



Contexto histórico e político das mudanças climáticas no Brasil – análise e caminhos para o **AGORA**

Volume 1
Mudanças Climáticas,
Biodiversidade e
Ecossistemas



Rede Clima

Mudanças Ambientais
Globais no Brasil



15 ANOS DA REDE CLIMA

Contexto histórico e político das mudanças climáticas
no Brasil – análise e caminhos para o **AGORA**



Rede **Clima**

Mudanças Ambientais
Globais no Brasil

Volume 1 Mudanças Climáticas, Biodiversidade e Ecossistemas



Cemaden
Centro Nacional de Monitoramento
e Alertas de Desastres Naturais

2023

15 ANOS DA REDE CLIMA

Contexto histórico e político das mudanças climáticas no Brasil – análise e caminhos para o AGORA

MUDANÇAS CLIMÁTICAS, BIODIVERSIDADE E ECOSISTEMAS

Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais - redeclima.cemaden.gov.br

COORDENADOR

Moacyr C. Araújo Filho (UFPE)

VICE-COORDENADOR

Jean Pierre Henry Balbaud Ometto (INPE)

Sub-redes temáticas

AGRICULTURA

Coordenadores: Renato de Aragão Ribeiro Rodrigues (UFF) e Stoécio Malta Ferreira Maia (IFAL)

BIODIVERSIDADE E ECOSISTEMAS

Coordenadores: Lauro Barata (UFOPA) e Mariana Moncassim Vale (UFRJ)

CIDADES E URBANIZAÇÃO

Coordenadores: Alisson Barbieri (UFMG) e Gilvan Guedes (UFMG)

DESASTRES NATURAIS

Coordenadoras: Regina Alvalá (Cemaden) e Regina Rodrigues (UFSC)

DESENVOLVIMENTO REGIONAL

Coordenadores: Marcel Bursztyn (UnB) e Saulo Rodrigues Filho (UnB/Embratur)

ECONOMIA

Coordenadores: Edson Paulo Domingues (UFMG) e Eduardo Haddad (USP)

ENERGIAS RENOVÁVEIS

Coordenador: Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas (UFRJ)

MODELAGEM CLIMÁTICA

Coordenadores: Lincoln Muniz Alves (INPE) e Silvio Nilo Figueroa Rivero (INPE)

OCEANOS

Coordenadores: Leticia Cotrim da Cunha (UERJ) e Moacyr Cunha de Araújo Filho (UFPE)

POLÍTICAS PÚBLICAS

Coordenadores: Gustavo Luedemann (Ipea) e Karen Silverwood (Governo Federal)

RECURSOS HÍDRICOS

Coordenador: Francisco de Assis Souza Filho (UFC)

SAÚDE

Coordenadores: Christovam Barcellos (Fiocruz) e Sandra Hacon (Fiocruz)

SERVIÇOS AMBIENTAIS DOS ECOSISTEMAS

Coordenador: Philip Martin Fearnside (INPA)

USOS DA TERRA

Coordenadores: Jean Ometto (INPE) e Mercedes Bustamante (UnB)

ZONAS COSTEIRAS

Coordenadores: Alexander Turra (USP) Margareth Copertino (FURG)

Projetos Integrativos

SEGURANÇA HÍDRICA, ALIMENTAR E ENERGÉTICA

Coordenadores: Eduardo Delgado Assad, Enio Bueno Pereira, Francisco de Assis Souza Filho e Stoécio Malta Maia

SEGURANÇA SOCIOAMBIENTAL

Coordenadores: Marcel Bursztyn e Saulo Rodrigues Filho

O conteúdo desta publicação foi editado e organizado a partir dos textos, informações e imagens submetidos pelos pesquisadores Mariana Vale, Luara Tourinho, Geiziane Tessarolo, Flavia Witkowski Frangetto e Gustavo Luedemann.

PROJETO EDITORIAL, ORGANIZAÇÃO, ELABORAÇÃO, EDIÇÃO, PREPARAÇÃO DE TEXTOS E REVISÃO ORTOGRÁFICA E GRAMATICAL

Ana Paula Soares e Erica Menero

REVISÃO TÉCNICA

Mariana Vale, Flavia Witkowski Frangetto e Gustavo Luedemann

DESIGN GRÁFICO E CAPA

Magno Studio

DIAGRAMAÇÃO

Gabriel Sá

APOIO INICIAL

Tainá de Luccas

FOTO DA CAPA

iStockphoto

Sedes

Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

Estrada Doutor Altino Bondesan, 500 - Eugênio de Melo 12247-016 - São José dos Campos - SP - Brasil

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Avenida dos Astronautas, 1758 - Jardim da Granja, 12227-010 - São José dos Campos - SP - Brasil

Ficha Catalográfica. Elaborada por Cíntia Cássia Soares – CRB 8848 / 8R

R249m

Rede Clima.

Mudanças climáticas, biodiversidade e ecossistemas – volume 1 / Rede Clima. – São José dos Campos, SP: CEMADEN, 2023.

63p. : il. ; PDF.

(15 anos da Rede Clima: Contexto histórico e político das mudanças climáticas no Brasil – análises e caminhos para o agora , v.1).

ISBN: 978-65-84510-14-2

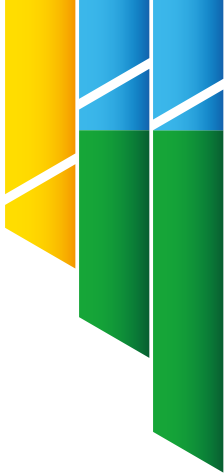
1.Mudanças Climáticas – Brasil. 2.Biodiversidade - Brasil. 3.Ecossistemas - Brasil. I. Título.

CDU:502/504(81)

CDD:577(81)

Sugestão de citação:

VALE, M.; TOURINHO, L.; TESSAROLO, G.; WITKOWSKI, F.; LUEDEMANN, G. 15 anos da Rede Clima: contexto histórico e político das mudanças climáticas no Brasil – análises e caminhos para o agora. V.1. **Mudanças Climáticas, Biodiversidade e Ecossistemas**. São José dos Campos, SP, Brasil: Cemaden, 2023.



Sumário

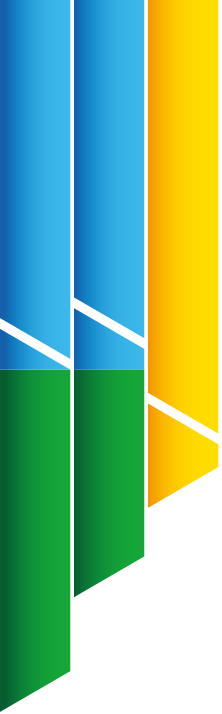
- 5** Apresentação
- 9** A Rede Clima
- 13** A sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas
 - Introdução
 - A equipe e suas pesquisas
- 19** Destaques científicos e principais resultados com base nos objetivos gerais da Rede Clima
 - Modelagem de nicho convencional
 - Modelos de nicho menos convencionais
 - Avaliação de impactos nos ecossistemas e seus serviços
 - Desenvolvimento de teoria e métodos
 - Sínteses
- 37** Caminhos para o AGORA
 - Análise e considerações
 - Contribuições sobre políticas públicas
- 43** Publicações vinculadas à sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas
- 57** Referências








Apresentação



A Rede Clima celebra 15 anos de existência e presenteia a sociedade brasileira com uma série de livros que apresentam o estado-da-arte da ciência e da pesquisa aplicada a políticas climáticas no país. Este volume trata do aprendizado da sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas neste mesmo período.

De um lado, o texto demonstra a vulnerabilidade de biomas, ecossistemas, interações, espécies ao cenário em curso de mudanças climáticas, predominantemente causado pelo ser humano moderno e pela lógica do capital. Por outro lado, não resta dúvida que a biodiversidade é também a solução para o problema que criamos.

Problema x solução: mais uma das muitas dicotomias da modernidade. Tenho a impressão de que esquecemos que no caminho do problema para a solução há um elemento chamado *diálogo*. Quinze anos de ciência eficientemente articulada pela produtiva Rede Clima. Quase o mesmo tempo de funcionamento do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Trinta e cinco anos de IPCC. Todas estas são iniciativas de diálogo entre a academia e a sociedade, incluindo governos e empresas. Contudo – e essa publicação torna isso evidente – muito pouco ou nada tem sido feito em escala para reverter ou pelo menos frear o atual padrão de emissão de gases estufa e de mudança do uso da terra, que levam à perda sem precedentes de biodiversidade, entre outras consequências negativas. Quantos novos estudos científicos precisam ser feitos para que mude-



mos esses nossos péssimos hábitos? Há algo a mais que a ciência possa fazer? Já não se sabe o bastante para se tomar ação?

Cada vez que me deparo com evidências tão fortes da necessidade de ruptura e transformação, como no caso desta importante publicação, mais me convenço que não é a razão que nos impele a mudar e a cobrar mudança. Estou convencido que o que nos leva a romper com velhos costumes são as “paixões violentas”, conforme as chamava David Hume: emoções como a paixão amorosa e o medo. Porém, se a razão que nos traz a boa ciência evocar tais paixões violentas, tanto melhor. Leiam este incrível texto e tenham medo. Leiam e sintam também amor apaixonado pela diversidade – não só a biológica, mas também a cultural – já que as duas são na verdade uma única e interdependente diversidade biocultural. Se apaixonem também por essas autoras e seus grupos de colaboradores, colaboradoras e estudantes, que tiveram o cuidado de compartilhar conosco todo esse conhecimento. Sim, cuidado é a palavra. “Sustentare”, em latim, significa cuidado, como nos explica Leonardo Boff. Sustentabilidade é a prática do cuidado e este livro, tanto em forma como em conteúdo, inspira esse tipo de ação.

Fabio Rubio Scarano


Professor Titular

UFRJ





A Rede Clima



A Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais – Rede Clima, como iniciativa do atual Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) (à época Ministério da Ciência e Tecnologia), através da Portaria nº 728, de 20 de novembro de 2007, foi idealizada tendo como objetivo principal a geração e disseminação de conhecimentos sobre as mudanças climáticas globais, incluindo a produção de informações para formulação de políticas públicas, além de dar apoio à diplomacia brasileira nas negociações internacionais sobre o tema. Em 2009, foi incluída como um instrumento de implementação da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), previsto no artigo 7º da Lei nº 12.187/2009.

Nesse contexto, a Rede Clima tem como objetivos específicos: (i) gerar e disseminar conhecimentos e tecnologias para que o Brasil possa responder aos desafios representados pelas causas e efeitos das mudanças climáticas globais; (ii) gerar cenários futuros globais e regionais de mudanças climáticas através de técnicas de modelagem do sistema terrestre; (iii) produzir dados e informações necessárias ao apoio da diplomacia brasileira nas negociações sobre o regime internacional de mudanças do clima; (iv) realizar estudos sobre os impactos das mudanças climáticas globais e regionais no Brasil com ênfase nas vulnerabilidades do País às mudanças climáticas; (v) estudar alternativas de adaptação dos sistemas sociais, econômicos e naturais do Brasil às mudanças climáticas; (vi) pesquisar os efeitos de mudanças no uso da terra e nos sistemas sociais, econômicos e naturais nas emissões brasileiras de gases que contribuem para as mudanças climáticas globais; (vii) contribuir para a formulação e acompanhamento de políticas públicas sobre mudanças climáticas globais no âmbito do território brasileiro; (viii) contribuir para a concepção e a implementação de um sistema de monitoramento de alertas de desastres naturais para o país; (ix) realizar estudos sobre emissões de gases de efeito estufa em apoio à realização periódica de inventários nacionais de emissões de acordo com o Decreto nº 7.390 de 9 de dezembro de 2010; (x) promover a integração das pesquisas realizadas pelas sub-redes da Rede Clima de forma transversal; (xi) contribuir para a concepção e implementação de sistemas observacionais para detecção de impactos das mudanças climáticas, atribuição de suas causas e de seus efeitos nos sistemas humanos e naturais; e (xii) apoiar os trabalhos do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas.

A Rede Clima envolve dezenas de grupos de pesquisa em universidades e institutos. Estas estão distribuídas nas diversas regiões do país, o que provê capilaridade para a Rede, assim como potencializa a transferência e a difusão das informações geradas. Está estruturada em 15 sub-redes temáticas, a saber: Agricultura, Biodiversidade e Ecossistemas, Cidades e Urbanização, Desastres Naturais, Desenvolvimento Regional, Economia, Energias Renováveis, Modelagem Climática, Oceanos, Políticas Públicas, Recursos Hídricos, Saúde, Serviços Ambientais dos Ecossistemas, Usos da Terra e Zonas Costeiras. Também desenvolve pesquisas transversais, por meio de projetos integrativos, tais como: Segurança Hídrica, Alimentar e Energética (PI SHAE) e Segurança Socioambiental (PI SSA).

Em dezembro de 2021, através da Portaria MCTI nº 5.434, foi determinado que a Rede Clima, dentre outras finalidades, passaria também a subsidiar o planejamento do Estado com relação às demandas sobre as mudanças climáticas, em especial aquelas relacionadas aos estudos de impactos, adaptação e vulnerabilidade para sistemas e setores relevantes, tais como a detecção e atribuição de causas; entendimento da variabilidade natural versus mudanças climáticas de origem antrópica; ciclo hidrológico e ciclos biogeoquímicos globais e aerossóis; capacidade de modelagem do sistema climático; estudos de impactos, adaptação e vulnerabilidade para sistemas e setores relevantes, quais sejam: agricultura e silvicultura, recursos hídricos, biodiversidade e ecossistemas, zonas costeiras, cidades, economia, energias renováveis e saúde; e desenvolvimento de conhecimento e tecnologias para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

O posicionamento da Rede Clima como organização-chave no subsídio de informações à tomada de decisão do governo federal se evidencia, também, em ações relacionadas: (a) à elaboração do Inventário Nacional de Gases de Efeito Estufa (GEE); (b) à elaboração do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA); (c) ao desenvolvimento, atualização e verificação das metas assumidas no Acordo de Paris (NDC); (d) à avaliação de vulnerabilidade e riscos às mudanças ambientais e climáticas dos diferentes biomas brasileiros e de áreas específicas; (e) à participação como membro da Rede Internacional de Centros de Excelência e Think Tanks para a Capacitação sobre Mudanças Climáticas (*The International Climate Change Centre of Excellence and Think Tanks for Capacity Building - INCCETT 4CB*); (f) à parceria científica estabelecida com o *InterAmerican Institute for Climate Change Research (IAI)* (g) à sua inclusão (e do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas - PBMC) como organismos nacionais responsáveis por subsidiar o Fórum Brasileiro de Mudança do Clima (FBMC), conforme Decreto nº 9.082, de junho de 2017; (h) à contribuição ao Plano de Ação em CT&I para o Clima, o qual servirá de base para a melhoria do Plano Plurianual, através da revisão das metas; (i) à colaboração e participação no processo de implementação no Brasil dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS); (j) à contribuição para atualização Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa – Setor Agricultura e Energia (sub-redes de Agricultura e Energias Renováveis, respectivamente); (k) à participação e elaboração dos textos relacionados às mudanças climáticas para Diagnóstico Brasileiro sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos, que vem sendo elaborado pelo Painel Brasileiro de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos – BPBES; e (l) às contribuições com o Ministério do Meio Ambiente no capítulo de Biodiversidade e Ecossistemas do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima; às contribuições e parcerias com o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade na avaliação da vulnerabilidade de unidades de conservação frente às mudanças climáticas; participando como ator-chave nas discussões sobre *International Linking Climate Change and National Accounting* – capitaneadas pelo PNUD, IPEA, IBGE, e outros órgãos da administração pública brasileira.

Outra importante contribuição da Rede Clima foi à coordenação e outras atividades científicas relacionadas à elaboração da 4ª Comunicação Nacional para UNFCCC (4CN). E, por solicitação do MCTI, a Rede Clima coordenará cientificamente a elaboração da 5ª Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (5CN).

No início de 2023, vinculado à Rede Clima, houve a aprovação e implantação do SiMAClim - Centro de Síntese em Mudanças Ambientais e Climáticas (<https://simaclim.com.br/>), que vai gerar informações e preencher lacunas de conhecimento científico nacional criteriosamente identificadas. O projeto, estruturado pela área de clima do MCTI, será implementado pela Rede Clima a partir da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Em meados de 2023, a Rede Clima assume assento no Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM). A ação foi formalizada em decreto presidencial (Decreto nº 11.550, de 5 de junho de 2023), com o objetivo de aproximar a ciência dos tomadores de decisão e contribuir para a definição das políticas públicas. O CIM é a instância responsável por acompanhar a implementação das ações e das políticas públicas relacionadas à Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), no âmbito do governo federal.

Em suma, a Rede Clima atua como braço científico em diversas iniciativas desenvolvidas pelo MCTI, agregando significativa contribuição de cunho científico. As contribuições da Rede Clima permitem apoiar e subsidiar o Estado brasileiro nas tomadas de decisão relacionadas ao tema.

Tamandua do Sul - Tamandua tetradactyla no Brasil floresta tropical/iStockphoto





**A sub-rede
Biodiversidade
e Ecossistemas**

Introdução

As mudanças climáticas em andamento, predominantemente uma consequência das emissões antrópicas de gases de efeito estufa, poderão levar a um aumento de até 4°C na temperatura média do planeta antes do final deste século, em comparação ao período pré-industrial (IPCC, 2021). Esse aumento da temperatura global pode afetar seriamente as atividades humanas e os ecossistemas dos quais dependem (IPCC, 2022a; PÖRTNER *et al.*, 2021). Por possuir um território extenso e de grande diversidade de domínios fitogeográficos, aqui chamados de biomas, o Brasil pode ser afetado das mais diversas formas pelas mudanças climáticas, o que constitui um desafio importante para os tomadores de decisão (PBMC, 2013). As mudanças climáticas podem gerar o aumento de eventos extremos, como ondas de calor, secas e enchentes, alterando os ecossistemas naturais e comprometendo a segurança hídrica, energética e alimentar do país e, portanto, afetando os setores econômico, social, político e ambiental (CARVALHO *et al.*, 2015; FERREIRA, PARREIRA E NABOUT, 2021; IPCC, 2022a; PIRES *et al.*, 2016). A vulnerabilidade do Brasil às mudanças climáticas é alta, sobretudo em função das disparidades regionais de desenvolvimento que existem no país e a perda continuada dos serviços ecossistêmicos providos pela natureza (CASTELLANOS *et al.*, 2022; MANES E VALE, 2022).

A boa notícia é que o Brasil possui grande potencial para contribuir com a redução dos impactos das mudanças climáticas através de planos, programas e estudos baseados em estratégias de mitigação e adaptação. O Plano Nacional de Mudanças Climáticas (MMA, 2008) e o Plano Nacional de Adaptação às Mudanças Climáticas (MMA, 2016) apresentam diversas metas relacionadas à redução dos impactos das mudanças climáticas sobre a sociedade e a biodiversidade, além de direcionar a atuação do Estado para o alcance dessas metas. Muitas das metas destes planos estão vinculadas com compromissos do Brasil em acordos internacionais, como o Acordo de Paris na Convenção do Clima (UNFCCC, 2015) e as metas de Aichi propostas na Convenção de Diversidade Biológica (CBD, 2020), por exemplo. Entretanto, o alcance dessas metas depende de uma boa base de conhecimento científico. É nesse contexto que a sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas da Rede Clima se insere, subsidiando políticas públicas através da produção e síntese de conhecimento relevante para tomada de decisão sobre os impactos e adaptação climáticas e através da conservação e restauração dos sistemas naturais brasileiros (REDE CLIMA, 2022).

União da Ciência ao Direito por uma Biodiversidade menos impactada

Embora o ordenamento jurídico brasileiro já preveja instrumentos protetivos da biodiversidade, associar em preceitos explícitos no Direito as consequências da mudança do clima sobre a manutenção e equilíbrio detectadas pela ciência no tocante às espécies poderia se tornar uma diretriz em apoio a ações de reforço da eficácia da implementação das regras aplicáveis à biodiversidade. Assim, o comprometimento de alcance das metas de redução dos impactos da mudança do clima sobre a sociedade e a biodiversidade estaria acompanhado do *animus* ao cumprimento particularizado do destinatário da norma, no sentido de agir para extirpar ameaças, mitigar danos e lidar com os limites das capacidades de ajustamento em decorrência dos riscos e evidências ao meio ambiente e suas espécies na natureza. Em síntese, seria uma potencialização da política pública.

Este box faz parte dos apontamentos e contribuições da sub-rede Políticas Públicas, no âmbito específico do Direito e das políticas públicas.

Fonte: Elaborado e inserido pela sub-rede Políticas Públicas (Flavia Witkowski Frangetto e Gustavo Luedemann).

A sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas executa projetos de pesquisa na sua temática de especialidade nos biomas brasileiros, com três objetivos principais: (1) fazer um diagnóstico abrangente dos impactos e riscos associados às mudanças climáticas para a biodiversidade brasileira,

incluindo ambientes terrestres, de água doce e marinhos, (2) capacitação de pesquisadores e desenvolvimento de métodos de análise na temática de mudanças climáticas e biodiversidade, e (3) avaliar o potencial de diferentes estratégias de adaptação às mudanças climáticas, com o objetivo de aumentar a resiliência de sistemas naturais e humanos brasileiros. Embora a Rede Clima tenha sido instituída há 15 anos, a sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas completou 11 anos em maio de 2022, tendo sido criada por meio da Portaria (MCTI) nº 262, 2 de maio de 2011. Nesse período, produziu relevante conhecimento na temática, com um forte viés para subsídios à tomada de decisão no país.

