

Vulnerabilidade atual e futura da biodiversidade às mudanças climáticas

Recomendações de estratégias e diretrizes



Por

RONALDO WEIGAND JR., Ph.D.

Consultor

Ministério do Meio Ambiente

2015

VULNERABILIDADE ATUAL E FUTURA DA BIODIVERSIDADE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

RECOMENDAÇÕES DE ESTRATÉGIAS E DIRETRIZES

Por

RONALDO WEIGAND JR., Ph.D.

Consultor

2015

Ministério do Meio Ambiente

Izabella Mônica Vieira Teixeira

Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental (SMCQ)

Secretário: Carlos Augusto Klink

Departamento de Licenciamento e Avaliação Ambiental (DLAA/SMCQ)

Diretora: Karen de Oliveira Silverwood-Cope

Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF)

Ana Cristina Barros

Departamento de Ecossistemas (DECO/SBF)

Carlos Alberto de Mattos Scaramuzza

Equipe

Jennifer Viezzer (SBF)

João Arthur Seyffarth (SBF)

Adriana Brito (SMCQ)

Mariana Egler (SMCQ)

Consultor

Ronaldo Weigand Jr.

Apoio

Projeto BRA/11/001 - Apoio para elaboração do componente biodiversidade do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima.

Citação: *Vulnerabilidade atual e futura da biodiversidade às mudanças climáticas: Recomendações de estratégias e diretrizes /Autor: Ronaldo Weigand Jr. Brasília (DF): Ministério do Meio Ambiente, 2015.*

SUMÁRIO

1	Apresentação	7
2	Introdução.....	8
3	Vulnerabilidade da biodiversidade e dos ecossistemas	8
3.1	Introdução	8
3.2	Projeções de mudança do clima para o Século XXI	11
3.3	Ecossistemas terrestres	11
3.3.1	Tipos de ecossistemas terrestres.....	11
3.3.2	Vulnerabilidade dos ecossistemas terrestres.....	14
3.4	Ecossistemas fluviais	17
3.5	Ecossistemas costeiros e marinhos	18
3.5.1	Estuários, manguezais, apicuns, salgados:	18
3.5.2	Lagoas costeiras, dunas e restingas	19
3.5.3	Recifes de coral	19
3.6	Síntese da Vulnerabilidade dos Ecossistemas à Mudança do Clima	20
3.7	Indicadores para a vulnerabilidade dos ecossistemas	24
3.8	Espécies e populações	25
3.9	Diversidade Genética	27
4	Serviços Ecossistêmicos e Adaptação com Base Ecossistêmica (AbE).....	28
4.1	Serviços Ecossistêmicos	28
4.2	Adaptação com base Ecossistêmica	31
4.2.1	Definições de AbE	31
4.2.2	Recomendações de AbE no PNA	34
4.2.3	Potencial de AbE	38
5	Arranjo Institucional	39
5.1	Principais convenções e acordos internacionais relacionados com Biodiversidade e Adaptação à Mudança do Clima	39
5.1.1	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (CQNUMC) ..	39
5.1.2	NAMAs	40
5.1.3	Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB)	40

5.1.4	Metas de Aichi e Metas Brasileiras para a Biodiversidade 2020	40
5.1.5	Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos das Secas (UNCCD)	42
5.1.6	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	42
5.2	Legislação nacional	43
5.2.1	Marcos legais federais principais	43
5.2.2	Marcos legais estaduais	43
5.3	Instâncias de coordenação	43
5.4	Instâncias de execução, transversalidade e parcerias	44
5.5	Políticas públicas e programas	44
5.5.1	Gestão da informação	44
5.5.2	Sistemas de Monitoramento da Cobertura Vegetal	44
5.5.3	Políticas	45
5.5.4	Programas	45
5.5.5	Mecanismos extraorçamentários de financiamento	45
5.5.6	Políticas públicas relacionadas com AbE	46
6	Conclusão e Recomendações	50
6.1	Estudos sobre biodiversidade e mudança do clima	50
6.2	Medidas de adaptação necessárias	51
6.3	Diretrizes para adequação de políticas públicas	52
6.4	Lacunas e necessidades de adequação nos instrumentos de políticas públicas	54
6.4.1	Legislação de proteção	54
6.4.2	Unidades de conservação	55
6.4.3	Instrumentos de gestão integrada	55
6.4.4	Instrumentos norteadores	55
6.4.5	Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa	55
6.4.6	Planos de prevenção e combate ao desmatamento (PPCDs)	55
6.4.7	Espécies ameaçadas	56
6.4.8	Programas de monitoramento	56
6.4.9	Conservação ex-situ	56
6.4.10	Conservação <i>on-farm</i> (na propriedade)	56
7	Referências	56
8	Glossário	62

1 APRESENTAÇÃO

Este trabalho apresenta os subsídios gerados para a elaboração do Capítulo de Biodiversidade do Plano Nacional de Adaptação (PNA). O PNA é um instrumento da Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.187/09) que, em seu artigo 4º, inciso V, estabelece a necessidade de implementação de medidas para promover a adaptação à mudança do clima pelas três esferas da Federação.

O PNA apresenta capítulos com estratégias setoriais, sendo uma delas Biodiversidade e Ecossistemas, cuja elaboração foi coordenada pela Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF) e pela a Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental (SMCQ) do Ministério do Meio Ambiente, com a colaboração e análise crítica de técnicos de órgãos de governo, especialistas e pesquisadores de instituições de pesquisa e universidades.

No PNA, os impactos sobre o Brasil foram estimados e medidas de adaptação foram propostas para os seguintes “setores/temas”¹: Agricultura; Biodiversidade e Ecossistemas; Cidades; Desastres Naturais; Indústria e Mineração; Infraestrutura (Energia, Transportes e Mobilidade Urbana); Povos e Comunidades Vulneráveis; Recursos Hídricos; Saúde; Segurança Alimentar e Nutricional; e Zonas Costeiras.

Entre os temas do Plano Nacional de Adaptação (PNA), a estratégia de biodiversidade e ecossistemas tem como particularidade abranger duas abordagens: 1) diagnóstico do impacto da mudança do clima sobre a biodiversidade e possíveis medidas de adaptação para reduzir a sua vulnerabilidade; e 2) o papel da biodiversidade e dos ecossistemas na redução da vulnerabilidade por meio da provisão de serviços ecossistêmicos.

¹ Referidos como “setores” no PNA, essa divisão expressa recortes territoriais, temáticos e setoriais. Por exemplo, não há um setor de “desastres naturais” ou de “cidades”, que são temas de políticas públicas. Já “agricultura” e “indústria” são setores propriamente ditos, enquanto “zona costeira” expressa um recorte territorial. Segundo o PNA, “a abordagem setorial e temática adotada observa, além da determinação legal dos temas setoriais, critérios de divisão de competências no âmbito Governo Federal, bem como prioridades e urgências em relação à vulnerabilidade”.

2 INTRODUÇÃO

No Brasil, até recentemente, os debates acerca da mudança do clima enfatizaram mais a mitigação que a adaptação à mudança do clima. O País era imaginado como um provedor de serviços de mitigação da mudança do clima. Entretanto, com os sucessos iniciais da redução de emissões de gases de efeito estufa, especialmente a partir da redução no desmatamento, e com o avanço da ciência do clima e a percepção mais forte dos impactos de eventos extremos, o País vai se descobrindo vulnerável à mudança do clima, reforçando a necessidade de adaptação.

Assim, se avança cada vez mais na elaboração de instrumentos e na implementação de políticas com foco na mudança do clima, com crescente ênfase na adaptação, sendo o Plano Nacional de Adaptação (PNA) o principal instrumento previsto com este fim pela Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.187/09).

Modelos climáticos para prever a mudança do clima vêm sendo desenvolvidos (PBMC, 2013). Eles preveem alterações importantes nos padrões climáticos, e vêm sendo utilizados para estimar o impacto em diversos setores. Já o PNA trabalha com duas perspectivas de tempo: 1) de curto prazo, com quatro anos, que coincide com o prazo de planejamento do Plano Plurianual (PPA) do governo federal; e 2) de longo prazo, até 2040 ou 2050, que coincide com o primeiro horizonte temporal de projeções climáticas dos modelos, normalmente expressas em 2040, 2070 e 2100.

Neste trabalho os seguintes subsídios gerados para a elaboração do Capítulo de Biodiversidade e Ecossistemas do PNA:

- Vulnerabilidade da biodiversidade e dos ecossistemas;
- Serviços ecossistêmicos e adaptação com base ecossistêmica;
- Arranjo institucional e políticas públicas;
- Recomendações e diretrizes.

3 VULNERABILIDADE DA BIODIVERSIDADE E DOS ECOSISTEMAS

3.1 INTRODUÇÃO

A vulnerabilidade é um atributo resultante de fatores de *exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação* dos sistemas naturais e humanos². O Marco Conceitual simplificado é ilustrado pela Figura 1, com as seguintes definições:

- **Exposição** pode ser entendida como a extensão com que uma área, um recurso ou uma comunidade está exposta e vivencia a mudança do clima. É caracterizada pela magnitude, frequência, duração e ou extensão espacial de um evento climático (IPCC, 2007; Andrade Perez, 2010). No caso da biodiversidade, é a extensão em que ecossistemas e espécies nativas estão expostos e vivenciam mudança do clima.
- **Sensibilidade** é o grau em que um sistema pode ser afetado, negativamente ou positivamente por mudanças no clima. Tais mudanças podem ter efeitos diretos e

² A abordagem de análise da vulnerabilidade desenvolvida obedece à abordagem metodológica do 3º e 4º Relatórios de Avaliação do IPCC (IPCC AR3, 2001 e AR4, 2007).

indiretos (IPCC, 2007). Em relação à biodiversidade, é o grau em que a sobrevivência, persistência, aptidão, desempenho ou regeneração de uma espécie ou população é dependente do clima atual, particularmente aquelas variáveis que provavelmente vão se alterar no futuro próximo. A sensibilidade depende de uma série de fatores, incluindo ecofisiologia, história de vida e preferências de micro-habitat das espécies (Dawson *et al.*, 2011) e a integridade dos ecossistemas.

- **Impacto** são os efeitos num sistema causados pelas mudanças no clima. Por exemplo, longos períodos secos podem aumentar a incidência de incêndios florestais, com impactos diretos e momentâneos sobre a biodiversidade e causando mudanças na estrutura e função dos ecossistemas que podem durar muitos anos, ou mesmo serem permanentes. O impacto é resultado da combinação de **exposição** e **sensibilidade** do sistema.
- **Capacidade de adaptação ou capacidade adaptativa (em relação aos impactos da mudança do clima)** é capacidade de um sistema de ajustar-se à mudança do clima (inclusive à variabilidade e aos extremos climáticos) atenuando possíveis danos, aproveitando oportunidades ou enfrentando as consequências (IPCC AR4, 2007). No caso da biodiversidade, adaptação se refere à capacidade dos ecossistemas e espécies de se adaptar às novas condições climáticas, persistindo no local, mudando para micro-habitats locais mais adequados ou migrando para regiões mais favoráveis (Dawson *et al.*, 2011). A capacidade adaptativa depende de uma série de fatores intrínsecos, incluindo a plasticidade fenotípica, diversidade genética, taxas de evolução, características das histórias de vida, e habilidade de dispersão e colonização (Ibid.). Quando incluimos o ser humano no sistema, a capacidade adaptativa também inclui as políticas públicas de promover a proteção da biodiversidade nas áreas de ocorrência das novas condições, conservação de grandes blocos de áreas naturais, e outras medidas conservacionistas.
- **Vulnerabilidade** é a medida em que um elemento da biodiversidade está ameaçado com declínio, redução de aptidão, perda genética ou extinção devido à mudança climática (Dawson *et al.*, 2011). Considera, além do **impacto** (resultado da exposição e da sensibilidade), a **capacidade de adaptação**.

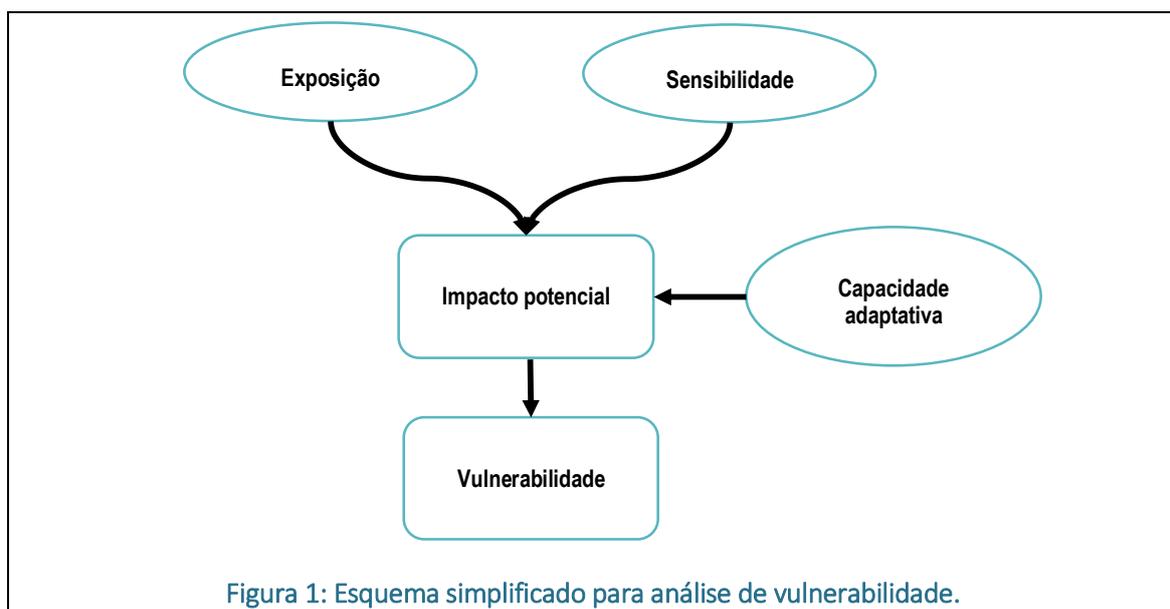


Figura 1: Esquema simplificado para análise de vulnerabilidade.

A revisão do conhecimento sobre estes conceitos em relação ao tema de biodiversidade foi desenvolvida neste trabalho com base em trabalhos realizados no Brasil e em outros países. O clima é fator determinante para a distribuição dos seres vivos no planeta. Desde o início do XX, estudos avaliam a influência das variações do clima e da variabilidade climática sobre as espécies (PARMESAN, 2006). Mais recentemente os registros dos impactos da mudança do clima associada ao aquecimento global passaram a ser mais frequentes e abrangentes (Ibid.; Hughes 2000, McCarty 2001, Walther et al. 2002 e Walther et al. 2005 apud VALE; ALVES; LORINI, 2009). A maior parte dos registros no entanto, tem se concentrado na América do Norte, Europa e Japão, com grandes lacunas na América do Sul (PARMESAN, 2006; VALE; ALVES; LORINI, 2009)³.

Atualmente, é difícil estabelecer, com base científica, ligações causais entre o declínio de uma espécie e a mudança do clima (PBMC, 2013). Isso se dá porque as variações climáticas que já podem estar impactando as espécies ainda são difíceis de serem atribuídas à mudança do clima – embora haja um consenso quase unânime de que esta já está acontecendo e que pode alcançar níveis críticos nas próximas décadas (IPCC, 2014). Os impactos da mudança do clima se somam a uma série de ameaças que já afetam a conservação da biodiversidade e ecossistemas, produzindo efeitos sinérgicos e de difícil previsão e monitoramento. Atualmente não é possível precisar a *exposição* atual, nem seus impactos, ainda que se possa observá-los.

Apesar disso, há um consenso de que os ecossistemas estão sendo *expostos*⁴ à mudança do clima em todo o mundo (IPCC, 2014), e uma forma de se conectar um determinado evento climático com a mudança do clima é verificar se o evento é previsto pelos modelos climáticos. No Brasil, os primeiros trabalhos sobre os impactos de cenários futuros de mudanças climáticas sobre a biodiversidade começaram a ser realizados a partir de 2007, enfocando modelagens do clima e seus efeitos sobre a biodiversidade (por exemplo, MARENGO, 2007; MARINI et al., 2009a, 2009b, 2010a, 2010b; VIEIRA; MENDES; OPREA, 2012). Entretanto, estes estudos não substituem abordagens observacionais, cujas pesquisas são ainda incipientes e esparsas.

A seguir, apresentam-se as projeções de mudança do clima para o Brasil e a vulnerabilidade da biodiversidade nos seus três níveis, de acordo com definição da CDB (CDB, Art. 2o., BRASIL/MMA, 1992, p. 9)⁵:

- i. Ecossistemas
- ii. Espécies/populações
- iii. Diversidade genética dentro das espécies/populações

³ Parmesan (2006) revisou 866 trabalhos *peer reviewed*, e 40% deles foram produzidos nos últimos três anos antes da elaboração do seu artigo.

⁴ A exposição é definida como a presença de pessoas, meios de subsistência, espécies ou ecossistemas, funções, serviços, e recursos ambientais, infraestrutura, e bens econômicos, sociais ou culturais em lugares que podem ser adversamente afetados pela mudança do clima.

⁵ A Convenção da Diversidade Biológica (CDB) definiu a biodiversidade como “a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas”

Em relação aos ecossistemas, são analisados os ecossistemas terrestres, fluviais, costeiros e marinhos.

3.2 PROJEÇÕES DE MUDANÇA DO CLIMA PARA O SÉCULO XXI

O Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) sistematizou os estudos com as projeções de mudanças do clima para o Século XXI, mostrando aumentos de temperatura em todos os biomas, com diminuição da pluviosidade na Amazônia, Caatinga, Cerrado e Pantanal, e aumento de pluviosidade na Mata Atlântica e Pampa (PBMC, 2013) (Tabela 1).

Tabela 1: Projeções de mudança na temperatura e precipitação nos biomas brasileiros.

Bioma	Precipitação (%)			Temperatura (°C)		
	Até 2040	2041-2070	2071-2100	Até 2040	2041-2070	2071-2100
Amazônia	-10	- 25 a - 30	-40 a -45	+1 a +1,5	+ 3 a +3,5	+5 a +6
Caatinga	-10 a -20	-25 a -35	-40 a -50	+0,5 a +1	+1,5 a +2,5	+3,5 a +4,5
Cerrado	-10 a -20	-20 a -35	-35 a -45	+1	+3 a +3,5	+5 a +5,5
Mata Atlântica (nordeste)	-10	-20 a -25	-30 a -35	+0,5 a +1	+2 a +3	+3 a +4
Mata Atlântica (sudeste)	+5 a +10	+15 a +20	+25 a +30	+0,5 a +1	+1,5 a +2	+2,5 a +3
Pampa	+5 a +10	+15 a +20	+35 a +40	+1	+1 a +1,5	+2,5 a +3
Pantanal	-5 a -15	-10 a -25	-35 a -45	+1	+2,5 a +3,5	+3,5 a +4,5

Fonte: adaptado, com dados de PBMC (2013).

3.3 ECOSSISTEMAS TERRESTRES

3.3.1 TIPOS DE ECOSSISTEMAS TERRESTRES

O IBGE classificou o território continental brasileiro em seis biomas (Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal, Pampa), que envolvem formações dominantes em um conjunto característico de tipos de vegetação (*fitofisionomias*). Para o desenvolvimento do Capítulo de Biodiversidade e Ecossistemas do PNA, considerou-se que os ecossistemas terrestres são representados pelas *fitofisionomias*, organizadas em *biomas*.

