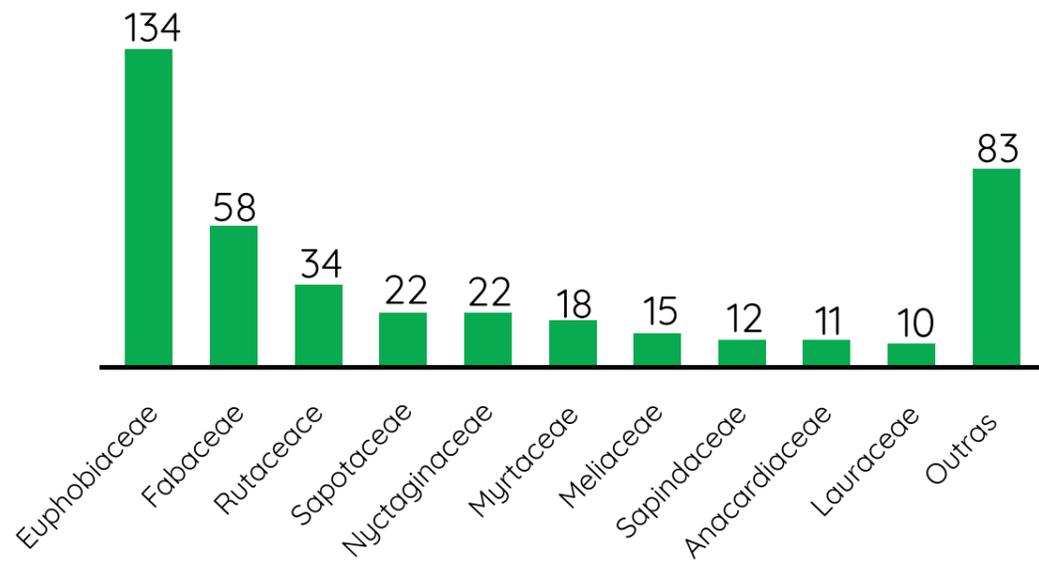


Figura 3: Famílias com maior número de indivíduos em Floresta Estacional Semidecidual, na Ilha dos Macacos (São Pedro da Aldeia/RJ)
Fonte: Elaborada pelos autores

Tabela 2 - Famílias com maior número de indivíduos nas Florestas Estacionais Semidecíduais das Baixadas Litorâneas/RJ				
Município	Famílias (spp.)			Fontes
São Pedro da Aldeia	Euphorbiaceae (134)	Fabaceae (58)	Rutaceae (34)	ESTE ESTUDO
	Rubiaceae (123)	Myrtaceae (92)	Euphorbiaceae (91)	SÁ, 2006
Armação dos Búzios	Euphorbiaceae (279)	Myrtaceae (206)	Fabaceae (194)	FARÁG, 1999
	Euphorbiaceae (465)	Fabaceae (157)	Myrtaceae (122)	KURTZ; SÁ; SILVA, 2009
	Euphorbiaceae (136)	Fabaceae (106)	Rubiaceae(42)	SÁ, 2006
	Euphorbiaceae (79)	Rubiaceae (62)	Fabaceae (53)	DANTAS, 2005
	Fabaceae (50)	Euphorbiaceae (39)	Myrtaceae; Olacaceae (13)	DANTAS, 2005
Cabo Frio	Fabaceae (159)	Euphorbiaceae (119)	Rutaceae (61)	SÁ, 2006
Arraial do Cabo	Euphorbiaceae (81)	Olacaceae (51)	Fabaceae (50)	SÁ, 2006

Fonte: Elaborada pelos autores

com representatividade quase incomparável na flora nacional (FORZZA et al., 2010), na Floresta Atlântica (OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000) e nos outros trechos estudados de FES das Baixadas Litorâneas, em São Pedro da Aldeia, Cabo Frio e Armação dos Búzios (DANTAS, 2005; FARÁG, 1999; KURTZ; SÁ; SILVA, 2009; SÁ, 2006). Após *Chrysophyllum* (5 spp.), segunda co-

locada, a riqueza do gênero *Ocotea* (três spp.) foi um resultado interessante para a Ilha dos Macacos, pois já havia sido observada a escassez de gêneros e espécies arbóreas da família Lauraceae na estrutura de outras FES da região (FARÁG, 1999; KURTZ; SÁ; SILVA, 2009; SÁ, 2006). Entretanto, a família está entre as cinco mais ricas em FES e em Florestas Om-

brófilas (OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000) na Região Florística do Sudeste. Talvez a localização da Ilha dos Macacos, a um 1 km de distância da margem direita do Rio Una e, por isso, sujeita a uma oferta hídrica maior no subsolo em épocas de cheias, explique a riqueza de *Ocotea* (e mais uma espécie de Lauraceae). A Ilha dos Macacos também se localiza numa faixa em que a pluviosidade anual (PINTO et al., 2011) é 100 mm maior do que nas FES mais costeiras.

Em comparação com os fragmentos de FES da região, os parâmetros fitossociológicos gerais, a riqueza e a uniformidade do fragmento estudado na Ilha dos Macacos são relativamente próximos (Tabela 3). No entanto, tais descritores devem ser analisados com cautela por conta das diferenças metodológicas, especialmente quanto ao tamanho da área amostral (CAVASSAN; CESAR; MARTINS, 1984) e ao critério de inclusão (OLIVEIRA-FILHO, 1989). Entre os descritores, a dominância absoluta é o parâmetro mais confiável para comparação entre comunidades, por sofrer menos interferência do critério de inclusão (DURIGAN, 2012). Assim, os trechos de maior altitude (entre 250-300 m.s.m.) da Serra de Sapiatiba e da Ilha de Cabo Frio (SÁ, 2006) possuem os maiores valores de dominância absoluta, o que pode estar relacionado à maior dificuldade de acesso e uso do solo, no primeiro caso, e à proteção oferecida pela Marinha do Brasil, no segundo. A diversidade (*H'*) variou entre 3,60 e 4,18 nat/ind., valores considerados altos para FES, haja vista que os valores para as florestas atlânticas variam de 3,61 a 4,07 nat/ind. (MARTINS, 1993).

Os parâmetros fitossociológicos variaram bastante entre as espécies no trecho estudado. As mais abundantes foram *Actinostemon verticillatus* e *Senefeldera verticillata* (Euphorbiaceae), típicas de matas litorâneas (PSCHEIDT; CORDEIRO, 2012). Outras se destacaram pela dominância, sendo *Jacaratia spinosa* (Caricaceae) um exemplo interessante de como uma espécie com apenas um indivíduo pode figurar entre as mais importantes da comunidade. A ocorrência deste grande indivíduo sugere que a vegetação se encontra em estágio avançado de sucessão, pois a espécie é considerada pioneira (PIRATELLI et al., 1998) e, por isso, tem sua população reduzida à medida que a comunidade vai amadurecendo.

Os parâmetros fitossociológicos gerais e a diversidade da vegetação também sugerem que o fragmento estudado esteja em estágio avançado de sucessão, embora a Resolução nº 6/1994 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 1994), tomada como base, considere 20 cm a média de DAP para vegetações secundárias neste estágio, valor acima dos 11,3 cm registrados na Ilha dos Macacos. A cobertura vegetal é estratificada, com espécies emergentes ≥ 20 m (n = 5), dossel fechado em sua maior parte, exceto nas clareiras naturais causadas por queda de árvores, e sub-bosque relativamente esparsos, com frequentes e diversos arbustos do gênero *Conchocarpus* (Rutaceae) (S = 7). A serrapilheira é abundante, exceto em alguns pontos de clareiras onde é possível observar o solo em meio às folhas. Predominam as trepadeiras de porte lenhoso, destacando-se três indivíduos de idade avançada (DAP ≥ 10 cm): *Thynanthus cognatus* (Bignoniaceae) (11,9 cm), *Schnella microstachya* (Fabaceae) e *Leucaster caniflorus* (Nyctaginaceae), ambas com 10,2 cm de DAP. A existência de lianas com DAP ≥ 10 cm é outro indicador de estágio sucessional avançado, segundo Letcher e Chazdon (2009) e Castello, Coelho e Cardoso-Leite (2017).

Vários indivíduos arbóreos com DAP ≥ 20 cm (n = 44) foram mensurados, com o trecho estudado, inclusive, possuindo alguns com os maiores DAPs encontrados entre as FES das Baixadas Litorâneas – *Pterygota brasiliensis* (Malvaceae): 106,6 cm; *Jacaratia spinosa* (Caricaceae): 100,2 cm; *Gallesia integrifolia* (Phytolaccaceae): 74,5 cm; e *Pradosia kuhlmannii* (Sapotaceae); 71 cm (Tabela 4) –, sugerindo ser este um remanescente com elementos relictuais dos pântanos florestados do Rio Una (LAMEGO, 1946). As espécies acima, incluindo *Peltogyne discolor*, *Pseudopiptadenia inaequalis* (ambas Fabaceae) e *Chrysophyllum januariense* (Sapotaceae), são as emergentes na estrutura vertical.

Quatro espécies arbóreas ameaçadas de extinção foram amostradas no estudo fitossociológico (Tabela 5). *P. kuhlmannii*, espécie considerada “em perigo” (BRASIL, 2014a; MARTINELLI; MORAES, 2013), destacou-se na estrutura da floresta, principalmente pela dominância absoluta (2,4 m²/ha).