Anteriormente, até a primeira década dos anos 2000, os estudos sobre os impactos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade brasileira eram praticamente inexistentes, apesar de o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas das Nações Unidas (IPCC) prever mudanças climáticas substanciais para o Brasil (VALE, ALVES E LORINI, 2009). Assim, os pesquisadores que mais tarde viriam a constituir a sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas produziram muitos estudos sobre os possíveis impactos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade brasileira. Esse enorme volume de trabalho coloca hoje os dois *hotspots* de biodiversidade existentes no Brasil – a Mata Atlântica e o Cerrado – entre os mais bem estudados no mundo em termos dos riscos à biodiversidade associados com as mudanças climáticas (MANES *et al.*, 2021).

Nessa fase, os pesquisadores que vieram a constituir a sub-rede produziram muitas projeções sobre os impactos das mudanças climáticas utilizando modelos de nicho ecológico como principal ferramenta. Esses modelos permitem projetar a distribuição das espécies em cenários futuros de mudanças climáticas, prevendo possíveis contrações e até extinção de espécies (FRANKLIN E MILLER, 2009; HANNAH, 2011; PETERSON *et al.*, 2011). Após essa primeira fase, outros aspectos começaram a ser incorporados, como a sinergia entre mudanças climáticas e mudanças do uso do solo, interações ecológicas entre espécies, ecofisiologia dos animais, serviços ecossistêmicos, entre outros. Atualmente, a sub-rede tem expandido os organismos e ambientes estudados para sanar as lacunas de conhecimento ainda existentes, subsidiando políticas públicas mais abrangentes.

Sinergia entre temáticas ambientais que corroborem para decisões

É raro as políticas públicas internalizarem os conteúdos percebidos nas projeções feitas pelos cientistas, como acerca da distribuição das espécies nos cenários futuros. A regra tem que ser geral e abstrata, ficando ao Executivo a tarefa de implementar as normas. Mas, pudera a atividade legiferante em sua lógica preventiva estabelecer que as estratégias de curtíssimo, curto, médio e longo prazos, contemplem essas previsões de efeitos que a mudança do clima provocará entre os bens que compõem o meio ambiente objeto da proteção jurídica. Nesse sentido, haveria uma infinidade de matérias (legislação especial: climática; da flora, incluindo florestas; fauna; território, uso do espaço e do solo; desempenho de atividades econômicas; tecnologia; qualidade ambiental; competência de órgãos, como aqueles próprios de meio ambiente, desastres naturais e da Defesa Civil; áreas protegidas; entre outras) transversais cujas disciplinas viessem a estabelecer regimes de indução a medidas concretas e diretas de aumento da resiliência, adaptabilidade e enfrentamento das consequências irremediáveis ante a fenômenos inevitáveis, como os eventos extremos, mas de efeitos mitigáveis graças à imposição jurídica de comportamentos, acesso ao conhecimento ambiental e a recursos financeiros por meio dos quais os atores da sociedade consigam agir.

Este box faz parte dos apontamentos e contribuições da sub-rede Políticas Públicas, no âmbito específico do Direito e das políticas públicas.

Fonte: Elaborado e inserido pela sub-rede Políticas Públicas (Flavia Witkowski Frangetto e Gustavo Luedemann).

Nesta publicação, apresentamos o panorama geral das contribuições e produções da sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas durante esses 15 anos de Rede Clima, detalhando as fases de pesquisa desenvolvida pela sub-rede, seus membros, produções e as metas para o futuro.

A equipe e suas pesquisas

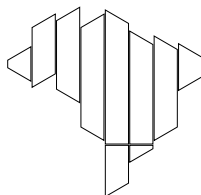
A equipe da sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas é atualmente coordenada pela Dr^a Prof^a Mariana M. Vale, composta por 12 pesquisadores e 2 bolsistas, distribuídos em 6 instituições: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Estadual de Goiás (UFG), Universidade Estadual de Goiás (UEG), Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (Unirio), Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ) e Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FDBS). Nesses 15 anos, dezenas de pesquisadores, incluindo doutorandos e mestrandos, passaram pela Rede Clima e pela sub-rede, contribuindo com sua produção e ao mesmo tempo atendendo ao objetivo de capacitação de pesquisadores brasileiros na temática de mudanças climáticas e biodiversidade.

Os pesquisadores da sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas já publicaram cerca de 145 artigos científicos, 12 capítulos de livros e três livros (Figura 1, ver a lista completa das publicações no final do livro), além de contribuir com o Sexto Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2022b). Toda essa produção foi feita mediante apoio da Rede Clima por meio da concessão de bolsas e equipamentos de informática e escritório, acompanhada do financiamento advindo de outros projetos e instituições parceiras, especialmente o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ecologia, Evolução e Conservação da Biodiversidade (INCT EECBio), os quais aportaram bolsas adicionais às atividades da sub-rede.

Figura 1: Número de colaboradores (parcial) e publicações da sub-rede durante os 15 anos de atuação.



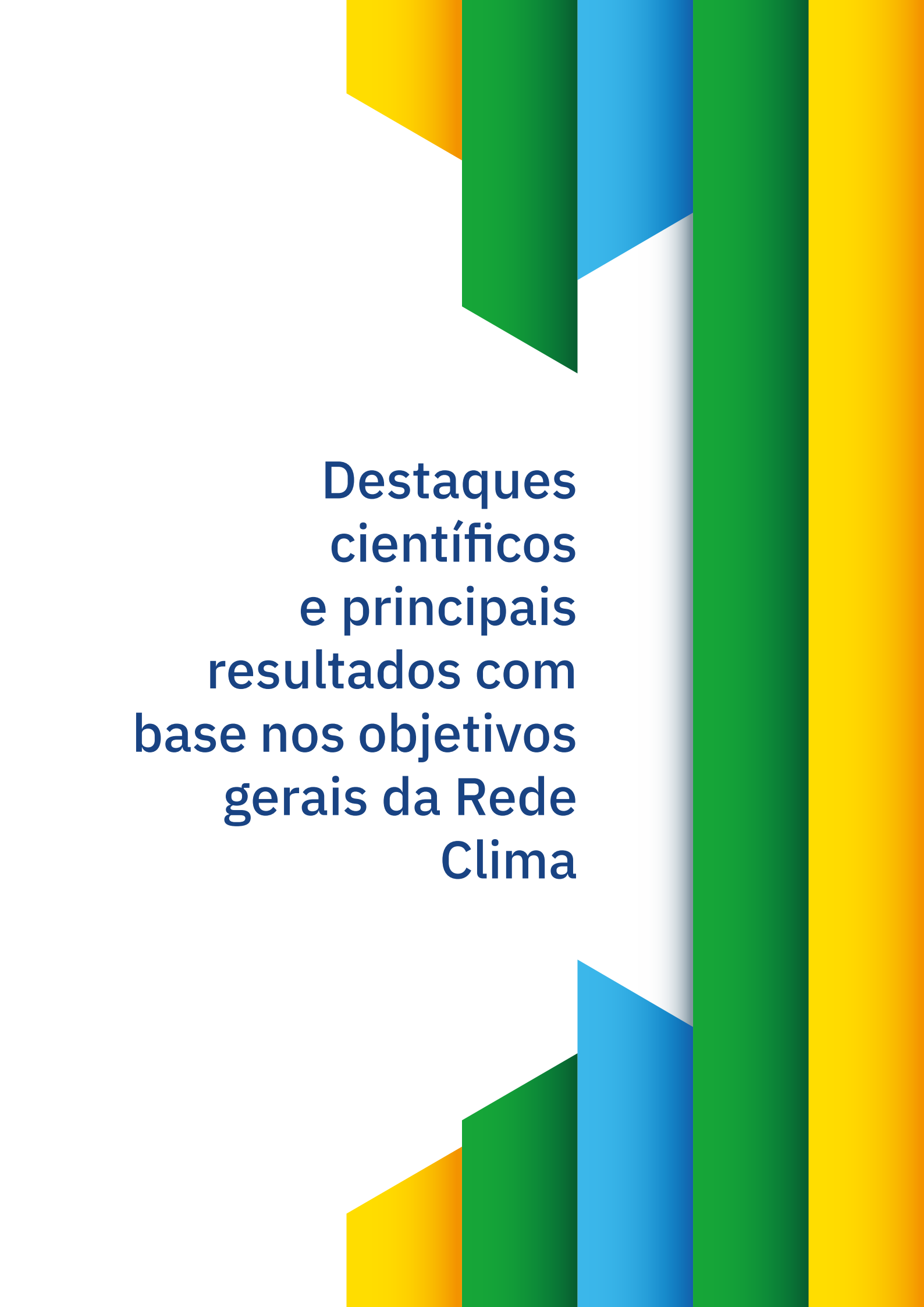
Fonte: Elaborada pelas autoras.





Saira-pintor (Tangara fastuosa). Foto: Murilo Nascimento, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>



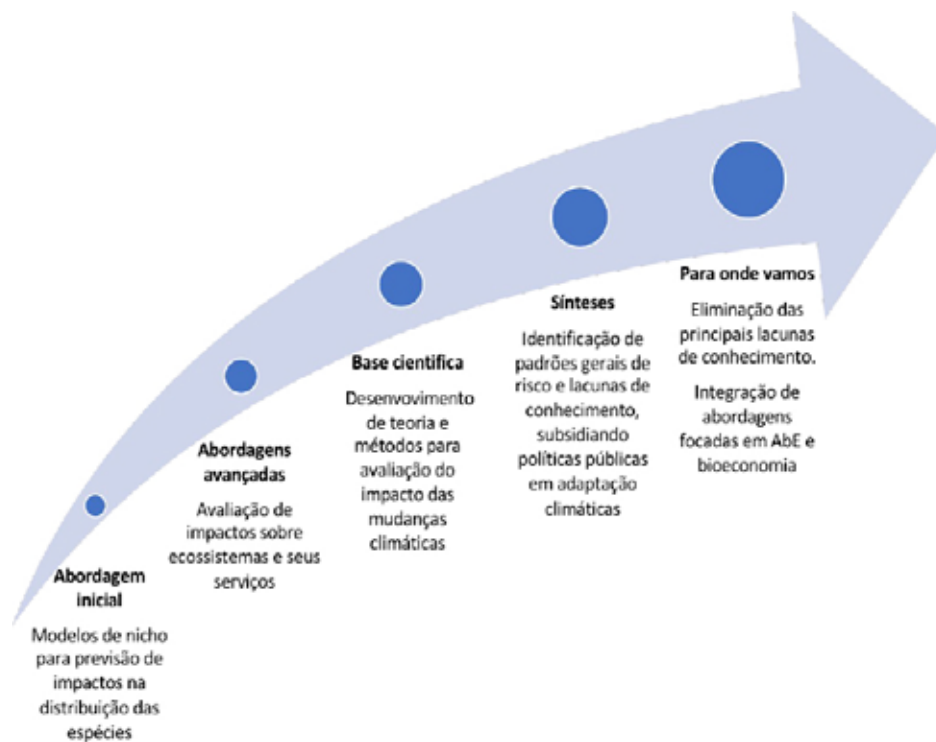


**Destques
científicos
e principais
resultados com
base nos objetivos
gerais da Rede
Clima**

Os destaques científicos da sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas estão detalhados em boxes ao longo da publicação, integrados ao texto dos principais resultados e impactos com base nos objetivos gerais da Rede Clima.

Ao longo de seus anos de existência, a sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas passou por diferentes fases de produção científica que revelam o amadurecimento em relação ao conhecimento produzido e aos objetivos da sub-rede (Figura 2). As fases, suas contribuições e os futuros passos da sub-rede são descritos nas próximas sessões.

Figura 2: Fases da pesquisa desenvolvida pela sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas nos seus anos de existência e as metas para o futuro, que incluem integração de Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) e bioeconomia nos estudos sobre biodiversidade e mudanças climáticas no Brasil.



Fonte: Elaborada pelas autoras.

Modelagem de nicho convencional

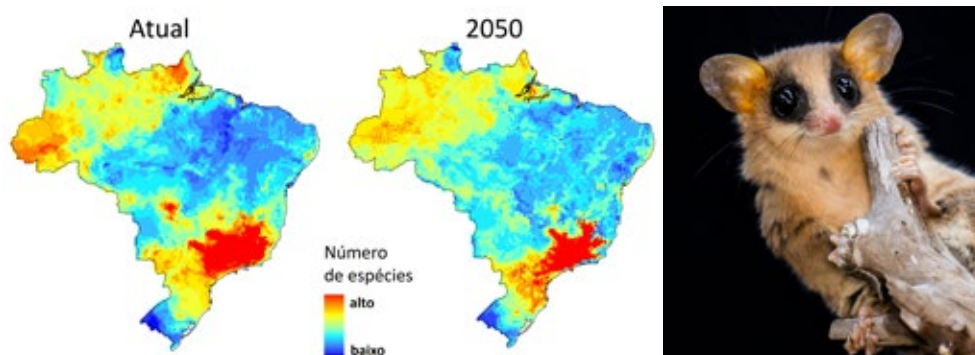
As espécies podem responder de diversas formas às mudanças climáticas (FRANKLIN E MILLER, 2009; HANNAH, 2011; URBAN *et al.*, 2016). Se a espécie for capaz de se adaptar ou for plástica o suficiente para ajustar-se fisiologicamente às novas condições climáticas, ela poderá permanecer na sua área original de ocorrência. Respostas adaptativas ou plásticas, no entanto, podem ser dificultadas pela acelerada velocidade das mudanças climáticas em andamento (BURROWS *et al.*, 2014; FORDHAM *et al.*, 2012). Se a espécie não for capaz de se adaptar ou ajustar às novas condições climáticas e tiver boa capacidade de dispersão, poderá, alternativamente, se deslocar para áreas que mantêm ou passam a ter as condições climáticas adequadas para sua ocorrência, quando essas áreas existem e estão ao seu alcance (CLAIRBAUX *et al.*, 2019; DINIZ-FILHO *et al.*, 2019; HANNAH, 2011). Para espécies que não forem capazes de apresentarem respostas adaptativas, plásticas ou se deslocarem para áreas climaticamente favoráveis, a probabilidade de extirpação (extinção local de populações) ou mesmo extinção será alta (e.g. SINERVO *et al.*, 2010).

A modelagem convencional de nicho ecológico é uma abordagem amplamente utilizada para a previsão de impactos das mudanças climáticas na distribuição geográfica das espécies

(FRANKLIN E MILLER, 2009; HANNAH, 2011; PETERSON *et al.*, 2011). Estudos utilizando esse tipo de modelagem foram e continuam sendo bastante numerosos na sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas (ver lista de publicações no final do livro). Esse tipo de modelagem correlaciona os registros de ocorrência das espécies com variáveis ambientais, tipicamente climáticas, para descrever o nicho ecológico das espécies e prever sua distribuição no espaço geográfico (GUISAN E ZIMMERMANN, 2000; PETERSON *et al.*, 2011). Os dados de entrada necessários para esse tipo de modelagem estão facilmente disponíveis na literatura e em bases de dados *on-line*, tornando essa uma abordagem metodológica de fácil e ampla implementação (TOURINHO E VALE, 2022), sendo adequada para a fase inicial de produção científica da sub-rede. Nesta fase também houve um foco em espécies de vertebrados terrestres, principalmente mamíferos e aves (e.g. BRUM *et al.*, 2013; LOYOLA *et al.*, 2011, 2012; SOUZA *et al.*, 2011; TEIXEIRA *et al.*, 2014), em função da maior disponibilidade de dados para esses grupos (Box 1). Com o aumento gradual da disponibilidade de informações em bancos de dados *on-line* (e.g. CONSTABLE *et al.*, 2010; GBIF, 2021; SpeciesLink, 2021), foi possível ampliar esses estudos para outros taxa (e.g. CARVALHO *et al.*, 2015; FERRO *et al.*, 2014; MARTINS *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2015). A ampliação do escopo de grupos taxonômicos na sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas também favoreceu a criação de novas parcerias com outras sub-redes como, por exemplo, com a sub-rede Saúde. Essa parceria resultou em um estudo que estimou a expansão de *Lutzomyia*, vetor de *Leishmania*, na América do Sul, sob cenários de mudanças climáticas (CARVALHO *et al.*, 2015) (Box 2).

Box 1. Impacto das mudanças climáticas nos marsupiais brasileiros

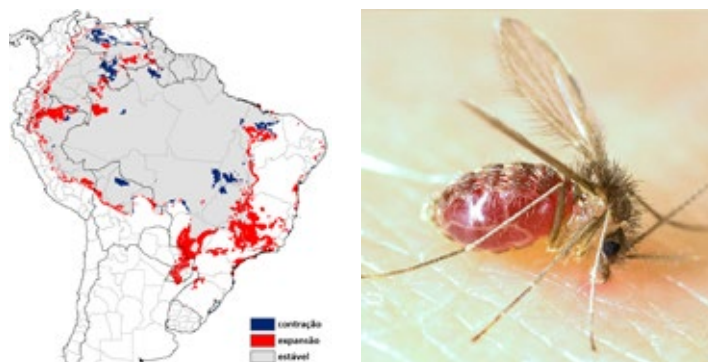
O Brasil tem uma rica fauna de marsupiais, que são mamíferos basais com um tipo único de reprodução, encontrados apenas nas Américas e na Austrália. O estudo de Loyola *et al.* (2012) usou modelagem de nicho ecológico convencional para avaliar o impacto das mudanças climáticas sobre a distribuição geográfica das 55 espécies de marsupiais que ocorrem no Brasil. O estudo revela que a maioria das espécies deve apresentar uma contração significativa de sua distribuição no futuro em função de uma perda de adequabilidade climática para sua ocorrência no território. A figura mostra a riqueza de espécies de marsupiais (número de espécies em cada pixel) nas condições climáticas atuais e em 2050 no território brasileiro. É possível notar que a maior parte do território deve perder espécies, com exceção destacada para o sul do Brasil, que deve ganhar espécies. Esta é uma resposta bastante comum às mudanças climáticas, com deslocamento da distribuição geográfica em direção aos pólos para compensar o aumento da temperatura. A imagem à direita ilustra uma cuíca (*Gracilinanus agilis*).



Mapa modificado de Loyola *et al.* (2012). Crédito da foto: Gionorossi,

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>

Box 2. Aumento do risco de infecção por leishmaniose cutânea no sudeste brasileiro



Mapa modificado de Carvalho *et al.* (2015). Crédito da foto: Ray Wilson, <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>.

Doenças transmitidas por vetores, como mosquitos, são suscetíveis à mudança climática porque a distribuição e abundância de muitos vetores são fortemente influenciadas pelo clima. O estudo de Carvalho *et al.* (2015) modelou o nicho ecológico e distribuição do vetor de uma forma de leishmaniose cutânea originalmente restrita à região amazônica. Casos deste tipo de leishmaniose, no entanto, começaram a aparecer no sudeste brasileiro, levantando a hipótese, até então não testada, de que o vetor estava expandindo sua distribuição em direção ao sul, em resposta às mudanças climáticas. De fato, as projeções corroboram uma expansão das áreas climaticamente adequadas para *Lutzomyia flaviscutellata* em direção ao sul e elevações mais altas, como se vê no mapa. Esta expansão é preocupante, pois as novas áreas têm uma densidade populacional humana muito maior que a área original de ocorrência, o que colocaria mais pessoas em risco de infecção pela doença. O resultado alerta para a necessidade de programas para o controle da doença e seu vetor no sudeste brasileiro. A imagem à direita ilustra uma espécie do gênero *Lutzomyia*.

A maioria dos estudos da sub-rede prevê que as mudanças climáticas exercerão impactos negativos sobre a biodiversidade, com a contração da distribuição da maioria das espécies no futuro, associada a uma redução da riqueza de espécies e aumento de *turnover* das espécies, que indica uma mudança profunda nas comunidades das espécies estudadas (e.g. BRAZ *et al.*, 2019; SOUZA *et al.*, 2011; TEIXEIRA *et al.*, 2014).

Interação entre ser humano e o meio ambiente modificado

À primeira vista, a política pública levada ao status de lei em sentido estrito não cuidaria da relação de causa (remota antrópica) e efeito (aumento de população vetora de doenças, invasoras ou equivalentes) por serem situações por demais específicas. Mas à medida que a incidência de casos semelhantes aumente, o legislador federal pode abarcar essas situações em uma mesma problemática, a de o poder público em conjunto com a sociedade enfrentarem o fato de a causa próxima (melhores condições ecológicas de reprodução dado certo aumento da temperatura, por exemplo) exigir que as instâncias subnacionais definam políticas públicas por meio das quais antecipadamente implantem programas de gestão de crise ambiental e respectivos reflexos. Em termos práticos, aos municípios, intrinsecamente de competência para legislar sobre assuntos de interesse local, poderiam estabelecer comandos de todas as escolas públicas

municipais oferecerem repelentes e adotar campanhas de alerta às famílias e as prefeituras aos administrados quanto à propriedade de se prevenirem de infecção pela doença. Nesse exemplo hipotético, eventuais previsões de “programas para o controle da doença e seu vetor no sudeste brasileiro” (autora desta publicação) extrapolariam o âmbito do Poder Executivo para abarcar várias gestões de governo, tornando-se uma efetiva ferramenta de fiscalização, autorizado que estaria o Estado a recorrer ao poder de polícia em caso de descumprimento.

Outro aspecto a ser considerado no processo de modificação do ambiente, para pior, está nos efeitos normativos do *turnover* das espécies. Explica-se: as normas jurídicas precisam ser redigidas de tal maneira que, quando o ambiente (que é dinâmico) mudar, os mecanismos jurídicos continuem podendo servir à proteção ambiental nas novas circunstâncias da realidade. Aquelas que não estiverem com essa qualidade poderiam ser revisadas (pela autoridade que as prescreveu; ou superior) para que a proteção legal ambiental atemporal seja traduzida nas “imprevisibilidades” as quais um legislador convencional não poderia antever. Daí a importância do conteúdo trazido pelos cientistas continuamente servir de subsídio aos trabalhos de legística, de modo a haver uma engenharia normativa capaz de produzir efeitos ao longo do tempo e as implicações dela se perpetuarem no tempo e ambiente que estarão por vir.

