

Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) frente à mudança do clima

APOSTILA DO CURSO



República Federativa do Brasil

Presidente
MICHEL TEMER

Ministério do Meio Ambiente

Ministro
JOSÉ SARNEY FILHO

Secretaria Executiva

Secretário Interino
ROMEU MENDES DO CARMO

Secretaria de Biodiversidade (SBio)

Secretário
JOSÉ PEDRO DE OLIVEIRA COSTA

Departamento de Conservação de Ecossistemas (DECO)

Diretora
ANA PAULA LEITE PRATES

Ministério do Meio Ambiente
Secretaria de Biodiversidade
Departamento de Conservação de Ecossistemas

Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) frente à mudança do clima

APOSTILA DO CURSO

Brasília, 2018

© 2018 Ministério do Meio Ambiente – MMA

Qualquer parte desta publicação pode ser reproduzida, desde que citada a fonte.

Disponível em: <<http://mma.gov.br/publicacoes-mma>>

Elaboração

Andrea Schloenvoigt

Camila Yarla Fernandes

Jennifer Viezzer

Leonardo Borgmann Campos

Martin Becher

Patrícia Betti

Thaís Cristina Schneider

Organização, edição e revisão

Thaís Cristina Schneider

Projeto gráfico e editoração eletrônica

Renata Fontenelle

Supervisão

Patrícia Betti GIZ

Jennifer Viezzer MMA

Adriana Brito Silva MMA

Coordenação

Maria Olatz Cases GIZ

Rodrigo Martins Vieira MMA

Realização

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do Projeto Biodiversidade e Mudanças Climáticas na Mata Atlântica. O projeto é uma realização do governo brasileiro, coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), no contexto da Cooperação para o Desenvolvimento Sustentável Brasil-Alemanha, no âmbito da Iniciativa Internacional de Proteção do Clima (IKI) do Ministério Federal do Meio Ambiente, Proteção da Natureza, Construção e Segurança Nuclear (BMUB) da Alemanha. O projeto conta com apoio técnico da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH e apoio financeiro do KfW Banco de Fomento Alemão.

Ministério do Meio Ambiente

Secretaria da Biodiversidade

Departamento de Conservação de Ecossistemas

SEPN 505, Bloco B, Ed. Marie Prendiz Cruz, Sala 416

Brasília – DF

CEP: 70730-542

**Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE)
frente à mudança do clima**

APOSTILA DO CURSO



Apresentação

Esta apostila constitui um dos legados do Projeto Biodiversidade e Mudanças Climáticas na Mata Atlântica. O conteúdo foi desenvolvido originalmente para um conjunto de formações presenciais realizadas por meio do mesmo, como parte de uma estratégia de desenvolvimento de capacidades em Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE). Com a participação de membros do setor público, da sociedade civil organizada e das áreas de ensino e pesquisa, os cursos visaram capacitar atores-chave para a consideração da mudança do clima e da AbE em instrumentos de planejamento, ordenamento territorial e políticas públicas. Um segundo formato de capacitação também foi oferecido com o objetivo de formar formadores em AbE, a fim de que tais conhecimentos pudessem ser multiplicados. Com isso, buscou-se também divulgar e promover essa abordagem, que inicialmente era pouco difundida no Brasil e veio a se estabelecer como uma diretriz nacional para medidas de adaptação.

As capacitações tiveram como base o método de estudo de caso da Universidade de Harvard (*Harvard Case Method*), que enfatiza a aprendizagem mediante o trabalho prático dos participantes. A partir da apresentação de uma base teórica, os módulos foram organizados de modo a proporcionar o trabalho sistemático com diferentes aspectos relacionados à mudança do clima, por meio da análise de casos reais ou fictícios. Na sequência, os participantes eram convidados a refletir, de forma conjunta, sobre os aprendizados obtidos e sua aplicação nos contextos de trabalho de cada um.

Na conclusão do projeto, a metodologia desenvolvida subsidiou a elaboração de um curso de educação à distância em AbE, ao qual a presente apostila também passa a servir como ferramenta de apoio. Mas, mais que isso, ela é oferecida como material de consulta e referência a quaisquer interessados no tema, na perspectiva de que as experiências adquiridas possam seguir contribuindo para o processo de adaptação à mudança do clima baseada em ecossistemas no país.

Siglas

AbC	Adaptação baseada em Comunidades
AbE	Adaptação baseada em Ecossistemas
APA	Área de Proteção Ambiental
CDB	Convenção das Nações Unidas sobre Diversidade Biológica
CP4D	Climate Proofing for Development
GEE	Gás de Efeito Estufa
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH
GWP	Potencial de Aquecimento Global (Global Warming Potential)
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OMM	Organização Meteorológica Mundial
PIB	Produto Interno Bruto
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
RCP	Trajatória Representativa de Concentração (Representative Concentration Pathway)
RRD	Redução de Riscos de Desastres
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (United Nations Framework Convention on Climate Change)

Sumário

Apresentação	7
Introdução	14
1. A Mudança do Clima	16
1.1. Conceitos básicos	16
1.2. O efeito estufa	17
1.3. Emissões e cenários	18
1.4. Cadeias de impacto da mudança do clima: consequências sobre o ambiente e as pessoas	23
1.5. Impactos futuros e medidas de enfrentamento	24
1.6. A mitigação da mudança do clima como estratégia complementar à adaptação	26
2. Adaptação à mudança do clima	28
2.1. Medidas de adaptação	28
2.2. Vulnerabilidades e riscos	29
2.3. Custos e benefícios da adaptação no contexto do desenvolvimento	31
3. Adaptação Baseada em Ecossistemas (AbE)	33
3.1. Biodiversidade, ecossistemas e serviços ecossistêmicos	33
3.2. A inter-relação entre ecossistemas, adaptação e mudança do clima	35
3.3. Componentes da AbE e princípios do enfoque ecossistêmico	36
3.4. Desafios e vantagens relacionados à AbE	40

4. Integração de AbE no planejamento	42
4.1 Aplicação da lente climática	44
4.2. Análise de vulnerabilidade, impacto e risco	52
4.3 Identificação de medidas de adaptação	65
4.4 Seleção e priorização de medidas de adaptação	69
4.5 Implementação de medidas AbE	73
4.6 Monitoramento e avaliação	77
Reflexões finais	83
Referências	84
Anexos	86
Anexo A - O caso de Zanadu	86
Anexo B - Exemplo de um projeto de desenvolvimento incluindo AbE	98
Anexo C - Exemplo de avaliação da vulnerabilidade de um sistema de interesse com base em dados de sensibilidade e capacidade adaptativa	103
Anexo D - Exemplo de avaliação do impacto potencial e do risco climático com base em dados de exposição e vulnerabilidade	108

Figuras

Figura 1. Ciclo AbE	14
Figura 2. Modelo idealizado do efeito estufa natural	17
Figura 3. Total anual de emissões antropogênicas de GEEs por gases 1970-2010	19
Figura 4. Emissões de gases de efeito estufa por setores econômicos (2010)	20
Figura 5. Participação nas emissões brutas por setor para os anos de 2005, 2010 e 2014	21
Figura 6. Mudanças na temperatura média da superfície (1986-2005 até 2081-2100)	22
Figura 7. Cadeias de impacto causadas pelos sinais e efeitos da mudança do clima	23
Figura 8. Complementaridade entre mitigação e adaptação	26
Figura 9. Relação entre ameaça, exposição, sensibilidade, capacidade adaptativa, vulnerabilidade, impacto potencial e risco	30
Figura 10. Classificação de serviços ecossistêmicos	34
Figura 11. Áreas de sobreposição entre <i>hotspots</i> de biodiversidade e regiões de potencial mudança de ecossistemas	35
Figura 12. Relação entre componentes de vulnerabilidade do sistema homem-ambiente e sua ligação com serviços ecossistêmicos	37
Figura 13. Visão geral do Ciclo AbE	42
Figura 14. Aplicar a lente climática	44
Figura 15. Dados históricos de precipitação de Maja, capital de Zanadu	46
Figura 16. Modelo regionalizado de projeção de temperaturas para Zanadu	47
Figura 17. Mapa de sinais da mudança do clima na APA Cananeia-Iguape-Peruíbe (SP)	51
Figura 18. Avaliar o risco climático	52
Figura 19. Identificar medidas de adaptação	65
Figura 20. Priorizar e selecionar medidas de adaptação	69
Figura 21. Implementar medidas de adaptação selecionadas	73
Figura 22. Monitorar e avaliar as medidas de adaptação implementadas	77
Figura A.1. Mapa de Zanadu	86
Figura A.2. Vazão histórica (1975-2000) e projetada (2040-2060) para o rio Alph	95

Tabelas

Tabela 1. Potencial de Aquecimento Global e emissão equivalente em CO ₂	19
Tabela 2. Comparação entre os cenários RCP, conforme descritos pelo IPCC (2014)	22
Tabela 3. Áreas de intervenção e exemplos de medidas de adaptação	29
Tabela 6. Visão geral das medidas de adaptação	39
Tabela 7. Exemplos de soluções AbE por setor	40
Tabela A.1. População de Zanadu por estados	87
Tabela A.2. Temperatura e precipitação média em três áreas de Zanadu	88
Tabela A.3. PIB e taxas de emprego por setor em Zanadu	90
Tabela A.4. Principais características de Zanadu	91
Tabela A.5. População do Estado do Sul	93
Tabela A.6. Agricultura no Estado do Sul	94
Tabela A.7. Fatores de estresse climático no Estado do Sul	96
Tabela B.1. Informação climática sobre o Estado do Oeste	98
Tabela C.1. Exemplos de como normalizar dados quantitativos e qualitativos de sensibilidade e capacidade adaptativa	103
Tabela C.1. Exemplos de como normalizar dados quantitativos e qualitativos de sensibilidade e capacidade adaptativa (continuação)	104
Tabela C.2. Exemplo de atribuição de pesos para os fatores que compõem a vulnerabilidade	106
Tabela C.3. Matriz de classificação de vulnerabilidade	107
Tabela D.1. Exemplos de como normalizar dados quantitativos e qualitativos de exposição	108
Tabela D.2. Matriz de classificação do impacto potencial	110
Tabela D.3. Matriz de classificação de risco climático	111

Matrizes

Matriz 1. Aplicação da lente climática	49
Matriz 2.1. Condições e tendências	55
Matriz de classificação de condições e tendências	55
Matriz 2.2. Ameaça, exposição, sensibilidade, capacidade adaptativa	59
Matriz de avaliação de vulnerabilidade	59
Matriz 2.3. Impacto (potencial) e riscos/ necessidade de ação	63
Matriz de avaliação de impacto	63
Matriz de avaliação de risco	64
Matriz 3. Identificação de opções de adaptação	67
Matriz 4. Critérios para seleção e priorização de medidas de adaptação	71
Matriz 5. Identificação de medidas complementares às medidas AbE	75
Matriz 6. Determinação de indicadores para monitoramento e avaliação	80

Introdução

Em todo o mundo, diferentes abordagens têm sido adotadas para auxiliar as populações humanas a se adaptarem à mudança do clima. Entre elas está a Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE), que vem propor o uso da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, ou soluções verdes, como opção para reduzir os riscos e potenciais impactos associados a essa mudança. Na perspectiva de aproveitar as contribuições desses serviços para as pessoas, a AbE traz consigo uma série de benefícios adicionais – entre eles, a própria conservação dos ecossistemas, que também estão expostos a pressões climáticas e não climáticas no contexto do desenvolvimento. Trata-se, assim, de um enfoque voltado às pessoas, mas que ressalta a profunda interdependência existente entre todos os seres vivos e seu meio.

A fim de colaborar na disseminação dessa abordagem, esta apostila apresenta uma base teórica e um conjunto de passos sistemáticos para sua integração nos processos de planejamento setoriais e territoriais. Tal sistematização tem origem na metodologia *Climate Proofing for Development* (CP4D), que foi desenvolvida pela GIZ em coordenação com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), englobando três princípios básicos: “o processo é a chave”, “a forma segue a função” e “mistura de perspectivas”.

Desses princípios derivam os passos metodológicos que compõem o Ciclo AbE (Figura 1). Ele começa com a aplicação da lente climática, a fim de avaliar se a mudança do clima deve ou não ser considerada no planejamento. Em seguida, é proposta a realização de uma análise de vulnerabilidade, impacto e risco, com o objetivo de identificar quais são as respectivas necessidades de ação. Depois, vem a identificação, seleção, priorização e implementação de medidas de adaptação e, por fim, o seu monitoramento e avaliação, que permite visualizar os resultados obtidos e as lições aprendidas no processo.

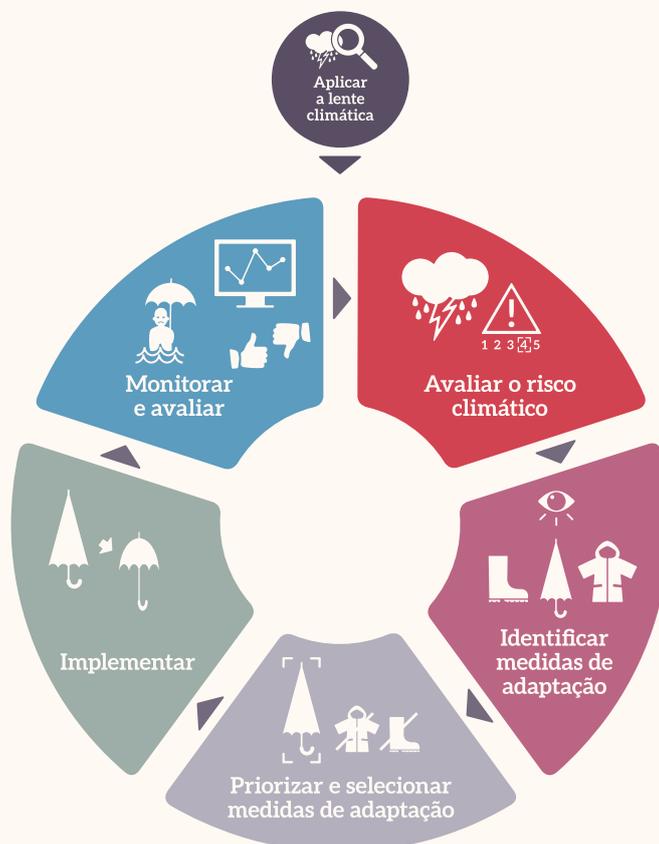
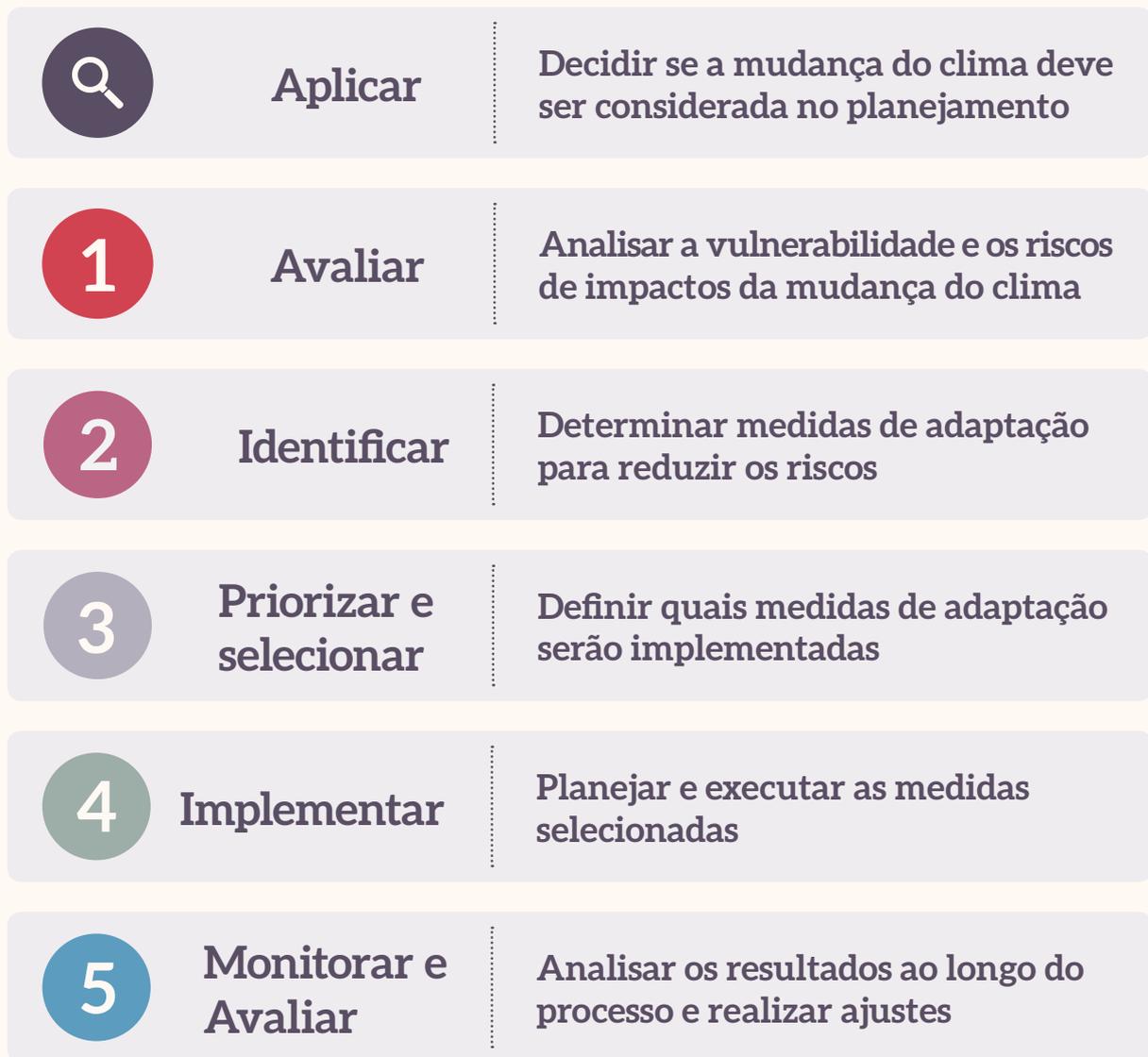


Figura 1. Ciclo AbE



A título de exemplo, tais passos são aqui trabalhados com base no estudo de caso do país fictício de Zanadu, cuja situação se aproxima em grande medida a condições e desafios encontrados na realidade atual. Nesse sentido, cabe esclarecer que o material foi pensado de modo a ser utilizado tanto em estudos de caso fictícios quanto reais. O objetivo desta formação é fortalecer a capacidade de diferentes atores da sociedade para a análise e seleção de medidas AbE como parte de uma estratégia geral de adaptação nos mais diversos contextos. A metodologia proposta ressalta, ainda, a importância de se trabalhar com um enfoque de equidade de gênero, tendo em conta as distintas relações culturais e socioambientais presentes em cada um deles.

O primeiro capítulo oferece, assim, uma introdução ao tema da mudança do clima, enquanto o segundo aborda a questão da adaptação de forma ampla e o terceiro detalha a abordagem da AbE. De modo geral, essa base teórica recorre sobretudo às referências fornecidas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), corroborando com a perspectiva de tal instituição. Todavia, é importante notar que esta se trata de uma temática complexa, cuja compreensão está em constante construção e revisão. O quarto capítulo, por sua vez, apresenta o passo a passo do Ciclo AbE, com exemplos e exercícios propostos para sua aplicação. Ao final da apostila, junto aos anexos, encontram-se os dados de apoio para o estudo de caso trabalhado, bem como uma série de informações adicionais relacionadas ao assunto.

A todas e todos, boa leitura e bom trabalho!

1. A Mudança do Clima

A fim de proporcionar uma introdução ao tema da mudança do clima, este capítulo apresenta conceitos básicos e informações relevantes para uma compreensão inicial do assunto. A partir disso, busca-se evidenciar as implicações que a atividade humana tem sobre o clima e as consequências que ela traz, bem como a importância de que esses aspectos sejam considerados nos diversos processos de planejamento e tomada de decisões.

Como será possível notar ao longo dessa discussão, a mudança do clima e o desenvolvimento estão intimamente conectados. Em suma, o desenvolvimento baseado em combustíveis fósseis e em alterações no uso do solo é considerado um impulsionador dessa mudança. Entre os efeitos relacionados a ela está o aumento da ocorrência de eventos climáticos extremos, que, por sua vez, afetam as oportunidades de desenvolvimento. Logo, lidar com esse cenário requer uma mudança também nas trajetórias e nos modos de desenvolvimento, considerando estratégias de enfrentamento em termos de mitigação e adaptação.

1.1. Conceitos básicos

Para dar início ao trabalho com o tema, é preciso antes de tudo esclarecer as noções de tempo e clima. Embora sejam frequentemente tratados como sinônimos no dia a dia, esses dois termos têm significados distintos. Eles podem ser definidos da seguinte forma:

Tempo: estado da atmosfera em um momento específico, em relação a fatores como temperatura, umidade, vento, etc. O tempo se refere, portanto, às condições meteorológicas identificadas em um breve período (um dia, por exemplo) em uma determinada região.

Clima: estado médio da atmosfera observado ao longo de um período maior de tempo (de meses a milênios) em uma região, sendo 30 anos o intervalo padrão adotado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). Assim, o clima corresponde ao “tempo médio” em um dado local (IPCC, 2013). Ele pode ser classificado de acordo com as partes do globo onde ocorre, como clima tropical, subtropical ou polar, entre outros.

Da mesma forma, é importante distinguir a noção de previsão do tempo da chamada projeção do clima. A previsão do tempo indica as condições meteorológicas esperadas para um ou alguns dias em um local, por exemplo: “O tempo hoje em Brasília será de muito calor, com umidade relativa do ar abaixo de 40%”. Já a projeção do clima diz respeito às características climáticas que uma região deve apresentar no futuro, considerando a influência de diversos fatores: “É esperado que o clima na região Centro-Oeste do Brasil seja mais quente daqui a 20 anos, com períodos prolongados de seca”.

Cabe notar que, assim como o tempo, o clima é algo dinâmico e pode apresentar variações ou mesmo transformações ao longo dos anos. Esses processos se diferenciam a partir dos seguintes conceitos (IPCC, 2013):

Variabilidade climática: refere-se a oscilações em relação aos padrões climáticos de uma região em um dado período, que podem ser resultantes de causas naturais ou fatores antropogênicos (gerados pelo homem). Um exemplo é o fenômeno El Niño, tecnicamente denominado ENSO (*El Niño Southern Oscillation*), que provoca o aquecimento das águas do Oceano Pacífico nos trópicos em intervalos de dois a sete anos. Com isso, ocorre uma alteração nos padrões de vento, chuvas e temperatura na região, o que produz efeitos em várias partes do mundo.

Mudança do clima: trata-se de uma modificação no estado do clima que se mantém por um período prolongado (décadas ou mais), podendo igualmente ser provocada por processos naturais ou por consequência da ação do homem. Nesse sentido, o conceito adotado pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC, na sigla em inglês) faz uma distinção, reconhecendo como

mudança do clima aquela que pode ser direta ou indiretamente atribuída à atividade humana, que altera a composição da atmosfera global e que se soma à mudança provocada pela variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis.

A partir de tal conceito, assume-se que a mudança do clima tem origem antropogênica, ou seja, é resultado da ação humana somada a variações climáticas decorrentes de processos naturais. Ela se caracteriza quando há, por exemplo, redução do volume de precipitações anuais ou aumento da temperatura média em uma região, em comparação com um período anterior. Embora existam diferentes compreensões a respeito de quais seriam as causas dessa mudança, a perspectiva mais aceita entre a comunidade científica é a de que esse processo está relacionado à intensificação do chamado efeito estufa, por conta da emissão de gases a partir da atividade humana, conforme é detalhado a seguir.

1.2. O efeito estufa

Responsável pela manutenção da temperatura na superfície terrestre, o efeito estufa é um fenômeno fundamental para a vida como é conhecida no planeta. A Figura 2 ilustra como ele ocorre: o sol irradia energia para a Terra e aciona o sistema climático, predominantemente por meio de ondas curtas no espectro visível ou próximo ao visível, como os raios ultravioleta. Parte da radiação que atinge o topo da atmosfera é refletida diretamente para o espaço e parte é absorvida pela superfície terrestre, promovendo o seu aquecimento. Para fins de equilíbrio energético, a Terra precisa propagar, em média, a mesma quantidade de energia de volta para o espaço, o que acontece na forma de radiação infravermelha. A maior parte dessa energia fica retida na atmosfera e é refletida de volta à Terra, por meio das nuvens e dos chamados gases de efeito estufa (GEEs), garantindo que ela permaneça aquecida. Nas condições atuais, a temperatura de superfície global média é de 14°C (IPCC, 2007).



Figura 2. Modelo idealizado do efeito estufa natural. Fonte: adaptado de IPCC (2007)

Os gases primários de efeito estufa são o vapor de água (H_2O), o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O) e o ozônio (O_3). Embora ocorram de forma natural na atmosfera, eles também podem ser emitidos ou gerados de forma induzida pela ação humana. Além disso, há alguns GEEs que são produzidos artificialmente pelo homem. Entre eles estão os halocarbonos, usados principalmente como agentes refrigeradores, solventes e propulsores, como os hidrofluorocarbonos (HFCs) e os perfluorocarbonos (PFCs). Assim, desde o início da era industrial, por volta do ano de 1750, a atividade humana vem alterando a composição da atmosfera, levando à intensificação do efeito estufa e, conseqüentemente, a um processo de aquecimento global (IPCC, 2007).

O dióxido de carbono (CO_2), conhecido como gás carbônico, é o principal GEE emitido por meio da ação do homem. Sua concentração na atmosfera tem aumentado principalmente pela queima de combustíveis fósseis, como o petróleo, o carvão e o gás natural, por processos industriais, como a produção de cimento, e por mudanças no uso dos solos, que incluem o desmatamento associado à queima de biomassa e alterações em práticas agrícolas. Já o metano (CH_4) teve sua concentração elevada devido à produção de energia a partir de carvão e gás natural, à decomposição de resíduos em aterros sanitários e lixões, ao cultivo de arroz, à criação de animais ruminantes, como o gado, e à queima de biomassa. Estes dois últimos fatores também estão associados ao aumento das emissões de óxido nitroso (N_2O), assim como alguns processos fabris, a exemplo da produção de nylon, e a transformação do nitrogênio usado como fertilizante na agricultura. Por sua vez, a emissão desse e de outros gases, como o monóxido de carbono (CO), desencadeia reações químicas na atmosfera que levam à produção de ozônio (O_3), aumentando também a sua concentração (IPCC, 2007).

Conforme a atmosfera se aquece devido à maior presença dos GEEs, aumenta também o processo de evapotranspiração e, conseqüentemente, o volume de vapor d'água presente no ar. Uma vez que o vapor também contribui para a intensificação do efeito estufa, esse acréscimo leva a um maior aquecimento, que aumenta mais uma vez a quantidade de vapor na atmosfera e assim por diante, em um ciclo que se retroalimenta. De todo modo, é importante notar que o nível de aquecimento gerado também depende de outros mecanismos. As nuvens, por exemplo, podem tanto colaborar para a retenção de calor junto à superfície terrestre quanto para refletir a radiação solar de volta para o espaço. Além disso, também há elementos no sistema climático que podem contribuir para a redução de GEEs na atmosfera, como as plantas que utilizam o CO_2 no processo de fotossíntese (IPCC, 2007).

Devido aos impactos que o aumento da concentração de GEEs gera sobre o clima, foram estabelecidos tratados internacionais para regular suas emissões e limitar o processo de aquecimento global, como o Acordo de Paris, firmado em 2015 no âmbito da UNFCCC, sucedendo o Protocolo de Quioto, assinado em 1997. Entre os gases com emissão regulada está o hexafluoreto de enxofre (SF_6), um gás sintético utilizado na indústria e na medicina. Embora esteja presente em menor quantidade na atmosfera, esse é o gás que apresenta o maior potencial de aquecimento, milhares de vezes maior que o do dióxido de carbono (CO_2). De todo modo, conforme será detalhado a seguir, o principal fator associado à mudança do clima na Terra é o aumento da concentração de CO_2 na atmosfera, e é com base nele que são calculados os fatores de contribuição dos demais gases para a intensificação do efeito estufa e o aquecimento global (IPCC, 2013).

1.3. Emissões e cenários

Como visto anteriormente, o aumento das emissões de GEEs pela ação humana se deu a partir de 1750, com o início da era industrial. De acordo com o IPCC (2014), esse crescimento foi mais significativo nos últimos 40 anos, atingindo suas maiores taxas na década de 2000, sobretudo em relação ao dióxido de carbono.

Frequentemente, as emissões de outros GEEs são expressas em termos de CO₂ equivalente (CO₂eq) ou emissão equivalente de CO₂, assim como o total de emissões. Para chegar a esse valor, multiplicam-se as quantidades emitidas de cada gás em um dado período de tempo (um ano, por exemplo) pelo seu respectivo Potencial de Aquecimento Global (GWP, na sigla em inglês). Portanto, cada gás de efeito estufa tem um GWP diferente. O do dióxido de carbono é igual a 1, considerado como parâmetro para o cálculo dos demais. Já o do metano (CH₄) é 21, ou seja, seu potencial de aquecimento é 21 vezes maior que o do dióxido de carbono. Logo, cada tonelada de metano emitida corresponde a 21 toneladas de dióxido de carbono, ou 21 tCO₂eq, e assim por diante, como mostra a Tabela 1, baseada nos parâmetros adotados pelo IPCC (2007):

Tabela 1. Potencial de Aquecimento Global e emissão equivalente em CO₂

Gás de efeito estufa	Potencial de Aquecimento Global (GWP)	Emissão equivalente em CO ₂ (por tonelada)
Dióxido de carbono (CO ₂)	1	-
Metano (CH ₄)	21	21 tCO ₂ eq
Óxido nitroso (N ₂ O)	310	310 tCO ₂ eq
Hidrofluorcarbonos (HFCs)	entre 140 e 11.700	140 - 11.700 tCO ₂ eq
Perfluorcarbonos (PFCs)	entre 6.500 e 9.200	6.500 - 9.200 tCO ₂ eq
Hexafluoreto de enxofre (SF ₆)	23.900	23.900 tCO ₂ eq

A Figura 3 representa os totais anuais de emissões antropogênicas de GEEs em gigatoneladas de CO₂ equivalente por ano (GtCO₂-eq/yr) para o período de 1970 a 2010, considerando os seguintes gases: CO₂ proveniente da queima de combustíveis fósseis e processos industriais (CO₂ fossil fuels and industrial processes), CO₂ proveniente da exploração de florestas e outros usos da terra (CO₂ FOLU), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e gases fluorados (F-gases). No gráfico, é possível observar o crescimento das emissões antropogênicas nesse período e a contribuição de cada gás para o total de emissões, com destaque para o dióxido de carbono proveniente da queima de combustíveis fósseis e processos industriais.