Tabela 3 - Comparação dos parâmetros fitossociológicos da Ilha dos Macacos e demais fragmentos de FES nas Baixadas Litorâneas									
Município	DM	DT	DoA	NE	H'	J'	CI	AA	Fontes
São Pedro da Aldeia	11,3	1.396	27,3	104	3,79	0,81	≥ 5	0,3	ESTE ESTUDO
	6,3	6.680	39,9	140	4,03	0,86	≥ 2,5	0,1	SÁ, 2006
Armação dos Búzios	-	2.426	32	124	4,05	0,84	≥ 5	0,5	FARÁG, 1999
	9,8	2.386	23,6	98	3,6	0,79	≥ 5	0,5	KURTZ; SÁ; SILVA, 2009
	6,3	5.900	29,8	115	4,05	0,85	≥ 2,5	0,1	SÁ, 2006
	-	6.071	13,3	62	-	-	≥ 2,5	0,03	DANTAS, 2005
	-	6.200	4,64	77	-	-	≥ 2,5	0,07	DANTAS, 2005
Cabo Frio	5,6	5.940	20,5	84	3,78	0,85	≥ 2,5	0,1	SÁ, 2006
Arraial do Cabo	6,5	6.420	36,5	129	4,18	0,86	≥ 2,5	0,1	SÁ, 2006

Legenda: Diâmetro Médio (DM, em cm), Densidade Total (DT, em ind./ha), Dominância Absoluta (DoA, em m²/ha), número de espécies (NE), Índice de Shannon (H'), Índice de Equabilidade (J'), Critério de Inclusão de DAP (CI, em cm) e área amostrada (AA, em ha)
Fonte: Elaborada pelos autores

Tabela 4 - Espécies arbóreas com maiores diâmetros nas Florestas Estacionais Semidecíduais das Baixadas Litorâneas/RJ				
Município	Maior DAP	Família	Espécie	Fontes
São Pedro da Aldeia	106,6 cm	Malvaceae	<i>Pterygota brasiliensis</i>	ESTE ESTUDO
	62,5 cm	Anacardiaceae	<i>Spondias venulosa</i>	SÁ, 2006
Armação dos Búzios	65,6 cm	Fabaceae	<i>Libidibia ferrea</i>	FARÁG, 1999
	39 cm	-	-	KURTZ; SÁ; SILVA, 2009
	52,7 cm	Asteraceae	<i>Eremanthus erythropappus</i>	SÁ, 2006
	64 cm	Fabaceae	<i>Pseudopiptadenia contorta</i>	DANTAS, 2005
Cabo Frio	21,8 cm	Fabaceae	<i>Chloroleucon tortum</i>	SÁ, 2006
Arraial do Cabo	49 cm	Myrtaceae	<i>Eugenia sp.</i>	SÁ, 2006

Fonte: Elaborada pelos autores

Apesar de ser uma espécie costeira (TERRA-ARAÚJO; FARIA; SWENSOU, 2016), não há registro dela nos estudos aqui comparados, sendo encontrada no interior das Baixadas Litorâneas, em Floresta Ombrófila Densa Submontana, na Reserva Biológica de Poço das Antas (GUEDES-BRUNI et al., 2006). *C. januariense* teve baixa densidade (13,3 ind./ha), resultado parecido com o aferido por Sá (2006), na Ilha de Cabo Frio, e ligeiramente maior que os encontrados por Dantas (2005) e Kurtz, Sá e Silva (2009) na Armação dos Búzios. Já *Ficus cyclophylla* esteve entre as espécies de menor densidade (3,3 ind./ha) e, entre as FES da região, só foi registrada na Ilha dos Macacos. As duas últimas espécies são consideradas "vulneráveis" (RIO DE JANEIRO, 2018; MARTINELLI et al., 2018). Por fim, *Cariniana legalis*, também com baixa densidade na Ilha dos Macacos, encontra-se "em perigo" (BRASIL, 2014a; MARTINELLI; MORAES, 2013). Esta espécie foi encontrada somente nesta localidade e na Serra da Sapatiba (SÁ, 2006), também com apenas um indivíduo.

Ao longo dos últimos 30 anos, a descoberta de espécies ameaçadas em estudos fitossociológicos em FES da região motivou e continua motivando várias ações conservacionistas por parte da sociedade civil organizada e dos governos estaduais e municipais. Assim, pouco depois do estudo de Farág (1999), foi criada a Área de Proteção Ambiental (APA) do Pau Brasil, por meio do Decreto Estadual nº 31.346/2002 (RIO DE JANEIRO, 2002), que deu proteção legal aos trechos estudados pelo pesquisador e por Kurtz, Sá e Silva (2009). A Serra da Sapatiba já estava, no entanto, sob a proteção da APA Estadual homônima, criada pelo Decreto Estadual nº 15.136/1990 (RIO DE JANEIRO, 1990), quando Sá (2006) realizou seu estudo. Apesar disso, as UCs de uso sustentável são menos rigorosas na regulamentação do uso do solo. Assim, em 2011, diante das pressões antrópicas sobre os ecossistemas costeiros das Baixadas Litorâneas, foi criado o Parque Estadual da Costa do Sol, por meio do Decreto Estadual nº 42.929/2011 (RIO DE JANEIRO, 2011), o que melhorou bastante a proteção legal desses ecossistemas, incluindo os trechos estudados acima, além daqueles estudados por Sá (2006), na Armação dos Búzios e

em Cabo Frio. Infelizmente, parte das áreas estudadas por Dantas (2005), especialmente entre a Ponta do Pai Vitório e a Praia da Gorda, não logrou a mesma sorte de estar sob a guarda de uma UC de proteção integral. Neste trecho, entre as espécies ameaçadas registradas, destaca-se *Hornschuchia alba* (Annonaceae), endêmica e "criticamente ameaçada" no Estado do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2018; MARTINELLI et al., 2018).

O estudo florístico, com a amostragem de mais 23 famílias e 128 espécies, complementou o levantamento fitossociológico da Ilha dos Macacos. No total, foram amostradas 59 famílias e 229 espécies (excluindo-se três espécies indeterminadas do estudo de estrutura), incluindo 134 árvores, 36 arbustos, 32 lianas, duas palmeiras e 25 plantas herbáceas (11 epífitas e duas hemiepífitas) (Anexo 2, em material suplementar). Constatou-se também um aumento dos registros de espécies ameaçadas de extinção, elevando o apelo para a criação de uma unidade de conservação no local. Houve acréscimo de sete espécies ameaçadas (Tabela 5) e uma possível nova ocorrência registrada para o Estado do Rio de Janeiro. A realização de um estudo florístico abrangente, não se restringindo somente a indivíduos lenhosos com DAP ≥ 5 cm, visou conhecer melhor as espécies da área de estudo, possibilitando um aumento da lista de ocorrência da flora e a detecção daquelas prioritárias em termos de conservação (LUBER et al., 2016).

Além das espécies ameaçadas, destacaram-se as arbóreas *Terminalia cf. mameluco*, que poderá se configurar como uma nova ocorrência para o Estado do Rio de Janeiro (MARQUETE; LOIOLA, 2015; RIBEIRO; LOIOLA; SALES, 2017) caso se confirme sua identificação (os dois indivíduos encontrados estão em monitoramento para coleta de material fértil), e *Pseudopiptadenia warmingii*, por não constar ainda da lista de Fabaceae para o CDVCF (RIBEIRO; LIMA, 2009). Cabe destacar também que várias outras espécies são consideradas de interesse conservacionista, apesar de não estarem incluídas em listas vermelhas oficiais (HALLINGBÄCK, 2013). Vinte espécies raras, endêmicas, com poucos registros em herbários no Estado do Rio de Janeiro e/ou de interesse para pesquisa e conser-

Tabela 5 - Espécies ameaçadas de extinção na área de estudo da Ilha dos Macacos, São Pedro da Aldeia/RJ

Município	Espécie	Categoria	Referência
Acanthaceae	<i>Justicia meyeniana</i> (Nees) Lindau	Em Perigo e Endêmica do RJ	RIO DE JANEIRO, 2018; MARTINELLI et al., 2018
Bromeliaceae	<i>Neoregelia eltoniana</i> W.Weber	Em Perigo e Endêmica do RJ	RIO DE JANEIRO, 2018; MARTINELLI et al., 2018
Lecythidaceae	<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	Em Perigo	BRASIL, 2014a; MARTINELLI; MORAES, 2013
Malpighiaceae	<i>Hiraea macrophylla</i> (Colla) P.L.R.Moraes & Guglielmonone (<i>Hiraea wiedeaana</i> A.Juss.)	Em Perigo	BRASIL, 2014a; MARTINELLI; MORAES, 2013
Moraceae	<i>Ficus cyclophylla</i> (Miq.) Miq.	Vulnerável	BRASIL, 2014a; MARTINELLI; MORAES, 2013
Passifloraceae	<i>Passiflora farneyi</i> Pessoa & Cervi	Vulnerável e Endêmica do RJ	RIO DE JANEIRO, 2018; MARTINELLI et al., 2018
Rubiaceae	<i>Fareamea bahiensis</i> Müll. Arg.	Vulnerável	BRASIL, 2014a; MARTINELLI; MORAES, 2013
Sapindaceae	<i>Cupania fluminensis</i> Acev.-Rodr.	Em Perigo e Endêmica do RJ	RIO DE JANEIRO, 2018; MARTINELLI et al., 2018
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum januariense</i> Eichler	Em Perigo	BRASIL, 2014a; MARTINELLI; MORAES, 2013
Sapotaceae	<i>Pradosia kuhlmannii</i> Toledo	Em Perigo	BRASIL, 2014a; MARTINELLI; MORAES, 2013
Violaceae	<i>Rinorea ramiziana</i> Glaz. ex Hekking	Em Perigo	BRASIL, 2014a; MARTINELLI; MORAES, 2013

Fonte: Elaborada pelos autores

vação, segundo opinião de especialistas, foram encontradas na Ilha dos Macacos (BASTOS et al., 2020). Além dos importantes registros da flora, o registro inédito de bugios ruivos (*Alouatta guariba clamitans*) (BASTOS et al., no prelo), espécie “vulnerável” em nível nacional (BRASIL, 2014b) e global (BICCA-MARQUES et al., 2018), reforça, sobremaneira, a necessidade de criação de uma unidade de conservação na área.