Este box faz parte dos apontamentos e contribuições da sub-rede Políticas Públicas, no âmbito específico do Direito e das políticas públicas.

Fonte: Elaborado e inserido pela sub-rede Políticas Públicas (Flavia Witkowski Frangetto e Gustavo Luedemann).

A modelagem de nicho ecológico convencional também foi utilizada para avaliar a eficiência da rede brasileira de Unidades de Conservação no contexto das mudanças climáticas (e.g. DINIZ-FILHO *et al.*, 2020; FALEIRO, MACHADO E LOYOLA, 2013; VALE *et al.*, 2018; ZWIENER *et al.*, 2017). Em geral, estes trabalhos revelam uma baixa eficiência das unidades de conservação na proteção da biodiversidade em cenários de mudanças climáticas. Os estudos também ressaltam a necessidade de planejamento sistemático de conservação que leve em conta as mudanças climáticas na hora de propor áreas prioritárias para a implementação de novas unidades de conservação. Ferro *et al.* (2014), por exemplo, preveem uma redução na riqueza de espécies de mariposas da família *Arctiidae* para a maioria das unidades de conservação da Mata Atlântica em função das mudanças climáticas. Em uma abordagem mais propositiva, Vale *et al.* (2018) identificaram áreas eficientes para a conservação tanto hoje quanto em cenários futuros de mudanças climáticas que, portanto, devem ser priorizadas na ampliação da atual rede de unidades de conservação do bioma (Box 3).

Preservação das espécies e tratamento legal da irreversibilidade ambiental

Na medida em que o texto de uma previsão legal ambiental se respalda na Política Nacional do Meio Ambiente (1981) e na Constituição Federal (1988), coloca-se perante a administração da “ameaça” ao patrimônio ecológico a incumbência de os usuários do bem ambiental (exclusivos ou coletivamente) prestarem atenção nas condições de manutenção das espécies para além da redução de seus elementos, – o que representa haver na determinação advinda da política pública a admissão do desaparecimento de espécies como impacto irreparável, sujeito a toda sorte de responsabilidade na tríplice modalidade de sanção punitiva (a administrativa, civil e criminal), a objetiva em particular dada a irreversibilidade em que o *status quo ante* se faz impossível. Nessa valoração, saber quais indicadores, critérios e parâmetros para a “reparação” utilizar torna-se um desafio para os pesquisadores, implementadores de políticas públicas e administrados em geral.

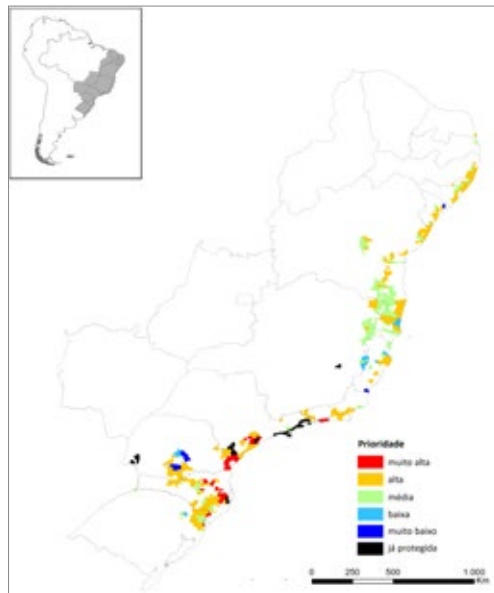
Este box faz parte dos apontamentos e contribuições da sub-rede Políticas Públicas, no âmbito específico do Direito e das políticas públicas.

Fonte: Elaborado e inserido pela sub-rede Políticas Públicas (Flavia Witkowski Frangetto e Gustavo Luedemann).

Box 3. Criar uma rede de unidades de conservação que se mantenha efetiva em cenários futuros de mudanças climáticas é possível

Uma estratégia fundamental na conservação da biodiversidade é o estabelecimento de áreas protegidas. A redistribuição de espécies em resposta às mudanças climáticas pode, no entanto, alterar a presença das espécies nessas áreas. O estudo de Vale *et al.* (2018) fez um planejamento sistemático de conservação para a Mata Atlântica, utilizando modelos de nicho ecológico de aves endêmicas do bioma sob condições climáticas atuais e futuras, focando em municípios com baixo potencial de conflito socioambiental. O estudo conclui que a rede atual de unidades de conservação não protege adequadamente as espécies, mas que é possível ampliá-la de forma planejada de modo que seja eficiente tanto no presente quanto no futuro. A rede proposta representou 83% das espécies, exigindo para isso a implementação de novas unidades de conservação em menos de 10% dos municípios da Mata Atlântica. A figura de baixo mostra os municípios selecionados na análise, com seu grau de prioridade para a implementação de novas unidades de conservação, e a figura de cima mostra uma saíra-pintor (*Tangara fastuosa*), uma das aves avaliadas no estudo.

Figura modificada de Vale *et al.* (2018), crédito das fotos: Murilo Nascimento, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>



É importante destacar que esses resultados são baseados em projeções futuras, pois estudos capazes de atribuir impactos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade exigem desenhos amostrais específicos e longas séries temporais de observação. Por isso, a observação de impactos das mudanças climáticas ainda representa uma importante lacuna de conhecimento (MANES *et al.*, 2021), sobretudo nas regiões tropicais. O primeiro estudo demonstrando impactos observados das mudanças climáticas sobre a biodiversidade no Brasil foi publicado recentemente e mostra a redução do tamanho de aves da Amazônia em resposta às mudanças climáticas (JIRINEC *et al.*, 2021). O estudo foi desenvolvido por uma equipe predominantemente americana não ligada à Rede Clima, mas ao Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), que acompanha fragmentos florestais há quatro décadas.

Modelos de nicho menos convencionais

Frente às mudanças climáticas na sua área de ocorrência, as espécies podem apresentar respostas adaptativas, plásticas (ajustes fisiológicos) ou mudar sua distribuição para as áreas que apresentem as condições climáticas adequadas. Os modelos de nicho ecológico convencionais, no entanto, ignoram as respostas adaptativas e plásticas, focando explosivamente nas mudanças da distribuição das espécies (DILTS *et al.*, 2016; DINIZ-FILHO *et al.*, 2009; GOBERVILLE *et al.*, 2015; JETZ, WILCOVE E DOBSON, 2007; KEARNEY E PORTER, 2004; TOURINHO E VALE, 2022).

A modelagem de nicho ecológico convencional se fundamenta, obviamente, no conceito de nicho. Um conceito nicho amplamente utilizado é o proposto por Hutchinson (1957), que representa o nicho com um espaço multidimensional, definido pelo conjunto de condições ambientais e recursos (e.g. presas, habitat, parceiro sexual) necessários para a sobrevivência e reprodução da espécie. Assim, as condições ambientais, como o clima, representam apenas uma das dimensões que podem ser utilizadas para definir o nicho da espécie e modelar sua distribuição geográfica (BARVE *et al.*, 2011; SOBERÓN, 2007; SOBERÓN E PETERSON, 2005). Além das condições ambientais, outros fatores podem ser incorporados ao modelo a fim de se alcançar resultados mais robustos. É neste contexto que, após um grande acúmulo de estudos utilizando a abordagem convencional para estimar a distribuição das espécies, a sub-rede começou a desenvolver estudos incorporando outros aspectos importantes na modelagem de nicho ecológico, além de variáveis climáticas, incluindo habitat, ecofisiologia, adaptação, capacidade de dispersão e interações ecológicas das espécies.

Um aspecto que tem sido amplamente incorporado aos estudos da sub-rede é o habitat da espécie, através da inclusão de dados de uso e cobertura do solo (RAMALHO *et al.*, 2021; TOURINHO, PREVEDELLO, *et al.*, 2022; TOURINHO, SINERVO, *et al.*, 2022). Em um mundo cada vez mais dominado pelas atividades humanas, o efeito da perda e fragmentação do habitat ainda é considerado a ameaça mais importante à biodiversidade (HADDAD *et al.*, 2015; PÜTTKER *et al.*, 2015). Portanto, combinar previsões de mudanças climáticas e mudanças no uso do solo é crucial para uma avaliação mais abrangente de risco futuro à biodiversidade, pois áreas que se mantêm climaticamente adequadas para as espécies podem não possuir habitat, o que as torna indisponíveis para conservação (e.g. TOURINHO, SINERVO, *et al.*, 2022) (Box 4).

Outro aspecto importante é a ecofisiologia das espécies, pois a temperatura ambiente afeta diretamente o metabolismo e aptidão (i.e. *fitness*) dos organismos. Apesar disso, estudos incorporando aspectos ecofisiológicos para estimar os impactos das mudanças climáticas na biodiversidade brasileira ainda são escassos. Os poucos estudos conhecidos que utilizaram essa abordagem eram voltados para animais ectotérmicos (e.g. CAETANO *et al.*, 2020), como répteis e anfíbios, grupo com maior disponibilidade de informações fisiológicas. No final da última década, a sub-rede começou a desenvolver estudos para endotérmicos, mais especificamente para mamíferos (TOURINHO *et al.*, 2021; TOURINHO, SINERVO, *et al.*, 2022) (Box 4). Esses estudos prevêem uma grande variação na resposta das espécies, com algumas sendo favorecidas e outras prejudicadas pelas mudanças climáticas (TOURINHO *et al.*, 2021; TOURINHO, SINERVO, *et al.*, 2022). Esse tipo de abordagem necessita de informações sobre a biologia das espécies e condições microclimáticas, muitas vezes inexistentes (TOURINHO E VALE, 2022). Por esta razão, estudos incorporando ecofisiologia na modelagem de nicho ainda estão em uma fase inicial no Brasil.

Box 4. Integrando clima, ecofisiologia e cobertura florestal para estimar a vulnerabilidade das preguiças às mudanças climáticas

As mudanças globais impõem vários desafios à biodiversidade e uma previsão mais robusta da vulnerabilidade atual e futura das espécies deve considerar vários estressores e características intrínsecas. O estudo de Tourinho, Sinervo, *et al.* (2022) estima a vulnerabilidade futura de três espécies de preguiças às mudanças climáticas usando um método inovador para gerar estimativas de parâmetros fisiológicos para endotérmicos, validado com dados de campo. As preguiças são um grupo muito interessante, pois apresentam uma curva metabólica inversa a de um mamífero comum (ver detalhes da figura em TOURINHO, SINERVO, *et al.* 2022). O estudo usou duas categorias de modelos: um modelo híbrido metabólico focado no clima (abordagem “só clima”) e o mesmo modelo adicionado de restrições de cobertura florestal à distribuição das espécies (abordagem “clima e habitat”). O estudo mostrou que a inclusão de uso e cobertura do solo pode mudar completamente as previsões. No modelo mais completo (“clima e habitat”), duas espécies se mostram altamente vulneráveis, enquanto a terceira deve ser favorecida pelas mudanças climáticas. O estudo recomenda, como estratégia para aumentar a resiliência das espécies às mudanças climáticas, o controle do desmatamento na Amazônia para a preguiça-de-bentinho (*Bradypus tridactylus*) e programas de reflorestamento na Mata Atlântica para a preguiça-de-coleira (*B. torquatus*), ilustrada na foto acima na região da Reserva Ecológica de Guapiaçu, RJ.

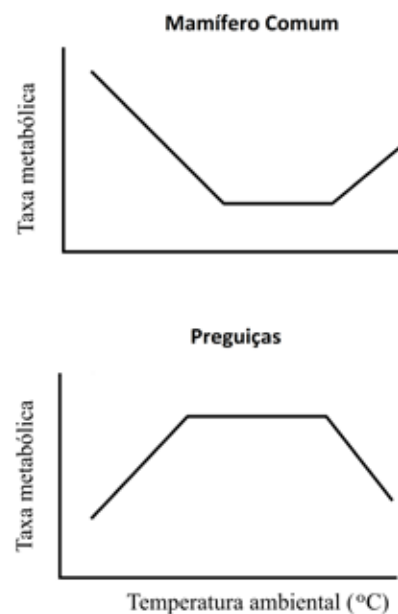


Figura modificada de Tourinho, Sinervo, *et al.*, (2022), crédito das fotos: Andre Lanna.

É importante notar que as respostas das espécies podem ser moduladas por seus traços filogenéticos, respondendo diferentemente às diferentes pressões ambientais, o que torna difícil estimar os impactos das mudanças ambientais sobre a biodiversidade (DINIZ-FILHO E BINI, 2007; LOYOLA *et al.*, 2014a). Trabalhos focando nos impactos das mudanças climáticas sobre aspectos evolutivos são um grande passo para fomentar a discussão de estratégias de conservação que levam em conta essa faceta da biodiversidade (LOYOLA *et al.*, 2014b). A sub-rede tem desenvolvido trabalhos que abordam aspectos evolutivos na resposta das espécies às mudanças climáticas, como variabilidade, diversidade e composição filogenética. O estudo de Loyola *et al.*, (2014b), por exemplo, avaliou o impacto das mudanças climáticas sobre anfíbios da Mata Atlântica, prevendo que as respostas são clado-específicas, em que clados evolutivos basais são menos afetados pelas mudanças climáticas do que clados evolutivos mais recentes. Em outro trabalho, Diniz-Filho *et al.* (2012) avaliaram a distribuição e a variabilidade genética do Baru (*Dipteryx alata*), uma espécie nativa de planta do Cerrado com importância econômica. Eles encontraram que a contração da distribuição da espécie prevista para o futuro não levará a grandes reduções na variabilidade genética da espécie, uma vez que a espécie possui ampla tolerância climática, permitindo que esta espécie tenha, no futuro, uma grande área de distribuição, englobando cerca de 90% da variabilidade genética atual.

Um outro aspecto importante na resposta das espécies às mudanças climáticas, que é frequentemente negligenciado na modelagem de nicho ecológico convencional, são as interações ecológicas entre espécies (BRAZ, LORINI E VALE, 2019; SILVA *et al.*, 2015). Afinal, mesmo que uma espécie seja capaz de mudar sua distribuição em respostas às mudanças climáticas, as novas áreas podem ter novos predadores e parasitas a que não estão adaptadas ou carecer das presas, simbiontes ou hospedeiros de que necessitam para se estabelecer. O estudo de Braz, Lorini e Vale, (2019) fez uma modelagem de nicho ecológico para os micos do gênero *Callithrix*, que é endêmico do Brasil, incorporando as interações ecológicas entre as espécies do gênero. Esses micos apresentam uma distribuição dita parapátrica, ou seja, as espécies ocorrem em áreas adjacentes com pouca ou nenhuma sobreposição, mesmo que não haja uma barreira geográfica entre essas áreas. Isso acontece, em teoria, por uma relação de competição entre as espécies do gênero. O estudo testou esta hipótese para os pares de espécies com distribuições adjacentes, incorporando a competição no modelo de nicho ecológico para aqueles pares em que a interação ecológica é demonstrada e gerando, portanto, previsões mais robustas.

Avaliação de impactos nos ecossistemas e seus serviços

Além da abordagem focada em espécies, a sub-rede tem desenvolvido também estudos sobre os impactos das mudanças climáticas sobre os ecossistemas e os serviços ecossistêmicos que prestam às populações humanas. Considerando ser aspecto fundamental, para o funcionamento dos ecossistemas, a interação entre as espécies de diferentes níveis tróficos, a sub-rede vem desenvolvendo estudos que avaliam como essas relações tróficas podem ser afetadas pelas mudanças climáticas. Pires *et al.*, (2016), por exemplo, estudaram sistemas aquáticos tropicais dentro de copos de bromélias, demonstrando que alterações na precipitação levam a perturbações nas relações tróficas nesses ecossistemas (Box 5). Bernabé *et al.*, (2018) utilizaram ecossistemas aquáticos similares ao de Pires *et al.*, (2016), demonstrando que o aumento de temperatura levou ao enfraquecimento de relações de facilitação nesses ecossistemas. Os resultados dos trabalhos sugerem que alterações tróficas decorrentes das mudanças climáticas podem levar à diminuição das interações entre grupos tróficos e, portanto, a impactos no funcionamento dos ecossistemas.

Box 5. Mudanças nos regimes de chuva alteram profundamente as interações nos ecossistemas

As mudanças na distribuição das chuvas e a ocorrência de eventos de chuva extrema podem afetar a estrutura das comunidades em termos de sua composição das espécies e das interações tróficas. O estudo de Pires *et al.*, (2016) utiliza bromélias que acumulam água nos seus copos para testar como mudanças previstas nos padrões de chuvas podem afetar a comunidade desses sistemas aquáticos. Na figura acima vemos o desenho experimental em restingas no litoral fluminense. Observa-se que as mudanças no padrão de chuvas perturbam profundamente as relações tróficas, sobretudo em cenários de mudança intensa, onde as interações entre os níveis tróficos no tratamento controle (flechas sólidas) são essencialmente perdidas (linhas tracejadas).

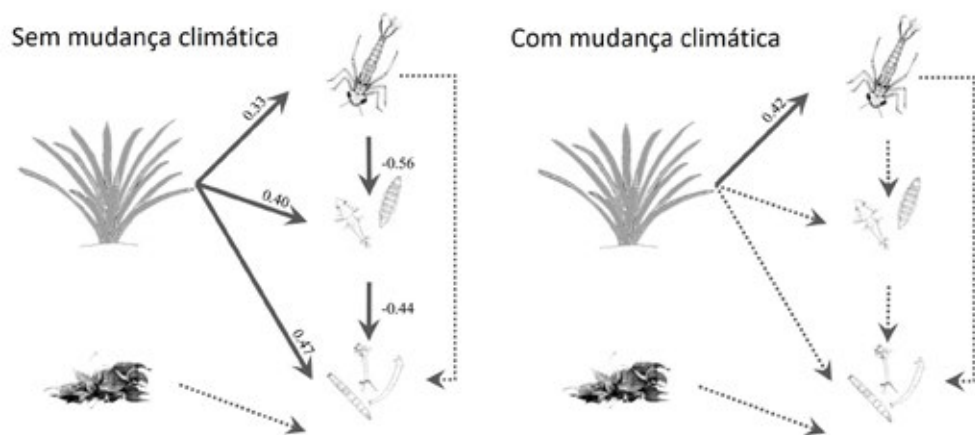


Figura modificada de Pires *et al.*, (2016), crédito das fotos: Aliny Pires.

A biodiversidade está envolvida com uma série de funções e processos ecossistêmicos que podem ser ou sustentar serviços ecossistêmicos essenciais para a vida e bem-estar humano (HARRISON *et al.*, 2014; IPBES, 2019; MANES, VALE E PIRES, 2022). Considerando a relação dependente entre espécies e serviços ecossistêmicos, as mudanças climáticas, ao ameaçar a biodiversidade, afetam também os

serviços ecossistêmicos por ela prestados (MEA, 2005; PÖRTNER *et al.*, 2021; STEFFEN *et al.*, 2011). Entender e mapear os serviços ecossistêmicos é essencial para a elaboração de políticas públicas de mitigação e adaptação da biodiversidade e das pessoas. Nos últimos anos, a sub-rede tem buscado cada vez mais entender os impactos das mudanças climáticas sobre os serviços ecossistêmicos. Baseando-se na distribuição de 21 serviços ecossistêmicos providos por plantas economicamente relevantes do Cerrado, por exemplo, Ferreira, Parreira e Nabout, (2021) projetam uma redução e homogeneização dos serviços providos em cenários futuros de mudanças climáticas (Box 6).

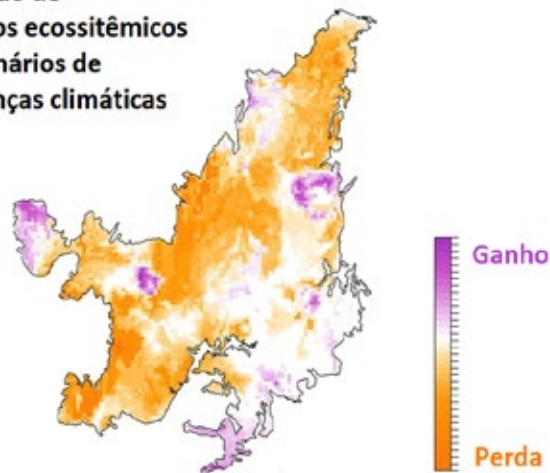
A sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas também fez o mapeamento de diversos serviços ecossistêmicos na Bacia do Rio São Francisco, em uma parceria com a sub-rede Desenvolvimento Regional, no contexto do Projeto Integrativo de Segurança Socioambiental da Rede Clima, para entender como esses serviços serão afetados pelas mudanças climáticas (NIEMEYER *et al.* in prep.). Os serviços mapeados incluem serviços de suporte, como produtividade primária, e serviços de regulação, como potencial de sequestro de carbono, regulação do clima, regulação da água e controle de erosão. Esse estudo visa calcular o risco ambiental no âmbito municipal, considerando o risco ambiental como a intersecção entre a vulnerabilidade, as mudanças climáticas e o número potencial de pessoas afetadas.

Box 6. Impacto das mudanças climáticas nos serviços ecossistêmicos de provisão de plantas do Cerrado

Os serviços ecossistêmicos de provisão são os benefícios para as pessoas que podem ser extraídos diretamente da natureza como, por exemplo, alimentos, água potável, madeira, gás natural e plantas medicinais. O estudo de Ferreira, Parreira e Nabout (2021) mapeou a riqueza de serviços de provisão oferecidos pelas plantas nativas do Cerrado de relevância econômica no presente e em cenários futuros de mudanças climáticas. O estudo prevê uma perda desses serviços no futuro, como se vê na figura abaixo, onde as áreas laranjas representam aquelas que devem perder os serviços de provisão oferecidos pelas plantas do Cerrado até 2070 em função das mudanças climáticas e as áreas roxas são as poucas que devem aumentar a provisão desses serviços. Observa-se também que as perdas se intensificam no cenário de maior emissão de gases de efeito estufa (RCP 8.5, que prevê uma subida dos atuais 410 PPM de CO₂ para 936 PPM em 2100) do que no cenário que tende à estabilização do aumento da forçante radiativa, a relação da energia incidente e a energia perdida pelo planeta, em 4,5 Watts por metro quadrado (RCP 4.5).