As fitofisionomias podem ser classificadas em classes, subclasses, grupos e subgrupos de formações, formações propriamente ditas e subformações (Tabela 2). As classes são determinadas pelo aspecto geral da vegetação. As subclasses, são determinadas pelo clima (basicamente, a ocorrência de meses secos ou frios). Os grupos são determinados pelo tipo de fisiologia da vegetação – se adaptada a condições de seca (xerófita) ou de umidade (higrófita), o que é basicamente um resultado da interação entre clima e solo – e pela fertilidade do solo, que pode ser fértil (eutrófico) ou pouco fértil (distrófico). Essas duas condições resultam nos principais

subgrupos de formações, que podem ocorrer em diferentes situações de relevo: aluvial, quando influenciadas pelo regime de cheias de rios, terras baixas, submontana, montana e altomontana (o que também tem uma influência de clima, já que ocorre aí a influência das diferenças de temperatura em altitude). As subformações são resultado da composição de espécies e da história de perturbação dos ecossistemas.

Tabela 2: Tipos de vegetação e parâmetros determinantes

Tipos de vegetação				Formações									
Classes de formações	de	Subclasses de formações	de	Grupos de formações	Subgrupos de formações	de	Formações (propriamente ditas)	Subformações					
Estrutura/formas de vida		Clima/Déficit hídrico		Fisiologia/transpiração e fertilidade	Fisionomia		Ambiente/ Relevo/ Hábitos	(Fácies)					
Florestal (Macrofanerófitos, mesofanerófitos, lianas e epífitos)	de	Ombrófila (0 a 4 meses secos)	de	Higrófito (distróficos e eutróficos)	de	Floresta Ombrófila Densa	Aluvial	Dossel uniforme					
							Terras Baixas	Dossel emergente					
							Submontana						
							Altomontana						
							<hr/>						
							Floresta Ombrófila Aberta	Terras Baixas	Com palmeiras				
								Submontana	Com cipó				
								Montana	Com bambu Com sororoca				
							<hr/>						
							Floresta Ombrófila Mista	Aluvial	Dossel uniforme				
								Submontana	Dossel emergente				
								Montana					
Altomontana													
<hr/>													
	de	Estacional (4 a 6 meses secos, ou com 3 meses abaixo de 15°C)	de	Higrófito/Xerófito (Álicos, Eutróficos e Distróficos)	de	Floresta Estacional Sempre Verde	Aluvial	Dossel uniforme					
							Terras Baixas	Dossel emergente					
							Submontana						
							<hr/>						
							Floresta Estacional Semidecidual	Aluvial	Dossel uniforme				
								Terras Baixas	Dossel emergente				
								Submontana					
							Montana						
							<hr/>						
							Floresta Estacional Decidual	Aluvial	Dossel uniforme				
								Terras Baixas	Dossel emergente				
								Submontana					
Montana													
<hr/>													
Campestre (Xeromórfitos, microfanerófitos, nanofanerófitos, caméfitos, geófitos, hemicriptófitos, terófitos, lianas e epífitos)	de	Ombrófila (0 a 2 meses secos)	de	Higrófito (állicos e distróficos)	de	Campinarana	Florestada	Sem palmeiras					
							Arborizada	Com palmeiras					
							Arbustiva						
							Gramíneo-lenhosa						
							(relevo tabular e/ou depressão fechada)						

Tipos de vegetação					Formações			
Classes de formações	de	Subclasses de formações	de	Grupos de formações	Subgrupos de formações	de	Formações (propriamente ditas)	Subformações
Estrutura/formas de vida		Clima/Déficit hídrico		Fisiologia/transpiração e fertilidade	Fisionomia		Ambiente/ Relevo/ Hábitos	(Fácies)
		Estacional (0 a 6 meses secos)		Higrófita (álícos e distróficos)	Savana		Florestada Arborizada Parque Gramíneo-lenhosa (planaltos tabulares e/ou planícies)	Sem floresta-de-galeria Com floresta-de-galeria
		Estacional (com mais de 6 meses secos ou com frio rigoroso)		Higrófita/xerófita (eutróficos)	Savana-Estépica		Florestada Arborizada Parque Gramíneo-lenhosa (Depressão interplanáltica/ arrasada nordestina e/ou depressão com acumulações recentes)	Sem palmeiras Com palmeiras Sem palmeiras e sem floresta-de-galeria Com floresta-de-galeria
		Estacional (com 3 meses frios e 1 mês seco)		Higrófita/xerófita (eutróficos)	Estepe		Arborizada Parque Gramíneo-lenhosa (Planaltose/ou pediplanos)	Sem palmeiras Com palmeiras Sem palmeiras e sem floresta-de-galeria

Fonte: Veloso, H. P.; Rangel Filho, A. L. R.; Lima, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, 1991 (apud IBGE, 2012).

Entretanto, fitofisionomias não expressam a composição de espécies nem os processos evolutivos que a criaram. Para isso, o IBGE apresenta o território brasileiro dividido em quatro *regiões florísticas*, caracterizadas pela dominância de certas famílias taxonômicas que compõem sua fisionomia principal, indicando a origem evolutiva principal da biota na área (IBGE, 2012):

- Região Florística Amazônica: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Sempre-Verde e Campinarana.
- Região Florística do Brasil Central: Savana, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual.
- Região Florística Nordeste: Savana-Estépica: Caatinga do Sertão Árido com suas disjunções vegetacionais; Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual; Floresta Estacional Decidual e Savana.
- Região Florística do Sudeste: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual e Savana.

Essas regiões compartilham algumas fitofisionomias, mas a composição das espécies dominantes é diferente devido a fatores como clima, geologia, história evolutiva e barreiras à dispersão. Por

isso, uma floresta ombrófila na Amazônia vai apresentar composição distinta de outra na Mata Atlântica, embora possa apresentar aspecto e algumas espécies em comum.

3.3.2 VULNERABILIDADE DOS ECOSSISTEMAS TERRESTRES

As fitofisionomias estarão *expostas* à mudança do clima quando houver mudança nos padrões dos parâmetros climáticos na sua área de ocorrência. Elas serão *sensíveis* à mudança do clima quando a variação desses parâmetros climáticos puder causar alterações no tipo de vegetação. O número de meses secos ou frios determina as subclasses de vegetação e as temperaturas médias podem influenciar as formações em altitude (submontana, montana e altomontana). Assim, pode-se dizer que as fitofisionomias são *sensíveis* a mudanças no número de meses secos ou frios, e alterações nas temperaturas médias.

Entretanto, um desafio para este trabalho é que as previsões do PBMC, sistematizadas na Tabela 1 (acima), são *mudanças médias* na precipitação e na temperatura, e não se tratam dos parâmetros de maior interesse para as classes e subclasses de vegetação, como o número de meses secos e com temperaturas baixas (Tabela 2, acima ver discussão a seguir). Assim, uma modelagem desses parâmetros de interesse é necessária.

Enquanto não temos essa modelagem disponível, para o capítulo de Biodiversidade do PNA, presumimos que a diminuição ou aumento de temperaturas médias correspondem a diminuição ou aumento de meses frios, e que a diminuição ou aumento de precipitação correspondem a diminuição ou aumento de meses secos. Também consideramos que essas alterações são uniformes no bioma (mas um detalhamento da modelagem será necessário para uma discussão mais segura). É, portanto, um quadro provisório.

Cada ecossistema tem uma *sensibilidade* diferente à mudança do clima. A sensibilidade das fitofisionomias a mudanças é maior nas fitofisionomias dependentes de umidade (ombrófilas), onde o aumento do período seco pode aumentar a propensão a incêndios florestais e a mortalidade de plantas. O aumento da temperatura nesses ambientes pode aumentar a evapotranspiração, causando condições de seca para algumas espécies, o que pode exacerbar o efeito da seca (BEAUMONT et al., 2011). Também há sensibilidade dos ambientes em altitude, com possível mudança no aspecto e na composição das fitofisionomias decorrentes do aumento da temperatura e mudança na disponibilidade de água associada.

Segundo Beaumont *et al.* (2011) o maior impacto da mudança do clima sobre ecossistemas está na produtividade primária, que poderá aumentar ou diminuir, dependendo do novo padrão de chuvas.

Para os ecossistemas característicos de climas mais secos (ex. florestas estacionais e savanas), a redução incremental da pluviosidade e o aumento adicional da temperatura, têm efeitos ainda não estudados. Espera-se um impacto sobre os nichos climáticos das espécies levando a perda de resiliência dos ecossistemas originais.

No bioma Caatinga estes impactos que podem agravar processos de desertificação em curso, associados principalmente a intensificação da perda da cobertura vegetal por mudança de uso do solo. No âmbito do bioma Cerrado pode levar a redução das formações florestais e aumento

das formações abertas, reduzindo o porte e a densidade de árvores nas fitofisionomias deste bioma.

Detalhando com relação a alguns tipos de vegetação:

- **Floresta Ombrófila Densa:** É a vegetação dominante nos biomas Amazônia e Mata Atlântica. A maior ocorrência de secas prolongadas será problemática para a Floresta Ombrófila Densa, que está associada a fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25°C) e de alta precipitação, bem-distribuída durante o ano (de 0 a 60 dias secos) (IBGE, 2012)⁶. O aquecimento também pode afetar a floresta em altitude, que determina os subtipos desta fitofisionomia e, conseqüentemente, a composição e estrutura do ecossistema. Agrupando por bioma, na Amazônia, períodos prolongados sem chuva secam o solo e o sub-bosque, aumentando a vulnerabilidade a incêndios florestais (SILVESTRINI et al., 2010). Entretanto, atualmente o principal fator que aumenta a incidência de incêndios na Amazônia é a fragmentação da paisagem (que dobra a incidência de incêndios), ainda que a mudança climática aumente a probabilidade em até 30% (SOARES-FILHO et al., 2012), especialmente nas áreas de contato entre a floresta e as atividades agropecuárias e nas áreas que foram alvo de extração seletiva de madeira. Uma área queimada na Amazônia aumenta muito suas probabilidades de sofrer uma nova queima (PEREIRA, 2006; COCHRANE, 2009). Assim, pode-se dizer que a fragmentação da floresta aumenta a sua sensibilidade à mudança do clima. Na escala da paisagem (10 a 1000 km) os efeitos da fragmentação da Floresta Ombrófila Densa na Amazônia são complexos, com conseqüências na circulação atmosférica, ciclagem da água e precipitação (LAURANCE, 2004). Num contexto de mudança do clima, com o aumento de eventos extremos, inclusive de seca e vento, a fragmentação exacerbará os impactos (COCHRANE, 2009). No futuro, além do aumento no número de incêndios, as projeções para a Amazônia incluem savanização da sua região leste (PBMC, 2013) e o colapso do sistema de sustentação do regime de chuvas pela floresta devido ao desmatamento (NOBRE, 2014).
Se, de um lado, a Floresta Ombrófila Densa pode sofrer mais com a incidência de incêndios decorrente da fragmentação e da maior incidência de períodos secos, de outro, na Amazônia, essa fitofisionomia parece contribuir para a geração de seu próprio clima (MACHADO; PACHECO, 2010; NOBRE, 2014). O desmatamento e as queimadas reduzem essa capacidade da floresta de gerar chuvas locais (KELLER et al., 2004). Para essa capacidade de adaptação do próprio ecossistema se efetivar, é preciso evitar as queimadas, além de manter e recuperar a floresta, não só na Amazônia, mas também no centro sul do País (NOBRE, 2014).
- **Floresta Estacional Sempre-Verde:** ocorre em climas com períodos longos de seca (4-6 meses) e os fatores que determinam sua ocorrência no presente são obscuros, mas parecem associados à geologia e ao relevo (IBGE, 2012), o que pode indicar pouca sensibilidade à mudança do clima, pelo menos nos seus estágios iniciais (até 2040).

⁶ A duração da seca que a floresta ombrófila densa suporta pode ser maior se o lençol freático for superficial/acessível, como nas florestas do noroeste do Mato Grosso, que experimentam secas mais longas mas a geologia favorece a disponibilidade de água no solo.

- **Floresta Estacional Semidecidual:** ocorre em vários biomas, de forma descontínua e sempre situada entre dois climas, um úmido e outro árido (superúmido na linha do Equador, árido na Região Nordeste e úmido na Região Sul) (IBGE, 2012). Na Região Centro-Oeste, ocorre o clima continental estacional, aí dominando a Savana (Cerrado) (Ibid.). Por estar na área de transição entre climas, pode sofrer impacto na medida em que as zonas climáticas se deslocam em função da mudança do clima.
- **Floresta Estacional Decidual:** se caracteriza por ter 50% dos indivíduos despídos de folhagem em um período do ano. Ocorre de norte a sul do país. Na zona tropical, onde as projeções indicam queda da pluviosidade no futuro, a queda de folhas é determinada pela seca (IBGE, 2012). Nesses ecossistemas, a temperatura deve aumentar e a precipitação deverá diminuir. Devido à característica do ecossistema, adaptado a condições de seca, o impacto maior deve ser sobre as espécies, que podem alterar sua fenologia e distribuição. O aumento da incidência de incêndios pode ser uma preocupação, o que requer programas de prevenção e controle. Na zona subtropical, a queda das folhas neste tipo de vegetação é determinada pelo repouso fisiológico devido à queda da temperatura (IBGE, 2012). Nesses ecossistemas, as projeções indicam aumento da temperatura e da pluviosidade, com possível efeito fisiológico nas árvores, que podem deixar de perder suas folhas e aumentar sua produtividade. Os efeitos nas espécies podem variar, sendo positivos para algumas e negativos para outras.
- **Floresta Ombrófila Mista (com araucária):** esta floresta é um tipo de vegetação típico do Planalto Meridional, mas também ocorre em refúgios nas Serras do Mar e Mantiqueira. Grande parte dessa vegetação já se perdeu pelo desmatamento. Atualmente,

...encontra-se ainda bem-conservada e com seus elementos quase intactos no Parque Estadual de Campos do Jordão (SP) e em Monte Verde, Município de Camanducaia (MG). Todavia, as outras ocorrências, como a do Maciço de Itatiaia (RJ e MG), estão sendo gradualmente suprimidas, tendendo ao desaparecimento em poucos anos (IBGE, 2012).

Esses remanescentes estão isolados da área de maior ocorrência dessa floresta no passado, e estão localizados em áreas onde a temperatura tende a aumentar, com decréscimo da precipitação (uma modelagem em detalhe, considerando altitude é necessária para confirmar essa tendência). Enquanto se deve manter conservados todos os remanescentes desse ecossistema em extinção, as medidas de adaptação consistem na restauração desses ecossistemas em áreas altas mais ao sul do país.

- **Savana:** É a vegetação dominante nos biomas Cerrado e Pantanal, ocorrendo também na Mata Atlântica e na Amazônia. Tem características que a tornam adaptada a períodos secos, ocorre sob distintos tipos de clima. Reveste solos lixiviados aluminizados em toda a Zona Neotropical e, prioritariamente, no Brasil Central (IBGE, 2012). As previsões para esta fitofisionomia no bioma Cerrado, na Amazônia e no Pantanal são de aumento da temperatura e diminuição da pluviosidade, o que pode causar a mudança da vegetação nas áreas mais atingidas, que poderão perder os componentes arbóreos e arbustivos.
- **Savana-Estépica:** É a vegetação típica do bioma Caatinga, com características que a tornam adaptada a longos períodos secos. Tem clima marcado por dois períodos secos anuais: um, longo, seguido de chuvas intermitentes, e outro, curto, que pode passar a

torrencialmente chuvoso⁷ (IBGE, 2012). As projeções são de que essa vegetação estará sob estresse climático ainda maior, com aumento da temperatura e redução das chuvas, o que pode acentuar processos de desertificação, hoje em curso principalmente devido ao uso inadequado do solo.

- **Estepe:** vegetação de campos do sul do Brasil. No Planalto das Araucárias, a Estepe é abrangida pelo clima pluvial subtropical sem período seco e, assim, coexiste com a **Floresta Ombrófila Mista (com araucária)**, cujas espécies formam capões e florestas-de-galeria (IBGE, 2012). Devido à altitude, passa por longos períodos de temperaturas abaixo de 15°C. Nas superfícies meridionais gaúchas, a Estepe está sujeita a maior amplitude térmica. Frentes polares mais frias e dessecantes intensificam a evapotranspiração, provocando secas ocasionais mais severas, que podem limitar as atividades vegetativas tanto das espécies nativas quanto das cultivadas. No futuro, prevê-se mais umidade e aumento de temperatura, que pode diminuir essas restrições.

3.4 ECOSISTEMAS FLUVIAIS

Cortando as fitofisionomias, estão uma série de ecossistemas aquáticos, como rios e lagoas, que poderão ser impactados, seja pela alteração das fitofisionomias em que estão inseridos, seja diretamente por fatores como mudanças na precipitação e na temperatura, seja pelas atividades humanas, como barragens, poluição e retirada de água para a irrigação. O caso dos ecossistemas fluviais é complexo pois é comum que os grandes rios atravessem diferentes tipos de ecossistemas terrestres e zonas climáticas.

Na Amazônia, espera-se variações ainda maiores entre as vazões e níveis das épocas de cheia e seca. Com variações intensas nos rios principais, igarapés e lagoas marginais podem secar durante a seca, ou diminuir muito a concentração de oxigênio dissolvido e aumentar significativamente a temperatura, afetando a biodiversidade aquática, com impactos sobre a pesca e o transporte das populações ribeirinhas. Na cheia, com a elevação maior, os rios poderão mudar de curso com maior frequência, aumentando as áreas com vegetação pioneira nas margens, geralmente mais produtiva, mas menos diversificada.

No Cerrado e na Caatinga, a sazonalidade também deve afetar mais os rios. Chuvas mais concentradas e intensas no Cerrado aumentarão os eventos violentos (enxurradas), afetando a estabilidade das comunidades aquáticas. Durante a seca, no Cerrado e na Caatinga, serão mais frequentes os rios e riachos que secarão completamente (intermitentes). No sul do país, a maior pluviosidade deve aumentar os eventos de inundações. Mais chuva pode também causar mais erosão, levando nutrientes em excesso para os rios e lagoas.

Em todas as regiões, espera-se aumento da temperatura, que deve afetar mais os ambientes lacustres e os rios de planície, que correm em áreas desmatadas e aqueles com menor vazão. Embora a temperatura da água tenha menor variação que a temperatura atmosférica, a adaptação da biodiversidade às novas condições de temperatura pode mais difícil nos ambientes fluviais que nos ambientes terrestres uma vez que a temperatura média muda. Isso se dá porque

⁷ Estas chuvas torrenciais são muito inconstantes, chegando a faltar por muitos anos.

rios serpenteiam acompanhando o relevo, o que limita a direção de uma potencial migração dos organismos em busca de melhores condições.

Além disso, rios são ecossistemas que podem ser interrompidos por barragens e por trechos poluídos. Numa barragem, além de ser um obstáculo em si, o reservatório pode ser um desafio para as espécies de corredeiras, por se tratar de um outro tipo de ambiente. Trechos poluídos podem isolar partes de melhor qualidade do rio onde as espécies mais sensíveis podem viver.

3.5 ECOSISTEMAS COSTEIROS E MARINHOS

Enquanto na maioria dos ecossistemas terrestres a influência da mudança do clima se dá por meio de variações de temperatura do ar e de precipitação, ou indiretamente por fatores bióticos, na zona costeira e marinha a mudança do clima influencia a biodiversidade pela elevação do nível dos oceanos, elevação da temperatura das águas, acidificação das águas e mudanças na salinidade, além de mudanças na pluviosidade e temperatura.