O processo de criação de uma UC de proteção integral no local foi iniciado, em 2017, pelo Conselho de Meio Ambiente e Saneamento¹ e está em andamento na Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura de São

Pedro da Aldeia desde 2020². Os dados preliminares de Bastos (2020) e Bastos et al. (2020) vêm subsidiando este processo. Espera-se que este trabalho motive a realização de outros estudos científicos na Ilha dos Macacos, não somente da flora, mas da fauna também, especialmente, sobre o pequeno grupo de bugios ruivos registrados por Bastos et al. (no prelo).

4. Conclusão

O presente estudo caracterizou a estrutura fitossociológica do componente lenhoso e a florística

de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual das Baixadas Litorâneas do Estado do Rio de Janeiro, região ainda pouco conhecida sob o enfoque botânico e sob forte pressão antrópica. Foram encontradas 229 espécies de plantas – 11 das quais ameaçadas de extinção –, uma possível nova ocorrência para o território estadual e outras 20 espécies de interesse conservacionista (endêmicas, raras e/ou com poucos registros botânicos), além de uma pequena população de bugios ruivos, igualmente ameaçada. Estes resultados demonstram claramente a importância do fragmento estudado na Ilha dos Macacos e são extremamente relevantes e indicativos da necessidade de criação de uma unidade de conservação de proteção integral na área, cujo processo de criação já foi iniciado e vem sendo subsidiado pelos dados ora publicados. 🍀

Notas

¹ Comunicação eletrônica de Dalva Mansur (Presidente do Conselho Municipal de Meio Ambiente e Saneamento de São Pedro da Aldeia) para o autor em 20 de novembro de 2017.

² Comunicação eletrônica de Daiana Cabral (Analista Ambiental da Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura de São Pedro da Aldeia) para o autor em 19 de novembro de 2020.

Agradecimentos

Os autores agradecem a valiosa ajuda dos seguintes especialistas: Adriana Q. Lobão (Annonaceae), Cíntia Kameyama (Acanthaceae), Efigênia de Mello (Polygonaceae), Francisca Helena Muniz (Clusiaceae), Henrique B.Z. de Souza (Cannabaceae), Inês Cordeiro (Euphorbiaceae/Phyllanthaceae), José Rubens Pirani (Meliaceae/Rutaceae/Picramniaceae), Juliana de Paula Souza (Violaceae), Júlio Antônio Lombardi (Celastraceae), Leandro C. Pederneiras (Moraceae/Ulmaceae), Marcelo da C. Souza (Myrtaceae), Marcelo Devecchi (Simaroubaceae), Marcelo Leandro Brotto (Lauraceae), Rafael Felipe de Almeida (Malpighiaceae), Rafaela C. Forzza (Bromeliaceae), Rayane

de T.M. Ribeiro (Combretaceae), Mário Gomes (Rubiaceae), assim como dos especialistas no grupo Detweb do Facebook, e dos voluntários de campo, os técnicos Jorge Caruzo Gomes (IPJBRJ) e Carlos Alberto L. de Oliveira (Inea). Agradecemos também as valiosas contribuições dos revisores anônimos e ao Instituto Estadual do Ambiente por fomentar a formação acadêmica de seus servidores.

Referências bibliográficas

ARMAÇÃO DOS BÚZIOS, **Lei Complementar nº 13**, de 22 de maio de 2006. Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Armação dos Búzios. Disponível em: <https://buzios.aexecutivo.com.br/leis.php?id=16>. Acesso em: 18 set. 2021.

ARAÚJO D. S. D. Cabo Frio Region. In: DAVIS S. D. H., HEYWOOD V.H., HERRERA-MACBRYDE O., VILLALOBOS J. & HAMILTON A. C. (eds.). **Centers of Plant Diversity: a guide and strategy for their conservation: The Americas**. Oxford: WWF/IUCN, Vol.3, Pp.373-375, 1997.

BASTOS F. M. **Florística e estrutura da vegetação da Ilha dos Macacos (São Pedro da Aldeia/RJ) como apoio a criação de unidade de conservação**. Dissertação de Mestrado. Escola Nacional de Botânica Tropical/Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 76 p, 2020.

BASTOS F. M.; NEVES L. F. F.; MANSUR D.; KURTZ B. C. **Pequeno trecho de Mata Atlântica em São Pedro da Aldeia/RJ, denominado Ilha dos Macacos, é refúgio para grande número de espécies de interesse conservacionista**. IPEDS - Instituto de Pesquisas e Educação para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <http://ipedes.org.br/ilha-dos-macacos-proj/>, 2021.

BASTOS F. M.; KURTZ B. C.; NEVES L. F. F.; OLIVEIRA L. C. **First record of brown howler monkeys in São Pedro da Aldeia, Rio de Janeiro, Brazil. Neotropical Primates**. No prelo.

BICCA-MARQUES, J. C.; ALVES, S. L.; INGBERMAN, B.; BUSS, G.; FRIES, B. G.; ALONSO, A. C.; CUNHA, R. G. T.; MIRANDA, J. M. D. *Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940. In: **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. Volume II: Mamíferos, pp.155-161. ICMBio/MMA, Brasília, 2018.

BIDEGAIN P.; PEREIRA L. F. **Plano das Bacias Hidrográficas da Região dos Lagos e do rio São João. Consórcio Intermunicipal para Gestão das Bacias Hidrográficas da Região dos Lagos, rio São João e Zona Costeira**. Rio de Janeiro: 153 p, 2005.

BOHRER C. B. A.; DANTAS H. G. R.; CRONEMBERGER F.M.; VICENS R. S.; ANDRADE S. F. **Mapeamento da vegetação e do uso do solo no Centro de Diversidade Vegetal de Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil**. *Rodriguésia* 60 (1): 001-023, 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 006**, de 04 de maio de 1994. Disponível em: <https://www.areaseg.com/conama/1994/006-1994.pdf>. Acesso em: 18 set. 2021.

BRASIL. **Lei nº 11.428**, de 22 de dezembro de 2006. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=645180. Acesso em: 18 set. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 6.660**, de 21 de novembro de 2008. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6660.htm. Acesso em: 18 set. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 443**, de 17 de dezembro de 2014a. Disponível em: http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/static/pdf/portaria_mma_443_2014.pdf. Acesso em: 18 set. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 444**, de 17 de dezembro de 2014b. Disponível em: http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/static/pdf/portaria_mma_443_2014.pdf. Acesso em: 18 set. 2021.

CASTELLO A. C. D.; COELHO S.; CARDOSO-LEITE E. **Lianas, tree ferns and understory species: indicators of conservation status in the Brazilian Atlantic Rainforest remnants, southeastern Brazil**. *Braz. J. Biol.*, vol. 77, no. 2, pp. 213-226, 2017.

CAVASSAN O.; CESAR O.; MARTINS F. R. **Fitossociologia da vegetação arbórea da Reserva Estadual de Bauru, estado de São Paulo**. *Revista Brasileira de Botânica* 7: 91-106, 1984.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima de São Pedro da Aldeia**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/rio-de-janeiro/sao-pedro-da-aldeia-33692/>. Acesso em 09 abr. 2020.

COLWELL R. K. **EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples**. Version 9, 2013. Disponível em: <http://purl.oclc.org/estimates>. Acesso em 09 abr. 2020.

DAN, M. L.; BRAGA, J. M. A.; NASCIMENTO, M. T. **Estrutura da Comunidade Arbórea de Fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual na Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos, São José de Ubá, Rio de Janeiro, Brasil**. *Rodriguésia*, Rio de Janeiro, v. 61, pp. 749-766, 2010.

DANTAS H. G. **Paisagem e vegetação do município de Armação de Búzios, Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado. ENBT-IPJBRJ, Rio de Janeiro, 82 p, 2005.

DAVIS S. D.; HEYWOOD V. H.; HERRERA-MACBRYDE O.; VILLA-LOBOS J.; HAMILTON A. C. (eds.). **Centres of Plant Diversity: a guide and strategy for their conservation: The Americas**, vol. 3. WWF/IUCN, Oxford, 1997.

DURIGAN G. Estrutura e diversidade de comunidades florestais. In: Martins S. V. (Ed.) **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. Viçosa, MG: Editora UFV. pp. 185-215, 2012.

FARÁG P. R. C. **Estrutura do estrato arbóreo de mata litorânea semicaducifolia sobre solo arenoso no município de Búzios, RJ**. Dissertação de Mestra-

do. Museu Nacional/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 87 p, 1999.

FLORA DO BRASIL 2020. **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em 09 abr. 2021.

FORZZA R. C.; LEITMAN P. M.; COSTA A. F.; CARVALHO-JUNIOR A. A.; PEIXOTO A. L.; WALTER B. M. T.; BICUDO C.; ZAPPI D.; COSTA D. P.; LLERAS E.; MARTINELLI G.; LIMA H. C.; PRADO J.; STEHMANN J. R.; BAUMGRATZ J. F. A.; PIRANI J. R.; SYLVESTRE L.; MAIA L. C.; LOHMANN L. G.; QUEIROZ L.P.; SILVEIRA M.; COELHO M. N.; MAMEDE M. C.; BASTOS M. N. C.; MORIM M. P.; BARBOSA M. R.; MENEZES M.; HOPKINS M.; SECCO R.; CAVALCANTI T. B.; SOUZA V. C. **Catálogo de Plantas e Fungos do Brasil**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico, v. 2. 828 p, 2010.