Figura modificada de Ferreira *et al.* (2021).

Provisão de serviços ecossistêmicos em cenários de mudanças climáticas



A adoção de estratégias de mitigação, sugeridas pelo Acordo de Paris, é imprescindível para reduzir os impactos das mudanças climáticas, porém não suficiente, pois mesmo com essas estratégias ainda há previsão para a alteração do clima (IPCC, 2019; MANES *et al.*, 2021). Neste contexto, estratégias de mitigação devem estar associadas a estratégias de adaptação. A mitigação pode ser definida como a “redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) para evitar ou reduzir a mudança do clima”; enquanto a adaptação busca o “ajuste em sistemas naturais ou humanos em resposta a estímulos climáticos reais ou esperados ou seus efeitos, que moderam danos ou exploram oportunidades benéficas” (IPCC, 2001). Diversos estudos, inclusive estudos da sub-rede (e.g. FERREIRA, PARREIRA E NABOUT, 2021; MANES E PIRES, 2022; VALE *et al.*, 2021), indicam a Adaptação Baseada em Ecossistemas (AbE) como um tipo de adaptação que pode trazer muito benefício para as pessoas e biodiversidade, sendo uma solução para o enfrentamento da questão das mudanças climáticas no Brasil e no mundo.

A AbE é definida como “o uso da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos como parte de uma estratégia geral de adaptação para ajudar as pessoas a se adaptarem aos efeitos adversos das mudanças climáticas” (CBD, 2009; PÖRTNER *et al.*, 2021). Soluções baseadas na natureza são importantes para biodiversidade, mas também para proteção/adaptação das pessoas, uma vez que o capital natural é visto como uma grande potencialidade para solucionar os problemas econômicos e também como um caminho para o desenvolvimento sustentável (MANES E PIRES, 2022; VALE *et al.*, 2021). Ou seja, essas estratégias ajudam a reduzir a vulnerabilidade das populações humanas às mudanças climáticas, e ao mesmo tempo aumentar a resiliência dos sistemas naturais a essas mudanças. Ações focadas na implementação e manutenção de áreas protegidas e reservas indígenas (Gonçalves-Souza *et al.*, 2021), pagamentos por serviços ecossistêmicos (PÖRTNER *et al.*, 2021) e projetos de restauração de habitats (BRANCALION *et al.*, 2019; CROUZELLES *et al.*, 2019; STRASSBURG *et al.*, 2019) são bons exemplos de AbE.

Recentes estudos da sub-rede têm sugerido algumas estratégias de AbE em âmbito nacional e local. Destaca-se o estudo de Manes *et al.* (2023) que avaliou o risco de erosão e inundação em mudanças climáticas futuras para todo o litoral brasileiro (Box 7), considerando taxas já observadas de aumento do nível do mar. O estudo revela que os habitats naturais costeiros são indispensáveis para a proteção da costa, garantindo uma proteção de 2,5 vezes mais do que em um cenário onde há a sua perda.

Box 7. Habitats naturais reduzem em 2,5 vezes o risco associado ao aumento do nível do mar

É sabido que habitats naturais encontrados nas regiões costeiras, como maguezais, vegetação de restinga e recifes de corais conferem proteção contra a erosão e inundação costeira. Essa proteção, no entanto, raramente é quantificada. Usando como base o aumento do nível do mar já observado hoje, MANES *et al.* (2023) mostram que 52% da costa está sob risco de erosão e inundação em decorrência da perda de habitats naturais ocorrida nos últimos 20 anos e essa área pode aumentar para 81% da costa se os habitats remanescentes forem destruídos. Esse cenário não é improvável, visto que apenas 10% da costa brasileira está dentro de unidades de conservação. A figura ao lado destaca áreas cuja perda de habitat acarretará a maior perda de proteção costeira no Brasil e, portanto, são prioritárias para o estabelecimento de novas unidades de conservação.



Figura modificada de Manes *et al.* (2023).

Outro estudo avaliou o papel de eventos extremos de precipitação, que são normalmente pouco considerados no contexto de mudanças climáticas, para a ocorrência de enchentes em um dos maiores centros urbanos do país, o Rio de Janeiro (MANES E PIRES, 2022). Este estudo indica que apesar de um aumento de 10 vezes em volume de chuva resultar em um risco 70 vezes maior de enchentes, o papel da natureza se mostra notório. Cenários de restauração e regeneração natural considerando 30-40% a mais de cobertura vegetal seriam capazes de promover altíssima redução do risco de enchentes. Além disso, elas mostram que os custos associados a empreendimentos são vastamente superados por benefícios econômicos de co-benefícios associados à produção de madeira e sequestro de carbono.

Desenvolvimento de teoria e métodos

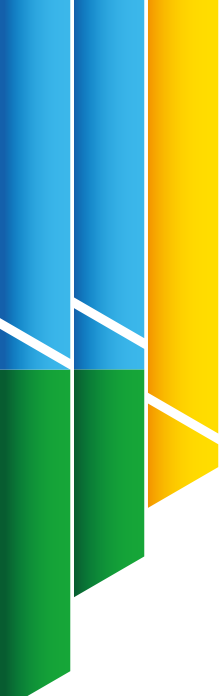
A avaliação dos possíveis impactos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade no Brasil representava uma grande lacuna de conhecimento 15 anos atrás (VALE, ALVES E LORINI, 2009), quando a Rede Clima foi fundada e, portanto, uma área relativamente nova de desenvolvimento científico no país. Assim, para o desenvolvimento científico na temática no Brasil foi necessária também a capacitação de recursos humanos e desenvolvimentos teóricos e metodológicos e a sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas da Rede Clima fez algumas contribuições importantes nesse sentido.

Como a produção científica da sub-rede na sua fase inicial teve um forte componente de modelagem de nicho ecológico, muitos estudos teóricos e metodológicos nessa área foram desenvolvidos. Um dos estudos com forte viés teórico discute as diferenças conceituais, metodológicas, de desempenho e a aplicabilidade de três tipos de modelagem utilizadas para estimar os impactos das mudanças climáticas sobre as espécies: a modelagem de nicho ecológico convencional, modelos mecanicistas ecofisiológicos e populacionais e modelos híbridos (TOURINHO E VALE, 2022). Entre os aspectos conceituais discutidos neste estudo está o questionamento de quais modelos são mais adequados a depender de qual impacto das mudanças climáticas se pretende estimar e qual aspecto do nicho ecológico cada modelo estima. A sub-rede produziu também uma avaliação da aplicabilidade e déficits metodológicos no uso da modelagem de nicho para avaliação dos impactos das mudanças climáticas sobre doenças transmitidas por vetores (CARVALHO, RANGEL E VALE, 2017).

Um outro estudo com um viés teórico revisa abordagens macroecológicas alternativas, como modelos ecoevolutivos e aplica algumas das abordagens para avaliar o papel do resgate evolutivo sob as mudanças climáticas de uma espécie de sapo, *Rhinella diptycha* (DINIZ-FILHO *et al.*, 2019; SOUZA *et al.*, 2023). O resgate evolutivo é um processo pelo qual uma população, que teria sido extinta na ausência de evolução, persiste devido à seleção natural agindo na variação hereditária (BELL, 2017). No contexto de mudança climática, imagina-se que o processo de resgate evolutivo ocorra quando determinada área (ou mesmo a área total) da distribuição de uma espécie alterou suas condições ambientais originais, mas a população local se adaptou rápido o suficiente para persistir no local.

Quando não há adaptação, significa que há um forte conservadorismo de nicho e equilíbrio com as condições atuais (DINIZ-FILHO *et al.*, 2019). Mas, sob resgate evolutivo, espera-se uma expansão ou manutenção da distribuição geográfica original devido à expansão do nicho decorrente da adaptação de algumas populações locais às novas condições climáticas (DINIZ-FILHO *et al.*, 2019).

A sub-rede também desenvolveu métodos para aumentar a complexidade dos modelos de nicho ecológicos, incluindo fisiologia, dinâmica da paisagem e interações ecológicas na avaliação dos impactos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade.



Destaca-se o desenvolvimento de um modelo híbrido para mamíferos usando como variáveis mecanicistas horas de atividade, horas de estresse por calor e taxa metabólica (TOURINHO *et al.*, 2021; TOURINHO, SINERVO, *et al.*, 2022). Esse foi um desenvolvimento importante, pois os modelos híbridos disponíveis até então eram focados, na maioria, em organismos ectotérmicos (ver revisão TOURINHO E VALE, 2022). Um outro estudo desenvolveu um método para combinar as espécies às mudanças climáticas em diferentes escalas espaciais (TOURINHO, PREVEDELLO, *et al.*, 2022). O estudo incorporou as mudanças climáticas como parâmetro em um índice clássico de paisagem, o índice de Probabilidade de Conectividade (PC), combinando em um índice chamado Adequabilidade Combinada da Paisagem (Combined Landscape Suitability - CLS) os impactos das mudanças climáticas, que operam em uma escala regional e as mudanças de uso do solo, que operam na escala da paisagem (TOURINHO, PREVEDELLO, *et al.*, 2022).

O estudo demonstra que a perda de habitat tem um papel de destaque na adequabilidade das paisagens em relação às mudanças climáticas em biomas altamente fragmentados como a Mata Atlântica (TOURINHO, PREVEDELLO *et al.*, 2022). O estudo demonstra que a perda de habitat tem um papel de destaque na adequabilidade das paisagens em relação às mudanças climáticas em biomas altamente fragmentados como a Mata Atlântica. Outro exemplo de desenvolvimento metodológico é o já mencionado estudo de Braz, Lorini e Vale, (2019) com micos do gênero *Callithrix*, que desenvolveu o método utilizado para incorporar as interações ecológicas na modelagem de espécies com distribuição parapátricas, combinando modelagem de nicho convencional de diferentes espécies que interagem entre si. O método desenvolvido é aplicável a qualquer grupo de espécies com distribuição parapátrica. O estudo revela que a parapatria é mantida por fatores abióticos para a maioria, mas não todas as espécies desse gênero e que, apesar de haver contração da distribuição e perda de área de simpatria entre as espécies, a distribuição parapátrica e as interações entre as espécies do gênero não serão afetadas pelas mudanças climáticas.

A sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas também contribuiu com a disponibilização de dados de uso e cobertura do solo do Projeto de Harmonização do Uso da Terra (LUH2), com projeções para todos os anos até 2100 (VALE, LIMA-RIBEIRO E ROCHA, 2021). Os dados estão associados ao Projeto de Intercomparação de Modelos Acoplados (CMIP, <https://www.wcrp-climate.org/wgcm-cmip>), que padroniza protocolos e disponibiliza publicamente os modelos climáticos das principais instituições de pesquisa no tema no mundo, segundo as diferentes gerações de cenários de emissão de gases de efeito estufa usados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC). O dado é disponibilizado, no entanto, em um formato inacessível para usuários com nível básico ou intermediário em análises espaciais. A sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas, portanto, selecionou os dados mais relevantes para análises em biodiversidade, colocando-os em formato padrão amplamente utilizado em ecologia e áreas afins, e disponibilizando-os na plataforma EcoClimate (<https://www.ecoclimate.org/>), numa parceria com o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ecologia, Evolução e Conservação da Biodiversidade (INCT EECBio). Esses dados possibilitam a incorporação de uso e cobertura do solo na modelagem de nicho ecológico em cenários futuros, dando mais uma dimensão de complexidade a esses modelos (VALE, LIMA-RIBEIRO E ROCHA, 2021).

Sínteses

Após anos de compilação de dados e amadurecimento dos resultados obtidos, a sub-rede passou a sintetizar os conhecimentos gerados, produzindo um diagnóstico geral sobre os impactos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade em escala global, continental e para o Brasil (DINIZ-FILHO *et al.*, 2019; MANES *et al.*, 2021; MANES E VALE, 2022b; MALECHA *et al.* in review). A sub-rede também participou da síntese de conhecimento desenvolvida no último relatório do IPCC sobre impactos, vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas (COSTELLO *et al.*, 2022; MORECROFT *et al.*, 2022).

Esses estudos dão um panorama do estado atual da ciência na temática e servem de subsídio para a tomada de decisão, identificando lacunas no conhecimento científico que ainda perduram e o potencial de diferentes estratégias de adaptação e mitigação das mudanças climáticas para reduzir a vulnerabilidade da biodiversidade e ecossistemas brasileiros às mudanças climáticas.

Duas sínteses foram realizadas pela sub-rede avaliando como as projeções de risco variaram para diferentes aspectos da biodiversidade em escala global (MANES *et al.*, 2021) e na América Central e do Sul (MANES E VALE, 2022) e os potenciais benefícios se os objetivos do Acordo de Paris de um aquecimento médio global ao fim do século abaixo de 2°C foram alcançados. A síntese a nível global mostrou que as espécies endêmicas, de topo de montanha e de ilhas são as mais vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas (MANES *et al.*, 2021). Esta síntese também revela que os *hotspots* de biodiversidade na América do Sul e Central estão entre os mais bem estudados em termos dos riscos das mudanças climáticas para a biodiversidade, com destaque para a Mesosamérica, Mata Atlântica e o Cerrado. O bom estado atual de conhecimento sobre o tema nesses biomas brasileiros tem a digital da sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas da Rede Clima, que produziu inúmeros estudos no Cerrado e na Mata Atlântica (Box 8). A síntese realizada para a América do Sul e Central sugere que cenários de mitigação alinhados ao objetivo do Acordo de Paris podem reduzir o risco para os *hotspots* de biodiversidade da região em mais de 80% (MANES E VALE, 2022). Entretanto, para as espécies endêmicas, o cenário de mitigação não será suficiente para reduzir os impactos das mudanças climáticas, destacando a importância de estratégias de adaptação para aumentar a resiliência dos sistemas naturais em escala global (MANES *et al.*, 2021) e continental (MANES E VALE, 2022). Este estudo apresentou lacunas na literatura quanto às projeções de riscos, sobretudo em ambientes marinhos e de água doce (MANES E VALE, 2022).

A sub-rede também está desenvolvendo um estudo similar focado nos biomas brasileiros, que já identificou importantes lacunas e vieses na literatura científica sobre o impacto das mudanças climáticas na biodiversidade do país (MALECHA *et al.* *in review*; <https://youtu.be/41i1XS1GN8M>). O estudo destaca que os biomas Pampa e Pantanal possuem pouquíssimos estudos e que há um forte viés para ambientes terrestres, sendo ambientes marinhos pouco representados. Além disso, há também um viés taxonômico, com maior volume de informação sobre plantas e vertebrados. O estudo também revela que a rede brasileira de unidades de conservação é considerada insuficiente para conservar a biodiversidade do país frente às mudanças climáticas e, portanto, deve ser expandida e adaptada tendo em conta essas mudanças (como exemplificado por Vale *et al.* 2018, Box 3).

Ainda no campo da avaliação de estratégias de adaptação, as ações que representam alternativas à tendência *business-as-usual*, ou seja, cenários pessimistas de mudanças climáticas e de uso do solo, podem reduzir os impactos sobre a biodiversidade. Porém, o grau de eficácia dessas ações na conservação da biodiversidade e serviços ecossistêmicos não é claro. Nesse sentido, uma síntese da sub-rede avaliou como a “ação sobre o uso da terra” (i.e. práticas que conservam ou restauram a cobertura vegetal, diminuindo os impactos das mudanças do uso da terra) e a “ação climática” (i.e. esforços para mitigar as mudanças climáticas) podem reduzir os impactos negativos sobre a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos (MANES, VALE E PIRES, 2022). Os resultados reforçam o efeito negativo das tendências *business-as-usual*, mas destacaram o potencial de “ação sobre o uso da terra” e “ação climática” na redução de riscos. A “ação sobre o uso da terra” mostrou maiores benefícios em sistemas terrestres e de água doce em zonas temperadas, principalmente, em escala sub-nacional. Por outro lado, a “ação climática” é mais importante em sistemas costeiros e oceânicos e em regiões tropicais, onde os benefícios são maiores em escala regional para global. Foi apontada também a lacuna de conhecimento sobre “ação sobre o uso da terra” em sistemas estuarinos ou oceânicos costeiros e em regiões tropicais (MANES, VALE E PIRES, 2022).

Box 8. Alcançar o Acordo de Paris reduziria substancialmente os riscos das mudanças climáticas para a biodiversidade na América Central e do Sul

A América Central e do Sul está entre as regiões de maior biodiversidade do mundo, abrindo diversas áreas importantes para conservação devido aos altos níveis de diversidade e endemismo. A partir de uma revisão sistemática, Manes e Vale, (2022) avaliaram como as projeções de risco variaram para diferentes aspectos da biodiversidade na região e os benefícios potenciais de limitar as mudanças climáticas, considerando o Acordo de Paris. Os resultados deste estudo indicam que até 85% das projeções de risco preveem impactos negativos, com 26% das projeções prevendo extinções de espécies. Embora os cenários de altas emissões indiquem impactos severos à biodiversidade na América Central e do Sul, considerando um cenário de mitigação das mudanças climáticas alinhado ao Acordo de Paris, os riscos para a região poderiam ser reduzidos em mais de 80%. No entanto, as espécies endêmicas serão as mais impactadas pelas mudanças climáticas e a mitigação por si só não será suficiente para minimizar os riscos climáticos. Assim, além das medidas de mitigação, medidas de adaptação são necessárias para aumentar a resiliência dos sistemas naturais da América Central e do Sul às mudanças climáticas. O mapa à esquerda da figura mostra que os hotspots brasileiros Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal são os mais bem estudados – estes dois últimos com mais de 1.500 projeções de risco para espécies, habitats ou comunidades. O Cerrado, por sua vez, como mostra o mapa à direita, é um dos mais impactados pelas mudanças climáticas.

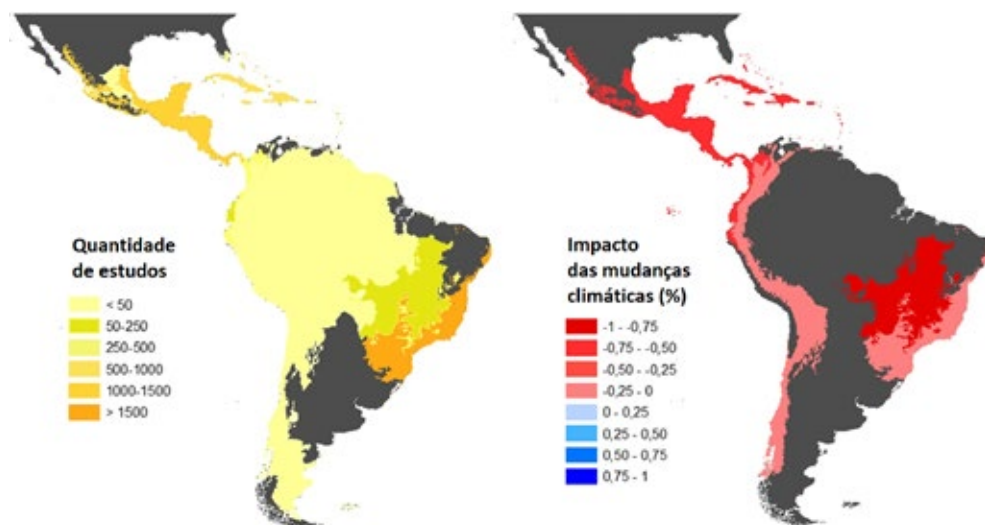


Figura modificada de Manes e Vale, (2022).







Caminhos para o **AGORA**

Análise e considerações

Todos os esforços empreendidos pela sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas nesses 15 anos permitiram entender com maior clareza os impactos das mudanças globais na biodiversidade brasileira, identificar lacunas de conhecimento que ainda persistem e sugerir estratégias para aumentar a resiliência da biodiversidade a essas mudanças. A produção científica da sub-rede contribuiu para que o Brasil, hoje, esteja entre os países que mais produzem estudos sobre os impactos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade (MANES *et al.*, 2021). Entretanto, muitas lacunas de conhecimento e estratégias de adaptação climáticas ainda precisam ser exploradas. Entre as lacunas de conhecimento na área de mudanças climáticas, biodiversidade e ecossistemas que foram identificadas pelos estudos da sub-rede estão, por exemplo: (i) avaliação de impactos para ambientes marinhos, (ii) para ambientes de água doce, (iii) para os biomas terrestres Pampas e Pantanal, e (iv) estudos de impactos observados (e não somente projetados). A sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas, portanto, tem focado seus esforços em reduzir essas lacunas de conhecimento, investindo sobretudo em estudos focados em ambientes marinhos e de água doce. Além de atacar as lacunas de conhecimento sobre os impactos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos, a sub-rede tem também focado em estudos que avaliam o potencial de diferentes estratégias de adaptação climática, sobretudo aquelas no contexto da Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE).

Nesse sentido, a sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas está dando início a uma nova linha de pesquisa focada na bioeconomia, através da chegada do novo co-coordenador, o Dr. Lauro Barata. A bioeconomia é, literalmente, a economia da vida. Neste sentido, mais que um setor entre outros, ela é um valor que deve estar na base de toda e qualquer decisão econômica, em qualquer região do mundo. Orientar o crescimento econômico para a luta contra a crise climática (como vêm fazendo os países que têm relevância no cenário político e econômico global) é colocar a defesa da vida como vetor das atividades humanas (ABRAMOVAY, 2022). A Amazônia é uma das regiões de maior biodiversidade do planeta com base em inventários de espécies que produzem sementes, óleos, resinas e frutos com valor econômico. O uso comercial/industrial de produtos florestais não madeireiros na Amazônia brasileira estimado em R\$ 6 bilhões em 2018 é utilizado por extrativistas e empresas para garantir alimentos, bem-estar, ocupação e renda. Produtos naturais da Amazônia são a base de empresas de fitoterápicos, de cosméticos bilionários como a Natura e outras bem menores (BARATA, 2021).