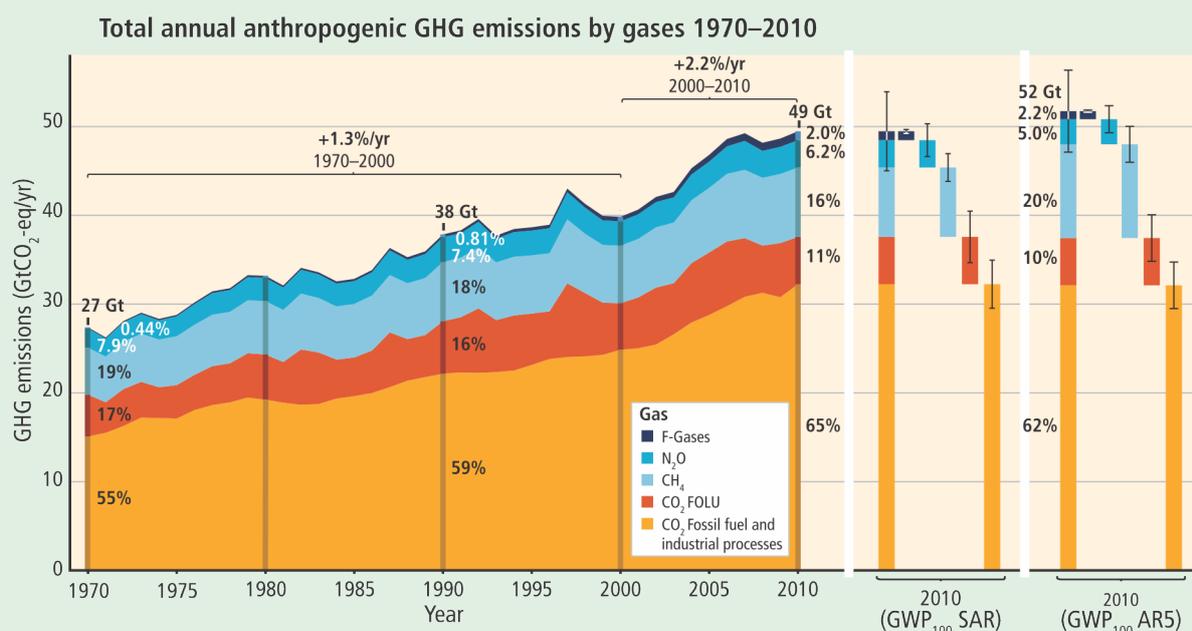


Figura 3. Total anual de emissões antropogênicas de GEEs por gases 1970-2010. Fonte: IPCC (2014).

A Figura 4 mostra a contribuição percentual de diferentes setores econômicos para o total de emissões, considerando o ano de 2010. O círculo mostra as emissões de GEEs geradas de forma direta pela produção de eletricidade e calor (*electricity and heat production*), agricultura, exploração de florestas e outros usos do solo (AFOLU), construção civil (*buildings*), transporte (*transport*), indústria (*industry*) e outros tipos de energia (*other energy*). O destaque à direita descreve as emissões indiretas de CO₂ correspondentes a cada setor pelo consumo de eletricidade e calor, em relação ao total de emissões antropogênicas de GEEs. Vê-se que a maior proporção de emissões diretas vem do setor de produção de energia, seguido da agricultura, exploração de florestas e outros usos do solo, da indústria, do transporte e da construção civil. Se consideradas as emissões indiretas, as contribuições da indústria aumentam em cerca de um terço, enquanto as da construção civil chegam a triplicar.

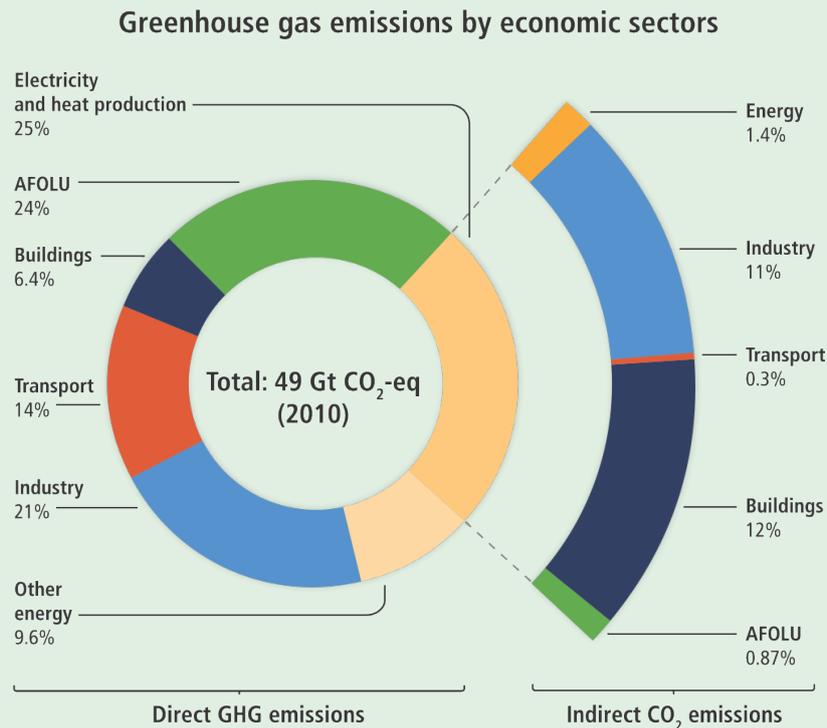


Figura 4. Emissões de gases de efeito estufa por setores econômicos (2010). Fonte: IPCC (2014)

É importante esclarecer que essas emissões não são igualitárias em todo o globo: elas variam de acordo com as atividades desenvolvidas em cada região, sendo a maior parte das emissões globais originada por países altamente industrializados, como China e EUA. No Brasil, elas estão relacionadas sobretudo a mudanças de uso da terra e florestas, que em 2014 representaram 49% do total de emissões nacionais, como mostra a Figura 5. Embora seja possível observar uma redução considerável nesse percentual desde o ano de 2005, devido a uma diminuição nos índices de desmatamento, essa continua sendo a principal fonte de emissões no país, seguida da agropecuária e da produção de energia (MCTI, 2016).

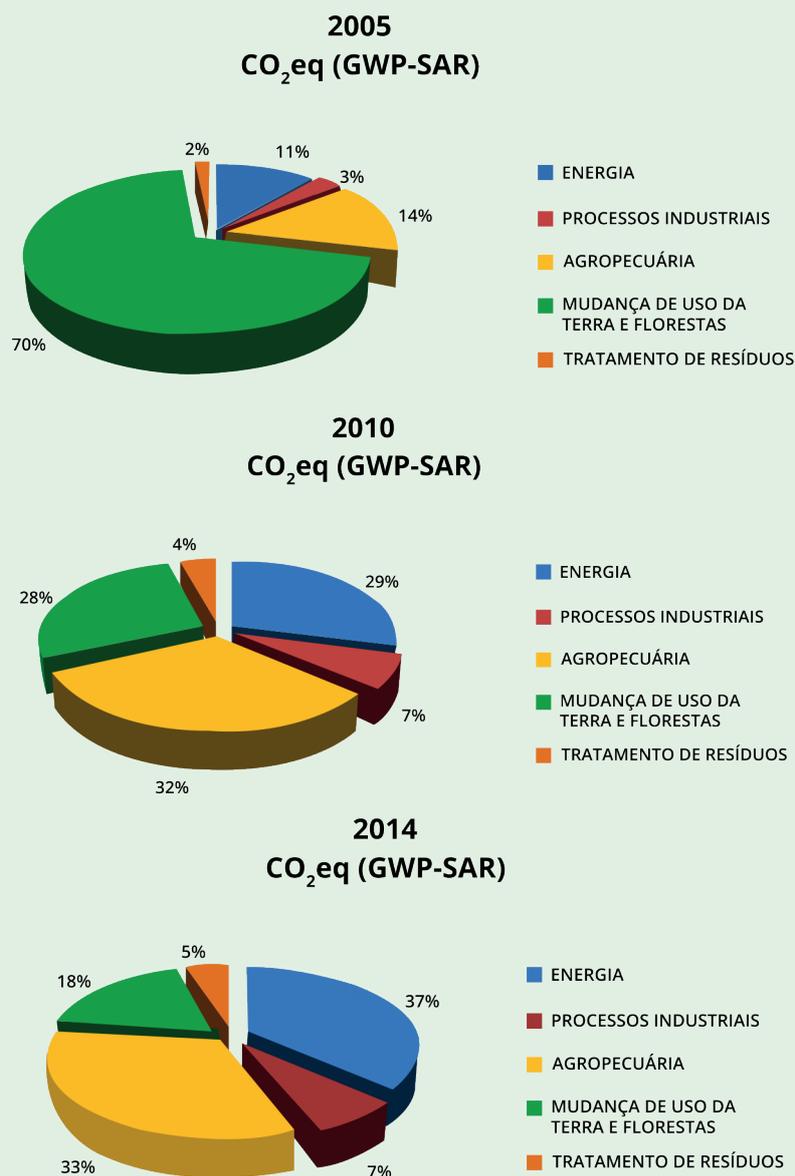


Figura 5. Participação nas emissões brutas por setor para os anos de 2005, 2010 e 2014. Fonte: MCTI (2016)

Com base na análise histórica das emissões e suas implicações, os cientistas também desenvolvem estudos para analisar como o clima pode se comportar no futuro. Essa análise é feita de acordo com diferentes cenários de emissões, que levam em conta fatores como as perspectivas de crescimento demográfico, padrões de uso do solo, consumo de energia e mudanças tecnológicas, entre outros. Em seu quinto relatório, o IPCC (2014) apresenta quatro cenários possíveis para o ano de 2100. Eles são caracterizados a partir das chamadas Trajetórias Representativas de Concentração (RCPs, na sigla em inglês), que descrevem quatro possibilidades para a evolução das concentrações de GEEs na atmosfera, indicando a alteração no equilíbrio de radiação do planeta associada a cada uma delas. Em termos técnicos, a medida dessa alteração é chamada forçante radiativa, que se expressa em Watts por metro quadrado, ou seja, uma razão entre potência e área. Os nomes dos cenários se referem, assim, à forçante radiativa que cada um representa em relação aos níveis pré-industriais, como resume a Tabela 2:

Vê-se que no cenário RCP 8.5 a mudança de temperatura pode chegar a cerca de 10°C em alguns pontos do globo, enquanto o RCP 2.6 inclui a possibilidade de redução de temperatura em uma pequena área no Hemisfério Norte. De todo modo, é importante observar em ambos os casos que a distribuição dessas alterações é irregular. O mesmo vale para os efeitos e impactos associados a elas, que se desdobram, por exemplo, no derretimento das calotas polares, no aumento do nível do mar e em alterações dos padrões de precipitação. Outro impacto causado pelas alterações na composição da atmosfera é a acidificação dos oceanos, que altera as condições de vida marinha, afetando várias espécies de seres vivos. Em suma, a mudança do clima gera impactos em cadeia que atingem cada região do planeta de formas distintas, interferindo em toda dinâmica da vida terrestre, como será detalhado a seguir.

1.4. Cadeias de impacto da mudança do clima: consequências sobre o ambiente e as pessoas

Embora os efeitos da mudança do clima possam ser percebidos de forma direta, como o derretimento das geleiras nos polos em decorrência do aumento da temperatura, algumas consequências dessa mudança podem se apresentar de forma indireta: o gelo derretido, por exemplo, leva ao aumento do nível do mar, o que, por sua vez, altera a dinâmica dos territórios costeiros, causando migrações, e assim por diante. A esses conjuntos de processos “em cascata” dá-se o nome de cadeias de impacto: a partir de diferentes sinais climáticos (indícios da mudança do clima), tem-se uma série de efeitos (resultados diretos dessa mudança) e, finalmente, de impactos (suas consequências diretas e indiretas), que podem ser tanto biofísicos quanto socioeconômicos. Cabe esclarecer que às vezes um sinal pode ser interpretado também como um efeito, dependendo da cadeia de impacto a ser analisada. Por exemplo: o aumento do nível do mar pode ser considerado tanto um sinal da mudança do clima quanto um efeito do aumento da temperatura. É o que mostra o esquema da Figura 7:

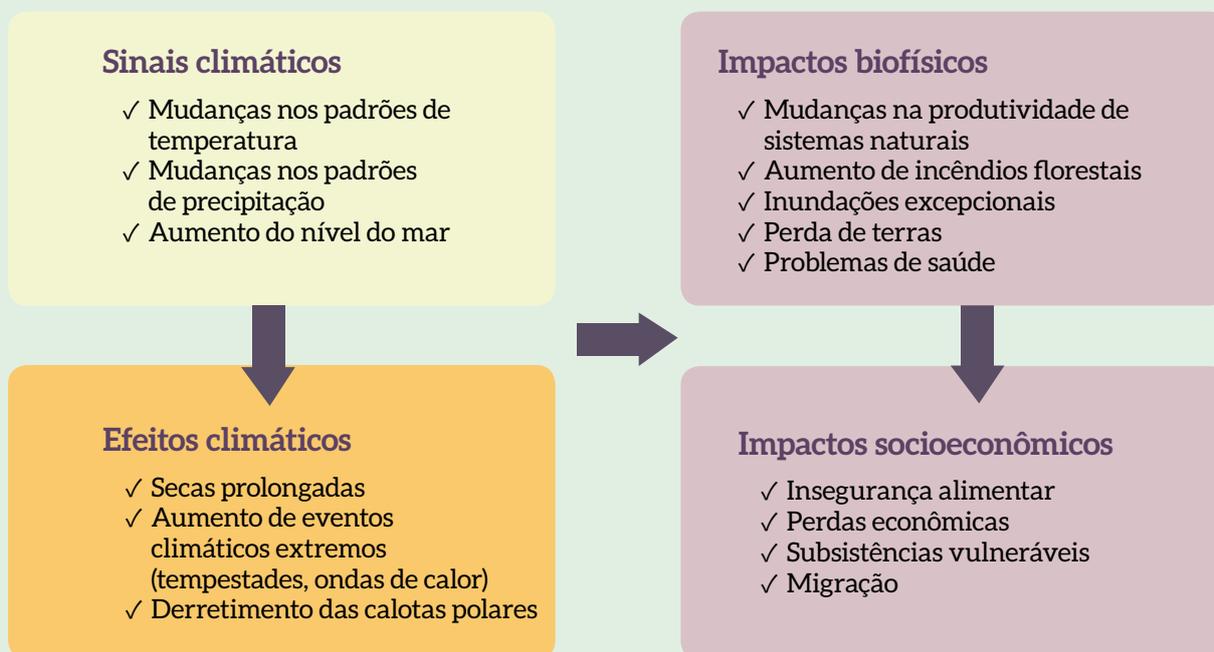


Figura 7. Cadeias de impacto causadas pelos sinais e efeitos da mudança do clima

É importante notar, assim, que os impactos da mudança do clima ocorrem de forma complexa, afetando diversos elementos que estão interligados no sistema climático e intensificando desafios já existentes no contexto do desenvolvimento. Outros dois exemplos de cadeias de impacto são os seguintes:

- Aumento de chuvas intensas → devastação de cultivos e infraestrutura no meio rural → perda da colheita e/ou dificuldade de transportar os produtos ao mercado → redução de renda e aumento da pobreza.
- Temperaturas mais elevadas e redução de chuvas → aumento da ocorrência de secas → maior risco de incêndios florestais → ameaça à biodiversidade e perda de meios de subsistência.

Como se vê, esses impactos tendem a se propagar ao longo das cadeias, eventualmente atingindo os seres humanos e seus modos de vida. Em uma perspectiva global, alguns impactos que já podem ser observados em relação à mudança do clima estão relacionados à ocorrência de eventos climáticos extremos (como tempestades, vendavais e granizo), à disponibilidade de recursos hídricos, tanto em termos de qualidade quanto de quantidade, a alterações nos padrões e dinâmicas populacionais de espécies de seres vivos aquáticos e terrestres, à ocorrência de doenças transmitidas pela água e por vetores e à produtividade dos cultivos alimentares. Vale lembrar que impactos positivos também podem ser atribuídos à mudança do clima, como no caso dos cultivos que são favorecidos pelos novos padrões de temperatura e precipitação em determinadas áreas, por exemplo. De todo modo, mundialmente, os impactos negativos da mudança do clima sobre a produção alimentar superam os positivos (IPCC, 2014).

1.5. Impactos futuros e medidas de enfrentamento

Em relação aos cenários futuros, as projeções dos cientistas apontam para uma intensificação de diversos impactos e riscos relacionados à mudança do clima. Na América do Sul, por exemplo, a elevação do nível do mar e a alteração das dinâmicas hidrológicas deve aumentar o risco de ocorrência de enchentes, erosão e destruição de infraestrutura em regiões costeiras (IPCC, 2014). Em relação ao Brasil, um estudo desenvolvido no contexto da Mata Atlântica (MMA, 2018) analisou impactos da mudança do clima referentes a tal bioma, considerando dois modelos climáticos regionalizados para o país¹ e dois cenários RCP (4.5 e 8.5), com previsões para 2040, 2070 e 2100. Sete impactos foram analisados: ocorrência de (i) inundações, (ii) erosão hídrica e (iii) deslizamentos, (iv) disponibilidade de água no solo, (v) distribuição de vetores de doenças, (vi) impactos sobre o zoneamento agroclimático² e (vii) impactos sobre a distribuição de fitofisionomias³ da Mata Atlântica. O estudo chegou às seguintes previsões:

- Aumento na ocorrência de inundações no litoral norte da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco e Paraíba, e principalmente na porção de Mata Atlântica das regiões Sudeste e Sul do Brasil, devido ao aumento dos extremos de precipitação.
- Aumento na ocorrência de erosão hídrica por toda a Mata Atlântica, principalmente no verão nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, e no inverno na região Nordeste.
- Aumento na ocorrência de deslizamentos no Nordeste, Sudeste e Sul, principalmente em regiões serranas.
- Diminuição da disponibilidade de água no solo em todas as regiões da Mata Atlântica, com destaque para o período de inverno na região Nordeste, devido ao aumento da temperatura média e à variação no regime de precipitação.
- Aumento na distribuição de vetores de doenças em todas as áreas de Mata Atlântica, principalmente no verão, devido à elevação dos extremos de temperatura e precipitação.

1 Tratam-se dos modelos denominados ETA MIROC5 e ETA HadGEM2-ES.

2 O zoneamento agroclimático distingue as áreas que fornecem boas condições de crescimento para as principais culturas agrícolas.

3 Fitofisionomias são as formações florestais nativas e ecossistemas associados que formam, em seu conjunto, a Mata Atlântica.

- Impactos sobre a produção de diversas culturas agrícolas em todas as áreas da Mata Atlântica, notadamente na região Nordeste, devido ao aumento da temperatura média e à variação no regime de precipitação.
- Grande variação de áreas climaticamente aptas para a ocorrência das fitofisionomias da Mata Atlântica, devido a mudanças de precipitação e temperatura média e seus extremos.

Já outro estudo sobre riscos de desastres naturais relacionados às secas no contexto da mudança do clima (MMA, 2017) revelou as áreas mais vulneráveis a esse tipo de impacto no Brasil, também com base em dois modelos climáticos⁴. Um deles indica que essas localidades estão situadas no Centro-Oeste, no Nordeste (principalmente no Maranhão, Piauí, Bahia e Ceará), em algumas áreas do Norte (parte oeste do Amazonas e do Tocantins) e na porção norte de Minas Gerais. Mesmo que algumas delas sejam pouco povoadas, em alguns casos, sua alta exposição às ameaças climáticas coexiste com fragilidades socioeconômicas das populações locais, que enfrentam problemas relacionados à gestão de recursos hídricos, por exemplo. Os dados obtidos a partir do outro modelo incluem também áreas ao leste da região Sudeste e no extremo sul da região Sul.

É importante observar que além de haver regiões que estão mais suscetíveis aos impactos da mudança do clima, há também grupos sociais que se encontram em uma condição mais vulnerável que outros. Por esse motivo, a equidade de gênero deve ser sempre avaliada e promovida nesse contexto, conforme se discute no box a seguir.

Por que o gênero é importante no enfrentamento da mudança do clima?

Essa pergunta foi levantada em um trabalho realizado pela organização não governamental CARE Internacional (CARE, 2010), que discute as relações entre gênero e adaptação à mudança do clima. Como aponta o trabalho, uma calamidade climática não afeta igualmente todas as pessoas em uma comunidade ou até na mesma família. Em muitos casos, as capacidades individuais de ação e gerenciamento de crises são constrangidas pela existência de regras e normas culturais repressivas e pela partilha injusta de direitos, recursos e poder. Embora homens pobres e marginalizados enfrentem essa situação com frequência, ela ocorre principalmente junto às mulheres.

Em diversas comunidades rurais que enfrentam riscos ligados a fenômenos naturais, por exemplo, existem desigualdades em termos de responsabilidade de ação e oportunidades de trabalho devido às relações de gênero. Via de regra, são os homens que migram em busca de emprego, o que pode resultar em benefícios para a família como um todo. Contudo, frequentemente, isso aumenta a carga de trabalho das mulheres, que precisam assumir mais atribuições na gestão da família, ficando também mais expostas a vários tipos de riscos, como a violência baseada no gênero. De todo modo, nesses casos, o planejamento e a responsabilidade para a adaptação à mudança do clima recai principalmente sobre elas. Porém, muitas vezes, os homens mantêm o poder de tomada de decisões mesmo à distância e, ao retornar, negam às mulheres a autonomia para serem agentes eficazes de adaptação à mudança do clima e de gestão de riscos.

Assim, a desigualdade de gênero pode ser caracterizada como uma das causas fundamentais da vulnerabilidade à mudança do clima. Daí a importância de se adotar um enfoque de equidade ao pensar nas possíveis formas de enfrentamento dessa mudança.

⁴ Tratam-se dos modelos denominados Eta-HadGEM e Eta-MIROC.

1.6. A mitigação da mudança do clima como estratégia complementar à adaptação

Como abordado anteriormente, embora haja diferentes perspectivas e incertezas relacionadas às causas e impactos da mudança do clima, fato é que ela está acontecendo, o que representa uma série de riscos para a vida humana. No dia a dia, é possível observar, por exemplo, os danos causados pelo aumento da intensidade de chuvas e tempestades: pessoas ficam desabrigadas e perdem bens, a infraestrutura pública é danificada, serviços são interrompidos, etc. Vale lembrar também que esses problemas são vivenciados de forma diferente entre as diversas populações e grupos sociais, dependendo de suas condições e de sua vulnerabilidade. Daí a preocupação em adotar estratégias de enfrentamento capazes de reduzir esses riscos, que podem se dar basicamente em duas frentes: a mitigação e a adaptação.

A mitigação procura limitar a mudança do clima em si, reduzindo as emissões de GEEs por meio de medidas como a prevenção do desmatamento e o uso de energias renováveis. Já a adaptação consiste em diminuir ou evitar danos decorrentes da mudança do clima, ou ainda explorar oportunidades benéficas relacionadas a essa mudança. Vale notar que a mitigação e a adaptação são estratégias complementares (Figura 8). Elas devem caminhar juntas e, dependendo da abordagem adotada, podem gerar vários cobenefícios ou benefícios múltiplos. Uma medida de adaptação que envolve a recuperação da vegetação nativa de uma área para melhorar a drenagem de água no solo, por exemplo, pode contribuir também para a mitigação, já que as plantas fazem a captura de carbono do ar. Além disso, tal medida poderia colaborar para a melhoria da qualidade do ar no local, refletindo-se em melhores condições de saúde pública.

Mudanças climáticas, adaptação e mitigação: visão



Figura 8. Complementaridade entre mitigação e adaptação. Fonte: GIZ (2014)

Para tomar decisões estratégicas sobre as medidas de enfrentamento a serem adotadas, é preciso levar em conta uma série de fatores, que serão aprofundados adiante, na perspectiva da adaptação. Para saber mais sobre o tema da mitigação, o quadro a seguir apresenta algumas sugestões de leitura.

Sugestões de leitura sobre mitigação da mudança do clima

- Mitigação das Mudanças Climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 3 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas - Volume 3 - Disponível em: http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/RAN1_completo_vol3.pdf
- Plano Setorial de Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Indústria de Transformação - Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80076/Industria.pdf>
- Mitigation of Climate Change in Agriculture (MICCA) Programme, Food and Agriculture Organization of the United Nations - Disponível em: <http://www.fao.org/in-action/micca/en/>
- United Nations Environment Programme - Climate Change Mitigation - Disponível em: <https://www.unenvironment.org/explore-topics/climate-change/what-we-do/mitigation>
- Global Environmental Facility - Climate Change Mitigation - Disponível em: https://www.thegef.org/gef/climate_change/mitigation
- Climate Change 2014 - Mitigation of Climate Change, Working Group III Contribution (IPCC) - Disponível em: <http://mitigation2014.org>

Neste capítulo, foi possível conhecer os principais conceitos necessários para a compreensão da mudança do clima e saber como seus impactos podem afetar os modos de vida humanos, evidenciando a necessidade de se adotar uma estratégia de adaptação. O próximo capítulo apresenta, assim, uma visão geral sobre esse tema, constituindo uma base para a introdução à abordagem da AbE, que será vista na sequência.

2. Adaptação à mudança do clima

Como visto no capítulo anterior, a adaptação é uma estratégia essencial para reduzir os riscos relacionados à mudança do clima, em paralelo à mitigação. Vale lembrar que a temperatura global já aumentou em relação aos padrões históricos pré-industriais e que, mesmo se zeradas as emissões, ela deve continuar aumentando por algumas décadas até que possa ser observada uma tendência de reversão (IPCC, 2014). Dessa mudança decorrem diversos impactos que já afetam a vida no planeta de várias formas ou que podem vir a afetá-la no futuro. Entre eles está a tendência de aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, como tempestades e secas, que podem levar à ocorrência de uma série de desastres se nenhuma atitude a respeito for tomada.

O IPCC (2014) define adaptação como “o processo de ajuste de sistemas humanos e naturais ao clima atual ou esperado e a seus efeitos”. Nos sistemas humanos, a adaptação visa reduzir ou evitar danos, bem como explorar oportunidades relacionadas à mudança do clima, ao passo que, em alguns sistemas naturais, a intervenção humana também pode contribuir para o ajuste ao clima esperado e a seus efeitos.

No âmbito da UNFCCC e do Acordo de Paris, a adaptação é um compromisso assumido por todos os países-parte, sendo um foco prioritário sobretudo para as nações em desenvolvimento, que apresentam, em geral, mais vulnerabilidades diante da mudança do clima. Globalmente, as ações de adaptação se tornam ainda mais relevantes à medida que o risco climático se soma a outras questões críticas no contexto do desenvolvimento, como a pobreza, o acesso desigual a recursos, a inequidade de gênero, conflitos e insegurança alimentar, entre outros.

Este capítulo traz uma visão inicial sobre o tema da adaptação e esclarece alguns conceitos importantes para a tomada de decisões sobre as medidas a serem adotadas. Entre eles estão as noções de vulnerabilidade e risco, que serão retomadas adiante para a integração da AbE no planejamento. Na sequência, encontra-se uma breve contextualização sobre os custos e benefícios da adaptação à mudança do clima, ressaltando sua importância no contexto do desenvolvimento sustentável.

2.1. Medidas de adaptação

Embora a adaptação possa ocorrer de forma espontânea, como uma resposta “automática” dos sistemas naturais ou humanos à mudança do clima, ela também pode se dar de forma deliberada, com o planejamento e a adoção de medidas por entes públicos e privados. Em geral, as medidas de adaptação podem ser reativas ou antecipatórias, ou seja, podem referir-se tanto a impactos já existentes quanto àqueles que são esperados para o futuro. A exemplo da AbE, existem diferentes abordagens que podem ser usadas para desenhar essas medidas, como a da Adaptação baseada em Comunidades (AbC) e a da Redução de Riscos de Desastres (RRD), além de enfoques híbridos, que combinam princípios de mais de uma referência. Elas também podem variar de acordo com outros fatores, como o alcance geográfico (local ou regional, por exemplo) e temporal (curto, médio ou longo prazo).

De todo modo, as medidas de adaptação podem ser divididas em quatro grandes áreas de intervenção: soluções técnicas, desenvolvimento de capacidades, ações políticas e pesquisa e divulgação. A Tabela 3 mostra alguns exemplos que correspondem a cada uma delas:

Tabela 3. Áreas de intervenção e exemplos de medidas de adaptação

Soluções técnicas <ul style="list-style-type: none">✓ Implantar sistemas de drenagem pluvial nas cidades✓ Fazer reflorestamento	Desenvolvimento de capacidades <ul style="list-style-type: none">✓ Investir na formação de especialistas em monitoramento de dados climáticos✓ Aperfeiçoar habilidades de gestão
Pesquisa e divulgação <ul style="list-style-type: none">✓ Monitorar a mudança do clima e seus impactos✓ Pesquisar formas de cultivo resilientes ao clima✓ Comunicar riscos e medidas preventivas junto à população	Ações políticas <ul style="list-style-type: none">✓ Desenvolver sistemas de incentivo à adaptação✓ Promover a participação de comunidades afetadas nos processos de decisão

Logo, a implementação dessas medidas pode envolver diferentes atores sociais. Entre os principais responsáveis por esse processo e suas respectivas atribuições estão:

- **Setor público:** estabelecimento de normas e regulamentos para bens, serviços e ativos públicos, bem como para a proteção social e prevenção de conflitos, entre outros.
- **Indivíduos e comunidades:** preparação das moradias para a adaptação.
- **Setor privado:** consideração dos riscos climáticos no desenho de produtos e serviços.
- **Cooperação internacional:** auxílio financeiro e provimento de recursos para a adaptação, capacitação e compartilhamento de conhecimentos.

Em suma, as medidas de adaptação são ações que visam reduzir os riscos associados à mudança do clima, os quais, por sua vez, estão relacionados às vulnerabilidades presentes em um dado local. Assim, independentemente de qual seja a abordagem e as medidas adotadas, o ponto de partida para seu planejamento é compreender quais são essas vulnerabilidades e riscos, que resultam da relação entre outras variáveis, conforme se esclarece a seguir.

2.2. Vulnerabilidades e riscos

Na literatura científica há diferentes entendimentos sobre os conceitos de vulnerabilidade e risco. Em linhas gerais, pode-se dizer que a vulnerabilidade é a propensão ou predisposição de um sistema a ser afetado negativamente pela mudança do clima, enquanto o risco diz respeito à probabilidade de que isso ocorra. Para entender esses conceitos, é preciso conhecer as noções de ameaça, exposição, sensibilidade, capacidade adaptativa e impacto potencial. A fim de facilitar sua compreensão, aqui são adotadas noções simplificadas, baseadas na terminologia utilizada pelo IPCC (2012; 2014).

Uma **ameaça** se refere à possível ocorrência de eventos físicos naturais ou induzidos pelo homem que podem causar perdas, danos ou prejuízos sobre vidas, propriedades, infraestruturas e o meio ambiente, por exemplo. A **exposição** se refere à presença de pessoas, espécies, ecossistemas, meios de subsistência, infraestruturas e recursos econômicos, sociais ou culturais, entre outros, em locais e arranjos que podem ser afetados adversamente. A **sensibilidade**, por sua vez, é o grau em que um sistema pode ser afetado, de

forma positiva ou negativa, pela variação ou mudança do clima. Já a **capacidade adaptativa** corresponde a quanto um sistema, indivíduo, instituição ou qualquer outro organismo é capaz de lidar com possíveis danos, aproveitar oportunidades ou responder a consequências relacionadas a essa mudança. Assim, a **vulnerabilidade** de um sistema é dada pela relação entre sua sensibilidade e capacidade adaptativa diante de uma ameaça a que ele está exposto.