GOOGLE. **Google Earth Website**. Disponível em: <http://earth.google.com>.> Acesso em 09 abr. 2020.

GUEDES-BRUNI, R. R.; SILVA-NETO, S. J.; MORIM, M. P.; MANTOVANI, W. **Florística e estrutura de dossel em floresta sobre morrote mameonar no Rio de Janeiro, Brasil**. *Rodriguésia*, v. 57, n. 3, pp. 429-442, 2006.

HALLINGBÄCK T. (Ed.). **Naturvårdsarter**. ArtDatabanken SLU, Uppsala, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos**. Rio de Janeiro: IBGE- Diretoria de Geociências, 271 p. (Manuais Técnicos de Geociências, 1), 2012.

KERSTEN R. A.; GALVÃO F. Suficiência amostral em inventários florísticos e fitossociológicos. In: EISENLOHR P. V.; FELFILI J. M.; MELO M. M. R.F.; ANDRADE L. A.; MEIRA NETO J. A. A. (eds.). **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso**. Volume II.

Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa, pp. 156-173, 2011.

KURTZ B. C.; SÁ C. F. C.; SILVA D. O. **Fitossociologia do componente arbustivo-arbóreo de florestas semidecíduas costeiras da região de Emerenças, Área de Proteção Ambiental do Pau-brasil, Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brasil**. *Rodriguésia* 60 (1): 129-146, 2009.

LAMEGO A. R. **O HOMEM E A RESTINGA**. IBGE. 327 p, 1946.

LETCHER S. G.; CHAZDON R. L. **Lianas and self-supporting plants during tropical forest succession**. *Forest Ecology and Management* 257, 2150-2156, 2009.

LUBER J.; TULER A. C.; TORRES F.; CHRIST J.A.; GUIDONI-MARTINS K. G.; ZANETTI M.; HOLLUNDER R. K.; MANHÃES V. C.; ZORZANELLI J. P. F.; MENDONÇA E. S.; GARBIN M.L.; CARRIJO T.T. **List of angiosperm species in an Atlantic Forest fragment reveals collection gaps in Espírito Santo state, Brazil**. *Check List* 12(1): 1835, 28, 2016.

MARQUETE N.; LOIOLA M. I. B. **Combretaceae In: Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015.

MARTINELLI G.; MARTINS E.; MORAES M.; LOYOLA R.; AMARO R. (orgs) **Livro Vermelho da Flora Endêmica do Estado do Rio de Janeiro**. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson, Rio de Janeiro, 452 p, 2018.

MARTINELLI G.; MORAES M. A. (orgs) **Livro Vermelho da Flora do Brasil**. Instituto de Pesquisas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Andrea Jakobsson Estúdio, Rio de Janeiro, 1100 p, 2013.

MARTINS F. R. **Estrutura de uma floresta mesófila**. 2ª ed. Editora da UNICAMP, Campinas, 246 p, 1993.

MORO M. F.; MARTINS F. R. Métodos de levantamento do componente arbóreo-arbustivo. In: EISEN-

LOHR P. V.; FELFILI J. M.; MELO M. M. R.F.; ANDRADE L. A.; MEIRA NETO J. A. A. (eds.). **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso**. Volume II. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa, pp.175-208, 2011.

MUELLER-DOMBOIS D.; ELLENBERG H. **Aims and methods of vegetation ecology**. John Wiley & Sons, New York. 547 p, 1974.

OLIVEIRA D. R. **Classificação dos tipos de vegetação da Área de Proteção Ambiental da Azeda/Azedinha com uso de ferramentas de sensoria-mento remoto**. Dissertação de Mestrado. ENBT-IP-JBRJ, Rio de Janeiro, 63 p, 2019.

OLIVEIRA-FILHO A. T.; Fontes M. A. L. **Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in southeastern Brazil and influence of climate**. *Biotropica*, v. 32, p. 793-810, 2000.

OLIVEIRA-FILHO A. T. **Composição florística e estrutura comunitária da floresta de galeria do córrego da Paciência, Cuiabá (MT)**. *Acta Botanica Brasílica* 3:91-112, 1989.

PILLAR D. V. **Sampling sufficiency in ecological surveys**. *Abstraca Botanica* 22: 37-48, 1998.

PINTO E. J. A.; AZAMBUJA A. M. S.; FARIAS J. A. M.; SALGUEIRO J. P. B.; PICKBRENNER K. (Coords.). **Atlas pluviométrico do Brasil: isoietas mensais, isoietas trimestrais, isoietas anuais, meses mais secos, meses mais chuvosos, trimestres mais secos, trimestres mais chuvosos**. Brasília: CPRM, 2011.

PIRATELLI A. J.; PINÃ-RODRIGUES F. C. M.; GAN-DARA F.B.; SANTOS E. M. G.; COSTA L. G. S. **Biologia da Polinização de *Jacaratia spinosa* (Aubl) Adc. (Caricaceae) em mata residual do sudeste brasileiro**. *Rev. Brasil. Biol.*, 58 (4): 671-679, 1998.

PSCHIEDT A. C.; CORDEIRO I. **Sinopse da tribo Hippomaneae (Euphorbiaceae) no Estado de São Paulo, Brasil**. *Hoehnea* 39 (3): 347-368, 2012.

RIBEIRO R. D.; LIMA H. C. **Riqueza e distribuição geográfica de espécies arbóreas da família Leguminosae e implicações para conservação no Centro de Diversidade Vegetal de Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil**. *Rodriguésia* 60 (1): 111-127, 2009.

RIBEIRO, R. T. M.; LOIOLA, M. I. B.; SALES, M. F. **Flora do Espírito Santo: Subtribo Terminaliinae (Combretaceae)**. *Rodriguésia*, v. 68, pp. 1547-1557, 2017.

RIO DE JANEIRO (Estado). **Lei nº 1.227**, de 17 de novembro de 1987. Disponível em: <https://gov-rj.jus-brasil.com.br/legislacao/90541/lei-1227-87>. Acesso em: 18 set. 2021.

RIO DE JANEIRO (Estado). **Decreto nº 15.136**, de 20 de julho de 1990. Disponível em: https://www.icm-bio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Decretos/1990/dec_rj_15136_1990_uc_apasapiatiba.pdf. Acesso em: 18 set. 2021.

RIO DE JANEIRO (Estado). **Decreto nº 31.346**, de 06 de junho de 2002. Disponível em: <https://gov-rj.jus-brasil.com.br/legislacao/148503/decreto-31346-02>. Acesso em: 18 set. 2021.

RIO DE JANEIRO (Estado). **Decreto nº 42.929**, de 18 de abril de 2011. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mde4/-edisp/inea0018665.pdf>. Acesso em: 18 set. 2021.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Estado do Ambiente. **Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de São Pedro da Aldeia**. LOPES R. S.; ABRAHÃO J. (orgs.). Rio de Janeiro, 135 p., 2017.

_____. Secretaria de Estado do Ambiente. Conselho Estadual do Ambiente (CONEMA). **Resolução nº 80**, de 24 de maio de 2018. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/193462332/doorj-poder-executivo-05-06-2018-pg-16>. Acesso em: 18 set. 2021.

SÁ C. F. C. **Estrutura, diversidade e conservação de angiospermas no Centro de Diversidade de Cabo**

Frio, Rio de Janeiro. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 251 p, 2006.

SCHILLING A. C.; BATISTA J. L. F. **Curva de acumulação de espécies e suficiência amostral em florestas tropicais**. *Revista Brasil. Bot.*, V. 31, n. 1, pp. 179-187, 2008.

SHEPHERD G. J. **FITOPAC**. Versão 2.1. Campinas, SP: Departamento de Botânica, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, 2010.

TERRA-ARAÚJO M. H.; FARIA A. D.; SWENSON U. **A Taxonomic Update of Neotropical Pradosia (Sapotaceae, Chrysophylloideae)**. *Systematic Botany*, 41(3): pp. 634-650, 2016.

URURAHY J. C.; COLLARES J. E. R.; SANTOS M. M. **Nota sobre uma formação fisionômica-ecológica disjunta da estepe nordestina na área do pontal de Cabo Frio, RJ**. *Revista Brasileira de Geografia*. 49: 25-29, 1987.

VALENTIN J. L. The Cabo Frio upwelling system, Brazil. In: SEELIGER U.; KJERFVE B. (Ed.). **Coastal marine ecosystems of Latin America**. Berlin: Springer, 2001. pp. 97-105, 2001.

VELOSO H. P.; RANGEL-FILHO A. L. R.; LIMA J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. IBGE, Rio de Janeiro, 123 p, 1991.

Sobre os autores

Fabio Mostacato Bastos

Biólogo e mestre em Biologia Marinha pelo PPGBM/UFF (2006). Especialista em Gestão Ambiental Integrada pelo IFHT/UERJ (2018). Mestre em Biodiversidade em Unidades de Conservação pela ENBT/JBRJ (2020). Foi técnico ambiental *offshore* (2006-2013) até tornar-se servidor efetivo do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) em 2014. Atualmente, trabalha no Serviço de Monitoramento e Fiscalização da Superintendência Regional Lagoas São João (SUPLAJ/INEA).

Luís Fernando Faulstich Neves

Biólogo e mestre pelo PEA-PoliUFRJ (2017). Pós-graduado em Gestão Ambiental pela Coppe-UFRJ (2010). Foi servidor do INEA, atuando na área de gestão de recursos hídricos (2010-2018). Atualmente, é analista técnico do Consórcio Intermunicipal Lagos-São João.