Existe, no entanto, uma lacuna de conhecimento sobre o tema, sobretudo o uso de plantas da Amazônia por populações tradicionais, em função de uma falta de tecnologia para a transformação do conhecimento em produtos ou em negócios. Um outro problema associado ao uso sustentável da biodiversidade amazônica são os impactos das atividades humanas sobre os produtos florestais e comunidades dependentes da floresta na região. Brandão, Barata e Nobre (2022) identificaram espécies associadas a produtos florestais altamente empregados exibindo reduções populacionais e mudanças na composição de espécies associadas ao desmatamento e extração seletiva de madeira. Mais de 1 bilhão de árvores e palmeiras nativas estão sendo perdidas a cada dois anos, causando perdas econômicas estimadas entre US\$ 1-14 bilhões. Isso leva a oportunidades econômicas reduzidas para comunidades dependentes da floresta. Assim, essa nova linha de pesquisa em bioeconomia da sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas busca mapear e caracterizar as cadeias de valor de espécies nativas do extrativismo e de sistemas agroflorestais para dar sustentação a uma bioeconomia na Amazônia. Investimentos em ciência e tecnologia são considerados promissores na implantação de sistemas agroflorestais, recuperando áreas desmatadas e degradadas, o que poderia engajar empresas que utilizam produtos florestais devido às vantagens da cadeia produtiva (BRANDÃO, BARATA E NOBRE, 2022).

A sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas fez enormes avanços científicos na temática de mudanças climáticas e biodiversidade no Brasil. Nos últimos 15 anos, a sub-rede gerou um sólido diagnóstico de impacto das mudanças climáticas sobre a biodiversidade brasileira. Essa produção serviu de base para uma produção científica propositiva, focada em soluções e relevante para gestores e tomadores de decisão, que tem sido o grande norte da sub-rede Biodiversidade e Ecossistemas.

Contribuições sobre políticas públicas

A biodiversidade, além de valores intangíveis e de prestar serviços ecossistêmicos que garantem a nossa existência, também tem valor econômico.

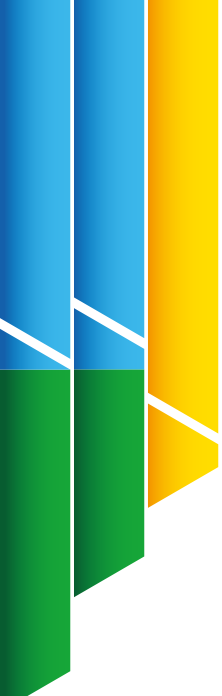
A tutela à biodiversidade está prevista em documentos gerados pela comunidade internacional, para além da preocupação com o viés econômico (FRANGETTO & PEDRO, 2004). Acordos multilaterais preveem escopos sinérgicos, como a Convenção sobre Diversidade Biológica (ONU, CDB: 1992) e a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, 1992), que associadas a outros tratados caminham para resultados convergentes (FRANGETTO, 2011). Quando esses documentos legais internacionais são internalizados, adentram o ordenamento jurídico brasileiro de modo a evidenciar quais as condutas e os resultados, ligados à especificidade da matéria “biodiversidade”, significam contribuição para o meio ambiente ecologicamente equilibrado, direito fundamental previsto no art. 225, caput, da Constituição Federal de 1988.

A análise feita pela sub-rede de Biodiversidade e Ecossistemas da Rede Clima traz circunstâncias da realidade que, levadas ao disposto na legislação especial, sobre fauna e flora, suscitam a necessidade de responsabilização ambiental, em especial em relação aos cenários de incidência dos efeitos adversos da mudança do clima. Para além da preocupação com preservação, as políticas públicas também se preocupam com o estabelecimento de direitos ao acesso aos benefícios da biodiversidade. Este viés é muito relevante para dar valor econômico à biodiversidade preservada e, conseqüentemente, trazer recursos decorrentes do interesse em sua preservação para que possa ser prospectada e usada.

A agenda brasileira de Acesso e Repartição de Benefícios do uso do patrimônio genético e dos conhecimentos tradicionais caracteriza-se como uma política pública de integração entre a conservação da biodiversidade, o desenvolvimento e a inclusão da sociedade (TOZATO, 2021).

Segundo o Componente 5 da Política Nacional sobre a Biodiversidade, a agenda de Acesso e Repartição de Benefícios do uso do patrimônio genético e dos conhecimentos tradicionais associados (agenda ABS) visa à repartição justa e equitativa dos benefícios derivados do uso sustentável dos recursos genéticos da biodiversidade, bem como dos conhecimentos tradicionais a ela associados, entre seus provedores (Brasil, 2002). Constituem provedores de conhecimentos tradicionais os povos indígenas, as comunidades tradicionais e os agricultores familiares; e provedora de patrimônio genético, a União. Constituem usuários da agenda ABS os pesquisadores, o setor industrial (indústria de biotecnologia, como fármacos, cosméticos, agroquímicos, entre outros), demais empreendimentos e startups porventura interessadas (BRASIL, 2002).

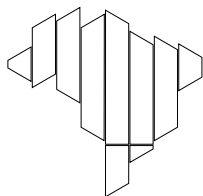
A sub-rede Políticas Públicas analisou os gastos orçamentários de 20 anos de sua implementação no país (2001 a 2020), assim como a geração de recurso financeiro gerado nessa agenda. A análise foi realizada a partir da consulta aos documentos oficiais de orçamento, de planejamento e de relato da gestão, e complementada com a contribuição de atores-chave. Os resultados revelam que o país investiu R\$ 2,3 milhões ao ano para a agenda ABS e que foram repartidos benefícios



monetários e não monetários do uso da biodiversidade da ordem de quase R\$ 24 milhões, isto é, mais de 51% dos gastos orçamentários executados pelo Ministério do Meio Ambiente na agenda ABS de 2001 a 2020. O estudo contribuiu com a análise do Componente 5 da Política Nacional de Biodiversidade e provocou a reflexão sobre a importância da elaboração da avaliação de impacto da agenda ABS no país.

Políticas públicas na área de biodiversidade precisam de estabilidade. A intermitência em sua aplicação ou respeito ao ordenamento jurídico pode gerar danos irreparáveis em termos de extinção de espécies e pode gerar insegurança jurídica, prejudiciais aos investimentos para uma bioeconomia que ajude a preservação dos ecossistemas. Tudo isso, quanto mais em face dos impactos climáticos.

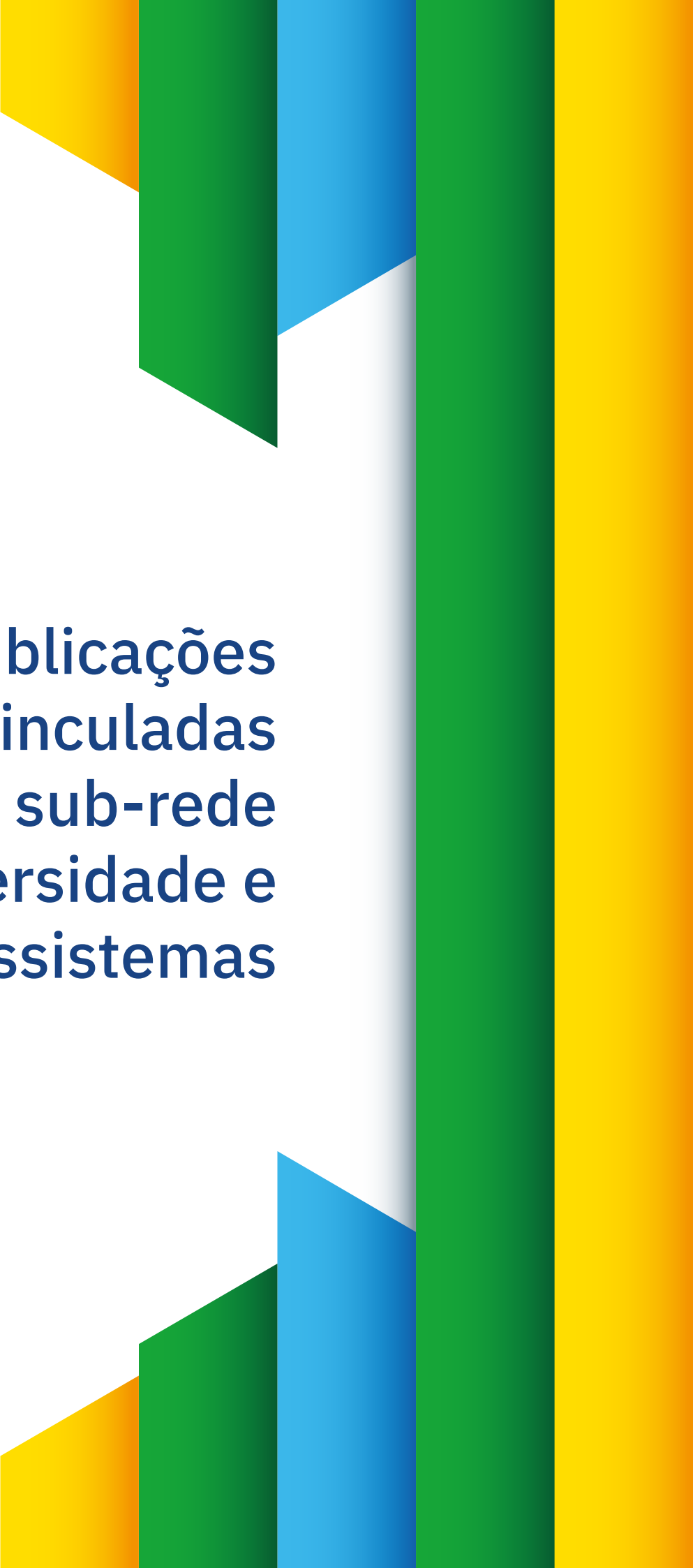
Sendo assim, recomenda-se trilhar um caminho capaz de interseccionar biodiversidade e impactos da mudança do clima. Para isso, pode-se apregoar como passo a passo: absorver os efeitos que estão acontecendo e aqueles que estão por vir sobre as espécies e biomas; encontrar meios de aplicar a legislação em vigor com ênfase na proteção ambiental para mais preservacionista que conservacionista, utilizando-se a máxima *in dubio pro ambiente*; subsidiar as decisões (do Executivo, Legislativo e Judiciário) com elementos técnicos e científicos que indiquem as circunstâncias para que os patamares de qualidade ambiental se elevem continuamente; e tomar essa marcha sem se esconder na oportunidade e conveniência de atualização normativa, vez que essa formalidade é em grande parte prescindível quando o bom senso e a natureza já revelam ininterruptamente quais são as condições de equilíbrio ecológico.





Cuica (Gracllinanus agilis) Gionrossi, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>





**Publicações
vinculadas
à sub-rede
Biodiversidade e
Ecossistemas**

ALEIXO A.; ALBERNAZ L. A.; GRELLE C. E. V.; VALE M. M.; THIAGO F. R. Mudanças Climáticas e a Biodiversidade dos Biomas Brasileiros: Passado, Presente e Futuro. **Natureza & Conservação**. 08: 194-196. 2010.

ALEIXO A.; GUILHERME E. Avifauna da Estação Ecológica do Rio Acre, estado do Acre, na fronteira Brasil/Peru: composição, distribuição ecológica e registros relevantes. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**. 5: 279-309. 2010.

ALEIXO, A.; POLETTO, F.; LIMA, M. F. C.; CASTRO, M.; PORTES, C. E. B.; MIRANDA, L. S. Notes on the vertebrates of northern Pará, Brazil, a forgotten part of the Guiana Region. I. Avifauna. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**. 6: 11-65. 2011.

ALEIXO, A.; POLETTO, F.; PORTES, E.; LIMA, M. F. C. Aves. In: **Os Animais de Querência, Mato Grosso, Diversidade na Zona de Transição Amazônia-Cerrado**, editado por Oliveira, A. C. M.; Santos, J.; Costa, M. C. S. 53-56. Belém: MPEG, UFPA, IPAM. 2010.

ALEIXO, A. "Incerteza taxonômica" na biodiversidade amazônica: por que resolvê-la é imprescindível para a conservação do bioma? In: **Cadernos Adenauer - Amazônia e desenvolvimento sustentável**, editado por Reinaldo Themoteo. Ed 4. V. X: 35-57. Rio de Janeiro. Fundação Konrad Adenauer. 2010.

ALEIXO, A. Review of "A Field Guide to the Birds of Brazil". **The Quarterly Review of Biology**. 85: 376-377. 2010.

ALEIXO, A.; CAPURUCHO, J. M. G.; CORNELIUS, C.; BORGES, S. H.; COHN-HAFT, M.; METZGER, J. P. W.; RIBAS, C. C. Combining phylogeography and landscape genetics of *Xenopipo atronitens* (Aves: Pipridae), a white sand campina specialist, to understand Pleistocene landscape evolution in Amazonia. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 110, p. 60-76, 2013.

ALEXANDRE, B.; CROUZEILLES, R.; GRELLE, C. E. V. How Can We Estimate Buffer Zones of Protected Areas? A Proposal Using Biological Data. **Natureza & Conservação**. 8: 165-170. 2010.

ALMEIDA-GOMES, M.; LORINI, M. L.; ROCHA, C. F. D.; VIEIRA, M. V. Redlists Underestimates Threat by Ignoring Narrow Area of Occupancy of Stream-Dwelling Amphibians. **Conservation Biology**, 2013.

ANTIQUERA, P. A. P.; PETCHEY, O. L.; SANTOS, V. P.; OLIVEIRA, V. M.; ROMERO, G. Q. Environmental change and predator diversity drive alpha and beta diversity in freshwater macro and microorganisms. **Global Change Biology**, v 24, p. 3715-3728, 2018.

ANTIQUERA, P. A. P.; PETCHEY, O.; ROMERO, G. Q. Warming and top predator loss drive ecosystem multifunctionality. **Ecology Letters**, v. 21, p. 72-82, 2018.

ARIAS, N. T.; DANTAS, G.; ARBELAEZ-CORTESC, E.; NAOKI, K.; GOMEZ, M. I.; SANTOS, F. R. O.; MIYAKI, C. Y.; ALEIXO, A.; TUBARO, P.; CABANNE, G. S. The niche and phylogeography of a passerine reveal the history of biological diversification between the Andean and the Atlantic forests. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 112, p. 107-121, 2017.

BARBOS, P. M.; FARJALLA, V. F.; MELACK, J. M.; AMARAL, J. H. F.; DA SILVA J.; FORSBERG, B. R. High rates of methane oxidation in an Amazon floodplain lake. **Biogeochemistry**, v. 137, p. 351-365, 2018.

BARBOSA, C.; OTALORA, J. M.; GIEHL, E. L. H.; VILLALOBOS, F.; LOYOLA, R.; TESSAROLO, G.; MACHADO, N.; CASTELLANI, T. T. Changes in the realized niche of the invasive succulent CAM plant *Furcraea foetida*. **Austral Ecol**. 1-12. 2017.

- BARÇANTE, L.; VALE, M. M.; ALVES, A. A. S. Altitudinal migration by birds: a review of the literature and a comprehensive list of species. **Journal of Field Ornithology**, v. 88, p. 321-335, 2017.
- BARROS, D. F.; ALBERNAZ, A. L. Effects of climate change on wetlands of the Brazilian Amazon and its biota. **Brazilian Journal of Biology** (Impresso), v. 74, p. 810-820, 2014.
- BELART, P.; LAUT, V. M.; CLEMENTE, I. M. M. M.; RAPOSO, D.; MARTINS, M. V. A.; LORINI, M. L.; FORTES, R.R.; LAUT, L. L. M. Living benthic foraminifera from the Saquarema lagoonal system (Rio de Janeiro, southeastern Brazil). **Check List**, v. 13, p. 2062-2070, 2017.
- BELART, P.; MARTINS, M. V. A.; CLEMENTE, I. M. M.M.; CARELLI, T. G.; SILVA, F. S.; FONTANA, L. F.; LORINI, M. L.; PANIGAI, G. F.; PINHEIRO, R. H.; MENDONÇA-FILHO, G.; LAUT, L. L. M. Assessment of the trophic state of Saquarema lagoonal system, Rio de Janeiro (Brazil). **Journal of Sedimentary Environments**, v. 2, p. 49-64, 2017.
- BERNABÉ, T. N.; DE OMENA, P. M.; SANTOS, V. P., SIQUEIRA, V. M., OLIVEIRA, V. M., ROMERO, G. Q. Warming weakens facilitative interactions between decomposers and detritivores, and modifies freshwater ecosystem functioning. **Global Change Biology**, v. 24, p. 3170-3186, 2018.
- BRAZ, A. G.; LORINI, M. L. & VALE, M. M. Climate change is likely to affect the distribution but not parapatry of the Brazilian marmoset monkeys (*Callithrix* spp.). **Diversity and Distributions**, 25(4), 536-550. 2019.
- BRAZ, A. G.; LORINI, M. L.; VALE, M. M. Climate change is likely to affect the distribution but not parapatry of the Brazilian marmosets monkeys (*Callithrix* spp.). **Diversity and Distributions**, 2018.
- BRAZ, A. G.; ROSA, D. T. C.; VALE, M. M; COSTA, L. P. New southernmost records of *Callithrix geoffroyi* (primates, callitrichidae) expand the species known range, in southeastern Brazil. **Oecologia Australis**, v. 20, p. 128-133, 2016.
- BRUM, F.T.; GONÇALVES, L.O.; BASTAZINI, V.A.G.; CAPPELATTI, L.; CARLUCCI, M.B.; DE-BASTIANI, V.; SALENGUE, E.V.; SEGER, G.D.S.; BOTH, C.; BERNARDO-SILVA, J.S.; LOYOLA, RAFAEL DIAS; DUARTE, LEANDRO D. S. Land Use Explains the Distribution of Threatened New World Amphibians Better than Climate. **Plos One**, v. 8, p. e60742, 2013.
- CAETANO, J. M.; TESSAROLO, G.; DE OLIVEIRA, G.; SOUZA, K. D. S., DINIZ-FILHO, J. A. F., NABOUT, J. C. Geographical patterns in climate and agricultural technology drive soybean productivity in Brazil. **Plos One**, v. 13, p. e0191273, 2018.
- CARVALHO, B. M.; RANGEL, E. F.; READY, P. D.; VALE, M.M. Ecological niche modelling predicts southward expansion of *Lutzomyia* (*Nyssomyia*) *flaviscutellata* (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae), vector of *Leishmania* (*Leishmania*) *amazonensis* in South America, under climate change. **Plos One** v. 10, p. e0143282-21, 2015.
- CARVALHO, B.M.; RANGEL, E.F.; VALE, M.M. Evaluation of the impacts of climate change on disease vectors through ecological niche modelling. **Bulletin of Entomological Research**, v. 107, p. 419-430, 2017.
- CASSEMIRO, F. S.; GOUVEIA, S. F.; DINIZ-FILHO J. A. Distribuição de *Rhinella granulosa*: integrando envelopes bioclimáticos e respostas ecofisiológicas. **Revista de Biologia** (USP). 8:38-44. 2012.

CAZÉ, A. L. R.; MÄDER, G.; NUNES, T. S.; QUEIROZ, L. P.; DE OLIVEIRA, G.; DINIZ-FILHO, JOSÉ ALEXANDRE F.; BONATTO, S. L.; FREITAS, L. B. Could refuge theory and rivers acting as barriers explain the genetic variability distribution in the Atlantic Forest? **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 101, p. 242-251, 2016.

CLARAMUNT, S.; DERRYBERRY, E.; CHESSER, T.; ALEIXO, A.; BRUMFIELD, R. T. Polyphyly of *Campylorhamphus* with the description of a new genus for *C. pucherani* (Dendrocolaptidae). **The Auk**. 127: 430- 439. 2010.

COLLEVATTI, R. G.; TERRIBILE, L. C.; OLIVEIRA, G.; RIBEIRO, M. L.; NABOUT, J. C.; RANGEL, T. F.; DINIZ-FILHO, J. A. Drawbacks in paleodistribution modelling: the case of South American seasonally dry forests. **Journal of Biogeography**. 40(2):345-358. 2013.

COLLEVATTI, R. G.; TERRIBILE, L. C.; RIBEIRO, M. L.; NABOUT, J. C.; OLIVEIRA, G.; RANGEL, T. F.; RABELO, S.; DINIZ-FILHO, J. A. A coupled phylogeographic and species distribution modeling approach recovers the demographic history of a Neotropical seasonally dry forest tree species. **Molecular Ecology**. 21(23): 5845-5863. 2012.

COLLEVATTI, R. G.; NABOUT, J. C.; DINIZ-FILHO, J. A. Range shift and loss of genetic diversity in *Caryocar brasiliense*, a Neotropical tree species. **Tree Genetics and Genomes**. 7: 1237-1247. 2011.

CROUZEILLES, R.; LORINI, M. L.; GRELLE, C. E. V. Deslocamento na matriz para espécies da Mata Atlântica e a dificuldade da construção de perfis ecológicos. **Oecologia Australis**. 2010.

CROUZEILLES, R.; LORINI, M. L.; GRELLE, C. E. D. The importance of using sustainable use protected areas for functional connectivity. **Biological Conservation**, v. 159, p. 450-457, 2013.

CROUZEILLES, R.; PREVEDELLO, J.; LORINI, M. L.; GRELLE, C. E. V.; VIEIRA, M. V. A menor distância entre dois pontos é uma reta? **Ciência Hoje**, v. 49, p. 33- 37, 2012.