Finalmente, os **impactos potenciais** correspondem às possíveis consequências que uma ameaça pode causar sobre o sistema caso se materialize, tendo em conta seus níveis de exposição e vulnerabilidade. Como mencionado anteriormente, eles podem ser diferenciados entre impactos biofísicos – que atuam, por exemplo, sobre os ecossistemas ou infraestruturas – e impactos socioeconômicos – que afetam os modos de vida humanos. A probabilidade de uma ameaça (à qual se está exposto e vulnerável) ocorrer, combinada à de um impacto potencial se materializar resulta, então, no **risco**. A Figura 9, a seguir, ilustra a relação entre esses conceitos:

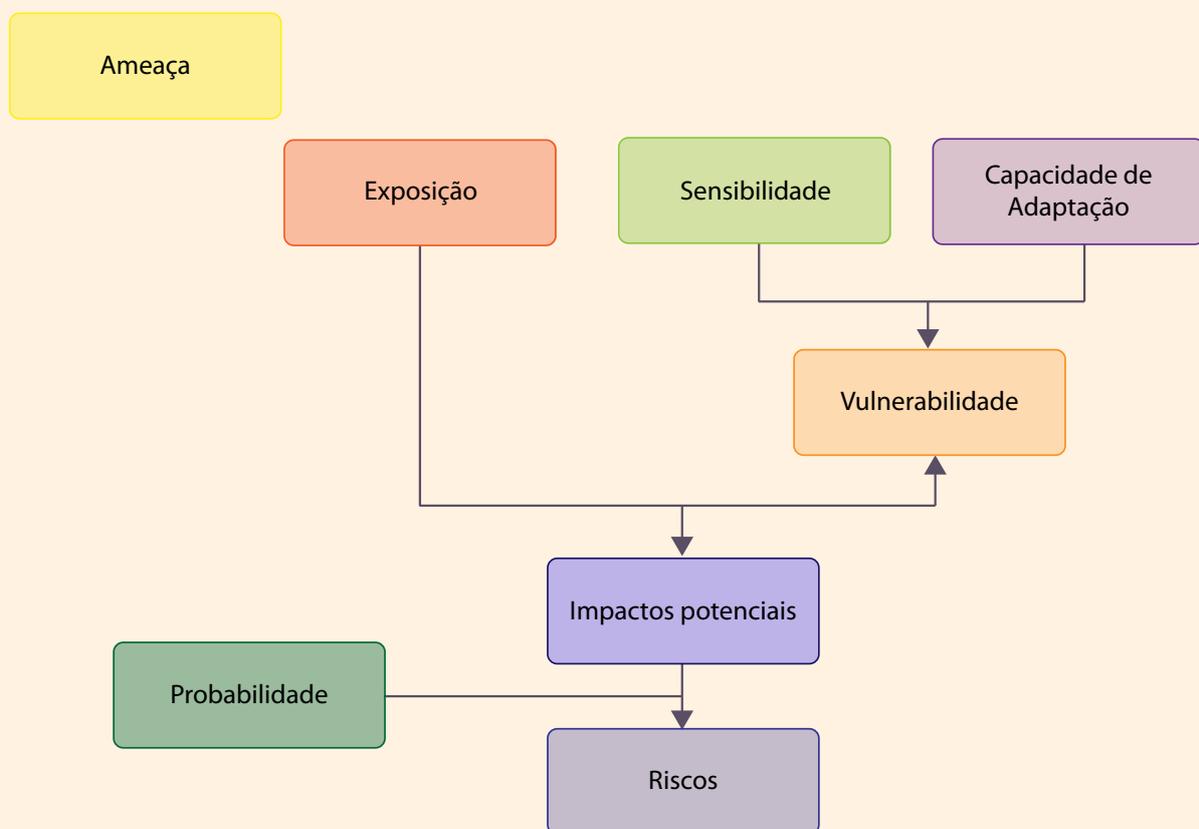


Figura 9. Relação entre ameaça, exposição, sensibilidade, capacidade adaptativa, vulnerabilidade, impacto potencial e risco

Assim, para diminuir os riscos a que um sistema está sujeito por conta da mudança do clima, as medidas de adaptação devem ser capazes de reduzir os impactos potenciais associados às ameaças a que ele está exposto. Para isso, elas podem atuar em três focos: na diminuição de sua exposição, na redução de sua sensibilidade ou no aumento de sua capacidade adaptativa. Desse modo, a adaptação contribui para o aumento da **resiliência** do sistema, que se refere à sua capacidade de lidar com um dano, tendência ou distúrbio, respondendo ou reorganizando-se de forma que se mantenham suas funções, identidades e estruturas essenciais, além de sua capacidade de adaptação, aprendizado e transformação (IPCC, 2014).

Vale lembrar que tanto a vulnerabilidade quanto a capacidade de enfrentamento da mudança do clima se revelam diferentes entre mulheres e homens. Portanto, é necessário conhecer e reconhecer as diversas necessidades das pessoas no contexto da adaptação. A garantia de uma ampla participação das mulheres na tomada de decisões sobre o tema é muito relevante, não apenas porque muitas delas são mais vulneráveis, mas porque elas têm perspectivas e experiências específicas que podem contribuir nesse processo, colaborando, assim, para o sucesso das medidas de adaptação.

2.3. Custos e benefícios da adaptação no contexto do desenvolvimento

Outra questão relevante para a tomada de decisões quanto à adaptação são os custos que ela pode envolver e suas possíveis formas de financiamento. Um estudo divulgado em 2006, conhecido como Relatório Stern, analisa os aspectos econômicos da mudança do clima e avalia que, em uma perspectiva global, a quantidade de investimentos e fluxos financeiros necessários para enfrentá-la é grande se comparada com o financiamento disponível sob a UNFCCC, mas pequena em relação ao Produto Interno Bruto (PIB) global. De acordo com o estudo, os gastos e perdas que poderiam ocorrer na ausência de medidas de enfrentamento seriam bem maiores do que o investimento necessário para realizá-las (Stern, 2007).

Custos da adaptação em nível local

No Brasil, uma pesquisa realizada na cidade de Santos (SP) revelou resultados semelhantes: embora a adaptação à mudança do clima demande obras que são relativamente caras para os orçamentos municipais, a falta de adaptação pode acarretar custos até dez vezes maiores. No caso analisado, constatou-se que o custo mínimo para realizar obras de adaptação em duas regiões da cidade ficaria em torno de 300 milhões de reais, ao passo que a ausência dessas medidas poderia custar ao município pelo menos 1,5 bilhões de reais. O cálculo leva em conta a estrutura física de imóveis e seu valor venal, mas os números poderiam ser ainda maiores se considerados os prejuízos em áreas como saúde e educação, chegando a 3 bilhões de reais, sem contar os danos sociais relacionados.

A pesquisa foi desenvolvida como parte do **Projeto MetrÓpole**, uma iniciativa internacional para o estudo de estratégias de adaptação à mudança do clima em localidades costeiras, com a participação do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), do Instituto Geológico (IG) da Universidade de São Paulo (USP) e da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Fonte: **Não se adaptar às mudanças climáticas sairá no mínimo cinco vezes mais caro**
Maria Fernanda Ziegler, Agência FAPESP – 24/08/2017
http://agencia.fapesp.br/nao_se_adaptar_as_mudancas_climaticas_saira_no_minimo_cinco_vezes_mais_carro/25976/

Embora os custos e benefícios da adaptação sejam difíceis de quantificar devido às incertezas e à variedade de aspectos intangíveis envolvidos, outros estudos e estimativas vêm sendo realizados nesse sentido, a fim de contribuir na compreensão do assunto e oferecer subsídios para processos decisórios em diferentes níveis. Um relatório do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), por exemplo, aponta que os fundos necessários para a adaptação nos países em desenvolvimento devem ser de 250 a 500 bilhões de dólares por ano até 2050, considerando que o aumento da temperatura global se limite a 2°C em relação aos níveis pré-industriais (UNEP, 2014). Apesar de o valor superar expectativas anteriores, cabe notar que variadas fontes de recursos vêm sendo disponibilizadas para a adaptação, por meio de fundos nacionais e internacionais, por exemplo.

Fontes de financiamento para a adaptação

Um estudo desenvolvido pelo World Resources Institute (WRI) Brasil e lançado em 2017 pelo Instituto Ethos e a WWF-Brasil mapeou fontes de financiamento para adaptação disponíveis no Brasil, com foco no setor empresarial. Ao todo, foram identificados 20 fundos nacionais e 28 internacionais que podem ser acessados para ações de adaptação. Para saber mais sobre o estudo, é possível conferir os seguintes documentos:

Financiamento climático para adaptação no Brasil: mapeamento de fundos nacionais e internacionais (relatório completo): https://www3.ethos.org.br/wp-content/uploads/2017/09/Publicaca%C3%A7%C3%A3o_Financiamento_Clim%C3%A1tico_compressed.pdf

Financiamento para adaptação no Brasil: fundos nacionais e internacionais (síntese dos resultados): https://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/folder_financiamento_adaptacao_final.pdf

É importante lembrar, ainda, que a adaptação se insere no contexto do desenvolvimento sustentável e, como abordado no Capítulo 1, pode trazer uma série de cobenefícios ou benefícios múltiplos, como a mitigação da mudança do clima, entre outros. A adaptação também está associada ao chamado princípio da precaução – diante da incerteza sobre os impactos que podem ocorrer, adota-se uma postura preventiva.

Nesse sentido, algumas formas de adaptação também podem ser consideradas medidas de baixo arrependimento, cuja implementação gera benefícios ainda que nenhum impacto da mudança do clima ocorra. Por exemplo, ao criar um parque urbano em uma área que tende a ficar alagada em períodos de chuva intensa, evitam-se desastres ou prejuízos que poderiam se dar caso essa mesma área fosse usada para habitação. Mesmo que os alagamentos não ocorram, o parque exerce várias funções úteis, como a regulação microclimática e a amenização da poluição, sendo ainda um local para turismo e lazer. Em outras palavras, ele oferece uma série de serviços ecossistêmicos à população. O uso desse tipo de serviço é justamente a proposta da AbE, que é detalhada a seguir. Para tanto, serão retomados alguns conceitos vistos ao longo deste capítulo, que ofereceu uma introdução ao tema da adaptação.

3. Adaptação Baseada em Ecossistemas (AbE)

O capítulo anterior ressaltou a importância da adaptação no contexto da mudança do clima e apresentou os conceitos que serão utilizados na tomada de decisão sobre as medidas a serem adotadas. Como visto, uma das possíveis abordagens para o desenho dessas medidas é a AbE, que pode ser utilizada em conjunto com outros enfoques. Este capítulo descreve, então, os componentes e princípios da AbE, bem como a inter-relação existente entre ecossistemas, adaptação e mudança do clima. Na sequência, também são discutidas algumas vantagens e desafios relacionados a essa abordagem, de modo a dar suporte para sua integração em processos de planejamento.

O conceito de AbE foi apresentado formalmente na 10ª Conferência das Partes (COP 10), promovida em 2009 pela UNFCCC, no contexto Convenção das Nações Unidas sobre Diversidade Biológica (CDB). Esta a definiu da seguinte forma:

Adaptação baseada em Ecossistemas é o uso da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos como parte de uma estratégia geral de adaptação, a fim de ajudar as pessoas a se adaptarem aos efeitos adversos da mudança do clima.

Trata-se, portanto, de uma abordagem com foco nas pessoas, que busca reduzir a vulnerabilidade humana à mudança do clima por meio da gestão e utilização da biodiversidade e de serviços ecossistêmicos. O propósito da AbE é aproveitar oportunidades de conservação, recuperação e uso sustentável dos ecossistemas para gerar serviços que ajudam as pessoas a se adaptarem a essa mudança. Com isso, ela também colabora para minimizar os impactos da mudança do clima sobre os ecossistemas, ressaltando justamente que as pessoas dependem deles e que, neles, todos os elementos estão interligados – quando um é afetado, os demais também são. Logo, biodiversidade, ecossistema e serviços ecossistêmicos são três conceitos centrais para essa abordagem, como é detalhado a seguir.

3.1. Biodiversidade, ecossistemas e serviços ecossistêmicos

A **biodiversidade** (diversidade biológica) corresponde à variabilidade entre organismos vivos de todas as origens (MMA, 2000). Isso compreende tanto a diversidade existente dentro de uma mesma espécie quanto a que ocorre entre diferentes espécies e entre ecossistemas. Por sua vez, um **ecossistema** pode ser definido como um complexo dinâmico de vegetais, animais e micro-organismos que interagem entre si e com o seu ambiente como uma unidade funcional (MMA, 2000). Essas noções ressaltam, portanto, a interdependência que existe entre os seres vivos e seu meio. Uma mudança na biodiversidade, por exemplo, pode afetar diretamente o funcionamento dos ecossistemas. Da mesma forma, alterações nos ecossistemas, incluindo aspectos físicos e químicos do ambiente (como temperatura, umidade ou constituição do solo), podem afetar a biodiversidade.

Fica clara, assim, a importância de ambos para a vida humana. Nesse sentido é que se diz que os ecossistemas proveem uma série de serviços que são importantes para as pessoas – tratam-se dos chamados **serviços ecossistêmicos**. Eles são divididos em quatro tipos, como ilustra a Figura 10:

Serviços de provisão: englobam os produtos obtidos a partir dos ecossistemas, como alimento, madeira, fibras, energia e água fresca.

Serviços de regulação: referem-se aos benefícios relacionados à regulação dos processos ecossistêmicos, incluindo, por exemplo, a regulação do clima, do ciclo da água e de algumas doenças humanas.

Serviços culturais: tratam-se dos benefícios não materiais que as pessoas obtêm dos ecossistemas, como a recreação, contemplação e beleza cênica, ou outros usos com fins espirituais ou educacionais, por exemplo.

Serviços de suporte: são os serviços necessários para a manutenção de todos os anteriores, como a produção de biomassa pela fotossíntese, a formação do solo, a ciclagem de nutrientes e o provimento de habitat.



Figura 10. Classificação de serviços ecossistêmicos. Fonte: GIZ (2013)

Com base nos exemplos, pode-se notar que os serviços ecossistêmicos são imprescindíveis à vida e ao bem-estar humano, ao passo que a qualidade desses serviços está diretamente ligada à integridade e funcionalidade dos ecossistemas que os proveem. Por outro lado, fatores que interferem nas condições de vida e bem-estar humano podem ser interpretados como dimensões da vulnerabilidade à mudança do clima, que os ecossistemas podem ajudar a diminuir por meio dos serviços que fornecem. Essa é a lógica da AbE, que ressalta a inter-relação existente entre esses fatores, conforme se esclarece a seguir.

3.2. A inter-relação entre ecossistemas, adaptação e mudança do clima

Se, por um lado, os ecossistemas podem contribuir para a adaptação humana à mudança do clima, por outro, eles também estão em risco por conta dessa mudança. A isso se somam outras pressões não climáticas, de origem antropogênica, que os colocam em uma situação de risco ainda maior. Um exemplo disso são os diversos fatores que induzem à perda da biodiversidade no contexto atual, tanto diretos, como a poluição e a exploração excessiva de algumas espécies, quanto indiretos, como interesses políticos, culturais e científicos.

A Figura 11 indica as áreas do globo onde se encontram *hotspots* de biodiversidade⁵ (cor laranja) e onde há projeções de mudanças nos ecossistemas terrestres (cor verde) até 2100, em relação ao ano de 2000, bem como onde essas duas questões se sobrepõem (círculos vermelhos). No caso do território brasileiro, por exemplo, é possível identificar a ocorrência desses três processos. De todo modo, as áreas em verde devem ser consideradas apenas como indicativo da extensão das possíveis mudanças dos ecossistemas, incluindo ganhos ou perdas de cobertura florestal, pradarias, bosques, cobertura herbácea e desertos (World Bank, 2010).

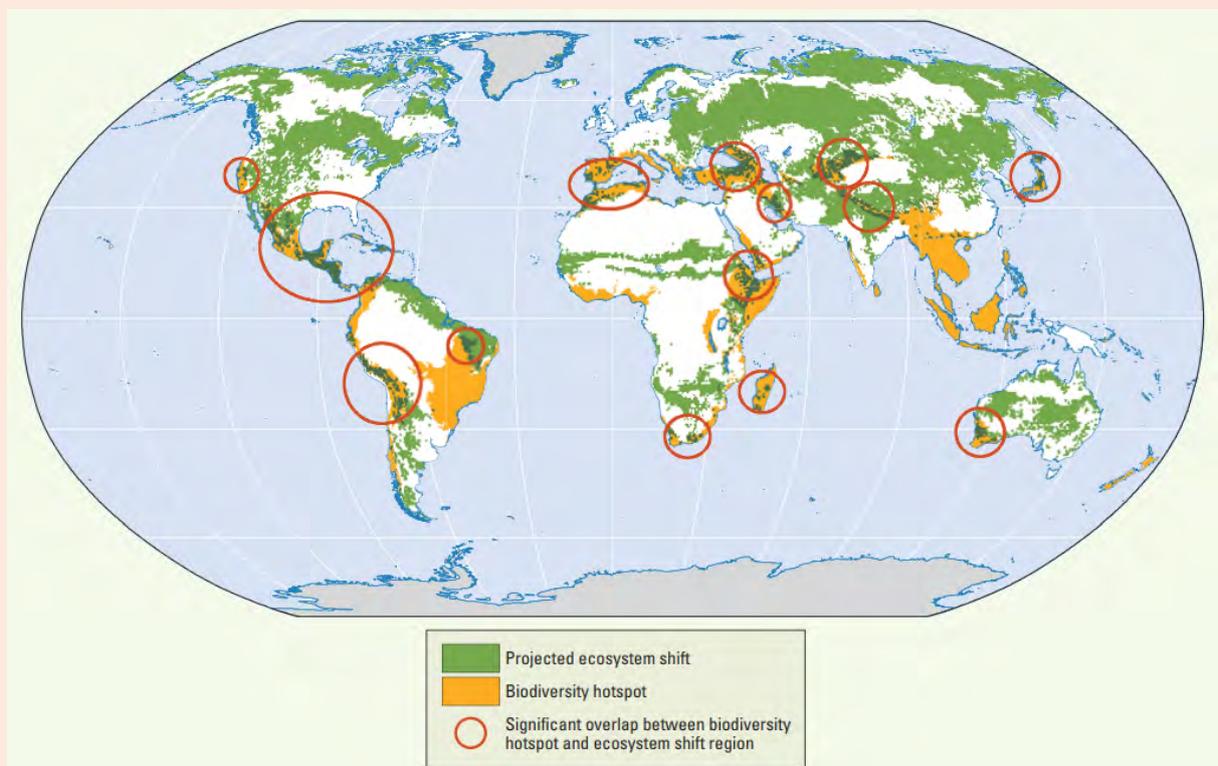


Figura 11. Áreas de sobreposição entre hotspots de biodiversidade e regiões de potencial mudança de ecossistemas⁶. Fonte: World Bank (2010), baseado em Myers *et al.* (2000) e Fischlin *et al.* (2007)

⁵ Áreas que apresentam concentrações excepcionais de espécies endêmicas e que estão vivenciando uma excepcional perda de habitat (Myers *et al.*, 2000).

⁶ Embora muitas das mudanças projetadas para os ecossistemas estejam em áreas boreais ou desérticas que não são hotspots de biodiversidade, há ainda áreas substanciais de sobreposição e preocupação.

Dessa forma, é preciso considerar que tanto pressões climáticas quanto não climáticas contribuem para a degradação da biodiversidade e dos ecossistemas – e, conseqüente, para a redução dos serviços ecossistêmicos disponíveis. Nesse sentido, torna-se especialmente importante adotar uma estratégia de adaptação e de gestão que seja capaz de manter a biodiversidade e o bom funcionamento dos ecossistemas, como é o caso da AbE. A seguir são apresentados, então, os componentes e princípios dessa abordagem.

3.3. Componentes da AbE e princípios do enfoque ecossistêmico

Como mencionado no início do capítulo, a AbE consiste na utilização da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos para ajudar as pessoas a se adaptarem à mudança do clima. Assim, para que uma medida seja caracterizada como AbE, ela precisa contar com alguns componentes obrigatórios, que a diferem de outras abordagens de adaptação. São eles:

- Alinhamento estratégico explícito: soluções verdes para reduzir a vulnerabilidade à mudança do clima;
- Foco antropocêntrico: centrado na adaptação das pessoas/sociedade;
- Integração a uma estratégia geral de adaptação;
- Utilização de dados sobre a mudança do clima ou cenários climáticos;
- Análise de vulnerabilidade, impacto e risco;
- Perspectiva territorial e participação intersetorial;
- Respeito aos 12 princípios do enfoque ecossistêmico.

Esses 12 princípios foram definidos no contexto da CDB e podem ser resumidos da seguinte forma:

Princípios do enfoque ecossistêmico

1. Os objetivos de gestão dos recursos naturais devem estar nas mãos da sociedade.
2. A gestão deve ser descentralizada para o nível mais baixo apropriado.
3. Os gestores de ecossistemas devem considerar os efeitos (reais ou potenciais) de suas atividades sobre outros ecossistemas.
4. Reconhecendo os ganhos potenciais da gestão dos ecossistemas, é necessário que se entenda e maneje o ecossistema em um contexto econômico para:
 - a) Reduzir distorções de mercado que afetam negativamente a diversidade biológica;
 - b) Alinhar os incentivos para promover o uso sustentável e a conservação da biodiversidade;
 - c) Internalizar custos e benefícios no ecossistema sob análise.
5. A conservação da estrutura e do funcionamento do ecossistema, a fim de manter a provisão seus serviços, deve ser um objetivo prioritário da abordagem ecossistêmica.
6. Os ecossistemas devem ser geridos dentro dos limites de seu funcionamento.
7. A abordagem ecossistêmica deve ser realizada nas escalas espaciais e temporais apropriadas.
8. Reconhecendo a variedade de escalas temporais e tempo de reposta que caracterizam os processos ecossistêmicos, os objetivos de gestão dos ecossistemas devem ser definidos para o longo prazo.
9. A gestão deve reconhecer que a mudança é inevitável.
10. A abordagem ecossistêmica deve buscar o equilíbrio adequado e a integração entre estratégias de conservação e uso da biodiversidade.
11. A abordagem ecossistêmica deve considerar todas as formas de informação relevantes, incluindo conhecimentos, inovações e práticas das comunidades científicas, indígenas e locais.
12. A abordagem ecossistêmica deve envolver todos os setores da sociedade e disciplinas científicas relevantes.

É importante levar em conta, ainda, que para a implementação das medidas AbE podem ser necessárias algumas ações complementares, dependendo do estado dos ecossistemas envolvidos. Para proporcionar os resultados esperados em termos de adaptação, esses ecossistemas devem estar saudáveis, porém essa nem sempre é a realidade. Nesses casos, é preciso planejar, além das medidas AbE, as ações que serão realizadas para a recuperação da funcionalidade dos ecossistemas envolvidos e, assim, garantir a prestação dos serviços ecossistêmicos necessários à adaptação.

A Figura 12 mostra a relação entre os componentes de vulnerabilidade do sistema homem-ambiente e sua ligação com os serviços ecossistêmicos. Vê-se que a redução da vulnerabilidade dos ecossistemas depende mais fortemente dos serviços de regulação e suporte, enquanto os serviços culturais e de provisão têm maior importância para apoiar a adaptação humana à mudança do clima.

Relação entre serviços ecossistêmicos e vulnerabilidade

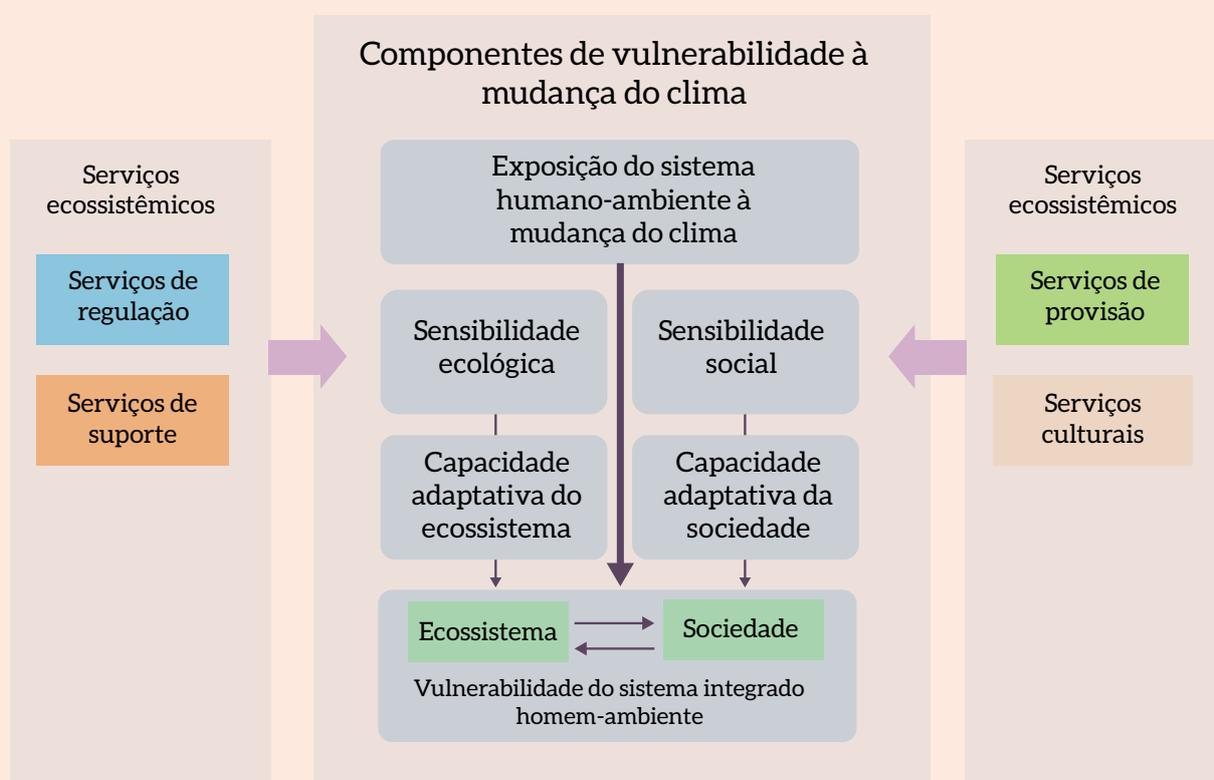


Figura 12. Relação entre componentes de vulnerabilidade do sistema homem-ambiente e sua ligação com serviços ecossistêmicos. Fonte: adaptado de CIFOR, USAID e ICRAF (2009)

Os exemplos a seguir mostram algumas medidas que podem ou não ser caracterizadas como AbE, de acordo com os componentes e princípios apresentados.

AbE:

- Restauração de manguezais para criar uma barreira a fim de proteger as pessoas que moram na zona costeira diante do aumento do nível das marés.
- Conservação de espécies em extinção como serviço cultural utilizado como atrativo para desenvolvimento do turismo, a fim de diversificar a renda da população local diante da perda de fontes tradicionais por conta da mudança do clima.
- Estabelecimento de barreiras vivas nas encostas dos morros para reduzir o fluxo de águas superficiais, a fim de diminuir a vulnerabilidade das comunidades situadas no vale frente a possíveis enchentes causadas pelo aumento de chuvas torrenciais.

Como se vê, essas três medidas utilizam “soluções verdes” para reduzir a vulnerabilidade à mudança do clima, tendo como foco as pessoas em situação de risco.

Não AbE:

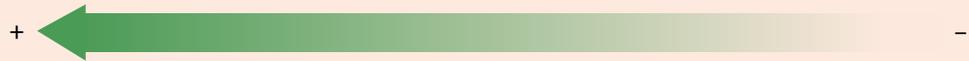
- Restauração de manguezais para a criação de peixes.
- Delimitação de áreas protegidas com espécies endêmicas para conservar a diversidade biológica.

Nesses casos, apesar de as opções utilizarem a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos, faltam alguns componentes para serem consideradas como AbE, como o foco nas pessoas e sua estratégia de adaptação à mudança do clima. Assim, a medida não AbE “Restauração de manguezais para a criação de peixes”, poderia ser transformada numa medida AbE da seguinte forma, por exemplo:

- Restauração de manguezais para a criação de peixes como fonte de alimentação para a população caiçara, frente à ameaça de insegurança alimentar causada pela mudança do clima.

Diante do contexto apresentado, a Tabela 6 apresenta um quadro geral das medidas de adaptação, descritas de acordo com seus objetivos, metas e áreas de intervenção.

Tabela 6. Visão geral das medidas de adaptação

Objetivos de adaptação Áreas de intervenção	Controlar indutores de vulnerabilidade	Estabelecer capacidades de resposta	Gerir riscos climáticos	Lidar com os efeitos da mudança do clima
Ações políticas	Fortalecimento da cooperação intersetorial para o manejo sustentável de recursos naturais	Fortalecimento da participação local no planejamento do uso do solo	Planos de uso do solo não permitem moradias em áreas expostas a inundações	Realocação de comunidades em áreas afetadas pelo aumento do nível do mar
Soluções técnicas	Diversificação de fontes de renda em áreas afetadas por secas prolongadas	Restauração de bacias para controle de erosão e prevenção de inundações	Estabelecimento de um sistema de alerta baseado em tecnologias de comunicação	Construção de recifes artificiais para conter ondas
Desenvolvimento de capacidades	Formação da população local para aumentar a taxa de alfabetização	Fomento do conhecimento local sobre sistemas agroflorestais	Formação de autoridades para usar/ interpretar informações climáticas	Formação de produtores locais para cultivar variedades e espécies novas
Pesquisa e divulgação	Implementação do programa de melhoramento genético para gado	Análise de respostas comuns a eventos climáticos extremos passados	Disponibilização e sistematização de dados climáticos regionais	Registro e conservação da diversidade genética in/ex-situ
Meta	Aumentar a resiliência individual, comunitária e institucional	Aumentar a resiliência de sistemas para resolver problemas	Usar informações climáticas para tomar decisões	Reduzir efeitos adversos de ameaças esperadas da mudança do clima
Cobenefícios e baixo arrependimento	+  -			
Custo e necessidade de informações climáticas	-  +			

Dado que a AbE deve ser integrada a uma estratégia mais ampla de adaptação, sob uma perspectiva territorial, ela pode ser considerada em diferentes instrumentos de planejamento, seja em nível local, regional ou nacional. A Tabela 7 a seguir mostra exemplos de soluções AbE referentes a impactos da mudança do clima para vários setores. Na sequência, são abordados alguns desafios e vantagens relacionadas a esse enfoque.