Bruno Coutinho Kurtz

Biólogo e mestre em Botânica pelo PPGBot/UFRJ (1995). Doutor em Ecologia pelo PPGE/UFRJ (2009). Ingressou no JBRJ em 1987, sendo pesquisador titular da instituição desde 1998. Atua na área de Ecologia Vegetal, com ênfase em florística, fitossociologia, fitogeografia e conservação do Complexo da Floresta Atlântica. Docente permanente do Programa de Pós-Graduação Profissional em Biodiversidade em Unidades de Conservação (ENBT/JBRJ).

Fatores críticos de sucesso para a implementação da observação de aves no Refúgio de Vida Silvestre Estadual da Lagoa da Turfeira (RJ)

Critical success factors for implementation of birdwatching in State Wildlife Refuge of Lagoa da Turfeira (RJ)

› Graziele Noronha dos Santos; Rodrigo Machado Vilani

› Resumo

Observar aves é uma das atividades praticadas ao ar livre que mais cresce no mundo e o Brasil está entre os países com maior riqueza de avifauna. Embora as Unidades de Conservação (UCs) sejam as principais guardiãs da avifauna brasileira e importantes destinos dos observadores de aves, poucas estão estruturadas para receber os praticantes da atividade. Neste contexto, o Refúgio de Vida Silvestre Estadual da Lagoa da Turfeira (REVISTUR) se destaca no Estado do Rio de Janeiro como uma UC que evidencia a atividade como prioritária em seu plano de manejo. O presente estudo tem por objetivos identificar e analisar os fatores críticos de sucesso que norteiam a implementação da observação de aves no REVISTUR, consolidados por meio de uma matriz SWOT. Entre os resultados obtidos se evidencia o índice de favorabilidade do cenário de 41%, indicando a tendência positiva dos fatores para a implementação da atividade na UC. Sugere-se, por fim, o aprimoramento da observação de aves como prática oficial prevista nas UCs do Estado do Rio de Janeiro, norteada por seus planos de manejo ou planos de uso público, a exemplo do REVISTUR.

Palavras-chave

Observação de Aves. Unidades de Conservação. Lagoa da Turfeira. Ecoturismo.

› Abstract

Birding is one of the fastest growing outdoor activities in the world, and Brazil is among the countries with the largest number of bird species. Protected areas are the main guardians of this birdlife, although only a few of them have the necessary infrastructure to welcome birdwatchers. In this context, the Lagoa da Turfeira State Wildlife Refuge (REVISTUR) stands out in the Rio de Janeiro State as a protected area that birding is a priority in its management plan. The objective of this study was to identify and analyze the critical success factors that guide the implementation of birding in REVISTUR. We applied a SWOT matrix as method, and found a Favorability Scenario value of 41%, which indicates a positive factors tendency to the implementation of the activity at this protected area. Based on our results and the case of REVISTUR we suggested that birding should be improved as an official practice on other Rio de Janeiro state protected areas.

Keywords

Birding. Protected Areas. Lagoa da Turfeira. Ecotourism.

1. Introdução

A observação de aves é uma das atividades realizadas ao ar livre que mais cresce no mundo. Além de ter uma relação estreita com o ecoturismo, por ser considerada de baixo impacto, a prática estimula a ciência cidadã por meio da coleta de dados e geração de informações que auxiliam em pesquisas, no monitoramento e na gestão das áreas protegidas, bem como contribui com a conservação a partir da sua capacidade de sensibilização ambiental, e ainda possibilita uma alternativa de geração de renda para comunidades locais (FARIAS, 2007; FILHAIS, 2013; PINHEIRO, 2019; ALMEIDA et al., 2016; SILVA, 2020).

Com 1.971 espécies, o Brasil figura como um dos países com maior diversidade de aves do mundo, junto com a Colômbia e o Peru (PACHECO et al., 2021), e foi a partir do engajamento da comunidade de observadores de aves e das iniciativas independentes que a atividade ganhou notoriedade (SANTOS, 2021). As Unidades de Conservação (UCs) concentram e abrigam grande parte da riqueza da avifauna brasileira e por isso são os destinos preferidos pelos observadores no país. Contudo, poucas estão efetivamente estruturadas para receber o público específico ou incluem a observação de aves como uma atividade oficial (PINHEIRO, 2019). O plano de manejo é o instrumento adequado para ordenar a atividade dentro das especificidades locais e a criação de um programa institucional para a sua promoção é uma forma de incentivar a prática (LUGARINI et al., 2018), como é o caso do Programa Vem Passarilhar-RJ.

A Resolução INEA nº 185, de 22 de agosto de 2019, instituiu o Programa Vem Passarilhar-RJ nas UCs administradas pelo INEA e nas Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) reconhecidas pelo Estado do Rio de Janeiro (INEA, 2019). A partir da resolução, o programa, que já existia desde 2015, teve seus critérios, procedimentos administrativos e incentivos para a sua implementação garantidos por ato administrativo, demonstrando o ganho de sua importância no cenário do turismo e da conservação no estado enquanto política pública.

Dados sobre o número de pessoas que têm se cadastrado na plataforma WikiAves nos últimos anos

apontam para o crescimento de praticantes da observação de aves no Brasil. O site reúne o registro da ocorrência das espécies por meio de fotos, sons, data e local obtidos pelos observadores e é o termômetro da atividade no país. Em julho de 2020, o WikiAves alcançou 35 mil cadastrados e, até o momento da elaboração deste artigo, o número superava 38.500 inscritos (WIKIAVES, 2021).

De acordo com Pinheiro (2019), os observadores de aves demandam produtos e serviços que movimentam a economia, oportunizando alternativas de renda, e, por isso, investimentos têm aumentado em divulgação e infraestrutura: hoje o país abriga a maior feira de observadores de aves da América Latina, o Avistar Brasil; cresce o número de pousadas, muitas delas em locais remotos, e de torres de observação que permitem contemplar espécies acima da copa das árvores; empresas mantêm guias especializados visando atender o crescente número de estrangeiros; além da expansão do mercado de eletrônicos, equipamentos fotográficos, literatura especializada, viagens, locação de veículos, entre outros, gerando empregos e movimentando a economia em todas as esferas (PINHEIRO, 2019).

O turismo foi uma das atividades mais afetadas pela pandemia da COVID-19, demandando um profundo processo de mudanças nos padrões de mobilidade, socialização, consumo, lazer e trabalho (EVERINGHAM, CHASSAGNE, 2020). No Brasil, a Fundação Getúlio Vargas estimou que:

As perdas econômicas do setor, em comparação ao PIB do setor em 2019, serão significativas. Considerando os volumes de produção [de 2019] o PIB do setor será de R\$ 165,5 bilhões em 2020 (redução de 38,9% em relação à 2019) e R\$ 259,4 bilhões em 2021 (próximo de retomar o patamar de 2019, porém ainda 4,2% inferior). Dessa forma, a perda total do setor turístico brasileiro será de R\$ 116,7 bilhões no biênio 2020-2021 (que representa perda de 21,5% na produção total do período). (FGV, 2020a)

A retomada das atividades turísticas após a pandemia tende a ser mais regionalizada e direcionada

para o interior (EVERINGHAM, CHASSAGNE, 2020; FGV, 2020a), com maior expectativa para destinos turísticos que envolvam a contemplação da natureza, a partir de deslocamentos domésticos e rodoviários (FGV, 2020b). O planejamento desta retomada poderá contribuir para o desenvolvimento local sustentável, em razão dos efeitos multiplicadores do turismo relacionados ao incremento no consumo de bens e serviços (como pagamento de salários e aluguéis) e ao recolhimento de taxas e impostos (BARDDAL et al., 2010). Se, até o momento, a tendência é a expansão do turismo voltado às potencialidades locais e valorização dos ambientes naturais, a observação de aves pode ganhar ainda mais notoriedade no cenário pós-pandemia, enquanto atividade realizada em pequenos grupos e ao ar livre, junto à natureza.

Nesse cenário, ganham relevo os esforços teóricos e metodológicos acerca da prática da observação de aves em UCs no interior, longe dos principais destinos turísticos do país. Especificamente, a análise do REVISTUR justifica-se por se tratar de uma UC que almeja

ser um centro de referência na observação de aves na Região Sul Fluminense, atividade que é o foco de seus atrativos turísticos e de ações previstas em seu plano setorial de visitação (INEA, 2018). Criado em 2016, o REVISTUR foi resultado da mobilização de biólogos e observadores de aves locais que demonstraram a relevância ambiental da área e a importância de sua conservação por meio de registros de espécies de aves.

O local (Figura 1), marcado historicamente por diversos usos, está sobreposto a uma área considerada industrial pelo macrozoneamento de Resende, município onde se insere. O último conflito ocorreu em 2011, devido à licença de instalação de uma fábrica de automóveis, antes da criação da UC, que resultou no aterramento de grande parte das pequenas lagoas ao redor do espelho d'água principal, a Lagoa da Turfeira. O impacto culminou no firmamento de um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) para a implementação da área protegida, que hoje é gerida pelo Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA).