CROUZEILLES, R.; VALE, M. M.; SILVA, R. C.; GRELLE, C. E. Increasing strict protection through protected areas on Brazilian private lands. **Environmental Conservation**, v. 40, p. 209-210, 2013.

DE OLIVEIRA, G.; LIMA-RIBEIRO, M. S.; TERRIBILE, L. C.; DOBROVOLSKI, R.; TELLES, M. P. D. C.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Conservation biogeography of the Cerrado's wild edible plants under climate change: Linking biotic stability with agricultural expansion. **American Journal of Botany**, v. 1, p. 1-8, 2015

DE OLIVEIRA, P. H. F.; MACHADO, K. B.; TERESA, F. B.; HEINO, J., NABOUT, J. C. Spatial processes determine planktonic diatom metacommunity structure of headwater streams. **Limnologia**, 84, 125813. 2020.

DERRYBERRY, E.; CLARAMUNT, S.; CHESSER, T.; ALEIXO, A.; CRACRAFT, J.; MOYLE, R.; BRUMFIELD, R. T. *Certhiasomus*, a new genus of woodcreeper (Aves: Passeriformes: Dendrocolaptidae). **Zootaxa**. 2416: 44-50. 2010.

DERRYBERRY, E.; CLARAMUNT, S.; DERRYBERRY, G.; CHESSER, T.; CRACRAFT, J.; ALEIXO, A.; PEREZ-EMAN, J. L.; REMSEN, J. V.; BRUMFIELD, R. T. Lineage diversification and morphological evolution in a large-scale continental radiation: the Neotropical ovenbirds and woodcreepers (Aves: Furnariidae). **Evolution**. 65: 2973-2986. 2011.

DERRYBERRY, E.; CLARAMUNT, S.; OQUIN, K. E.; ALEIXO, A.; CHESSER, T.; REMSEN, J. V.; BRUMFIELD, R. T. *Pseudasthenes*, a new genus of ovenbird (Aves: Passeriformes: Furnariidae). **Zootaxa** 2416: 61-68. 2010.

- DERRYBERRY, E. P.; ALEIXO, A.; SEDDON, N.; CLARAMUNT, S.; TOBIAS, J. A.; BAKER, 2013. A.; BRUMFIELD, R. T. Correlated evolution of beak morphology and song in the neotropical woodcreeper radiation. **Evolution**, v. 66, p. 2784-2797, 2012.
- DINIZ-FILHO, J. A. F.; COLLEVATTI, R. G.; CHAVES, L.J.; SOARES, T.N.; NABOUT, J. C.; RANGEL, T. F.; MELO, D. B.; LIMA, J. S.; TELLES, M. P. C. Geographic shifts in climatically suitable areas and loss of genetic variability in *Dipterix alata* (the “baru” tree: Fabaceae). **Genetics & Molecular Research**. 11(2):1618-1626. 2012.
- DINIZ-FILHO, J. A. F.; RANGEL, T. F.; SANTOS, M. R. Extreme deconstruction supports niche conservatism driving New World bird diversity. **Acta Oecologica** 43: 16-21. 2012.
- DINIZ-FILHO, J. A. F., SOUZA, K. S., BINI, L. M., LOYOLA, R., DOBROVOLSKI, R., RODRIGUES, J. F. M., ... & GOUVEIA, S. A macroecological approach to evolutionary rescue and adaptation to climate change. **Ecography**, 42(6), 1124-1141. 2019.
- DINIZ-FILHO, J. A. F.; DE OLIVEIRA, F. B. A. C.; CHAVES, L. J.; SOUZA, K. S.; DOBROVOLSKI, R.; RATTIS, R.; TERRIBILE, L. C.; LIMA-RIBEIRO, M. S.; OLIVEIRA, G.; BRUM, F. T.; LOYOLA, R.; TELLES, M. P. C. Overcoming the worst of both worlds: integrating climate change and habitat loss into spatial conservation planning of genetic diversity in the Brazilian Cerrado. **Biodiversity and Conservation**, v.1, p. 1-16, 2018.
- DINIZ-FILHO, J. A. F.; RODRIGUES, H.; TELLES, M. P. C.; OLIVEIRA, G.; TERRIBILE, L. C.; SOARES, T. N.; NABOUT, J. C. Correlation between genetic diversity and environmental suitability: taking uncertainty from ecological niche models into account. **Molecular Ecology Resources**, v. 15, p. 1059-1066, 2015.
- DINIZ-FILHO, J.V.A. F.; LOYOLA, R.D. A conceptual and methodological synthesis on modeling ecological niches and geographical distributions. **Natureza & Conservação**, v. 10, 235–238, 2012.
- EDON, D.; VALE, M. M. Exposição às mudanças climáticas do Parque Nacional do Iguaçu, Estado do Paraná. **Revista Latino-americana de Estudos Avançados**, v. 1, p. 135-144, 2017.
- FALEIRO, F.V.; MACHADO, R.B.; LOYOLA, R. D. Defining spatial conservation priorities in the face of land-use and climate change. **Biological Conservation**. 158:248-257. 2013.
- FALEIRO, F. V.; NEMÉSIO, A.; LOYOLA, R. Climate change likely to reduce orchid bee abundance even in climatic suitable sites. **Global Change Biology**, v. 24, p. 2272–2283, 2018.
- FARJALLA, V. F.; COUTINHO, R.; GÓMEZ-APARICIO, L.; NAVARRETE, S.; PIRES, A. P. F.; SOARES, M.; TRAVESET, A.; VALE, M. M. Pérdida de Biodiversidad: Causas y Consecuencias para la Humanidad. In: Marquet, P.A.; Valladares, F.; Magro, S.; Graxiola, A.; Enrich-Prast, A. (Eds). **Cambio global una mirada desde Iberoamérica**. ACCI, Madrid, 2018. ISBN: 978-84-17519-33-9
- FERNANDES, A.M.; WINK, M.; ALEIXO, A. Phylogeography of the Chestnut-tailed Antbird (*Myrmeciza hemimelaena*) clarifies the role of rivers in Amazonian biogeography. **Journal of Biogeography**. 39: 1524–1535. 2012.
- FERNANDES, A. M.; GONZALEZ, J.; WINK, M.; ALEIXO, A. Multilocus phylogeography of the Wedgebilled Woodcreeper *Glyphorynchus spirurus* (Aves, Furnariidae) in lowland Amazonia: Widespread cryptic diversity and paraphyly reveal a complex diversification pattern. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 66, p. 270-282, 2013.

- FERNANDES, G. W.; BANHOS, A.; BARBOSA, N. P. U.; BARBOSA, M.; BERGALLO, H. G.; LOUREIRO, C. G.; OVERBECK, G. E.; SOLAR, R.; STRASSBURG, B. B. N.; VALE, M. M. Restoring Brazil's road margins could help the country offset its CO₂ emissions and comply with the Bonn and Paris Agreements. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 16, p. 105-112, 2018.
- FERREIRA, P.; VAN SOESBERGEN, A.; MULLIGAN, M.; FREITAS, M.; VALE, M. M. Can forests buffer negative impacts of land-use and climate changes on water ecosystem services? The case of a Brazilian megalopolis. **Science of the Total Environment**, 685, 248-258. 2019.
- FERREIRA, R. B., PARREIRA, M. R.; NABOUT, J. C. The impact of global climate change on the number and replacement of provisioning ecosystem services of Brazilian Cerrado plants. **Environmental Monitoring and Assessment**, 193(11), 1-15. 2021.
- FERRO, V. G.; LEMES, P.; MELO, A. S.; LOYOLA, R. The reduced effectiveness of protected areas under climate change threatens Atlantic Forest tiger moths. **Plos One**, v. 9(9): e107792, 2014.
- GONÇALVES, E.C.; FERRARI, S. F.; BASTOS, H. B.; WANJTAL, A.; ALEIXO, A.; SCHNEIDER, M. P. C. Comparative genetic diversity of wild and captive populations of the Bare-Faced Curassow (*Crax fasciolata*) based on cross-species microsatellite markers: implications for conservation and management. **Biochemical Genetics**. 48: 472-479. 2010.]
- GONCALVES, T. V., DE AMORIM GOMES, M. A.; NABOUT, J. C. The historical geography, bioclimatic, and informetric conditions of protected areas in the Brazilian Cerrado. **Journal for Nature Conservation**, 58, 125905. 2020.
- GONÇALVES, T. V., PARREIRA, M. R., & NABOUT, J. C. Brazilian protected areas that are larger, older, and closer to urban areas are more studied by scientists. **Biological Conservation**, 257, 109123. 2021.
- GRELLE, C.E.V.; LORINI, M.L.; PINTO, M. P. Reserve selection based on vegetation: a study case in the Brazilian Atlantic Forest. **Natureza & Conservação**. 8: 46-53. 2010.
- GUERRA, G.; VALE, M. M.; TARDIN, R.; RODRIGUES, D. Global change explains the neotropical rattlesnake *Crotalus durissus* (Serpentes: Viperidae) range expansion in South America. **Perspectives in Ecology and Conservation**. No prelo. 2023.
- GUZMAN, L. M.; VANSCHOENWINKEL, B.; FARJALLA, V. F.; POON A.; SRIVASTAVA. D. S. A precipitation gradient drives change in macroinvertebrate composition and interactions within bromeliads. **Plos One**, v. 13, p. p.e0200179, 2018.
- JENKINS, C. N.; ALVES, M. A. S.; UEZO, A.; VALE, M. M. Patterns of Vertebrate Diversity and Protection in Brazil. **Plos One**, v. 10, p. e0145064-e0145064, 2015.
- LAUT, L. L. M.; CLEMENTE, I. M. M. M.; BELART, P.; MARTINS, M. V. A.; FRONTALINI, F.; LAUT, V. M.; GOMES, A.; BOSKI, T.; LORINI, M. L.; FORTES, R. R.; RODRIGUES, M. A. C. Multiproxies (benthic foraminifera, ostracods and biopolymers) approach applied to identify the environmental partitioning of the Guadiana river estuary (Iberian Peninsula). **Journal of Sedimentary Environments**, v. 1, p. 184-201, 2016.
- LAUT, L. L. M.; CLEMENTE, I. M. M. M.; MARTINS, M. V. A.; FRONTALINI, F.; RAPOSO, D.; BELART, P.; PINHEIRO, R. H.; FORTES, R.R.; LORINI, M. L. Foraminíferos e Tecamebas Bentônicos do Estuário do Rio Godineau, Golfo de Paria, Ilha de Trinidad. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 40, p. 118-143, 2017.
- LAUT, L. L. M.; MARTINS, M. V. A.; FRONTALINI, F.; BELART, P.; SANTOS, V. F.; LORINI, M. L.; FORTES, R. R.; SILVA, F.S.; SOUZA-VIEIRA, S.; SOUZA-FILHO, P. W. Biotic (foraminifera

and thecamoebians) and abiotic parameters as proxies for identification of the environmental heterogeneity in Caeté river estuary, Amazon coast, Brazil. **Journal of Sedimentary Environments**, v. 1, p. 1-16, 2016.

LEMES, P.; LOYOLA, R. D. Mudanças climáticas e prioridades para a conservação da biodiversidade. **Revista de Biologia Neotropical**, v. 11(1), p. 47-57, 2014.

LEMES, P.; LOYOLA, R. D. Accommodating Species Climate Forced Dispersal and Uncertainties in Spatial Conservation Planning. **Plos One**, v. 8, p. e54323, 2013.

LIMA-RIBEIRO, M. S.; MORENO, A. K. M.; TERRIBILE, L. C.; CATEN, C. T.; LOYOLA, R.; RANGEL, T. F.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Fossil record improves biodiversity risk assessment under future climate change scenarios. **Diversity and Distributions**, v. 23(8), p. 1-12., 2017.

LIMA-RIBEIRO, M. S.; VARELA, S.; GONZÁLES-HERNÁNDES, J.; OLIVEIRA, G.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; TERRIBILE, L. C. ecoClimate: a database of climate data from multiple models for past, present, and future for macroecologists and biogeographers. **Biodiversity Informatics**, v. 10, p. 1-12, 2015.

LINS, D. M.; DE MARCO, P.; ANDRADE, A. F. A.; ROCHA, R. M. Predicting global ascidian invasions. **Diversity and Distributions**, v. 24, p. 692-704, 2018.

LOPES, T. M.; BAILLY, D.; ALMEIDA, B. A.; SANTOS, N. C. L.; GIMENEZ, B. C. G.; LANDGRAF, G. O.; SALES, P. C. L.; LIMA-RIBEIRO, M. S.; CASSEMIRO, FERNANDA A. S.; RANGEL, THIAGO F.; DINIZ-FILHO, JOSÉ A. F.; AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. Two sides of a coin: Effects of climate change on the native and non-native distribution of *Colossoma macropomum* in South America. **Plos One**, v. 12, p. e0179684, 2017.

LORINI, M. L.; PERSSON, V. G.; GARAY, I.; XAVIER-DA-SILVA, J. A planície litorânea sul-sudeste do Brasil: um caso de endemismo de mamíferos em sistemas quaternários costeiros. In: Pessoa LM, Siciliano S, Tavares WC (eds.) Mamíferos das Restingas e Manguezais do Brasil. Rio de Janeiro. **Sociedade Brasileira de Mastozoologia & Museu Nacional**. p. 189-208. ISBN 978-85-63705-00-6. 2010.

LORINI, M.L.; PERSSON, V.G.; XAVIER-DA-SILVA, J. Geoprocessamento como apoio à gestão de biodiversidade: um estudo de caso da distribuição e conservação de habitats e populações do micoleão-da-cara-preta (*Leontopithecus caissara*) nos municípios de Guaraqueçaba - PR e Cananéia - SP. In: Xavier-da-Silva J, Zaidan RP. (eds.). **Geoprocessamento e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro. Editora Bertrand Brasil. p. 71-111. ISBN 978-85-286-1498-3. 2011.

LORINI, M. L.; VALE, M. M. Publication trends in species distribution modeling and the pioneer contribution of Dr. Rui Cerqueira to ecological biogeography and distribution modeling in Brazil. **Oecologia Australis**, v.19, 16-31, 2015.

LOUCA, S.; JACQUES, S. M. S.; PIRES, A. P. F.; LEAL, J. S.; GONZÁLEZ, A. L.; DOEBELI, M.; FARJALLA, V. F. Functional structure of the bromeliad tank microbiome is strongly shaped by local geochemical conditions. **Environmental Microbiology**. 2017.

LOUCA, S.; JACQUES, S. M. S.; PIRES, A. P. F.; LEAL, J. S.; SRIVASTAVA, D. S.; PARFREY, L. W.; FARJALLA, V. F.; DOEBELI, M. High taxonomic variability despite stable functional structure across microbial communities. **Nature Ecology & Evolution** 1:15. 2016.

LOYOLA, R.; EIZIRIK, E.; MACHADO, R.B.; AGUIAR, L.; BRITO, D.; GRELLE, C.E.V. Toward innovative integrated approaches for the conservation of mammals. **Natureza & Conservação**. 2011.

LOYOLA, R. D.; LEMES, P.; FALEIRO, F.V.; TRINDADE-FILHO, J. Mudanças climáticas globais e a distribuição de marsupiais no Brasil. **Marsupiais do Brasil: Biologia, Ecologia e Evolução** (ed. by N.C. Cáceres), Editora da UFSM, Santa Maria. 2012

LOYOLA, R. D.; LEMES, P.; FALEIRO, F.V.; TRINDADE-FILHO, J.; MACHADO, R. B. Severe Loss of Suitable Climatic Conditions for Marsupial Species in Brazil: Challenges and Opportunities for Conservation. **Plos One**. 7, e46257. 2012.

LOYOLA, R. D.; NABOUT, J. C.; TRINDADE-FILHO, J.; LEMES, P.; URBINA-CARDONA, J. N.; DOBROVOLSKI, R.; SAGNORI, M. D.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Climate change might drive species into reserves: a case study of the American bullfrog in the Atlantic Forest Biodiversity Hotspot. **Alytes**. 29: 61–74. 2012.

LOYOLA, R. D.; LEMES, P.; BRUM, F. T.; PROVETE, D. B.; DUARTE, L. D. S. Clade-specific consequences of climate change to amphibians in Atlantic Forest protected areas. **Ecography**, v. 37, p. 65–72, 2014.

LOYOLA, R., BINI, L.M. Water shortage: a glimpse into the future. **Nat. Conserv.** 13, 1–2. 2015.

LOYOLA, R. D.; LEMES, P.; NABOUT, J. C.; TRINDADE-FILHO, J.; SAGNORI, M. D.; DOBROVOLSKI, R.; DINIZ-FILHO, J. A. F. A straightforward conceptual approach for evaluating spatial conservation priorities under climate change. **Biodiversity and Conservation**, v. 22, p. 483–495, 2013.

MACHADO, K. B.; ANTUNES, A. M.; TARGUETA, C. P.; FERNANDES, J. G.; SOARES, T. N.; NABOUT, J. C. DNA metabarcoding reveals the responses of prokaryotes and eukaryotes microbiota to warming: Are the patterns similar between taxonomic and trophic groups?. **Ecological Indicators**, 115, 106452. 2020.

MACHADO, K. B.; VIEIRA, L. C. G.; NABOUT, J. C. Predicting the dynamics of taxonomic and functional phytoplankton compositions in different global warming scenarios. **Hydrobiologia**, v. 830, p. 1–20, 2018.

MANES, S.; COSTELLO, M. J.; BECKETT, H.; DEBNATH, A.; DEVENISH-NELSON, E.; GREY, K. A.; ... & VALE, M. M. Endemism increases species' climate change risk in areas of global biodiversity importance. **Biological Conservation**, 257, 109070. 2021.

MANES, S.; GAMA, D.; VAZ, S.; PIRES, A. P. F.; TARDIN, R.; MARICATO, G.; BEZERRA, D. S.; VALE, M. M. Nature as a solution for shoreline protection against coastal risks associated with ongoing sea-level rise. **Ocean & Coastal Management**. 235: 106487. 2023.

MANES, S.; VALE, M. M.; PIRES, A. P. The effectiveness of climate action and land recovery across ecosystems, climatic zones and scales. **Regional Environmental Change**, 22(1), 1–10. 2022

MARINO, N. A. C.; ROMERO, G. Q.; FARJALLA, V. F. Geographical and experimental contexts modulate the effect of warming on top-down control: a meta-analysis. **Ecology Letters**, v. 21, p. 455–466, 2018.

MARINO, N. A. C.; SRIVASTAVA DS; MACDONALD, A. A. M.; LEAL, J. S.; CAMPOS, A. B. A.; FARJALLA, V. F. Rainfall and hydrological stability alter the impact of top predators on food web structure and function. **Global Change Biology**, v. 23, p. 673–685, 2017.

MARTINS, A. C.; SILVA, D. P.; DE MARCO, P., MELO, G. A. R. Species conservation under future climate change: the case of *Bombus bellicosus*, a potentially threatened South American bumblebee species. **Journal of Insect Conservation**, v. 19, p. 33–43, 2015.

- MENDES, P.; DE MARCO, P. Bat species vulnerability in Cerrado: integrating climatic suitability with sensitivity to land-use changes. **Environmental Conservation**, v. 45, p. 67-74, 2018.
- MENDONÇA, F. Z.; BERNARDY, J. V.; OLIVEIRA, C. E. K.; OLIVEIRA, P. B. G.; DE MARCO, P. Temperature effect on the development of tropical dragonfly eggs. **Neotropical Entomology**, v. 47, p. 484-491, 2018.
- MONTEIRO, L. M.; THIESEN, B. F.; PRESSEY, R. L.; MORELLATO, L. P. C.; SOARES-FILHO, B.; LIMA-RIBEIRO, M. S.; LOYOLA, R. Evaluating the impact of future actions in minimizing vegetation loss from land conversion in the Brazilian Cerrado under climate change. **Biodiversity and Conservation**, 2018.
- MOURA, C. C. M.; ARAUJO, H. F. P.; ALEIXO, A.; WINK, M.; FERNANDES, A. M.. The role of landscape change and paleoclimatic events in shaping the evolutionary history of the *Poliotila* Gnatcatchers (Passeriformes, Poliophilidae) with emphasis on species associated with open habitats. **Journal of Avian Biology**, v. 49, p. jav-012409, 2018.
- NABOUT, J. C., TESSAROLO, G., PINHEIRO, G. H. B., MARQUEZ, L. A. M., & DE CARVALHO, R. A. Unraveling the paths of water as aquatic cultural services for the ecotourism in Brazilian Protected Areas. **Global Ecology and Conservation**, 33, e01958. 2022.
- NORI, J.; URBINA-CARDONA, J.N.; LOYOLA, R.D.; LESCANO, J.N.; LEYNAUD, G. C. Climate change and American Bullfrog invasion: what could we expect in South America? **Plos One**, 6, e25718. 2011.
- NORI, J., TESSAROLO, G., FICETOLA, G.F., LOYOLA, R., DI COLA, V., LEYNAUD, G. Buying environmental problems: The invasive potential of imported freshwater turtles in Argentina. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**. 1–7. 2016.
- OLIVEIRA, G.; ARAÚJO, M. B.; RANGEL, T. F.; ALAGADOR, D.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Conserving the Brazilian semiarid (Caatinga) biome under climate change. **Biodiversity & Conservation**, v. 21, p.2913-2926. 2012.
- PAESE, A.; UEZU, A.; LORINI, M.L.; CUNHA, A. (Orgs.). **Conservação da Biodiversidade com SIG**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 240 p.
- PATEL, S.; WECKSTEIN, J. D.; PATANE, J. S.; BATES,.; ALEIXO, A. Temporal and spatial diversification of *Pteroglossus arçaris* (AVES: Ramphastidae) in the neotropics: Constant rate of diversification does not support an increase in radiation during the pleistocene. **Molecular Phylogenetics and Evolution**. 58: 105-115. 2011.
- PINTO, M. P.; GRELE, C. E. V. Minimizing conservation conflict for endemic primate species in Atlantic Forest and uncovering knowledge bias. **Environmental Conservation**. 2012. 39(1):30-37.2012.
- PINTO, M. P.; SILVA JUNIOR, J. S. E.; ALMEIDA, A.; GRELE, C. E. V. Multi-Scales Analysis of Primate Diversity and Protected Areas at a Megadiverse Region. **Plos One**, v. 9, p. e105205, 2014.
- PIRES, A. P. ;PADGURSCHI, M. C.; DE CASTRO, P. D.; SCARANO, F. R.; STRASSBURG, B.; JOLY, C. A., ... & DE GROOT, R. Ecosystem services or nature's contributions? Reasons behind different interpretations in Latin America. **Ecosystem Services**, 42, 101070. 2020.
- PIRES, A. P. F.; SOTO, C. R.; SCARANO, F. R. Strategies to reach global sustainability should take better account of ecosystem services. **Ecosystem Services** 49. 2020.