Tabela 7. Exemplos de soluções AbE por setor

Setor beneficiado	Impacto da mudança do clima (direto e indireto)	Soluções AbE	Ecossistema beneficiado
Agricultura	Degradação acelerada dos solos	Cultivo de gramíneas com sistemas radiculares espessos e profundos para conservar a umidade do solo e fixá-lo/regenerá-lo	Pastagens
	Diminuição da disponibilidade de água	Agrofloresta: introdução de árvores de sombra e quebra-ventos para reduzir demanda da agricultura por água	Árvores, florestas
Manejo da água	Esgotamento acelerado e recarga reduzida da água subterrânea devido a mudanças na precipitação	Manejo adaptado de áreas de contenção para aumentar a recarga e regular a perda de água subterrânea	Florestas, pastagens, áreas úmidas, sistemas agrícolas
	Enchentes causadas pelo aumento de frequência e magnitude de tempestades	Restauração de zonas ripárias e várzeas, contribuindo para o controle das enchentes.	Áreas úmidas e florestas de galeria
Proteção da costa	Erosão costeira acelerada devido ao aumento do nível do mar e eventos climáticos	Restauração de ecossistemas costeiros, como os mangues, e reabilitação de dunas	Mangues, vegetação de dunas
	O aumento da sedimentação no delta dos rios para os mares	Restauração da vegetação (agro)florestal em bacias hidrográficas	Florestas, sistemas agroflorestais
Economia Local	Perda de renda proveniente da agricultura, em função de secas e perda de culturas	Promoção de fontes de renda alternativas, baseadas em produtos ecossistêmicos (por exemplo, madeira, alimentos, plantas medicinais, pesca)	Florestas, áreas úmidas e pastagens
	Destrução de infraestrutura e habitat por avalanches e deslizamentos de terra	Reflorestamento e manejo sustentável de vegetação em encostas	Florestas, arbustos

3.4. Desafios e vantagens relacionados à AbE

Como é possível notar, a implementação da AbE requer uma visão sistêmica e depende, muitas vezes, da cooperação intersetorial. Esse é um dos desafios que pode ser associado a essa abordagem, porém ela também apresenta uma série de vantagens, como sua capacidade de gerar cobenefícios e oferecer opções de baixo arrependimento, conforme mencionado no Capítulo 2. Todos esses fatores devem ser levados em conta nos processos de tomada de decisão sobre estratégias de adaptação. O quadro a seguir descreve essas e outras vantagens e desafios relacionados à AbE.

AbE: vantagens e desafios

Vantagens

1. **Medidas AbE podem ser mais custo-efetivas** do que medidas de adaptação baseadas em infraestrutura cinza.
2. **A AbE permite a mobilização de financiamentos** (fundos para AbE estão disponíveis e podem ser utilizados para medidas de adaptação).
3. **As opções de AbE são, com frequência, medidas de baixo arrependimento**, em razão dos múltiplos cobenefícios que geram.

Desafios

1. **Pressões não climáticas nos ecossistemas com efeitos adversos nos objetivos de adaptação:**
 - a. Necessidade de análise cuidadosa das pressões existentes e seus indutores.
 - b. Integração das medidas AbE em uma estratégia ampla de adaptação, junto a medidas não AbE, tais como desenvolvimento de políticas públicas, infraestrutura cinza e capacitação. O desafio se dá por se tratar de um tema complexo, ainda novo, com poucas experiências existentes.
2. **Cooperação intersetorial insuficiente:**
 - a. AbE necessita de coordenação entre os setores relevantes e os grupos de interesse. Provedores e beneficiários devem estar envolvidos.
3. **Legislação inconsistente:**
 - a. Aspectos da legislação incompatíveis com o alcance dos objetivos de AbE.
4. **Perspectiva participativa:**
 - a. Uma AbE de sucesso necessita do apoio da população, que depende dos serviços ecossistêmicos para subsistência.
 - b. Promoção da equidade de gênero.
5. **Custos de oportunidade:**
 - a. Necessidade de compensação monetária para perdas (por exemplo, pagamentos por serviços ambientais).
 - b. Cobenefícios da abordagem devem estar claros.
6. **Desafios metodológicos:**
 - a. Os efeitos da adaptação são medidos apenas em longo prazo.

Cabe analisar, assim, como esses aspectos se apresentam em cada contexto de trabalho com a AbE. Apesar de a promoção da equidade de gênero ser considerada um desafio para sua implementação, por exemplo, ela pode ser vista, ao mesmo tempo, como uma oportunidade para fortalecer o próprio processo de adaptação. Logo, a decisão de incluir medidas AbE no planejamento pode ser estratégica também nesse sentido. O próximo capítulo retoma essa discussão, ao detalhar os pontos a serem considerados em cada passo do Ciclo AbE.

4. Integração de AbE no planejamento

A partir das informações e conceitos expostos até aqui, este capítulo apresenta a metodologia proposta para a integração da AbE a processos de planejamento, que englobam a elaboração e a revisão de planos, programas, projetos e políticas. Baseada nos princípios do CP4D, ela é composta pelos seis passos sistemáticos que integram o Ciclo AbE, como mostra a Figura 13:

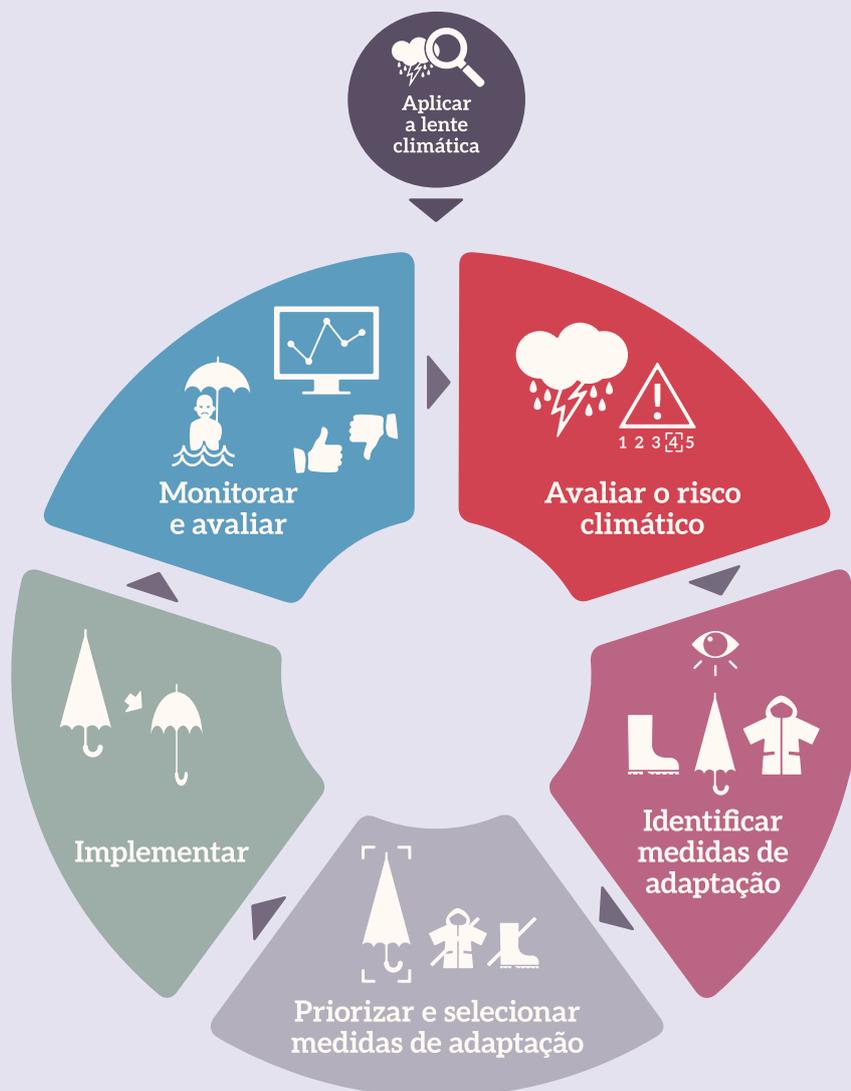


Figura 13. Visão geral do Ciclo AbE

O ciclo começa com a aplicação da lente climática, a fim de identificar se a mudança do clima deve ou não ser considerada no planejamento, de acordo com sua relevância para a região, os objetivos e os sistemas de interesse em questão. Caso ela deva ser considerada, o primeiro passo é conduzir uma análise de vulnerabilidade, impacto e riscos relacionados à mudança do clima para tal região, objetivos e sistemas de interesse. A seguir, é preciso identificar possíveis medidas de adaptação que possam reduzir os riscos encontrados no passo anterior, para então definir quais delas serão implementadas e com que prioridade. O próximo passo é a implementação das medidas selecionadas e priorizadas, a partir da elaboração de

um plano de ação. Por fim, vem a etapa de monitoramento e análise dos resultados obtidos, que permite realizar os ajustes necessários a fim de garantir o cumprimento dos objetivos planejados, bem como visualizar os resultados e lições aprendidas no processo.

As próximas seções detalham cada um desses passos, com perguntas-chave, exemplos e exercícios práticos baseados no estudo de caso do país fictício de Zanadu, cujas informações encontram-se junto ao Anexo A. Antes de prosseguir, é importante ler o material, para então acompanhar as atividades que serão trabalhadas ao longo de cada passo, com base no contexto que se apresenta a seguir.

Recomendações metodológicas

Embora o caso abordado na apostila seja o de um país, é importante observar que o mesmo processo vale para qualquer área de abrangência, que pode ser um município inteiro ou apenas parte dele, uma bacia hidrográfica, uma unidade de conservação, um estado, etc. Você pode adaptar o estudo à sua realidade de vida e trabalho para facilitar, usando casos fictícios ou reais. Outro ponto importante é que todas as matrizes aqui apresentadas podem ser modificadas de modo a melhor se ajustarem a cada situação.

Contexto de Zanadu

O processo de desenvolvimento de Zanadu é conduzido segundo um Plano Nacional de Desenvolvimento (PND). Todos os departamentos relevantes foram envolvidos em sua elaboração e a Comissão de Planejamento Nacional detém a liderança desse processo. A próxima revisão do plano encontra-se em fase de preparação e o Governo de Zanadu precisa decidir se e como a adaptação à mudança do clima deve ser integrada no mesmo. Isso porque é muito provável que alguns incidentes ocorridos no país venham sendo causados por essa mudança. Entre eles, estão:

- a alteração da cobertura de gelo e dos padrões de precipitação em forma de neve;
- a erosão em zonas costeiras;
- a diminuição da produção agrícola devido às secas e padrões de pluviosidade fora do normal.

O Governo, portanto, tem consciência de que o desenvolvimento do país pode ser afetado pela mudança do clima. Nesse âmbito, estão particularmente em risco os objetivos transversais de desenvolvimento sustentável e de redução da pobreza, que são os seguintes:

- Aumentar e diversificar a produção agrícola e a geração de renda em zonas rurais.
- Ampliar o acesso à água potável e dispor de sistema de saneamento que atenda 80% da população.
- Aumentar a participação da energia hidráulica na matriz energética de 15% para 25%.
- Aumentar em 5% a cobertura florestal.
- Manter a vazão de todos os rios para atender às necessidades da agricultura, do abastecimento de água para a comunidade, do transporte e da indústria.

A Comissão de Planejamento Nacional contratou, então, um grupo de consultores em questões climáticas a fim de auxiliá-la nesse processo. Para tanto, será necessário seguir os passos do Ciclo AbE, começando pela aplicação da lente climática, conforme se descreve a seguir.

4.1 Aplicação da lente climática

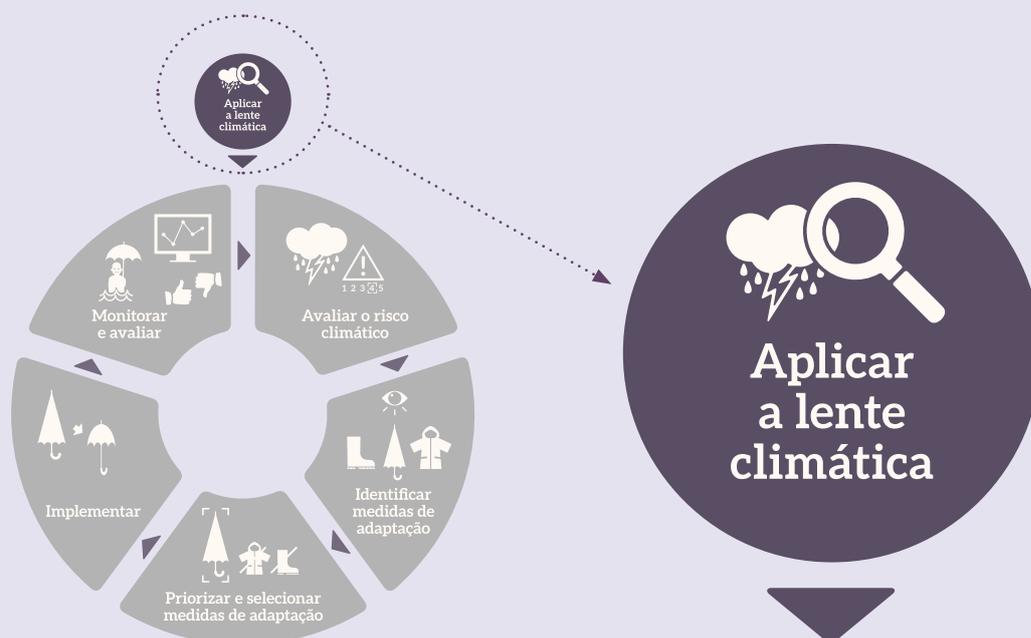


Figura 14. Aplicar a lente climática

Ponto de partida para o processo de integração da AbE no planejamento, aplicar a lente climática significa analisar pela perspectiva da mudança do clima os objetivos de desenvolvimento formulados para um plano, programa, projeto ou política, buscando visualizar de que maneira ela pode afetá-los, positiva ou negativamente. A finalidade desse passo é decidir se a mudança do clima deve ser considerada no planejamento em questão, o que é feito de acordo com os sistemas de interesse envolvidos. Caso a lente identifique a presença de sistemas de interesse em risco por conta da mudança do clima, são empregados os demais passos do Ciclo AbE.

Assim, primeiramente é preciso **definir a região de interesse** em questão e fazer uma leitura de seus dados climáticos, a fim de **avaliar como é o clima atual e como ele deve ser no futuro**. Para isso, pode-se recorrer aos estudos e cenários produzidos pelo IPCC, que são utilizados por órgãos brasileiros para analisar os impactos da mudança do clima no país, conforme abordado no Capítulo 1, tendo em conta também a percepção da própria população local. Para áreas em que haja poucos dados disponíveis ou que ainda não tenham sido estudadas, uma análise adicional pode ser necessária. A partir dessas informações, é possível compreender, por exemplo, se há risco de que a região sofra impactos como chuvas demais, longos períodos de seca e alterações em processos ecossistêmicos.

Depois, é necessário **definir os objetivos de desenvolvimento compreendidos no planejamento e avaliar como eles podem ser afetados pela mudança do clima**, buscando evidenciar quais sistemas de interesse estão sob maior risco. Esses sistemas podem ser setores da economia, locais específicos ou grupos sociais, como o setor de agricultura, uma área de encosta ou uma comunidade de pescadores, por exemplo. Nesse passo, já se pode identificar também os ecossistemas que estão presentes na região. Com base nessas informações, identificam-se, por fim, **quais atores sociais devem ser envolvidos no planejamento**.

As perguntas-chave referentes a este passo são:

- ✓ Qual é a região abrangida pelo planejamento?
- ✓ Como é o clima atual nessa região e como ele será no futuro?
- ✓ Quais são os objetivos a serem alcançados com o planejamento?
- ✓ Como esses objetivos podem ser afetados pela mudança do clima?
- ✓ Que áreas ou setores estão sob maior risco?
- ✓ Quais sistemas de interesse estão sob maior risco?
- ✓ Que ecossistemas estão presentes na região?
- ✓ Que atores devem ser envolvidos nos próximos passos do planejamento, considerando, inclusive, a equidade de gênero?

No caso de planos, programas, projetos ou políticas que estejam sendo revisados, cabe ainda uma pergunta adicional: que ajustes devem ser realizados no planejamento para responder às ameaças e oportunidades da mudança do clima? Diante de uma ameaça de falta d'água, por exemplo, um projeto ou programa que aumenta a eficiência de sistemas de provisão ou irrigação pode ser um passo na direção certa, mas também é importante propor medidas adicionais, como o desenvolvimento de planos de contingência para situações de escassez.

A seguir são propostos dois exercícios para a prática deste passo, com base no estudo de caso do país fictício de Zanadu. Vale lembrar que todas as informações necessárias para esta e as demais atividades se encontram no Anexo A, ao final da apostila.

Parte 1 – Interpretação de dados climáticos

Como visto no Capítulo 1, os dados climáticos históricos ajudam a entender a variabilidade e tendências de mudança do clima com base em seu comportamento no passado. Já as projeções indicam como essa mudança pode ocorrer no futuro, de acordo com determinados cenários. Para desenvolver uma estratégia de adaptação, é necessário analisar esses dois aspectos, levando em conta as variáveis climáticas, assim como as socioeconômicas, ambientais e culturais.

Na Figura 15, a seguir, encontram-se os dados históricos de precipitação de Maja, capital de Zanadu. O gráfico mostra a quantidade de precipitação em milímetros (mm) para cada período de três meses referentes às estações do ano: setembro, outubro e novembro (SON), dezembro, janeiro e fevereiro (DJF), março, abril e maio (MAM) e junho, julho e agosto (JJA). Esses dados se baseiam em observações da estação meteorológica localizada próximo a Maja, no período de 1970 a 2000.

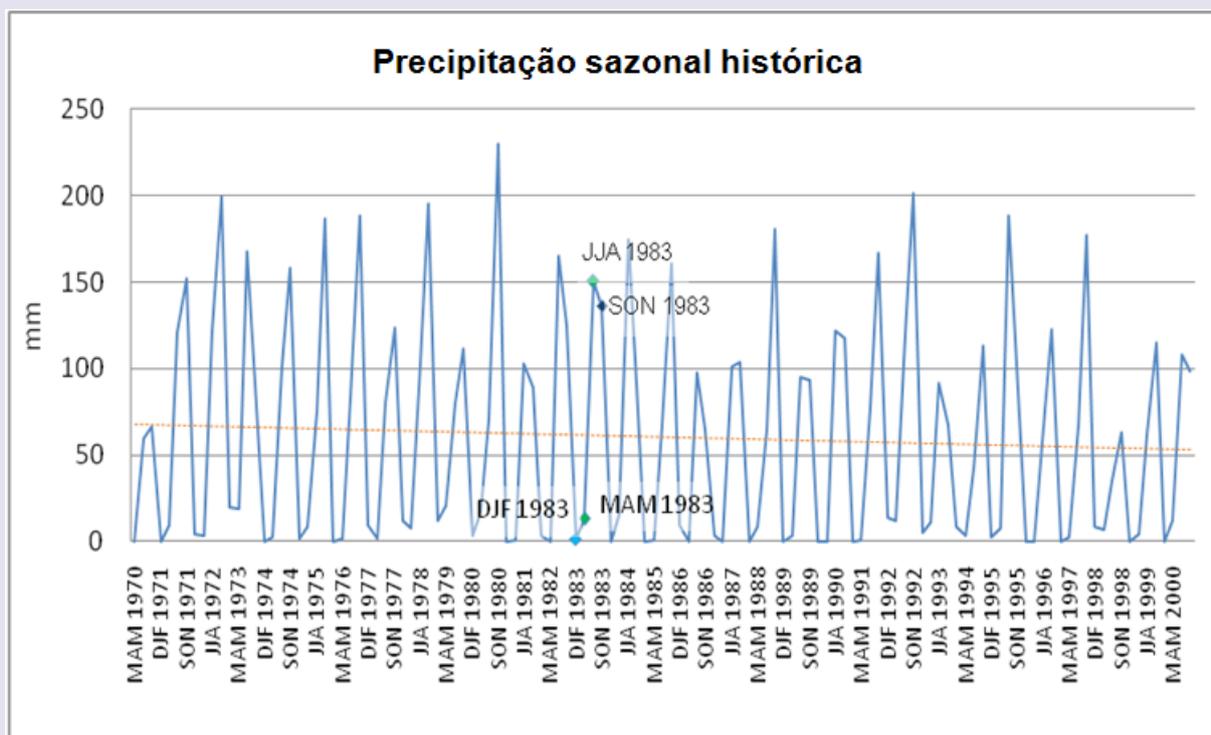


Figura 15. Dados históricos de precipitação de Maja, capital de Zanadu

A Figura 16, por sua vez, mostra o padrão espacial de mudança de temperatura média anual esperado para 2060, como projeção dos diferentes modelos disponíveis, considerando o RCP 8.5. Os valores das grades correspondem a anomalias (variações na temperatura) relativas à média climática de 1970 a 1999. Em cada grade, os valores centrais fornecem a mediana e os valores nas colunas superiores e inferiores fornecem os máximos e mínimos da gama de projeções dos modelos climáticos. A variabilidade existente entre os modelos utilizados decorre da utilização de diferentes pressupostos, variáveis e dados.

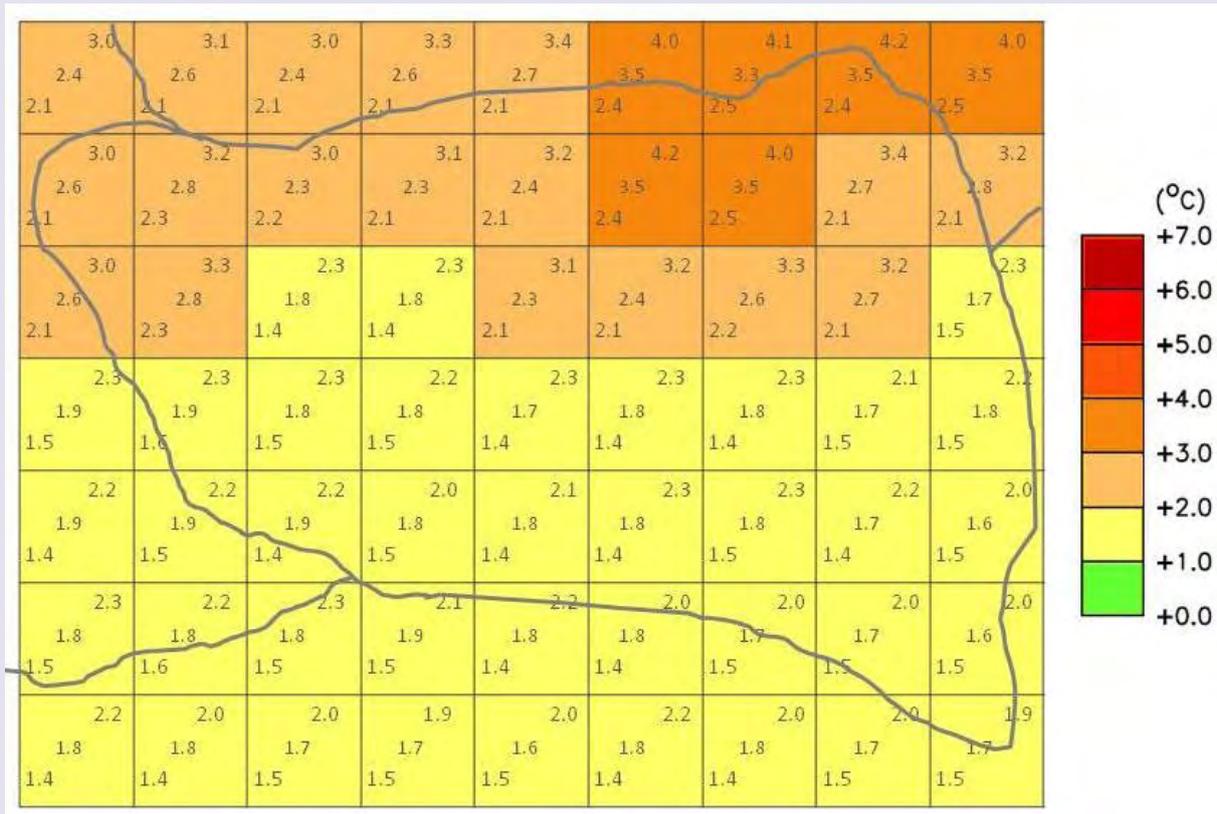


Figura 16. Modelo regionalizado de projeção de temperaturas para Zanadu

Com base nesses gráficos, analise os diferentes dados climáticos referentes às médias históricas e às projeções de temperatura e precipitação para a cidade de Maja, respondendo às seguintes perguntas:

a) O que dizem os dados sobre as chuvas e a temperatura?

.....

.....

b) Que outros dados são necessários para identificar impactos da mudança do clima nessa localidade?

.....

.....

Parte 2 – Aplicação da lente climática

Agora, a proposta é aplicar a lente climática para saber se de fato é necessário integrar a adaptação à mudança do clima ao plano de desenvolvimento de Zanzibar. Para este exercício, considere que você faz parte do grupo de consultores contratados pela Comissão de Planejamento Nacional para auxiliar na revisão do plano de desenvolvimento do país. A Matriz 1, a seguir, ajudará na análise dos objetivos através da aplicação da lente climática, de forma a identificar a relevância da mudança do clima para cada um deles, como mostra o exemplo referente ao objetivo de “aumentar e diversificar a produção agrícola e a geração de renda em zonas rurais”. Vale lembrar que, nesta etapa, o intuito é fazer um diagnóstico rápido para apoiar a tomada de decisões sobre a integração da adaptação no planejamento. As orientações para o preenchimento da matriz são as seguintes:

- **Coluna A:** descreva os objetivos envolvidos no plano.
- **Coluna B:** explique como cada objetivo de desenvolvimento sustentável pode ser afetado pela mudança do clima.
- **Coluna C:** identifique a região ou as regiões que se encontram particularmente em risco.
- **Coluna D:** identifique os sistemas de interesse que se encontram sob maior risco.
- **Coluna E:** identifique os ecossistemas dentro e fora das regiões em risco. Lembre-se que alguns serviços ecossistêmicos são produzidos fora da região que está em risco.
- **Coluna F:** identifique os principais atores em nível nacional que deveriam ser envolvidos, a fim de promover uma maior compreensão sobre a questão do clima, de identificar os riscos e respostas adequadas e de assumir responsabilidades pelos próximos passos a serem tomados, por exemplo. Leve em conta, também, o aspecto da equidade de gênero.

Matriz 1. Aplicação da lente climática

A	B	C	D	E	F
Objetivo	O objetivo de desenvolvimento sustentável pode ser afetado pela mudança do clima? Como?	Que região ou regiões estão sob maior risco?	Quais sistemas de interesse estão sob maior risco?	Que ecossistemas naturais e antropogênicos estão presentes?	Que atores deveriam contribuir para os próximos passos no processo de planejamento?
Aumentar e diversificar a produção agrícola e a geração de renda em zonas rurais.	<ul style="list-style-type: none"> • A produção agrícola e a geração de renda rural dependem dos resultados das colheitas, que por sua vez dependem da distribuição da precipitação. • O aumento da temperatura influencia os resultados das colheitas (de forma diferente dependendo do tipo de cultura). 	<ul style="list-style-type: none"> • Estado do Oeste • Planície aluvial do rio Alph em direção à fronteira oriental • 	<ul style="list-style-type: none"> • Setor arroz • Setor irrigação • Rotação de culturas arroz-trigo na planície central • 	<ul style="list-style-type: none"> • Floresta de montanha • Mata ciliar • Pastagens nas planícies do rio • Plantações de arroz nas planícies • Áreas verdes nas cidades • 	<ul style="list-style-type: none"> • Ministério da Agricultura • Serviço de Abastecimento de Água (Departamento de Irrigação) •
Ampliar o acesso à água potável e dispor de sistema de saneamento que atenda 80% da população.					
Aumentar a participação da energia hidráulica na matriz energética de 15% para 25%.					
Aumentar em 5% a cobertura florestal.					
Manter a vazão de todos os rios para atender às necessidades da agricultura, do abastecimento de água para a comunidade, do transporte e da indústria.					

Fonte: adaptado de GIZ (2016)

Recomendações metodológicas

Em nível local, o uso de mapas de risco pode ser um recurso útil para demarcar regiões e identificar sistemas de interesse potencialmente vulneráveis à mudança do clima. Em vez da matriz, também podem ser utilizadas fichas coloridas para distinguir esses sistemas e anotar os dados referentes a cada um. O exemplo da Figura 17 demonstra como participantes de uma oficina de planejamento participativo elaboraram o mapa de sinais da mudança do clima da Área de Proteção Ambiental (APA) Cananeia-Iguape-Peruíbe (SP). Utilizando adesivos coloridos, eles elaboraram uma legenda e indicaram no mapa quais sinais de mudança do clima (ventos mais fortes, mudança no período de chuvas, etc.) eram observados e em quais localidades.

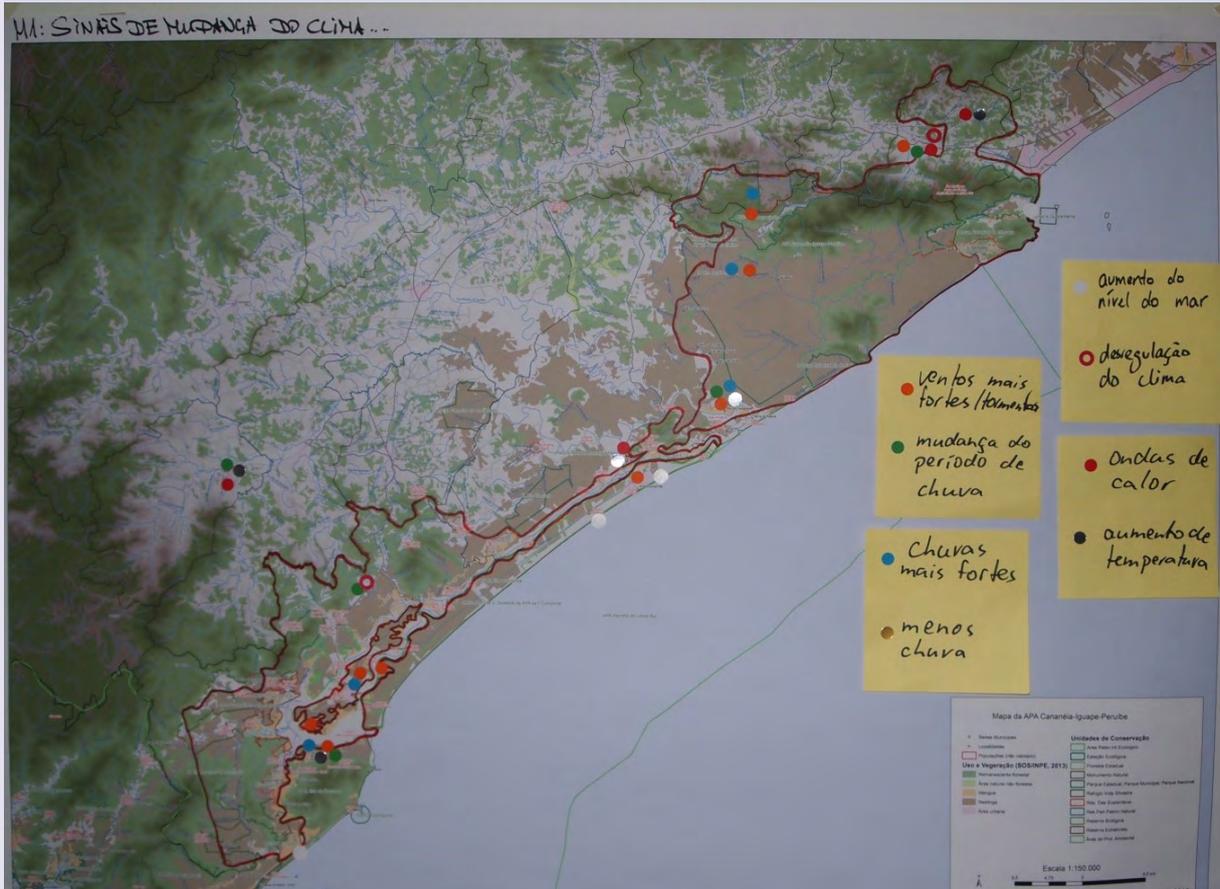


Figura 17. Mapa de sinais da mudança do clima na APA Cananeia-Iguape-Peruíbe (SP)

A lente climática também pode auxiliar na melhoria do direcionamento e das prioridades consideradas em uma política, plano, projeto ou programa, além de contribuir para a identificação de eventuais informações faltantes no planejamento. É com base nela que se desenvolve o próximo passo do ciclo, a análise de vulnerabilidade, impacto e risco, que é descrita a seguir.

4.2. Análise de vulnerabilidade, impacto e risco

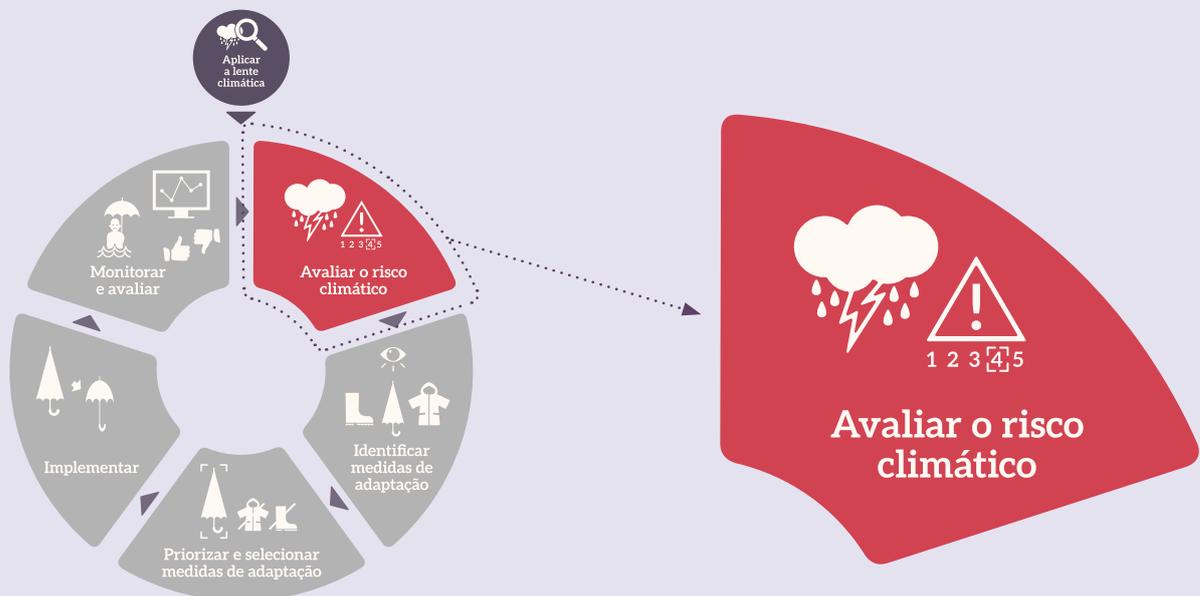


Figura 18. Avaliar o risco climático

Uma vez evidenciada a necessidade de considerar a mudança do clima no planejamento, é preciso identificar e mensurar os fatores que contribuem para a vulnerabilidade e o risco climático em um dado sistema de interesse. Ou seja, é preciso determinar o grau em que um sistema é suscetível ou incapaz de lidar com as consequências adversas da mudança do clima, o que é feito por meio de uma análise de vulnerabilidade, impacto e risco.

Cabe então relembrar alguns conceitos que serão utilizados nessa análise. Como visto no Capítulo 2, o risco representa a probabilidade de uma ameaça ocorrer e de que os impactos potenciais relacionados a ela se materializem. Esses possíveis impactos são determinados pelo grau em que um sistema está exposto a tal ameaça e à sua vulnerabilidade diante da mesma, que é dada por uma relação entre a sensibilidade e capacidade adaptativa.

O objetivo deste passo é **identificar as ameaças climáticas e os fatores de exposição** para cada um dos sistemas de interesse levantados no passo anterior, para então **avaliar sua vulnerabilidade, os impactos potenciais e o risco climático** a que eles estão sujeitos.

As perguntas-chave para este passo são:

- ✓ Quais são as ameaças da mudança do clima aos sistemas de interesse em questão?
- ✓ Quanto os sistemas de interesse estão expostos a essas ameaças? Há grupos mais vulneráveis que outros?
- ✓ Quanto eles são vulneráveis a essa exposição?
- ✓ Quais são os impactos potenciais que eles podem sofrer?
- ✓ Então, qual é a probabilidade do risco e qual seria o grau do dano?

A análise de vulnerabilidade, impacto e risco também deve procurar diferenciar a situação de homens e mulheres no contexto em questão, desde os levantamentos iniciais, investigando quais são os papéis assumidos por cada um, ou seja, elaborando uma análise de gênero. Tendo em vista que as mulheres muitas vezes estão em uma situação mais vulnerável, conforme discutido no Capítulo 1, é importante conhecer esses papéis, a fim de responder às necessidades específicas de cada um de maneira adequada.

Para facilitar o trabalho, a análise é dividida em três partes, que serão detalhadas de acordo com o exercício proposto a seguir, sobre o caso de Zanadu. Como visto no exercício anterior, um dos objetivos do plano de desenvolvimento do país é aumentar e diversificar a produção agrícola e a geração de renda em zonas rurais. Em relação a esse objetivo, foram identificados três sistemas de interesse sob risco climático: o setor de produção de arroz, o setor de irrigação e a rotação de culturas arroz-trigo na planície central. É preciso, então, fazer uma análise de vulnerabilidade, impacto e risco em relação a esse objetivo e aos sistemas de interesse envolvidos, o que começa com uma avaliação das condições e tendências desses sistemas.

Parte 1 – Avaliação de condições e tendências

Esta parte da análise é feita por meio da Matriz 2.1, que se encontra a seguir. Os dados já presentes na mesma correspondem ao exemplo do sistema de interesse “rotação de culturas arroz-trigo na planície central”, e as orientações para seu preenchimento são as seguintes:

- Na **coluna A**, identifica-se qual é o sistema de interesse em questão e, na sequência, os bens e atores que fazem parte do sistema. Os bens podem ser tanto naturais quanto sociais, por exemplo: cultivos de arroz e trigo, conhecimentos agrícolas, ecossistemas, água superficial e subterrânea, equipamento, instituições comunitárias, infraestrutura básica, etc. Entre os atores, é possível relacionar grupos e instituições, como trabalhadores rurais, ministérios, empresas públicas e assim por diante.
- Na **coluna B** devem ser descritas as condições desses bens e atores, para então avaliá-las de acordo com a matriz de classificação de condições e tendências, que se encontra junto à Matriz 2.1, segundo os parâmetros “muito boa” (++), “favorável” (+), “ruim” (-) ou “indeterminada” (?). No caso dos cultivos de arroz e trigo, tem-se por exemplo a condição “já sofrendo com a seca”, que pode ser classificada como “ruim” (-). Por outro lado, a condição “Departamento de Irrigação ciente do problema, mas ainda sem solução”, pode ser classificada como “favorável” (+).
- Na **coluna C**, são analisadas as tendências para essas condições, também de acordo com a matriz de classificação, mas ainda sem considerar possíveis impactos futuros provocados pela mudança do clima. Ou seja, são analisados fatores não climáticos que influenciam o sistema de interesse e que, por sua vez, serão influenciados pela implementação do plano de desenvolvimento. A tendência descreve se a condição está diminuindo, aumentando ou se ela se mantém igual. Isso inclui as tendências passadas e sua provável evolução futura. Um exemplo seria a diminuição constante da disponibilidade de água doce subterrânea devido a um maior uso por parte do setor agrícola. Nesse caso, a disponibilidade de água pode ser avaliada como decrescente, com a flecha para baixo (↓), pois haverá uma piora do cenário. Já em relação às providências que estão sendo tomadas pelo Departamento de Irrigação, a tendência é o aumento na disponibilidade de água, sendo, portanto, crescente (↑).

Matriz 2.1. Condições e tendências

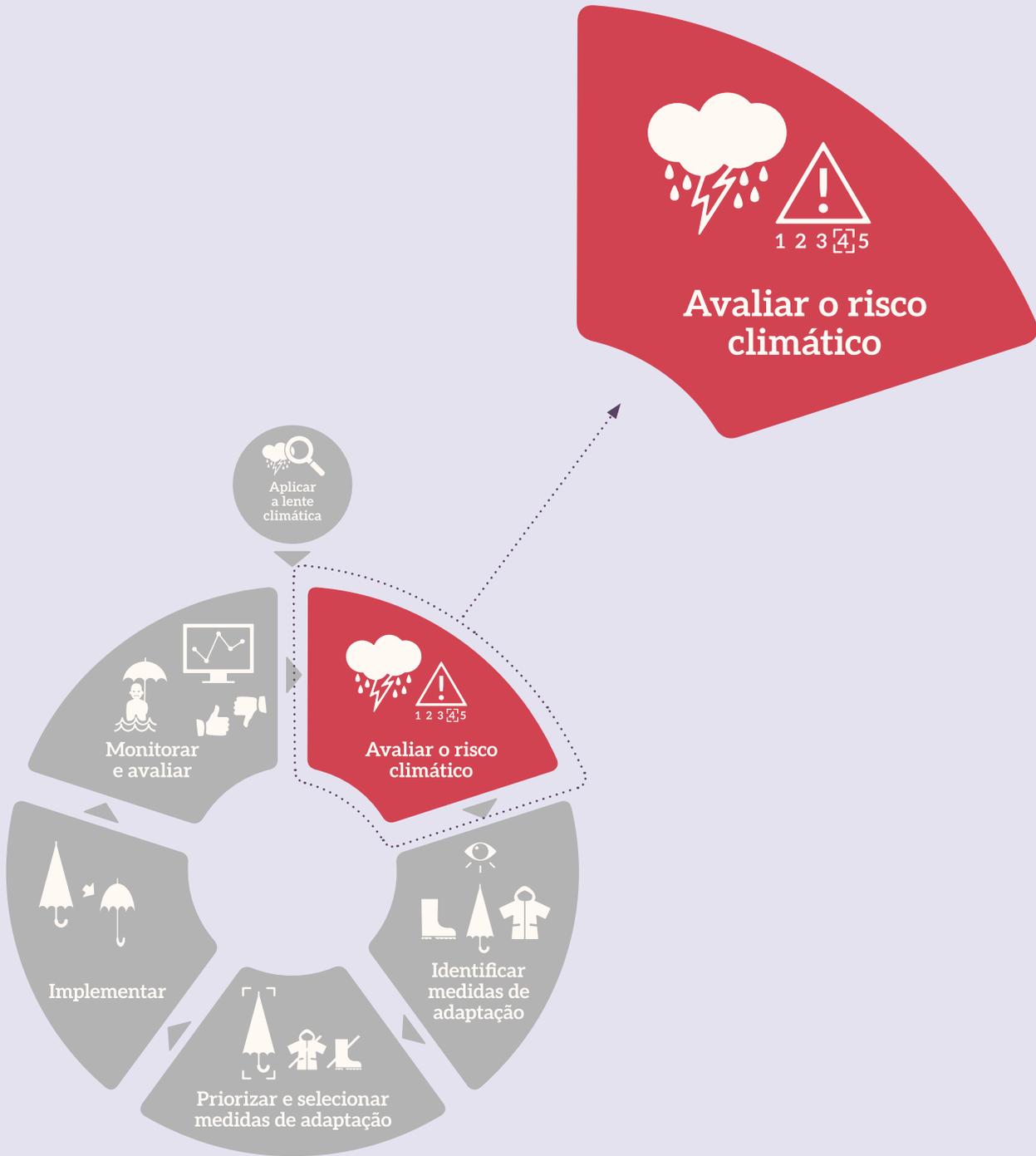
Objetivo de desenvolvimento: aumentar e diversificar a produção agrícola e a geração de renda em zonas rurais					
A		B		C	
Sistema de interesse: rotação de culturas arroz-trigo na planície central		Condições	Avaliação	Tendência	Avaliação
Bens	Atores interessados				
Cultivos de arroz e trigo Conhecimentos agrícolas Ecossistemas Água superficial e subterrânea Equipamentos Instituições comunitárias Infraestrutura básica	Trabalhadores rurais	Cultivos já sofrendo com a seca.	Ruim (-)	Diminuição constante da disponibilidade de água doce subterrânea devido ao uso cada vez maior por parte do setor agrícola.	↓
	Ministérios	Água subterrânea já no limite de uso.	Ruim (-)		
	Serviço de Abastecimento de Água/ Departamento de Irrigação	Departamento de Irrigação ciente do problema, mas ainda sem solução.	Favorável (+)	Departamento de Irrigação está tomando providências para considerar a falta de água no plano de desenvolvimento.	↑
	Agricultores				

Fonte: adaptado de GIZ (2016)

Matriz de classificação de condições e tendências

Condição		Tendência	
Muito boa	++	Crescente	↑
Favorável	+	Estável	↔
Ruim	-	Decrescente	↓
Indeterminada	?	Indeterminada	?

Fonte: adaptado de GIZ (2016)



Parte 2 – Avaliação de ameaças, exposição e vulnerabilidade

Para dar continuidade à análise de vulnerabilidade, impacto e risco, é preciso fazer uma avaliação das ameaças presentes sobre os sistemas de interesse, bem como de sua exposição e vulnerabilidade diante dessas ameaças. Essa avaliação é feita por meio da Matriz 2.2, que volta a tomar como exemplo o sistema de interesse “rotação de culturas arroz-trigo na planície central”, relacionado ao objetivo de aumentar e diversificar a produção agrícola e a geração de renda em zonas rurais.

Neste ponto, a visualização das cadeias de impactos é uma boa alternativa para fazer uma primeira chuva de ideias sobre as características de sensibilidade e capacidade adaptativa referentes às ameaças em questão. Conforme abordado no Capítulo 1, essas cadeias ilustram a relação entre os sinais e efeitos climáticos e os impactos biofísicos ou socioeconômicos a eles associados. Esse procedimento também facilita a consideração de grupos marginais, da igualdade de gênero e de outros temas potencialmente relevantes no contexto da análise.

O preenchimento da matriz é feito da seguinte forma:

- A **coluna C** resume as condições e tendências do sistema encontradas na matriz anterior.
- Na **coluna D** são descritas as ameaças climáticas, que podem ser tanto observadas quanto projetadas, e neste exemplo se referem à ocorrência de períodos prolongados de seca.
- Na **coluna E** é definida a exposição, indicando especificamente o que/ quem está exposto e onde – como os cultivos de arroz na planície central.
- Passa-se, então, à avaliação de vulnerabilidade, que começa com a descrição, na **coluna F**, das sensibilidades do sistema frente às ameaças identificadas. Neste caso, tem-se a limitação dos recursos hídricos e a grande dependência da agricultura em comunidades rurais.
- Na **coluna G**, por sua vez, identificam-se os fatores que contribuem para a capacidade de adaptação do sistema de interesse. Por exemplo: o crescente setor de serviços no Estado do Sul, que oferece outras oportunidades de emprego (ou seja, existe uma possibilidade de renda alternativa), e a capacidade dos agricultores de acessar previsões meteorológicas e climáticas e de adaptar a atividade agrícola a elas.
- Na sequência, é preciso avaliar se esses fatores se manifestam em uma escala alta (correspondente ao número 3), média (2) ou baixa (1). No exemplo colocado, pode-se dizer que o sistema de interesse apresenta exposição média (2). Em comparação, a sensibilidade pode ser considerada alta (3). Como há certa capacidade de adaptação, esta pode ser avaliada como média (2). É a partir desses parâmetros que se atribui uma medida à vulnerabilidade do sistema. Para isso, utiliza-se a matriz de avaliação de vulnerabilidade, cruzando os resultados encontrados para sensibilidade e capacidade de adaptação. Para uma sensibilidade alta combinada a uma capacidade de adaptação média, como ocorre no exemplo, tem-se uma vulnerabilidade média, correspondente ao número 2, que é o valor a ser inserido na Matriz 2.2.

Nesse método, os valores dos parâmetros são atribuídos de forma subjetiva por quem estiver desenvolvendo a análise. Essa percepção tende a ser mais equilibrada com a participação de representantes dos diferentes setores que conhecem o sistema de interesse e que têm observado sua resposta a diferentes pressões climáticas no passado. Para saber como a vulnerabilidade pode ser avaliada com base em dados de sensibilidade e capacidade adaptativa, é possível consultar um exemplo disponível no Anexo C. De todo modo, o importante neste momento é identificar os sistemas mais vulneráveis à mudança do clima. Essa informação será utilizada para estimar os impactos potenciais e riscos na próxima parte do trabalho.

Matriz 2.2. Ameaça, exposição, sensibilidade, capacidade adaptativa

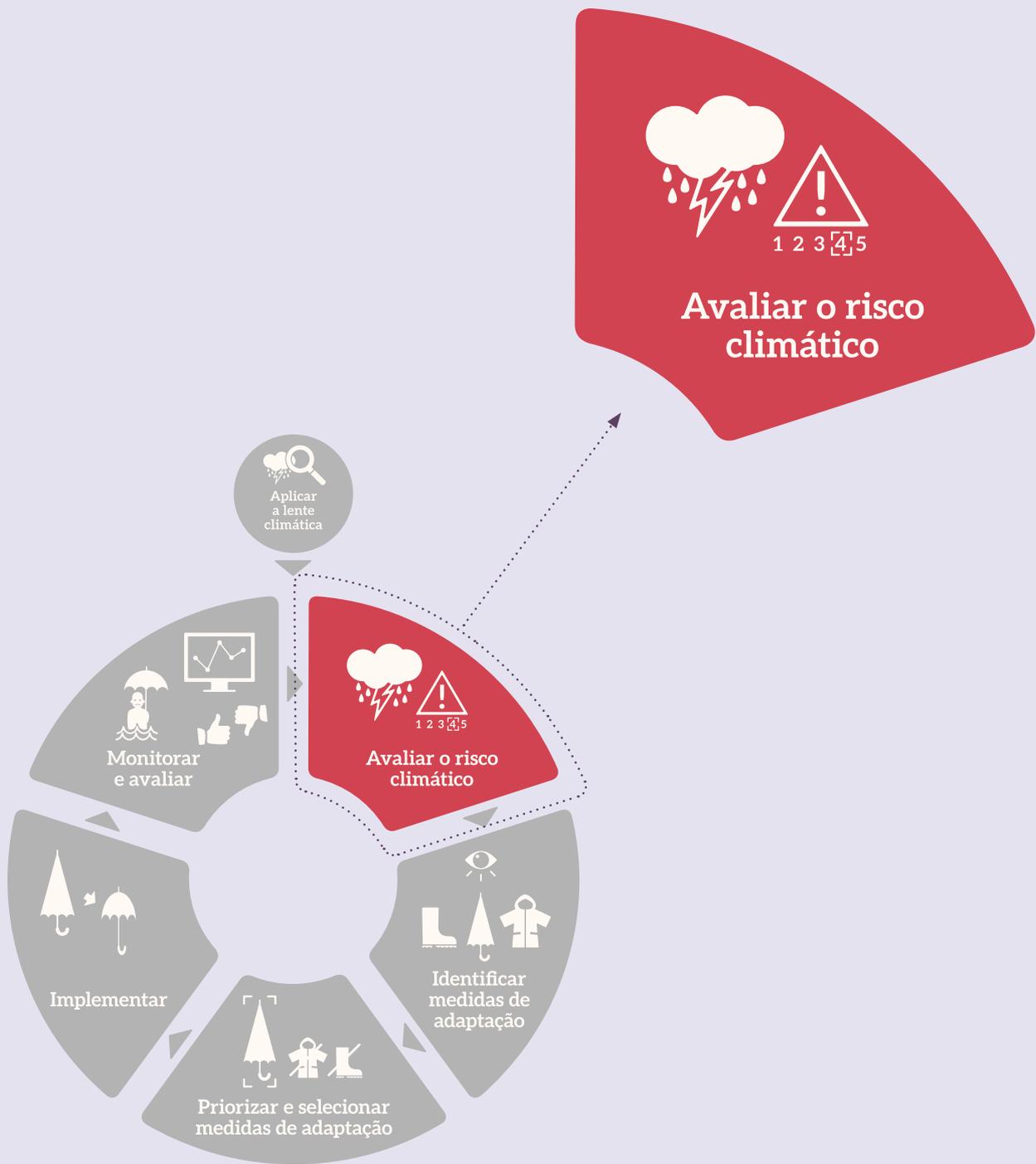
Sistema de interesse: rotação de culturas arroz-trigo na planície central	C			
	Qualificação do estado e tendência			
	Cultivos já sofrendo com a seca. Água subterrânea já no limite de uso com tendência negativa. Departamento de Irrigação ciente do problema e tomando providências para considerar a falta de água no plano de desenvolvimento.			
D	E	F	G	H
Ameaça (observada e projetada)	Exposição	Vulnerabilidade		
		Sensibilidade	Capacidade de adaptação	Avaliação (sensibilidade + capacidade de adaptação)
Períodos prolongados de seca (observado). Prolongamento dos períodos de seca (projetado).	Cultivos de arroz na planície central.	Recursos hídricos limitados (precipitação sazonal, quase toda a região faz uso de irrigação). Dependência da agricultura em comunidades rurais.	O crescente setor de serviços no Estado do Sul oferece outras oportunidades de emprego (renda alternativa). Capacidade dos agricultores de acessar previsões meteorológicas e de adaptar a atividade agrícola a elas.	2
	Avaliação: 2	Avaliação: 3	Avaliação: 2	

Fonte: adaptado de GIZ (2016)

Matriz de avaliação de vulnerabilidade

SENSIBILIDADE	CAPACIDADE DE ADAPTAÇÃO		
	Baixa (1)	Média (2)	Alta (3)
Alta (3)	Alta	Média	Média
Média (2)	Média	Média	Baixa
Baixa (1)	Baixa	Baixa	Baixa

Fonte: adaptado de GIZ (2016)



Parte 3 – Avaliação dos impactos potenciais e riscos

A etapa final da análise consiste em reunir as informações dos exercícios anteriores para identificar os potenciais impactos da mudança do clima nos componentes biofísicos e socioeconômicos dos sistemas de interesse, bem como a probabilidade desses impactos efetivamente ocorrerem. Essa parte do trabalho é feita por meio do preenchimento da Matriz 2.3. Para isso, cabe recordar os conceitos de impacto e risco. Como visto no Capítulo 2, os impactos correspondem às consequências da mudança do clima em sistemas naturais e humanos, sendo determinados pela exposição e vulnerabilidade desses sistemas, enquanto o risco se refere à probabilidade de uma ameaça ocorrer combinada à de um impacto potencial se materializar.

Assim como no exercício anterior, um recurso útil neste ponto é tomar como base as possíveis cadeias de impactos relacionadas a cada sistema de interesse para identificar os impactos biofísicos e socioeconômicos a serem considerados. Todavia, é importante lembrar que, embora sua visualização siga uma lógica simples de causa e consequência, essas cadeias podem ser muito complexas devido aos diversos fatores ambientais, sociais e econômicos envolvidos.

Voltando ao caso de Zanadu, o sistema de interesse tomado como exemplo na Matriz 2.3 continua sendo a “rotação de culturas arroz-trigo na planície central”, com o objetivo de aumentar e diversificar a produção agrícola e a geração de renda em zonas rurais. As orientações para o preenchimento da matriz são as seguintes:

- Na **coluna I** são inseridos os impactos biofísicos relacionados às ameaças, exposição e vulnerabilidades encontradas anteriormente. Neste caso, um impacto biofísico potencial seria a esterilidade do arroz por conta dos maiores períodos de estiagem.
- Na **coluna J**, por sua vez, são listados os potenciais impactos socioeconômicos. No exemplo, devido à dependência da agricultura por parte das comunidades rurais, alguns impactos socioeconômicos poderiam ser a queda na produtividade de arroz e a perda de rendimentos. Da mesma forma, a segurança alimentar poderia ser afetada pela eventual falta do produto.
- Com base nesses dados, avalia-se o impacto potencial da ameaça em questão sobre o sistema de interesse analisado. Assim como nas etapas anteriores, é preciso atribuir um valor para esse impacto, que é dado pela relação entre exposição e vulnerabilidade, podendo ser baixo (1), médio (2) ou alto (3). Para isso, utiliza-se a matriz de avaliação de impacto encontrada junto à Matriz 2.3. Essa informação é inserida na **coluna K**. No exemplo, tem-se um impacto potencial médio, resultante de uma exposição de nível médio e de um grau de vulnerabilidade também médio, conforme identificado na matriz anterior.
- Por fim, chega o momento de avaliar o risco de que cada ameaça e impacto potencial se materializem. O risco, então, é dado pela relação entre a probabilidade da ameaça e o impacto que ela pode causar, conforme indica a matriz de avaliação de risco, também encontrada junto à Matriz 2.3. No caso de Zanadu, os dados disponíveis revelam que a probabilidade de ocorrência de períodos de seca mais longos é alta. Essa informação é inserida na primeira parte da **coluna L**, correspondendo, portanto, ao parâmetro “alto” na matriz. Uma vez que o impacto potencial relacionado foi avaliado como médio, tem-se como resultado um risco médio relacionado à ameaça em questão, demandando medidas de adaptação, o que é indicado na segunda parte da coluna L.

Cabe lembrar que, por esse método, os parâmetros para avaliação dos impactos e riscos são atribuídos de forma subjetiva. O Anexo D, ao final da apostila, traz um exemplo de como eles podem ser calculados com base em dados de exposição e vulnerabilidade.

Matriz 2.3. Impacto (potencial) e riscos/ necessidade de ação

Impacto (potencial)			L	
I	J	K	Risco/Necessidade de ação	
Biofísico	Socioeconômico	Avaliação (alcance do dano)	Descrição da probabilidade	Avaliação
Esterilidade do arroz relacionada a maiores períodos de estiagem ou seca.	Queda da produção de arroz. Perda de rendimentos. Impactos adversos na segurança alimentar.	2 - médio	Esperam-se períodos de seca mais longos, com uma probabilidade alta.	Sistema de interesse vulnerável e altamente exposto à provável ameaça, demandando medidas de adaptação.
			Avaliação: 3 - alta	Avaliação: 2 - médio

Fonte: adaptado de GIZ (2016)

Matriz de avaliação de impacto

EXPOSIÇÃO \ VULNERABILIDADE	Baixa	Média	Alta
	Alta	Médio	Médio
Média	Baixo	Médio	Médio
Baixa	Baixo	Baixo	Médio

Fonte: adaptado de GIZ (2016)

Matriz de avaliação de risco

PROBABILIDADE DE AMEAÇA \ IMPACTO	Baixo	Médio	Alto
	Alta	Médio	Médio
Média	Baixo	Médio	Médio
Baixa	Baixo	Baixo	Médio

Fonte: adaptado de GIZ (2016)

O grau de risco encontrado nesta análise informa sobre a necessidade de ação a fim de reduzir os impactos esperados com a mudança do clima. Assim, a partir da análise de vulnerabilidade, impacto e risco é possível identificar uma gama de opções de adaptação e estabelecer prioridades para sua seleção. Essas tarefas correspondem aos próximos passos do Ciclo AbE, que serão abordados na sequência.

4.3 Identificação de medidas de adaptação

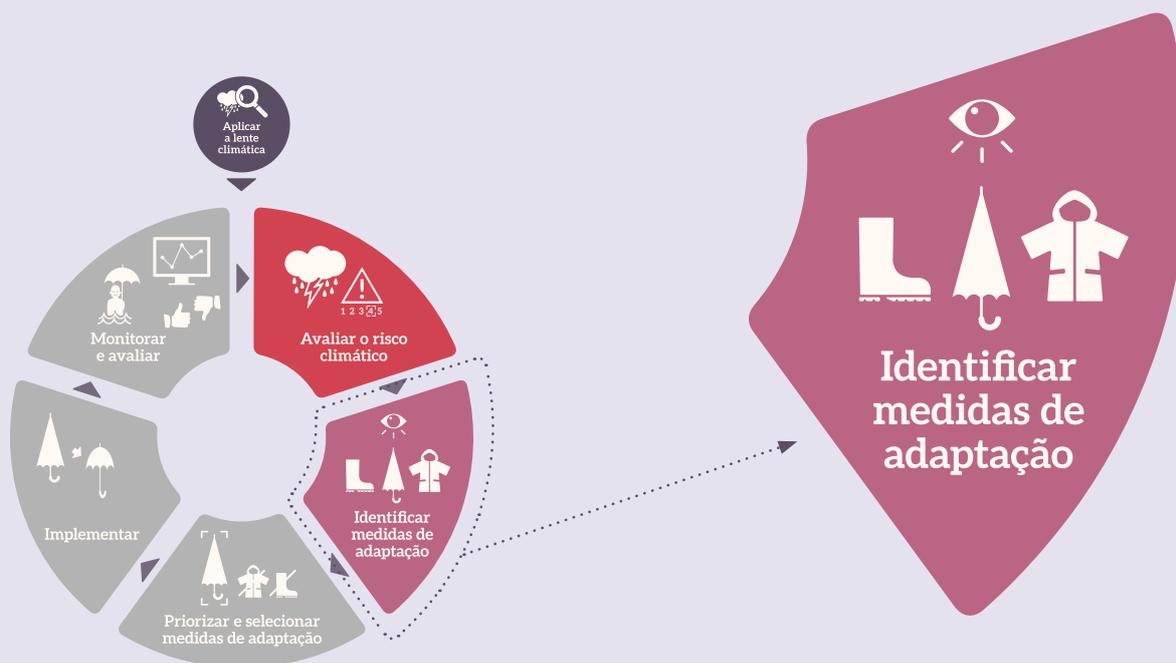


Figura 19. Identificar medidas de adaptação

Nos passos anteriores, a aplicação da lente climática e a realização da análise de vulnerabilidade, impacto e risco permitiram reconhecer se, por que e como a mudança do clima pode afetar um plano, projeto, programa ou política. Diante desses dados, o próximo passo é **determinar as medidas necessárias para adaptar os sistemas de interesse** em questão a essa mudança. Tais medidas devem ser capazes de reduzir os impactos potenciais evidenciados, seja diminuindo a exposição ou a sensibilidade do sistema frente a uma ameaça, seja aumentando a sua capacidade adaptativa.

Conforme abordado no Capítulo 2, existem quatro grandes áreas de intervenção para a adaptação: soluções técnicas, desenvolvimento de capacidades, ações políticas e pesquisa e divulgação. É interessante, então, fazer uma chuva de ideias para explorar cada uma delas.

As perguntas-chave para este passo são:

- ✓ Quais medidas podem ser utilizadas para adaptar os sistemas de interesse e reduzir os riscos da mudança do clima?
- ✓ Como os ecossistemas podem ser usados para a adaptação?
- ✓ Quais infraestruturas podem ser usadas?
- ✓ Que capacidades humanas precisam ser desenvolvidas?
- ✓ Que soluções políticas são necessárias?
- ✓ Quais informações ainda são necessárias?
- ✓ Há medidas mistas ou híbridas (AbE + não AbE) que possam ser planejadas?

Para integrar a perspectiva de gênero nesta e nas próximas etapas, é importante observar as normas socioculturais e as exclusões existentes no contexto analisado. Nesse sentido, o planejamento deve:

- diferenciar capacidades, necessidades e prioridades das mulheres e dos homens em termos de adaptação à mudança do clima e assegurar que as posições e ideias de ambos sejam levadas em conta ao formular e priorizar as ações correspondentes;
- considerar as consequências das possíveis medidas de adaptação sobre a situação das mulheres e dos homens, pensando de que maneira elas poderão contribuir para a equidade de gênero;
- incluir ações voltadas especificamente a diminuir as desigualdades de gênero.

Também é preciso levar em conta as diferentes relações que mulheres e homens têm com os ecossistemas em questão, considerando:

- os distintos níveis de dependência dos recursos naturais para fins de subsistência;
- as desigualdades quanto ao uso, acesso e controle de recursos e à distribuição de benefícios;
- as dificuldades em obter propriedade, proteção e direitos sobre a terra e os recursos naturais;
- os conhecimentos diferenciados sobre os recursos, produtos derivados e problemas ambientais.
- as dificuldades de acesso à informação e capacitação.

A partir dessas reflexões, a intenção é identificar, com a ajuda da Matriz 3, as opções de adaptação referentes aos impactos encontrados, elencando também os atores relevantes para o desenvolvimento das medidas. A título de exemplo, tem-se novamente o sistema de interesse “rotação de culturas arroz-trigo na planície central”, relacionado ao objetivo de aumentar e diversificar a produção agrícola e a geração de renda em zonas rurais no país fictício de Zanadu.

Nos exercícios anteriores, identificou-se que dois impactos da mudança do clima nesse sistema podem ser a esterilidade do arroz, por conta dos maiores períodos de estiagem ou seca, e a queda na sua produção. Nesse caso, uma possível medida de adaptação seria aumentar o preço da água e informar sobre técnicas de irrigação que utilizem menos água. Outra medida, referente a soluções técnicas, seria restaurar áreas relevantes com vegetação nativa para aumentar a infiltração de chuvas no solo, melhorando a disponibilidade de água. Uma terceira medida possível, referente ao desenvolvimento de capacidades, seria treinar produtores em técnicas para cultivar espécies alternativas. Entre os atores relevantes para o desenvolvimento dessas medidas estão o Departamento de Irrigação de Zanadu, o Instituto de Serviços de Extensão Rural e as associações de agricultores, como identificado na matriz.

Matriz 3. Identificação de opções de adaptação

	M	N	O
Sistema de interesse	Impactos selecionados que levam a um risco médio ou alto e à necessidade de ação*	Opções de adaptação	Atores relevantes
Rotação de culturas arroz-trigo na planície central.	Produção agrícola reduzida (a água disponível não responde à necessidade das culturas devido a uma elevada evapotranspiração e à crescente imprevisibilidade das precipitações sazonais).	<p>Aumentar o preço da água e informar sobre técnicas de irrigação que utilizem menos água.</p> <p>Treinar produtores em técnicas para cultivar espécies alternativas.</p> <p>Restaurar áreas relevantes com vegetação nativa para aumentar a infiltração de chuvas no solo, melhorando a disponibilidade de água.</p>	<p>Departamento de Irrigação de Zanadu.</p> <p>Instituto de Serviços de Extensão Rural.</p> <p>Associações de agricultores.</p>

Fonte: adaptado de GIZ (2016)

*Podem ser pensadas opções de adaptação para todos os impactos. Mas, neste caso, foram priorizados aqueles relacionados a riscos mais altos.

A partir desse modelo, a Matriz 3 deve ser preenchida para cada sistema de interesse envolvido no planejamento. As informações reunidas ao longo desse trabalho servem como base para o próximo passo do Ciclo AbE, que corresponde à seleção e priorização das medidas de adaptação a serem implementadas.

4.4 Seleção e priorização de medidas de adaptação

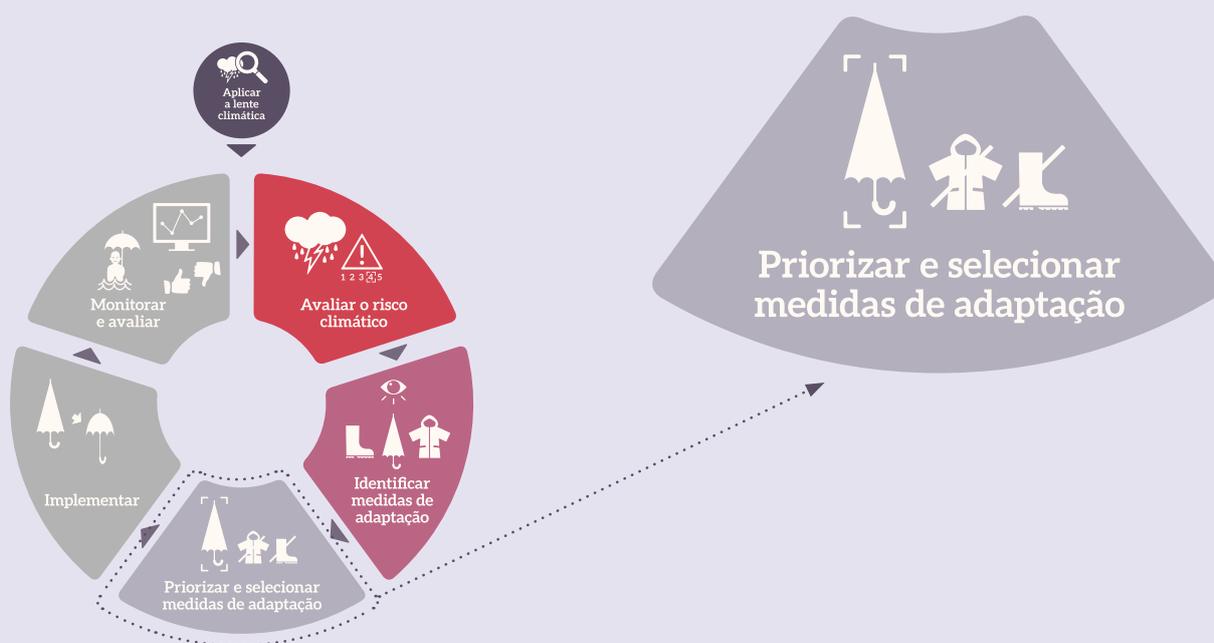


Figura 20. Priorizar e selecionar medidas de adaptação

Uma vez identificadas as possíveis medidas de adaptação para os sistemas de interesse envolvidos no planejamento, é preciso selecionar quais delas serão implementadas e em que ordem de prioridade. Neste passo, utiliza-se um método específico para fazer essa avaliação, chamado análise multicritérios. Esse tipo de análise constitui um instrumento de apoio à tomada de decisão, que permite comparar medidas heterogêneas por meio da combinação de diferentes critérios.

No passo anterior, podem ter sido elencadas opções de adaptação de vários tipos, como medidas de conscientização ou capacitação e de infraestrutura ou engenharia convencional, por exemplo, assim como medidas AbE. Estas podem vir a ser selecionadas neste passo, tendo em conta os cobenefícios que podem gerar, além de sua caracterização como opções de baixo arrependimento, como visto no Capítulo 3.

Para fazer essa análise, inicialmente é preciso **estabelecer quais são os critérios** relevantes para a tomada de decisão e **definir como esses critérios serão avaliados**, atribuindo valores para cada um deles. Por exemplo: três pontos para medidas que atendem muito bem aos critérios, dois pontos para que atendem bem e um ponto para que atendem mal. Além disso, é possível **estabelecer critérios mais importantes**, que têm um peso maior que os demais, valendo o dobro, por exemplo. Com base nisso, avaliam-se as opções elencadas para **determinar quais medidas serão implementadas e em que ordem**. Vale lembrar, mais uma vez, que é importante reconhecer nesse processo o papel das mulheres como líderes e tomadoras de decisão, tendo em conta que, com frequência, seus conhecimentos são ignorados ou considerados não relevantes.

As perguntas-chave para este passo são:

- ✓ Quais critérios devem ser considerados para selecionar medidas de adaptação?
- ✓ Como os critérios serão avaliados?
- ✓ Existem critérios mais importantes que outros? Quais são? Que peso será dado a eles?
- ✓ Então, quais medidas devem ser implementadas e com que prioridade?

A análise multicritérios é feita com o apoio da Matriz 4. Na coluna P devem ser incluídas as medidas de adaptação previamente identificadas e nas colunas Q, R, S, T e U, os critérios estabelecidos para sua avaliação. Depois, é atribuída a pontuação para cada critério, segundo os valores determinados. Por fim, somam-se os pontos atribuídos para obter a avaliação geral de cada medida. Esse processo deve ser feito para todas as medidas, a fim de compará-las entre si.

No exemplo baseado no caso de Zanadu, foram estabelecidos quatro critérios para a análise: custo, eficácia, viabilidade e baixo arrependimento. Outros exemplos de critérios importantes seriam o tempo de resposta, cobenefícios gerados, equidade de gênero e recursos humanos existentes, mas eles não se limitam a estes. Como mencionado anteriormente, os critérios podem mudar de projeto para projeto, de região para região e assim por diante, de acordo com cada caso.

Matriz 4. Critérios para seleção e priorização de medidas de adaptação

P	Q	R	S	T	U
Opções de adaptação	Critério 1: Custo	Critério 2: Eficácia	Critério 3: Viabilidade	Critério 4: Baixo arrependimento	Avaliação geral
Aumentar o preço da água e informar sobre técnicas de irrigação que utilizem menos água.	3 (O aumento dos preços compensa os custos da campanha de informação).	1 (Exige medidas adicionais para aumentar a quantidade total de água).	1 (Alguns sindicatos, algumas vezes, possuem uma grande influência política, o que pode impedir o aumento dos preços da água).	1 (Não atende muito bem ao critério).	6
Restaurar áreas relevantes com vegetação nativa para aumentar a infiltração de chuvas no solo, melhorando a disponibilidade de água.	2 (Custos não tão altos como outras opções de engenharia).	2 (Aumenta consideravelmente a quantidade total de água, mas exige medidas adicionais).	2 (Alguns produtores não querem ceder áreas para restauração florestal, porém os sindicatos estão sensibilizados sobre o impacto positivo da medida).	3 (Vários impactos benéficos no sistema de interesse – melhoria do microclima e beleza cênica).	9

Fonte: adaptado de GIZ (2016)

A partir do resultado da análise multicritérios para cada sistema de interesse do planejamento, é possível avançar para o próximo passo do Ciclo AbE, referente à implementação das medidas selecionadas e priorizadas.

4.5 Implementação de medidas AbE

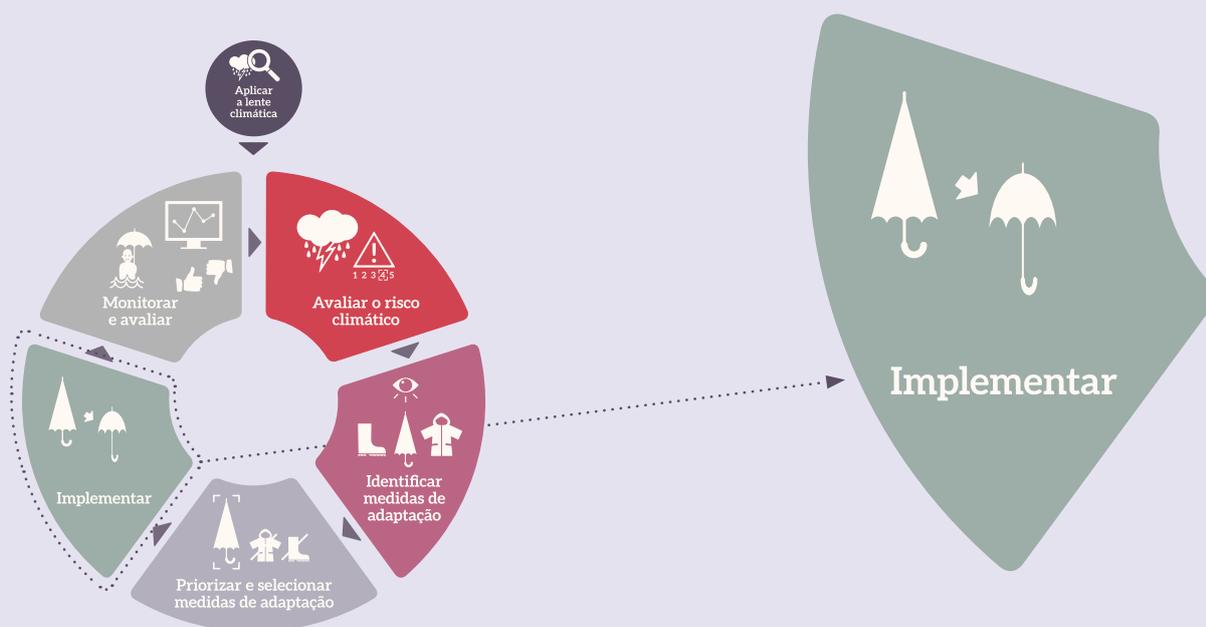


Figura 21. Implementar medidas de adaptação selecionadas

No passo anterior, foram selecionadas e priorizadas as medidas de adaptação para cada sistema de interesse do planejamento. Já este passo tem como propósito a elaboração de um plano de ação para implementar essas medidas. Como visto no Capítulo 3, no caso da adoção de medidas AbE, pode ser necessário implementar também ações complementares para garantir a funcionalidade dos ecossistemas envolvidos.

Vale lembrar que, por um lado, os serviços ecossistêmicos podem contribuir para a redução dos riscos relacionados à mudança do clima para as pessoas, mas por outro, eles também estão em risco por conta dessa mudança e por pressões não climáticas como o desmatamento e a degradação. Assim, para **planejar a implementação das medidas AbE**, é preciso **avaliar a funcionalidade dos ecossistemas** envolvidos e, dependendo de seu estado, **identificar as medidas complementares necessárias** para os sistemas de interesse em questão.

As perguntas-chave para este passo são:

- ✓ Quais são as opções de AbE selecionadas?
- ✓ Quem serão os envolvidos na sua implementação? Quem são os maiores interessados e quem pode ajudar? A equidade de gênero está sendo levada em consideração?
- ✓ Quais ecossistemas são necessários para cada uma dessas medidas?
- ✓ Qual o estado desses ecossistemas? Há pressões climáticas e não climáticas que os afetam?
- ✓ Qual é o estado atual dos ecossistemas necessários para a implementação das medidas?
- ✓ São necessárias medidas complementares para assegurar os serviços ecossistêmicos essenciais? Quais?
- ✓ Quem são os atores importantes para a implementação das medidas complementares identificadas?

Essas informações devem ser descritas na Matriz 5, que ajuda a visualizar o que será necessário para o planejamento de cada medida AbE. Nesse momento, é importante procurar enxergar quais serviços ecossistêmicos correspondem a cada uma delas. As orientações para o preenchimento da matriz são as seguintes:

- Na **coluna V**, faça uma lista com todas as opções de AbE selecionadas da coluna E da matriz anterior (Matriz 4).
- Na **coluna W**, descreva os atores principais para a implementação dessas opções, ou seja, aqueles que são imprescindíveis para implantar e manter a longo prazo cada uma das medidas.
- Na **coluna X**, cite qual ou quais ecossistemas são necessários para cada opção de AbE e qual a natureza do serviço ecossistêmico demandado.
- Na **coluna Y**, descreva o estado de funcionalidade atual do ecossistema em relação à medida AbE planejada. Mencione se os ecossistemas responsáveis pelos serviços relevantes se encontram sob pressão da mudança do clima ou de fatores antropogênicos. Indique, por exemplo, qual é o nível de degradação ou preservação de cada um e se eles precisam alguma intervenção ou manejo para que a medida seja implementada. Além disso, avalie se a perda de funcionalidade do ecossistema necessário prejudica a efetividade da medida AbE.
- Se os ecossistemas escolhidos estiverem sofrendo algum tipo de pressão ou ameaça, identifique na **coluna Z** possíveis medidas para lidar com essas pressões, de forma a assegurar a manutenção de serviços ecossistêmicos a longo prazo. Para ajudar nisso, levante informações sobre o que pode ser feito para reduzir a vulnerabilidade dos ecossistemas frente à mudança do clima e, principalmente, frente a outras pressões, e analise como seria possível manter a sua funcionalidade.
- Ao final, na **coluna A'**, liste as instituições ou atores a serem envolvidos na implementação dessas medidas complementares.

A seguir, encontra-se outro exemplo baseado no caso de Zanadu que ilustra como deve ser feito esse processo. Nesse caso, duas medidas AbE selecionadas para o sistema de interesse “rotação de culturas arroz-trigo na planície central” foram a restauração de matas ciliares de mananciais e a restauração de ecossistemas associados aos cultivos de arroz e trigo que estabilizem o regime de escoamento e previnam a erosão. Como é possível observar na matriz, as duas medidas requerem ações complementares para assegurar os serviços ecossistêmicos essenciais envolvidos.

Matriz 5. Identificação de medidas complementares às medidas AbE

V	W	X	Y	Z	A'
Opções de AbE selecionadas	Atores importantes para a opção de AbE	Ecossistema necessário para a opção de AbE	Estado do ecossistema e dos serviços ecossistêmicos essenciais para efetividade da medida AbE	Medidas necessárias para assegurar os serviços ecossistêmicos essenciais (somente se for identificado um mau funcionamento na coluna anterior)	Atores importantes para as medidas complementares indicadas na coluna anterior
<ul style="list-style-type: none"> • Restauração de matas ciliares de mananciais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comitê do rio Alph • Ministério da Água • Ministério do Ambiente • Serviço Florestal • Ministério da Agricultura • Ministério da Energia (Divisão de Energia Hídrica) 	<ul style="list-style-type: none"> • Matas ciliares • Florestas nativas 	<ul style="list-style-type: none"> • Degradação florestal devido à pastagem e ao desmatamento. • Uso insustentável das florestas (bosques, áreas próximas aos rios) devido à grande pressão econômica exercida pelas atividades relacionadas à pecuária. 	<ul style="list-style-type: none"> • Concepção e implementação de condições adequadas para a gestão sustentável de ecossistemas: marco regulatório, coordenação nacional, sistemas de incentivo, aplicação da lei. 	<ul style="list-style-type: none"> • Instituições de pesquisa • Ministério do Planejamento
<ul style="list-style-type: none"> • Restauração de ecossistemas associados aos cultivos de arroz e trigo que estabilizem o regime de escoamento e previnam a erosão. 	<ul style="list-style-type: none"> • Serviço Florestal • Ministério da Agricultura • Comunidades rurais • Representantes de associações de agricultores 	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas pantanosas e mananciais • Áreas de cultivo de arroz e trigo 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso insustentável das florestas (bosques, áreas próximas aos rios) devido à grande pressão econômica exercida pelas atividades relacionadas à pecuária. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lidar com custos de oportunidade: diversificar fontes de renda promovendo, por exemplo, a exploração de produtos florestais não lenhosos, a fim de reduzir a pressão nas florestas, mananciais e pastagens. • Levantamento de tipos de cultura com baixa demanda por água. • Controle do sobrepastoreio para permitir a regeneração da floresta (sistema de compensação para criadores de gado). 	<ul style="list-style-type: none"> • Instituições de pesquisa • Ministério do Planejamento

Fonte: adaptado de GIZ (2016)

A partir dessas informações, é possível elaborar o plano de ação para implementação das medidas de adaptação, incluindo as opções de AbE. Nesse processo, também é importante considerar onde e quando essas medidas devem ser implementadas e como serão financiadas. Depois disso, o último passo do ciclo é fazer o seu monitoramento e avaliação, como é detalhado a seguir.

4.6 Monitoramento e avaliação

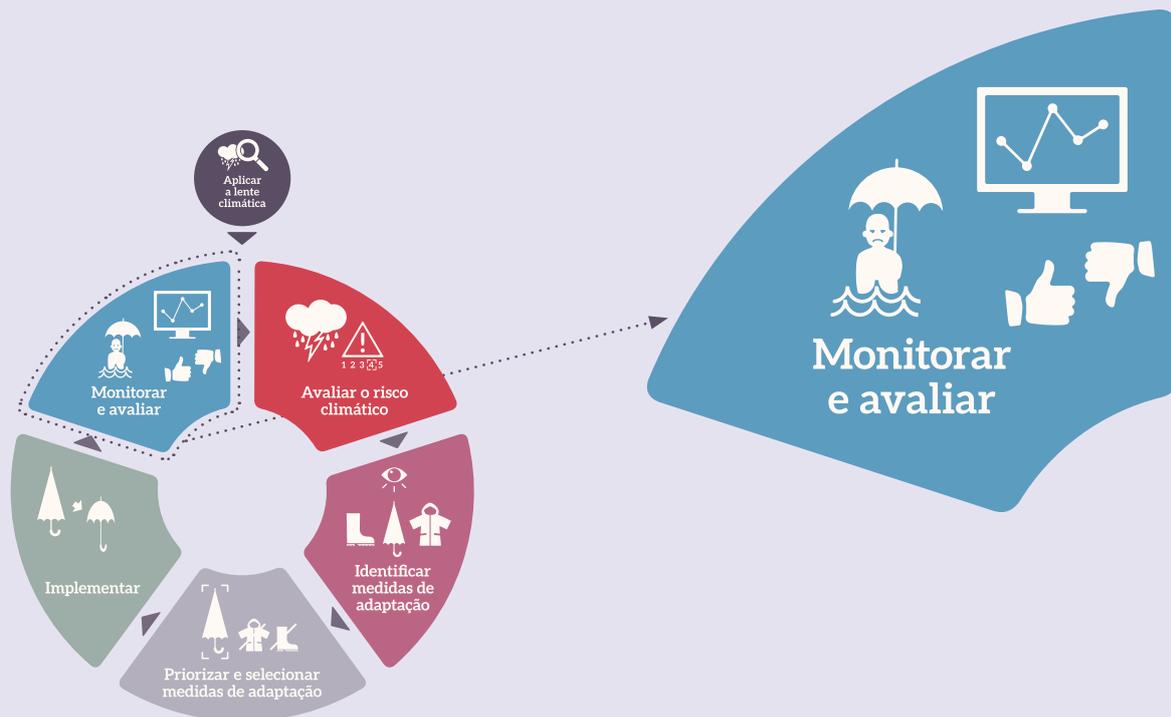


Figura 22. Monitorar e avaliar as medidas de adaptação implementadas

Este passo tem como finalidade acompanhar a implementação e os resultados das medidas que foram planejadas seguindo cada uma das etapas anteriores do ciclo para integração da AbE no planejamento. O monitoramento e a avaliação são instrumentos de gestão importantes, que permitem observar se as medidas de adaptação estão sendo executadas conforme o plano de ação elaborado e se estão alcançando os objetivos para os quais foram pensadas. Com isso, também é possível obter uma série de informações e lições aprendidas, que podem ser relevantes para a gestão e para o aprimoramento do plano, projeto, programa ou política, bem como para futuros processos de planejamento.

Para iniciar o desenho de um sistema de monitoramento e avaliação, é preciso ter clareza dos seus propósitos, que podem ser, por exemplo, satisfazer as exigências do financiador, medir os resultados alcançados ou produzir conhecimentos. A partir disso, é necessário determinar indicadores para monitorar e avaliar a implementação das medidas. Esses indicadores correspondem a dados e informações quantitativas ou qualitativas que permitem conhecer a situação atual, caracterizar essa situação, estabelecer metas e avaliar progressos ao longo do tempo. Assim, é importante que eles sejam determinados antes da implementação das medidas.

Algumas perguntas-chave para este passo são:

- ✓ Quais dados e informações são necessários para monitorar e avaliar os resultados das medidas de adaptação?
- ✓ De que forma serão organizados esses dados e informações?
- ✓ Quem serão os responsáveis por cada etapa do monitoramento?
- ✓ As medidas de adaptação estão funcionando? Que outras ações ou ajustes precisam ser realizados?
- ✓ Para quem e como os dados e informações serão comunicados?

Os indicadores podem ser, por exemplo, de ordem econômica, social e ambiental, caso se deseje acompanhar o progresso e os resultados das medidas em relação a cada um desses aspectos. Cabe notar que, muitas vezes, o monitoramento foca demasiadamente em melhorias econômicas, como o aumento de renda, e negligencia outros aspectos, como os sociais e ambientais, que são igualmente relevantes para o sucesso da adaptação à mudança do clima. Em relação aos aspectos sociais, essa definição também deve levar em conta as relações de gênero. Dependendo dos indicadores adotados, é possível que, ao longo do tempo, o monitoramento da eficácia e dos impactos das medidas revele mudanças nesse sentido, como o crescente respeito das mulheres enquanto líderes. Por um lado, o enfoque da equidade de gênero permite alcançar melhores resultados na implementação das medidas de adaptação, ao passo que elas mesmas são uma oportunidade para desencadear transformações nas relações de gênero.

Outra forma de classificar os indicadores é de acordo com sua aplicação nas diferentes fases de gestão do plano, correspondendo a insumos, processos, produtos, resultados e impactos:

- indicadores de insumo são aqueles que têm relação direta com os recursos a serem alocados, ou seja, com a disponibilidade dos recursos humanos, materiais ou financeiros;
- indicadores de processo traduzem o esforço realizado na obtenção dos resultados, ou seja, medem o nível de utilização dos insumos alocados;
- indicadores de produto medem o alcance de metas e expressam as entregas de resultados;
- indicadores de resultado expressam os benefícios decorrentes das ações realizadas;
- indicadores de impacto buscam medir os efeitos das ações de forma mais abrangente e em médio e longo prazo.

Todos eles podem ser interessantes e sua escolha dependerá dos objetivos do monitoramento e avaliação. Para auxiliar na definição dos mesmos, pode-se utilizar a metodologia SMART. Segundo esse esquema, um indicador inteligente (*smart*, no termo em inglês), é aquele que é:

- Específico (S);
- Mensurável (M);
- Alcançável (A);
- Relevante (R);
- Temporal (T).

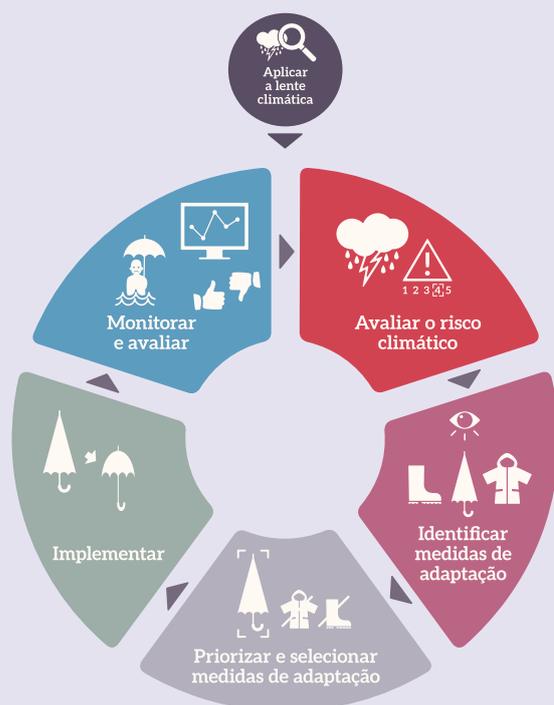
Ao estabelecer os indicadores, também é importante determinar quais serão as fontes dos dados e informações referentes aos mesmos, bem como sua forma de organização e periodicidade de coleta. Do mesmo modo, é preciso definir os responsáveis por cada indicador e de que maneira os resultados parciais ou finais desse acompanhamento serão comunicados.

Para auxiliar nesse processo, pode-se utilizar a Matriz 6 a seguir. O exemplo apresentado com base no caso de Zanadu mostra dois indicadores que foram definidos para monitorar e avaliar uma das opções de AbE para o sistema de interesse “rotação de culturas arroz-trigo na planície central”. Tendo em conta que a medida diz respeito à restauração da vegetação nativa para aumentar a infiltração da água de chuva no solo, o primeiro indicador é voltado à dimensão da área recuperada, enquanto o segundo tem como foco o teor de água presente no solo.

Matriz 6. Determinação de indicadores para monitoramento e avaliação

	B'	C'	D'
Sistema de interesse	Impactos selecionados que levam a um risco médio ou alto e à necessidade de ação	Opções de adaptação	Indicadores
Rotação de culturas arroz-trigo na planície central.	Produção agrícola reduzida (a água disponível não responde à necessidade das culturas devido a uma elevada evapotranspiração e à crescente imprevisibilidade das precipitações sazonais).	Restaurar áreas relevantes com vegetação nativa para aumentar a infiltração de chuvas no solo, melhorando a disponibilidade de água.	Área recuperada por plantio direto de mudas em hectare. Teor de água no solo por reflectometria em kg de água/kg de solo ou %.

Para ter uma visão geral dos resultados da aplicação do Ciclo AbE, é possível conhecer no Anexo B o resumo de outro projeto que foi desenvolvido para o caso fictício de Zanadu. Também vale buscar informações sobre medidas AbE já implementadas em contextos reais, com os respectivos resultados obtidos e lições aprendidas. Esses casos podem ser utilizados como referência para todo o processo de integração da AbE no planejamento. É interessante pensar, desde o início, em como esses aportes podem contribuir para o seu próprio plano, projeto, programa ou política, a fim alcançar os objetivos propostos e aproveitar ao máximo os recursos oferecidos por essa metodologia.



Reflexões finais

A partir dos conceitos e passos abordados para a integração da AbE no planejamento, cabe, enfim, analisar: que aprendizados podem ser levados desse processo e como eles se relacionam com suas atividades diárias? De que forma a lente climática pode ser aplicada em seu contexto de atuação e em que instrumento(s) a metodologia de integração AbE poderia ser empregada? Quais seriam os desafios relacionados a isso? Que parceiros poderiam colaborar no seu enfrentamento?

Por fim, vale refletir também sobre como seu setor pode dialogar com outros a fim de contribuir com a implementação da AbE e da adaptação à mudança do clima como um todo no país. Nesse sentido, apresentam-se aqui algumas mensagens-chave relacionadas à AbE:

- Os serviços ecossistêmicos têm o potencial de servir como opções estratégicas para a adaptação à mudança do clima.
- As opções de AbE apresentam cobenefícios ou benefícios múltiplos fundamentais que devem ser reconhecidos e levados em consideração ao estabelecer uma estratégia de adaptação.
- O reconhecimento e o apoio financeiro para medidas AbE estão crescendo constantemente, o que assegura à abordagem um lugar de destaque junto a órgãos e mecanismos de financiamento, tanto nacionais como internacionais.
- Um pré-requisito para a AbE é a gestão sustentável de recursos naturais, razão pela qual os desafios associados a essa gestão devem ser abordados.
- A AbE pode ter efeito positivo para a equidade de gênero e grupos marginalizados da sociedade.

Referências

CARE, 2010. **Adaptation, gender and women's empowerment**. Disponível em: <http://www.care.org/sites/default/files/documents/CC-2010-CARE_Gender_Brief.pdf>. Acesso em 28 fev. 2018.

CIFOR, USAID e ICRAF, 2009. **Forests for adaptation**. [Apresentação em PowerPoint]. Disponível em <<http://www.cifor.cgiar.org/fctoolbox/download/Topic-3-Section-B.pdf>>. Acesso em 20 fev. 2018.

IPCC, 2007. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

IPCC, 2012. **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp.

IPCC, 2013. **Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P. M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

IPCC, 2014. **Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Core Writing Team, R.K. Pachauri, L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

Fischlin, A., G. F. Midgley, J. T. Price, R. Leemans, B. Gopal, C. Turley, M. D. A. Rounsevell, O. P. Dube, J. Tarazona and A. A. Velichko, 2007. Ecosystems, Their Properties, Goods and Services. In: **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson (eds.)]. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

GIZ, 2013. **Training Course: Mainstreaming Ecosystem-based Adaptation into development planning**. Eschborn: GIZ.

GIZ, 2014. **Adaptação às mudanças climáticas baseada em Ecossistemas (AbE). Uma introdução ao tema**. [Apresentação em PowerPoint]. Brasília, DF: GIZ.

GIZ, 2016. **Curso de capacitación: Transversalización de la Adaptación basada en Ecossistemas (AbE) en la planificación del desarrollo**. Proyecto global: Transversalización de la AbE, implementado por la GIZ por encargo de BMUB-IKI.

MCTI, 2016. **Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil**. 3ª edição. Brasília, DF: MCTI.

MMA, 2000. **Convenção sobre Diversidade Biológica**. Brasília, DF: MMA.

MMA, 2017. **Índice de vulnerabilidade aos desastres naturais relacionados às secas no contexto da mudança do clima: sumário executivo**. Brasília, DF: MMA.

MMA, 2018. **Impactos da Mudança do Clima na Mata Atlântica**. Brasília, DF: MMA.

Myers, N.; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C. G.; Fonseca, G. A. B.; Kent, J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities, **Nature**, v. 403, p. 853-858.

Stern, N. H., 2007. **The economics of climate change: the Stern Review**. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

UNEP, 2014. **The Adaptation Gap Report 2014**. Nairobi: UNEP.

World Bank, 2010. **World Development Report 2010: Development and Climate Change**. Washington DC: World Bank.

Anexo A – O caso de Zanadu

A seguir encontram-se os dados referentes ao país Zanadu, que servem como base para os exemplos e exercícios propostos ao longo da apostila. Vale lembrar que este se trata de um caso fictício, elaborado de forma a ilustrar a aplicação dos passos para integração da AbE no planejamento, tendo em conta que tal metodologia pode ser aplicada a casos reais nos mais variados contextos.

Geografia

A República Federal de Zanadu é um país subtropical em desenvolvimento. Seus diferentes níveis de altitude levam, no entanto, a uma grande variedade climática. A região Sul conta com fortes chuvas sazonais. No Norte erguem-se montanhas cobertas de neve e no Oeste estende-se um planalto com clima semiárido (Figura A.1).

Zanadu compreende uma área geográfica de 300.000 km² (comparável à das Filipinas, do Equador ou da Costa do Marfim). Quase todo o país é dominado pela rede hidrográfica do rio Alph. Esse rio nasce no país vizinho Khoresia, no cume coberto por glaciares das montanhas Khorus, e corre desde o norte atravessando a fronteira até Zanadu. O rio Alph escoar em uma área de 350.000 km² em ambos os países, sendo que dois terços do seu volume de água provêm da Khoresia. Em Zanadu, o rio corre por uma enorme e fértil planície aluvial. Ao sul, ele deságua no mar, dando origem a um delta extenso e profundo com sedimentos férteis. Já o planalto do oeste, com cerca de 1.000 metros de altitude, caracteriza-se pela má qualidade do solo e recebe, em comparação com o resto do país, pouca precipitação.



Figura A.1. Mapa de Zanadu. Fonte: Curso EaD Adaptação baseada em Ecossistemas frente à mudança do clima

Demografia

A população atual de Zanadu é de 60 milhões de habitantes, com uma densidade populacional de 200 habitantes/km² (semelhante à da Região Metropolitana de Curitiba, no estado do Paraná). A população encontra-se distribuída de forma quase uniforme em áreas rurais (48%) e urbanas (52%). No entanto, em relação aos estados, essa distribuição é significativamente diferente. O Estado do Sul – onde se encontra a capital do país, Maja – é o mais populoso, com 67% do total de habitantes, seguido do Estado do Oeste, com 20%, e do Estado do Norte, com 13%, como mostra a Tabela A.1.

Tabela A.1. População de Zanadu por estados

Região geográfica	População em milhões de habitantes	Percentual (%)
Estado do Sul	40	67%
Urbana	25	63%
Rural	15	37%
Estado do Norte	8	13%
Urbana	2	25%
Rural	6	75%
Estado do Oeste	12	20%
Urbana	4	33%
Rural	8	67%
Total	60	100%

A taxa de crescimento demográfico é atualmente de 1,9% ao ano e encontra-se em lento declínio. A estimativa para 2050 é que a população atinja 105 milhões de habitantes. Porém, é preciso considerar que esse número depende de uma variedade de fatores, sendo a estimativa, portanto, muito incerta. De todo modo, a previsão é de que o maior crescimento demográfico nos próximos 40 anos ocorra nas regiões urbanas, o que é reforçado pela migração cada vez maior da população rural para as cidades (êxodo rural).

É também nas áreas urbanas que vive a crescente classe média, em um espaço coabitado por outras classes sociais em situação de extrema pobreza. Essa condição socioeconômica está, em parte, associada ao intenso fluxo de mão de obra não qualificada vinda das zonas rurais. Nas cidades, ligações familiares e étnicas perdem um pouco da sua importância, enquanto nas zonas rurais ainda permanecem bastante ativas.

A taxa de alfabetização em todo o país é de 68% (76% entre homens e 60% entre mulheres). O acesso à escolaridade básica é garantido em todo o país, no entanto as vagas em escolas secundárias não são suficientes para todos. Existem excelentes universidades e escolas que formam técnicos e pessoal qualificado para o governo, bem como para as modernas indústrias em crescimento, criadas por meio do Investimento Estrangeiro Direto (IED). Os diplomados universitários constituem apenas cerca de 5% da população.

Clima

O clima de Zanadu varia de alpino a subtropical. As temperaturas e precipitações médias para três áreas representativas do país são descritas na Tabela A.2.

Tabela A.2. Temperatura e precipitação média em três áreas de Zanadu

	Maja, Costa Meridional			Planalto Ocidental			Planície Aluvial do Alph		
	Mín. (°C)	Máx. (°C)	Precipitação média mensal (mm)	Mín. (°C)	Máx. (°C)	Precipitação média mensal (mm)	Mín. (°C)	Máx. (°C)	Precipitação média mensal (mm)
Dez-Jan-Fev	14	27	10	9	23	18	16	24	25
Mar-Abr-Mai	24	35	60	21	35	13	17	25	75
Jun-Jul-Ago	26	33	236	27	36	182	16	22	200
Set-Out-Nov	23	32	121	19	32	56	15	23	58
Temperatura média/ Precipitação anual total	22	32	1280	19	31	797	16	23	1055

As alterações da temperatura média nos últimos 50 anos variam de +0,7 °C no delta do rio Alph a +1,2 °C nas montanhas Khorus. No mesmo intervalo, o nível do mar subiu 10 cm na estação de medição costeira de Maja. A precipitação média anual manteve-se inalterada. No entanto, sua distribuição temporal teve uma notável mudança, com um escoamento superficial mais elevado no inverno e na primavera e mais baixo no final do verão e no outono. A água proveniente do degelo da neve é essencial para manter a irrigação.

A disponibilidade de água per capita é de cerca de 1.600 m³ por ano. Com o crescimento populacional previsto, mesmo que o consumo de água se mantenha constante, esse valor diminuirá para menos de 1.000 m³ per capita por ano (até 2040). De acordo com as estimativas da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), uma disponibilidade de água per capita menor que 1.000 m³ por ano é um fator limitante para o desenvolvimento sustentável e a proteção ambiental. Com valores inferiores a 2.000 m³, essa limitação já pode ser considerada potencialmente séria, havendo ocorrência de secas em anos de pouca precipitação.

O Serviço Nacional de Hidrometeorologia (Hydromet) recolhe dados meteorológicos em 30 estações distribuídas por todo o país. O Ministério da Água mede a vazão do rio Alph diariamente em 12 pontos da bacia hidrográfica e registra mensalmente as elevações do nível do mar. Todos os anos, o ministério também conduz uma análise simples da cobertura de neve durante o inverno, de forma a determinar o volume de água resultante do degelo, em busca de prever a vazão do rio Alph para o ano seguinte.

No passado, o nível do rio era afetado por cheias catastróficas, que ocorriam com uma frequência de 10 a 15 anos. Nos últimos anos, essa frequência aumentou, passando a ser de 8 a 10 anos. A capacidade analítica do Hydromet e do Ministério da Água é limitada. As duas instituições realizam análises estatísticas simples, mas raramente fazem previsões fundamentadas ou modelagens com Sistemas de Informação Geográfica (SIG), o que se deve, por um lado, à falta de pessoal especializado e, por outro, à pouca demanda desse tipo de informação por parte dos tomadores de decisão.

O Sistema Político

Zanadu é uma democracia parlamentar, no topo da qual se encontra um Primeiro Ministro com poderes constitucionais abrangentes. Observadores internacionais relataram que, de maneira geral, as eleições mais recentes ocorreram de forma justa e transparente. Nos últimos anos foi criado um pequeno lobby ambiental, o qual é apoiado pela classe média urbana.

Os ministérios cobrem todos os setores significativos em nível nacional e estadual. Os órgãos mais influentes são a Chancelaria do Primeiro Ministro e os Ministérios do Planejamento, das Finanças, da Indústria, da Água e da Agricultura. Apesar de existir um Ministério do Ambiente e um Serviço Florestal tanto em nível estadual quanto nacional, os mesmos não dispõem de recursos humanos e financeiros suficientes. Em geral, a direção do governo pode ser descrita mais como reativa do que como proativa.

Em Zanadu não existem normas legais para o direito de utilização da água. Este é regido pelo direito “de fato”, ou seja, quando uma entidade estatal ou uma empresa privada criam a infraestrutura para a extração de água, esse direito é, de modo geral, reconhecido. Isso não foi um problema enquanto havia água em abundância. No entanto, atualmente, estão surgindo cada vez mais conflitos entre novos e antigos usuários.

O orçamento nacional para o desenvolvimento é de cerca de \$1,5 bilhão por ano, sendo que aproximadamente \$1 bilhão provem de fundos da ajuda pública para o desenvolvimento. Esse montante resulta em cerca de \$17 per capita/ano. A isso se somam ainda os recursos estrangeiros, no valor de \$750 milhões/ano, com tendência crescente nos últimos anos.

Do ponto de vista administrativo, Zanadu encontra-se dividido nos três estados federais mencionados anteriormente: o Estado do Norte, o Estado do Oeste e o Estado do Sul. Os três são majoritariamente autônomos e cobram impostos. Embora cada um deles cubra os custos de financiamento com rendimentos próprios, grande parte do orçamento para o desenvolvimento é disponibilizado pelo Governo Federal.

Infraestrutura

As principais cidades de Zanadu são ligadas por estradas pavimentadas e transitáveis durante todo o ano. No entanto, a maioria das estradas rurais estão em mau estado e ficam intransitáveis durante a época chuvosa. A rodovia mais importante é a via asfaltada, que segue da capital Maja ao longo do rio Alph pelo vale fluvial, sendo muito importante para a agricultura.

Todas as grandes cidades têm eletricidade, apesar de sua disponibilidade se limitar a algumas horas por dia, devido a cortes propositais de energia em horários de pico. Ao mesmo tempo, a demanda por eletricidade cresce rapidamente. Apenas metade das comunidades rurais está ligada à rede elétrica, sendo que as demais permanecem dependentes de lenha para suprir suas necessidades.

A energia é gerada a partir de carvão (75%), água (15%) e gás natural (10%). Quase toda a energia hídrica é produzida em uma barragem do rio Alph no Estado do Norte, havendo centrais hidroelétricas com menor capacidade em rios afluentes. Além da sua contribuição para a produção de energia, a barragem do Alph funciona também como reservatório de água, tanto para a irrigação como para controle da vazão e proteção contra inundações. A montante, na fronteira com a Khoresia, existem algumas opções de localização promissoras para a construção de mais barragens.

Economia

A economia de Zanadu encontra-se em transição de um modelo essencialmente agrícola para um baseado na indústria de transformação e na prestação de serviços. Na Tabela A.3 estão representadas as contribuições atuais dos diversos setores da economia para o PIB do país, assim como a percentagem de pessoas empregadas por setor de atividade. O PIB per capita é de \$1.800/ano. O crescimento médio do PIB durante os últimos cinco anos foi de 4%.

Tabela A.3. PIB e taxas de emprego por setor em Zanadu

Setor	PIB	População ativa
Agricultura	30%	50%
Indústria	20%	10%
Serviços	50%	40%

A base para o desenvolvimento econômico é composta pelas terras férteis, recursos hídricos, carvão e gás natural, bem como pelo grande potencial para produção de energia hídrica e pelo potencial turístico inerente às paisagens montanhosas e praias. Além disso, existe uma grande quantidade de mão de obra disponível. Zanadu é produtor de algodão, açúcar, trigo, arroz, cacau, óleo de palma, produtos de origem animal, madeira, peixes e frutos do mar. Entre estes, são exportados arroz, cacau, óleo de palma, peixes e frutos do mar, sendo que a indústria ligada à exportação representa cerca de 15% da economia.

Os bens produzidos industrialmente incluem máquinas simples, fertilizantes e produtos têxteis, com um crescimento da indústria de vestuário. No setor de serviços, atividades como o turismo, suporte técnico e desenvolvimento de software apresentam um potencial de crescimento significativo. Todavia, as oportunidades de desenvolvimento de cada estado são muito diversas.

A Tabela A.4 a seguir apresenta uma síntese das principais informações de Zanadu. Na sequência, são descritas as alterações e impactos relacionados à mudança do clima previstos para o país. Depois, são detalhados os dados referentes ao Estado do Sul.

Tabela A.4. Principais características de Zanadu

Característica	Valor	Notas
Governo	Democracia Parlamentar	Sistema federal
População	60 milhões	Rural (48%), Urbana (52%)
Taxa de crescimento demográfico	1,9% ao ano	Em declínio
Taxa de alfabetização	68%	Homens (76%), Mulheres (60%)
Principal rio	Alph	Recebe água de degelo
Água tratada per capita	1.600 m ³	Deve diminuir para 1.000 m ³ até 2040
Aumento da temperatura (1950-2000)	0,7 °C-1,2 °C	Montanhas (1,2 °C), delta (0,7 °C)
PIB per capita	\$1.800/ ano	Varia muito entre os estados
Taxa de crescimento do PIB	4%/ ano	Média dos últimos cinco anos
Composição da economia	Variada	Agricultura (30%), indústria (20%), serviços (50%)

Mudança do clima: alterações e impactos previstos para Zanadu

A partir dos dados e projeções climáticas disponíveis no país, constata-se que a mudança do clima deve ocasionar uma série de alterações e impactos em seu território. Estes são descritos a seguir, em relação aos principais aspectos afetados.

Alterações climáticas esperadas (até a década de 2050)

Temperatura (em comparação com a média histórica):

- Aumento de 2°C a 4°C nas Montanhas Khorus.
- Aumento de 1,4°C a 2°C nas planícies.

Precipitação

- Em média, prevê-se um ligeiro aumento da precipitação anual (em comparação com a média histórica).
- Nas montanhas, a precipitação no outono e final de inverno deve cair em forma de chuva e não mais como neve.
- Aumento da intensidade das chuvas, assim como do intervalo entre precipitações.
- As fortes chuvas sazonais devem começar mais tarde e durar menos tempo.

Nível do mar

- Prevê-se um aumento do nível do mar de 0,2 m a 0,4 m.
- Estima-se também um aumento da temperatura da superfície do mar.

Impactos previstos (até 2050)

Águas superficiais

- Início do derretimento da neve duas a quatro semanas mais cedo.
- Maiores flutuações no regime fluvial.
- Maior frequência de cheias no verão.
- Aumento das temporadas de seca.
- Diminuição da vazão do rio Alph no final do verão.
- Perda de água devido à evaporação em reservatórios.
- Aumento da erosão nas encostas e assoreamento dos rios.
- Aumento da carga de sedimentos no curso inferior do rio Alph.

Águas subterrâneas

- Redução da recarga de águas subterrâneas de 25% para 15%.

Zonas costeiras

- Inundação de 10% do delta do rio Alph.
- Maior frequência de marés cheias e tempestades no delta.
- Aumento da salinização das camadas superficiais da água.
- Devido ao aumento do nível do mar, a água salgada penetra ainda mais no curso do rio Alph.
- Diminuição da ocorrência de ciclones, porém com aumento da sua intensidade.

Agricultura

- A colheita de algodão não é afetada pelo aumento esperado de temperatura. As colheitas de milho e cereais, porém, diminuem nesse cenário.
- Com um aumento da temperatura durante a época em que o arroz floresce, há o risco de esterilidade da planta.
- A demanda de água para plantas irá aumentar entre 3% e 5%.
- Aumento da frequência de colheitas perdidas devido a inundações e secas.

O ESTADO DO SUL

O Estado do Sul é o maior, mais rico e o mais populoso de Zanadu. É também onde se situa a capital do país, Maja.

Geografia

A parte central do estado é uma extensa e fértil planície aluvial, dividida pelo rio Alph. Como mencionado anteriormente, no Sul, o rio forma um extenso delta com sedimentos férteis antes de desaguar no mar. Uma grande parte do delta fica somente alguns metros acima do nível médio do mar, e sua parte costeira encontra-se protegida por manguezais. A leste da foz do Alph situa-se um conjunto de colinas baixas com uma vertente voltada para o mar, formando uma superfície costeira estreita com longas praias de areia

branca. Após a linha de costa há um recife de corais. Essa área apresenta, portanto, um grande potencial turístico, embora a região ainda careça de infraestruturas adequadas.

Demografia

Dois terços dos 40 milhões de habitantes do Estado do Sul vivem em cidades. Além da capital Maja, com uma população de 10 milhões de habitantes, existem ainda outras cinco grandes cidades, que juntas totalizam uma população de 15 milhões de habitantes. Três delas situam-se próximo ao rio Alph e as outras duas ficam no interior. A população rural, que é de 15 milhões de habitantes, encontra-se distribuída por 10.000 aldeias e vilas em todo o país. O crescimento demográfico ocorre quase exclusivamente nas regiões urbanas, devido à migração de zonas rurais e ao crescimento natural da população. Esses dados são resumidos na Tabela A.5.

Tabela A.5. População do Estado do Sul

Localização	Número de habitantes (milhões)	%
Urbana	25,0	63%
Maja	10,0	25%
Cidades médias (5)	15,0	38%
Rural	15,0	37%
Aldeias (10.000)	15,0	37%
Total	40,0	100%

O quadro a seguir apresenta os dados referentes à área, população e densidade populacional do estado.

Área geográfica:	140.000 km ²
População:	40 milhões
Densidade populacional:	285 hab/km ²

Economia

Embora o Estado do Sul seja a região mais rica do país, nele também se encontram grupos sociais pobres. A agricultura contribui com 20% do PIB do estado e emprega 40% da população economicamente ativa (direta e indiretamente). O setor de alta tecnologia, antes pequeno, cresce constantemente e possui um potencial significativo. Existe uma demanda crescente por eletricidade que, no momento, não é totalmente satisfeita.

Há no estado uma forte indústria têxtil com base na produção de algodão. O processamento de cacau remonta aos tempos coloniais e a indústria de óleo de palma está em rápido crescimento, devido à demanda do setor alimentício e de biocombustíveis. A produção desse óleo é impulsionada principalmente por investimentos estrangeiros, motivados pelo aumento de preços e subsídios para biocombustíveis nos países ocidentais.

Agricultura

A planície aluvial do rio Alph é o celeiro do Estado do Sul e de todo o país. Nessa planície, planta-se principalmente arroz e trigo em sistema de rotação. O arroz cresce durante o verão, com a precipitação sazonal elevada, seguido pelo trigo, na época de inverno, que é seca e fresca. Quase toda a região é abastecida por grandes estruturas públicas de distribuição de água e sistemas de canais existentes ao longo do rio Alph. No verão, a irrigação complementa a precipitação para o cultivo do arroz. No inverno, o trigo também requer irrigação para produzir uma colheita rentável.

Próximo à várzea do rio situam-se as plantações de algodão, cultivadas apenas com água proveniente da chuva. Entre esses campos também é cultivado milho, sendo alguns deles irrigados com água de poços privados. No delta, durante todo o ano, cultiva-se arroz em uma vasta região. Em algumas áreas, as inundações locais provocadas por fortes precipitações sazonais impedem esse cultivo durante o verão. Uma grande parte dessas plantações é irrigada por meio de um sistema simples de canais, sendo a água proveniente dos braços ramificados que formam o delta do rio Alph.

Nas colinas baixas a leste do país a floresta primária é desmatada para o cultivo de palmeiras, destinado à produção de óleo. Alguns dos maiores produtores de óleo de palma e de cacau utilizam a irrigação por gotejamento com água proveniente de poços privados. As áreas agrícolas na planície aluvial são pequenas, tendo, via de regra, de três a cinco hectares. No delta do Alph elas são ainda menores, não ultrapassando um ou dois hectares. No entanto, nas zonas de cultivo de milho e algodão as propriedades são maiores, distribuindo-se entre 10 e 20 hectares, com algumas fazendas de algodão ainda maiores, pertencentes a famílias ou empresas. As áreas cultivadas e irrigadas são apresentadas na Tabela A.6.

Tabela A.6. Agricultura no Estado do Sul

Cultura	Cultivada (1.000 ha)	Irigada (1.000 ha)
Rotação de culturas de arroz/trigo	1.400	1.400
Algodão	2.000	0
Milho	300	50
Cacau e palmeiras (óleo de palma)	750	150
Arroz (delta)	500	400
Outras culturas	50	0
Total	5.000	2.000

Abastecimento de água e saneamento

Na capital Maja, 70% da população é abastecida com água tratada oriunda do rio Alph. Mais de 20% das águas residuais são tratadas e devolvidas ao rio. O abastecimento doméstico e industrial das outras cinco maiores cidades é feito com águas de origem subterrânea. No total, cerca de 50% da população é abastecida com água canalizada. Todas as cidades contam com um sistema básico de coleta de águas residuais, que são devolvidas ao rio Alph ou a um de seus afluentes após um tratamento simples. Via de regra, as águas residuais estão contaminadas com a bactéria *E. coli* e, por vezes, com substâncias industriais tóxicas.

Nas áreas rurais, a água para beber é obtida exclusivamente a partir de fontes subterrâneas, sendo extraída de poços comunitários. Nessas regiões, não existe qualquer tipo de coleta ou tratamento de águas residuais, as quais se infiltram no solo ou fluem para o rio Alph por meio da drenagem natural dos afluentes.

O Estado do Sul, sobretudo no caso do setor agrícola, é fortemente dependente de águas transfronteiriças, em especial na primavera, quando o rio Alph recebe água de degelo dos glaciares da Khoresia.

Hidrologia

A vazão do rio Alph oscila bastante durante as estações do ano, tendo seu pico entre os meses de julho e agosto, dependendo do volume das chuvas de verão, que são bastante variáveis. O volume total do rio também oscila bastante de um ano para outro. No início do ano, o degelo da neve das montanhas Khorus determina a vazão, antes de as fortes chuvas de verão começarem. A água disponível depois das chuvas de verão é utilizada quase exclusivamente para a irrigação e o abastecimento comunitário, assim como para possibilitar que o porto de navios de Maja mantenha-se navegável. Os dados hidrográficos para o intervalo entre 1975 e 2000, bem como uma projeção para o período de 2040 a 2060 estão representados abaixo na Figura A.2.

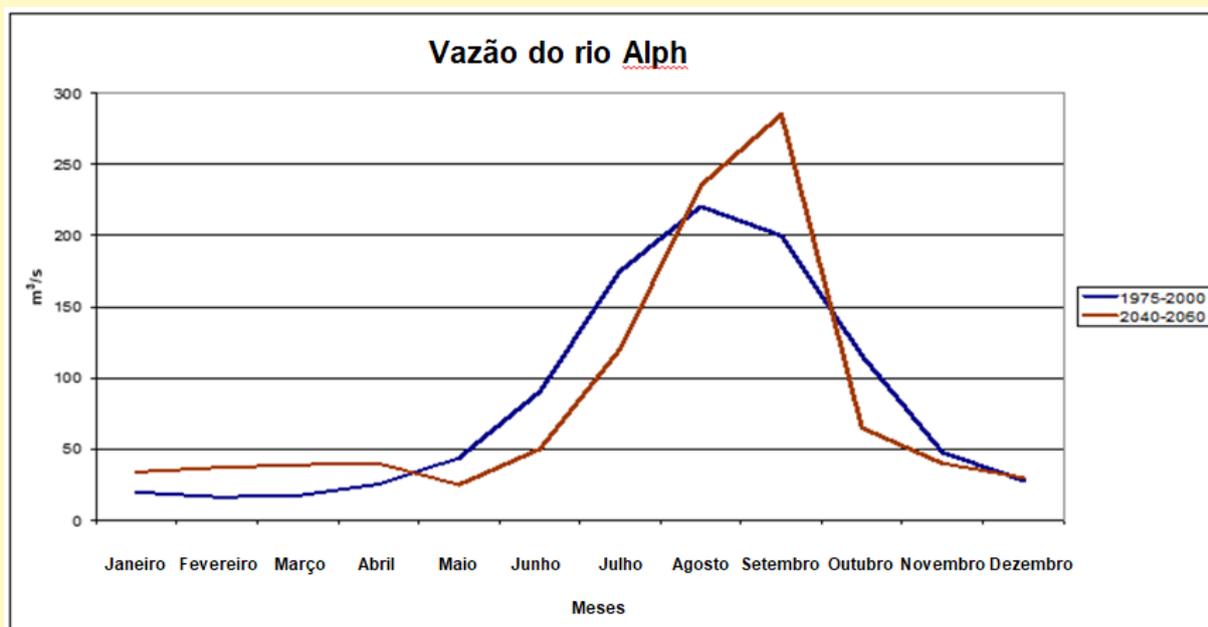


Figura A.2. Vazão histórica (1975-2000) e projetada (2040-2060) para o rio Alph

O nível das águas subterrâneas próximo ao rio é relativamente estável. Em áreas mais afastadas, esse nível diminui cerca de um a dois metros por ano. Na região de montanhas e colinas, as águas subterrâneas distribuem-se de forma irregular e têm baixado continuamente nos últimos anos, já que cada vez mais agricultores utilizam reservatórios subterrâneos para a irrigação de milho e outras culturas.

Mudança do clima: situação atual e potenciais consequências para o Estado do Sul

No contexto do desenvolvimento, o crescimento econômico desejado para o Estado do Sul (aumento da produção agrícola, desenvolvimento do potencial turístico, etc.), assim como a perspectiva de crescimento demográfico, pressiona a demanda por água e eletricidade. Desse modo, em um cenário de mudança do clima, alguns objetivos de desenvolvimento podem ser impactados. A Tabela A.7 resume os fatores de estresse climático atuais e projetados para o ano de 2050 no Estado do Sul. Na sequência, são descritas algumas consequências que podem ser associadas aos mesmos.

Tabela A.7. Fatores de estresse climático no Estado do Sul

Fatores de estresse climático atuais	Fatores de estresse climático projetados (2050)
<ul style="list-style-type: none">• Precipitação variável.• Precipitação sazonal elevada.• Temperaturas altas para cultivos.	<ul style="list-style-type: none">• Aumento da temperatura entre 1°C e 1,5°C.• Redução da recarga de águas subterrâneas.• Mudança do pico de vazão máximo do rio Alph para uma época mais tardia no ano.• Maior variabilidade de precipitações.

Oferta de energia

Apesar do potencial de desenvolvimento da produção de energia hidroelétrica, devido à mudança do clima, as barragens encontram-se ameaçadas e a produção torna-se muito dispendiosa, por conta da elevada quantidade de sedimentos presentes na rede hidrográfica.

Abastecimento de água e saneamento

Caso haja aumento da extração de água de fontes subterrâneas, poderá ocorrer uma maior intrusão de água do mar nos aquíferos costeiros. As cidades utilizam sistemas de esgotamento cuja capacidade possivelmente não será suficiente em situações de elevada precipitação e rápido escoamento superficial. Além disso, essa estrutura pode ser posta em risco devido ao aumento das taxas de inundação (de cerca de 10%) que são previstas para o delta do rio Alph.

Agricultura

Como ilustra a Figura A.2, prevê-se uma alteração significativa no regime fluvial do rio Alph por conta da mudança do clima. Isso provocará impactos na estrutura dos sistemas de irrigação existentes (barragens, canais, etc.). A funcionalidade dessas estruturas também pode ser comprometida pelo aumento previsto na velocidade do escoamento superficial durante chuvas fortes, bem como pela maior sedimentação resultante desse processo.

Da mesma forma, tanto a agricultura de sequeiro quanto a agricultura praticada perto dos rios, que utiliza a umidade residual do solo, serão afetadas pelas alterações no fluxo do rio Alph e pela modificação dos padrões de precipitação. Tais sistemas de cultivo são praticados principalmente por agricultores mais pobres, que não podem pagar pela irrigação dos seus campos.

O desmatamento de florestas primárias para agricultura e o conseqüente aumento da erosão e sedimentação interferem na recarga de águas subterrâneas, uma vez que alteram os níveis de infiltração das águas pluviais. Isso tende a resultar em uma competição pela água disponível, com desvantagem para os pequenos agricultores, que não têm possibilidade de aumentar a profundidade dos seus poços.

Anexo B – Exemplo de um projeto de desenvolvimento incluindo AbE

A título de exemplo, encontra-se a seguir o resumo de um planejamento fictício desenvolvido com a aplicação do Ciclo AbE. Trata-se do projeto **Agricultura e pecuária sustentáveis no Estado do Oeste de Zanadu**, que tem como propósito assegurar os meios de subsistência locais diante da mudança do clima.

Contexto

A área do Estado do Oeste é de 60.000 km², o que corresponde a 20% do território nacional. O estado apresenta clima semiárido subtropical, com extensas áreas áridas a oeste. Sua população atual é de 12 milhões de habitantes, dos quais dois terços vivem na área rural, sendo que a mesma vem passando por um rápido crescimento. O estado recebe, em média, cerca de 500 mm de precipitação por ano, que são concentrados entre os meses de junho e setembro, ao passo que o restante do ano é bastante seco.

Tabela B.1. Informação climática sobre o Estado do Oeste

Período	Temperatura média		Precipitação
	Mínima (°C)	Máxima (°C)	Média mensal (mm)
Dez-jan-fev	9	23	5
Mar-abr-maio	21	35	13
Jun-jul-ago	27	36	117
Set-out-nov	19	32	34
Total / Média	19	31	507

A economia do estado é baseada na agricultura de subsistência e pastagens (pecuária). A agricultura é organizada em terraços tradicionais, que são mantidos por canais de irrigação. Os cultivos mais importantes na região são o painço e o sorgo. Outros tipos de cultivo como feijão, feijão-guandu e amendoim são cultivados raramente, devido à falta de conhecimento por parte dos agricultores. A pastorícia (gado, cabras), em sua maioria, não é regularizada, e há conflitos frequentes entre pastores e agricultores, uma vez que os rebanhos pastam pelos campos e pisoteiam os canais de irrigação.

A qualidade do solo é classificada entre mediana e pobre. O problema ambiental mais importante da área é a degradação do terreno devido à erosão. Partes do solo encontram-se profundamente desgastadas e pobres em nutrientes devido a uma agricultura mal gerida e à pastagem do gado. Esse efeito é exacerbado devido a fatores climáticos. Não existe quase nenhuma colaboração em nível regional entre o Ministério do Ambiente, responsável pelo controle da desertificação e erosão, e o Ministério da Agricultura. O serviço de extensão rural é muito limitado, e por isso praticamente não há um sistema de apoio para

pequenos agricultores. Iniciativas anteriores para regularizar a pastagem do gado foram ineficazes devido a dificuldades na aplicação da lei e à falta de alternativas interessantes para os criadores.

O rendimento agrícola no Estado do Oeste é extremamente sensível às condições climáticas, de forma que é possível assumir que a mudança do clima irá afetar a segurança alimentar. As variedades de painço e sorgo dependem da existência de uma época de chuvas prolongada, já que esses cultivos necessitam de 120 a 150 dias de chuva. Os criadores de gado relatam que os seus animais já não conseguem encontrar forragem suficiente e que muitas ervas e pastagens nutritivas desapareceram, enquanto há muitos tipos de ervas que os animais não consomem. Os criadores se queixam de que a água dos vales seca muito depressa e que eles precisam dividir os rebanhos, recorrendo a pastagens afastadas e em diferentes regiões durante os períodos de seca.

As áreas florestais restantes do Estado do Oeste estão sob uma grande pressão da atividade pecuária e da extração de madeira para lenha. O potencial de outros produtos florestais não lenhosos, tais como mel e frutos, quase nunca é explorado.

Projeções: mudança do clima

Espera-se que a temperatura na região aumente entre 1,5°C e 2,5°C até 2050 (em comparação com a média de 1940-1960). Os modelos climáticos disponíveis sugerem uma leve diminuição da precipitação anual até o mesmo ano, comparada com a média do período entre 1970 e 2000. É provável que episódios extremos de precipitação se tornem mais severos, porém menos frequentes. Por sua vez, as chuvas sazonais devem ter início mais tarde e durar menos tempo. Haverá períodos mais longos sem precipitação significativa.

É esperado que a mudança do clima exacerbe a erosão já existente em relevos inclinados e corpos d'água. A infiltração reduzida de chuva no solo levará a um decréscimo de 15-25% na recarga de águas subterrâneas pouco profundas, também até 2050. A diminuição do período de chuvas acarretará a perda de colheitas e variedades tradicionais de painço e sorgo já não alcançarão o estado de amadurecimento em função do aumento das temperaturas. O aumento da evaporação resultará em uma maior demanda das colheitas por água, na ordem de 3 a 5%, nesse mesmo período. Devido às secas, espera-se que a perda de colheitas se torne mais frequente. Prevê-se ainda que incidentes de sobrepastoreio aumentem, em função da baixa qualidade das pastagens e da diminuição dos padrões de precipitação.

O projeto

Duração/ prazo total: 4 anos (2014-2017)

Objetivo: promover sistemas de produção agrícola sustentáveis no Estado do Oeste, em Zanadu, de forma a assegurar os meios de subsistência locais. Deverão ser efetuadas melhorias duradouras no que diz respeito à perda de pastagens e terras aráveis bem como à manutenção da produtividade agrícola.

Autoridade responsável: Ministério da Agricultura

Abordagem: o projeto está centrado na introdução de práticas agrícolas aperfeiçoadas para manter a camada superficial do solo, reabilitar terrenos cultiváveis e diversificar e aumentar a renda. A construção de uma vala de drenagem paralela a curvas de nível pretende evitar o escoamento acelerado da água. As estratégias do projeto são as seguintes:

- Realização de um programa completo de capacitação para agricultores locais, a fim de fomentar a apropriação dessas técnicas.
- Desenvolvimento e reabilitação de uma área modelo, com a implementação de técnicas de lavoura de conservação e de atividades alternativas para geração de renda, dirigido especificamente à comunidade de criadores de animais.
- Apoio a mecanismos de coordenação local para promover um regime de pastagem sustentável e melhorar a relação entre agricultores e produtores de gado na região.
- Em nível nacional, o projeto apoia a adaptação do enquadramento legal e institucional existente.
- Promoção do relacionamento entre os diferentes ministérios e diálogo intersetorial sobre os temas envolvidos, como o monitoramento baseado em resultados, o financiamento do uso sustentável de recursos naturais, estratégias nacionais de educação ambiental, gestão participativa de recursos, etc.
- A questão da adaptação à mudança do clima deverá ser considerada em todas as atividades do projeto.
- Será dada preferência a soluções baseadas em ecossistemas.

O quadro a seguir apresenta o resumo do projeto após a aplicação do Ciclo AbE.

Resumo do projeto “Agricultura e pecuária sustentáveis no Estado do Oeste de Zanadu”

Sistema de interesse: sistema agrícola de pequenos agricultores no Estado do Oeste de Zanadu

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Fatores de estresse climático já observados e esperados	Sensibilidade atual	Impactos observados e potenciais da mudança do clima no sistema de interesse (biofísicos e socioeconômicos, resultado das colunas A e B)	Capacidade atual de adaptação	Opções de adaptação (AbE e não AbE)	Opções de AbE selecionadas	Atores importantes para as opções de AbE (de acordo com a coluna F)	Ecossistemas necessários para a opção de AbE	Estado dos ecossistemas e dos serviços ecossistêmicos necessários	Medidas necessárias para assegurar os serviços ecossistêmicos essenciais (somente se for identificado um mau funcionamento na coluna I)	Atores importantes para as medidas (de acordo com a coluna J)
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da temperatura entre 1,5 e 2,5°C. • Pequena diminuição da precipitação anual. • Episódios extremos de precipitação mais severos. • Época de chuvas significativamente mais curta. • Períodos mais longos sem precipitação significativa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Variedades de painço e sorgo dependem de uma época de chuvas prolongada. • Ervas e pastagens nutritivas sensíveis a mudanças nas características da precipitação. • Práticas agrícolas insustentáveis levam à degradação do solo. • Sobrepastoreio conduziu à degradação da pastagem. • Direitos de uso não são transparentes. • Aplicação da lei é insuficiente. • Falta de capacidade de implementação de boas práticas. • Insuficiente colaboração em entre instituições do governo em nível regional. • Serviço de extensão rural muito limitado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução do rendimento das colheitas. • Perda de colheitas. • Redução da forragem disponível. • Evaporação precoce da água dos vales. • Aumento da erosão já existente em terras inclinadas e em corpos d'água. • Infiltração reduzida da precipitação (recarga reduzida das águas subterrâneas). 	<ul style="list-style-type: none"> • Existência de um sistema de terraceamento (cultivo em terraços ou cultivo em socacos) tradicional. • Potencial subutilizado de fontes alternativas de subsistência (por exemplo, produtos florestais). 	<ul style="list-style-type: none"> • Ampliação da gama de cultivos e introdução de tipos de cultura resistentes à seca. • Maior rotação de culturas. • Introdução de práticas agrícolas adequadas à prevenção da erosão (por exemplo, irrigação por gotejamento e cultivo em curvas de nível). • Restauração de pastagens para estabilizar o solo degradado e prevenir a erosão. • Introdução de um regime sustentável de pastagens. • Introdução de árvores/sebes no sistema agrícola para controle da erosão, provisão de frutas, forragem, combustível. • Promoção de fontes alternativas de subsistência para reduzir a pressão no sistema agrícola: cadeias de valor para produtos florestais. • Introdução de espécies de forragem nos campos para conservar a umidade do solo e fixar/ regenerar o solo degradado. • Implementação de um sistema de extensão rural para capacitar agricultores. • Reflorestamento e proteção florestal para estabilizar o regime de escoamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Introdução de árvores/sebes na paisagem agrícola para estabilização das encostas e controle da erosão, provisão de frutas, forragem, combustível. • Promoção de atividades alternativas de geração de renda para reduzir a pressão no sistema agrícola: desenvolvimento de cadeias de valor para produtos florestais. • Promoção do reflorestamento e proteção florestal para estabilizar o regime de escoamento. • Introdução de espécies de forragem nos campos (paralelamente a curvas de nível) para conservar a umidade do solo e fixar/ regenerar o solo degradado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ministério da Agricultura • Serviço de extensão rural • Ministério do Ambiente • Comunidades rurais • Representantes de associações de agricultores de pequena escala e criadores de gado • Ministério da Água 	<ul style="list-style-type: none"> • Floresta • Sistema Agroflorestal • Pastagens 	<ul style="list-style-type: none"> • Floresta sob grande pressão por conta de atividades pecuárias e da extração de madeira para lenha. • Florestas ameaçadas por um aumento da frequência e magnitude de incêndios florestais; produção reduzida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Promover o plantio de espécies de árvores resistentes à seca. • Desenvolver estratégias para obtenção de madeira para lenha e instaurar um sistema de extração sustentável. • Instaurar sistema de controle de incêndios florestais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Instituições de pesquisa • Ministério da Energia

Anexo C – Exemplo de avaliação da vulnerabilidade de um sistema de interesse com base em dados de sensibilidade e capacidade adaptativa¹

A vulnerabilidade de um sistema de interesse pode ser avaliada por meio de dados quantitativos ou qualitativos referentes aos seus componentes de sensibilidade e capacidade adaptativa. Os dados quantitativos são representados por unidades de medida, como graus Celsius (°C), milímetros (mm), quilogramas (kg), hectares (ha) e minutos (min). Já os qualitativos podem ser descritivos e nominais, como tipo de solo (Latosolo, Cambissolo), classificação climática (Af, Cfb) e fitofisionomia (Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Decidual), ou ordinais, que classificam os dados por ordem, como de 1º a 5º.

Para poder comparar e integrar diferentes tipos de dados de sensibilidade e capacidade adaptativa em um único índice de vulnerabilidade, é necessário normalizá-los, o que nada mais é que transformá-los para que sejam compatíveis. Uma forma de fazer isso é transformar os dados em valores entre 0 e 1, em que 0 representa uma situação ótima, de baixa vulnerabilidade, na qual não se requer ação, e 1 representa uma situação péssima, de alta vulnerabilidade, na qual se necessita de ação imediata.

No exemplo apresentado na Tabela C.1 são considerados quatro fatores, dois de sensibilidade e dois de capacidade adaptativa, com os respectivos dados que, juntos, devem compor a vulnerabilidade do sistema de interesse de cultivos agrícolas. Os dados apresentados são quantitativos e qualitativos, de diferentes naturezas, e, por isso, devem ser transformados em um valor entre 0 a 1, chamado de valor normal, para que possam ser comparáveis entre si.

Tabela C.1. Exemplos de como normalizar dados quantitativos e qualitativos de sensibilidade e capacidade adaptativa

Sensibilidade do sistema de interesse	Dado existente	Amplitude prevista do dado	Transformação para valor normal	Valor normal (Vn_{0-1})
Necessidade de água dos cultivos agrícolas	Demanda de 80mm de precipitação mensal	Valor máximo de precipitação prevista: 100mm	Atribuir valores de 0 (situação ótima) a 1 (situação péssima) para os valores de precipitação:	$Vn_{0-1} = \frac{80-50}{100-50}$
		Valor mínimo de precipitação prevista: 50mm	50 mm (valor mínimo) = 1 (situação péssima) 100 mm (valor máximo) = 0 (situação ótima)	$Vn_{0-1} = \frac{30}{50}$
			<p>Sendo assim:</p> <p>Considerando que: X_i é o dado a transformar; X_{\min} é o valor mínimo; X_{\max} é o valor máximo; Vn_{0-1} é o valor normal.</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> $Vn_{0-1} = 0,6$ </div> <p>Valor referente à demanda de 80mm de precipitação mensal pelos cultivos</p>

¹ Os exercícios dos anexos C e D foram desenvolvidos com base em GIZ, 2014. *The Vulnerability Sourcebook: concept and guidelines for standardized vulnerability assessments*. Eschborn and Bonn: GIZ.

Tabela C.1. Exemplos de como normalizar dados quantitativos e qualitativos de sensibilidade e capacidade adaptativa (continuação)

$$Vn_{0-1} = \frac{(Xi - Xmin)}{(Xmax - Xmin)}$$

Sensibilidade do sistema de interesse	Dado existente	Amplitude prevista do dado	Transformação para valor normal	Valor normal (Vn_{0-1})
Tipo de solo	Cambissolo	Estabelecer classes de capacidade de retenção de água pelo solo:	Atribuir valores de 0 (situação ótima) a 1 (situação péssima) para as classes de capacidade de retenção de água pelo solo:	$Vn_{0-1} = 0,25$
	Cambissolos têm potencial de reter água por 3 meses	< 1 mês ≥ 1 mês ≥ 2 meses ≥ 3 meses ≥ 4 meses	< 1 mês = 1 ≥ 1 mês = 0,75 ≥ 2 meses = 0,5 ≥ 3 meses = 0,25 ≥ 4 meses = 0	Valor referente ao potencial de 3 meses de retenção de água pelo Cambissolo
Conhecimento técnico dos produtores agrícolas	75% dos produtores agrícolas são capacitados em controle de risco, irrigação eficiente e diversificação da produção	Estabelecer classes de percentual de produtores com conhecimento técnico:	Atribuir valores de 0 (situação ótima) a 1 (situação péssima) para as classes de percentual de produtores com conhecimento técnico:	$Vn_{0-1} = 0,25$
		< 20% ≥ 20% ≥ 40 ≥ 60 ≥ 80	< 20% = 1 ≥ 20% = 0,75 ≥ 40 = 0,5 ≥ 60 = 0,25 ≥ 80 = 0	Valor referente a 75% dos produtores agrícolas capacitados
Área de captação de água para irrigação de cultivos agrícolas	Apenas 25% da área de captação de água para irrigação está em uma região de baixo risco climático	Estabelecer classes de percentual de área de captação de água em região de baixo risco:	Atribuir valores de 0 (situação ótima) a 1 (situação péssima) para as classes de percentual de área de captação de água em região de baixo risco:	$Vn_{0-1} = 0,75$
		< 15% ≥ 15% ≥ 30% ≥ 45% ≥ 60%	< 15% = 1 ≥ 15% = 0,75 ≥ 30% = 0,5 ≥ 45% = 0,25 ≥ 60% = 0	Valor referente a 35% da área de captação de água para irrigação em região de baixo risco climático

É importante destacar que os fatores de sensibilidade e capacidade adaptativa e seus respectivos dados influenciam a vulnerabilidade de forma diferente. A relação entre sensibilidade e vulnerabilidade é direta, isto é, quanto maior a sensibilidade do sistema de interesse, maior a sua vulnerabilidade. A relação entre capacidade adaptativa e vulnerabilidade, por outro lado, é inversa, ou seja, quanto maior a capacidade adaptativa, menor a vulnerabilidade do sistema. Portanto, ao normalizar os dados é importante lembrar sempre que 0 representa uma situação ótima, de baixa vulnerabilidade, na qual não se requer ação, e que 1 representa uma situação péssima, de alta vulnerabilidade, na qual se necessita de ação imediata, independentemente de os dados serem direta ou inversamente proporcionais à vulnerabilidade.

O primeiro fator de sensibilidade no exemplo da Tabela C.1 refere-se à demanda de água dos cultivos agrícolas. Quanto mais alta for essa demanda, maior é a sensibilidade do sistema de interesse às mudanças de precipitação e, assim, maior é a sua vulnerabilidade. Como a demanda de água pela produção agrícola pode ser considerada alta (80 mm) se comparada aos valores mínimos e máximos de precipitação previstos (50 e 100 mm, respectivamente), o valor normal referente a esse dado (0,6) está mais próximo da situação péssima (1) do que da situação ótima (0).

Já para o segundo fator de sensibilidade, o tipo de solo, sabe-se que o sistema de interesse está em uma área formada por Cambissolos, que têm potencial de reter água por três meses. Esse dado deve ser comparado com a capacidade de retenção de água de outros tipos de solo. Para isso, é preciso estabelecer classes de capacidade de retenção de água. De acordo com essa classificação, o valor atribuído ao Cambissolo foi considerado alto. Quanto maior a capacidade de retenção de água pelo solo, menor é a sensibilidade e, então, menor é a vulnerabilidade do sistema de interesse. Por isso, o valor normal encontrado (0,25) está mais próximo da situação ótima (0) do que da situação péssima (1).

O primeiro fator de capacidade adaptativa usado no exemplo foi o conhecimento técnico dos produtores agrícolas quanto ao controle de risco, irrigação eficiente e diversificação da produção. Quanto mais capacitados estão os produtores, maior é a sua capacidade adaptativa e menor é a vulnerabilidade do sistema de interesse. Se a maioria deles possui esse conhecimento técnico (75%), o valor normal estabelecido (0,25) fica mais próximo da situação ótima (0) do que da situação péssima (1).

Por fim, o segundo fator de capacidade adaptativa refere-se à área de captação de água para irrigação de cultivos agrícolas. No exemplo, apenas 25% da área de captação de água para irrigação está em uma região de baixo risco climático, o que é o mesmo que dizer que 75% da área está sob maior risco climático. Tanto o valor de 25% quanto o de 75% poderiam ser usados para normalizar o dado, gerando o mesmo resultado. Se for considerado o valor de 25%, quanto menor a área situada em uma região de baixo risco, menor a capacidade adaptativa e maior a vulnerabilidade. Se for considerado o valor de 75%, quanto maior a área situada em uma região de alto risco, menor a capacidade adaptativa e maior a vulnerabilidade. De qualquer forma, o valor normal (0,75) ficaria mais próximo da situação péssima (1) do que da situação ótima (0).

É possível calcular a vulnerabilidade do sistema de interesse por meio da média aritmética dos valores normais dos fatores de sensibilidade e capacidade adaptativa. Deve-se considerar, entretanto, que o grau de importância desses fatores pode variar, sendo mais adequado um cálculo de média ponderada, com a atribuição de diferentes pesos aos fatores. Aplica-se, assim, a seguinte fórmula:

$$\text{Valor composto: } VC = \frac{(Vn_1 * w_1) + (Vn_2 * w_2) + \dots + (Vn_n * w_n)}{\sum w_{1-n}}$$

Onde:

Vn_n é cada um dos valores normalizados a serem considerados no valor composto e

w_n é o peso dado para cada fator, de acordo com a sua importância para a vulnerabilidade.

Para o exemplo da Tabela C.1, foram atribuídos os seguintes pesos aos fatores:

Tabela C.2. Exemplo de atribuição de pesos para os fatores que compõem a vulnerabilidade

Fatores de sensibilidade e capacidade adaptativa	Valor normal (Vn)	Peso (wn)
Necessidade de água dos cultivos agrícolas	0,6	1
Tipo de solo	0,25	2
Conhecimento técnico dos produtores agrícolas	0,25	2
Área de captação de água para irrigação de cultivos agrícolas	0,75	4

Com isso, é possível aplicar a fórmula do valor composto (VC) para a sensibilidade e a capacidade adaptativa do sistema de interesse, conforme segue:

$$\text{Sensibilidade: } VC_S = \frac{0,6 * 1}{1} = 0,6$$

$$\text{Capacidade adaptativa: } VC_{Ca} = \frac{(0,25 * 2) + (0,25 * 2) + (0,75 * 4)}{2 + 2 + 4} = \frac{0,5 + 0,5 + 3}{8} = 0,5$$

Considerando que no exemplo foram usados dois fatores de sensibilidade e dois de capacidade adaptativa, é necessário, nesse caso, multiplicar por dois tanto o VCs quanto o VCca. A vulnerabilidade é calculada, então, pela média dos valores compostos de sensibilidade e capacidade adaptativa:

$$\text{Vulnerabilidade: } VC_{vul} = \frac{(0,6 * 2) + (0,5 * 2)}{4} = \frac{1,2 + 1,0}{4} = \frac{2,2}{4} = 0,55$$

É possível atribuir classes aos valores numéricos de vulnerabilidade encontrados. Como exemplo, podem-se estabelecer três classes (baixa, média e alta vulnerabilidade), considerando que 0 representa uma situação ótima, de baixa vulnerabilidade, e 1 representa uma situação péssima, de alta vulnerabilidade, conforme segue:

Baixa vulnerabilidade:	0,00 - 0,33
Média vulnerabilidade:	0,34 - 0,66
Alta vulnerabilidade:	0,67 - 1,00

Então, no exemplo, o valor encontrado por meio do cálculo de $VC_{vul} = 0,55$ representa um nível médio de vulnerabilidade para o sistema de interesse. O mesmo resultado pode ser encontrado estabelecendo classes (baixa, média e alta) para a sensibilidade e a capacidade adaptativa, separadamente, conforme a Tabela C.3, que apresenta uma matriz de classificação da vulnerabilidade.

Tabela C.3. Matriz de classificação de vulnerabilidade

		CAPACIDADE DE ADAPTAÇÃO		
		Baixa	Média	Alta
SENSIBILIDADE	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
	Média	Média	Média	Baixa
	Alta	Alta	Média	Média

Fonte: adaptado de GIZ (2016)

Considerando que os valores de 0,00 a 0,33 correspondem a uma baixa sensibilidade, os de 0,34 a 0,66 a uma média sensibilidade e os de 0,67 a 1,00 a uma alta sensibilidade, para o exemplo, chega-se a um valor de média sensibilidade (0,6) por meio da matriz. Aplicando o mesmo para a capacidade adaptativa, o valor encontrado corresponde a uma média capacidade adaptativa (0,5). Assim, ao cruzar uma média sensibilidade com uma média capacidade adaptativa na matriz de classificação da vulnerabilidade, encontra-se uma vulnerabilidade também média.

Anexo D – Exemplo de avaliação do impacto potencial e do risco climático com base em dados de exposição e vulnerabilidade

A partir da avaliação de vulnerabilidade previamente realizada, é possível avaliar o impacto potencial da mudança do clima sobre um sistema de interesse. Assim como no caso da vulnerabilidade, apresentado no Anexo C, essa avaliação pode considerar dados quantitativos e qualitativos, referentes à exposição e à própria vulnerabilidade.

Voltando ao exemplo usado no Anexo C, deve-se agora normalizar os dados de exposição, para que possam ser comparáveis e integráveis aos que compuseram a vulnerabilidade. Para isso, novamente, pode-se transformá-los em um valor entre 0 e 1, em que 0 representa uma situação ótima, de baixa exposição, e 1 representa uma situação péssima, de alta exposição.

Na Tabela D.1 são apresentados dois fatores de exposição à mudança do clima, bem como seus respectivos dados e a transformação destes para seus valores normais.

Tabela D.1. Exemplos de como normalizar dados quantitativos e qualitativos de exposição

Exposição do sistema de interesse	Dado existente	Amplitude prevista do dado	Transformação para valor normal	Valor normal (Vn_{0-1})
Chuvas irregulares	Previsão de aumento do número de dias consecutivos sem chuva para 120 dias	Estabelecer classes de quantidade de dias consecutivos sem chuva:	Atribuir valores de 0 (situação ótima) a 1 (situação péssima) para as classes de quantidade de dias consecutivos sem chuva	$Vn_{0-1} = 0,6$
		< 60 dias ≥ 60 dias ≥ 90 dias ≥ 120 dias ≥ 150 dias ≥ 180 dias	< 60 dias = 0 ≥ 60 dias = 0,2 ≥ 90 dias = 0,4 ≥ 120 dias = 0,6 ≥ 150 dias = 0,8 ≥ 180 dias = 1	Valor referente a 120 dias consecutivos sem chuva
Aumento de temperatura	Previsão de aumento de 2° C na temperatura média anual, indo de 26° C a 28° C até 2040	Estabelecer classes de aumento de temperatura:	Atribuir valores de 0 (situação ótima) a 1 (situação péssima) para as classes de aumento de temperatura:	Vn_{0-1}
		0,5° C - tolerável (valor mínimo) 2,0° C - crítico (valor máximo)	0,5° C = 0 2,0° C = 1 Sendo assim: $Vn_{0-1} = \frac{(Xi - Xmin)}{(Xmax - Xmin)}$	$\frac{(2 - 0,5)}{(2 - 0,5)} = 1,5$ $Vn_{0-1} = 1$ Valor referente a 120 dias consecutivos sem chuva
		Considerando que: X_i é o dado a transformar; X_{min} é o valor mínimo; X_{max} é o valor máximo; Vn_{0-1} é o valor normal.		

O primeiro fator de exposição da Tabela D.1 diz respeito a um regime irregular de chuvas, principalmente no que se refere ao número de dias consecutivos sem chuva. Quanto mais dias sem chuva, maior é a exposição do sistema de interesse à seca. Como há a previsão de 120 dias consecutivos sem chuva, sendo que a situação ótima é ter menos de 60 dias secos e a situação péssima é ter 180 dias secos ou mais, o valor normal referente a esse dado (0,6) encontra-se mais próximo da situação péssima (1) do que da situação ótima (0).

O segundo fator de exposição do exemplo refere-se a um acréscimo de temperatura, com previsão de aumento de 2°C na temperatura média anual. Foram estabelecidas apenas duas classes, “tolerável” e “crítica”, referentes ao aumento de 0,5°C e 2°C, respectivamente. O valor normal encontrado (1) corresponde diretamente à situação péssima (1), pois é o valor mais crítico de aumento de temperatura.

O valor composto dos dois fatores de exposição à mudança do clima pode ser calculado por meio da seguinte fórmula:

$$\text{Valor composto: } VC = \frac{(Vn_1 * w_1) + (Vn_2 * w_2) + \dots + (Vn_n * w_n)}{\sum w_{1-n}}$$

Onde:

Vn_n é cada um dos valores normalizados a serem considerados no valor composto e

w_n é o peso dado para cada fator, de acordo com a sua importância para o sistema de interesse.

Considerando uma importância três vezes maior para as chuvas irregulares em relação ao aumento da temperatura, calcula-se:

$$\text{Exposição: } VC_e = \frac{(0,6 * 3) + (1 * 1)}{3 + 1} = \frac{1,8 + 1}{4} = 0,7$$

Aqui também é possível atribuir classes para os valores numéricos de exposição encontrados. Como exemplo, podem-se estabelecer três classes (baixa, média e alta exposição), considerando que 0 representa uma situação ótima, de baixa exposição, e 1 representa uma situação péssima, de alta exposição, conforme segue:

Baixa exposição:	0,00 – 0,33
Média exposição:	0,34 – 0,66
Alta exposição:	0,67 – 1,00

Então, no exemplo, o valor encontrado por meio do cálculo de $VC_e = 0,7$ representa um nível alto de exposição do sistema de interesse à ameaça.

Para chegar ao valor composto do impacto potencial, calcula-se a média ponderada dos valores de exposição e vulnerabilidade (obtidas no Anexo C), considerando aqui também seus pesos, da seguinte forma:

$$\text{Impacto potencial: } VC_{IP} = \frac{(VC_e * we) + (VC_{vul} * wvul)}{(we + wvul)} = \frac{(0,55 * 1) + (0,7 * 1)}{2} = \frac{1,25}{2} = 0,625$$

Considerando as mesmas três classes estabelecidas para exposição e vulnerabilidade (baixa, média e alta), o valor calculado por meio do $VC_{IP} = 0,625$ representa um impacto de nível médio da mudança do clima sobre o sistema de interesse.

O mesmo resultado pode ser encontrado por meio da matriz de classificação do impacto potencial (Tabela D.2), considerando as classes baixa, média e alta separadamente para a vulnerabilidade e a exposição.

Tabela D.2. Matriz de classificação do impacto potencial

		VULNERABILIDADE		
		Baixa	Média	Alta
EXPOSIÇÃO À AMEAÇA	Baixa	Baixo	Baixo	Médio
	Média	Baixo	Médio	Médio
	Alta	Médio	Médio	Alto

Fonte: adaptado de GIZ (2016)

No exemplo, a vulnerabilidade calculada no Anexo C é média, enquanto a exposição à ameaça é alta, chegando-se então a um impacto potencial médio.

Finalmente, para estimar a probabilidade de que o sistema de interesse sofra danos devido a uma maior ocorrência de secas prolongadas, pode-se calcular o valor referente à frequência da ameaça. Para determinar esse valor, toma-se como ponto de partida a projeção de 120 dias consecutivos sem chuva durante a fase de plantação e cultivo da produção agrícola. Segundo o cenário assumido para o exemplo, em 2040 essa situação ocorrerá em 8 a cada 10 anos. O valor da ameaça, então, é representado por 0,8,

considerando que 0 corresponde a uma situação ótima, em que haveria seca em apenas 1 a cada 10 anos, e que 1 se refere a uma situação péssima, em que haveria seca todo ano, por 10 anos consecutivos. Assim, calcula-se:

$$\text{Risco: } VR = \frac{(Va * wa) + (VIP * wIP)}{wa + wIP} = \frac{(0,8 * 1) + (0,625 * 1)}{1 + 1} = \frac{1,425}{2} = 0,7$$

Nesse caso, o risco de que o sistema de interesse sofra o impacto é alto, considerando as classes baixa (0,00 - 0,33), média (0,34 - 0,66) e alta (0,67 - 1,00). Porém, com base na estimativa qualitativa da matriz de classificação de risco, apresentada na Tabela D.3, a seguir, o resultado seria diferente. Considerando um médio impacto potencial (0,625) e uma alta ameaça (0,8), encontra-se por meio da matriz um risco médio.

Tabela D.3. Matriz de classificação de risco climático

		IMPACTO POTENCIAL		
		Baixo	Médio	Alto
PROBABILIDADE DE A AMEAÇA OCORRER	Baixa	Baixo	Baixo	Médio
	Média	Baixo	Médio	Médio
	Alta	Médio	Médio	Alto

Fonte: adaptado de GIZ (2016)

O importante, então, é padronizar a forma de avaliação dos componentes da vulnerabilidade e risco durante a aplicação prática, para que os resultados encontrados possam ser comparáveis entre si e permitam a identificação de prioridades de ação. Por isso, deve-se escolher entre o uso das fórmulas e classes (baixa, média, alta) e o das matrizes de classificação, ou, ainda, de alguma outra forma de avaliação. Vale observar que o uso das fórmulas apresentadas neste e no anexo anterior, ao contrário das matrizes, requer uma base de informações sólida e mais tempo para o processo de análise dos dados.



Mata Atlântica
Biodiversidade e Mudanças Climáticas



Por ordem do



Ministério Federal
do Meio Ambiente, Proteção da Natureza,
Construção e Segurança Nuclear

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

KFW



MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE



da República Federal da Alemanha