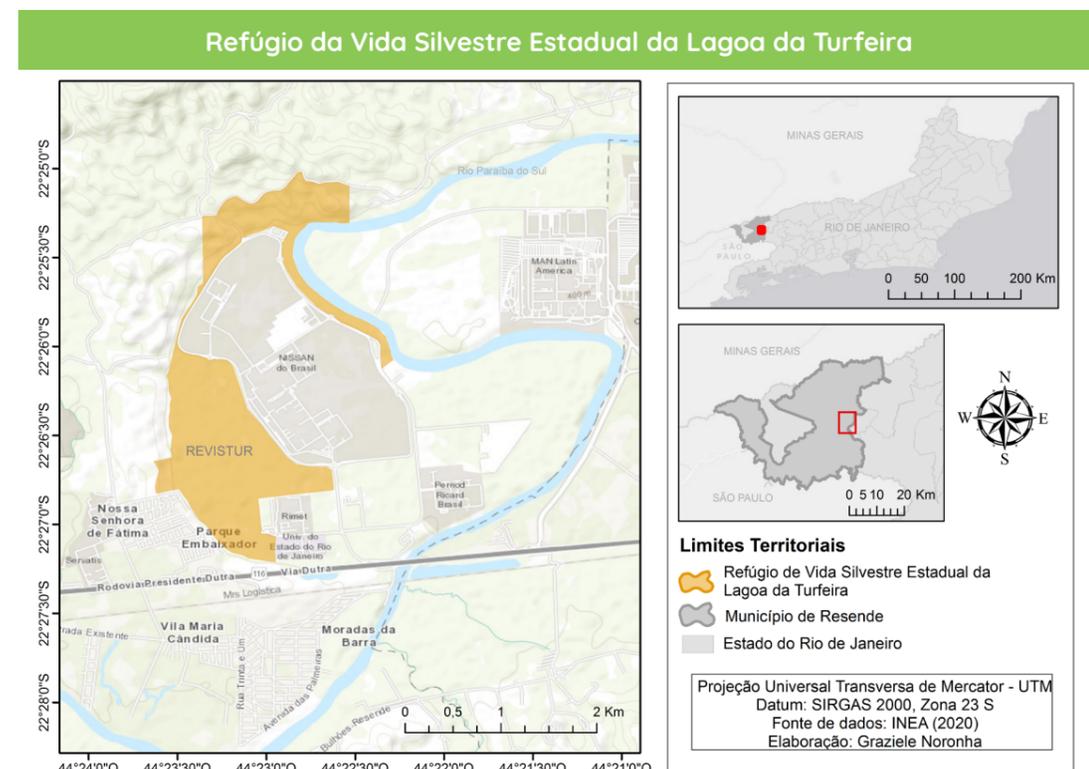


Figura 1 - Localização do Refúgio de Vida Silvestre Estadual da Lagoa da Turfeira
Fonte: Elaborado pelos autores, a partir de INEA (2020)

Assim, o presente trabalho tem o objetivo de identificar e analisar os fatores críticos de sucesso que norteiam a implementação da observação de aves no REVISTUR. A partir dos resultados, espera-se contribuir para o fortalecimento da gestão pública da UC por meio de um conjunto de propostas e apontamentos gerais quanto à definição de prioridades e de tomadas de decisões estratégicas e mais assertivas para a gestão da área protegida.

2. Metodologia

Os fatores críticos de sucesso foram analisados a partir dos resultados de uma matriz SWOT. A matriz SWOT é utilizada para realizar avaliações de cenários ou de ambientes que servem de base para a gestão e o planejamento estratégico de determinada organização. O termo SWOT (ou FOFA, em português) é uma sigla oriunda do inglês que se consolida em um anagrama de forças (*Strengths*) e fraquezas (*Weaknesses*) do ambiente interno, e oportunidades (*Opportunities*) e ameaças (*Threats*) do ambiente externo (Figura 2). Ao identificar um ponto forte do ambiente interno, ele deve ser ressaltado ao máximo, enquanto o ponto fraco deve ser controlado ou pelo menos ter seus efeitos minimizados. Já o ambiente externo, embora esteja totalmente fora de controle da organização, deve ser conhecido e monitorado com frequência, a fim de aproveitar as oportunidades e evitar as ameaças (DAYCHOUM, 2007).

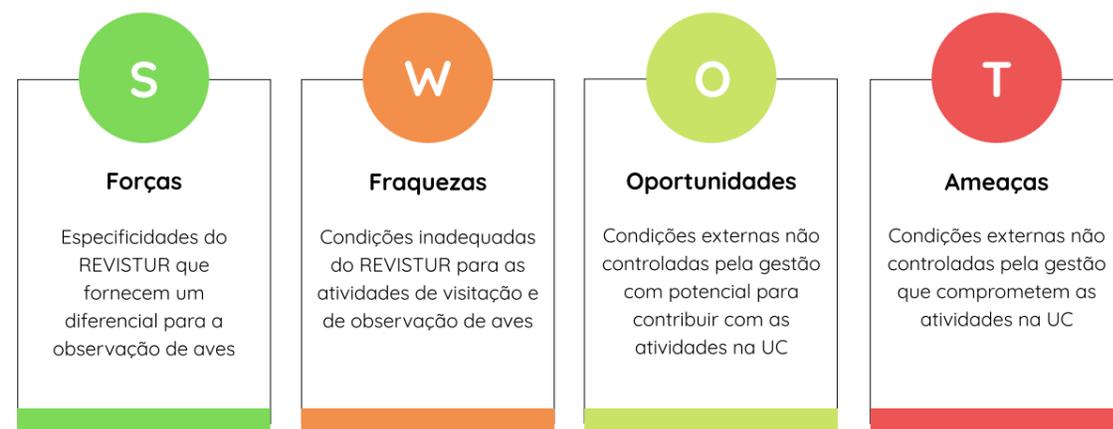


Figura 2 - Aspectos considerados na matriz SWOT do REVISTUR
Fonte: Elaborada pelos autores

O cruzamento da classificação (fraqueza ou ameaça) com o grau de importância de cada item, automaticamente, gera uma pontuação baseada em uma escala Likert – escala autodescritiva com cinco pontos (totalmente importante, muito importante, importante, de pouca importância ou totalmente sem importância). Essa pontuação hierarquiza e estabelece quais ações devem ser prioritárias no âmbito analisado. Além dos parâmetros quantitativos, os aspectos qualitativos referentes às pontuações também foram considerados na matriz (a partir da inserção da coluna de justificativas), entendendo que estes são fundamentais para a determinação do grau de importância de cada item. Assim, para nível de comparação entre as priorizações, o critério utilizado foi baseado na expertise da gestão, pelo entendimento do que atualmente tem maior ou menor prioridade na UC. (a análise completa encontra-se no “Quadro 1 – Análise SWOT Completa”)

Essa metodologia vem sendo utilizada como uma ferramenta para a gestão de áreas protegidas, como pode ser observado na análise estratégica do *Roteiro Metodológico de Planejamento de Parque Nacional, Reserva Biológica e Estação Ecológica* (IBAMA/MMA, 2002), e no Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica do Rio de Janeiro (SMAC/RJ, 2015). Em UCs, a matriz SWOT pode ser aplicada na criação e revisão de planos de manejo, visando identificar os entraves e o que pode

contribuir para atingir seus objetivos (BANZATO et al., 2012). O próprio REVISTUR utilizou a metodologia em sua avaliação estratégica (INEA, 2018).

A matriz SWOT do REVISTUR foi elaborada a partir do diagnóstico do cenário atual da UC, da análise do Plano Setorial de Visitação e da percepção dos guias de observação de aves que atuam na área. Também foram considerados o estágio atual de desenvolvimento da observação de aves no Brasil e os aspectos das políticas federais, estaduais e municipais de turismo e conservação. É importante ressaltar que a análise foi realizada conjuntamente com a gestão do REVISTUR, que, por meio de reuniões, contribuiu e participou ativamente, desde o levantamento das questões até a análise final da matriz, alinhando, assim, os objetivos da pesquisa com as demandas reais da área protegida. O período de realização da pesquisa se estendeu de julho de 2019 a maio de 2021.

3. Resultados e discussão

Os fatores críticos de sucesso foram analisados a partir dos resultados de uma matriz SWOT, que identificou as forças e fraquezas do ambiente interno do REVISTUR (questões inerentes à gestão que permeiam a implementação da observação de aves) e indicou oportunidades e ameaças do ambiente externo (aquelas que estão além da responsabilidade da gestão, mas também interferem no alcance dos objetivos).

O Quadro 1 apresenta a síntese da análise SWOT que elencou todos os fatores críticos de sucesso que permeiam a implementação da atividade de observação de aves no REVISTUR. O cruzamento da classificação com o grau de importância de cada item gerou uma pontuação que hierarquizou os fatores de acordo com as ações consideradas prioritárias para a implementação da visitação voltada para a observação de aves. Este resultado pode ser observado no Quadro 2.

De modo geral, a pontuação para as forças (62,5 pontos) foi maior que o total para as fraquezas (50 pontos), assim como as oportunidades também totalizaram um resultado superior ao das ameaças (65 pontos contra 12,5 pontos). Este cenário é positivo e

significa que as oportunidades estão favorecendo as forças para a implementação da observação de aves no REVISTUR. Entre as principais forças estão: (i) possuir um plano de manejo composto por um plano setorial de visitação com ações voltadas para a observação de aves; (ii) ter um projeto executivo em elaboração que subsidiará uma trilha suspensa e as sinalizações na área da UC.

A existência do plano de manejo por si só já poderia ser considerada um ponto positivo, mas SANTOS (2021) apontou que, das 23 UCs de proteção integral atualmente geridas pelo INEA, apenas 14 possuem seus planos de manejo aprovados e, destes, apenas dois destacam a observação de aves em seus programas de visitação: o Parque Estadual da Pedra Selada (PEPS) e o REVISTUR. Cabe aqui registrar que o PEPS é o parque estadual mais próximo do REVISTUR e, considerando a relevância que seu plano de manejo também concede à atividade em questão, isso pode indicar mais um caminho para uma parceria futura. Outra importante força da área é ser reconhecida por sua importância ambiental, visto que a UC resguarda um ecossistema singular, abrigando espécies específicas de áreas úmidas, endêmicas e ameaçadas, além de aves migratórias que naturalmente são atrativos para os observadores de aves.