- PIRES, A. P. F. Plant species richness increases the spatial stability of litter mass in Brazilian Pantanal. **Tropical Ecology** 56:269–273. 2015.
- PIRES, A. P. F.; CALIMAN, A.; LAQUE, T.; ESTEVES, F. A.; FARJALLA, V. F. Interaction between resource identity and bacterial community composition regulates bacterial respiration in aquatic ecosystems. **Brazilian Journal of Biology** 75:150–157. 2015.
- PIRES, A. P. F.; LEAL, J. DA S.; PEETERS, E. T. H. M. Rainfall changes affect the algae dominance in tank bromeliad ecosystems. **Plos One** 12: e0175436. 2017.
- PIRES, A. P. F.; MARINO, N. A. C.; SRIVASTAVA, D. S.; FARJALLA, V. F. Predicted rainfall changes disrupt trophic interactions in a tropical aquatic ecosystem. **Ecology** 97:2750–2759. 2016.
- PIRES, A. P. F.; AMARAL, A. G.; PADGURSCHI, M. C. G.; JOLY, C. A.; SCARANO, F. R. Biodiversity research still falls short of creating links with ecosystem services and human well-being in a global hotspot. **Ecosystem Services**, v. 34, p. 68-73, 2018a.
- PIRES, A. P. F.; SRIVASTAVA, D. S.; FARJALLA, V. F. Is biodiversity able to buffer ecosystems from climate change? What we know and what we don't. **Bioscience**, v. 68, p. 273–280, 2018b.
- PIRES, A. P. F.; SRIVASTAVA, D. S.; MARINO, N. A. C.; MACDONALD, A. A. M.; FIGUEIREDO-BARROS, M. P.; FARJALLA, V. F. Interactive effects of climate change and biodiversity loss on ecosystem functioning. **Ecology**, v. 99, p. 1203-1213, 2018c.
- PORTES, C. E. B.; CARNEIRO, L.; SCHUNCK, F.; SILVA, M. S. E.; ZIMMER, K. J.; WHITTAKER, A.; POLETTO, F.; SILVEIRA, L. F.; ALEIXO, A. Annotated checklist of birds recorded between 1998 and 2009 at nine areas in the Belém area of endemism, with notes on some range extensions and the conservation status of endangered species. **Revista Brasileira de Ornitologia**. 2011.
- RAJÃO, H.; CERQUEIRA, R.; LORINI, M. L. Determinants of geographical distribution in Atlantic Forest species of the genus *Drymophila* (Aves, *Thamnophilidae*). **Zoologia**. 27: 19-29. 2010.
- RAMALHO, Q.; TOURINHO, L.; ALMEIDA-GOMES, M.; VALE, M. M.; PREVEDELLO, J. A. Reforestation can compensate negative effects of climate change on amphibians. **Biological Conservation**, 260, 109187. 2021.
- RAMALHO, Q.; VALE, M. M.; MANES, S.; DINIZ, P.; MALECHA, A.; PREVEDELLO, J. A. Evidence of stronger range shift response to ongoing climate change by ectotherms and high-latitude species. **Biological Conservation**. 279: 109911. 2023.
- RANGEL, T. F.; LOYOLA, R. D. Labeling Ecological Niche Models. **Natureza & Conservação**, v. 10, p.119-126, 2012.
- RAPOSO, D.; LAUT, V. M.; CLEMENTE, I. M. M. M.; MARTINS, M. V. A.; FRONTALINI, F.; SILVA, F. S.; LORINI, M. L.; FORTES, R. R.; LAUT, L. L. M. Recent benthic foraminifera from the Itaipu Lagoon, Rio de Janeiro (southeastern Brazil). **Check List**, v. 12, p. 1959, 2016.
- RIBAS, C. C.; ALEIXO, A.; NOGUEIRA, A. C. R.; MIYAKI, C.Y.; CRACRAFT, J. A. A 52 palaeobiogeographic model for biotic diversification within Amazonia over the past three million years. **Proceedings of the Royal Society**. B 279: 681–689. 2012.
- RIBEIRO, B. R.; SALES, L. P.; LOYOLA, R. Strategies for mammal conservation under climate change in the Amazon. **Biodiversity and Conservation**, v. 27, p. 1943–1959, 2018.
- RIBEIRO, B.R.; SALES, L.P.; DE MARCO, P.; LOYOLA, R. Assessing Mammal Exposure to Climate Change in the Brazilian Amazon. **Plos One** 11, e0165073. 2016.

- RIBEIRO, R. M.; TESSAROLO, G.; SOARES, T. N.; TEIXEIRA, I. R.; NABOUT, J. C. Global warming decreases the morphological traits of germination and environmental suitability of *Dipteryx alata* (Fabaceae) in Brazilian Cerrado. **Acta Botanica Brasilica**, 33, 446-453. 2019.
- RODRIGUES, A. P.; FELFILI, J. M.; VALE, M.M. Value of an urban fragment for the conservation of cerrado in the federal district of Brazil. **Oecologia Australis**, v. 20, p. 109-118, 2016.
- RODRIGUES, J. F. M.; COELHO, M. T. P.; VARELA, S.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Invasion risk of the pond slider turtle is underestimated when niche expansion occurs. **Freshwater Biology**, v. 61, p. 1119-1127, 2016.
- RODRIGUES, J. F. M.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Dispersal is more important than climate in structuring turtle communities across different biogeographical realms. **Journal of Biogeography**, v. 44, p. 2109-2120, 2017.
- SALES, L.P.; RIBEIRO, B.R.; HAYWARD, M.W.; PAGLIA, A.; PASSAMANI, M.; LOYOLA, R. Niche conservatism and the invasive potential of the wild boar. **Journal of Animal Ecology**. 1–10. 2017.
- SANTOS, M. P. D.; ALEIXO, A.; HORTA, F. M.; PORTES, C. E. B. Avifauna of the Juruti region, Pará, Brazil. **Revista Brasileira de Ornitologia**. 2011.
- SCHLOTTFELDT, S.; TIMMIS, J.; WALTER, M. E.; CARVALHO, A.; SIMON, L.; LOYOLA, R.; DINIZ-FILHO, J. A. A Multi-objective Optimization Approach Associated to Climate Change Analysis to Improve Systematic Conservation Planning. In: A. Gaspar-Cunha, C. H. Antunes, & C. C. Coello (Eds.). **Evolutionary Multi-Criterion Optimization, Lecture Notes in Computer Science**. Springer-Verlag, pp. 458–472, 2015.
- SILVA, D. P.; VARELA, S.; NEMÉSIO, A.; DE MARCO, P. Adding Biotic Interactions into Paleodistribution Models: A Host-Cleptoparasite Complex of Neotropical Orchid Bees. **Plos One**, v. 10, p. e0129890, 2015.
- SILVA, Y. B. DA S. S.; RIBEIRO, B. R.; THIESEN, B. F.; SOARES-FILHO, B.; LOYOLA, R.; MICHALSKI, F. Combined exposure to hydroelectric expansion, climate change and forest loss jeopardizes amphibians in the Brazilian Amazon. **Diversity and Distributions**, v. 24, p. 1072-1082, 2018.
- SIMON, L. M.; OLIVEIRA, G.; BARRETO, B. S.; NABOUT, J. C.; RANGEL, T. F. L. V.B.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Effects of global climate changes on geographical distribution patterns of economically important plant species in Cerrado. **Revista Árvore**, v. 37, p. 267-274, 2013.
- SOUSA-NEVES, T.; ALEIXO, A.; SEQUEIRA, F. Cryptic patterns of diversification of a widespread Amazonian Woodcreeper species complex (Aves: Dendrocolaptidae) inferred from multi-locus phylogenetic analysis: Implications for historical biogeography and taxonomy. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 68, p. 410-424, 2013.
- SOUZA, K. S.; FORTUNATO, D. S.; JARDIM, L.; TERRIBILE, L. C.; LIMA-RIBEIRO, M. S.; PINTO-LEDEZMA, J. N.; LOYOLA, R.; DOBROVOLSKI, R.; RANGEL, T. F.; MACHADO, I. F.; ROCHA, T.; BATISTA, M. G.; LORINI, M. L.; VALE, M. M.; NAVAS, C.; MACIEL, N. M.; VILLALOBOS, F.; OLALLA-TARRAGA, M. A.; RODRIGUES, J. F. M.; GOUVEIA, S.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Evolutionary rescue and geographic range shifts under climate change for global amphibians. **Frontiers in Ecology and Evolution**. 11: 1038018. 2023.

SOUZA, T. A.; LORINI, M. L.; ALVES, M. A. S.; CORDEIRO, P.; VALE, M. M. Redistribution of Threatened and Endemic Atlantic Forest Birds Under Climate Change. **Natureza & Conservação**, 9:214-218. 2011.

SOUZA, K. S.; JARDIM, L.; RODRIGUES, F.; BATISTA, M. C.; RANGEL, T. F.; GOUVEIA, S., ... & DINIZ FILHO, J. A. F. How likely are adaptive responses to mitigate the threats of climate change for amphibians globally?. **Frontiers of Biogeography**, 11(3). 2019.

TERRIBILE, L. C.; FEITOSA, D. T.; PIRES, M. G.; ALMEIDA, P. C. R.; DE OLIVEIRA, G.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; N. SILVA, J. Reducing Wallacean shortfalls for the coral snakes of the *Micrurus lemniscatus* species complex: Present and future distributions under a changing climate. **Plos One**, v. 13, p. e0205164, 2018.

TERRIBILE, L. C.; LIMA-RIBEIRO, M. S.; ARAÚJO, M. B.; BIZÃO, N.; COLLEVATTI, R.G.; DOBROVOLSKI, R.; FRANCO, A. A.; GUILHAUMON, F.; LIMA, J. S.; MURAKAMI, D.M.; NABOUT, J. C.; OLIVEIRA, G.; OLIVEIRA, L. K.; RABELO, S. G.; RANGEL, T.; SIMON, L.M.; SOARES T. N.; TELLES M. P. C.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Areas of climate stability of species ranges in the Brazilian cerrado: disentangling uncertainties Through Time. **Natureza & Conservação**, v. 10, p. 152-159, 2012.

TOURINHO, L.; PREVEDELLO, J. A.; CARVALHO, B. M.; ROCHA, D. S.; VALE, M. M. Macroscale climate change predictions have little influence on landscape-scale habitat suitability. **Perspectives in Ecology and Conservation**. 2021.

TRUJILLO-ARIAS, N.; CALDERÓN, L.; SANTOS, F. R.; MIYAKI, C. Y.; ALEIXO, A.; WITT, C. C.; TUBARO, P. L.; CABANNE, G. S. Forest corridors between the central Andes and the southern Atlantic Forest enabled dispersal and peripatric diversification without niche divergence in a passerine. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 128, p. 221-232, 2018.

VALE, M. M. Bird Distribution and Conservation in the Amazon. **VDM Verlag Dr. Müller e.K.** 172 p. 2011.

VALE, M. M.; DA ROCHA, T. C.; RIBEIRO, M. D. S. L. Global land-use and land-cover data for ecologists: historical, current and future scenarios. **Biodiversity Informatics**, 16: 28- 28. 2021.

VALE, M. M., GOMÉZ-APARICIO, L.; ARMESTO, J. J.; TOURINHO, L.; FARJALLA, V. F. Predicciones de cambio climático en iberoamérica. In: Marquet, P.A.; Valladares, F.; Magro, S.; Graxiola, A.; Enrich-Prast, A. (Eds). **Cambio global una mirada desde Iberoamérica**. ACCI, Madrid, 2018. ISBN: 978-84-17519-33-9.

VALE, M. M. & PIRES, A. P. F. Climate Change in South America. In: Dominick A. DellaSala, Michael I. Goldstein. (Org.). **Encyclopedia of the Anthropocene**. 1st ed. Oxford: Elsevier, v. 2, p. 205-208, 2018. Doi: 10.1016/B978-0-12-809665-9.09753-6.

VALE, M. M. & ARAÚJO, M. B. Cambios climáticos y distribución geográfica de las especies. Cambio global una mirada desde Iberoamérica. In: Marquet, P.A.; Valladares, F.; Magro, S.; Graxiola, A.; Enrich-Prast, A. (Eds). **Cambio global una mirada desde Iberoamérica**. ACCI, Madrid, 2018. ISBN: 978-84-17519-33-9.

VALE, M. M.; MARQUES, T. L.; COHN-HAFT, M.; VIEIRA, M. V. Misuse of bird digital distribution maps create reversed spatial diversity patterns in the Amazon. **Biotropica**, v. 49, p. 636-642, 2017.

- VALE, M. M.; SOUZA, T. V.; ALVES, M. A. S.; CROUZEILLES, R. Planning protected areas network that are relevant today and under future climate change is possible: the case of Atlantic Forest endemic birds. **Peerj**, v. 6, p. e4689, 2018a.
- VALE, M. M.; TOURINHO, L.; LORINI, M. L.; RAJÃO, H.; FIGUEIREDO, M. L. Endemic birds of the Atlantic Forest: traits, conservation status, and patterns of biodiversity. **Journal of Field Ornithology**, v. 89, p. 193-206, 2018b.
- VALE, M. M.; LORINI, M. L.; CERQUEIRA, R. Neotropical wild cats susceptibility to climate change. **Oecologia Australis**, v.19, 63-88, 2015.
- VARELA, S.; TERRIBILE, L. C.; OLIVEIRA, G.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, J.; LIMA-RIBEIRO, M. S. ecoClimate, a new open-access repository with variables for the past, present and future climatic scenarios. **Ecosistemas**, v. 24, p. 88-92, 2015.
- VASCONCELOS, H.L.; VILHENA, J. M. S.; FACURE, K. G.; ALBERNAZ, A. L. K. M. Patterns of ant species diversity and turnover across 2000 km of Amazonian floodplain forest. **Journal of Biogeography**, 37: 432- 440. 2010.
- VIEIRA, N.R.; FIGUEIREDO, M.; GRELE, C. E. V. Características determinantes do risco de extinção global de mamíferos. **Oecologia Australis**. 2011.
- VIEIRA, R. R. S.; RIBEIRO, B. R.; RESENDE, F. M.; BRUM, F. T.; MACHADO, N.; SALES, L. P.; ... & LOYOLA, R. Compliance to Brazil's Forest Code will not protect biodiversity and ecosystem services. **Diversity and Distributions**, 24(4), 434-438. 2018.
- WEBER, M.; STEVENS, R.; LORINI, M. L.; GRELE, C. E. V. Have old species reached most environmentally suitable areas? A case study with South American phyllostomid bats. **Global Ecology and Biogeography** (Print), v. 23, p. 1177-1185, 2014.
- WEBER, M. M.; STEVENS, R. D.; DINIZ-FILHO, J. A. F., GRELE, C. E. V. Is there a correlation between abundance and environmental suitability derived from ecological niche modelling? A meta-analysis. **Ecography**, v. 40, p. 817-828, 2017.
- ZACARIAS, D.; LOYOLA, R. Climate change impacts on the distribution of venomous snakes and snakebite risk in Mozambique. **Climatic Change**, v. 192, p. 155, 2018.
- ZANON, M. S.; VALE, M.M.; ALVES, M. A. S. Missing for the last twenty years: the case of the southernmost populations of the Tropical Mockingbird *Mimus gilvus* (Passeriformes: Mimidae). **Zoologia**, v. 32, p. 01-08, 2015.
- ZWIENER, V.; PADIAL, A.; MARQUES, M.; FALEIRO, F.A.M.V.; LOYOLA, R.; PETERSON, A.T. Planning for conservation and restoration under climate and land use change in the Brazilian Atlantic Forest. **Diversity and Distributions**, v. 23, p. 955-966, 2017.





Referências

ABRAMOVAY, R. **Bioeconomia é um valor ético e não um setor econômico**. Disponível em: <[https://envolverde.com.br/bioeconomia-e-um-valor-etico-e-nao-um-setor-economico/#:~:text=Ricardo Abramovay*,\(e de seus rios\)>](https://envolverde.com.br/bioeconomia-e-um-valor-etico-e-nao-um-setor-economico/#:~:text=Ricardo Abramovay*,(e de seus rios)>)>.

BARATA, L. E. S. Bioeconomia na Amazônia: Negócios Sustentáveis com a Biodiversidade. **Texto de aulas da disciplina no PPG-RNA-UFOPA**, 2021.

BARVE, N.; BARVE, V.; JIMÉNEZ-VALVERDE, A.; LIRA-NORIEGA, A.; MAHER, S. P.; PETERSON, A. T.; SOBERÓN, J.; VILLALOBOS, F. The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. **Ecological Modelling**, v. 222, n. 11, p. 1810–1819, 2011.

BELL, G. Evolutionary Rescue. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 48, n. 1, p. 605–627, 2 nov. 2017.

BERNABÉ, T. N.; OMENA, P. M. DE; SANTOS, V. P. DOS; SIQUEIRA, V. M. DE; OLIVEIRA, V. M. DE; ROMERO, G. Q. Warming weakens facilitative interactions between decomposers and detritivores, and modifies freshwater ecosystem functioning. **Global Change Biology**, v. 24, n. 7, p. 3170–3186, jul. 2018.

BRANCALION, P. H. S. *et al.* Global restoration opportunities in tropical rainforest landscapes. **Science Advances**, v. 5, n. 7, p. eaav3223, 3 jul. 2019.

BRANDÃO, D. O.; BARATA, L. E. S.; NOBRE, C. A. The Effects of Environmental Changes on Plant Species and Forest Dependent Communities in the Amazon Region. **Forests**, v. 13, n. 3, p. 466, 16 mar. 2022.

BRAZ, A. G.; LORINI, M. L.; VALE, M. M. Climate change is likely to affect the distribution but not parapatry of the Brazilian marmoset monkeys (*Callithrix* spp.). **Diversity and Distributions**, v. 25, n. 4, p. 536–550, 11 abr. 2019.

BRASIL. (2002, 22 de agosto de). Decreto nº 4.339. Institui princípios e diretrizes para a implementação da Política Nacional da Biodiversidade. Acessado em 16 de outubro de 2019, de: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4339.htm

BRUM, F. T.; GONÇALVES, L. O.; CAPPELLATTI, L.; CARLUCCI, M. B.; DEBASTIANI, V. J.; SALENGUE, E. V.; SANTOS SEGER, G. D. DOS; BOTH, C.; BERNARDO-SILVA, J. S.; LOYOLA, R. D.; SILVA DUARTE, L. DA. Land Use Explains the Distribution of Threatened New World Amphibians Better than Climate. **PLoS ONE**, v. 8, n. 4, p. e60742, abr. 2013.

BURROWS, M. T. *et al.* Geographical limits to species-range shifts are suggested by climate velocity. **Nature**, v. 507, n. 7493, p. 492–495, 9 mar. 2014.

CAETANO, G. H. O. *et al.* Time of activity is a better predictor of the distribution of a tropical lizard than pure environmental temperatures. **Oikos**, v. 129, n. 7, p. 953–963, 2020.

CARVALHO, B. M.; RANGEL, E. F.; READY, P. D.; VALE, M. M. Ecological Niche Modelling Predicts Southward Expansion of *Lutzomyia* (*Nyssomyia*) *flaviscutellata* (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae), Vector of *Leishmania* (*Leishmania*) *amazonensis* in South America, under Climate Change. **PLOS ONE**, v. 10, n. 11, p. e0143282, 30 nov. 2015.

CARVALHO, B. M.; RANGEL, E. F.; VALE, M. M. Evaluation of the impacts of climate change on disease vectors through ecological niche modelling. **Bulletin of Entomological Research**, v. 107, n. 4, p. 419–430, 15 ago. 2017.

CASTELLANOS, E. *et al.* 2022: Central and South America. In: PÖRTNER, H.-O. *et al.* (Eds.). **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2022.

CBD. **CBD (Convention of Biological Diversity) - Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change**. Montreal: [s.n.].

____. **Convention on Biological Diversity - Update of the Zero Draft of the Post-2020 Global Biodiversity Framework**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.cbd.int/>>.

CLAIRBAUX, M.; FORT, J.; MATHEWSON, P.; PORTER, W.; STRØM, H.; GRÉMILLET, D. Climate change could overturn bird migration: Transarctic flights and high-latitude residency in a sea ice free Arctic. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1–13, 2019.

CONSTABLE, H. *et al.* VertNet: A new model for biodiversity data sharing. **PLoS Biology**, v. 8, n. 2, p. 1–4, 2010.

COSTELLO, M. J.; VALE, M. M.; KIESSLING, W.; MAHARAJ, S.; PRICE, J.; TALUKDAR, G. H. 2022: Cross-Chapter Paper 1: Biodiversity Hotspots. *In*: PÖRTNER, H.-O. *et al.* (Eds.). **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press: [s.n.] .