No século XX, a elevação do nível dos oceanos alcançou entre 12 e 22 cm e as previsões são de que eles vão continuar a elevar seu nível (SILVA BEZERRA; AMARAL; KAMPEL, 2014). As áreas de deposição e erosão de sedimentos também mudarão, tanto devido à elevação do nível do mar, quanto devido a mudanças nas correntes marinhas e novo padrão de tempestades. Assim, para o futuro, além da elevação do nível do mar, pode-se esperar paisagens costeiras mais dinâmicas, forçando os limites de adaptação das comunidades bióticas. O aumento do nível dos oceanos e o maior dinamismo das paisagens podem impactar os ecossistemas costeiros, destruindo trechos e formando novas áreas para colonização pelos seres vivos. No entanto se a elevação do nível do mar for muito rápida, os sistemas podem sofrer os impactos e perder a resiliência antes de conseguirem se adaptar.

Na Zona Costeira e Marinha, como o Brasil não adota uma divisão por biomas, aborda-se alguns ecossistemas-chave para a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos:

- Estuários, manguezais, lagoas costeiras, apicuns, salgados e restingas.
- Recifes de coral

Além dos fatores climáticos a que esses ecossistemas estão diretamente expostos, a mudança do clima se fará sentir também de forma indireta, pela elevação do nível do mar, e aquecimento e acidificação das águas. As áreas de deposição e erosão de sedimentos também mudarão, tanto devido à elevação do nível do mar, quanto devido a mudanças nas correntes marinhas e novo padrão de tempestades. Assim, para o futuro, além da elevação do nível do mar, pode-se esperar paisagens costeiras mais dinâmicas, forçando os limites de adaptação das comunidades bióticas.

O aumento do nível dos oceanos e o maior dinamismo das paisagens podem impactar os ecossistemas costeiros, destruindo trechos e formando novas áreas para colonização pelos seres vivos:

3.5.1 ESTUÁRIOS, MANGUEZAIS, APICUNS, SALGADOS:

Nos estuários e manguezais, a influência da mudança do clima será complexa. Manguezais protegem a zona costeira, particularmente os estuários, contra tempestades, mas são sensíveis à deposição de areia, que pode chegar por rios atingidos por assoreamento.

Um outro fator importante para os manguezais, que pode resultar da mudança do clima, é a vazão dos rios nos estuários: com baixa vazão dos rios, o mar penetra mais no estuário e a maior salinidade pode impactar esses ecossistemas. O aumento do nível do mar causado pelo aquecimento global piora o problema. Por isso, a proteção e recuperação das matas ciliares dos rios é importante, particularmente nos que formam manguezais nos seus estuários.

No caso da elevação do nível do mar, a adaptação do manguezal seria penetrar terra adentro, mas a ocupação humana pode ser um obstáculo (SILVA BEZERRA; AMARAL; KAMPEL, 2014). Além dos manguezais, outros ecossistemas costeiros, como os apicuns e salgados são sensíveis à elevação do nível do mar, e sua adaptação é semelhante, com o mesmo desafio. Assim, deve-se mapear as possíveis áreas de expansão dos manguezais e demais ecossistemas costeiros, mantendo-as protegidas e desocupadas.

Com o aumento das temperaturas médias também se espera uma migração dos ecossistemas de manguezais em direção ao sul do país, ultrapassando os limites climáticos atuais da distribuição deste sistema que ocorre até Santa Catarina.

Além disso, no caso dos manguezais, é importante a manutenção da vazão dos rios e a redução da sua carga de sedimentos mais pesados (areia), o que implica a recuperação das matas ciliares dos rios que formam estuários e de seus tributários.

3.5.2 LAGOAS COSTEIRAS, DUNAS E RESTINGAS

Lagoas costeiras, dunas e restingas também tendem a ser impactadas. Além do dinamismo mais acentuado da costa, com a incidência maior de ressacas, marés de tempestade e até mesmo ciclones (região Sul), as lagoas costeiras podem ficar mais aquecidas com o aumento da temperatura, com efeitos negativos sobre a biota.

Entretanto, novas restingas e lagoas poderão se formar, com o desenvolvimento de comunidades bióticas pioneiras.

3.5.3 RECIFES DE CORAL

Os corais são sensíveis a pequenos aumentos na temperatura da água do mar e à acidez causada pela absorção de CO₂ pelos oceanos. O principal impacto já documentado é o branqueamento” (*bleaching*) dos recifes de coral com a perda da alga simbiote, devido ao aumento da temperatura e da acidez das águas marinhas. Esse processo, que ficou bastante conhecido no Caribe (PARMESAN, 2006), também ocorre no Brasil. Estudos detectaram que anomalias térmicas de apenas 0,25º C por duas semanas no litoral norte da Bahia e 0,5º C em Abrolhos causaram branqueamento em 10% dos corais (LEÃO; KIKUCHI; OLIVEIRA, 2008a, 2008b).

Tem sido também documentado um movimento na área de ocorrência de corais e de algumas espécies de peixes em direção a maiores latitudes (PARMESAN, 2006), ao mesmo tempo que aqueles localizados em águas mais quentes deverão sofrer pelo aquecimento adicional.

O aumento da temperatura das águas deve continuar a causar branqueamento dos corais e sua migração para áreas de maior latitude. Entretanto, o aumento da acidez pode diminuir a capacidade de crescimento dos recifes para acompanhar a elevação do nível do mar.

3.6 SÍNTESE DA VULNERABILIDADE DOS ECOSISTEMAS À MUDANÇA DO CLIMA

A Tabela 3 representa a síntese dos elementos que compõem a vulnerabilidade dos ecossistemas à mudança do clima. Os fatores de mudança do clima considerados para os ecossistemas terrestres foram a variação nas médias de temperatura e precipitação, e a estimativa do impacto sobre meses secos.

Fatores de sensibilidade incluíram a extração de madeira e a fragmentação, no caso de ecossistemas terrestres, e a elevação do nível do mar para ecossistemas costeiros. No caso de recifes de coral, a acidificação e a temperatura das águas marinhas são importantes. A vulnerabilidade em 2050 foi estimada, no caso de ecossistemas terrestres, em termos do aumento de focos de incêndio e estresse hídrico, entre outros fatores. No caso dos ecossistemas costeiros, pode haver morte por afogamento e falta de áreas de migração em alguns locais. No caso dos recifes de coral, a principal vulnerabilidade é o aumento do “branqueamento”.

A Tabela 3 também apresenta a tendência de mudanças das várias fitofisionomias, em termos de sua área de cobertura, deslocamento da área de ocorrência e grau de cobertura arbórea (ecossistemas terrestres).

Tabela 3: Resumo da Análise de Vulnerabilidade com relação à Ecossistemas Terrestres Costeiros e Marinhos.

Ecossistema	Bioma	Solos	Exposição			Sensibilidade		Vulnerabilidade 2050			Tendência de mudança
			T°C	Precip.	Meses secos	Clima (meses secos)	Outros fatores	Estresse hídrico	+ incêndios (focos de calor)	Outros	
Terrestres											
Floresta Ombrófila	Amazônia	Distróficos/eutróficos	+	-	+	Até 4 meses	Extração de madeira Fragmentação	Sim	Sim	Aumento na mortalidade de árvores	Redução da área de cobertura na região leste da Amazônia
Floresta Ombrófila	Mata Atlântica – Norte	Distróficos/eutróficos	+	-	+	Até 4 meses	Extração de madeira Fragmentação	Sim	Sim	Aumento na mortalidade de árvores	Redução da área de cobertura
Floresta Ombrófila	Mata Atlântica – Sul	Distróficos/eutróficos	+	+	-	Até 4 meses	Extração de madeira Fragmentação	Não	Não		Não
Floresta Estacional Semidecidual	Transições – Norte	Distróficos/eutróficos	+	-	+	4-6 meses	Fragmentação	Sim	Sim	Aumento na mortalidade de árvores	Deslocamento e expansão
Floresta Estacional Decidual	Cerrado	Álicos/distróficos/eutróficos	+	-	+	4-6 meses	Fragmentação	Sim	Sim	Aumento na mortalidade de árvores	Redução na área de cobertura com savanização
Floresta Estacional Decidual	Mata Atlântica	Álicos/distróficos/eutróficos	+	+	-	4-6 meses	Fragmentação	Não	Não		Não
Floresta Mista araucária)	Mata Atlântica – Sul	Álicos/distróficos/eutróficos	+	+	-	Até 4 meses	Fragmentação	Não	Não		Expansão potencial da área de cobertura
Savana	Cerrado	Álicos/distróficos	+	-	+	Até 6 meses	Fragmentação	Sim	Sim	Aumento na mortalidade de árvores	Expansão e deslocamento da área de cobertura

Ecossistema	Bioma	Solos	Exposição			Sensibilidade		Vulnerabilidade 2050			Tendência de mudança
			T°C	Precip.	Meses secos	Clima (meses secos)	Outros fatores	Estresse hídrico	+ incêndios (focos de calor)	Outros	
Redução da cobertura arbórea											
Savana-estépica	Caatinga	Eutróficos	+	-	+	6 + 3 meses	Fragmentação Desertificação	Sim	Sim	Aumento mortalidade árvores	na de Redução/ deslocamento
Estepe	Pampa	Eutróficos	+	+	3 meses frios e 1 mês seco	3 meses frios ⁸ e 1 mês seco	Pastejo	Não	Não		Maior arborização e possível expansão de florestas
Costeiros/marinhos											
Manguezal/apicum	Mata Atlântica – Norte	n/a	+	-		Temperatura mínima de 15°C Elevação do nível do mar	Desmatamento Áreas para expansão	Sim	Não		Penetração no continente com mais apicum
Manguezal/apicum	Mata Atlântica – Sul	n/a	+	+		Temperatura mínima de 15°C Elevação do nível do mar	Desmatamento Áreas para expansão (ocupação humana e relevo)	Não	Não	Morte por afogamento Falta de áreas de migração em alguns locais	Penetração no continente e expansão ao sul, com mais mangue
Marismas	Mata Atlântica – Sul	n/a	+	+		Temperatura menores que 15°C Elevação do nível do mar	Desmatamento Áreas para expansão (ocupação)	Não	Não	Morte por afogamento Falta de áreas de migração em alguns locais	Retração para o sul

⁸ Temperatura média abaixo de 15°C

Ecossistema	Bioma	Solos	Exposição			Sensibilidade		Vulnerabilidade 2050			Tendência de mudança
			T°C	Precip.	Meses secos	Clima (meses secos)	Outros fatores	Estresse hídrico	+ incêndios (focos de calor)	Outros	
							humana e relevo)				
Praias, restingas e dunas	Mata Atlântica	n/a	+			Elevação do nível do mar	Áreas para expansão humana e relevo) Redução de sedimentos nos rios com barragens	n/a	n/a	Morte por afogamento Falta de áreas de migração em alguns locais	Deslocamentos
Recifes de coral	n/a	n/a	+	n/a	n/a	Elevação do mar Acidificação e aquecimento da água	Pesca e turismo	n/a	n/a	Branqueamento	Deslocamentos, redução da área de recifes de coral

3.7 INDICADORES PARA O VULNERABILIDADE DOS ECOSISTEMAS

A Tabela 3 resume uma lista de possíveis indicadores de exposição, sensibilidade, capacidade adaptativa e impactos/vulnerabilidade sobre a biodiversidade no nível ecossistêmico que podem auxiliar na gestão do PNA para o setor.

Tabela 4: Possíveis indicadores de exposição, sensibilidade, capacidade adaptativa e impactos sobre a biodiversidade no nível ecossistêmico.

Bioma	Exposição	Sensibilidade	Capacidade adaptativa dos ecossistemas	Impactos/vulnerabilidade
Todos os ecossistemas	Temperatura (média, máxima) Pluviosidade (média, dias sem chuva, eventos extremos) Número de meses secos			Área de abrangência das fitofisionomias
Amazônia		Suscetibilidade a incêndios Fragmentação	Evapotranspiração Crescimento durante eventos extremos	Mortalidade de árvores Focos de calor Desmatamento
Caatinga			Crescimento depois da seca	Áreas em desertificação
Mata Atlântica	Noites frias	Fragmentação		Mortalidade de árvores Focos de calor Desmatamento
Pampa	Temperatura mínima Meses frios Meses secos			Área antropizada Área de crescimento florestal
Pantanal	Nível das águas na cheia	Fragmentos em terras altas		Cobertura arbórea em paisagem natural Desmatamento
Zona Costeira e Marinha	Nível do mar Mudanças na linha da costa Temperatura das águas Acidez das águas Salinidade Vazão dos rios da ZC	Área de potencial expansão dos manguezais Matas ciliares nos rios da ZC Sedimentos nos rios da ZC	Novas áreas ocupadas por manguezais e outros ecossistemas	Área de manguezais e outros ecossistemas Área de recifes de coral Branqueamento de corais

A Tabela 4 resume uma lista de possíveis indicadores de exposição, sensibilidade, capacidade adaptativa e impactos sobre a biodiversidade no nível espécies que podem auxiliar na gestão do PNA para o setor.

Tabela 5: Possíveis indicadores de exposição, sensibilidade, capacidade adaptativa e impactos sobre a biodiversidade no nível de espécies.

Bioma	Exposição	Sensibilidade	Capacidade adaptativa	Impactos/vulnerabilidade
Todos as espécies	Temperatura (mínima, média, máxima) Pluviosidade (média, dias sem chuva, eventos extremos) Efeitos do clima sobre espécies-chave			Área de abrangência das fitofisionomias em que espécies são exclusivas
Espécies endêmicas	Deslocamento fitofisionomias	de Nicho climático Interações-chaves	Redistribuição da espécie	Mudança no grau de ameaça
Espécies ameaçadas	Deslocamento fitofisionomias	de Nicho climático Interações-chaves	Redistribuição da espécie	Mudança no grau de ameaça
Espécies domesticadas e parentes silvestres		Cultivo/criação	Produtividade Desempenho	Produtividade Desempenho

A Tabela 5 resume uma lista de possíveis indicadores de exposição, sensibilidade, capacidade adaptativa e impactos sobre a biodiversidade no nível da diversidade genética (espécies domesticadas e parentes silvestres) que podem auxiliar na gestão do PNA para o setor.

Tabela 6: Possíveis indicadores de exposição, sensibilidade, capacidade adaptativa e impactos sobre a biodiversidade no nível da diversidade genética.

Bioma	Exposição	Sensibilidade	Capacidade adaptativa	Impactos
Espécies domesticadas e parentes silvestres		Cultivo/criação	Produtividade Desempenho	Produtividade Desempenho

3.8 ESPÉCIES E POPULAÇÕES

Espécies é o segundo nível de biodiversidade de acordo com a definição da CDB. O surgimento e a extinção de espécies são parte da dinâmica natural da evolução. Entretanto, a mudança do clima deve acelerar a taxa de extinção, reduzindo a diversidade de espécies.

Estima-se que a riqueza de espécies do Brasil varie entre 10 a 20% da biodiversidade do mundo em diversos reinos e filos que abrangem microrganismos, plantas, vertebrados e invertebrados (BRASIL, 2006, 2010b)⁹. Assim, o impacto da mudança do clima na riqueza de espécies brasileira tem uma grande importância, não só para o País, mas para o mundo.

A mudança do clima pode influenciar as espécies diretamente ou de forma indireta. De forma direta, as condições de clima, como mudanças na temperatura e na precipitação podem prejudicar o desenvolvimento, reduzir a mobilidade, prejudicar taxas reprodutivas, aumentar a mortalidade, afetar a imunidade a doenças entre outros efeitos. Algumas espécies são sensíveis a baixas temperaturas, outras ao calor ou seca excessivos.

Os valores dos parâmetros climáticos em que as espécies têm melhor desempenho constituem seu nicho climático. Quanto menor o nicho climático, mais sensível é a espécie. Além dos parâmetros climáticos médios que influenciam as espécies, os eventos extremos podem ter impacto importante, especialmente as enchentes, e as secas prolongadas que favorecem a ocorrência de incêndios em ambientes onde os organismos não estão adaptados. A mudança do clima também vai afetar os micro-habitats das espécies, ou seja, onde o organismo vive no ecossistema, por exemplo, em habitats subterrâneos, no alto da copa das árvores ou dentro d'água (CLOSEL& KOHLSDORF, 2012).

No nível de espécies, as interações bióticas emergem como um fator de análise importante, já que as espécies ocorrem em comunidades bióticas, com muitas relações de interdependência. Segundo PARMESAN (2006), que revisou 866 trabalhos realizados em diversas partes do mundo, a maioria dos impactos observados da mudança do clima sobre a biodiversidade tem se registrado sobre a fenologia das espécies, que é o componente sazonal presente no seu ciclo de vidas, como por exemplo a época de floração, frutificação ou de perda de folhas, ou ainda a data de migração ou nascimento dos filhotes. Esse impacto é particularmente importante pois afeta a sincronia entre as espécies e suas fontes de alimentos, que com a mudança do clima, pode ser prejudicada (HARRINGTON *et al.* 1999, VISSER & BOTH, 2005, *apud* PARMESAN, 2006).

A mudança do clima vai influenciar as distribuições de espécies, embaralhar as comunidades, e alterar as interações bióticas, como predação, competição, dispersão, polinização, mutualismo, que vão influenciar as comunidades de forma inesperada e importante (HARLEY, 2011; HILLERISLAMBERS *et al.*, 2013). Isso será mais intenso em comunidades tropicais e, considerando o maior grau de especialização das espécies tropicais, o rearranjo das comunidades pode ter consequências mais graves para elas (SHELDON; YANG; TEWKSBURY, 2011).

Além disso, espécies, quando mudam sua área de ocorrência, podem ter seu deslocamento para a nova área retardado ou acelerado por outras espécies (HARLEY, 2011; HILLERISLAMBERS *et al.*, 2013). Também pode acontecer de uma espécie que não é sensível à mudança do clima ocorrida ser impactada por meio de uma espécie que é. A exposição a essas mudanças nas relações entre os seres vivos de um ecossistema é difícil de avaliar ou prever, exigindo monitoramento por vários anos.

⁹ Este valor é estimado a partir do valor médio da faixa de variação para o Brasil e para o mundo.

Estudos de modelagem da ocorrência/distribuição de espécies vem sendo documentados e são úteis para a definição de nichos climáticos (ver, por exemplo, ALEXANDRE; LORINI; GRELLE, 2014; PIE et al., 2013; ANACLETO; OLIVEIRA, 2014; GIANNINI et al., 2012; IHLOW et al., 2012; MARINI et al., 2010b, 2013; MEYER, 2013; SIMON et al., 2013; SIQUEIRA; PETERSON, 2003; SOARES-FILHO et al., 2003, 2006; SOUZA et al., 2011; VIEIRA; MENDES; OPREA, 2012; ZIMBRES et al., 2012; MEYER; PIE; PASSOS, 2014; LOYOLA et al., 2012; DE MARCO JÚNIOR; SIQUEIRA, 2009; OLIVEIRA; CASSEMIRO, 2013). No Brasil, são cada vez mais comuns os estudos que modelam os impactos da mudança do clima sobre as espécies, especialmente para grupos cuja distribuição é mais conhecida, como as aves (Ver, por exemplo, MARINI et al., 2009a, 2009b, 2010a) e morcegos (VIEIRA; MENDES; OPREA, 2012). Os estudos sobre modelagem de nichos climáticos para as espécies têm se concentrado no Cerrado e na Mata Atlântica. Em geral, mostram o movimento dos nichos climáticos em direção ao sul e a maiores altitudes, como seria de se esperar. No caso das espécies de Cerrado, essa direção ao sul é problemática, pois é justamente onde o bioma se encontra mais fragmentado.

O aumento das taxas de extinção de anfíbios tropicais na América do Sul e Central, chegando a 67% nos últimos 20-30 anos, é um dos mais notáveis impactos da mudança do clima registrados sobre as espécies, provavelmente devido a um fungo que é favorecido por noites mais quentes e menor nebulosidade (POUNDS *et al.* 2006, *apud* PARMESAN, 2006).

Há, no entanto, limitações para a modelagem de nicho climático, que depende da disponibilidade de um bom mapa de distribuição de espécies. Além disso, um número razoável de trabalhos argumenta que a modelagem de nichos climáticos precisa ser complementada com uma modelagem de fatores bióticos (ZARNETSKE; SKELLY; URBAN, 2012; BLOIS et al., 2013; HILLERISLAMBERS et al., 2013). Segundo DAWSON *et al.* (2011), os estudos que procuram prever os impactos da mudança do clima sobre a biodiversidade estão sendo desenvolvidos sobre uma base metodológica estreita, que precisa ser complementada por outras abordagens.

As espécies podem se adaptar à mudança do clima por meio das seguintes alterações: 1) alteração da área de ocorrência (expansão, retração ou deslocamento); 2) persistência na área de ocorrência atual com mudança de micro-habitat; e 3) mudança no fenótipo, fenologia ou comportamento (mudança da fonte de alimento, mudança da época de floração ou da perda de folhas, exploração de microambientes mais amenos, mudança do horário de atividade durante o dia, mudança da época de migração, etc.).

A fragmentação da paisagem geralmente representa um desafio para a movimentação das espécies induzida pela mudança do clima. Num contexto de mudanças climáticas, em paisagens naturais fragmentadas, somente a capacidade de dispersão não é suficiente: é preciso haver habitats adequados dentro do raio de dispersão das espécies (VALE; ALVES; LORINI, 2009)

Em um esforço de síntese podemos apontar que os principais impactos da mudança do clima sobre as espécies e populações serão mudanças: 1) na fenologia, 2) nas interações bióticas, 3) nas taxas de extinção e 4) e nas distribuições das espécies.

3.9 DIVERSIDADE GENÉTICA

O nível da diversidade genética é talvez o nível da biodiversidade mais difícil de ser avaliado em nosso grau de conhecimento atual, mas há trabalhos que estudam o impacto da mudança do clima sobre o genoma (PARMESAN, 2006 faz uma revisão interessante). Este conhecimento é importante tanto pelos benefícios que gera (por exemplo, para o desenvolvimento de produtos, melhoramento genético e para a biotecnologia) como pelo conhecimento da capacidade adaptativa das espécies.

A diversidade genética vem sendo exposta à mudança do clima. A sensibilidade depende de como a espécie em si é afetada, uma vez que a redução drástica da abundância da espécie pode trazer problemas de diversidade. Entretanto, certas características genéticas podem se tornar menos viáveis com a mudança do clima, enquanto outras podem ser favorecidas.

Uma das formas de se entender como a mudança do clima afetará o genótipo das espécies é olhar para o passado evolutivo, quando mudanças no clima, ao mesmo tempo que propiciaram os processos de especiação e diversificação provocaram a extinção de muitas espécies e reduziram sua diversidade genética, sem que isso tenha se recuperado (ALEIXO et al., 2010).

Um importante aspecto da biodiversidade genética tem relação com a diversidade nas espécies domesticadas e de seus parentes silvestres, que representam uma fonte de variabilidade genética capaz de fornecer material para melhoria da capacidade adaptativa na agropecuária, mas cuja viabilidade pode ser fortemente impactada. Da mesma forma, o conhecimento tradicional associado está sendo e será confrontado com novas condições ecológicas, o que pode ameaçar sua habilidade de produzir resultados locais, afetando sua própria sobrevivência.

A diversidade genética é, em si uma capacidade de adaptação às mudanças ambientais e é favorecida por uma série de mecanismos biológicos. Entretanto, diante das mudanças projetadas para os ecossistemas, resultado da mudança do clima e das mudanças de uso da terra, a diversidade genética estará em cheque. Para prevenir a perda da diversidade genética, populações de cada espécie devem ser mantidas em tamanho viável (que varia de uma espécie para outra), o que implica na conservação de um território favorável em tamanho mínimo. A área necessária para assegurar a sobrevivência de uma população viável (ao menos 500 adultos reprodutivos) de onças-pardas, em longo prazo, é de 31.250 km², e para onças-pintadas, 21.186 km² (OLIVEIRA, 1994 *apud* BEISIEGEL, 2009). Dessa forma, a manutenção de grandes áreas conservadas é importante para manter a diversidade de algumas espécies, tais como grandes predadores e árvores raras.

O processo de perda da diversidade genética como resultado da mudança do clima não parece estar bem documentado no Brasil, onde os estudos, ainda incipientes, se concentram nos níveis de ecossistemas e de espécies. Entretanto, nos processos onde as populações das espécies foram drasticamente reduzidas pela perda de habitat, a perda da diversidade genética também ocorreu.

4 SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS E ADAPTAÇÃO COM BASE ECOSISTÊMICA (ABE)

4.1 SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

Os ecossistemas apresentam funções, que são o resultado da interação constante entre seus elementos estruturais, tais como a transferência de energia, a ciclagem de nutrientes, a regulação

climática (DALY; FARLEY, 2004; ROMEIRO, 2009), e criam uma integridade sistêmica dentro dos ecossistemas, de tal forma que o todo é maior que a soma das partes (DE GROOT; WILSON; BOUMANS, 2002). De Groot (1986) propôs que o valor dos ecossistemas pode ser definido em termos das funções desempenhadas pelos ambientes naturais: funções de regulação, suporte, produção e informação.

O conceito de funções ecossistêmicas é relevante porque elas estão associadas com os “serviços ecossistêmicos”, que são os benefícios diretos ou indiretos obtidos pelos seres humanos a partir dos ecossistemas (COSTANZA et al., 1997; *ibid.*, citing DAILY, 1997; DE GROOT; WILSON; BOUMANS, 2002; MEA, 2003). Isto é, uma função ecossistêmica passa a ser considerada um serviço ecossistêmico quando ela é ou tem o potencial de ser utilizada para o benefício humano (HUETING et al., 1998). Ao mesmo tempo, separar os conceitos de função e serviço é interessante para uma compreensão a valorização de processos que não têm benefício econômico, mas que são importantes para outras espécies.

Tal qual De Groot propôs para as *funções ecossistêmicas* em 1986, a Avaliação Ecosistêmica do Milênio propôs em 2005 que os serviços ecossistêmicos são fornecidos direta e indiretamente pelos ecossistemas, providos pelas funções ecossistêmicas (MEA, 2005), classificados de serviços de provisão, serviços de regulação, serviços culturais, serviços de suporte. A Figura 1 ilustra como os serviços de provisão, regulação e culturais são baseados nos serviços de suporte.

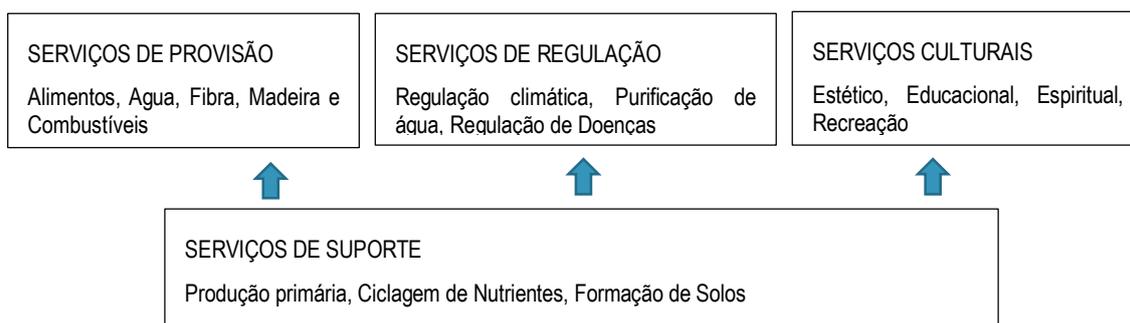


Figura 2: Diagrama mostrando as categorias de serviços ecossistêmicos

Os principais serviços ecossistêmicos que podem ser utilizados para adaptação à mudança do clima, e os setores beneficiados são resumidos na Tabela 4.

De acordo com o PNA,

Os serviços [ecossistêmicos] que se relacionam com a redução da vulnerabilidade a mudança do clima são principalmente os de suporte e regulação. Eles podem contribuir com a adaptação a mudança do clima em quase todos os setores e atividades econômicas, contribuindo para a construção do conceito de Adaptação baseada em Ecossistemas

Tabela 7: Principais serviços ecossistêmicos que podem ser utilizados para adaptação à mudança do clima e os setores beneficiados (adaptada do PNA).

Elemento da biodiversidade	da	Serviço Ecossistêmico	Efeito	Setores
Ecossistemas de Florestas e Formações Vegetais Nativas		Regularização do ciclo hidrológico	Conservação da quantidade e qualidade da água; Auto regulação da dinâmica de fluxos hidrológicos (Redução da vulnerabilidade dos Recursos Hídricos)	Atividades econômicas dependentes de recursos hídricos como: geração de energia, agricultura, indústria, transportes aquaviários, turismo; desenvolvimento urbano Bem-estar humano: saúde, segurança hídrica e alimentar, populações vulneráveis
		Preservação de margens		
		Filtro contra sedimentos e poluentes		
		Provisão de serviços climatológicos		
		Controle da variação dos fluxos das vazões	Redução de enchentes	Redução de riscos de desastres, Desenvolvimento urbano, Saúde, Populações vulneráveis
		Aumento da permeabilidade da bacia		
		Redução da exposição do solo nu	Minimização de erosão e riscos de deslizamento em áreas declivosas	Redução de riscos de desastres, desenvolvimento urbano; populações vulneráveis
	Proteção de terras secas por vegetação típica semiárida	Minimização de desertificação	Agricultura, e segurança alimentar, populações vulneráveis	
	Serviços climatológicos em áreas urbanas	Minimização do efeito de ondas de calor Amenização de aumento da temperatura e redução dos efeitos de ilhas de calor urbanas	Desenvolvimento urbano, populações vulneráveis, saúde, bem-estar	
	Conservação de espécies	Manutenção dos processos ecossistêmicos	Biodiversidade e todos os setores econômicos que dependem direta e indiretamente de serviços ecossistêmicos	
Indivíduos da fauna e flora		Polinização	Viabilidade de cultivos e da reprodução de espécies silvestres	Agricultura; segurança alimentar, indústria, populações vulneráveis; biodiversidade
		Diversidade de recursos genéticos	Manipulação genética de espécies de interesse comercial Diversificação de dietas	Segurança alimentar; Populações vulneráveis
		Espécies vetores e reservatórios silvestres de doenças	Exposição de Populações Humanas	Saúde; Bem-estar humano, Populações vulneráveis
Manguezais		Proteção da região costeira;	Redução da vulnerabilidade ao aumento do nível do mar,	

Elemento da biodiversidade	Serviço Ecossistêmico	Efeito	Setores
	Controle da flutuação da vazão de rios na região costeira e estuários;	tempestades marinhas e eventos extremos	Redução de riscos de desastres, Desenvolvimento urbano, Indústria, Infraestrutura costeira e de transporte. Recorte territorial da Zona Costeira
	Controle de processos erosivos e movimentação da linha de costa		
	Viveiros e conservação da biodiversidade marinha	Conservação de estoques pesqueiros	Segurança alimentar, Aquicultura, Populações vulneráveis Recorte territorial da Zona Costeira
Corais	Proteção da região costeira	Redução da vulnerabilidade a tempestades e eventos extremos marinhos e costeiros	Redução de riscos de desastres, Ordenamento urbano, Indústria, Infraestrutura costeira e de transporte. Recorte territorial da Zona Costeira
	Viveiros e conservação da biodiversidade marinha	Conservação de estoques pesqueiros	Segurança alimentar, Aquicultura, Populações vulneráveis Recorte territorial da Zona Costeira

4.2 ADAPTAÇÃO COM BASE ECOSISTÊMICA

O PNA foi elaborado com base em uma série de princípios, e entre eles está o princípio 8:

*8. Promover e integrar a metodologia de **Adaptação baseada em Ecossistemas**¹⁰ transversalmente nos setores para o uso dos serviços ecossistêmicos como estratégia alternativa de adaptação.*

Nesta seção, discute-se como a AbE pode contribuir para o PNA.

4.2.1 DEFINIÇÕES DE ABE

Neste trabalho, dialoga-se especialmente com a definição de AbE adotada pelo trabalho de referência do MMA, desenvolvido pela Fundação Boticário (FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO, 2014) e a definição de AbE disponibilizada no próprio PNA. Entretanto, há outras definições na literatura e alguns exemplos são:

... abordagens de adaptação baseada em ecossistemas (ABE), que integram o uso da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos numa estratégia ampla de ajudar as pessoas a adaptarem aos impactos adversos da mudança do clima. ABE inclui o manejo sustentável, conservação e restauração de ecossistemas e recursos naturais para prover

¹⁰ Nossa ênfase.

serviços que ajudam as pessoas a se adaptarem à incerteza, variabilidade e mudança climática. (REID, 2011).

Adaptação com base ecossistêmica, usa a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos dentro de uma ampla estratégia de adaptação. Ela inclui o manejo sustentável, conservação e restauração de ecossistemas para prover serviços que ajudam as pessoas a se adaptarem aos efeitos adversos da mudança climática (UNFCCC/SBSTA, 2013).

Adaptação com base Ecossistêmica (ABE) é uma abordagem emergente de desenvolvimento que integra a conservação do ecossistema com práticas de base comunitária para produzir bens e serviços sustentáveis (Sterrett, 2011, apud NANDY; AHAMMAD, 2012).

ABE trata do papel dos serviços ambientais na redução da vulnerabilidade de sociedades dependentes em recursos naturais à mudança do clima numa abordagem multisetorial e multiescala (Vignola et al. 2009). Ou seja, ABE pode ser definida como medidas usando bens e serviços ambientais para adaptação da sociedade (WERTZ-KANOUNNIKOFF et al., 2011).

A Fundação Grupo Boticário (2014), que é uma das referências principais deste trabalho, adotou a definição de Travers *et al.* (2012), segundo a qual adaptação com base em ecossistemas é o

uso dos serviços ecossistêmicos e da biodiversidade como parte de uma estratégia de adaptação ampla para auxiliar as pessoas e as comunidades a se adaptarem aos efeitos negativos das mudanças climáticas em nível local, nacional, regional e global (TRAVERS et al., 2012, p. 8).

Esta definição implica que AbE é:

1. *Parte de uma estratégia holística:* Serviços ecossistêmicos e da biodiversidade são parte de uma estratégia de adaptação mais ampla, não sendo aplicados isoladamente.
2. *Orientada com foco nas pessoas e comunidades:* Há um foco em pessoas e comunidades, sem um foco específico em setores da economia e da sociedade, ou empresas.
3. *Multi-escala:* Trata-se da adaptação aos efeitos negativos das mudanças climáticas em nível local, nacional, regional e global.

O segundo ponto (foco em comunidades) revela um viés devido à origem da AbE, que evoluiu como prática a partir da Adaptação com base Comunitária (PÉREZ; FERNÁNDEZ; GATTI, 2010), preservando os princípios e vieses voltados ao trabalho com comunidades no uso de serviços ecossistêmicos e da biodiversidade para adaptação. Por exemplo, no maciço Chingaza nos ecossistemas de altitude da Colômbia, foram utilizadas abordagens comunitárias, como “planos de vida de adaptação”, que são “processos documentados e iniciativas formais socioparticipativas em torno da adaptação à mudança do clima”, juntamente com a recuperação da vegetação e sistemas agroflorestais (PÉREZ et al., 2010). Entretanto, caso se tratasse de uma região de agroempreendimentos ou indústrias, serviços ecossistêmicos e a biodiversidade também poderiam ser usados para a adaptação.

Como resultado desse histórico da evolução do conceito, os guias, roteiros e revisões muitas vezes preservam esse viés. Por exemplo, os casos citados e os trabalhos que foram revisados para a publicação da Fundação Grupo Boticário para a Fundação Grupo Boticário (FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO, 2014) também tratam de projetos locais, com foco comunitário, que tanto podem ser classificados como de AbE como de Adaptação com base Comunitária (AbC). Assim, no levantamento desenvolvido, a publicação propõe os seguintes critérios para o reconhecimento de *projetos de AbE*:

Envolver uso da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos com ações de conservação, recuperação e/ou gestão de ecossistemas;

Objetivar medidas de adaptação para pessoas e comunidades;

Aplicar lentes climáticas, preferencialmente conduzindo estudos de avaliação de vulnerabilidade e envolver processos participativos de múltiplos atores.

A partir desses critérios, também se verifica a aproximação de AbE com AbC na abordagem utilizada. A Tabela 4 apresenta os projetos de AbE selecionados pela Fundação Grupo Boticário como melhores práticas.

No âmbito de projetos e na busca por experiências *com foco comunitário*, os critérios se justificam, mas não no caso de grandes políticas públicas, como a Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei 12.251/2012) ou a Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei 9.985/2000), ou de iniciativas como a do Programa Áreas Protegidas da Amazônia (ARPA) ou do Cadastro Ambiental Rural (CAR), que, apesar de não atenderem aos três critérios utilizados pela Fundação Grupo Boticário são fundamentais na promoção dos serviços ecossistêmicos e da biodiversidade na adaptação à mudança do clima.

Tabela 8: Projetos de AbE¹¹.

Nome do Projeto	Critérios para ser considerado AbE
Adaptação baseada em Ecossistemas em Regiões Marinhas, Terrestres e Costeiras - Brasil - (B.01)	Lente climática, Avaliação de vulnerabilidade; identificação de medidas de adaptação; processo participativo.
CARPVIA project: Carpathian integrated assessment of vulnerability to climate change and ecosystem-based adaptation measures – Europa (E.01)	Lente climática. Estudos de Avaliação da vulnerabilidade; identificação e avaliação de medidas de adaptação, análises de custo-benefício, inventário de dados e análise de lacunas de informação, consulta a partes interessadas e sistema de conhecimento apoiado na Web com informações sobre a vulnerabilidade dos recursos hídricos, de sistemas de produção baseados em ecossistemas e em medidas de AbE.
Plano Nacional Integrado de Adaptação (INAP), Colômbia – América Latina e Caribe (ALC.04)	Lente climática. Identificação dos serviços dos ecossistemas mais vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas e a relação destes serviços com a estrutura e função dos ecossistemas. Processo participativo das comunidades locais.

¹¹ Estes projetos foram considerados melhores práticas em AbE pela Fundação Grupo Boticário no relatório Adaptação Baseada em Ecossistemas: Oportunidades para políticas públicas em mudanças climáticas (2014).

Nome do Projeto	Critérios para ser considerado AbE
Tonle Sap (AS.12)	Lente climática. Análise de cenários de mudanças climáticas para determinar que áreas dos ecossistemas da região teriam maior propensão a inundações no futuro. Processo participativo com a comunidade de forma a encorajar a busca por novas fontes de renda.
Lidando com a seca e a mudança do clima no distrito de Chiredzi (Zimbabwe) (AF.11)	Lente climática. Monitoramento climático e análise das bacias hidrográficas para apoiar a iniciativa de adaptação à seca baseada nas comunidades. Plano de gestão de captação de água, técnicas de agricultura sustentável e gestão dos recursos naturais.
Building Interactive Decision Support to Meet Management Objectives for Coastal Conservation and Hazard Mitigation on Long Island, New York, USA (AN.07)	Lente climática. Construção de um banco de dados espacial e um aplicativo de mapas interativo para fornecer apoio a decisões acerca de conservação e diminuição de riscos climáticos. Construção de um website (www.coastalresilience.org/) que explica a abordagem, os métodos e as estratégias de AbE. Identificação de alternativas viáveis para a redução de perdas e da vulnerabilidade das comunidades costeiras (pessoas e ecossistemas).
Kimbe Bay (Papua Nova Guiné): Desenho científico de uma rede resiliente de áreas marinhas protegidas (OC.02)	Lente climática. Planejamento de uma rede de Áreas de Proteção Marinha visando conservar a biodiversidade marinha e os recursos naturais e atender a necessidade de gestão desses recursos, de forma a assegurar a continuidade da prestação de serviços ecossistêmicos. Consultas às comunidades locais para incorporação das propostas da sociedade.

Portanto, a definição de AbE e os critérios que têm sido adotados criam a falsa impressão de que o uso de serviços ecossistêmicos e da biodiversidade para adaptação, diferente de outras formas de adaptação, é sempre local e voltado a comunidades, quando o seu potencial é mais amplo.

4.2.2 RECOMENDAÇÕES DE ABE NO PNA

No PNA, AbE aparece de forma mais detalhada na seção 5 do Capítulo de Biodiversidade, como parte da análise da relação entre Biodiversidade e outros setores. O PNA faz as seguintes recomendações:

1. *O conceito de AbE deve ser incorporado pelos tomadores de decisão nos setores identificados.*
2. *Ações e projetos de AbE e serviços ecossistêmicos devem ser integrados às ações, planos, estratégias e políticas públicas entre os setores, especialmente os mais vulneráveis e os que se beneficiam de serviços ecossistêmicos.*
3. *Desenvolver ferramentas de avaliação econômica e modelagem para estratégia de AbE para auxiliar no processo de tomada de decisão.*
4. *Elaborar ou adaptar políticas públicas efetivas com incentivos econômicos para opções por AbE.*
5. *Priorizar medidas de adaptação que geram benefícios ambientais, econômicos e ou sociais, independente das incertezas atreladas às previsões.*

6. *Desenvolver oportunidades de financiamento, e divulgar fundos existentes. Revisão da legislação visando incentivos econômicos (ICMS ecológico, compensação ambiental entre outros). Estimular a inclusão de AbE nos editais de agências de fomento pesquisa, assim como em fundos governamentais.*

Os capítulos do PNA recomendam 66 medidas de adaptação¹², sendo 24 medidas de AbE e três medidas de adaptação potencialmente conflitivas com a integridade dos ecossistemas e conservação da biodiversidade. Além do capítulo de Biodiversidade e Ecossistemas, os capítulos de Agricultura e de Segurança Alimentar e Nutricional foram os que mais citaram medidas que podem ser consideradas ABE. Todos os capítulos, exceto o de Infraestrutura, citam medidas de AbE¹³ (Tabela 6). Alguns capítulos não recomendaram muitas medidas, sejam de AbE ou não, e tiveram seus textos mais focados na descrição setorial, no diagnóstico de vulnerabilidades ou em políticas e estratégias mais amplas.

As medidas de AbE mais comumente citadas, com três ou mais capítulos recomendando, foram:

- Proteção e recuperação da vegetação de APPs¹⁴, Reservas Legais e matas ciliares
- Recuperação de áreas degradadas, ambientalmente frágeis e de mananciais
- Transição agroecológica, produção orgânica e de base agroecológica, e sistemas agroflorestais
- Preservação e valorização da agrobiodiversidade, implantação de bancos de sementes crioula e diversificação produtiva

As medidas citadas por mais de um capítulo estão listadas na Tabela 7. Conforme a Tabela 7, entre as 23 medidas de AbE, 12 foram citadas por dois ou mais capítulos setoriais. A **proteção e a recuperação da vegetação de APPs, de Reservas Legais, e matas ciliares no geral**¹⁵, são as medidas mais abrangentes e garantidoras de serviços ecossistêmicos nas regiões mais ocupadas do País. A **transição agroecológica, produção orgânica e de base agroecológica, e sistemas agroflorestais, e a preservação e valorização da agrobiodiversidade, implantação de bancos de sementes crioula, e diversificação produtiva** serão importantes tanto para a produção de serviços ecossistêmicos como para a adaptação da agricultura à MC, diminuindo sua sensibilidade e favorecendo sua capacidade de adaptação.

¹² As **medidas de adaptação do PNA** foram identificadas numa planilha (“PNA – Vulnerabilidades e Medidas de Adaptação”, em anexo) com base na leitura de todos os capítulos setoriais, sendo localizadas não somente nas respectivas seções de recomendações, mas também no restante do texto. Não foi possível uma identificação das medidas por vulnerabilidade, uma vez que os capítulos não fazem, em geral, essa correspondência.

¹³ Segundo a análise de transversalidade realizada no PNA, “ampliar as iniciativas de pesquisa para identificação, quantificação e valoração de serviços ecossistêmicos para fins de implementação de metodologias de AbE” está presente nos setores de Agricultura, Desastres, Cidades, Saúde, Povos e Populações Vulneráveis (cinco dos 11 setores do Plano), além de Biodiversidade. Assim, a análise deste trabalho identificou mais capítulos com AbE do que apontado no próprio PNA.

¹⁴ Nesta seção, destacam-se as medidas AbE por meio de negrito.

¹⁵ Enquanto a definição de APP é um conceito legal, o conceito de mata ciliar, embora sobreposto, é técnico, e uma mata ciliar pode ou não se sobrepor à APP.

Tabela 9: Número de medidas de adaptação propostas pelos capítulos do PNA e sua relação com a biodiversidade.

Medidas			Total
ABE			25
Não AbE			41
Potencialmente negativas para a biodiversidade			3
Setor	Medidas ABE	Medidas Não-ABE	Total
Agricultura	7	7	14
Biodiversidade e Ecossistemas	8	3	11
Cidades	2	10	12
Desastres Naturais	2	2	4
Indústria e Mineração	1	1	2
Infraestrutura (Energia*, Transportes e Mobilidade Urbana)	0	1	1
Povos e Comunidades Vulneráveis	4	11	14
Recursos Hídricos	4	7	11
Saúde	0	3	3
Segurança Alimentar e Nutricional	12	1	13
Zonas Costeiras	2	0	2

Por meio da **transição agroecológica, da produção orgânica e de base agroecológica, de sistemas agroflorestais, da preservação e valorização da agrobiodiversidade, da implantação de bancos de sementes crioula e diversificação produtiva** a agricultura passa a contribuir com a adaptação. A agricultura também pode contribuir por meio da **conservação de solo, com impacto sobre a produção de água, como plantio direto, a manutenção das APPs, promoção da conservação e aumento da infiltração em áreas de recarga dos aquíferos, entre outras.**

Implementar áreas protegidas, incluindo a proteção e regularização das terras indígenas, manter e aumentar a conectividade dos remanescentes de vegetação nativa, a redução do desmatamento e recuperação da vegetação nativa, e recuperar áreas degradadas, ambientalmente frágeis e de **mananciais** são medidas essenciais para a manutenção dos serviços ecossistêmicos, em especial, dos serviços relacionados com a estabilidade climática, a conservação dos recursos hídricos e da biodiversidade. Na **zona costeira e marinha, as unidades de conservação** também serão importantes para assegurar a produtividade da pesca e a conservação das espécies.

Tabela 10: Medidas de adaptação mais citadas pelos capítulos do PNA.

Medidas	ABE	No. de setores que recomendam
Proteção e recuperação da vegetação APPs, Reservas Legais, matas ciliares.	1	4
Transição agroecológica, da produção orgânica e de base agroecológica, sistemas agroflorestais, preservação e valorização da agrobiodiversidade, implantação de bancos de sementes crioula, diversificação produtiva.	1	3
Recuperar áreas degradadas, ambientalmente frágeis e de mananciais	1	3
Sistemas de produção sustentáveis	1	2
Sistemas diversificados e o uso sustentável da biodiversidade e dos recursos hídricos	1	2
Ações de contenção, redução e prevenção da desertificação e arenização	1	2
Mosaicos produtivos, baseados na interação de sistemas integrados de lavoura-pecuária-floresta, em áreas produtivas, florestadas, de vegetação nativa e corredores ecológicos	1	2
Implementar áreas protegidas e manter e aumentar a conectividade dos remanescentes de vegetação nativa	1	2
Redução do desmatamento, recuperação da vegetação nativa	1	2
Unidades de conservação costeiras e marinhas	1	2
Habitação regular, de qualidade e dotada infraestrutura e serviços urbanos básicos, para famílias de baixa renda		2
Produção de água de reuso		2
Desenvolvimento econômico e social, alinhado a práticas de uso sustentável do solo e obras de infraestrutura para acesso à água (semiárido nordestino)	1	2
Proteção e regularização das Terras Indígenas ¹⁶	1	2
Agente Comunitário de Saúde		2
Conservação de solo, favorecendo a integridade dos ecossistemas e a conservação de água, por meio de práticas como plantio direto, a manutenção das APP, promoção da conservação e aumento da infiltração em áreas de recarga dos aquíferos, entre outras.	1	2
Tratamento de efluentes		2
Total AbE	13	

No semiárido nordestino, será importante garantir o desenvolvimento econômico e social, alinhado a práticas de uso sustentável do solo e obras de infraestrutura para acesso à água¹⁷.

¹⁶ Terras indígenas (Tis) são consideradas áreas protegidas pela legislação nacional e vêm apresentando índices de conservação tão bons ou melhores que as unidades de conservação. A Política Nacional de Gestão Territorial e Ambiental das Terras Indígenas (PNGATI) procura consolidar esse papel importante das Tis na conservação da biodiversidade.

¹⁷ Consideramos essa medida AbE porque geralmente envolve o uso da biodiversidade para melhor adaptação às condições do semiárido.

Outras 11 medidas de AbE, citadas em apenas um capítulo também foram recomendadas pelo PNA:

- Agricultura:
 - Coleta, conservação e uso sustentável de recursos genéticos e de melhoramento vegetal e animal.
- Biodiversidade e Ecossistemas:
 - Ações de contenção, redução e prevenção da desertificação e arenização;
 - Prevenção de incêndios;
 - Redução da degradação das florestas por atividade madeireira;
 - Gestão pesqueira efetiva voltada a espécies associadas a corais, manguezais e estuários;
 - Conservar e recuperar áreas para o deslocamento de ecossistemas costeiros.
- Cidades:
 - Parques fluviais, recuperação de várzeas e renaturalização de fundos de vale.
- Desastres Naturais:
 - Medidas relacionadas à AbE (geral, foco em estudos).
- Indústria e Mineração:
 - Investimentos em serviços de ecossistemas (adaptação baseada em ecossistemas – AbE).
- Povos e Comunidades Vulneráveis:
 - Reabilitação e fortalecimento de conhecimentos agrícolas tradicionais.
- Segurança Alimentar e Nutricional:
 - Pagamento a famílias em situação de vulnerabilidade para manutenção de serviços ambientais (Bolsa Verde);
 - Melhorar a comercialização dos produtos da sociobiodiversidade.
- Zonas Costeiras:
 - Recuperação e proteção dos ecossistemas costeiros.

4.2.3 POTENCIAL DE ABE

A adaptação baseada em ecossistemas (AbE) é uma grande oportunidade associada com o desafio de adaptação à mudança do clima, pois não somente promove adaptação: na maioria das vezes, além da adaptação, as medidas contribuem para a mitigação da emissão de gases causadores da mudança do clima e para o desenvolvimento sustentável. Em geral, são medidas que já se justificam por outras razões, mas que, com a mudança do clima, tornam-se essenciais.

Grande parte das vulnerabilidades apontadas no PNA existiriam na ausência da mudança do clima, mas com ela, tornam-se críticas para a economia e a sociedade: desigualdade social, precariedade da ocupação urbana, mudança e degradação dos ecossistemas para a agricultura, uso insustentável da água, falta de saneamento e tratamento da água, desmatamento, degradação e fragmentação dos ecossistemas, destruição dos ecossistemas costeiros, etc. Com a mudança do clima, essas vulnerabilidades ficam exacerbadas, e grande parte delas poderia ser reduzida com medidas de AbE.

As evidências a favor de AbE estão se fortalecendo. Poucos estudos científicos foram realizados e mesmo estudos de caso são poucos, sem falar na falta de estudos que mostrem o valor de AbE em relação a outras formas de adaptação (Reid, 2011). Porém, como as medidas se justificam de toda forma, com inúmeros benefícios para a sociedade, não se deve esperar para implementar AbE: grande parte das medidas de AbE envolvem o plantio de árvores e a recuperação de ecossistemas, que levam tempo para se consolidar e prover os resultados esperados. Esperar pode gerar custos maiores para a sociedade.

A Adaptação baseada em Ecossistemas será vital na estratégia de adaptação do Brasil à mudança do clima. Para isso, precisa ser internalizada por todos os setores, e ser integrada de forma sistêmica no PNA.

5 ARRANJO INSTITUCIONAL

No Brasil, o arranjo institucional para a biodiversidade resulta de uma combinação de convenções internacionais, legislação nacional (federal, estadual e municipal), instâncias de coordenação e execução, parcerias, e políticas públicas e programas.

5.1 PRINCIPAIS CONVENÇÕES E ACORDOS INTERNACIONAIS RELACIONADOS COM BIODIVERSIDADE E ADAPTAÇÃO À MUDANÇA DO CLIMA

São três as principais convenções relacionadas com biodiversidade e adaptação à mudança do clima, que foram estabelecidas na mesma Conferência das Nações Unidas para Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) “Rio 92”:

- Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (CQNUMC ou UNFCCC)
- Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB)
- Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos das Secas (UNCCD)

Além dessas três convenções principais, os compromissos brasileiros relacionados com a biodiversidade e adaptação à mudança do clima estão expressos em uma série de objetivos e metas. Os principais acordos, convenções, objetivos e metas estão descritos a seguir:

5.1.1 CONVENÇÃO QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇAS DO CLIMA (CQNUMC)

A CQNUMC ou UNFCCC foi adotada na Rio 92 e foi ratificada por 195 países (partes da Convenção). A convenção reconhece as mudanças climáticas decorrentes do aquecimento da

atmosfera do planeta pelas alterações produzidas pelas atividades humanas que geram “gases de efeito estufa” (GEEs) (UNFCCC,).

5.1.2 NAMAS

No âmbito da UNFCCC, compromissos de redução de desmatamento foram expressos pelo Brasil em NAMAs (*National Appropriate Mitigation Actions*, ou Ações Apropriadas de Mitigação em Nível Nacional), em carta enviada à Convenção em 2010 (BRASIL, 2010a). Entre esses compromissos, está a redução de emissões de desmatamento na Amazônia (redução de 564 milhões de toneladas de CO₂eq em 2020) e no Cerrado (redução de 104 milhões de toneladas de CO₂eq em 2020), o que evitará uma sensibilidade maior desses biomas à mudança do clima.

5.1.3 CONVENÇÃO SOBRE DIVERSIDADE BIOLÓGICA (CDB)

A Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) é o arranjo de colaboração internacional assumido pelas nações para a

conservação da diversidade biológica, a utilização sustentável de seus componentes e a repartição justa e equitativa dos benefícios derivados da utilização dos recursos genéticos, mediante, inclusive, o acesso adequado aos recursos genéticos e a transferência adequada de tecnologias pertinentes, levando em conta todos os direitos sobre tais recursos e tecnologias, e mediante financiamento adequado (BRASIL/MMA, 1992).

A CDB foi ratificada por meio do Decreto Legislativo Nº 2, de 1994, que aprovou o texto da Convenção, e promulgada por meio do Decreto Nº 2.519, de 1998. A CDB é governada pela Convenção das Partes (ou *Convention of the Parties – COP*), que já se reuniu 12 vezes.

5.1.4 METAS DE AICHI E METAS BRASILEIRAS PARA A BIODIVERSIDADE 2020

Reunidas em Nagoya, no Japão, durante a sua 10ª Convenção, em 2010, as “partes” da CDB concordaram em trabalhar juntas para implementar 20 metas até 2020, chamadas de Metas de Aichi¹⁸. Em 2011, o Ministério do Meio Ambiente, em parceria com diversas Instituições ambientais, lançou a iniciativa "Diálogos sobre Biodiversidade: construindo a estratégia brasileira para 2020" (Resolução Conabio Nº 6/2013) para estabelecer, participativamente, as metas nacionais de biodiversidade relacionadas ao Plano Estratégico de Biodiversidade 2011-2020 da CDB (Metas de Aichi), com base numa publicação que avaliava o estado atual das Metas de Aichi no Brasil (UICN; WWF-BRASIL; IPÊ, 2011).

Com base nesses subsídios, a Comissão Nacional de Biodiversidade (Conabio) discutiu as metas nacionais e aprovou a versão final do texto das metas nacionais, expresso pela Resolução CONABIO Nº 06, de 03 de setembro de 2013. Várias das Metas Nacionais estão relacionadas com medidas que podem integrar o PNA. As principais são:

- *Meta Nacional 5: Até 2020 a taxa de perda de ambientes nativos será reduzida em pelo menos 50% (em relação às taxas de 2009) e, na medida do possível, levada a*

¹⁸ Aichi é a província do Japão cuja capital é a cidade de Nagoya.

perto de zero e a degradação e fragmentação terão sido reduzidas significativamente em todos os biomas.

- *Meta Nacional 7: Até 2020, estarão disseminadas e fomentadas a incorporação de práticas de manejo sustentáveis na agricultura, pecuária, aquicultura, silvicultura, extrativismo, manejo florestal e da fauna, assegurando a conservação da biodiversidade.*
- *Meta Nacional 9: Até 2020, a Estratégia Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras deverá estar totalmente implementada, com participação e comprometimento dos estados e com a formulação de uma Política Nacional, garantindo o diagnóstico continuado e atualizado das espécies e a efetividade dos Planos de Ação de Prevenção, Contenção, Controle.*
- *Meta Nacional 10: Até 2015, as múltiplas pressões antropogênicas sobre recifes de coral e demais ecossistemas marinhos costeiros impactados por mudanças de clima ou acidificação oceânica terão sido minimizadas para que sua integridade e funcionamento sejam mantidos.*
- *Meta Nacional 11: Até 2020, serão conservadas, por meio de unidades de conservação previstas na Lei do SNUC e outras categorias de áreas oficialmente protegidas, como APPs, reservas legais e terras indígenas com nativa, pelo menos 30% da Amazônia, 17% de cada um dos demais biomas terrestres e 10% de áreas marinhas e principalmente áreas de especial importância para biodiversidade e serviços ecossistêmicos, assegurada e respeitada a demarcação, regularização e a gestão efetiva e equitativa, visando garantir a interligação, integração e representação ecológica em paisagens terrestres e marinhas mais amplas.*
- *Meta Nacional 12: Até 2020, o risco de extinção de espécies ameaçadas terá sido reduzido significativamente, tendendo a zero, e sua situação de conservação, em especial daquelas sofrendo maior declínio, terá sido melhorada.*
- *Meta Nacional 13: Até 2020, a diversidade genética de microrganismos, plantas cultivadas, de animais criados e domesticados e de variedades silvestres, inclusive de espécies de valor socioeconômico e/ou cultural, terá sido mantida e estratégias terão sido elaboradas e implementadas para minimizar a perda de variabilidade genética.*
- *Meta Nacional 14: Até 2020, ecossistemas provedores de serviços essenciais, inclusive serviços relativos à água e que contribuem à saúde, meios de vida e bem-estar, terão sido restaurados e preservados, levando em conta as necessidades das mulheres, povos e comunidades tradicionais, povos indígenas e comunidades locais, e de pobres e vulneráveis.*
- *Meta Nacional 15: Até 2020, a resiliência de ecossistemas e a contribuição da biodiversidade para estoques de carbono terão sido aumentadas através de ações de conservação e recuperação, inclusive por meio da recuperação de pelo menos 15% dos ecossistemas degradados, priorizando biomas, bacias hidrográficas e ecorregiões*

mais devastados, contribuindo para mitigação e adaptação à mudança climática e para o combate à desertificação

- *Meta Nacional 18: Até 2020, os conhecimentos tradicionais, inovações e práticas de Povos Indígenas, agricultores e Comunidades Tradicionais relevantes à conservação e uso sustentável da biodiversidade, e a utilização consuetudinária de recursos biológicos terão sido respeitados, de acordo com seus usos, costumes e tradições, a legislação nacional e os compromissos internacionais relevantes, e plenamente integrados e refletidos na implementação da CDD com a participação plena e efetiva de povos Indígenas, agricultores familiares e comunidades tradicionais em todos os níveis relevantes*
- *Meta Nacional 19: Até 2020 as bases científicas, e as tecnologias necessárias para o conhecimento sobre a biodiversidade, seus valores, funcionamento e tendências, e sobre as consequências de sua perda terão sido ampliados e compartilhados, e o uso sustentável, a geração de tecnologia e inovação a partir da biodiversidade estarão apoiados, devidamente transferidos e aplicados. Até 2017 a compilação completa dos registros já existentes da fauna, flora e microbiota, aquáticas e terrestres, estará finalizada e disponibilizada em bases de dados permanentes e de livre acesso, resguardadas as especificidades, com vistas à identificação das lacunas do conhecimento nos biomas e grupos taxonômicos.*

5.1.5 CONVENÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O COMBATE À DESERTIFICAÇÃO E MITIGAÇÃO DOS EFEITOS DAS SECAS (UNCCD)

Junto com outros 192 países, o Brasil é signatário da Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos das Secas (UNCCD, sigla em Inglês). Esse compromisso estabelece padrões de trabalho e metas internacionais convergentes em ações coordenadas na busca de soluções qualitativas que atendam às demandas socioambientais nos espaços áridos, semiáridos e subúmidos secos. No Brasil, esses espaços estão entre os que serão mais expostos à mudança do clima.

5.1.6 OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS)

Um dos principais resultados da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+20), em 2012, foi o acordo de que os países membros da ONU deveriam elaborar e se comprometer com Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Esses objetivos estão sendo discutidos, e incluem os seguintes que estão relacionados com o PNA (**OPEN WORKING GROUP ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS, 2015**):

Objetivo proposto 13: Agir urgentemente para combater a mudança do clima e seus impactos.

Objetivo proposto 14. Conservar e utilizar sustentavelmente os oceanos, mares e os recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.

Objetivo proposto 15. Proteger, restaurar e promover a utilização sustentável dos ecossistemas terrestres, sustentavelmente gerir florestas, combater a desertificação, e parar e reverter a degradação da terra e interromper a perda de biodiversidade.

Para que esses três objetivos sejam alcançados, estratégias de adaptação serão necessárias.

5.2 LEGISLAÇÃO NACIONAL

O Brasil já possui um considerável desenvolvimento de governança na área de biodiversidade que pode ser utilizado para adaptação à mudança do clima, incluindo leis federais e estaduais:

5.2.1 MARCOS LEGAIS FEDERAIS PRINCIPAIS

Há dois marcos legais principais que tratam da conservação da biodiversidade nos níveis de ecossistemas, espécies e diversidade genética:

- **Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei Nº 12.651/12):** Estabelece as reservas legais (percentual das propriedades que precisa ser mantido com vegetação nativa), áreas de preservação permanente (áreas nas propriedades que, devido a suas funções de proteção dos recursos naturais, têm que ser mantidas conservadas e incluem as margens de rios, áreas ao redor de nascentes, encostas íngremes e topos de morros), e o Cadastro Ambiental Rural (CAR, que permite o controle dessas áreas nas propriedades e é utilizado para determinar a necessidade de recuperação de áreas).
- **Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei Nº 9.985):** Estabelece as categorias de unidades de conservação e suas finalidades.

Além disso, o **Mapa de Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira** (Portaria MMA no. 9, de 23 de janeiro de 2007) indica as áreas para ações de conservação, recuperação e manejo em termos de sua importância e urgência. A instância de aprovação do Mapa é a Comissão Nacional da Biodiversidade (Conabio), que reúne uma representação multisetorial da sociedade brasileira.

5.2.2 MARCOS LEGAIS ESTADUAIS

A Constituição Federal de 1988 estabelece que a gestão ambiental é competência comum da União, Estados e Municípios (Art. 24). A maioria dos Estados possui legislação que espelha as leis citadas acima, além de estabelecerem o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) que, no caso do Município, encontra seu equivalente no Plano Diretor.

Esses instrumentos legais federais e estaduais, embora ainda não incorporem a perspectiva de adaptação à mudança do clima, permitem a proteção do território de forma estratégica, favorecendo as medidas necessárias para diminuir ou evitar o aumento da sensibilidade da biodiversidade à mudança do clima, assim como favorecer sua capacidade de adaptação.

5.3 INSTÂNCIAS DE COORDENAÇÃO

O Ministério do Meio Ambiente (MMA) coordena as políticas relacionadas com a conservação da biodiversidade no âmbito nacional, apoiado por instâncias colegiadas, como o Conselho Nacional

do Meio Ambiente (Conama), que é o órgão consultivo e deliberativo para o SNUC, e a Comissão Nacional de Biodiversidade (Conabio), que é o órgão consultivo e deliberativo para o Mapa de Áreas Prioritárias para a Biodiversidade e para as Metas Nacionais de Biodiversidade. Nos Estados e nos Municípios, secretarias de meio ambiente e órgãos ambientais também são apoiados por instâncias colegiadas, como os conselhos estaduais e municipais de meio ambiente.

5.4 INSTÂNCIAS DE EXECUÇÃO, TRANSVERSALIDADE E PARCERIAS

No âmbito federal, as instâncias de execução das políticas relacionadas com a biodiversidade são o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), o Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade (ICMBio), o Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ) e o Serviço Florestal Brasileiro (SFB).

Entretanto, as ações muitas vezes envolvem vários órgãos e agências do governo, como a Fundação Nacional do Índio (Funai) e a Polícia Federal, no âmbito do Ministério da Justiça, as Forças Armadas, o Banco Central, o Ministério da Fazenda, Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação, Ministério do Desenvolvimento Agrário, Ministério do Desenvolvimento Social, entre outras. Empresas e bancos públicos também vêm contribuindo, como é o caso do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), da Caixa Econômica Federal, do Banco do Brasil, da Petrobras e da Embrapa, entre outros.

As parcerias são muito importantes na gestão da biodiversidade. Muitos projetos são financiados ou executados por organismos internacionais, cooperação bilateral e organizações não-governamentais. Nessas categorias, destacam-se, pelo volume de recursos e histórico, respectivamente, o Fundo Mundial para o Meio Ambiente (GEF), a Cooperação Alemã e o Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (Funbio), mas a lista seria bastante extensa além dessas organizações. Além disso, uma série de organizações e grupos locais, de base comunitária, são executores das ações ligadas à biodiversidade.

5.5 POLÍTICAS PÚBLICAS E PROGRAMAS

5.5.1 GESTÃO DA INFORMAÇÃO

O Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente (Sinima) é o instrumento responsável pela gestão da informação no âmbito do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), de acordo com a lógica da gestão ambiental compartilhada entre as três esferas de governo. Em relação à biodiversidade e adaptação à mudança do clima, os seguintes subsistemas são importantes:

- Portal da Biodiversidade – MMA/ICMBIO
- Sistema de Informação em Biodiversidade – SIB-BR/MCTI
- Sistema Nacional de Suporte a Tomada de Decisão – SINADE – MMA/MCTI

5.5.2 SISTEMAS DE MONITORAMENTO DA COBERTURA VEGETAL

- Sistemas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE):
 - **Prodes - Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite:** produz as taxas anuais de desmatamento na Amazônia Legal.

- **Deter – Detecção de Desmatamento em Tempo Real:** levantamento rápido de alertas de evidências de alteração da cobertura florestal na Amazônia, cujos dados são fornecidos ao Ibama até 5 dias após a obtenção da imagem e divulgados a cada três meses.
- **Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite (Ibama):** monitoramento sistemático da cobertura vegetal dos biomas Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal, a fim de quantificar desmatamentos de áreas com vegetação nativa. A última atualização disponível é de 2010, para o bioma Cerrado.
- **TerraClass (INPE e Embrapa):** Mapeamento do uso e cobertura da terra na Amazônia Legal para todas as áreas desflorestadas mapeadas pelo PRODES até o ano de 2012.
- **TerraClass Cerrado (MMA, Embrapa, Ibama e Inpe):** Mapeamento do uso e cobertura da terra no Cerrado.

5.5.3 POLÍTICAS

Além da Política Nacional sobre Mudança do Clima, as seguintes políticas nacionais estão relacionadas com biodiversidade e adaptação à mudança do clima:

- Plano Nacional de Áreas Protegidas (PNAP)
- Plano Nacional de Combate à Desertificação
- O Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAM)
- Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado)
- Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Caatinga (PPCaatinga)
- Política Nacional de Gestão Territorial e Ambiental de Terras Indígenas (PNGATI)

5.5.4 PROGRAMAS

Os principais programas e projetos federais relacionados com biodiversidade e adaptação à mudança do clima são:

- Programa Mata Atlântica
- Planos de ação para espécies ameaçadas
- Programa Áreas Protegidas da Amazônia (ARPA)
- Projeto Áreas Protegidas Marinhas e Costeiras (GEF-MAR)

5.5.5 MECANISMOS EXTRAORÇAMENTÁRIOS DE FINANCIAMENTO

As ações relacionadas com biodiversidade e adaptação à mudança do clima são financiadas por uma série de mecanismos extraorçamentários de financiamento, destacando-se os principais, em termos de volume de recursos:

- Fundo Clima
- Fundo Amazônia
- Projetos apoiados pelo Fundo Mundial para o Meio Ambiente (GEF)

5.5.6 POLÍTICAS PÚBLICAS RELACIONADAS COM ABE

Das 24 medidas de AbE recomendadas pelo PNA (ver seção 4.2.2), 14 foram apresentadas com políticas públicas relacionadas (Tabela 8). Ter políticas públicas relacionadas, porém, não quer dizer que essas políticas já tenham foco na mudança do clima. Significa que essas políticas devem ser avaliadas e revistas, se for o caso, e incorporadas como parte da estratégia de adaptação.

Tabela 11: Medidas AbE e políticas relacionadas.

Medidas	Políticas públicas relacionadas
Recuperar áreas degradadas, ambientalmente frágeis e de mananciais	Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV)
Bolsa verde: pagamento a famílias em situação de vulnerabilidade para manutenção de serviços ambientais	Programa Bolsa Verde
Transição agroecológica, da produção orgânica e de base agroecológica, sistemas agroflorestais, preservação e valorização da agrobiodiversidade, implantação de bancos de sementes crioula, diversificação produtiva.	Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica
Redução do desmatamento, recuperação da vegetação nativa	Planos de prevenção e combate ao desmatamento e queimadas, Código Florestal, Planos de Recuperação Ambiental
Prevenção de incêndios, redução da degradação das florestas por atividade madeireira	Planos de prevenção e combate ao desmatamento e queimadas
Prevenção de incêndios	
Melhorar a comercialização dos produtos da sociobiodiversidade	Plano Nacional de Promoção das Cadeias de Produtos da Sociobiodiversidade
Ações de contenção, redução e prevenção da desertificação e arenização	Plano Nacional de Combate à Desertificação
Sistemas de produção sustentáveis	Plano ABC
Mosaicos produtivos, baseados na interação de sistemas integrados de lavoura-pecuária-floresta, em áreas produtivas, florestadas, de vegetação nativa e corredores ecológicos	
Unidades de conservação costeiras e marinhas	GEF Mar, SNUC
Conservar e recuperar áreas para o deslocamento de ecossistemas costeiros	
Proteção e recuperação da vegetação APPs, Reservas Legais, matas ciliares.	Código Florestal
Implementar áreas protegidas e manter e aumentar a conectividade dos remanescentes de vegetação nativa	ARPA, SNUC, Código Florestal
Proteção e regularização das Terras Indígenas	Política Nacional de Gestão Territorial e Ambiental de Terras Indígenas (PNGATI)

A implementação do Código Florestal, dos Planos de prevenção e combate ao desmatamento e queimadas, do SNUC (incluindo ARPA e GEF Mar) e do Plano ABC são as políticas mais comumente citadas no PNA. Além disso, as seguintes medidas AbE recomendadas ficaram sem referência a

políticas públicas *dentro dos capítulos* – por isso, sugere-se as políticas relacionadas a cada uma (Tabela 8):

Tabela 12: Medidas de AbE e políticas públicas sugeridas revisar para ver se não existem outras políticas relacionadas

Medidas AbE sem referência a políticas públicas	Políticas públicas sugeridas
Sistemas diversificados e o uso sustentável da biodiversidade e dos recursos hídricos;	Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica, Plano ABC, Planos de prevenção e combate ao desmatamento e queimadas, Plano Nacional de Combate à Desertificação
Coleta, conservação e uso sustentável de recursos genéticos e de melhoramento vegetal e animal;	Lei de Acesso aos Recursos Genéticos e Repartição de Benefícios (Lei Nº 13.123/2015)
Gestão pesqueira efetiva voltada a espécies associadas a corais, manguezais e estuários;	GEF/Mar, Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (Lei Nº 7.661/1988), SNUC
Parques fluviais, recuperação de várzeas e renaturalização de fundos de vale;	SNUC, Código Florestal
Conservação de solo com impacto sobre a produção de água, como plantio direto, a manutenção das APP, promoção da conservação e aumento da infiltração em áreas de recarga dos aquíferos, entre outras.	Código Florestal, Plano ABC, Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica
Recuperação e proteção dos ecossistemas costeiros	Código Florestal, GEF Mar, Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (Lei Nº 7.661/1988),
Medidas relacionadas à AbE (geral, foco em estudos);	
Investimentos em serviços de ecossistemas (adaptação baseada em ecossistemas – AbE).	

Assim, as principais políticas de apoio a AbE, e que devem ser foco de avaliação e, se necessário, ajustes para integração de uma Estratégia de AbE, são:

- **Lei de Proteção da Vegetação Nativa e seus mecanismos de governança e pagamento por serviços ambientais:** A Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012 determina a conservação da vegetação nativa nas propriedades privadas, na forma de “Reserva Legal”, em percentuais que variam de 20 a 80%, de acordo com a região do país, e adicionalmente em áreas vulneráveis, como as nascentes, margens de rios, terrenos íngremes e topos de morros. A Lei também estabeleceu o Cadastro Ambiental Rural (CAR), um registro informatizado georreferenciado das propriedades e posses rurais, onde os ativos e passivos ambientais ficam registrados para acompanhamento do cumprimento da Lei pelos proprietários. O CAR também será a base para a compensação das obrigações de conservação da Reserva Legal em outras propriedades por diversos mecanismos, incluindo as Cotas de Reserva Ambiental (CRAs), que são títulos nominativos correspondentes a um hectare de vegetação nativa conservada ou em recuperação.
- **Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (Pnapo, Decreto Nº 7.794/2012) e Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (Planapo):** Pnapo e Planapo

procuram fortalecer a agricultura orgânica e as práticas agroecológicas no Brasil, aumentando a base de produtores, apoiando a comercialização e a industrialização dos produtos. Esses instrumentos buscam a promoção da soberania e segurança alimentar e nutricional e do direito humano à alimentação adequada, o uso sustentável dos recursos naturais, recomposição dos ecossistemas modificados, por meio de sistemas de produção agrícola e de extrativismo florestal, valorização da agrobiodiversidade e dos produtos da sociobiodiversidade, entre outras diretrizes. O Plano é implementado com base na extensão rural, no financiamento da produção, no apoio a redes agroecológicas e no apoio a agroindústrias, por meio de crédito.

- **Plano Agricultura de Baixo Carbono (ABC):** o Plano ABC procura reduzir as emissões da agricultura por meio da recuperação de pastagens degradadas (ABC Recuperação) sistemas orgânicos de produção agropecuária (ABC Orgânico), sistemas de plantio direto "na palha" (ABC Plantio Direto), sistemas de integração lavoura-pecuária, lavoura-floresta, pecuária-floresta ou lavoura-pecuária-floresta e de sistemas agroflorestais (ABC Integração), manejo de florestas comerciais, inclusive aquelas destinadas ao uso industrial ou à produção de carvão vegetal (ABC Florestas), adequação ou regularização das propriedades rurais frente à legislação ambiental, inclusive recuperação da reserva legal, de áreas de preservação permanente, recuperação de áreas degradadas e implantação e melhoramento de planos de manejo florestal sustentável (ABC Ambiental), sistemas de tratamento de dejetos e resíduos oriundos de produção animal para geração de energia e compostagem (ABC Tratamento de Dejetos), florestas de dendezeiro, prioritariamente em áreas produtivas degradadas (ABC Dendê); e estímulo ao uso da fixação biológica do nitrogênio (ABC Fixação). Várias dessas linhas do Plano ABC, além de constituírem estratégias de mitigação de emissões, também promovem a adaptação com base em ecossistemas. O Plano ABC é implementado por linhas de crédito ao produtor rural, com prazos de carência de 8 a 15 anos para agroflorestas e florestas, entre outras estratégias.
- **Planos de prevenção e combate ao desmatamento e queimadas (PPCDs):** atualmente há dois PPCDs em implementação no âmbito federal, um para a Amazônia (PPCDAM) e outro para o Cerrado (PPCerrado). O PPCD para a Caatinga está em processo de elaboração. Também foram elaborados os PPCDs para os estados da Amazônia. Os PPCDs são planos transversais com ações em diversas áreas, utilizando e mobilizando programas e ações de outras políticas específicas, como unidades de conservação, fiscalização ambiental e fomento à produção sustentável e regularização ambiental das propriedades rurais.
- **Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC):** A implementação do SNUC vem se dando por uma série de planos, programas, projetos mecanismos, incluindo o Plano Nacional de Áreas Protegidas (PNAP), e os programas ARPA, GEF-Mar, GEF Terrestre, a Compensação Ambiental, entre outros. O Sistema cresceu bastante nos últimos 15 anos, com uma grande área de UCs federais e estaduais. O governo federal e boa parte dos estados criaram órgãos específicos para a gestão das UCs, com destaque para o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.

AbE poderia ser implementado no Brasil por duas estratégias:

- 1) Pequenos projetos locais, ou

2) Políticas públicas abrangentes.

A estratégia de pequenos projetos pode ser interessante na geração de inovação e envolvimento da sociedade, mas terá efeitos limitados. Por outro lado, muitas das políticas públicas relacionadas com AbE estão em implementação e necessitam apenas de foco estratégico, agregando prioridade política e recursos, para se tornarem *políticas de AbE* e produzirem efeitos disseminados de adaptação na sociedade.

Com base nas medidas recomendadas pelo PNA, as principais políticas de apoio a AbE são:

- Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei Nº 12.651/2012, “Código Florestal”) e seus mecanismos de governança e pagamento por serviços ambientais
- Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (Pnapo, Decreto Nº 7.794/2012) e Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (Planapo)
- Plano Agricultura de Baixo Carbono (ABC)
- Planos de prevenção e combate ao desmatamento e queimadas (PPCDs)
- Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC)

Entretanto, o foco dessas políticas não é explicitamente em AbE. Em termos de políticas climáticas, têm sido mais relacionadas com a mitigação que com a adaptação. As duas principais medidas de AbE (a conservação e recuperação da vegetação nativa e produção de base agroecológica e agroflorestal) representam um grande desafio para o Brasil. Hoje, no Brasil, somando-se as áreas de APP e RL que necessitam ser recuperadas segundo a atual legislação, existe um passivo legal de aproximadamente 21 milhões de hectares (SAE 2013, *apud* MMA 2015).

Esse enorme passivo “concentra-se nas bordas da Amazônia, por quase toda a extensão da Mata Atlântica e no sul do Cerrado, onde a ocupação agrícola é maior” (Brasil/MMA/SBF, 2015). A sua recuperação é um enorme desafio.

Outro grande desafio será a implementação da produção de base agroecológica e agroflorestal. Os programas existentes com esse foco ainda são pouco abrangentes e mais focados na pequena produção (pouco abrangente em termos de área) e, ao mesmo tempo, a produção agropecuária convencional ainda predomina em grandes áreas, crescentemente com grandes avanços tecnológicos, mas com pouca ênfase nos serviços ecossistêmicos.

Nessas áreas, além de novos modelos de produção agroflorestal que vêm ganhando destaque, há um grande potencial de adoção do plantio direto na palha, de integração lavoura-pecuária-floresta e de recuperação e intensificação das pastagens, medidas apoiadas pelo Plano ABC. Além disso, existe muito potencial para a promoção do uso sustentável da biodiversidade para a agricultura, pecuária, manejo florestal madeireiro e não madeireiro, criação de abelhas nativas, dentre outros, em biomas como caatinga, cerrado e pampa. Isto se daria por meio de replicação de tecnologias e experiências de manejo sustentável, apoiada por políticas que resolvam entraves relacionados ao licenciamento, extensão e financiamento.

Além da recuperação da vegetação nativa, importante é sua conservação. Nesse sentido, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação funciona como ordenador da ocupação e uso da paisagem e como protetor da vegetação nativa. Entretanto, uma visão sistêmica de seu papel na

adaptação à mudança do clima precisa ser desenvolvida, inclusive para justificar os benefícios de maior investimento na sua implementação, incluindo a manutenção dos processos climáticos, da qualidade e da quantidade de água, entre outros benefícios.

Uma forma de dar um foco mais claro em AbE às políticas relacionadas seria reconhecer a ameaça da mudança do clima, as vulnerabilidades apontadas pelo PNA, e estabelecer prioridades para as medidas de AbE, especialmente prioridades espaciais, de acordo com a exposição e a vulnerabilidade prevista pelos modelos climáticos. Dessa forma, recomenda-se uma análise detalhada e participativa das principais políticas e estratégias setoriais, e o ajuste de seus mecanismos de mobilização de ações para a implementação de medidas de AbE.

6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

6.1 ESTUDOS SOBRE BIODIVERSIDADE E MUDANÇA DO CLIMA

A biodiversidade está sendo exposta à mudança do clima em seus três níveis, que se caracterizam de forma diferente em termos de sensibilidade, capacidade adaptativa e impactos. Os estudos sobre o nível ecossistêmico se concentram na Amazônia, onde a floresta é bastante sensível à mudança do clima. É preciso desenvolver mais os modelos considerando a capacidade adaptativa dos ecossistemas, inclusive de geração de chuvas.

No Cerrado e na Mata Atlântica, grande ênfase tem sido dada à modelagem de nichos climáticos para as espécies. O maior conhecimento das distribuições das espécies nessas regiões justifica essas abordagens, embora as relações entre espécies (os fatores bióticos) precisem ser consideradas ou enfatizadas. Na amostra de trabalhos revisados, não encontramos modelagens para o Pantanal ou para o Pampa, e somente um estudo para a Caatinga. Nesses biomas, deve-se aprofundar o entendimento sobre como os ecossistemas serão afetados e monitorar as espécies ameaçadas.

A adaptação da biodiversidade às mudanças climáticas se dará nos seus três níveis (ecossistemas, espécies e diversidade genética). Porém, considerando as limitações de dados, para modelagem futura, este Plano utiliza o nível dos ecossistemas, com o conceito de fitofisionomia. Os demais níveis da biodiversidade são considerados de forma lógica, em termos dos efeitos sobre os ecossistemas, sem modelagem.

Considerando o conhecimento atual, a modelagem no nível de ecorregião é mais adequada que por espécie, considerando as lacunas de amostragem e grande interdependência entre espécies, entre outros fatores, que podem distorcer os resultados.

Em todos os biomas, os programas de monitoramento da cobertura vegetal devem ser continuados e aprimorados, assim como devem ser tomadas medidas prevenção do desmatamento e de restauração da conectividade dos ecossistemas naturais remanescentes.

Especificamente, as seguintes lacunas de conhecimento foram identificadas:

- Informações sobre o impacto atual, direto e indireto, da mudança do clima sobre as espécies.

- Modelagens de clima que levem em consideração tanto os modelos globais quanto a capacidade da floresta amazônica de influenciar seu próprio clima e o clima de outras regiões.
- Informações sobre as interações bióticas afetadas pela mudança do clima.
- Mapeamento das áreas costeiras com potencial de expansão dos ecossistemas, particularmente os manguezais.
- Áreas de endemismos para grande a maior parte dos grupos taxonômicos, especialmente na Amazônia.
- Conhecimento sobre a diversidade dos grupos biológicos que compõem a biodiversidade brasileira.
- Informações biogeográficas e taxonômicas e erros de registros de coordenadas geográficas.
- Limitações ao acesso on-line a dados sobre biodiversidade.
- Conhecimento sobre a biodiversidade da costa brasileira.
- Estudos de caso sobre biodiversidade e impactos das mudanças climáticas, especialmente impactos indiretos.

6.2 MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO NECESSÁRIAS

Na Amazônia, é essencial continuar e aprofundar as políticas de prevenção e combate ao desmatamento e às queimadas. A adaptação à mudança do clima exige desmatamento líquido zero, no mínimo, e aumento da área florestal nas regiões muito desmatadas (Nobre, 2014). Por isso, é essencial a implementação de políticas de restauração florestal, incluindo as medidas coercitivas e de incentivo.

A ampla rede de áreas protegidas – com formação de grandes blocos que reduzem efeitos de borda e contribuem para o sistema de sustentação de chuvas pela floresta – deve ser consolidada e ampliada em pontos estratégicos, tendo em vista as projeções de clima futuro.

Na Caatinga, são necessários programas de combate à desertificação, incentivo a sistemas de produção ecologicamente adaptados e ao manejo de uso múltiplo integrado e sustentável. Deve-se recuperar a vegetação ciliar e estabelecer áreas protegidas com cobertura dos refúgios da caatinga (áreas de maior umidade decorrente da presença de serras e rios).

No Cerrado, deve-se continuar e aprofundar as políticas de combate ao desmatamento e queimadas, com aumento dramático na cobertura por áreas protegidas e promoção de boas práticas agropecuárias, que preservem os recursos hídricos, reduzam queimadas e mantenham a conectividade.

A Mata Atlântica do Sudeste depende tanto do combate ao desmatamento ali quanto na Amazônia, de onde provém boa parte das chuvas (NOBRE, 2014). Em toda a extensão da Mata Atlântica, devido à sua fragmentação, é preciso restaurar áreas, conectar fragmentos e aumentar a permeabilidade da paisagem à vida selvagem. Para lidar com a mudança das zonas favoráveis às matas de araucárias, é importante a recomposição das matas de araucária em áreas de refúgio.

No Pampa, o aumento da pluviosidade e da temperatura favorece a expansão da floresta. Essa expansão de florestas nativas pode ser impedida por atividades agropecuárias e pela silvicultura

com espécies exóticas. Áreas protegidas e envolvimento dos proprietários com a manutenção de campos naturais e de florestas nativas são as medidas mais importantes.

Na Zona Costeira e Marinha, é necessário um mapeamento das áreas de potencial expansão de manguezais com o aumento do nível do mar, promover sua desocupação e torná-las de preservação permanente. Também é importante a proteção de restingas, apicuns, salgados e áreas próximas para onde esses ecossistemas podem se mover com a elevação do nível do mar. A manutenção da vazão dos rios que desembocam no mar é importante para a conservação dos manguezais e outras formações, além de reduzir aumento na salinidade da água nas proximidades. Para isso, são necessárias medidas de conservação das margens e cabeceiras dos rios que desaguam no mar, para diminuir a carga de sedimentos pesados que afeta os manguezais.

Para fortalecer a capacidade adaptativa da biodiversidade no nível das espécies, em todos os biomas e na zona costeira e marinha, deve-se aumentar a representatividade da rede de áreas protegidas, inclusive considerando as áreas que serão propícias para as espécies no futuro. É provável que os ambientes de média e alta altitude, que poderão atuar como refúgios, sejam uma das prioridades.

Assim como no caso dos ecossistemas, novas unidades de conservação devem seguir planejamento que considere a mudança do clima. Serão necessários corredores de biodiversidade, mosaicos de áreas protegidas e políticas que recomponham a vegetação nativa em propriedades privadas, tornando a paisagem mais permeável à redistribuição das espécies. Neste caso, ganham importância as reservas legais e as áreas de preservação permanente, e o uso do Cadastro Ambiental Rural (CAR) como instrumento de planejamento da restauração da conectividade das paisagens.

Em casos críticos, quando as espécies não puderem fazer por si só a migração, pode ser necessário promover a migração assistida, com a transferência de espécimes para os novos ambientes favoráveis. A conservação *ex-situ*, quando possível, é necessária nos casos de espécies muito ameaçadas, incluindo a manutenção de coleções, criação em cativeiro e bancos genéticos.

A diversidade genética, para ser mantida, precisa de populações em tamanho suficiente para evitar consanguinidade e preservar a variabilidade. Para espécies raras e grandes predadores, isso implica em grandes áreas dedicadas à conservação. Isso é possível na Amazônia, mas em outras partes do Brasil vai depender da articulação de áreas protegidas em mosaicos e do envolvimento das propriedades privadas, particularmente com a conservação e restauração de reservas legais e áreas de preservação permanente com restauração da conectividade.

Onde isso não for possível, meta populações com migração assistida e conservação *ex-situ* serão necessários para permitir a manutenção da diversidade genética, que será fonte de adaptação das espécies às novas condições originadas pela mudança do clima.

6.3 DIRETRIZES PARA ADEQUAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS

O foco das políticas de adaptação deve ser a manutenção e recuperação da cobertura florestal, a consolidação e complementação da rede de áreas protegidas e o controle de queimadas. As

seguintes diretrizes devem orientar a criação e adequação de políticas públicas para fortalecer a capacidade de adaptação da biodiversidade e do governo e da sociedade brasileira para a conservação da biodiversidade:

- **Políticas de prevenção e combate ao desmatamento:** Continuar e aprofundar as políticas de prevenção e combate ao desmatamento e às queimadas, como o PPCDAM e o PPCerrado, desenvolver o plano operacional para o bioma Caatinga e desenvolver planos para os demais biomas. Todos os planos devem contemplar os cenários climáticos e as vulnerabilidades à mudança do clima.
- **Áreas protegidas integradas na paisagem:** Consolidar uma rede de áreas protegidas, incluindo unidades de conservação e terras indígenas, integradas na paisagem e planejadas considerando as necessidades de adaptação e as áreas que serão propícias para as espécies no futuro. Serão necessários corredores de biodiversidade e mosaicos de áreas protegidas que formem grandes blocos que reduzem efeitos de borda e contribuem para o sistema de sustentação de chuvas pela floresta. Também serão importantes as políticas que recomponham e conservem a vegetação nativa em propriedades privadas, favorecendo os fragmentos que funcionem como *stepping stones* (pontos de ligação ou trampolins ecológicos), tornando a paisagem mais permeável à redistribuição das espécies.
- **Áreas protegidas e mosaicos de áreas protegidas devem ter tamanho viável:** Criar áreas protegidas e/ou formar mosaicos de áreas protegidas e corredores biológicos com tamanho mínimo para conter populações geneticamente viáveis das espécies, mantendo sua diversidade genética. Onde não for possível manter conservadas áreas tão grandes, deve-se estabelecer paisagens permeáveis ao movimento das espécies nativas, corredores ecológicos e *stepping stones*, onde a paisagem precisa se tornar mais permeável à passagem dos animais e dispersão das plantas.
- **Combate à desertificação:** Combater a desertificação na Caatinga pela adoção de práticas agropecuárias sustentáveis (sistemas de produção ecologicamente adaptados e ao manejo de uso múltiplo integrado e sustentável), contenção de processos erosivos e recuperação de áreas. Recuperar a vegetação ciliar e estabelecer áreas protegidas com cobertura dos refúgios da caatinga (áreas de maior umidade decorrente da presença de serras e rios).
- **Migração assistida (translocação, reintrodução):** Em casos críticos, quando as espécies não puderem fazer por si só a migração para as novas áreas mais favoráveis, pode ser necessário promover a migração assistida, com a transferência de espécimes para os novos ambientes favoráveis.
- **Conservação *ex-situ*:** quando possível, é necessária nos casos de espécies muito ameaçadas, incluindo a manutenção de coleções, criação em cativeiro e bancos genéticos. Complementarmente, a diversidade genética de espécies ameaçadas, domesticadas e parentes silvestres das espécies domesticadas deve ser coletada e armazenada em coleções *ex-situ*, vivas ou em bancos genéticos. O aumento da diversidade genética de populações isoladas pode ser promovido pela introdução de indivíduos de outras populações.

- **Atualização da legislação de proteção:** A legislação de proteção deve ser atualizada em função das necessidades de adaptação. No caso dos ecossistemas costeiros, deve considerar a elevação do nível do mar prevista.
- **Incluir a perspectiva de adaptação à mudança do clima nos Planos de Prevenção e Controle do Desmatamento e no Plano de Recuperação da Vegetação Nativa:** incluir nos planos um foco estratégico de adaptação à mudança do clima para a biodiversidade e Adaptação com Base em Ecossistemas (AbE) para os outros setores.
- **Atualização do Mapa de Áreas Prioritárias para a Biodiversidade:** O Mapa de Áreas Prioritárias para a Biodiversidade, que guia a criação de unidades de conservação e os esforços de recuperação e uso sustentável, precisa ser atualizado para contemplar as mudanças previstas no clima, no nível do mar e na temperatura dos oceanos. Além de já ser norteador para a criação de unidades de conservação, o Mapa poderia ser um instrumento orientador para o Planaveg, o Plano de Combate à Desertificação e os Planos de Combate ao Desmatamento.
- **Uso estratégico de reservas legais e áreas de proteção permanente:** Reservas Legais (RLs) e Áreas de Preservação Permanente (APPs) são os principais instrumentos legais para promover a conectividade e a permeabilidade das paisagens através de terras privadas. O CAR será um importante instrumento para a promoção da restauração florestal para propriedades médias e grandes. Um instrumento norteador de critérios de adaptação deve ser desenvolvido e aplicado no processo de regularização ambiental de propriedades.
- **Áreas Protegidas na Caatinga, Cerrado, Pantanal e Pampa:** Programas efetivos de criação e consolidação das UCs nos biomas Caatinga, Cerrado, Pantanal e Pampa devem ser criados, inclusive com recursos.
- **ZEE incluindo adaptação:** Os ZEEs devem considerar as projeções do clima futuro.
- **Atualizar os planos de ação para espécies ameaçadas:** Vários já consideram a adaptação à mudança do clima. Os planos mais antigos precisam ser atualizados.
- **Fortalecer os sistemas de monitoramento:** Na Amazônia, os sistemas de monitoramento da cobertura vegetal são efetivos. Nos demais biomas, deve ser implementada a divulgação periódica e também o detalhamento provido pelo TerraClass.
- **Conservação ex-situ:** Elaborar e implementar no Banco Genético da Embrapa diretrizes associadas com a adaptação à mudança do clima.
- **Conservação de variedades e raças tradicionais:** Aumentar o envolvimento governamental com a sua conservação das variedades tradicionais, em colaboração com redes de sementes de produtores tradicionais e outras organizações. Um mapa de vulnerabilidade dos agricultores tradicionais e suas práticas que conservam cultivares tradicionais e raças crioulas será importante para guiar ações de apoio.

6.4 LACUNAS E NECESSIDADES DE ADEQUAÇÃO NOS INSTRUMENTOS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

As seguintes lacunas e necessidades de adequação foram identificadas:

6.4.1 LEGISLAÇÃO DE PROTEÇÃO

A legislação de proteção deve ser atualizada em função das necessidades de adaptação. No caso dos ecossistemas costeiros, deve considerar a elevação do nível do mar prevista. O Mapa de Áreas

Prioritárias para a Biodiversidade, que guia a criação de unidades de conservação e dá diretrizes para alguns dos instrumentos da Lei de Proteção da Vegetação Nativa, precisa ser atualizado para contemplar as mudanças previstas no clima, no nível do mar e na temperatura dos oceanos.

Reservas Legais (RLs) e Áreas de Preservação Permanente (APPs) são os principais instrumentos legais para promover a conectividade e a permeabilidade das paisagens através de terras privadas. O CAR será um importante instrumento para a promoção da restauração florestal para propriedades médias e grandes. Porém, não há um instrumento norteador de critérios de adaptação no processo de regularização ambiental de propriedades e a proteção legal antes dada pelo Código Florestal para APPs e RLs foi enfraquecida na nova lei. Entretanto, a mesma Lei dá prerrogativas ao Executivo para o estabelecimento de maior proteção no nível local (especialmente APPs), e essa prerrogativa deve ser exercida com foco de adaptação.

6.4.2 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

Falta um programa efetivo de criação e consolidação das UCs da Caatinga e no Cerrado, inclusive com recursos. Na Amazônia, a rede de áreas protegidas, incluindo as do SNUC e as terras indígenas, é bastante abrangente e conectada, só precisando ser complementada de forma estratégica com critérios de adaptação. Nos demais biomas e na ZCM, a rede de áreas protegidas precisa ser expandida seguindo critérios de adaptação, que ainda não existem.

6.4.3 INSTRUMENTOS DE GESTÃO INTEGRADA

As iniciativas de gestão integrada (reservas da biosfera, corredores de biodiversidade e mosaicos de áreas protegidas) ainda são pouco implementadas. As reservas da biosfera não são bem aproveitadas no esforço de adaptação e não são bem incorporadas no restante da política para áreas protegidas. Assim, esse aspecto pode ser reforçado para alcançar um resultado mais efetivo.

Os ZEEs ainda não consideram as projeções do clima futuro.

6.4.4 INSTRUMENTOS NORTEADORES

O Mapa de Áreas Prioritárias para a Biodiversidade precisa ser atualizado em todos os biomas, com a perspectiva de adaptação à mudança do clima e considerando as projeções futuras. O próprio Mapa atualizado com foco em adaptação poderia ser o instrumento orientador para o Plano de Combate à Desertificação e os Planos de Combate ao Desmatamento, entre outras políticas, além de já ser norteador para a criação de unidades de conservação.

6.4.5 PLANO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA

O Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa está em formulação (fase de consulta pública) e procura responder à demanda de adaptação, mas não há um foco estratégico claro relacionado com a adaptação à mudança do clima. O Plano deveria apresentar critérios para concentração dos esforços considerando as necessidades de adaptação.

6.4.6 PLANOS DE PREVENÇÃO E COMBATE AO DESMATAMENTO (PPCDS)

Os planos de prevenção e combate ao desmatamento ainda não incluem a modelagem climática como subsídio e não tratam especificamente das demandas de adaptação. O PPCDAM e PPCerrado buscam reduzir o desmatamento onde é mais intenso, mas não consideram vulnerabilidades climáticas de forma explícita, que levaria ao foco em áreas que o desmatamento aumenta a sensibilidade ou diminui a capacidade de adaptação da floresta.

6.4.7 ESPÉCIES AMEAÇADAS

Além das listas de espécies ameaçadas, o principal instrumento para sua conservação são os planos de ação para espécies ameaçadas. Vários já consideram a adaptação à mudança do clima. Os planos mais antigos precisam ser atualizados para abranger esse aspecto ou para incorporar as modelagens mais recentes.

6.4.8 PROGRAMAS DE MONITORAMENTO

Na Amazônia, os sistemas de monitoramento da cobertura vegetal são efetivos. Nos demais biomas, falta a divulgação periódica e também o detalhamento provido pelo TerraClass, o que está em andamento. A divulgação periódica tem, entre outros benefícios, criar a demanda social e política para as medidas de prevenção e controle.

6.4.9 CONSERVAÇÃO EX-SITU

A conservação ex-situ pode ocorrer por meio de coleções vivas e programas de criação em cativeiro, ou em bancos genéticos. O maior banco genético público está na Embrapa. Uma adequação seria dar a esse banco subsídios e diretrizes associadas com a adaptação à mudança do clima.

6.4.10 CONSERVAÇÃO ON-FARM (NA PROPRIEDADE)

A conservação da biodiversidade domesticada se dá principalmente na agricultura familiar, seja em unidades de conservação de uso sustentável, terras quilombolas, posses ou propriedades rurais. Para promover a conservação on-farm desse patrimônio, as redes de sementes de produtores tradicionais são positivas, mas falta um esforço governamental maior. Também falta um planejamento estratégico considerando a mudança do clima.

Um mapa de vulnerabilidade dos agricultores tradicionais e suas práticas que conservam cultivares tradicionais e raças crioulas será importante para guiar ações de apoio.

7 REFERÊNCIAS

ALEIXO, A.; ALBERNAZ, A. L.; GRELE, C. E. V.; VALE, M. M.; RANGEL, T. F. Mudanças climáticas e a biodiversidade dos biomas brasileiros: passado, presente e futuro. **Natureza & Conservação**, v. 8, n. 2, p. 194–196, 2010.

ALEXANDRE, B. da R.; LORINI, M. L.; GRELE, C. E. de V. Modelagem Preditiva de Distribuição de Espécies Ameaçadas de Extinção: Um Panorama das Pesquisas. **Oecologia Australis**, v. 17, n. 4, p. 483–508, 2014.

ANACLETO, T. C.; OLIVEIRA, G. MÉTODOS PARA INDICAÇÃO DE ÁREAS PARA CONSERVAÇÃO: UMA ANÁLISE A PARTIR DA MODELAGEM DE NICHOS DE TATUS, NO ESTADO DE MATO GROSSO. **Caminhos de Geografia**, v. 15, n. 51, 2014. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/26018>>. Acesso em: 22 fev. 2015.

BEAUMONT, L. J.; PITMAN, A.; PERKINS, S.; ZIMMERMANN, N. E.; YOCCOZ, N. G.; THUILLER, W. Impacts of climate change on the world's most exceptional ecoregions. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 6, p. 2306–2311, 2011.

BEISIEGEL, B. de M. **Inventário e diagnóstico da mastofauna terrestre e semi-aquática de médio e grande portes da Estação Ecológica da Terra do Meio e do Parque Nacional da Serra do Pardo, PA**. Atibaia (SP): Centro Nacional de Pesquisas e Conservação dos Mamíferos Carnívoros - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2009. .

BLOIS, J. L.; ZARNETSKE, P. L.; FITZPATRICK, M. C.; FINNEGAN, S. Climate change and the past, present, and future of biotic interactions. **Science**, v. 341, n. 6145, p. 499–504, 2013.

BRASIL. **Avaliação do estado do conhecimento da diversidade biológica do Brasil/ coord.: t. m. lewinoehn**. Brasília (DF): Ministério do Meio Ambiente, 2006.

BRASIL. **Brazil information on Appendix 2 of the Copenhagen Accord**, 2010a. .

BRASIL. **Quarto Relatório Nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica: Brasil**. Brasília (DF): Ministério do Meio Ambiente/ Diretoria do Programa Nacional de Conservação da Biodiversidade - DCBio, 2010b. .

BRASIL/MMA. **Convenção sobre diversidade biológica - cdb/cópia do decreto legislativo no. 2, de 5 de junho de 1992**. Brasília (DF): Ministério do Meio Ambiente, 1992.

COCHRANE, M. A. Fire, land use, land cover dynamics, and climate change in the Brazilian Amazon. In: **Tropical Fire Ecology**. [s.l.] Springer, 2009. p. 389–426.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R. S.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, B. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253–260, 1997.

DAILY, G. **Nature's services: societal dependence on natural ecosystem**. Washington, D.C.: Island Press, 1997.

DALY, H. E.; FARLEY, J. **Ecological economics: principles and applications**. Washington, DC: Island Press, 2004.

DAWSON, T. P.; JACKSON, S. T.; HOUSE, J. I.; PRENTICE, I. C.; MACE, G. M. Beyond predictions: biodiversity conservation in a changing climate. **science**, v. 332, n. 6025, p. 53–58, 2011.

DE GROOT, R. S. **A functional ecosystem evaluation method as a tool in environmental planning and decision making** Wageningen, The Netherlands, , 1986. .

DE GROOT, R. S.; WILSON, M. A.; BOUMANS, R. M. J. A typology for the classification, description, and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, v. 41, 2002.

DE MARCO JÚNIOR, P.; SIQUEIRA, M. F. Como determinar a distribuição potencial de espécies sob uma abordagem conservacionista. **Megadiversidade**, v. 5, p. 65–76, 2009.

FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO. **Adaptação baseada em ecossistemas: oportunidades para políticas públicas em mudanças climáticas/ autoria: iclei - governos locais pela sustentabilidade**. Curitiba: Fundação Grupo Boticário, 2014.

GIANNINI, T. C.; ACOSTA, A. L.; GARÓFALO, C. A.; SARAIVA, A. M.; ALVES-DOS-SANTOS, I.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Pollination services at risk: Bee habitats will decrease owing to climate change in Brazil. **Ecological Modelling**, v. 244, p. 127–131, 2012.

HARLEY, C. D. Climate change, keystone predation, and biodiversity loss. **Science**, v. 334, n. 6059, p. 1124–1127, 2011.

HILLERISLAMBERS, J.; HARSCH, M. A.; ETTINGER, A. K.; FORD, K. R.; THEOBALD, E. J. How will biotic interactions influence climate change–induced range shifts? **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1297, n. 1, p. 112–125, 2013.

HUETING, R.; REIJNDERS, L.; DE BOER, B.; LAMBOOY, J.; JANSEN, H. The concept of environmental function and its valuation. **Ecological Economics**, v. 25, p. 31–35, 1998.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. [s.l.: s.n.]

IHLOW, F.; DAMBACH, J.; ENGLER, J. O.; FLECKS, M.; HARTMANN, T.; NEKUM, S.; RAJAEI, H.; ROEDDER, D. On the brink of extinction? How climate change may affect global chelonian species richness and distribution. **Global Change Biology**, v. 18, n. 5, p. 1520–1530, 2012.

IPCC. Summary for Policymakers. In: FIELD, C. B.; BARROS, V. R.; MACH, K.; MASTRANDREA, M.; BILIR, T. E.; CHATTERJEE, M.; EBI, K. L.; ESTRADA, Y. O.; GENOVA, R. C.; GIRMA, B.; KISSEL, E. S.; LEVY, A. N.; MACCRACKEN, S.; MASTRANDEA, P. R.; WHITE, L. L. (Ed.). **Climate change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, UK e New York, NY: Cambridge University Press, 2014. p. 1–32.

KELLER, M.; SILVA-DIAS, M. A.; NEPSTAD, D. C.; SILVA-ANDREAE, M. O. The Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia: Analyzing Regional Land Use Change Effects. **Ecosystems and Land Use Change**, p. 321–334, 2004.

LAURANCE, W. F. Forest-climate interactions in fragmented tropical landscapes. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 359, n. 1443, p. 345–352, 2004.

LEÃO, Z. M. A. N.; KIKUCHI, R. K. P. de; OLIVEIRA, M. de D. M. de. Branqueamento de corais nos recifes da Bahia e sua relação com eventos de anomalias térmicas nas águas superficiais do oceano. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 3, p. 69–82, 2008a.

LEÃO, Z. M. A. N.; KIKUCHI, R. K. P. de; OLIVEIRA, M. de D. M. de. Coral bleaching in Bahia reefs and its relation with sea surface temperature anomalies. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 3, p. 0–0, 2008b.

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, 2012.

MACHADO, A. L. S.; PACHECO, J. B. Serviços Ecosistêmicos e o Ciclo Hidrológico da Bacia Hidrográfica Amazônica -The Biotic Pump. **Revista Geonorte**, v. 1, n. 1, p. 71–89, 2010.

MARENGO, J. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século xxi**. Brasília (DF): Ministério do Meio Ambiente, 2007.

MARINI, M. Â.; BARBET-MASSIN, M.; LOPES, L. E.; JIGUET, F. Predicted Climate-Driven Bird Distribution Changes and Forecasted Conservation Conflicts in a Neotropical Savanna. **Conservation Biology**, v. 23, n. 6, p. 1558–1567, 2009a.

MARINI, M. Â.; BARBET-MASSIN, M.; LOPES, L. E.; JIGUET, F. Major current and future gaps of Brazilian reserves to protect Neotropical savanna birds. **Biological Conservation**, v. 142, n. 12, p. 3039–3050, 2009b.

MARINI, M. Â.; BARBET-MASSIN, M.; LOPES, L. E.; JIGUET, F. Predicting the Occurrence of Rare Brazilian Birds with Species Distribution Models. **Journal of Ornithology**, v. 151, n. 4, p. 857–866, 3 abr. 2010a.

MARINI, M. Â.; BARBET-MASSIN, M.; LOPES, L. E.; JIGUET, F. Geographic and seasonal distribution of the Cock-tailed Tyrant (*Alectrurus tricolor*) inferred from niche modeling. **Journal of Ornithology**, v. 154, n. 2, p. 393–402, 2013.

MARINI, M. Â.; BARBET-MASSIN, M.; MARTINEZ, J.; PRESTES, N. P.; JIGUET, F. Applying ecological niche modelling to plan conservation actions for the Red-spectacled Amazon (*Amazona pretrei*). **Biological Conservation**, v. 143, n. 1, p. 102–112, 2010b.

MEA, M. E. A. **Ecosystem and human well-being: a framework for assessment**. Washington, D.C.: Island Press, 2003.

MEYER, A. L.; PIE, M. R.; PASSOS, F. C. Assessing the exposure of lion tamarins (*Leontopithecus* spp.) to future climate change. **American journal of primatology**, v. 76, n. 6, p. 551–562, 2014.

MEYER, A. L. S. Integrando modelagem de nicho ecológico e de dados em sig na avaliação da exposição de *Leontopithecus* (primates: callitrichinae) as mudanças climáticas. 2013. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br:8080/dspace/handle/1884/30419>>. Acesso em: 10 fev. 2015.

NANDY, P.; AHAMMAD, R. Navigating mangrove resilience through the ecosystem-based adaptation approach: lessons from Bangladesh. **Sharing Lessons on Mangrove Restoration**, p. 243, 2012.

NOBRE, A. D. **O futuro climático da amazônia: relatório de avaliação científica**. São José dos Campos: Articulação Regional Amazônica, 2014.

OLIVEIRA, H. R.; CASSEMIRO, F. A. Potential effects of climate change on the distribution of a Caatinga's frog *Rhinella granulosa* (Anura, Bufonidae). **Iheringia. Série Zoologia**, v. 103, n. 3, p. 272–279, 2013.

OPEN WORKING GROUP ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS. **Outcome Document: Sustainable Development Knowledge Platform**. Disponível em: <[zotero://attachment/2344/](https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2015/09/Outcome-Documents-2015-09-25.pdf)>. Acesso em: 27 mar. 2015.

PARMESAN, C. Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 37, n. 1, p. 637–669, 2006.

PBMC. **Base científica das 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 (RJ): COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013. .

PEREIRA, G. M. Modeling flammability in disturbed tropical forests using an IKONOS tasseled cap transform. In: American Society of Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) 2006 Annual Conference Proc., Reno, Nevada, May, **Anais...2006**. Disponível em: <ftp://jetty.ecn.purdue.edu/jshan/proceedings/asprs2006/files/0115.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2015.

PÉREZ, A. A.; FERNÁNDEZ, B. H.; GATTI, R. C. Introduction. In: **Building Resilience to Climate Change: Ecosystem-based adaptation and lessons from the field**. Gland, Switzerland: IUCN, 2010. p. 11–19.

PÉREZ, A. A.; MUÑOZ, M. M. M.; PÁEZ, K. S.; TRIANA, J. V. Ecosystem-based Adaptation Lessons from the Chingaza Massif in the High Mountain Ecosystem of Colombia. In: **Building Resilience to Climate Change: Ecosystem-based adaptation and lessons from the field**. Gland, Switzerland: IUCN, 2010. p. 21–31.

PIE, M. R.; MEYER, A. L.; FIRKOWSKI, C. R.; RIBEIRO, L. F.; BORNSCHEIN, M. R. Understanding the mechanisms underlying the distribution of microendemic montane frogs (*Brachycephalus* spp., Terrarana: Brachycephalidae) in the Brazilian Atlantic Rainforest. **Ecological Modelling**, v. 250, p. 165–176, 2013.

REID, H. Improving the evidence for ecosystem-based adaptation. **IIED, London**, 2011. Disponível em: <http://www.hydrology.nl/images/docs/alg/2011.12_17109IIED.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2015.

ROMEIRO, D. C. A. A. R. Valoração de serviços ecossistêmicos: notas introdutórias à uma abordagem dinâmicointegrada. In: **Anais do XIV Encontro Nacional de Economia Política**, 2009. Disponível em: <http://www.sep.org.br/artigo/1565_6065425a7cb9425419761832f29517ac.pdf?PHPSESSID=35fc7e5759fac824911c65c58b0f240a>. Acesso em: 9 set. 2009.

SHELDON, K. S.; YANG, S.; TEWKSBURY, J. J. Climate change and community disassembly: impacts of warming on tropical and temperate montane community structure. **Ecology Letters**, v. 14, n. 12, p. 1191–1200, 2011.

SILVA BEZERRA, D. da; AMARAL, S.; KAMPEL, M. Impactos da elevação do nível médio do mar sobre o ecossistema manguezal: a contribuição do sensoriamento remoto e modelos computacionais. **Ciência e Natura**, v. 35, n. 2, p. 152–162, 2014.

SILVESTRINI, R. A.; SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D.; COE, M.; RODRIGUES, H.; ASSUNÇÃO, R. Simulating fire regimes in the Amazon in response to climate change and deforestation. **Ecological Applications**, v. 21, n. 5, p. 1573–1590, 20 dez. 2010.

SIMON, L. M.; OLIVEIRA, G. de; BARRETO, B. de 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, n. 2, p. 267–274, 2013.

SIQUEIRA, M. F. de; PETERSON, A. T. Consequências das mudanças climáticas globais na distribuição geográfica de espécies arbóreas de Cerrado. **Biota Neotropica**, v. 3, n. 2, 2003. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v3n2/pt/abstract?article+BN00803022003>>. Acesso em: 24 fev. 2015.

SOARES-FILHO, B. S.; CERQUEIRA, G. C.; ARAÚJO, W. L.; VOLL, E. Modelagem de dinâmica de paisagem: concepção e potencial de aplicação de modelos de simulação baseados em autômato celular. **Ferramentas para modelagem da distribuição de espécies em ambientes tropicais**. S/l: Editora Museu Paraense Emílio Goeldi, p. 1–16, 2003.

SOARES-FILHO, B.; SILVESTRINI, R.; NEPSTAD, D.; BRANDO, P.; RODRIGUES, H.; ALENCAR, A.; COE, M.; LOCKS, C.; LIMA, L.; HISSA, L.; STICKLER, C. Forest Fragmentation, Climate Change and Understory Fire Regimes on the Amazonian Landscapes of the Xingu Headwaters. **Landscape Ecology**, v. 27, n. 4, p. 585–598, 1 abr. 2012.

SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D. C.; CURRAN, L. M.; CERQUEIRA, G. C.; GARCIA, R. A.; RAMOS, C. A.; VOLL, E.; MCDONALD, A.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P. Modelling conservation in the Amazon basin. **Nature**, v. 440, n. 7083, p. 520–523, 2006.

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** **9**, 214–218. doi: 10.4322/natcon, 2011. Disponível em: <http://www.ornitologia.mn.ufrj.br/equipe/paulo_cordeiro/publicacoes/souza_2011.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2015.

TRIVERS, A.; ELRICK, C.; KAY, R.; VESTERGAARD, O. (ed.). **Ecosystems based adaptation: moving from principles to practice**. [s.l.] UNEP, 2012.

UICN; WWF-BRASIL; IPÊ. **Metas de aichi: situação atual/elaborado por ronaldo weigand jr., danielle calandino da silva e daniela de oliveira e silva**. Brasília (DF): UICN/ WWF-Brasil/ Ipê, 2011.

UNFCCC. **Introduction to the Convention**. Disponível em: <https://unfccc.int/essential_background/convention/items/6036.php>. Acesso em: 15 maio. 2014.

UNFCCC/SBSTA. **Report on the technical workshop on ecosystem-based approaches for adaptation to climate change**. Bonn: UNFCCC, 2013. Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/docs/2013/sbsta/eng/02.pdf>>. Acesso em: 2 jul. 2015.

VALE, M. M.; ALVES, M. A. S.; LORINI, M. L. Mudanças Climáticas: desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade brasileira. **Oecologia Australis**, v. 13, n. 3, p. 518–534, 2009.

VIEIRA, T. B.; MENDES, P.; OPREA, M. Priority areas for bat conservation in the state of Espírito Santo, southeastern Brazil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 7, n. 2, p. 88–96, 2012.

WERTZ-KANOUNNIKOFF, S.; LOCATELLI, B.; WUNDER, S.; BROCKHAUS, M. Ecosystem-based adaptation to climate change: What scope for payments for environmental services? **Climate and Development**, v. 3, n. 2, p. 143–158, 2011.

ZARNETSKY, P. L.; SKELLY, D. K.; URBAN, M. C. Biotic multipliers of climate change. **Science**, v. 336, n. 6088, p. 1516–1518, 2012.

ZIMBRES, B. Q.; DE AQUINO, P. D. P. U.; MACHADO, R. B.; SILVEIRA, L.; JÁCOMO, A. T.; SOLLMANN, R.; TÔRRES, N. M.; FURTADO, M. M.; MARINHO-FILHO, J. Range shifts under climate change and the role of protected areas for armadillos and anteaters. *Biological Conservation*, v. 152, p. 53–61, 2012.

8 GLOSSÁRIO

- **Biodiversidade:** A Convenção da Diversidade Biológica (CDB) definiu a biodiversidade como “a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas” (CDB, Art. 2o., BRASIL/MMA, 1992, p. 9).
- **Bioma:** Conceitualmente *bioma* é “um conjunto de vida (vegetal e animal) constituído pelo agrupamento de tipos de vegetação contíguos e identificáveis em escala regional, com condições geoclimáticas similares e história compartilhada de mudanças, resultando em uma diversidade biológica própria”. Biomas, na classificação do IBGE, envolvem formações dominantes em um conjunto característico de tipos de vegetação (*fitofisionomias*).
- **Ecossistemas:** Conceitualmente, ecossistema é “um complexo dinâmico de comunidades vegetais, animais e microrganismos e o seu meio inorgânico que interagem como uma unidade funcional” (BRASIL/MMA, 1992, p. 9).