O projeto em elaboração para a implantação de infraestrutura específica para a atividade também é um diferencial para o REVISTUR, uma vez que essa questão é comumente levantada pelos observadores de aves como uma deficiência das UCs brasileiras (CARVALHO; HINGST-ZAHER, 2019), juntamente com a existência de lista de monitoramento atualizada da avifauna e o processo de regularização fundiária em curso. Se as forças elencam questões que indicam o potencial do REVISTUR para a implementação da observação de aves, as oportunidades favorecem essas forças, como a existência de guias que já atuam na área, a possibilidade de articulação com a comunidade do entorno, secretarias municipais e setor privado, proximidade com outros locais da região que já são destinos dos observadores e a realização de atividades de educação ambiental nas escolas do entorno.

Embora a análise aponte que o índice de favorabilidade do cenário seja de 41% (Figura 3), e, portan-

Quadro 1 - Síntese da análise SWOT dos fatores críticos de sucesso para a implementação da observação de aves no REVISTUR (continua)			
Fatores internos			
ITEM	CLASSIFICAÇÃO	IMPORTÂNCIA	PONTUAÇÃO
Não possui sede na área da UC	Fraqueza	Totalmente importante	10
Possui plano de manejo composto por plano setorial de visitação com ações voltadas para a observação de aves	Força	Totalmente importante	10
Existência de eco-contador	Força	Importante	5
Materiais de divulgação e de estratégias de comunicação	Fraqueza	Muito importante	7,5
Existência de lista de monitoramento atualizada sobre avifauna	Força	Muito importante	7,5
Projeto executivo de engenharia para trilha suspensa e sinalização em fase de conclusão	Força	Muito importante	7,5
Fontes de custeio para despesas diárias e financiamento para implementação de projetos	Fraqueza	Muito importante	7,5
Área de relevância ambiental	Força	Totalmente importante	10
Regularização fundiária	Força	Muito importante	7,5
Aquisição de equipamentos	Força	Importante	5
Possibilidade de implantação de programa de voluntariado	Força	Importante	5
Conselho Consultivo	Fraqueza	Importante	5
Equipe insuficiente	Fraqueza	Muito importante	7,5
Capacitação da equipe para a atividade de observação de aves	Fraqueza	Muito importante	7,5
UC inserida no calendário do Programa Vem Passarilhar RJ	Força	Importante	5
Lacunas de conhecimento e pesquisas	Fraqueza	Importante	5
Pontuação geral das Forças			62,5
Pontuação geral das Fraquezas			50

Quadro 1 - Síntese da análise SWOT dos fatores críticos de sucesso para a implementação da observação de aves no REVISTUR (continuação)			
Fatores Externos			
Cenário de expansão da atividade de observação de aves no país	Oportunidade	Importante	5
Existência de guias de observação de aves que atuam na área da UC	Oportunidade	Muito importante	7,5
Articulação com comunidade do entorno	Oportunidade	Muito importante	7,5
Articulação com secretarias municipais	Oportunidade	Muito importante	7,5
Articulação com setor privado	Oportunidade	Muito importante	7,5
Plano Municipal de Turismo de Resende cita a atividade de observação de aves	Oportunidade	Importante	5
Projeto Turismo nas Escolas	Oportunidade	Importante	5
Realização de atividades de educação ambiental nas escolas do entorno	Oportunidade	Muito importante	7,5
Queimadas	Ameaça	Totalmente importante	10
Pressão dos usos múltiplos provenientes do entorno da UC	Ameaça	Pouca importância	2,5
Facilidade de acesso ao local	Oportunidade	Importante	5
Proximidade da UC com outros locais da região já reconhecidos como destino de observadores de aves	Oportunidade	Muito importante	7,5
Pontuação geral das Forças			65
Pontuação geral das Fraquezas			12,5

Legenda	
IMPORTÂNCIA	Pontuação
Totalmente importante	10
Muito importante	7,5
Importante	5
Pouca importância	2,5
Totalmente sem importância	0

Fonte: SANTOS (2021)

Quadro 2 - Hierarquização dos fatores críticos de sucesso que permeiam a implementação da observação de aves no REVISTUR (Continua)

FATORES INTERNOS			
Forças	62,5	Fraquezas	50
Possui plano de manejo composto por plano setorial de visitação com ações voltadas para observação de aves	10	Não possui sede na área da UC	10
Área de relevância ambiental	10	Fontes de custeio para despesas diárias e financiamento para implementação de projetos	7,5
Existência de lista de monitoramento atualizada sobre avifauna	7,5	Materiais de divulgação e de estratégias de comunicação	7,5
Projeto executivo de engenharia para trilha suspensa e sinalização em fase de conclusão	7,5	Equipe insuficiente	7,5
Regularização fundiária	7,5	Capacitação para a atividade de observação de aves	7,5
Existência de eco-contador	5	Inexistência de conselho consultivo	5
Aquisição de equipamentos	5	Lacunas de conhecimento e pesquisas	5
Possibilidade de implantação de programa de voluntariado	5		
UC inserida no calendário do Programa Vem Passarinho RJ	5		
FATORES EXTERNOS			
Oportunidades	65	Ameaças	12,5
Articulação com comunidade do entorno	7,5	Queimadas	10
Articulação com secretarias municipais	7,5	Pressão dos usos múltiplos provenientes do entorno da UC	5
Existência de guias de observação de aves que atuam na área da UC	7,5		
Realização de atividades de educação ambiental nas escolas	7,5		
Proximidade da UC com outros locais da região já reconhecidos como destino de observadores de aves	7,5		
Cenário de expansão da atividade de observação de aves no país	5		

Quadro 2 - Hierarquização dos fatores críticos de sucesso que permeiam a implementação da observação de aves no REVISTUR (Continuação)

Projeto Turismo nas Escolas	5
Plano Municipal de Turismo de Resende cita a atividade de observação de aves	5
Facilidade de acesso ao local	5

Fonte: SANTOS (2021)

to, com uma tendência mais positiva, com forças e oportunidades que devem continuar sendo ressaltadas e aprimoradas, os pontos fracos inerentes ao ambiente interno devem ser controlados ou, ao menos, ter seus efeitos minimizados. Em consonância, as ameaças que estão fora do controle do órgão gestor também devem ser conhecidas e monitoradas. As principais fraquezas da UC são: não possuir sede administrativa na área, seguida da necessidade de fontes de custeio para despesas diárias e financiamento para implementação de projetos; além disso, é preciso aprimorar a divulgação e a comunicação, a equipe de trabalho é insuficiente e há a necessidade de capacitá-la para a atividade de observação de aves. Quanto à principal ameaça externa, estão as queimadas.

A ausência da sede é uma das questões mais relevantes apontadas ao longo de toda a análise da situação atual do REVISTUR, uma vez que é considerada vital para a realização plena de suas atividades (como o estabelecimento de rotina de monitoramento, manutenção, fiscalização, recepção de visitantes, maior presença na

comunidade do entorno e presença constante da equipe de funcionários no local) e possibilitaria uma tomada de decisão mais rápida quanto à maior ameaça externa identificada para a UC: a ocorrências de queimadas.

Divulgação e comunicação também são pontos-chave, visto que são o meio de difundir o conhecimento tanto sobre a UC e sua importância quanto sobre as atividades realizadas em seu interior – auxiliando, inclusive, a minimizar ameaças advindas da pressão dos usos múltiplos provenientes do entorno da área (BRASIL, 2010). Da mesma forma, guias que atuam na área e articulações com as comunidades do entorno e com a Administração Pública municipal podem auxiliar na divulgação do REVISTUR. Igualmente importante, a incerteza a respeito das fontes de custeio e financiamento traz imprevisibilidade na materialização de ações, como por exemplo a implementação da trilha suspensa e das sinalizações, embora parcerias com o setor privado possam ser uma alternativa para possibilitar a viabilidade de projetos e colaboração nas ações.

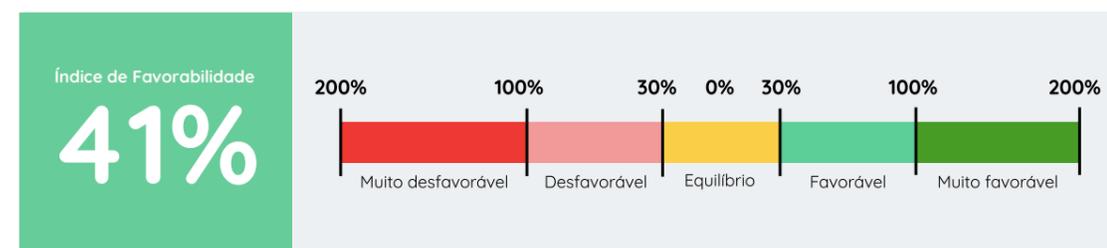


Figura 3 - Índice de favorabilidade dos fatores críticos de sucesso para a implementação da observação de aves no REVISTUR
Fonte: SANTOS (2021)

Pelo que foi exposto, a análise SWOT permitiu uma avaliação crítica do cenário atual que norteia a implementação da visitação voltada para a observação de aves no REVISTUR, a partir da identificação de seus pontos fortes e fracos, e as possíveis oportunidades e ameaças para o alcance dos objetivos. Agrupando os pontos fortes com as oportunidades, foram evidenciados os fatores que contribuem para a implementação da atividade, permitindo assim identificar os elementos que precisam ser reforçados. Já ao agrupar os pontos fracos com as ameaças, surgiram os fatores que enfraquecem a implementação da atividade, indicando aqueles que devem ser vistos como prioritários na tomada de decisões estratégicas.