CROUZEILLES, R. *et al.* There is hope for achieving ambitious Atlantic Forest restoration commitments. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 17, n. 2, p. 80–83, abr. 2019.

DILTS, T. E.; WEISBERG, P. J.; LEITNER, P.; MATOCQ, M. D.; INMAN, R. D.; NUSSEAR, K. E.; ESQUE, T. C. Multiscale connectivity and graph theory highlight critical areas for conservation under climate change. **Ecological Applications**, v. 26, n. 4, p. 1223–1237, jun. 2016.

DINIZ-FILHO, J. A. F. *et al.* A macroecological approach to evolutionary rescue and adaptation to climate change. **Ecography**, v. 42, n. 6, p. 1124–1141, 2019.

DINIZ-FILHO, J. A. F. *et al.* Overcoming the worst of both worlds: integrating climate change and habitat loss into spatial conservation planning of genetic diversity in the Brazilian Cerrado. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, n. 5, p. 1555–1570, 21 abr. 2020.

DINIZ-FILHO, J. A. F.; BINI, L. M. Macroecology, global change and the shadow of forgotten ancestors. **Global Ecology and Biogeography**, p. 070909153804001-???, 29 jun. 2007.

DINIZ-FILHO, J. A. F.; COLLEVATTI, R. G.; CHAVES, L. J.; SOARES, T. N.; NABOUT, J. C.; RANGEL, T. F.; MELO, D. B.; LIMA, J. S.; TELLES, M. P. C. Geographic shifts in climatically suitable areas and loss of genetic variability in *Dipteryx alata* (“Baru” Tree; Fabaceae). **Genetics and Molecular Research**, v. 11, n. 2, p. 1618–1626, 2012.

DINIZ-FILHO, J. A. F.; MAURICIO BINI, L.; FERNANDO RANGEL, T.; LOYOLA, R. D.; HOF, C.; NOGUÉS-BRAVO, D.; ARAÚJO, M. B. Partitioning and mapping uncertainties in ensembles of forecasts of species turnover under climate change. **Ecography**, v. 32, n. 6, p. 897–906, 2009.

FALEIRO, F. V.; MACHADO, R. B.; LOYOLA, R. D. Defining spatial conservation priorities in the face of land-use and climate change. **Biological Conservation**, v. 158, p. 248–257, fev. 2013.

FERREIRA, R. B.; PARREIRA, M. R.; NABOUT, J. C. The impact of global climate change on the number and replacement of provisioning ecosystem services of Brazilian Cerrado plants. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 193, n. 11, p. 731, 18 nov. 2021.

FERRO, V. G.; LEMES, P.; MELO, A. S.; LOYOLA, R. The Reduced Effectiveness of Protected Areas under Climate Change Threatens Atlantic Forest Tiger Moths. **PLoS ONE**, v. 9, n. 9, p. e107792, 17 set. 2014.

FORDHAM, D. A.; WATTS, M. J.; DELEAN, S.; BROOK, B. W.; HEARD, L. M. B.; BULL, C. M. Managed relocation as an adaptation strategy for mitigating climate change threats to the persistence of an endangered lizard. **Global Change Biology**, v. 18, n. 9, p. 2743–2755, 2012.

FRANGETTO, Flavia Witkowski. A (R)evolução do regime regulatório do clima rumo à efetiva sustentabilidade também na área de conservação da diversidade biológica e de combate à desertificação. In: SILVA, Solange Teles da; CUREAU, Sandra; LEUZINGER, Márcia Dieguez (coord). **Mudança do clima: desafios jurídicos, econômicos e socioambientais**. São Paulo: Fiuza, 2011. p. 121-131. [929677] SEN PGR

FRANGETTO, F. W. & PEDRO, A. F. P. . Direito Ambiental Aplicado. In: PHILIPPI JR, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. (Org.). **Curso de gestão ambiental**. São Paulo: Manole, 2004, v. , p.

FRANKLIN, J.; MILLER, J. A. **Mapping species distributions: spatial inference and prediction**. 1. ed. New York, New York, USA: Cambridge University Press Cambridge, UK, 2009.

GBIF. **Global Biodiversity Information Facility - GBIF Occurrence Download**. Disponível em: <<https://www.gbif.org/>>. Acesso em: 17 dez. 2020.

GOBERVILLE, E.; BEAUGRAND, G.; HAUTEKÈÈTE, N.-C.; PIQUOT, Y.; LUCZAK, C. Uncertainties in the projection of species distributions related to general circulation models. **Ecology and Evolution**, v. 5, n. 5, p. 1100–1116, mar. 2015.

GONÇALVES-SOUZA, D.; VILELA, B.; PHALAN, B.; DOBROVOLSKI, R. The role of protected areas in maintaining natural vegetation in Brazil. **Science Advances**, v. 7, n. 38, 17 set. 2021.

GUISAN, A.; ZIMMERMANN, N. E. Predictive habitat distribution models in ecology. **Ecological Modelling**, v. 135, n. 2–3, p. 147–186, 2000.

HADDAD, N. M. *et al.* Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science Advances**, v. 1, n. 2, p. e1500052, mar. 2015.

HANNAH, L. J. **Climate change biology**. Burlington, San Diego, London: Elsevier Ltd., 2011.

HARRISON, P. A. *et al.* Linkages between biodiversity attributes and ecosystem services: A systematic review. **Ecosystem Services**, v. 9, p. 191–203, set. 2014.

HUTCHINSON, G. E. Concluding Remarks. **Cold spring harbor symposium on quantitative biology**, v. 22, p. 415–427, 1957.

IPBES. **Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services**. Bonn Germany: [s.n.].

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2001: synthesis report**. Cambridge, UK.: Cambridge University Press., 2001.

_____. Summary for policymakers. In: PÖRTNER, H.-O. *et al.* (Eds.). . **Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate**. New York: [s.n.], p. 36.

_____. Summary for Policymakers. In: **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. [s.l: s.n.]. p. in press.

_____. Summary for Policymakers. In: H.-O. PÖRTNER *et al.* (Eds.). . **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. [s.l: s.n.]. .

_____. **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. [s.l.] Cambridge University Press, 2022b.

JETZ, W.; WILCOVE, D. S.; DOBSON, A. P. Projected impacts of climate and land-use change on the global diversity of birds. **PLoS Biology**, v. 5, n. 6, p. 1211–1219, 2007.

JIRINEC, V. *et al.* Morphological consequences of climate change for resident birds in intact Amazonian rainforest. **Science Advances**, v. 7, n. 46, 12 nov. 2021.

KEARNEY, M.; PORTER, W. P. Mapping the fundamental niche: Physiology, climate, and the distribution of a nocturnal lizard. **Ecology**, v. 85, n. 11, p. 3119–3131, 2004.

LOYOLA, R. D.; LEMES, P.; BRUM, F. T.; PROVETE, D. B.; DUARTE, L. D. S. Clade-specific consequences of climate change to amphibians in Atlantic Forest protected areas. **Ecography**, v. 37, n. 1, p. 65–72, jan. 2014a.

____. Clade-specific consequences of climate change to amphibians in Atlantic Forest protected areas. **Ecography**, v. 37, n. 1, p. 65–72, jan. 2014b.

LOYOLA, R. D.; LEMES, P.; FALEIRO, F. V.; TRINDADE-FILHO, J.; MACHADO, R. B. Severe Loss of Suitable Climatic Conditions for Marsupial Species in Brazil: Challenges and Opportunities for Conservation. **PLoS ONE**, v. 7, n. 9, p. e46257, 28 set. 2012.

LOYOLA, R.; EIZIRIK, E.; MACHADO, R. B.; AGUIAR, L. M. S.; BRITO, D.; GRELLE, C. E. V. Toward Innovative Integrated Approaches for the Conservation of Mammals. **Natureza e Conser**, v. 9, n. Julho, p. 1–6, 2011.

M.D., M.; C., P.; D., S.; M., V. M. Factsheet: Biodiversity. *In*: **Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Sixth Assessment Report, Working Group II**. [s.l: s.n.]. .

MANES, S. *et al.* Endemism increases species' climate change risk in areas of global biodiversity importance. **Biological Conservation**, p. 109070, abr. 2021.

MANES, S.; GAMA, D.; VAZ, S.; PIRES, A. P. F.; TARDIN, R.; MARICATO, G.; BEZERRA, D. S.; VALE, M. M. Nature as a solution for shoreline protection against coastal risks associated with ongoing sea-level rise. **Ocean & Coastal Management**. 235: 106487. 2023.

MANES, S.; PIRES, A. P. F. Prevenção de enchentes no Rio de Janeiro: As Soluções Baseadas na Natureza como adaptação a eventos climáticos extremos. **REVISTA INEANA (REVISTA TÉCNICA DO INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE, RJ)**, v. 10, p. 1, 2022.

MANES, S.; VALE, M. M. Achieving the Paris Agreement would substantially reduce climate change risks to biodiversity in Central and South America. **Regional Environmental Change**, v. 22, n. 2, p. 60, 22 jun. 2022.

MANES, S.; VALE, M. M.; PIRES, A. P. F. The effectiveness of climate action and land recovery across ecosystems, climatic zones and scales. **Regional Environmental Change**, v. 22, n. 1, p. 5, 5 mar. 2022.

MARTINS, A. C.; SILVA, D. P.; MARCO, P. DE; MELO, G. A. R. Species conservation under future climate change: the case of *Bombus bellicosus*, a potentially threatened South American bumblebee species. **Journal of Insect Conservation**, v. 19, n. 1, p. 33–43, fev. 2015.

MEA. **Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and human well-being**. Washington, D.C.: United States: Island Press, 2005.

MMA. **Sumário Executivo - Plano Nacional de Mudanças Climáticas**. Brasília: [s.n.].

____. **Sumário Executivo - Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima**. Brasília: [s.n.].

OLIVEIRA, G. DE; LIMA-RIBEIRO, M. S.; TERRIBILE, L. C.; DOBROVOLSKI, R.; TELLES, M. P. D. C.;

DINIZ-FILHO, J. A. F. Conservation biogeography of the Cerrado's wild edible plants under climate change: Linking biotic stability with agricultural expansion. **American Journal of Botany**, v. 102, n. 6, p. 870–877, jun. 2015.

PBMC. **Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Sumário Executivo GT1**. Rio de Janeiro: [s.n.].

PETERSON, A. T.; SOBERÓN, J.; PEARSON, R. G.; ANDERSON, R. P.; MARTÍNEZ-MEYER, E.; NAKAMURA, M.; ARAÚJO, M. B. **Ecological niches and geographic distributions**. Princeton University Press, Princeton.: [s.n.].

PIRES, A. P. F.; MARINO, N. A. C.; SRIVASTAVA, D. S.; FARJALLA, V. F. Predicted rainfall changes disrupt trophic interactions in a tropical aquatic ecosystem. **Ecology**, v. 97, n. 10, p. 2750–2759, out. 2016.

PÖRTNER, H.-O. *et al.* **IPBES-IPCC co-sponsored workshop report on biodiversity and climate change**. [s.l.: s.n.].

PÜTTKER, T.; ARRUDA BUENO, A. DE; PRADO, P. I.; PARDINI, R. Ecological filtering or random extinction? Beta-diversity patterns and the importance of niche-based and neutral processes following habitat loss. **Oikos**, v. 124, n. 2, p. 206–215, 2015.

RAMALHO, Q.; TOURINHO, L.; ALMEIDA-GOMES, M.; VALE, M. M.; PREVEDELLO, J. A. Reforestation can compensate negative effects of climate change on amphibians. **Biological Conservation**, v. 260, p. 109187, ago. 2021.

REDECLIMA. **Rede Clima Mudanças Climáticas no Brasil - Sub-rede de Biodiversidade e Ecossistemas**. Disponível em: <<http://redeclima.ccst.inpe.br/subredes/biodiversidade-e-ecossistemas/>>. Acesso em: 10 jan. 2022.

SILVA, D. P.; VARELA, S.; NEMÉSIO, A.; MARCO, P. DE. Adding Biotic Interactions into Paleodistribution Models: A Host-Cleptoparasite Complex of Neotropical Orchid Bees. **PLOS ONE**, v. 10, n. 6, p. e0129890, jun. 2015.

SINERVO, B. *et al.* Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. **Science**, v. 328, n. 5980, p. 894–899, 2010.

SOBERÓN, J. Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. **Ecology Letters**, v. 10, n. 12, p. 1115–1123, 2007.

SOBERON, J.; PETERSON, A. T. Interpretation of Models of Fundamental Ecological Niches and Species' Distributional Areas. **Biodiversity Informatics**, v. 2, n. 0, p. 1–10, 2005.

SOUZA, K. S.; FORTUNATO, D. S.; JARDIM, L.; TERRIBILE, L. C.; LIMA-RIBEIRO, M. S.; PINTO-LEDEZMA, J. N.; LOYOLA, R.; DOBROVOLSKI, R.; RANGEL, T. F.; MACHADO, I. F.; ROCHA, T.; BATISTA, M. G.; LORINI, M. L.; VALE, M. M.; NAVAS, C.; MACIEL, N. M.; VILLALOBOS, F.; OLALLA-TARRAGA, M. A.; RODRIGUES, J. F. M.; GOUVEIA, S.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Evolutionary rescue and geographic range shifts under climate change for global amphibians. **Frontiers in Ecology and Evolution**. 11: 1038018. 2023.

SOUZA, T. V. DE; LORINI, M. L.; ALVES, M. A. S.; CORDEIRO, P.; VALE, M. M. Redistribution of Threatened and Endemic Atlantic Forest Birds Under Climate Change. **Natureza & Conservação**, v. 9, n. 2, p. 214–218, 2011.

SPECIESLINK. **Specieslink**. Disponível em: <<http://www.splink.org.br/>>.

STEFFEN, W. *et al.* The Anthropocene: From Global Change to Planetary Stewardship. **AMBIO**, v. 40, n. 7, p. 739–761, 12 nov. 2011.

STRASSBURG, B. B. N. *et al.* Strategic approaches to restoring ecosystems can triple conservation gains and halve costs. **Nature Ecology and Evolution**, v. 3, n. 1, p. 62–70, 2019.

TEIXEIRA, T. S. M.; WEBER, M. M.; DIAS, D.; LORINI, M. L.; ESBÉRARD, C. E. L.; NOVAES, R. L. M.; CERQUEIRA, R.; VALE, M. M. Combining environmental suitability and habitat connectivity to map rare or Data Deficient species in the Tropics. **Journal for Nature Conservation**, v. 22, n. 4, p. 384–390, ago. 2014.

TOURINHO, L.; PREVEDELLO, J. A.; CARVALHO, B. M.; ROCHA, D. S. B.; VALE, M. M. Macroscale climate change predictions have little influence on landscape-scale habitat suitability. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 20, n. 1, p. 29–37, jan. 2022.

TOURINHO, L.; SINERVO, B.; CAETANO, G. H. DE O.; GINÉ, G. A. F.; SANTOS, C. C.; CRUZ-NETO, A. P.; VALE, M. M. Integrating climate, ecophysiology and forest cover to estimate the vulnerability of sloths to climate change. **Journal of Mammalogy**, 2022.

TOURINHO, L.; SINERVO, B.; CAETANO, G. H. DE O.; VALE, M. M. A less data demanding ecophysiological niche modeling approach for mammals with comparison to conventional correlative niche modeling. **Ecological Modelling**, v. 457, p. 109687, out. 2021.

TOURINHO, L.; VALE, M. M. Choosing among correlative, mechanistic, and hybrid models of species' niche and distribution. **Integrative Zoology**, 21 jan. 2022.

TOZATO, H. de C., NOVION, H., ROMA, J., LUEDEMANN, G. ., & COELHO, L. . (2021). Gastos Federais com Acesso e Repartição de Benefícios da Biodiversidade no Brasil (2001-2020). *Revista Gestão & Políticas Públicas*, 11(1), 1-23. <https://doi.org/10.11606/issn.2237-1095.v11p1-23>

UNFCCC. **Paris Agreement - Report of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (21st Session, 2015: Paris)**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf>.

URBAN, M. C. *et al.* Improving the forecast for biodiversity under climate change. **Science**, v. 353, n. 6304, p. aad8466-1-aad8466-9, 2016.

VALE, M. M.; ALVES, M. A. S.; LORINI, M. L. Mudanças climáticas: desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade brasileira. **Oecologia brasiliensis**, v. 13, n. 03, p. 518–535, set. 2009.

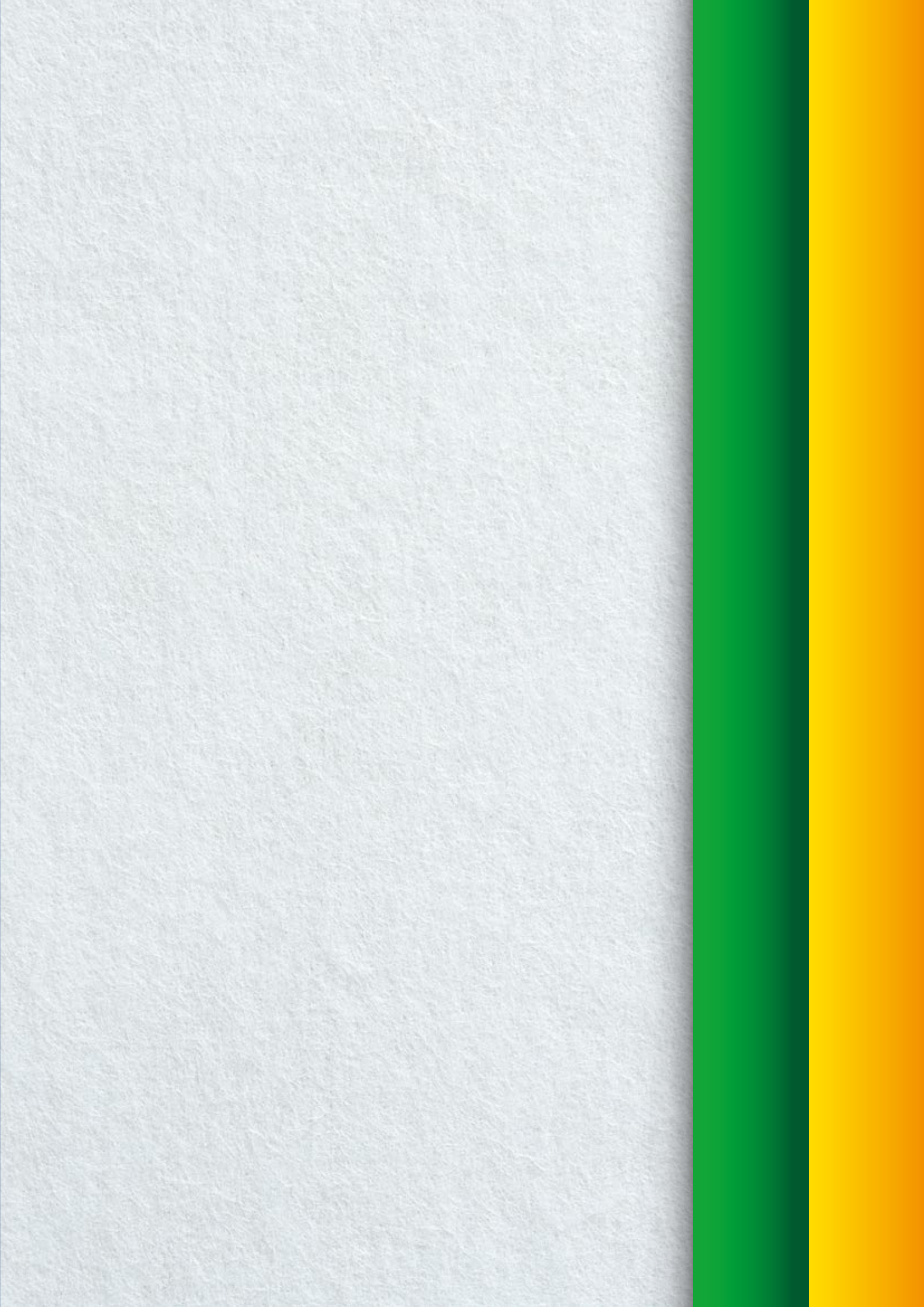
VALE, M. M.; ARIAS, P. A.; ORTEGA, G.; CARDOSO, M.; OLIVEIRA, B. F. A.; LOYOLA, R.; SCARANO, F. R. Climate Change and Biodiversity in the Atlantic Forest: Best Climatic Models, Predicted Changes and Impacts, and Adaptation Options. *In*: MARQUES, M. C. M.; GRELE, C. E. V. (Eds.). **The Atlantic Forest: History, Biodiversity, Threats and Opportunities of the Mega-diverse Forest**. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 253–267.

VALE, M. M.; LIMA-RIBEIRO, M. S.; ROCHA, T. C. Global land-use and land-cover data: historical, current and future scenarios. **Biodiversity Informatics**, v. 16, p. 28–38, 2021.

VALE, M. M.; SOUZA, T. V.; ALVES, M. A. S.; CROUZEILLES, R. Planning protected areas network that are relevant today and under future climate change is possible: The case of Atlantic Forest endemic birds. **PeerJ**, v. 2018, n. 5, p. 1–20, 2018.

ZWIENER, V. P.; PADIAL, A. A.; MARQUES, M. C. M.; FALEIRO, F. V.; LOYOLA, R.; PETERSON, A. T. Planning for conservation and restoration under climate and land use change in the Brazilian Atlantic Forest. **Diversity and Distributions**, v. 23, n. 8, p. 955–966, ago. 2017.







Rede Clima
Mudanças Ambientais
Globais no Brasil



Cemaden
Centro Nacional de Monitoramento
e Alertas de Desastres Naturais



Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico



INOVAÇÃO E PESQUISA

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



UNIÃO E RECONSTRUÇÃO