Além do cruzamento das forças com as oportunidades e das fraquezas com as ameaças, a análise também indicou a possibilidade de algumas oportunidades minimizarem fraquezas. Essa minimização ou mitigação de fraquezas também controla melhor as ameaças e potencializa as forças. Por exemplo, as oportunidades de articulação com a comunidade do entorno, secretarias municipais e setor privado podem contribuir com a divulgação e comunicação, ou, ainda, abrir novas possibilidades de financiamento para a implementação de projetos. Assim, esses dois fatores internos considerados críticos se transformariam em força.

4. Conclusões e recomendações

A análise SWOT possibilitou elencar os fatores críticos de sucesso que norteiam a implementação da visitação voltada para a observação de aves no REVISTUR. Os fatores, consolidados por meio da matriz, apontaram que as forças superam as fraquezas, assim como as oportunidades também totalizaram um resultado superior ao das ameaças, indicando um cenário positivo no qual as oportunidades estão favorecendo as forças e contribuindo para a diminuição das fraquezas e, ainda, minimizar as ameaças no que tange à implementação da observação de aves na UC.

As principais forças são a existência de plano de manejo composto pelo plano setorial de visitação com ações voltadas para a observação de aves e

o fato de ser uma área de relevância ambiental. Entre as oportunidades, destacam-se a possibilidade de articulação com a comunidade do entorno, secretarias municipais e setor privado, a existência de guias de observação de aves que já atuam na área da UC e a proximidade da área com outros locais da região que já são reconhecidos como destino de observadores de aves. No entanto, mesmo diante de um cenário mais favorável, é importante que as forças e oportunidades continuem sendo aprimoradas, uma vez que também podem minimizar fraquezas, controlar ameaças e retroalimentar as forças.

A partir do estudo realizado no REVISTUR, são indicadas como ações gerais e específicas para o aprimoramento das atividades de observação de aves nas UCs estaduais:

- Implementar infraestrutura adequada para recepção de visitantes e para a prática de observação de aves nas UCs;
- Ampliar o quadro de guarda-parques e desenvolver treinamento específico visando à promoção da observação de aves;
- Indicar, dentro do escopo do Plano de Visitação, dos Planos de Manejos, os locais apropriados para a observação de aves nas UCs;
- Ampliar o investimento em recursos humanos e financeiros no Programa Vem Passarinar-RJ, para o alcance das metas e efetividade de todas as ações previstas na resolução que o institui;
- Ampliar a divulgação das atividades de observação de aves e sua importância para as UCs em eventos que abordem o ecoturismo, a conservação da biodiversidade e o desenvolvimento regional;
- Estreitar parcerias para a promoção da atividade junto às secretarias municipais, rede pública de ensino e setor privado.

Por fim, no tocante às políticas públicas, sugere-se a inserção da observação de aves nos planos de manejo ou planos de uso público, como uma atividade oficial nas UCs do Estado do Rio de Janeiro. Assim, os planos devem ser elaborados ou revisados de modo a contemplar a atividade. O incentivo e a promoção da observação de aves podem contribuir para a construção de alternativa econômica para superar os impactos desencadeados pela pandemia da COVID-19, especialmente nos municípios do interior do estado. 🍀

Referências bibliográficas

- ALMEIDA, M. P. S. R.; BAHIA, M. C.; NELSON, S. P. Observação de aves no Refúgio de Vida Silvestre Metrôpole da Amazônia: uma contribuição para a conservação ambiental da unidade e ao desenvolvimento turístico do Estado do Pará. **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v. 9, n. 3, p. 544-574, 2016.
- BANZATO, B. M.; FAVERO, J. M.; AROUCA, J. A. C.; CARBONARI, J. H. Análise ambiental de unidades de conservação através dos métodos SWOT e GUT: o caso do parque estadual restinga de Bertiooga. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Pombal, PB, v. 6, n. 1, p. 38-49, 2012.
- BARDDAL, R.; ALBERTON, A.; CAMPOS, L. M. S. As dimensões e métodos de mensuração da sustentabilidade e o turismo: uma discussão teórica. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 138-155, 2010.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente; Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Estratégia Nacional de Comunicação e Educação Ambiental - ENCEA**, Brasília: MMA: ICMBio, 2010. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/educacaoambiental/images/stories/Politica/politica-encea/encea.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2021.
- CARVALHO, G.; HINGST-ZAHER, E. **Observação de aves: torres, abrigos e mobiliário de apoio**. São Paulo: Tjrd Ed., 2019.
- DAYCHOUM, M. **40 ferramentas e técnicas de gerenciamento**. Rio de Janeiro: Brasport, 2007. ISBN: 8574523046. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=jQ_JOBtvGAC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 05 jul. 2021.
- EVERINGHAM, P.; CHASSAGNE, N. Post COVID-19 ecological and social reset: moving away from capitalist growth models towards tourism as Buen

Vivir. **Tourism Geographies**, v. 22, n. 6, p. 1-12, 12 maio 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/0/14616688.2020.1762119>. Acesso em: 11 jun. 2020.

FARIAS, G. B. A observação de aves como possibilidade ecoturística. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 15, n. 3, p. 474-474, 2007.

FILHAIS, L. R. **Birdwatching como instrumento de ecoturismo no Parque Estadual de Campinhos, Tunas do Paraná**. 2013. 13 p. Artigo (especialização em Análise Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Impacto econômico do COVID-19: propostas para o turismo brasileiro**. Rio de Janeiro: FGV, 2020a. Disponível em: <https://fgvprojetos.fgv.br/artigos/1a-edicao-impacto-economico-do-covid-19-propostas-para-o-turismo-brasileiro-abril-2020>. Acesso em: 05 jul. 2021.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Impacto econômico do COVID-19: propostas para o turismo**. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV Projetos, 2020 (b). Disponível em: https://fgvprojetos.fgv.br/sites/fgvprojetos.fgv.br/files/02.covid19_impactoeconomico_turismo2_v07_fichacatalografica.pdf. Acesso em: 05 jul. 2021.

GALANTE, M. L. V.; BESERRA, M. M. L.; MENEZES, E. O. **Roteiro metodológico de planejamento de parque nacional, reserva biológica e estação ecológica**. Brasília: Ed. IBAMA, 2002.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Base de dados geoespaciais das unidades de conservação estaduais - INEA RJ**. Rio de Janeiro, 2018. Atualizado em julho de 2020. Disponível em: <https://inea.maps.arcgis.com/home/item.html?id=4f3eb31057594289a-c2194f948866116>. Acesso em: 01 mar. 2021.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Plano de Manejo do Refúgio de Vida Silvestre Estadual da Lagoa da Turfeira**. Resende, RJ: Instituto Ekos Brasil, 2018. 2 v.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Resolução INEA n. 185, de 22 de agosto de 2019.** Cria o Programa Vem Passarinho RJ nas unidades de conservação da natureza administradas pelo INEA e nas Reservas Particulares do Patrimônio Natural reconhecidas pelo estado do Rio de Janeiro, estabelece critérios, procedimentos administrativos, incentivos para sua implementação, e determina outras providências. Rio de Janeiro: INEA, 2019.

LUGARINI, C.; GOMES, B. N.; PALUDO, D.; SOUZA, M. A. Como potencializar a observação de aves nas unidades de conservação?. In: Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, 9., 2018, Florianópolis. **Trabalhos técnicos** [...]. Florianópolis: Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza, 2018.

PACHECO, J. F.; SILVEIRA, L. F.; ALEIXO, A.; AGNE, C. E.; BENCKE, G. A.; BRAVO, G. A.; BRITO, G. R. R.; COHN-HAFT, M.; MAURÍCIO, G. N.; NAKA, L. N.; OL-MOS, F.; POSSO, S.; LEES, A. C.; FIGUEIREDO, L. F. A.; CARRANO, E.; GUEDES, R. C.; CESARI, E.; FRANZ, I.; SCHUNCK, F.; PIACENTINI, V. Q. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee - second edition. **Ornithology Research**, v. 29, p. 94-105, 2021.

PINHEIRO, R. T. Turismo de observação de aves nas Unidades de Conservação da região da Ilha do Bananal, Cantão (TO). **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v. 12, n. 4, p.400-433, 2019.

RIO DE JANEIRO (Prefeitura). Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: Prefeitura, 2015.

SANTOS, G. N. **Contribuições para a observação de aves no Brasil:** estudo de caso no refúgio de vida silvestre estadual da Lagoa da Turfeira. 2021. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ecoturismo e Conservação) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

SILVA, J. A. D. Birdwatching como uma proposta de valorização do espaço ecoturístico da Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro (RJ). **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 587-599, ago./out. 2020.

WIKIAVES. **Estatísticas por Estado.** Disponível em: https://www.wikiaves.com.br/estatisticas_estado.php. Acesso em: 05 jul. 2021.

Sobre os autores

Graziele Noronha dos Santos

Mestra em Ecoturismo e Conservação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Graduada em Ciência Ambiental pela Universidade Federal Fluminense (UFF).

Rodrigo Machado Vilani

Doutor em Ciências. Mestre em Direito. Graduado em Ciências Biológicas e Direito. Professor da UFRJ.

Chamada para Submissão de artigos

Oi. Tudo bem?

A *Revista Ineana* convoca os técnicos do Inea e da Seas, e também pesquisadores de outras instituições, a enviar artigos para os próximos números da publicação. São aceitos trabalhos resultantes de **ações de pesquisa e extensão universitária** nas áreas de meio ambiente, recursos hídricos e recursos florestais.

Os artigos para publicação devem seguir o regulamento da revista e ser enviados para o e-mail inea.gepat@gmail.com.





inea instituto estadual
do ambiente

Secretaria do
Ambiente e
Sustentabilidade



GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO