

Afonso Rodrigues de Aquino  
Francisco Carlos Paletta  
Josimar Ribeiro de Almeida  
organizadores

# VULNERABILIDADE AMBIENTAL



Afonso Rodrigues de Aquino  
Francisco Carlos Paletta  
Josimar Ribeiro de Almeida  
(organizadores)

# Vulnerabilidade ambiental

**Blucher**

*Vulnerabilidade Ambiental*

© 2017 Afonso Rodrigues de Aquino, Francisco Carlos Paletta e Josimar Ribeiro de Almeida (organizadores)  
Editora Edgard Blücher Ltda.

---

# Blucher

---

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar  
04531-934 – São Paulo – SP – Brasil  
Tel.: 55 11 3078-5366

**contato@blucher.com.br**

**www.blucher.com.br**

Segundo Novo Acordo Ortográfico, conforme 5. ed.  
do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*,  
Academia Brasileira de Letras, março de 2009.

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer  
meios sem autorização escrita da editora.

---

Todos os direitos reservados pela Editora  
Edgard Blücher Ltda.

## FICHA CATALOGRÁFICA

---

Aquino, Afonso Rodrigues de Vulnerabilidade ambiental /  
Afonso Rodrigues de Aquino, Francisco Carlos Paletta,  
Josimar Ribeiro de Almeida. – São Paulo : Blucher, 2017.  
112 p. : il., color.

Bibliografia  
ISBN 978-85-803-9242-5

1. Meio ambiente 2. Gestão ambiental 3. Impacto  
ambiental 4. Riscos ambientais 5. Conservação da  
natureza I. Título II. Paletta, Francisco Carlos III. Almeida,  
Josimar Ribeiro de

17-0424

CDD 363.7  
CDU 504.06

---

Índice para catálogo sistemático:  
1. Meio ambiente : Vulnerabilidade ambiental



# **Autores**

*Afonso Rodrigues de Aquino*  
*Camila Neves Lange*  
*Clarice Maria de Lima*  
*Eduardo Paulo de Amorim*  
*Francisco Carlos Paletta*  
*Henrique Pérez Ferreira*  
*Isabella Cristina Antunes C Bordon*  
*Josimar Ribeiro de Almeida*  
*Marco Aurélio Ubirajara Garcia Gomes*  
*Maria Cristina Tessari Zampieri*  
*Maria José Alves de Oliveira*  
*Paulo de Almeida Correia Junior*  
*Renata Rodrigues de Souza*  
*Sandra Regina Mattiolo*  
*Silvia Guerreiro Rodrigues*





# Apresentação

A avaliação qualitativa e quantitativa de sustentabilidade, vulnerabilidade e riscos ambientais, são ferramentas para uma emergente transformação: a transformação ambiental. Essa, como outras transformações, encontra resistência nos mais diversos setores sociais, porém como está relacionada com a manutenção da vida de todos os indivíduos, vem encontrando, rapidamente, diversos adeptos e a aprovação da opinião pública.

Por ameaçar diretamente a vida no planeta, afetar o equilíbrio da biodiversidade, e a exploração de recursos renováveis; a alteração global do clima, nas últimas décadas, é um dos problemas que tem despertado atenção cada vez maior por parte da comunidade científica, dos governantes e de toda a população.

Em função dos riscos acarretados pelas mudanças climáticas, acordos mundiais de proteção ao clima foram adotados, principalmente, a partir da década de 1980. Os principais marcos destas ações internacionais foram: a fundação do Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima (IPCC), a aprovação da Convenção-Quadro das Nações Unidas e a criação do Protocolo de Kyoto.

Com base nesse contexto, este livro foi estruturado de forma a abordar os seguintes temas: vulnerabilidade natural, ambiental e social, de maneira a proporcionar ao leitor uma breve introdução sobre o conceito de vulnerabilidade. Além disso, foram abordados os indicadores e índices de vulnerabilidade ambiental, que são ferramentas cruciais para avaliar o quanto o ser humano está vulnerável ou torna o meio fragilizado, ajudando a identificar as comunidades-alvo onde são necessárias medidas pró-ativas, principalmente para prevenir as devastadoras consequências de eventos extremos que possam vir a ocorrer. Por último, serão abordadas as interfaces entre vulnerabilidade e mudanças climáticas, ações humanas e poder público, pois, numa perspectiva mais longa, a avaliação da vulnerabilidade pode se tornar o núcleo de uma política, como um “sistema de alerta

precoce”, tanto em âmbito regional, nacional e internacional e desta forma, servir como guia para cientistas e para o poder público, no sentido de uma melhor gestão dos recursos naturais.

A questão ambiental é ampla e complexa, mas aos poucos tem sido colocada em pauta nos mais diversos setores sociais e dessa maneira a humanidade caminha para um desenvolvimento ambiental. Um mecanismo adotado para alcançar esse desenvolvimento é a tentativa de subdividir o tema em diversos aspectos, tais como: gestão ambiental, riscos, políticas e práticas ambientais, sustentabilidade, e preservação. Lembrando sempre, que todas essas subdivisões interagem entre si. A abordagem de vulnerabilidade é mais uma nota que visa auxiliar na composição dessa complexa sinfonia.

Por fim, este livro foi idealizado e realizado dentro da disciplina de pós-graduação Análise de Sistemas de Gestão Ambiental – TNM 5790 - do Programa de Pós-Graduação do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares da Universidade de São Paulo. Mérito dos autores, o livro foi organizado pelos docentes Afonso Aquino e Josimar Almeida, com o auxílio do professor Francisco Paletta, que, por não ser titular da disciplina, atuou como *ombudsman*.

#### **Os organizadores**

*Afonso Rodrigues de Aquino*

*Francisco Carlos Paletta*

*Josimar Ribeiro de Almeida*



# Sobre os organizadores

## Afonso Rodrigues de Aquino

### Formação acadêmica

- **Bacharel em Química:** Instituto de Química – UFRJ
- **Mestre em Ciências – Tecnologia Nuclear:** Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – USP
- **Doutor em Ciências – Química:** Instituto de Química – USP
- **Pós-Doutorado – Complexos de Urânio:** Instituto de Química – USP
- **Especialização – Teoria e Prática da Divulgação Científica:** Escola de Comunicações e Artes – USP

### Atuação profissional

- Pesquisador do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN. Atua nas áreas de tecnologia nuclear, comunicação, gestão ambiental e ensino;
- Perito e auditor ambiental;
- Autor de livros e capítulos de livros em diferentes áreas;
- Autor de inúmeros trabalhos publicados nas áreas científica e jornalística;
- Coordena cursos e ministra disciplinas de pós-graduação *stricto sensu* e *lato sensu* na área ambiental;
- Inúmeras orientações de tese e dissertação concluídas.

## Francisco Carlos Paletta

### Formação acadêmica

- **Bacharel em Engenharia Elétrica:** Faculdade de Engenharia Industrial – FEI
- **Mestre em Gestão da Informação e Documentação:** Université Paul Valéry Montpellier III
- **Doutor em Ciências:** Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/USP
- **Pós-Doutorado – Gestão da Tecnologia da Informação:** Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN
- **MBA Marketing:** Faculdade de Economia e Administração – FEA/USP
- **Especialização – Máster en Domótica y Hogar Digital:** Universidad Politécnica de Madrid

### Atuação profissional

- Professor e pesquisador da Universidade de São Paulo – USP, Escola de Comunicações e Artes – ECA, Departamento de Informação e Cultura;
- Presidente da Comissão de Cultura e Extensão Universitária da Escola de Comunicações e Artes ECA/USP;
- Atua nas áreas de ciência da informação; administração, geração e uso da informação; gestão de dispositivos e tecnologia da informação; inovação tecnológica; meio ambiente e sustentabilidade;
- Autor de livros e capítulos de livros em áreas interdisciplinares;
- Autor de inúmeros trabalhos publicados na área científica;
- Organizador do Congresso Internacional em Tecnologia e Organização da Informação;
- Líder do grupo de pesquisa CNPq “Observatório do Mercado de Trabalho em Informação e Documentação”;
- Na área de ensino ministra as disciplinas: Estudos de Usuário da Informação; Tecnologia da Informação em Biblioteca Digital; Informação, Ciência e Tecnologia.

## Josimar Ribeiro de Almeida

### Formação acadêmica

- Bacharel em Ciências Físicas, Químicas e Biológicas – UFRJ
- Mestre em Ciências Biológicas – UFRJ
- Doutor em Ciências Biológicas – UFPr
- Pós-Doutor em Saúde Ambiental – FIOCRUZ
- Pós-Doutor em Engenharia Ambiental – UFRJ

### Atuação profissional

- Professor orientador dos programas de pós-graduação em Tecnologia Química (UFRJ) e em Engenharia Ambiental (UFRJ);
- Professor associado do programa de pós-graduação em Tecnologia Nuclear (IPEN/USP);
- Autor de livros e capítulos de livros em diferentes áreas;
- Inúmeros trabalhos publicados nas áreas científica e jornalística;
- Coordena cursos e ministra disciplinas de pós-graduação *stricto sensu* e *lato sensu* na área ambiental;
- Inúmeras orientações de tese e dissertação concluídas;
- Membro (perito) do Comitê Científico do Observatório Urbano (ONU-UERJ);
- Membro (consultor) da Cátedra de Desenvolvimento Durável (UNESCO-UFRJ);
- Prêmios: Abifarma, Faperj, Pnuma.





# Conteúdo

1. Introdução .....	13
2. Vulnerabilidade ambiental .....	15
2.1 Fundamentação teórica: avaliação de vulnerabilidade ambiental .....	17
2.2 Fragilidade ambiental: exemplos de abordagem .....	19
3. Vulnerabilidade sociambiental.....	29
3.1 Vulnerabilidade social .....	29
3.2 Vulnerabilidade socioambiental: um conceito integrado .....	35
4. Indicadores e índices de vulnerabilidade ambiental .....	39
4.1 Estudos de casos brasileiros de vulnerabilidade ambiental .....	53
5. Vulnerabilidade x Mudanças climáticas .....	61
5.1 Causas e consequência das mudanças climáticas .....	62
5.2 Esforços internacionais sobre mudanças do clima.....	66
5.3 Setores ambientais e sociais vulneráveis às alterações do clima .....	70
6. Atividade humana e vulnerabilidade .....	77
6.1 Impactos provenientes da geração de energia.....	78
6.2 Produção agropecuária .....	81
6.3 Recursos naturais, atividade humana e economia.....	82
6.4 Acidentes decorrentes de atividades econômicas .....	84

7. Poder público x Vulnerabilidade ambiental .....	89
7.1 Gestão pública ambiental em países em desenvolvimento .....	91
7.2 O papel do setor público frente às mudanças climáticas.....	94
8. Considerações finais.....	99
Referências .....	103



# Capítulo 1

## Introdução

O conceito de vulnerabilidade se aplica para entidades físicas (pessoas, ecossistemas) e também para conceitos abstratos (sistemas sociais, sistemas econômicos, países). Assim sendo, esse termo apresenta um caráter multifacetado e pode ser aplicado a diversas situações e diferentes sistemas, como por exemplo, aos bens materiais que podem estar susceptíveis a serem vulneráveis a algo ou alguém, ou ainda, programas computacionais que são susceptíveis a vírus, ou seres humanos a microrganismos patogênicos, sistemas financeiros às oscilações do mercado.

A ideia de vulnerabilidade é geralmente retratada em termos negativos, e indica o estado de susceptibilidade decorrente de três fatores chaves: exposição ao risco; alterações sociais e/ou ambientais e incapacidade de adaptação <sup>[1]</sup>. O dicionário Michaelis define vulnerabilidade da seguinte forma: *caráter ou qualidade de vulnerável*; e vulnerável como: 1. *que se pode vulnerar*. 2. *diz do lado fraco de um assunto ou questão, e o ponto por onde alguém pode ser atacado ou ofendido*.

Atualmente, o conceito de vulnerabilidade, vem sendo abordado sob uma ótica social, ambiental, ou ainda, socioambiental. A primeira procura analisar e mensurar as exposições aos riscos, assim como, a insegurança, gerada por eventos e mudanças econômicas sobre determinados grupos sociais. A vulnerabilidade ambiental aborda o risco ao qual o meio ambiente está exposto, podendo ser este natural ou causado por fatores externos. A visão global, que sobrepõem características sociais e ambientais é denominada como vulnerabilidade socioambiental <sup>[2]</sup>.

A vulnerabilidade do meio ambiente, de sistemas sociais e econômicos é mais do que o resultado de riscos aos desastres ou de boas ou más formas de gerenciamento, não se refere somente às mudanças climáticas, globalização ou acordos comerciais, mas engloba também a compreensão de como qualquer sistema pode se relacionar com outro. Dessa forma, a sociedade do século XXI, por meio dos seus diversos atores, tais como: políticos, cientistas, empresários, comerciantes e

ativistas, iniciou debates e começou a caracterizar e quantificar a vulnerabilidade desses sistemas.

Para demonstrar a importância da caracterização e da quantificação da vulnerabilidade, pode-se mencionar a evolução das ciências naturais. Antes do século XVI, a natureza era normalmente investigada de maneira qualitativa, com a simples descrição dos fenômenos físicos, entretanto, cientistas como Galileu Galilei, Isaac Newton, Johannes Kepler, entre outros, revolucionaram a ciência ao descrevê-la matematicamente e fazendo o possível para equacioná-la, permitindo prever eventos futuros, e tornando-a passível de experimentos em laboratórios. Essa transformação revolucionou a maneira de se interagir com a natureza e consequentemente, modificou a sociedade como um todo. Nessa época, como em qualquer outro processo revolucionário, esses cientistas encontram diversos obstáculos, principalmente, do ponto de vista de aceitação, pois essa nova forma de ver o mundo confrontava o “*status quo*” vigente.

A avaliação qualitativa e quantitativa de sustentabilidade, vulnerabilidade e riscos ambientais, são ferramentas para uma emergente transformação: a transformação ambiental. Essa, como outras transformações, encontra resistência nos mais diversos setores sociais, porém como está relacionada com a manutenção da vida de todos os indivíduos, vem encontrando, rapidamente, diversos adeptos e a aprovação da opinião pública.

Com base nesse contexto, este livro foi estruturado de forma a abordar os seguintes temas: vulnerabilidade natural, ambiental e social, de maneira a proporcionar ao leitor uma breve introdução sobre o conceito de vulnerabilidade. Além disso, foram abordados os indicadores e índices de vulnerabilidade ambiental, que são ferramentas cruciais para avaliar o quanto o ser humano está vulnerável ou torna o meio fragilizado, ajudando a identificar as comunidades-alvo onde são necessárias medidas pró-ativas, principalmente para prevenir as devastadoras consequências de eventos extremos que possam vir a ocorrer. Por último, serão abordadas as interfaces entre vulnerabilidade e mudanças climáticas, ações humanas e poder público, pois, numa perspectiva mais longa, a avaliação da vulnerabilidade pode se tornar o núcleo de uma política, como um “sistema de alerta precoce”, tanto em âmbito regional, nacional e internacional e desta forma, servir como guia para cientistas e para o poder público, no sentido de uma melhor gestão dos recursos naturais.

## Vulnerabilidade ambiental

O conceito de vulnerabilidade tem despertado o interesse em diversas áreas do conhecimento. No que diz respeito a área ambiental, a ausência de um consenso e a confusão entre os conceitos de RISCO e VULNERABILIDADE ainda persistem, dificultando o pleno entendimento do uso dos termos nos casos que se aplicam.

Neste livro, considerou-se que o risco ambiental está ligado a probabilidade de um evento de determinada magnitude – esperado ou não - ocorrer num sistema, perturbando assim o seu estado imediatamente anterior.

Já a vulnerabilidade ambiental pode ser definida como o grau em que um sistema natural é suscetível ou incapaz de lidar com os efeitos das interações externas. Pode ser decorrente de características ambientais naturais ou de pressão causada por atividade antrópica; ou ainda de sistemas frágeis de baixa resiliência, isto é, a capacidade concreta do meio ambiente em retornar ao estado natural de excelência, superando uma situação crítica.

Tricart <sup>[3]</sup> define um sistema como um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos, originando uma entidade global nova, mais dinâmica (unidade ecodinâmica). Esse conceito permite adotar uma atitude dialética entre a necessidade de análise e a necessidade de uma visão de conjunto, capaz de ensejar uma atuação eficaz sobre esse meio ambiente. Por meio da análise de um sistema, reconhecem-se conceitualmente as suas partes interativas, o que torna possível captar a rede interativa ser ter de separá-las.

Ao tratar de vulnerabilidade ambiental, Santos <sup>[4]</sup> define sistemas como um conjunto de elementos que mantêm relações entre si e onde residem os seres vivos. Elementos como solo, recursos hídricos, vegetação, campos agrícolas, são estruturas do meio que se relacionam através de fluxos e ciclos. Se ocorre uma perturbação no equilíbrio desses sistemas, as relações do meio podem ser bastante

diferentes considerando as características locais naturais e da ocupação humana. Observa ainda que para atendê-lo devemos considerar a resiliência e a persistência do sistema. Persistência corresponde à medida do quanto um sistema, quando perturbado, se afasta do seu equilíbrio ou estabilidade sem mudar essencialmente seu estado.

Neste contexto e numa abordagem mais recente, Figueiredo <sup>[5]</sup> conceitua vulnerabilidade ambiental a susceptibilidade de um sistema à degradação ambiental, considerando-se:

- A exposição do sistema às pressões ambientais típicas de atividades agroindustriais, avaliada por indicadores que mostram a pressão antropogênica exercida no sistema;
- A sensibilidade do sistema às pressões exercidas, avaliada pelo uso de indicadores que mostram as características do meio físico e biótico próprias de uma região (tipo de solo, clima, vegetação) que já ocorrem antes de qualquer perturbação e que interagem com as pressões;
- A capacidade de resposta do meio, avaliada pela adoção de ações de conservação ou preservação ambiental que mitigam ou reduzem os possíveis efeitos das pressões exercidas.

Assim sendo, são as características e magnitudes de interações ao qual um sistema está exposto, a sensibilidade do sistema e sua capacidade de adaptação a qualquer tipo de alteração que ditam a vulnerabilidade ambiental deste sistema.

Alguns ambientes com baixa resiliência podem ser citados: montanhosos, acidentados, encostas geologicamente instáveis, baixas planícies costeiras, vulcânicas, pequena massa de terra em relação à grande biodiversidade, lagos, lagoas, restingas, manguezais. Estas regiões são particularmente sensíveis aos impactos ambientais adversos, por apresentarem baixa capacidade de recuperação. Entretanto, ressalta-se a necessidade de elaboração de ferramentas para o estudo da vulnerabilidade real de sistemas, facilitando o seu uso como instrumento na gestão dos recursos naturais.

Como exemplo, estudando a vulnerabilidade ambiental dos municípios de Belmonte e Canavieiras (BA), Nascimento e Dominguez <sup>[6]</sup> elaboraram uma avaliação de vulnerabilidade ambiental a partir de índices que correspondiam a integração de características geológicas, de solos, de declividade, de uso da terra e vegetação. Confirmaram a elevada vulnerabilidade dos manguezais, das várzeas flúviolagunares e da linha de costa e reforçaram a importância da elaboração de mapas de vulnerabilidade ambiental, de modo a facilitar a compreensão dos diferentes graus de fragilidade de áreas mapeadas para uso como instrumento de gestão costeira.

A análise da vulnerabilidade ambiental teve um crescimento tão relevante que até no novo Código Florestal <sup>[7]</sup>, para aquisição de nova área de Reserva Le-

gal, o proprietário deve ter como um dos critérios para escolha as áreas de maior fragilidade ambiental, ou seja, as de maior vulnerabilidade.

Logo, para avaliação da vulnerabilidade ambiental, deve-se elaborar um plano que pode de certa forma envolver outros aspectos como o social e o econômico de uma região, escolhendo-se adequadamente indicadores que possam mostrar ao pesquisador a real fragilidade ou resistência de um sistema aos riscos que este pode estar exposto.

Medeiros *et al.*<sup>[8]</sup>, estudando as áreas mais vulneráveis na zona Oeste de Natal (RN), fez uso de metodologia na qual classifica as áreas de risco e o grau de vulnerabilidade usando os processos morfodinâmicos como indicadores, associando os resultados aos possíveis riscos a população direta ou indiretamente envolvida.

Além disso, instrumentos como sistema de informação geográfica (SIG) podem ser adicionados à avaliação, de modo a facilitar a localização de áreas mais vulneráveis.

Costa *et al.*<sup>[9]</sup>, utilizando SIG, geraram mapas de vulnerabilidade natural e ambiental a partir de mapas base de geologia, solos, vegetação, geomorfologia e de uso e ocupação da Bacia Potiguar (RN), possibilitando o diagnóstico de áreas mais sensíveis a problemas ambientais e permitindo recomendações para um melhor aproveitamento das atividades de controle e proteção.

Figueiredo *et al.*<sup>[10]</sup>, avaliando a vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização, e Figueiredo<sup>[5]</sup> também utilizaram SIG como ferramenta álgebra de mapas para manipular os dados e identificar áreas de elevada vulnerabilidade.

Em resumo, a integração de dados obtidos dos sistemas e a utilização de ferramentas que agilizem essa integração compõem a avaliação de vulnerabilidade ambiental, permitindo ao pesquisador e observação do dinamismo destes sistemas e os reais riscos a que estes estão susceptíveis.

## **2.1 Fundamentação teórica: avaliação de vulnerabilidade ambiental**

Nos estudos previamente publicados, há predominância pelo uso de aspectos geomorfológicos como indicadores no estudo de avaliação de vulnerabilidade. Ocorre que muitos autores se baseiam no conceito de geossistemas e na teoria de Ecodinâmica proposta por Tricart<sup>[3]</sup> para elaboração de suas avaliações.

O método geossistêmico de análise integrada da paisagem é baseado na Teoria Geral dos Sistemas elaborada por Bertalanffy<sup>[11]</sup>, e propõe estudar não um aglomerado de partes, mas sim os elementos que compõem um sistema em integração.

O estudo do geossistema não visa a paisagem em si, e sim as relações existentes em seu interior. Essas inter-relações traduzem sua dinâmica e permitem que

o estudo se aprofunde na busca da compreensão do espaço em dimensões tanto anteriores quanto posteriores. Na dimensão anterior, quando os geossistemas primitivos são revistos e fornecem dados importantes para a compreensão das condições atuais, de acordo com sua evolução espaço-temporal; e posterior, com a previsão de estados futuros que o geossistema atual poderá tomar, a partir da visualização de uma série de cenários possíveis. O homem atua nos geossistemas com uma infinidade de fatores que conduzem a rupturas do equilíbrio ambiental, promovendo, assim, condições de instabilidade. As atividades humanas mudam de um geossistema para outro e tendem a caracterizá-los com um padrão homogêneo. No entanto, não existe uma homogeneidade em seu interior devido as suas propriedades e características serem variadas. Contudo, um fator sempre se sobressairá e dará certa particularidade ao geossistema <sup>[12]</sup>.

Baseado neste conceito, Tricart <sup>[3]</sup> propôs a teoria de Ecodinâmica pensando na gestão dos recursos ecológicos, onde deveria haver uma taxa aceitável para a extração dos recursos sem degradar o ecossistema, fazendo-se necessário o conhecimento dos fluxos de matéria e energia que caracterizam o ecossistema em questão. Todos esses fatores incluem-se no fato da adaptabilidade humana, o que implica na quantidade de energia utilizada do ambiente no qual a comunidade está instalada <sup>[13]</sup>.

Este autor utiliza em seu vocabulário o conceito de “instabilidade” para classificar suas unidades ecodinâmicas. Segundo ele, uma unidade ecodinâmica se caracteriza por certa dinâmica do meio ambiente que tem repercussões mais ou menos imperativas sobre as biocenoses, ou seja, o conjunto de seres vivos de um ecossistema.

Como o conceito de unidades ecodinâmicas está diretamente relacionado ao de ecossistema, é importante considerar a teoria dos sistemas como ponto de partida para essa teoria, bem como os conceitos que foram trazidos da termodinâmica, que trata das relações entre fluxo de matéria e energia, essencial para a compreensão da dinâmica do meio ambiente.

Em função da intensidade dos processos atuais do ambiente, o autor distinguiu três grandes tipos de meios morfodinâmicos: meios estáveis, meios intergrades e os fortemente instáveis.

Para ele, os meios ditos estáveis são aqueles cujo modelado – interface atmosfera-litosfera – evolui lentamente, apresentando condições como vegetação em clímax, que proporciona maior proteção contra a ação mecânica das intempéries; dissecação moderada, com vertentes em lenta evolução; e ausência de manifestações vulcânicas, que poderiam desencadear processos mais ou menos catastróficos. É onde predominam os processos pedogenéticos, isto é, de formação de horizontes de solos.

Os meios *intergrades* representam a passagem gradual de um meio estável para um meio instável. Esses tipos de meio caracterizam-se por interferência per-



manente de morfogênese e pedogênese sobre o mesmo espaço, isto é, a velocidade dos eventos catastróficos não é tão grande que não permita uma formação lenta dos solos.

Por fim, a forte instabilidade dos meios é caracterizada pela predominância da morfogênese na dinâmica natural, sendo todos os outros elementos a ela subordinados. Caracterizam esses ambientes eventos catastróficos de consequências imediatas, como os vulcões, ou então, em casos mais aplicáveis à realidade brasileira, ambientes como o do semiárido em episódios de chuvas torrenciais. Eventos como esse levam a uma grande perda de solos, por meio das enxurradas e a uma consequente perda de fertilidade, formação de ravinas e voçorocas e movimentos de massa.

A composição dos solos, aliadas à supressão da vegetação e ao manejo inadequado do ambiente pelo homem, constituem fatores que levam o ambiente ao nível de forte instabilidade.

## 2.2 Fragilidade ambiental: exemplos de abordagem

Essa susceptibilidade natural do ambiente aos danos, tratada também como “fragilidade” ou instabilidade, diz respeito à suscetibilidade natural do ambiente físico, aplicável ao ambiente com diferentes níveis de vulnerabilidade dos seus próprios elementos constituintes do ecossistema e também da interferência humana.

Nos trabalhos de Ross [14,15,16], utilizam-se unidades de fragilidade ambiental como a síntese de todos os temas que se inter-relacionam, identificando-se as fragilidades potencial e emergente das áreas determinadas, o que é de grande importância para as ações de planejamento e gestão territorial e ambiental.

O autor propõe uma hierarquia de variáveis a ser seguida na análise integrada das fragilidades ambientais em um determinado sistema em questão:

- 1º – *Relevo* (tipos de vertentes e índices de dissecação);
- 2º – *Tipo de solo*;
- 3º – *Grau de proteção do solo*: cobertura vegetal e tipos de uso da terra;
- 4º – *Clima*: pluviosidade

De acordo com Ross <sup>[16]</sup>, a hierarquia apresentada acima serve de base para uma matriz de três algarismos, onde cada um deles representa um dos referidos parâmetros de acordo com a hierarquia apresentada e os classifica em função de cinco graus de fragilidade, em:

- 1 – Muito fraco;
- 2 – Fraco;
- 3 – Médio;
- 4 – Forte;
- 5 – Muito forte.

Para as escalas de detalhe, de 1: 25000 a 1: 2000, a variável “relevo” requer a consideração de classes de declividades, as quais Ross classificou em 5 classes, apresentadas na Tabela 2.1:

**Tabela 2.1** Classes de declividade segundo as categorias hierárquicas.

<b>Categorias Hierárquicas</b>	<b>Classes de Declividade</b>
1 – Muito fraca	até 6 %
2 – Fraca	de 6 a 12 %
3 – Média	de 12 a 30 %
4 – Forte	de 20 a 30 %
5 – Muito forte	Acima de 30 %

Fonte: Ross <sup>[16]</sup>.

Para as demais escalas, Ross <sup>[16]</sup> preconiza o uso de índices de dissecação do relevo.

A segunda variável na hierarquia dos estudos de fragilidade é o tipo de solo. Neste será considerada a característica de escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais, de acordo com a estrutura e a composição pedológica.

As classes de fragilidade segundo este critério são descritas na Tabela 2.2.

**Tabela 2.2** Classes de fragilidade segundo tipos de solo.

<b>Classes de Fragilidade</b>	<b>Tipos de Solo</b>
1 – Muito Baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro e Vermelho Amarelo textura argilosa.
2 – Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho-amarelo textura média/ argilosa.
3 – Média	Latossolo Vermelho-amarelo, Terra roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho-amarelo textura média/ argilosa.
4 – Forte	Podzólico Vermelho-amarelo textura média/arenosa, Cambissolos.
5 – Muito Forte	Podzolizados com cascalho, Litólicos e Areias Quartzosas

Fonte: Ross <sup>[16]</sup>.

Outro fator de extrema importância para a determinação do grau de fragilidade ambiental é o uso da terra e cobertura vegetal. Nota-se que não é somente o tipo de vegetação que vai influenciar na fragilidade, mas também tipo de ati-

vidade que se exerce sobre a área. As classes determinadas por Ross <sup>[16]</sup> são apresentadas na Tabela 2.3.

**Tabela 2.3** Graus de proteção segundo tipos de cobertura vegetal.

<b>Graus de Proteção</b>	<b>Tipos de Cobertura Vegetal</b>
1 – Muito Alta	Florestas; Matas naturais, florestas cultivadas com biodiversidade.
2 – Alta	Formações arbustivas naturais com extrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária, Cerrado denso, Capoeira densa). Mata Homogênea de Pinus densa, Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como o cacau.
3 – Média	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/ terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas), pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas.
4 – Baixa	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja com solo exposto entre ruas), culturas de ciclo curto (arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão com cultivo em curvas de nível/ terraceamento).
5 – Muito baixa	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

Fonte: Ross <sup>[16]</sup>.

Dados climatológicos referentes à pluviosidade constituem informações de grande preciosidade no que se refere aos estudos de fragilidade ambiental. É a chuva um importante fator de “input” no sistema, trazendo matéria e energia de ambientes externos. As chuvas contribuem também para a erosão física e química, fator que se agrava com a supressão da vegetação.

Na Tabela 2.4 são demonstrados os níveis hierárquicos correspondentes à pluviosidade.

**Tabela 2.4** Níveis hierárquicos segundo situação pluviométrica.

<b>Níveis Hierárquicos</b>	<b>Características Pluviométricas</b>
1 – Muito Baixa	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1000 mm/ano.
2 – Baixa	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2000 mm/ano.

(continua)

**Tabela 2.4** Níveis hierárquicos segundo situação pluviométrica. (continuação)

Níveis Hierárquicos	Características Pluviométricas
3 – Média	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março.
4 – Forte	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril, quando ocorrem de 70 a 80% do total das chuvas.
5 – Muito Forte	Situação pluviométrica com distribuição regular ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais ultrapassando 2500 mm/ano; ou ainda, comportamentos pluviométricos irregulares ao longo do ano, com episódios de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semi-árido).

Fonte: Ross <sup>[16]</sup>.

Já proposta de Crepani *et al.* <sup>[17]</sup> quanto à vulnerabilidade natural à erosão baseia-se nos conceitos ecodinâmicos de Tricart <sup>[3]</sup>, utilizando produtos de sensoriamento remoto. A primeira aproximação foi atribuir uma quantificação às características do ambiente, sendo o valor de instabilidade 1,0 para o meio estável, 2,0 para o meio intergrades e 3,0 para os meios instáveis conforme Tabela 2.5.

**Tabela 2.5** Avaliação da estabilidade/vulnerabilidade das categorias morfodinâmicas.

Unidade	Relação Pedogênese/Morfogênese	Valor
<b>Estável</b>	Prevalece a pedogênese	1,0
<b>Intermediária</b>	Equilíbrio entre pedogênese e morfogênese	2,0
<b>Instável</b>	Prevalece a morfogênese	3,0

Fonte: Crepani *et al.* <sup>[17]</sup>.

Crepani *et al.* utiliza em sua análise a UTB – Unidade Territorial Básica – definidas como unidades básicas de informação e análise para o ZEE – Zoneamento Ecológico-Econômico - para a qual se faz necessário o conhecimento de sua gênese, constituição física, forma e estágio de evolução, bem como sua cobertura vegetal. Para isso, utiliza informações de mapas geológicos, geomorfológicos, pedológicos, de vegetação/uso da terra e dados climatológicos.

Entre as bases temáticas citadas, Crepani *et al.* <sup>[17]</sup> define os critérios como vistos a seguir:

- GEOLOGIA: as 21 classes de estabilidade/vulnerabilidade do tema geologia estão relacionadas ao grau de coesão (intensidade da ligação entre os minerais ou partículas que as constituem) das rochas que suportam a unidade de paisagem natural. Dessa forma, Crepani *et al.* <sup>[10]</sup> justifica os critérios utilizados, pois em rochas pouco coesas prevalecem os processos morfogenéticos, enquanto nas rochas bastante coesas prevalecem os processos pedogenéticos.
- GEOMORFOLOGIA: os autores utilizam os parâmetros do relevo quanto aos processos de perda de solo. Tais parâmetros subdividem-se em aspectos morfográficos, que dizem respeito à descrição do relevo quanto à sua forma; e aspectos morfométricos, os quais são quantitativos das formas do relevo, como o grau de dissecação do relevo pela drenagem, a declividade e a amplitude altimétrica.
- PEDOLOGIA: a suscetibilidade dos terrenos à erosão pode ser condicionada pelo parâmetro do tipo de solo, a partir das características que os definem, como a textura, a estrutura, a composição química, a espessura, e a relação textural entre os horizontes ou camadas.
- COBERTURA VEGETAL/USO DA TERRA: a cobertura vegetal, bem como sua ausência, tem total relação com os processos de perda de solo, pois é a densidade de vegetação que vai determinar o maior ou menor grau de proteção da paisagem. Quanto mais densa a vegetação, menor o impacto das gotas de chuva sobre o solo e menor o escoamento superficial.
- CLIMATOLOGIA: as chuvas são um dos principais responsáveis pelos processos erosivos, devendo ser consideradas quanto à quantidade e a distribuição no tempo e no espaço.

Sendo assim, Crepani *et al.* <sup>[17]</sup> define a equação (1.1) para a obtenção da carta de vulnerabilidade natural à perda de solo, onde o valor final de estabilidade/vulnerabilidade para cada UTB é determinado pela média aritmética dos temas citados, para que seja obtida a posição desta unidade dentro da escala de estabilidade/vulnerabilidade.

$$\text{Vulnerabilidade} = (G + R + S + V + C) / 5 \quad (1.1)$$

Onde:

G = vulnerabilidade para o tema de Geologia

R = vulnerabilidade para o tema de Geomorfologia

S = vulnerabilidade para o tema de Solos

V = vulnerabilidade para o tema de Vegetação/Uso da Terra

C = vulnerabilidade para o tema de Climatologia

A metodologia de Crepani *et al.* <sup>[17]</sup> também pode ser visualizada em formato de matrizes, onde os valores podem ser correlacionados entre si.

Para a variável geomorfologia, utilizando classes de declividade. Essas classes são mostradas na Tabela 2.6.

**Tabela 2.6** Classes de declividade com os respectivos valores da escala de vulnerabilidade.

Classes Morfométricas	Declividade (%)	Valores de Vulnerabilidade
Muito baixa	< 2	1,0
Baixa	2 – 6	1,5
Média	6 – 20	2,0
Alta	20 – 50	2,5
Muito alta	> 50	3,0

Fonte: Crepani *et. al.* <sup>[17]</sup>.

Na Tabela 2.7 são apresentados os valores quanto à variável “solo”.

**Tabela 2.7** Classificação segundo a variável “solo”. A primeira coluna refere-se ao trabalho de Camargo *et. al.* (1987) e a segunda à classificação da EMBRAPA (1999).

Classificação de Solos	Classificação de Solos	Vulnerabilidade
Latossolos Amarelos Latossolos Vermelho-Amarelos Latossolos Vermelho-escuros Latossolos Roxos Latossolos Brunos Latossolos Húmicos Latossolos Húmicos Brunos	Latossolos Amarelos Latossolos Vermelho-Amarelos Latossolos Vermelhos Latossolos Vermelhos Latossolos Brunos Latossolos (...) Húmicos Latossolos Bruno (...) Húmicos	1,0
Podzólicos Amarelos Podzólicos Vermelho-Escuros Luvissolos Alissolos Nitossolos Terras Roxas Estruturadas Brunos Não-Cálcicos Brunizéns Brunizéns Avermelhados Rendizinas Planossolos Solos Hidromórficos Podzóis	Argissolos Podzólicos Vermelho-Amarelos Luvissolos Alissolos Nitossolos Argissolos Nitossolos Luvissolos Chernossolos Chernossolos Chernossolos Chernossolos Planossolos Planossolos Espodossolos	2,0

(continua)



**Tabela 2.7** Classificação segundo a variável “solo”. A primeira coluna refere-se ao trabalho de Camargo *et. al.* (1987) e a segunda à classificação da EMBRAPA (1999). (continuação)

Classificação de Solos	Classificação de Solos	Vulnerabilidade
Cambissolos	Cambissolos	2,5
Solos Litólicos	Neossolos Litólicos	3,0
Solos Aluviais	Neossolos Flúvicos	
Regossolos	Neossolos Regolíticos	
Areias Quartzosas	Neossolos Quartzênicos	
Vertissolos	Vertissolos	
Solos Orgânicos	Organossolos	
Solos Hidromórficos (não abúlticos)	Gleissolos	
Glei Húmico	Gleissolos Plintossolos	
Glei Pouco Húmico	Gleissolos Plintossolos	
Plintossolo	Plintossolos	
Laterita Hidromórfica	Plintossolos	
Solos Concrecionados Lateríticos	Plintossolos	
Afloramento Rochoso	Afloramento Rochoso	

Fonte: CREPANI *et. al.* <sup>[17]</sup>.

Crepani *et. al.* <sup>[17]</sup> propõe os valores mostrados na Tabela 2.8 de vulnerabilidade quanto aos graus de proteção da cobertura vegetal:

**Tabela 2.8** Valores de vulnerabilidade da cobertura vegetal, segundo os graus de proteção ao solo.

Cobertura Vegetal	Proteção	Vulnerabilidade
Mata/ Reflorestamento	Alta	~ 1,0
Pastagens	Média	~ 2,0
Agricultura de ciclo curto, café; cana de açúcar	Baixa	~ 3,0

Fonte: CREPANI *et. al.* <sup>[10]</sup>.

Quanto aos valores pluviométricos, Crepani *et al.* <sup>[17]</sup> propõe os seguintes valores apresentados na Tabela 2.9.

**Tabela 2.9** Graus de vulnerabilidade segundo a pluviosidade.

Intensidade pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade
< 50	1,0
50-75	1,1
75-100	1,2
100-125	1,3
125-150	1,4
150-175	1,5
175-200	1,6
200-225	1,7
225-250	1,8
250-275	1,9
275-300	2,0
300-325	2,1
325-350	2,2
350-375	2,3
375-400	2,4
400-425	2,5
425-450	2,6
450-475	2,7
475-500	2,8
500-525	2,9
>525	3,0

Fonte: Crepani *et. al.* <sup>[17]</sup>.

A escala de vulnerabilidade de Crepani *et al.* <sup>[17]</sup> depende também da variável geologia. Estas variáveis são demonstradas na Tabela 2.10.

**Tabela 2.10** Escala de vulnerabilidade à denudação das rochas mais comuns.

<b>Tipos de Rocha</b>	<b>Litologias</b>	<b>Vulnerabilidade</b>
Metamórficas	Quartzitos ou Metaquartzitos	1,0
Ígneas	Riólito, Granito, Dacito	1,1
Ígneas Intrusivas	Granodiorito, Quartzo Diorito, Granulitos.	1,2
Metamórficas	Migmatitos, Gnaisses	1,3
Ígneas Intrusivas	Fonólito, Nefelina, Sienito Traquito	1,4
Ígneas	Andesito, Diorito, Basalto	1,5
Ígneas Intrusivas	Anordosito, Gabro, Peridotito	1,6
Metamórficas	Milonitos, Quartzo, Muscovita, Biotita, Clorita xisto	1,7
Ígneas e Metamórficas	Piroxênio, Anfibolito, Kimberlito, Dunito	1,8
Ígneas	Hornblenda, Tremolita, Actinolita xisto	1,9
Metamórficas	Estaurulita xisto, Xistos granatíferos	2,0
Metamórficas	Filito, Metassilito	2,1
Metamórficas	Ardósia, Argilito	2,2
Metamórficas	Mármore	2,3
Sedimentares	Arenitos quartzosos ou ortoquartzitos	2,4
Sedimentares	Conglomerados, Subgrauvacas	2,5
Sedimentares	Grauvascas, Arcózios	2,6
Sedimentares	Siltitos, Argilitos	2,7
Sedimentares	Folhelhos	2,8
Sedimentares	Mármore, Calcários, Dolomitos, Mangas, Evaporitos	2,9
Sedimentos	Sedimentos Inconsolidados, Aluviões, Colúvios etc.	3,0

Fonte: Crepani *et. al.* <sup>[17]</sup>.

Atualmente todos esses modelos que sintetizam estudos de vulnerabilidade ambiental e os transformam em dados quantitativos são utilizados em grande parte nos trabalhos acadêmicos e também na administração pública. Trabalhos como os de Massa <sup>[18]</sup> e Valles <sup>[19]</sup> são exemplos dessa utilização com o auxílio de

ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, aplicando esses conhecimentos ao planejamento ambiental e territorial.

Em resumo, este capítulo procurou abranger o que há de mais comum nas avaliações de vulnerabilidade ambiental: o estudo da resiliência e persistência de um sistema ambiental frente aos riscos que podem acometê-lo. Entretanto, nos próximos capítulos, procurou-se abordar esta vulnerabilidade junto a outros aspectos como o social e o econômico, de modo a esclarecer ao leitor que o foco da sua avaliação de vulnerabilidade pode sim mudar conforme a necessidade, tornando-se um estudo mais holístico e atendendo aos interesses da sociedade direta ou indiretamente envolvida em desastres ambientais.

## Vulnerabilidade sociambiental

### 3.1 Vulnerabilidade social

Vulnerabilidade social está relacionada com as mudanças bruscas e significativas que ocorrem na vida do indivíduo ou no grupo que está suscetível a essas mudanças, sendo essas referentes à educação, à saúde, à cultura, ao lazer e ao trabalho. A vulnerabilidade é vista como um resultado negativo da relação entre a disponibilidade dos recursos materiais ou simbólicos dos grupos ou indivíduo e o acesso à estrutura de oportunidades sociais, econômicas, culturais que provêm do Estado, do mercado e da sociedade [20,21].

O termo vulnerabilidade é histórico em estudos sociais, porém os estudos de vulnerabilidade social datam dos últimos 10 anos <sup>[21]</sup>. A vulnerabilidade social decorre de fenômenos diversos com causas e consequências distintas. As causas dessa vulnerabilidade em indivíduos, família ou grupo (atores) estão relacionadas com três elementos:

- Recurso materiais ou simbólicos, chamados de ativos: diz respeito à posse ou controle destes que permitem aos diversos atores se desenvolverem na sociedade;
- Estruturas de oportunidades dadas pelo mercado, Estado e sociedade, estas oportunidades se vinculam em níveis de bem estar, o pode ocorrer em determinado tempo e território, podendo propiciar o uso mais eficaz dos recursos; Estratégias de uso dos ativos: refere-se quanto ao uso que os atores fazem de seu conjunto de ativos de maneira a atender às mudanças estruturais de um dado contexto social <sup>[21]</sup>.

Precisa-se compreender como e por que diferentes atores sociais se mostram mais suscetíveis a processos que atentam contra sua possibilidade de ascender a maiores níveis de bem estar. É preciso analisar o caso de grupos sociais, aos quais são atribuídas grandes potencialidades, ativos valorizados em um dado contexto

de estruturas de oportunidades, mas que contraditoriamente, permanecem presos a um cenário de inseguranças, instabilidades e marginalidade <sup>[21]</sup>.

As famílias que vivem em condições precárias de saúde, habitação, educação, que não têm acesso à informação, oportunidades, saneamento básico e trabalho, estão sujeitas a riscos, são frágeis e conseqüentemente vulneráveis. Algumas comunidades sofrem com a falta de emprego, com um baixo grau de escolaridade, pois a maior parte dos estudantes para de frequentar a escola para trabalhar e muitas vezes não retoma os estudos. Esta situação é resultado das transformações que se acentuou com a globalização a partir dos anos 90. A globalização interliga o mundo, suas culturas, trabalho, sociedade em geral, mas exclui quem não teve condições e oportunidades de se capacitar para isso, principalmente quem não teve acesso ao sistema educacional [20, 22].

Quem busca melhores condições sociais, na maioria das vezes, se desloca para a cidade, onde é mais atraente e demonstra ter maiores oportunidades. O não acesso a estas melhores condições de vida gera a desigualdade social e a pobreza <sup>[20]</sup>.

Um ambiente vulnerável é aquele que reproduz a desigualdade e a pobreza, pois prevalecem condições desfavoráveis ao acesso e uso de recursos <sup>[20]</sup>.

A vulnerabilidade social é apresentada majoritariamente entre crianças, jovens e idosos, pois, por muitas vezes, são dependentes de outra pessoa para sobreviverem. Os jovens são considerados os atores chaves para o desenvolvimento, mas de acordo com alguns estudos a situação é outra. Os jovens sofrem um risco de exclusão social muito grande, devido a um conjunto de desequilíbrios provenientes do mercado. Nos jovens a vulnerabilidade é algo comum da idade, onde ocorrem diversas mudanças físicas, conflitos de identidade e necessidade de encontrar um lugar na sociedade, pois durante a juventude o indivíduo não é considerado ainda um adulto, mas também não é visto mais como criança. Nesse processo, o jovem tenta seguir os padrões estabelecidos pela mídia e sociedade, visando pertencer a algum determinado grupo. O importante é verificar essas características, pois assumem diferentes conceitos quando comparadas as condições sociais, econômicas e culturais vivenciadas pelos jovens. O ambiente em que vivem define essas condições, pelo acesso as políticas públicas de lazer, educação, projetos sócio-educativos, valores religiosos e familiares socializados, pela condição financeira de seus responsáveis e pelo contexto social que permite ao jovem uma maior ou menor suscetibilidade aos riscos. Essas situações podem agravar o aumento da violência e da criminalidade <sup>[23]</sup>.

A violência por muitas vezes está relacionada com a pobreza, mesmo não sendo uma conseqüência direta, mas pode ser associada às desigualdades sociais, a negação do direito ao acesso a bens e lazer, esporte e cultura que podem desencadear comportamentos violentos. A violência tem os jovens como vítimas ou agentes, está muito ligada à condição de vulnerabilidade social deste indivíduo <sup>[21]</sup>.

O mercado de trabalho apresenta muitas dificuldades em absorver indivíduos pouco qualificados ou com pouca experiência, como os jovens por exemplo. Quanto maior o nível de escolaridade, maior a chance de melhorar de vida e menos vulnerável diante da sociedade este indivíduo ou grupo fica. Para eliminar as situações de vulnerabilidade é preciso ter ações governamentais em conjunto com ações sociais. Deve-se dar maior importância às políticas públicas, é preciso estabelecer a necessidade de interação entre o que deve e pode ser realizado pelo Estado, pelo mercado e pela sociedade para superar a vulnerabilidade social [20, 21].

Foram desenvolvidos alguns trabalhos na perspectiva da vulnerabilidade social, estimulados pela preocupação de abordar de forma integral e mais completa, não apenas a pobreza, mas também as variadas formas de desvantagens sociais. Alguns estudos observaram os riscos das formas sociais que não ficaram apenas com a linha abaixo da pobreza, mas com toda a população em geral. Sendo assim, partiram do bem estar social de uma maneira geral e todas as causas relacionadas a esse processo [21].

Os governos apresentam dificuldades em reformar os sistemas educacionais para que acompanhem as mudanças da sociedade e incorporem as novas aptidões e habilidades requeridas [21].

Em países subdesenvolvidos, principalmente em zonas urbanas, as condições de pobreza e concentração de renda geram um aumento da insegurança e, assim, da vulnerabilidade para um grande número de indivíduos das classes baixas e médias, pois estão expostos a riscos e dificuldades [21].

Com o conceito de vulnerabilidade social, é possível analisar a situação dos excluídos socialmente de um determinado lugar, compreender a instabilidade e o modo de agir existentes na realidade dos pobres que vão além da pobreza [21].

A vulnerabilidade social também atinge o mercado de trabalho, pois há novas exigências no mercado, todos os dias, isso contribui para que os trabalhadores enfrentem maiores dificuldades baseadas na falta de estabilidade nos empregos, crescimento da informalidade e a falta de novos postos de trabalho [21].

Além da educação e trabalho, os jovens enfrentam outra situação que os tornam vulneráveis, essa diz respeito à sua saúde sexual e reprodutiva, pois há muita diferença entre os serviços privados de saúde que atendem a menor parte da população e os serviços de saúde públicos, onde se oferece um menor número de serviços e tratamento destinados para as classes média e baixa da população [21].

Para diminuir a vulnerabilidade e o combate às suas consequências, é comum, que os governos adotem programas assistencialistas, a exemplo do que acontece no Brasil:

- O programa “Bolsa Escola” – desde 1997 - tem como objetivo vincular uma renda mínima ao rendimento escolar dos jovens de famílias com baixa renda,

tirar o jovem da rua e colocá-lo no sistema de ensino, contribuindo para a quebra do ciclo de repetência e abandono escolar;

- O programa “Artesanato Solidário” foi criado pela Comunidade Solidária, financiado por instituições públicas e privadas. Este programa era voltado para comunidades carentes do interior do país, tinha como objetivo fortalecer os recursos humanos no local por meio de auxílio técnico e logístico. O programa terminou apenas com jovens mulheres fazendo desta atividade um meio de subsistência;
- Pesquisa “Cultivando Vidas, Desarmando Violências” – 2001 - teve como objetivo identificar e mostrar os detalhes de experiências inovadoras nas áreas de educação para a cidadania, cultura, lazer e esporte com jovens que vivem em situação de vulnerabilidade social. Assim, criaram-se centros em comunidades carentes, oferecendo lazer, estudo, esporte para estes grupos <sup>[21]</sup>.

Como já foi dito, os idosos também são alvo da vulnerabilidade social, quando se encontram em situações de risco, como alterações na saúde, resultante de recursos econômico, social, psicológico, familiar, cognitivo ou físico adequado. O apoio familiar está relacionado ao contexto de maior ou menor vulnerabilidade social. As ações governamentais para evitar esta vulnerabilidade entre os idosos estão em andamento na grande parte do país, são ações isoladas, não integradas <sup>[24]</sup>.

Em São Paulo, com o objetivo de ter uma visão mais detalhada das condições de vida de uma determinada comunidade, criou-se o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS), este indicador mostra a localização espacial das áreas que abrigam os segmentos mais vulneráveis à pobreza, ou seja, é um instrumento para a avaliação das políticas públicas. O IPVS analisa os indicadores de renda, grau de escolaridade, ciclo de vida familiar e o tipo de residência, onde ela se localiza, para assim direcionar as políticas públicas <sup>[25]</sup>.

No Brasil uma pesquisa recente, divulgada em novembro de 2009 pelo Ministério da Justiça e o Fórum Brasileiro de Segurança Pública, realizada em São Paulo, apontou as cidades onde jovens são mais vulneráveis à violência. Foram analisadas 266 cidades com mais de 100 mil habitantes. A pesquisa utilizou o Índice de Vulnerabilidade Juvenil à Violência (IVJ) e classificou os municípios, de acordo com os números de homicídios, acidentes de trânsito, acesso a escola e emprego, grau de pobreza e desigualdade social. Na Tabela 3.1 encontra-se o IVJ das capitais brasileiras e sua posição de acordo com o ranking nacional. A escala vai de 0 (zero) a 1, sendo 0 (zero) o menor grau de vulnerabilidade e 1 o grau mais alto de vulnerabilidade <sup>[26]</sup>.



**Tabela 3.1** Posição de alguns municípios brasileiros com base no Índice de Vulnerabilidade Juvenil à Violência (IVJ).

Capital	Posição no ranking nacional	Índice de vulnerabilidade
<b>Vulnerabilidade alta</b>		
Maceió (AL)	13 <sup>a</sup>	0,496
Porto Velho (RO)	19 <sup>a</sup>	0,483
Recife (PE)	22 <sup>a</sup>	0,481
Belém (PA)	34 <sup>a</sup>	0,458
Macapá (AP)	40 <sup>a</sup>	0,455
Teresina (PI)	43 <sup>a</sup>	0,451
<b>Vulnerabilidade média</b>		
Manaus (AM)	59 <sup>a</sup>	0,433
Rio de Janeiro (RJ)	64 <sup>a</sup>	0,429
Cuiabá (MT)	66 <sup>a</sup>	0,427
São Luís (MA)	67 <sup>a</sup>	0,427
Fortaleza (CE)	68 <sup>a</sup>	0,427
Salvador (BA)	84 <sup>a</sup>	0,410
João Pessoa (PB)	89 <sup>a</sup>	0,406
Rio Branco (AC)	96 <sup>a</sup>	0,400
Aracaju (SE)	103 <sup>a</sup>	0,395
Boa Vista (RR)	104 <sup>a</sup>	0,394
Belo Horizonte (MG)	105 <sup>a</sup>	0,393
Vitória (ES)	107 <sup>a</sup>	0,391
Curitiba (PR)	111 <sup>a</sup>	0,384
Palmas (TO)	120 <sup>a</sup>	0,377
<b>Vulnerabilidade média-baixa</b>		
Campo Grande (MS)	148 <sup>a</sup>	0,352
Natal (RN)	152 <sup>a</sup>	0,351
Florianópolis (SC)	157 <sup>a</sup>	0,346
Porto Alegre (RS)	161 <sup>a</sup>	0,342
Goiânia (GO)	163 <sup>a</sup>	0,338
Brasília (DF)	172 <sup>a</sup>	0,334
São Paulo (SP)	192 <sup>a</sup>	0,325

Fonte: MJ/Fórum Brasileiro de Segurança Pública <sup>[26]</sup>.

Nas Tabelas 3.2 e 3.3, constam as dez melhores e as dez piores cidades classificadas de acordo com o IVJ.

**Tabela 3.2** Municípios brasileiros mais seguros segundo o IVJ.

Colocação	Município	Grupo de Vulnerabilidade	IVJ
1º	São Carlos (SP)	Baixa	0,238
2º	São Caetano (SP)		0,239
3º	Franca (SP)		0,248
4º	Juiz de Fora (MG)		0,252
5º	Poços de Caldas (MG)		0,252
6º	Bento Gonçalves (RS)		0,257
7º	Divinópolis (MG)		0,263
8º	Bauru (SP)		0,267
9º	Jaraguá do Sul (SC)		0,270
10º	Petrópolis (RJ)		0,271

Fonte: MJ/Fórum Brasileiro de Segurança Pública [26].

**Tabela 3.3** Classificação dos municípios brasileiros mais perigosos segundo o IVJ.

Colocação	Município	Grupo de Vulnerabilidade	IVJ
1º	Itabuna (BA)	Muito alta Muito alta	0,577
2º	Marabá (PA)		0,574
3º	Foz do Iguaçu (PR)		0,568
4º	Camaçari (BA)		0,561
5º	Governador Valadares (MG)		0,550
6º	Cabo de Santo Agostinho (PE)		0,539
7º	Jaboatão dos Guararapes (PE)		0,516
8º	Teixeira de Freitas (BA)		0,516
9º	Linhares (ES)		0,516
10º	Serra (ES)		0,502

Fonte: MJ/Fórum Brasileiro de Segurança Pública [26].

Estes resultados norteiam o caminho das políticas públicas, tanto para manter os bons índices de cada cidade ou para melhorar os índices das cidades tidas como piores do Brasil.

### **3.2 Vulnerabilidade socioambiental: um conceito integrado**

Como já verificado no capítulo anterior, a avaliação de vulnerabilidade ambiental não é completa se estudada a partir de um único aspecto do sistema. Assim sendo, visando discutir a sua multidimensionalidade, buscou-se conjugar a avaliação de vulnerabilidade ambiental a fatores sociais e econômicos, conceito conhecido como vulnerabilidade socioambiental. Segundo Cartier *et al.* <sup>[27]</sup> a vulnerabilidade socioambiental pode ser melhor conceituada como uma coexistência ou sobreposição espacial entre grupos populacionais pobres, discriminados e com alta privação (vulnerabilidade social), que vivem ou circulam em áreas de risco ou de degradação ambiental (vulnerabilidade ambiental). Segundo esses autores, a área ocupada por estas populações são consideradas zonas de sacrifício, onde há uma exposição diferenciada frente aos riscos de algum tipo particular de perigo. Esse tipo de abordagem visa o esclarecimento de que certos problemas de ordem socioambiental são decorrentes do atual modelo de desenvolvimento econômico, dos processos de deslocalização e desregulamentação, que intensificam as relações entre grupos vulneráveis e áreas de risco ambiental.

Numa análise crítica quanto aos veículos automotivos utilizados pelos cidadãos da cidade de São Paulo, observa-se o crescimento no número de motocicletas que circulam as grandes avenidas da capital. Esse aumento se deve a franca ascensão de acesso pela população classificada na classe C. Essa classe, até alguns anos atrás, tinha indivíduos vivendo abaixo da linha de pobreza. Hoje, muitos já podem obter a sua motocicleta, sem ficar inadimplente. Ocorre que a expansão sem planejamento das grandes cidades não previu o repentino aumento em número destes veículos, assim como não permitiu veículos alternativos, como bicicletas. Assim sendo, muitos destes motociclistas vão trafegar de maneira perigosa entre os carros, no meio fio, com alto risco de acidentes. Indivíduos das classes A e B não se permitirão correr este risco, já que o sistema econômico em que vivemos permitirá a estes comprar os seus próprios carros, que em média transportarão uma pessoa, embora possam carregar até 4 passageiros.

Além disso, querendo se inserir no grupo de paulistanos viajantes, muitos motociclistas se arriscam em autoestradas, entre caminhões de elevada carga e carros, aumentando o número de acidentes. Sem grande proteção contra eventos climáticos, esses motociclistas também estão sujeitos à diminuição de visibilidade

pelas chuvas e exposição direta ao calor. Também estão mais expostos às emissões de dióxido de carbono e outros gases estufa, que podem provocar não somente o aumento efeito estufa, mas também problemas respiratórios.

Como se pode ver, uma análise social apenas não vislumbra todos os riscos aos quais estes motociclistas estão expostos. Há também diversos outros fatores ambientais que os expõe a riscos, e os deixam vulneráveis, que só a baixa renda não pode explicar.

O mesmo se diz quanto ao acesso à moradia: pessoas que não podem pagar adequadamente os impostos de habitação optam por morar em locais periféricos, longe dos grandes centros. Encostas de morros, áreas de várzea de rios e outros locais sujeitos a deslizamento são algumas das opções encontradas, expondo esta população a riscos ambientais em função da sua condição socioeconômica.

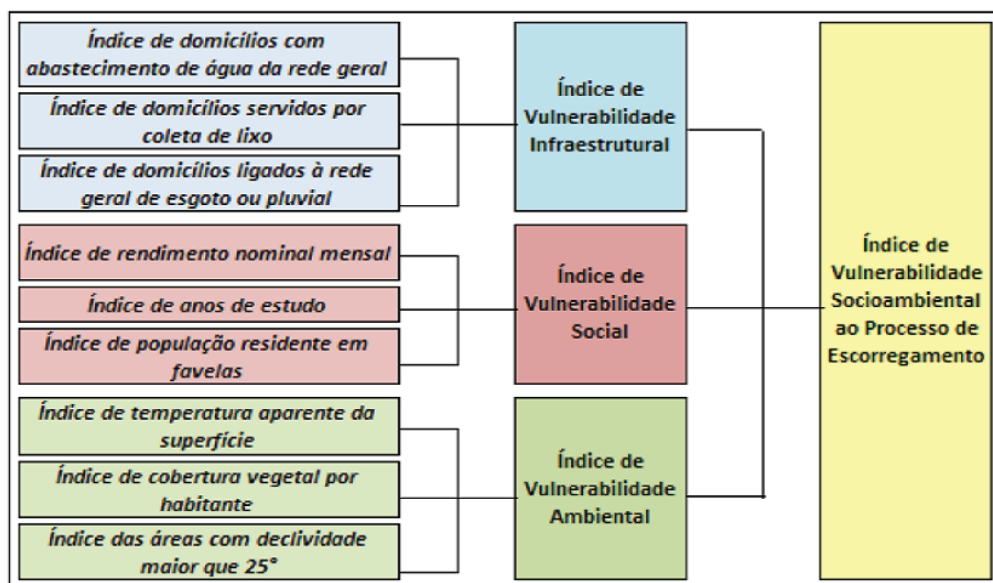
Diversos estudos focando principalmente zonas metropolitanas vêm sendo conduzidos, objetivando avaliar a vulnerabilidade nesta instância. Garcias e Sanches <sup>[28]</sup> afirmam que a constante atividade urbana ocasiona inúmeras alterações no meio, notadamente nos processos naturais, expondo cada vez mais as cidades a riscos e vulnerabilidades, tanto no âmbito social como ambiental. Segundo os autores, a interação entre homem e meio ambiente é muito complicada e gera inúmeras conseqüências, em sua grande maioria, maléficas para ambos, devido à falta de interação e planejamento entre o meio natural e antrópico.

Sabe-se que a predominância de estudos nestas zonas se deve principalmente a impossibilidade de conservação e preservação ambientais adequadas e a redução de recursos naturais para atendimento pleno da população em função da elevada densidade demográfica nos grandes centros. Sabe-se que a grande oferta de trabalho nestas regiões atrai diversos migrantes. Entretanto, a ausência de infraestrutura adequada para atender a essa nova demanda mais a demanda local provoca o aumento do desemprego e a conseqüente marginalização da população menos favorecida. Assim, esses indivíduos buscarão a qualquer custo maneiras de sobreviver nestas condições, expondo-se a situações como moradias construídas irregularmente, diretamente relacionadas a riscos ambientais.

Assim como nas abordagens citadas no capítulo anterior, alguns autores vêm pesquisando os melhores indicadores para conjugar a realidade social com a ambiental e elaborar índices confiáveis para a avaliação socioambiental de vulnerabilidade.

Gamba e Ribeiro <sup>[29]</sup> elaboraram um índice de vulnerabilidade socioambiental ao processo de deslizamento de terra, usando dados quantitativos, qualitativos e de geoprocessamento para a geração de indicadores de infraestrutura, sociais e ambientais que, ao serem agregados, apontaram a espacialização da vulnerabilidade socioambiental do município de São Paulo a este processo. Para tanto, se escolheu variáveis de acordo com sua disponibilidade em base de dados, identifi-

cando índices unitários que, quando conjugados, resultaram num único índice de vulnerabilidade socioambiental ao processo de deslizamento de terra (Figura 3.1).



**Figura 3.1** Obtenção de Indicadores, índices unitários (sintéticos) para a elaboração de índice de vulnerabilidade socioambiental ao processo de deslizamento de terra. Fonte: Gamba e Ribeiro <sup>[29]</sup>.

Em resumo, o capítulo confirma a necessidade mais estudos neste tipo de abordagem, numa visão integrada e agregada da vulnerabilidade ambiental, inserindo a sociedade como parte ativa na modificação do ambiente e sujeita também as consequências negativas da inadequada gestão dos recursos naturais.

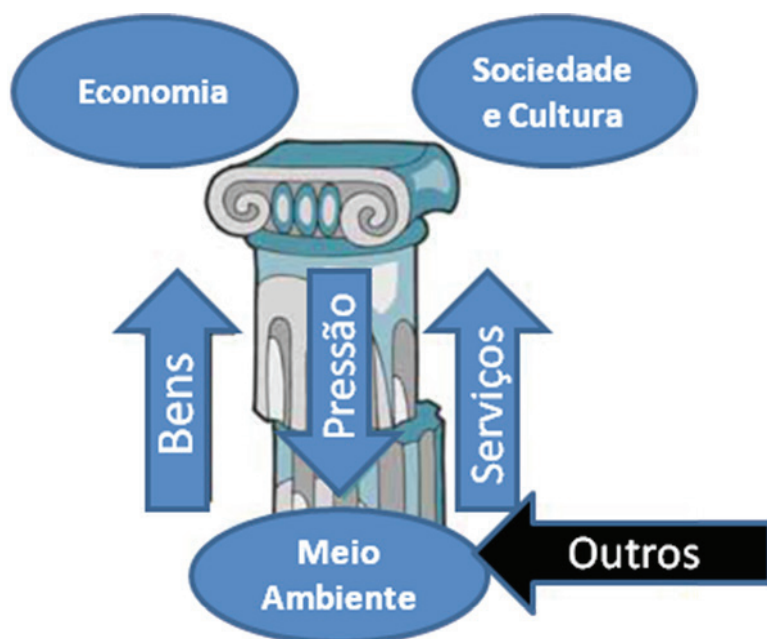


## Indicadores e índices de vulnerabilidade ambiental

Nos últimos anos, uma demanda explícita tem sido colocada sobre a comunidade científica na produção de indicadores para direcionar os investimentos em conservação <sup>[30]</sup>. O gerenciamento da vulnerabilidade surge como uma parte crítica de qualquer estratégia de desenvolvimento sustentável e os índices de vulnerabilidade ambiental são importantes ferramentas para auxiliar nesse gerenciamento.

Indicadores e Índices têm sido desenvolvidos em diferentes escalas e para diferentes propósitos <sup>[31]</sup>. O desenvolvimento de indicadores de vulnerabilidade ambiental tem sido descrito como complexo, já que a quantificação e a qualificação da vulnerabilidade ambiental não podem ser resolvidas de forma geral, além disso, a integridade de um ecossistema não pode ser medida diretamente ou expressa por meio de um único indicador [30, 32].

O Índice de Vulnerabilidade Ambiental (EVI) foi desenvolvido pela *South Pacific Applied Geoscience Commission* (SOPAC) juntamente com a *United Nations Environmental Programme* (UNEP) e seus parceiros. Foi desenvolvido com a colaboração de especialistas de diversos países e pode ser utilizado como um indicador de vulnerabilidade social e econômica dando uma visão dos processos que podem interferir no desenvolvimento sustentável dos países. Na Figura 4.1, ilustra como o Índice de Vulnerabilidade Ambiental (EVI - *Environmental Vulnerability Index*) é composto.



**Figura 4.1** Fatores que influenciam a Vulnerabilidade Ambiental e que englobam o EVI <sup>[33]</sup>.

Segundo a OMS (1981), os indicadores deverão atender os seguintes requisitos: *ser válidos*, ou seja, devem medir realmente o que se supõem deviam medir, *ser objetivos*, isto é, dar o mesmo resultado quando a medição é feita por pessoas distintas em circunstâncias análogas; *ser sensíveis*, ou seja, ter a capacidade de captar mudanças ocorridas na situação; e ser específicos, isto é, refletir só as mudanças ocorridas na situação que tratam <sup>[34]</sup>. Assim a proposta da metodologia do EVI é compreender e mensurar as vulnerabilidades do meio ambiente, antever danos maiores e irreversíveis que coloquem em risco o bem-estar e o futuro da humanidade.

De acordo com o EVI <sup>[32]</sup>, a avaliação da vulnerabilidade ambiental requer o uso de uma ampla base de indicadores objetivados em cada um dos componentes de vulnerabilidade (Indicadores de Risco - REI, Indicadores de Resiliência - IRI e Indicadores de Integridade Ambiental ou Degradação - EDI) e em diferentes níveis espaciais, temporais e hierárquicos da organização do ecossistema. Tratando-se de um país inteiro a avaliação não é uma tarefa fácil. Idealmente, os indicadores exigidos descrevem:

- Frequência e intensidade dos riscos mais importantes;
- Vulnerabilidade intrínseca/resiliência a riscos como características de um país que se apresenta suscetível ao perigo, taxas naturais de regeneração ou de produtividade que tornam provável a recuperação a perturbações mais rápida e de forma mais completa antes da chegada de um próximo perigo etc.;



- Ecossistemas: Perda de habitats, espécies-chave, funções do ecossistema, bens e serviços;
- Grupos de organismos: Perda de diversidade, populações de organismos e da diversidade genética e redundância ecológica;
- Elementos do ambiente físico (água, tempestades, processos litorais, planícies de inundação, terras perto do nível do mar);
- Espécies raras, ameaçadas e aquelas de importância econômica que podem ser mais visadas do que normalmente por atividades humanas; e
- Mitigadores dos efeitos dos perigos tais como a legislação que modifica os riscos humanos e programas de monitoramento que fornecem um aviso antecipado do dano ao ecossistema.

Os indicadores para o cálculo do EVI e seus sub-índices foram selecionados de acordo com os seguintes critérios:

- Ser aplicável sobre escalas diferentes, ou devem pelo menos ser calculáveis sobre a toda a escala de interesse;
- Estender-se sobre diferentes tipos geográficos, climáticos e de habitat (e.g. tropical, temperado, terrestre, litoral e marinho);
- Ser relativamente fácil de compreender;
- Ser imparcial;
- Ser tão bem definido quanto possível de modo que os dados sejam comparáveis e meçam a mesma variável de país para país e de operador para operador;
- Estender-se sobre diferentes níveis de organização (ecossistemas, biodiversidade, processos);
- Dados disponíveis, relativamente confiáveis e coletados como rotina por autoridades do país;
- Dados que devem estar disponíveis caso um especialista for ao país auxiliar em seu cotejo ou para os programas dirigidos na coleta ou cotejo podem ser propostos e executados; e
- Os indicadores devem ser tão não relacionados quanto possível entre si. Indicadores redundantes não acrescentam informações adicionais ao EVI <sup>[36]</sup>.

Segundo o EVI de 2004 <sup>[35]</sup> o termo indicador é derivado do verbo em latim *indicare* significando “apontar para ou descobrir” Um indicador pode por essa razão ser explicado como qualquer componente do meio ambiente que estima quantitativamente a condição dos recursos ecológicos, a magnitude do stress, a exposição do componente biológico ao stress, ou a total mudança na condição.

O EVI utiliza 50 “indicadores *smart*” para capturar os elementos chave da vulnerabilidade ambiental. O termo “indicadores *smart*” tem sido utilizado para definir indicadores que tem por objetivo capturar um extenso número de elementos em um sistema interativo complexo enquanto simultaneamente mostra

como o valor obtido se relaciona com alguma condição ideal. Cada indicador é classificado em:

Tipos

- Tempo & Clima
- Geologia
- Geografia
- Recursos e Serviços
- Populações Humanas

Aspectos

- Perigos
- Resistência
- Danos

Sub-índices

- Mudanças Climáticas
- Biodiversidade
- Água
- Agricultura e Pesca
- Aspectos da Saúde Humana
- Desertificação
- Exposição a Desastres Naturais

Cada indicador é, também, acompanhado por uma denominação abreviada, uma definição detalhada, palavras-chave e uma descrição dos principais sinais dos quais é representante, assim como os indicadores de relevância política. Os indicadores que compõem o EVI são:

1. VENTOS FORTES – Média anual do excesso de velocidade do vento durante os últimos cinco anos, calculada sobre todas as estações climáticas de referência.

2. PERÍODOS DE SECA – Déficit da média anual de precipitação (mm) durante os últimos cinco anos para todos os meses com mais de 20% de redução de chuva do que os 30 anos mensalmente medidos, calculada sobre todas as estações climáticas de referência.

3. PERÍODOS DE CHUVA – Média anual do excesso de precipitação (mm) durante os últimos 5 anos para todos os meses com mais de 20% de aumento de chuva do que os 30 anos mensalmente medidos, calculada sobre todas as estações climáticas de referência.

4. PERÍODOS QUENTES – Média anual do excesso de calor (graus) durante os últimos cinco anos para todos os dias 5°C (9°F) mais quente do que as médias máximas mensais de 30 anos, calculada sobre todas as estações climáticas de referência.

5. PERÍODOS FRIOS – Déficit da média anual de calor (graus) durante os últimos cinco anos para todos os dias 5°C (9°F) mais frio do que as médias mínimas mensais de 30 anos, calculada sobre todas as estações climáticas de referência.

6. TEMPERATURA DOS OCEANOS – Desvio médio anual da Temperatura da Superfície dos Oceanos (TSO) nos últimos 5 anos em relação às médias mensais de 30 anos.

7. VULCÕES – Risco acumulado de vulcões como número ponderado de vulcões com potencial de erupção maior ou igual a 2 do Índice de Explosividade Vulcânica (IEV), dentro de 100 km da fronteira do país.

8. TERREMOTOS – Energia acumulada de terremotos dentro de 100 km da fronteira do país medida como Magnitude Local (ML)  $\geq 6,0$  e ocorrendo a uma profundidade menor ou igual a 15 km em cinco anos.

9. TSUNAMIS – Número de tsunamis ou maré de tempestade com espraio de ondas maior do que 2 metros acima da Média Alta das Águas da Primavera por 1000 km de litoral desde 1900.

10. DESLIZAMENTOS – Número de deslizamentos registrados nos últimos cinco anos, divididos por área de terra.

11. ÁREA DE TERRA – Total da área de terra (km<sup>2</sup>).

12. DISPERSÃO DO PAÍS – Razão da extensão das fronteiras (terrena e marítima) do total de área de terra.

13. ISOLAMENTO – Distância em quilômetro do continente mais próximo.

14. RELEVO – Diferença de altitude (ponto mais alto subtraído do mais baixo do país).

15. TERRAS BAIXAS – Porcentagem da área de terra menor ou igual a 50 m acima do nível do mar.

16. FRONTEIRAS – Número de fronteiras terrenas e marítimas divididas com outros países.

17. DESEQUILÍBRIO DO ECOSSISTEMA – Média ponderada da mudança no nível trófico desde o início da pesca.

18. TRANSPARÊNCIA AMBIENTAL – Média anual dos fretes de importação (Dólar Dos Estados Unidos) nos últimos cinco anos por qualquer meio por km<sup>2</sup> de área.

19. MIGRAÇÕES – Número de espécies conhecidas que migraram para fora da área territorial em qualquer momento durante o período de vida/área de terra.

20. ENDÊMICAS – Número de espécies endêmicas conhecidas por milhão de km<sup>2</sup> de área.

21. INTRODUÇÃO – Número de espécies introduzidas por 100 km<sup>2</sup> de área.

22. ESPÉCIES AMEAÇADAS – Número de espécies ameaçadas e vulneráveis por 100 km<sup>2</sup> de área.

23. EXTINÇÃO – Número de espécies conhecidas por 100 km<sup>2</sup> de área que, desde 1900, têm se tornado extintas.

24. COBERTURA VEGETAL – Porcentagem de cobertura vegetal natural e de regeneração remanescentes.

25. PERDA DE COBERTURA – Mudança na porcentagem líquida da cobertura vegetal natural durante os últimos cinco anos.

26. FRAGMENTAÇÃO DO HABITAT – Extensão total de todas as rodovias em um país dividida por área de terra.

27. DEGRADAÇÃO – Porcentagem de área de terra que é severamente ou muito severamente degradada.

28. RESERVAS TERRESTRES – Porcentagem de áreas terrestres legalmente não utilizadas para servirem como reservas.

29. RESERVAS MARINHAS – Porcentagem de plataformas continentais legalmente designadas como Área Marinha Protegida (AMP's).

30. AGRICULTURA INTENSIVA – Produção anual em toneladas dos produtos animais cultivados intensivamente durante os últimos cinco anos 100 km<sup>2</sup> de área.

31. FERTILIZANTES – Média anual da intensidade do uso de fertilizantes sobre a área total durante os últimos cinco anos.

32. PESTICIDAS – Média anual em kg/km<sup>2</sup>/ano dos pesticidas utilizados sobre a área total durante os últimos cinco anos.

33. BIOTECNOLOGIA – Número acumulado de ensaios de campo deliberados para organismos geneticamente modificados conduzidos no país desde 1986.

34. PRODUTIVIDADE DA SOBREPESCA – Razão média de produtividade: captura da pesca nos últimos cinco anos.

35. ESFORÇO DE PESCA – Número médio anual de pescadores por quilômetro de litoral nos últimos cinco anos.

36. ÁGUA RENOVÁVEL – Média anual do consumo de água em porcentagem de fontes de água renovável nos últimos cinco anos.

37. EMISSÃO DE DIÓXIDO DE ENXOFRE – Média anual de emissões de dióxido de enxofre nos últimos cinco anos.

38. PRODUÇÃO DE RESÍDUOS – Quantia líquida anual de tóxicos gerados e importados, resíduos perigosos e municipais por km<sup>2</sup> de área nos últimos cinco anos.

39. TRATAMENTO DE RESÍDUOS – Porcentagem média anual de resíduos perigosos, tóxicos e municipais efetivamente gerenciados e tratados nos últimos cinco anos.

40. INDÚSTRIA – Média anual do consumo de eletricidade da indústria durante os últimos 5 anos por km<sup>2</sup> de área.

41. DERRAMAMENTO – Número total de derramamentos de óleo e substâncias perigosas maiores do que 1000 litros em terra, em rios ou em águas terrestres por milhão de quilômetros de costa marítima durante os últimos cinco anos.

42. MINERAÇÃO – Produção média anual de mineração por km<sup>2</sup> de área nos últimos cinco anos.

43. SANEAMENTO – Densidade da população sem acesso a um saneamento seguro.

44. VEÍCULOS – Número de veículos por km<sup>2</sup> de área.

45. POPULAÇÃO – Densidade total da população humana (número por km<sup>2</sup> de área).

46. CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO – Taxa anual de crescimento da população humana nos últimos cinco anos.

47. TURISTAS – Número médio anual de turistas internacionais por km<sup>2</sup> de área nos últimos cinco anos.

48. POVOADOS COSTEIROS – Densidade de pessoas vivendo em povoados costeiros.

49. ACORDOS AMBIENTAIS – Número de tratados ambientais em vigor em um país.

50. CONFLITOS – Número médio de conflitos armados por década dentro de um país nos últimos 50 anos <sup>[35]</sup>.

A Tabela 4.1 apresentada a seguir descreve os indicadores e suas classificações.

**Tabela 4.1** Indicadores e suas classificações. Onde: **MC** = Mudanças Climáticas; **EDN** = Exposição a Desastres Naturais; **SH** = Aspectos da Saúde Humana; **AP** = Agricultura e Pesca; **A** = Água; **D** = Desertificação; **B** = Biodiversidade.

Indicadores	Tipos	Aspectos	Sub-índices						
1. Ventos fortes	Tempo & Clima	Perigos	MC	EDN				D	
2. Períodos de Seca	Tempo & Clima	Perigos	MC	EDN		AP	A	D	
3. Períodos de Chuva	Tempo & Clima	Perigos	MC	EDN		AP	A	D	
4. Períodos Quentes	Tempo & Clima	Perigos	MC	EDN				D	
5. Períodos Frios	Tempo & Clima	Perigos		EDN				D	
6. TSO	Tempo & Clima	Perigos	MC			AP			B
7. Vulcões	Geologia	Perigos		EDN					
8. Terremotos	Geologia	Perigos		EDN					
9. Tsunamis	Geologia	Perigos		EDN					
10. Deslizamentos	Geologia	Perigos		EDN					
11. Área de Terra	Geografia	Resistência	MC						B
12. Dispersão	Geografia	Resistência	MC						B
13. Isolamento	Geografia	Resistência							B

(continua)

**Tabela 4.1** Indicadores e suas classificações. Onde: **MC** = Mudanças Climáticas; **EDN** = Exposição a Desastres Naturais; **SH** = Aspectos da Saúde Humana; **AP** = Agricultura e Pesca; **A** = Água; **D** = Desertificação; **B** = Biodiversidade.  
(continuação)

Indicadores	Tipos	Aspectos	Sub-índices						
<b>14. Relevo</b>	Geografia	Resistência	MC					D	B
<b>15. Terras Baixas</b>	Geografia	Resistência	MC					D	B
<b>16. Fronteiras</b>	Geografia	Resistência							B
<b>17. Desequilíbrio</b>	Recursos e Serviços	Danos							B
<b>18. Transparência</b>	Recursos e Serviços	Perigos							B
<b>19. Migrações</b>	Recursos e Serviços	Resistência							B
<b>20. Endêmicas</b>	Recursos e Serviços	Resistência							B
<b>21. Introduções</b>	Recursos e Serviços	Danos	MC						B
<b>22. Ameaçadas</b>	Recursos e Serviços	Danos							B
<b>23. Extinção</b>	Recursos e Serviços	Danos							B
<b>24. Vegetação</b>	Recursos e Serviços	Danos					A	D	B
<b>25. Perda de Cobertura</b>	Recursos e Serviços	Perigos					A	D	B
<b>26. Fragmentação</b>	Recursos e Serviços	Danos							B
<b>27. Degradação</b>	Recursos e Serviços	Danos					A	D	
<b>28. Reservas</b>	Recursos e Serviços	Perigos					A		B
<b>29. AMP's</b>	Recursos e Serviços	Perigos							B
<b>30. Agricultura</b>	Recursos e Serviços	Perigos							
<b>31. Fertilizantes</b>	Recursos e Serviços	Perigos			SH		A		
<b>32. Pesticidas</b>	Recursos e Serviços	Perigos			SH		A		
<b>33. Biotecnologia</b>	Recursos e Serviços	Perigos							
<b>34. Pesca</b>	Recursos e Serviços	Perigos							
<b>35. Esforço de Pesca</b>	Recursos e Serviços	Perigos							
<b>36. Água</b>	Recursos e Serviços	Perigos	MC		SH		A	D	
<b>37. Ar</b>	Recursos e Serviços	Perigos			SH				

(continua)

**Tabela 4.1** Indicadores e suas classificações. Onde: **MC** = Mudanças Climáticas; **EDN** = Exposição a Desastres Naturais; **SH** = Aspectos da Saúde Humana; **AP** = Agricultura e Pesca; **A** = Água; **D** = Desertificação; **B** = Biodiversidade.  
(continuação)

Indicadores	Tipos	Aspectos	Sub-índices						
38. Resíduos	Recursos e Serviços	Perigos							
39. Tratamento	Recursos e Serviços	Perigos			SH		A		
40. Indústria	Recursos e Serviços	Perigos							
41. Derramamentos	Recursos e Serviços	Perigos							
42. Mineração	Recursos e Serviços	Perigos							
43. Saneamento	Recursos e Serviços	Perigos			SH				
44. Veículos	Recursos e Serviços	Perigos							
45. População	Populações Humanas	Danos	MC	EDN			A		
46. Crescimento	Populações Humanas	Perigos					A		
47. Turistas	Populações Humanas	Perigos							
48. Povoados Costeiros	Populações Humanas	Danos	MC	EDN					
49. Acordos	Populações Humanas	Perigos							
50. Conflitos	Populações Humanas	Danos							

Fonte: Building Resilience in SIDS, the Environmental Vulnerability Index <sup>[36]</sup>.

Villa e McLeod <sup>[30]</sup> sugerem que um modelo teórico capaz de produzir um indicador de vulnerabilidade geral necessita incluir três componentes. O primeiro é um modelo de vulnerabilidade, identificando seus componentes e suas dependências mútuas em termos de propriedades que podem ser associadas a indicadores. O segundo é um modelo de sistema, definindo um caminho para decompor o sistema alvo de maneira que seja prático relacionar a visão do sistema com a definição de vulnerabilidade e assegurar que diferentes sistemas, interpretados de acordo com um sistema modelo comum, sejam comparáveis. O terceiro componente é um modelo matemático, utilizado para agregar a informação definida pelo sistema modelo em um conjunto de indicadores hierarquicamente organizado, cujo maior nível de agregação é o indicador de vulnerabilidade. Para que diferentes indicadores de vulnerabilidade sejam comparáveis por meio de diferentes ambientes, os três componentes precisam ser compatíveis, isto é, adotar o mesmo modelo de vulnerabilidade, o mesmo sistema modelo, e o mesmo modelo

matemático. Cada componente deve servir para publicação como um conjunto de diretrizes para o levantamento e elaboração de dados.

Diferentes organizações, cientistas e outros têm experimentado e utilizado um conjunto de abordagens e técnicas diferentes para tentar medir ou abranger os grupos vulneráveis. Alguns desses incluem a identificação de indicadores de vulnerabilidade incluindo mudanças na vegetação, risco de enchente ou aridez, acesso e disponibilidade de comida, e/ou má nutrição. Métodos e modelos pelos quais é possível identificar a vulnerabilidade tem sido geralmente o produto de empréstimo e combinação junto a abordagens relacionadas na tentativa de identificar ambientes vulneráveis e regiões de risco <sup>[37]</sup>.

Outros esforços para quantificar a vulnerabilidade ambiental se referem a sistemas específicos, a estressores particulares ou a classes de estressores. Os exemplos citados por Villa e McLeod <sup>[30]</sup> incluem a vulnerabilidade ao aumento do nível do mar e mudanças climáticas, derramamento de óleo em zonas entre-marés, contaminação de águas subterrâneas por pesticidas em escala regional e aumento do nível do mar em escala nacional.

Três grandes projetos globais têm sido desenvolvidos para medir risco e/ou vulnerabilidade com o auxílio de indicadores e índices em escala nacional e para comparações internacionais e globais. Esses incluem o *UNDP's Disaster Risk Index* (DRI), o projeto Hotspots projetado pela Universidade Columbia e os Indicators for the Americas desenvolvido pelo Instituto de Estudos Ambientais, Universidade Nacional de Colombia—Manizales. Em nível local, uma ampla variedade de abordagens tem sido aplicada para medir e estimar vulnerabilidade e riscos a perigos de origem natural, um exemplo é o *Community-Based Risk Index* desenvolvido na Indonésia <sup>[30]</sup>.

Outro programa, o *Sustainable Livelihoods Approach* tem sido extensivamente utilizado em várias partes do mundo como um meio para identificar áreas e grupos que são vulneráveis. Nesta abordagem o meio ambiente é encontrado incluído em ambas as dimensões físicas e sociais <sup>[37]</sup>.

Dada a complexidade das diferentes dimensões da vulnerabilidade, mensurá-la requer a integração de um grande número de informações relacionadas a uma pluralidade de disciplinas e áreas de conhecimento <sup>[38]</sup>. As medidas têm que ser flexíveis e frequentemente incluir técnicas qualitativas bem como quantitativas <sup>[37]</sup>.

A construção de um sistema de indicadores com séries históricas permite, não só o diagnóstico da situação, como também, o seu acompanhamento ao longo do tempo, servindo como suporte à tomada de decisão <sup>[39]</sup>.

No site do EVI index <sup>[40]</sup> é disponibilizada uma planilha, onde alimentando cada um dos indicadores, obtém-se o Índice de Vulnerabilidade Ambiental. Ao todo, 235 países foram avaliados e receberam uma pontuação, de acordo com o grau de vulnerabilidade/resiliência ambiental calculado pelo EVI, constituindo um



ranking mundial. É importante salientar que as pontuações consideradas válidas foram as de países que forneceram dados para mais de 80% dos 50 indicadores do EVI. Já os países que apresentaram dados insuficientes (menos de 80% dos 50 indicadores) tiveram uma classificação de tendência de vulnerabilidade ambiental <sup>[40]</sup>. Cada país foi classificado numa das seguintes categorias: Extremamente Vulnerável, Altamente Vulnerável, Vulnerável, Em Risco ou Resiliente. A Tabela 4.2 apresenta os valores dos índices para cada uma das categorias.

**Tabela 4.2** Classificação do Índice de Vulnerabilidade e seus respectivos valores.

<b>Extremamente Vulnerável</b>	<b>365 +</b>
<b>Em risco</b>	<b>215 +</b>

Dos países com índices válidos, Argentina, Brasil, Estados Unidos, Nova Zelândia e Suécia foram alguns dos classificados como vulneráveis. Austrália, Bolívia, Canadá, Moçambique, Paraguai e Uruguai estão entre os países considerados em risco. Já Áustria, Bélgica, Itália, Israel, Japão e Reino Unido constam entre os extremamente vulneráveis, enquanto apenas dez países, a maioria do continente africano, foram considerados resilientes.

A Tabela 4.3, extraída do site oficial do Índice de Vulnerabilidade Ambiental (*The Official Global EVI Website*) <sup>[40]</sup> mostra de modo resumido os Índices de Vulnerabilidade de alguns países (EVI) calculados por meio da planilha anteriormente mencionada. Este índice engloba 50 indicadores, e também o grau de vulnerabilidade ou resiliência de cada país. Estes dados foram atualizados em 2005.

**Tabela 4.3** Relação de alguns países avaliados e classificação quanto à vulnerabilidade.

<b>Sigla</b>	<b>País</b>	<b>EVI</b>	<b>Dados (%)</b>	<b>Classificação</b>
AF	Afeganistão	289	76	Vulnerável
AM	Armênia	247	72	Em risco
AO	Angola	225	96	Em risco
AQ	Antártica	235	40	Em risco
AR	Argentina	287	94	Vulnerável

(continua)

**Tabela 4.3** Relação de alguns países avaliados e classificação quanto à vulnerabilidade. *(continuação)*

<b>Sigla</b>	<b>País</b>	<b>EVI</b>	<b>Dados (%)</b>	<b>Classificação</b>
AU	Austrália	238	96	Em risco
BE	Bélgica	387	94	Extremamente Vulnerável
BO	Bolívia	250	84	Em risco
BR	Brasil	281	94	Vulnerável
BS	Bahamas	248	62	Em risco
CA	Canadá	251	98	Em risco
CG	Congo	219	94	Em risco
CH	Suíça	348	88	Altamente Vulnerável
CL	Chile	287	94	Vulnerável
CN	China	360	94	Altamente Vulnerável
CO	Colômbia	296	96	Vulnerável
CR	Costa Rica	354	96	Altamente Vulnerável
CU	Cuba	329	90	Altamente Vulnerável
DE	Alemanha	357	98	Altamente Vulnerável
DO	República Dominicana	324	90	Altamente Vulnerável
EC	Equador	304	96	Vulnerável
EG	Egito	298	96	Vulnerável
ES	Espanha	352	96	Altamente Vulnerável
T	Etiópia	260	80	Em risco
FI	Finlândia	265	98	Vulnerável
FJ	Fiji	333	92	Altamente Vulnerável
FR	França	361	98	Altamente Vulnerável
GB	Reino Unido	373	96	Extremamente Vulnerável
GF	Guiana Francesa	174	62	Resiliente
GL	Groelândia	243	56	Em risco
GN	Guinea	254	92	Em risco

*(continua)*

**Tabela 4.3** Relação de alguns países avaliados e classificação quanto à vulnerabilidade. *(continuação)*

<b>Sigla</b>	<b>País</b>	<b>EVI</b>	<b>Dados (%)</b>	<b>Classificação</b>
GR	Grécia	353	98	Altamente Vulnerável
HK	Hong Kong	309	44	Vulnerável
HN	Honduras	273	90	Vulnerável
HT	Haiti	343	92	Altamente Vulnerável
HU	Hungria	363	86	Altamente Vulnerável
ID	Indonésia	316	98	Altamente Vulnerável
IE	Irlanda	318	98	Altamente Vulnerável
IL	Israel	380	90	Extremamente Vulnerável
IN	Índia	385	92	Extremamente Vulnerável
IT	Itália	386	98	Extremamente Vulnerável
JP	Japão	389	94	Extremamente Vulnerável
KE	Kenia	262	94	Em risco
KW	Kuwait	323	94	Altamente Vulnerável
LT	Lituânia	314	88	Vulnerável
LU	Luxemburgo	327	66	Altamente Vulnerável
MA	Marrocos	315	96	Vulnerável
MN	Mongólia	208	80	Resiliente
MX	México	306	94	Vulnerável
MZ	Moçambique	227	88	Em risco
NA	Namíbia	200	90	Relisiente
NG	Nigéria	336	94	Altamente Vulnerável
NI	Nicarágua	272	92	Vulnerável
NO	Noruega	273	98	Vulnerável
NZ	Nova Zelândia	292	98	Vulnerável
PE	Peru	268	94	Vulnerável
PR	Porto Rico	334	64	Altamente Vulnerável

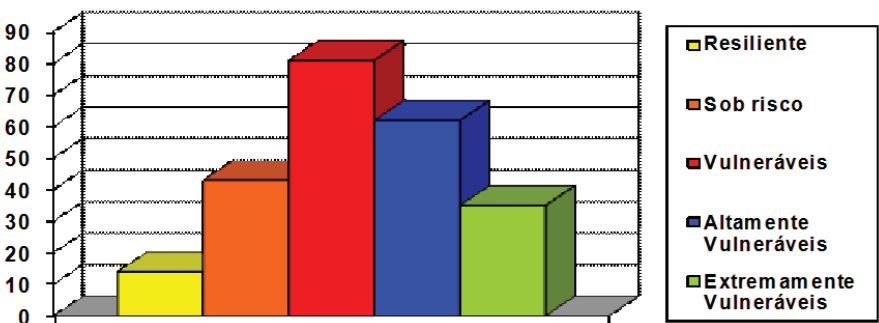
*(continua)*

**Tabela 4.3** Relação de alguns países avaliados e classificação quanto à vulnerabilidade. *(continuação)*

Sigla	País	EVI	Dados (%)	Classificação
PT	Portugal	335	98	Altamente Vulnerável
PY	Paraguai	260	84	Em risco
SG	Singapura	428	92	Extremamente Vulnerável
SO	Somália	265	80	Vulnerável
SV	El Salvador	348	92	Altamente Vulnerável
TH	Tailândia	308	100	Vulnerável
US	Estados Unidos das Américas	300	94	Vulnerável
UY	Uruguai	259	92	Em risco
VA	Vaticano	293	28	Vulnerável
VE	Venezuela	291	94	Vulnerável
WS	Samoa	328	78	Altamente Vulnerável
ZA	África do Sul	324	90	Altamente Vulnerável
ZM	Zâmbia	210	82	Resiliente

Fonte: *The Official Global EVI Website* <sup>[40]</sup>.

A Figura 4.2 ilustra um resumo da situação mundial, apresentando o número de países sob cada classificação, segundo o EVI.



**Figura 4.2** Número de países em relação à classificação do Índice de Vulnerabilidade Ambiental.

Os índices de vulnerabilidade são ferramentas importantes para pesquisadores, ecologistas, órgãos ambientais e governos que avaliam as condições ambientais

podendo compará-las com um padrão, ou com outros países. Ajudam também a identificar um melhor gerenciamento de recursos e proteger a integridade ambiental reduzindo assim a vulnerabilidade. Existe uma limitação para aplicação deste índice, pois o meio ambiente tem natureza dinâmica, o índice reflete o estado atual do meio ambiente e deve então ser constantemente revisado para assegurar a precisão <sup>[40]</sup>. O ponto forte deste índice é que ele pode ser aplicado individualmente, não é necessário que outros países o façam para poder ter significado.

O EVI pertence a uma nova geração de ferramentas designadas especificamente para ajudar a atingir as metas identificadas nas auditorias / avaliações e alertar os responsáveis pela tomada de decisões. As informações são apresentadas em formato simplificado o que facilita a identificação das vulnerabilidades. É um índice que pode ser usado de imediato para apoiar decisões. Este enfoque apóia os governos e os órgãos ambientais para que as vulnerabilidades identificadas e cada ponto seja prontamente abordado. Pode ser utilizado para avaliar periodicamente (a cada 5 anos) as mudanças na vulnerabilidade ambiental. O EVI é uma ferramenta que pode ser utilizada para monitorar o desenvolvimento sustentável <sup>[41]</sup>. O Comitê das Nações Unidas, na sua política de desenvolvimento, estuda a possibilidade de adotar o EVI como critério para classificação de desenvolvimento dos países <sup>[13]</sup>.

As informações fornecidas pelo EVI são de grande relevância, pois por meio delas podem-se identificar os sistemas ambientais que ainda tem boa resiliência, podendo-se assim mantê-los. Esta é a parte mais fácil. É necessário também reconhecer as áreas altamente vulneráveis para gerenciá-las diretamente (exemplo a devastação de florestas) ou recuperar a resiliência em outras áreas (exemplo desastres naturais). Com uma ferramenta como o EVI é possível olhar para o futuro e identificar o desenvolvimento sem que o meio ambiente, que suporta a vida humana seja comprometido.

Os desafios para a pesquisa em vulnerabilidade são desenvolver medidas robustas e de confiança, incorporar diversos métodos que incluam percepção de risco e vulnerabilidade, e incorporar as pesquisas do governo nos mecanismos que mediam a vulnerabilidade e promovam ações adaptáveis e de resiliência <sup>[1]</sup>.

## **4.1 Estudos de casos brasileiros de vulnerabilidade ambiental**

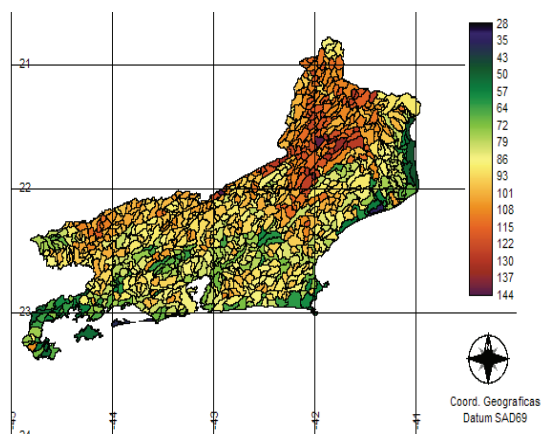
Além dos trabalhos já citados nos capítulos anteriores, vários trabalhos foram realizados com a finalidade de averiguar os índices de vulnerabilidade no território brasileiro. Serão citadas abaixo algumas referências que demonstram a realização dos estudos nas determinadas áreas, tal como a interpretação dos resultados e tidas como estudos de caso.

COSTA *et al.* <sup>[42]</sup> estudaram as sub-bacias hidrográficas do estado do Rio de Janeiro na abordagem ao risco de comprometimento da qualidade e quantidade dos recursos hídricos devido à degradação por erosão do solo/ assoreamento do recurso hídrico/ perda da cobertura vegetal agravada por fatores antrópicos. Para a avaliação dos processos erosivos, foram observados: os declives e comprimentos das encostas, a erosividade (mensurada pela intensidade e energia cinética da chuva), a cobertura vegetal, erodibilidade (caracterizada pelas propriedades físicas, químicas e morfológicas do solo) e as práticas de conservação e manejo do solo.

Os fatores acima relacionados são utilizados na equação empírica denominada *Universal Soil Loss Equation* – USLE <sup>[43]</sup>. A equação estima as perdas de solo por hectare ano, que é dada por um modelo empírico calibrado por ensaios de campo, porém outros fatores como as variáveis morfométricas, densidade de drenagem amplitude altimétrica, índice de circularidade e a declividade média também são relacionados com a vulnerabilidade ambiental, mas para esses não foram estabelecidas relações estatísticas <sup>[42]</sup>.

No estudo de COSTA *et al.* <sup>[42]</sup> foi tido como objetivo integrar o resultado da USLE, a variáveis morfométricas extraídas por sub-bacias hidrográficas e ao uso/ cobertura da terra, obtendo um IVA com maior controle dos fatores que contribuem nos processos erosivos, calculado por meio da AMC (análise multicriterial), agregando-se os critérios da combinação linear de pesos (WLC), em que a variável objetivo (S) é o índice de vulnerabilidade ambiental.

Após a obtenção dos dados e a realização dos cálculos, foi apresentado um mapa do índice de vulnerabilidade, conforme a Figura 4.3, onde se observa que as bacias mais vulneráveis estão na região do Vale do Paraíba e no noroeste do Estado, com a ocorrência de vulnerabilidade ambiental muito severa para algumas bacias que contém a calha do rio Paraíba do Sul:



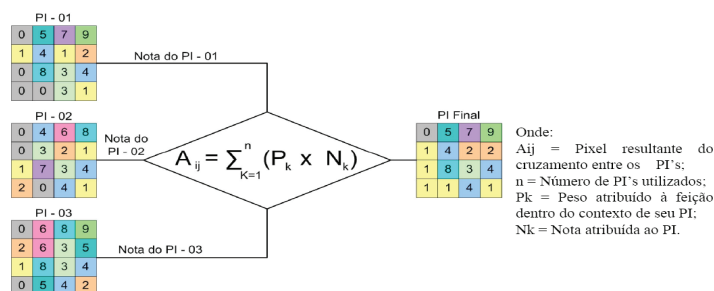
**Figura 4.3** Índice de Vulnerabilidade Ambiental para Sub-bacias do Estado do Rio de Janeiro <sup>[42]</sup>.

Silva *et al.* <sup>[44]</sup> avaliaram o mapeamento de vulnerabilidade ambiental do município de Pacoti/CE utilizando o método AHP – *Analytic Hierarchy Process*, o qual consiste em uma análise integrada do ambiente, avaliando múltiplas variáveis que se intra-relacionam e inter-relacionam com outros sistemas, criando-se uma hierarquia de decisão, que permite uma visão global das relações inerentes ao processo. Foram abordados os aspectos considerados decisivos para a avaliação da vulnerabilidade da área: declividade, área legal e vegetação (uso e ocupação), que foi mapeado pelas técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, com base imagens obtidas pelo satélite SPOT-5.

Silva *et al.* <sup>[44]</sup> discutem as seis etapas do processo de decisão AHP, que são divididos em três estágios:

- **Estágio 01** – Estruturação da Hierarquia de Decisão
  - Estruturação da hierarquia;
- **Estágio 02** – Construção da Matriz de Comparação Pareada
  - Construção da matriz;
  - Verificações de consistência;
  - Definir o valor da importância relativa (peso) de cada fator;
- **Estágio 03** – Priorização das Alternativas e Definição das Classes de Vulnerabilidade
  - Priorização das alternativas;
  - Classificação final.

No estágio 3, são utilizados os autovetores, Notas e Pesos, resultantes das matrizes de avaliação para compor a classificação final, ou seja, o Plano de informação (PI) resultante de três PI mapeados, que refletem a vulnerabilidade ambiental da área de estudo. Foi apresentada a Figura 4.4 que demonstra o cruzamento dos PI pelo formato *raster*, onde o PI vetorial foi convertido ao formato matricial.



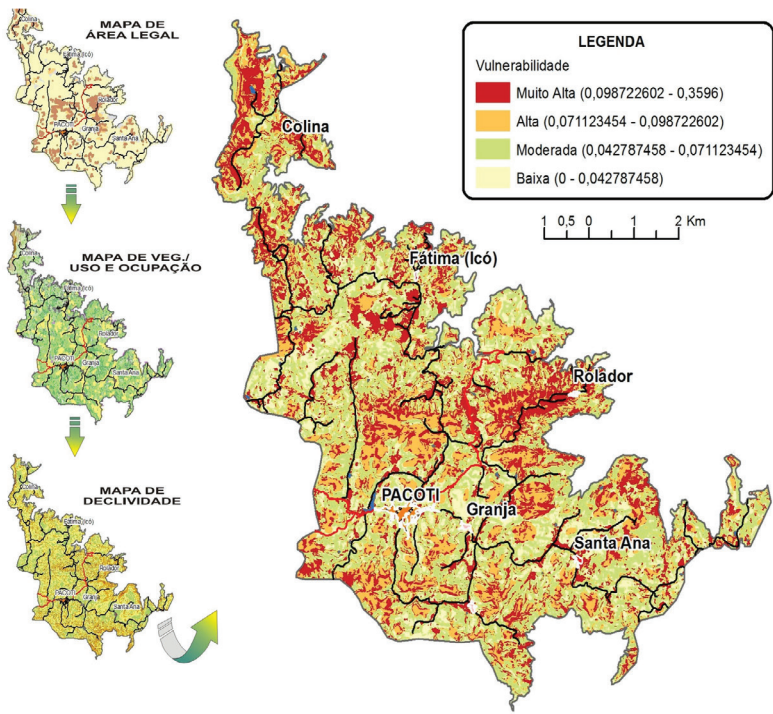
**Figura 4.4** Ilustração do processo de cruzamento dos PI <sup>[44]</sup>.

O resultado deste cruzamento é o PI de Vulnerabilidade Ambiental, o qual apresentou a variação dos resultados entre 0 e 0,3596, onde 0 representa a ausência e 0,3596 o máximo de vulnerabilidade.

Silva *et al.* <sup>[44]</sup> ainda apresentaram uma tabela que demonstra os intervalos das classes de vulnerabilidade divididos em quatro classes distintas (Tabela 4.4), assim como o mapa (Figura 4.5) que detalha a vulnerabilidade da área de proteção ambiental (APA) do Maciço de Baturité, localizada dentro dos limites do município de Pacoti (CE):

**Tabela 4.4** Intervalo das classes de vulnerabilidade.

Intervalo	Vulnerabilidade	Área (ha)	%
0 – 0,042787458	Baixa	918,88	14,88
0,042787458 – 0,071123454	Moderada	2.413,60	39,10
0,071123454 – 0,098722602	Alta	1.343,87	21,77
0,098722602 – 0,3596	Muito alta	1.497,32	24,25



**Figura 4.5** Mapa de Vulnerabilidade da área de proteção ambiental (APA) do Maciço de Baturité.

Silva *et al.* <sup>[44]</sup> concluíram que a APA de Baturité é uma região extremamente frágil do ponto de vista ambiental, e com base no PI Vegetação (uso e ocupação) verificaram que esta área está sentindo as consequências devido a um forte de-



sequilíbrio causado por práticas inadequadas de cultivo e pelo desmatamento indiscriminado, e, ainda de acordo com o mapeamento realizado observou-se que apenas 11% da vegetação de Mata Seca foi classificada como conservada, e as áreas mais degradadas estão localizadas entre os distritos de Fátima e Colina.

No mapeamento realizado no PI de declividade, a análise revela que 70% da área foi classificada como sendo de vulnerabilidade moderada, alta e restritiva, denotando a forte dissecação do relevo desta região.

Na análise do PI de área Legal, Silva *et al.* <sup>[44]</sup> concluíram que 45,6% da área estudada está enquadrada como AAP (Área de Preservação Permanente), com base na resolução CONAMA 303/02, o que justifica a necessidade de um planejamento que garanta a sustentabilidade da região.

Gherardi *et al.* <sup>[45]</sup> realizaram o mapeamento do índice de vulnerabilidade ambiental ao impacto por óleo da zona costeira entre o Ceará e o Rio Grande do Norte, utilizando imagens orbitais e sistema de informações geográficas, onde a área de estudo foi próxima a 41.000 km<sup>2</sup> entre o noroeste do estado do Rio Grande do Norte e leste do Ceará. Na região, são encontrados pequenos manguezais nas desembocaduras de rios e canais de maré, os quais apresentam-se bastante alterados devido à atividade salineira, sendo que estes ambientes são fundamentais na manutenção da produtividade primária local.

Para a avaliação do local, Gherardi *et al.* <sup>[45]</sup> utilizaram imagens do satélite Landsat-5 TM e, por meio do programa SPRING (DPI/INPE), realizaram os processamentos digitais das imagens, aplicando técnicas de filtragem e restauração, de forma a permitir um mapeamento detalhado da área de estudo.

Para a interpretação visual das imagens, foi efetuada uma campanha de campo, onde Gherardi *et al.* <sup>[45]</sup> percorreram todo o litoral da área de estudo, e com o auxílio de GPS, determinaram as posições para que se pudesse espacializar em ambiente de SIG.

Os dados de vento foram empregados os dados do difusômetro do satélite ERS-2 (lançado em 1996 pela Agencia Espacial Européia) e do difusômetro QuikScat (lançado pela NASA em 1999). Outro fator avaliado foi a altura de onda, no qual se obteve as informações a partir dos altímetros TOPEX-Poseidon e do ERS-2, que produzem pulsos verticais que são retro-espalhados pela superfície do oceano. Os dados brutos de altura significativa de onda foram obtidos junto ao CCAR.

A partir destas e outras informações, Gherardi *et al.* <sup>[45]</sup> identificaram as feições geomorfológicas e habitats da região da Bacia Potiguar, como:

- áreas efetivamente ocupadas por mangues;
- bancos arenosos/lamosos intermareais;
- bancos de vegetação submersa;
- esporões arenosos e ilhas-barreira;

- deltas de maré;
- delta dominado por onda.

Segundo Gherardi *et al.* <sup>[45]</sup>, é possível executar mapeamentos dos diferentes ecossistemas costeiros na escala de 1:35.000, utilizando as imagens Landsat-5 TM, as quais permitem a determinação acurada de feições como ilhas barreira, canais de maré e áreas cobertas por vegetação de mangue, que são difíceis de mapear e possuem grande dinâmica espacial. O mapeamento adequado só foi possível devido ao processamento digital das bandas espectrais.









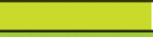






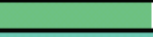












Os dados obtidos de altura de ondas sugerem que o regime hidrodinâmico regional é de médio a alto (altura de onda entre 1 m e 3 m), o que implica em maior potencial de limpeza natural do ambiente das áreas contaminadas por manchas de óleo e, em contrapartida, nas áreas do sistema de canais e ilhas barreira de Galinhos/Guamaré (RN), o fluxo de água na preamar seria capaz de transportar o óleo de um eventual derramamento para as partes mais internas do sistema, o que aumentaria a extensão dos efeitos deletérios da poluição.

Paula *et al.* <sup>[46]</sup> objetivaram a defesa da utilização de metodologias qualitativas para aprofundar a compreensão da relação homem-meio em contextos geográficos específicos, realizando uma análise preliminar da vulnerabilidade ambiental no bairro São Bernardo, Campinas, concentrando-se nos vales que cortam o bairro: o rio Piçarrão e seus afluentes. Os vales são potencialmente fontes de riscos ambientais, principalmente em áreas densamente urbanizadas.

Dentre vários fatores, foram observados a constante passagem de veículos na área de estudo, o que caracteriza o ambiente com cheiros, fumaças e barulhos característicos do trânsito. Ainda segundo Paula *et al.* <sup>[46]</sup>, os riscos ambientais no vale ao leste parecem ser desprezados pelos habitantes, e, a vulnerabilidade ambiental do local é flagrante. O rio Piçarrão parece assomar muito mais como fonte de poluição visual e inodora e a intenção de cobri-lo com uma avenida está entre as alternativas levantadas pelos moradores do local, enquanto uma solução estética e o aumento da acessibilidade do lugar.

Em meados de 2004, foi divulgado o relatório de vulnerabilidade ambiental do estado de Goiás, pela WWF Brasil <sup>[49]</sup>. Para a medida da vulnerabilidade, foi realizada uma sobreposição dos mapas das unidades de paisagem (mapa geológico, mapa geomorfológico, mapa de solos e mapa das unidades fisionômicas). Para a obtenção dos dados, o relatório da WWF Brasil <sup>[47]</sup> utilizou-se da metodologia proposta por Crepani *et al.* <sup>[48]</sup>, segundo um modelo que estabelece 21 classes de vulnerabilidade à erosão, classificadas de acordo com o modelo de integração e representação de dados temáticos, conforme a Tabela 4.5.

Tabela 4.5 Modelo de integração e representação de dados temáticos.

UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA			GRAU DE VULNERAB.	GRAU DE SATURAÇÃO			
					VERM.	VERDE	AZUL	CORES
U1		3,0		VULNERÁVEL	255	0	0	
U2		2,9			255	51	0	
U3		2,8			255	102	0	
U4		2,7			255	153	0	
U5	U	2,6		MODERADAM. VULNERÁVEL	255	204	0	
U6	L	2,5			255	255	0	
U7	N	2,4			204	255	0	
U8	E	2,3			153	255	0	
U9	R	2,2		MEDIANAM. ESTÁVEL/ VULNERÁVEL	102	255	0	
U10	A	2,1			51	255	0	
U11	B	2,0			0	255	0	
U12	I	1,9			0	255	51	
U13	L	1,8		MODERADAM. ESTÁVEL	0	255	102	
U14	I	1,7			0	255	153	
U15	D	1,6			0	255	204	
U16	A	1,5			0	255	255	
U17	D	1,4		ESTÁVEL	0	204	255	
U18	E	1,3			0	153	255	
U19		1,2			0	102	255	
U20		1,1			0	51	255	
U21		1,0			0	0	255	

Fonte: Crepani *et al.* [48].

A sobreposição de todos os mapas foi realizada a partir da transformação destes dados para o formato *raster*, e para esta operação, utilizou-se a extensão *Spatial Analyst* do software ArcGIS 8.3. Posteriormente, foi utilizada a equação (1.2), para obter um valor de vulnerabilidade final de cada unidade de paisagem.

$$V = (G + R + S + Vg) / 4 \quad (1.2)$$

Onde:

V = *Vulnerabilidade*

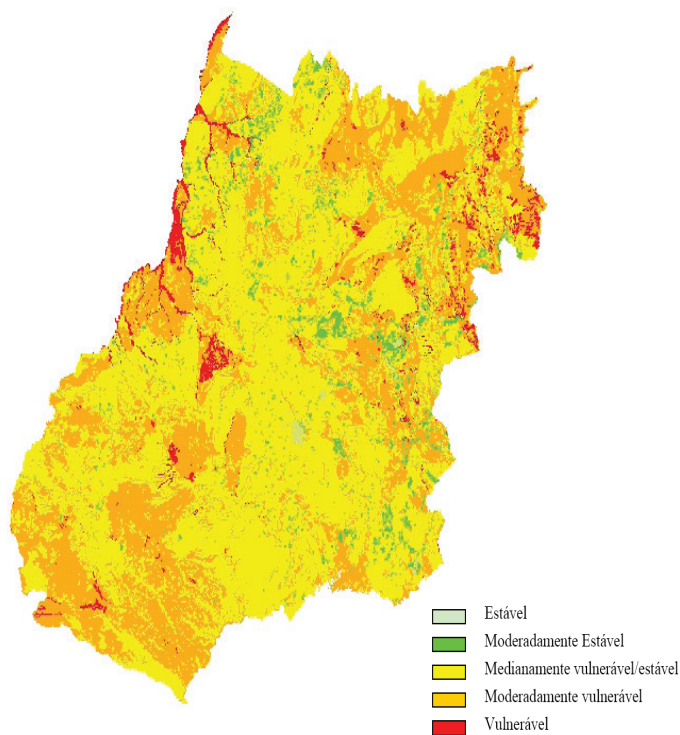
G = *Geologia*

R = *Geomorfologia*

S = *Solos*

Vg = *Vegetação/Uso da Terra*

O relatório de vulnerabilidade ambiental do estado de Goiás [47] descreveu o grau de vulnerabilidade para as unidades de paisagem, de acordo com o mapa representado na Figura 4.6.



**Figura 4.6** Mapa de Vulnerabilidade Ambiental do estado de Goiás <sup>[47]</sup>.

Ainda de acordo com o relatório, os municípios de Flores de Goiás e de Luiz Alves apresentam plintossolos que merecem cuidados especiais, pois nos locais onde a vegetação natural foi retirada, houve flutuação do lençol freático, fazendo com que as plintitas perdessem suas propriedades originais e secassem. Estes plintossolos possuem vulnerabilidade 3,0, e o grau de vulnerabilidade empírica é 2,6, o que corresponde a moderadamente vulnerável.

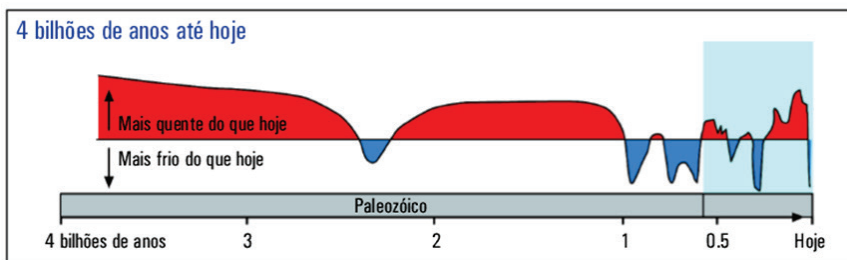
Em todos os estudos de caso apresentados como exemplos no território brasileiro, são observadas algumas áreas que necessitam de atenção especial, de modo a evitar danos ao meio ambiente, por se tratarem de áreas mais vulneráveis, e podem ser objetos de uso para a implementação de ações de conservação e recuperação dos locais abordados.

## Vulnerabilidade x Mudanças climáticas

Nas últimas décadas, a alteração global do clima é um dos problemas que tem despertado atenção cada vez maior por parte da comunidade científica, dos governantes e de toda a população por afetar o equilíbrio da biodiversidade, a exploração dos recursos renováveis, e por ameaçar diretamente a vida humana no planeta <sup>[49]</sup>.

As mudanças climáticas se manifestam de maneiras distintas, destacando-se o aquecimento global e a ocorrência de fenômenos extremos, como secas, enchentes, furacões, perturbações das correntes marinhas, elevação do nível dos oceanos, retração de geleiras, e ondas de calor e de frio cada vez mais frequentes e de maior intensidade <sup>[50]</sup>.

O clima é um sistema dinâmico, influenciado por diversos fatores climáticos, os quais incluem: *composição da atmosfera terrestre, desvios na órbita do globo e na radiação solar, correntes marinhas, circulação dos ventos atmosféricos, distribuição da terra e das massas de água*. Variações destes fatores foram os responsáveis pelas flutuações naturais do clima ao longo das eras geológicas, alternando-se períodos quentes com glaciações (Figura 5.1) <sup>[51]</sup>.



**Figura 5.1** Alterações naturais do clima ao longo das eras geológicas <sup>[51]</sup>.

Embora exista o conhecimento da tendência natural ao aquecimento global no presente período, pesquisas apontam que a ação humana vem acelerando esse fenômeno de forma intensa e preocupante, gerando um aumento na vulnerabilidade do planeta de diferentes formas, como por exemplo: ameaça à agricultura; perda da biodiversidade; expansão de vetores de doenças endêmicas; alteração do ciclo hidrológico, com influência sobre o abastecimento de água e a geração de energia hidroelétrica; e impactos sobre regiões costeiras devido à elevação do nível dos oceanos <sup>[49]</sup>.

O Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima – IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) define vulnerabilidade da seguinte forma <sup>[52]</sup>:

*“Grau de susceptibilidade ou incapacidade de um sistema para lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, inclusive a variabilidade climática e os eventos extremos de tempo. A vulnerabilidade é uma função do caráter, magnitude e ritmo da mudança do clima e da variação a que um sistema está exposto, sua sensibilidade e sua capacidade de adaptação.”*

Tanto os sistemas físicos como os biológicos são vulneráveis às mudanças climáticas, fato que pode ser comprovado pelo derretimento das calotas polares e pela alteração no período de floração de algumas espécies vegetais. Dentre as populações humanas, as mais vulneráveis estão em países em desenvolvimento, pois, historicamente, esses têm uma menor capacidade de responder à variabilidade natural do clima [49,50].

## 5.1 Causas e consequência das mudanças climáticas

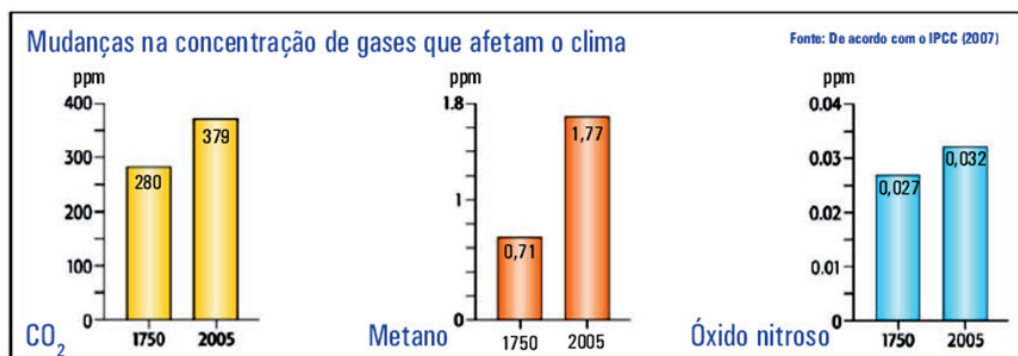
Conforme citado anteriormente, a composição da atmosfera terrestre exerce forte influência sobre o clima global. A atmosfera é formada por partículas sólidas, vapor d'água, e uma mistura de gases, sendo predominantes o nitrogênio (78%) e o oxigênio (21%). Os demais gases existentes somam cerca de 1%, sendo que alguns estão presentes em quantidades tão pequenas que são chamados de gases traço. Entre estes, estão os gases de efeito estufa (GEE), como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o ozônio (O<sub>3</sub>), o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e o metano (CH<sub>4</sub>) [53, 54].

Os GEE estão presentes naturalmente na atmosfera, e são responsáveis por reter a radiação infravermelha emitida pela Terra. Isto mantém o planeta aquecido a uma temperatura média de 15°C, criando condições adequadas para a vida e para a manutenção do equilíbrio térmico. Sem a presença destes gases traço, o planeta Terra teria uma temperatura média de -18°C <sup>[55]</sup>.

Adicionado ao processo natural, as atividades antrópicas têm contribuído para o aumento das concentrações dos gases de efeito estufa na atmosfera, com consequente ampliação do poder de absorção de calor, levando ao fenômeno do aquecimento global <sup>[54]</sup>.

As liberações dos GEE provenientes das ações do homem tiveram aumento significativo com o advento da Revolução Industrial, período a partir do qual a queima dos combustíveis fósseis – carvão mineral, petróleo e gás natural – foi acentuada. Os reservatórios naturais e sumidouros<sup>1</sup> de CO<sub>2</sub> são também atingidos pelas atividades humanas pela má utilização da terra (desmatamentos, queimadas e atividades agrícolas) <sup>[54]</sup>.

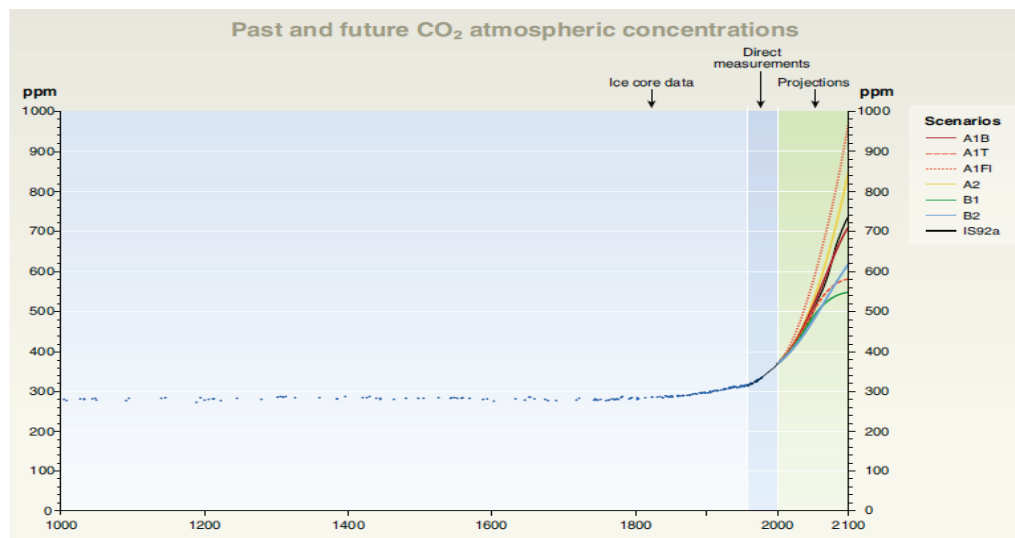
Dentre os gases que intensificam o fenômeno do efeito estufa, o CO<sub>2</sub> tem recebido especial atenção por representar 55% das emissões por atividade antrópicas e por permanecer na atmosfera por pelo menos dez décadas. Desde a Revolução Industrial a concentração de CO<sub>2</sub> tem aumentado significativamente, passando de 280 partes por milhão (ppm) em 1750 para 379ppm em 2005 <sup>[54, 51]</sup>. Esse aumento na concentração também pode ser percebido para os gases metano e óxido nitroso (Figura 5.2).



**Figura 5.2** Concentrações dos principais gases de efeito estufa (CO<sub>2</sub>, metano e óxido nitroso) na era pré-industrial e no ano de 2005 <sup>[51]</sup>.

Na Figura 5.3 pode-se observar as variações na concentração atmosférica de CO<sub>2</sub> no último milênio e as projeções para o próximo século de acordo com o IPCC.

1 Qualquer processo, atividade ou mecanismo que remova um gás de efeito estufa, um aerosol ou um precursor de um gás de efeito estufa da atmosfera <sup>[56]</sup>.



**Figura 5.3** Concentração atmosférica de CO<sub>2</sub>. Dados entre o período do ano 1000 ao ano de 2000 foram obtidos a partir do núcleo de geleiras e de medições atmosféricas nas últimas décadas. As projeções das concentrações de CO<sub>2</sub> para o período de 2000-2100 são baseadas nos seis cenários SRES (Special Report on Emissions Scenarios) e no cenário IS92 do IPCC<sup>[57]</sup>.

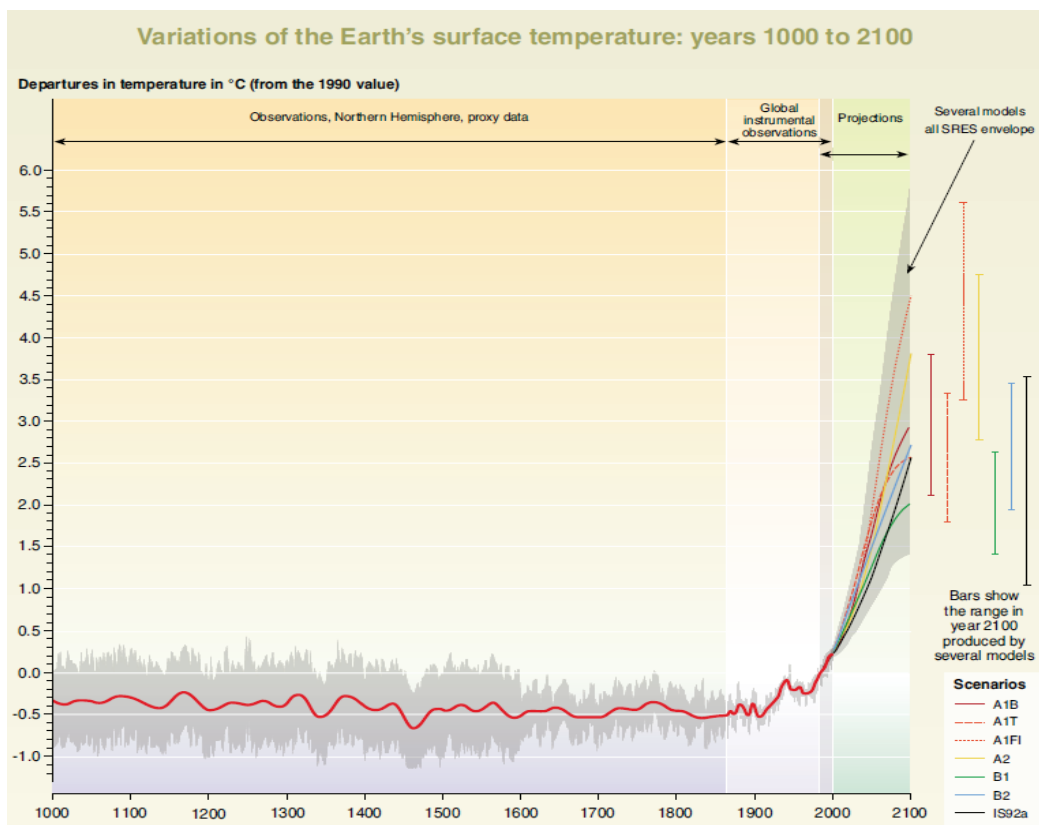
Outro importante GEE é o vapor d'água. Embora sua concentração seja essencialmente controlada pela temperatura da superfície da Terra e da baixa troposfera, com o aumento da temperatura a quantidade de vapor d'água tem aumentado, criando, assim, um efeito *feedback* positivo: elevadas temperaturas implicam em maiores concentrações de vapor d'água, que resulta em maior aquecimento, fechando o ciclo de retro-alimentação positiva<sup>[49]</sup>.

A elevação da temperatura terrestre é uma clara evidência de que as atividades antrópicas têm interferido nas mudanças do clima, não devendo estas alterações serem atribuídas exclusivamente a causas naturais. Em seu Terceiro Relatório de Avaliação (TAR) o Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima conclui que a temperatura média da atmosfera da Terra aumentou  $0,6\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante o século XX. Projeções realizadas para a temperatura em 2100, apresentadas no Quarto Relatório de Avaliação (AR4), apontam para um acréscimo de  $1,8^{\circ}\text{C}$  no cenário otimista (B1), e a mais  $4^{\circ}\text{C}$  na projeção mais pessimista (A1FI). Alterações da temperatura na superfície da Terra podem ser observadas na Figura 5.4 [50, 58].

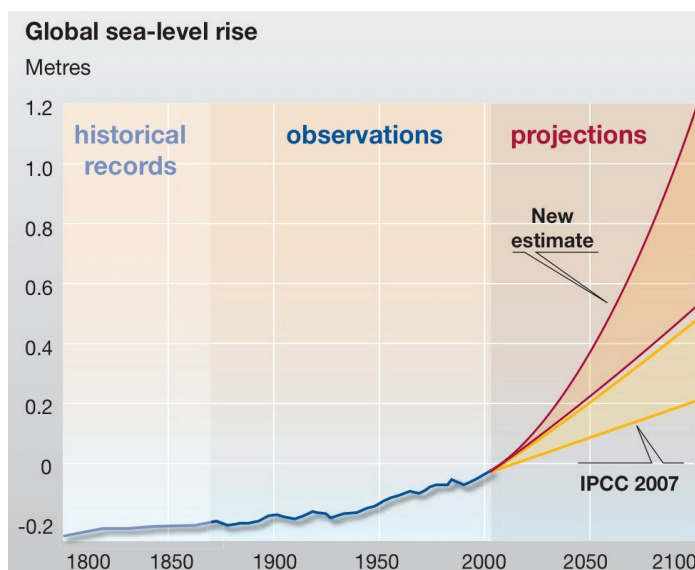
O nível dos oceanos está sendo afetado fortemente pelo aquecimento global em função do derretimento de geleiras. Entre os anos de 1961 e 2003, os oceanos



subiram, em média, 1,8 mm ( $\pm 0,5$ ) por ano, enquanto que entre os anos de 1993 e 2003, essa taxa média de elevação foi de 3,1 mm ( $\pm 0,7$ ) por ano. O Quarto Relatório do IPCC anuncia que o nível dos mares pode subir entre 26 cm e 59 cm até o final do século. Entretanto, a taxa de aumento pode ser ainda maior, já que alguns estudos recentes não foram considerados na confecção do AR4, podendo o nível dos oceanos ter um acréscimo de até 1,4 metros em 2100 (Figura 5.5) [50,58].



**Figura 5.4** Variações da temperatura na superfície terrestre entre os anos 1000-2000. A região em cinza representa o desvio padrão, com intervalo de confiança de 95%. As projeções para o ano de 2000-2100 foram baseadas nos seis cenários SRES (Special Report on Emissions Scenarios) e no cenário IS92 do IPCC<sup>[57]</sup>.



**Figura 5.5** Variação do nível dos oceanos entre os anos de 1800-2000. Estimativas para o período de 2000 a 2100 foram divulgadas no AR4 do IPCC (faixa amarela). A faixa vermelha corresponde ao estudo de Cazenave e Llovel [59].

## 5.2 Esforços internacionais sobre mudanças do clima

Em função dos riscos acarretados pelas mudanças climáticas, acordos mundiais de proteção ao clima foram adotados, principalmente, a partir da década de 1980. Os principais marcos destas ações internacionais foram: a fundação do Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima (IPCC), a aprovação da Convenção-Quadro das Nações Unidas e a criação do Protocolo de Kyoto.

### 5.2.1 Painel intergovernamental de mudanças climáticas

Com a finalidade de gerar informações científicas confiáveis sobre as alterações climáticas e o aquecimento global, em 1988 foi criado o Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima (IPCC, *Intergovernmental Panel on Climate Change*) pelo Programa Ambiental das Nações Unidas (UNEP, *United Nations Environment Program*) e pela Organização Meteorológica Mundial (WMO, *World Meteorological Organization*) [60].

O IPCC é formado por centenas de cientistas de todas as partes do mundo, responsáveis por avaliar a produção científica sobre o tema das principais universidades mundiais, e gerar relatórios de avaliação sobre alterações climáticas com base nos estudos e pesquisas já publicadas [53].

Os trabalhos do IPCC são divididos entre três grupos: Grupo I - “A ciência física baseada nas mudanças climáticas”; Grupo II - “Impactos das mudanças climáticas, adaptação e vulnerabilidade”; e Grupo III - “Mitigação das mudanças climáticas” [60].

Desde sua fundação, os cientistas que compõem o IPCC produziram quatro relatórios de avaliação, sendo o quinto relatório (AR5) previsto para 2014:

**Quadro 1** Relatórios de Avaliação produzidos pelo IPCC e ano de divulgação.

• Primeiro Relatório de Avaliação – FAR em 1990;
• Segundo Relatório de Avaliação – SAR em 1995;
• Terceiro Relatório de Avaliação – TAR em 2001;
• Quarto Relatório de Avaliação – AR4 em 2007.

A partir das publicações, os relatórios de avaliação do IPCC se tornaram referência obrigatória, tanto do ponto de vista científico como político, o que pode ser comprovado quando o SAR (Segundo Relatório de Avaliação) forneceu bases para as negociações que levaram a adoção do Protocolo de Quioto, em 1997 [55].

O Painel Intergovernamental adota modelos climáticos que são usados como ferramentas para projeções futuras das mudanças do clima, como consequência da emissão de substâncias (gases de efeito estufa e aerossóis) que têm efeito radiativo potencial. No SAR, o IPCC utilizou o cenário de emissão denominado de IS92, entretanto, no ano de 2000 foram publicados novos cenários (SRES – *Special Report on Emissions Scenarios*), sendo alguns desses utilizados no TAR, de 2001 [50].

Os cenários do SRES mostram diferentes projeções das mudanças climáticas no futuro, sendo denominados de A1, A2, B1 e B2. O cenário A1 é dividido em A1B, A1FI e A1T. No Quadro II, descrevem-se as características de cada cenário.

**Quadro 2** Descrição dos cenários SRES utilizados pelo IPCC [50].

<b>A1</b> – Neste cenário a globalização é predominante. Há um grande crescimento econômico, e desenvolvimento de tecnologias eficientes, porém, o crescimento populacional é pequeno. Há diminuição significativa das diferenças regionais e da renda <i>per capita</i> . Neste cenário, os indivíduos buscam por riqueza pessoal em detrimento a qualidade ambiental. Cenários: <b>A1B</b> , de estabilização; <b>A1FI</b> , onde há máxima utilização de combustíveis fósseis, e <b>A1T</b> , com mínimo consumo de combustíveis fósseis.
<b>A2</b> – Esta projeção prevê maior crescimento populacional e menor preocupação em relação ao desenvolvimento econômico rápido. O mundo seria heterogêneo, com fortalecimento da identidade de culturas regionais, valorização da família e das tradições locais.
<b>B1</b> – Descreve-se uma rápida mudança na estrutura econômica mundial neste cenário, com utilização de tecnologias limpas. Destacam-se, ainda, soluções globais, sustentabilidade ambiental e social, e inclusão de esforços combinados para o desenvolvimento de tecnologia rápida.
<b>B2</b> – Neste cenário, ênfase é dada a soluções locais, a sustentabilidade econômica, social e ambiental. A mudança tecnológica é diversificada com forte ênfase nas iniciativas comunitárias e inovação social, em lugar de soluções globais.

Os modelos utilizados pelo Painel Intergovernamental, assim como seus cenários e relatórios, são importantes ferramentas para a avaliação da vulnerabilidade dos diferentes setores quanto às mudanças do clima, e auxiliarão nas ações de mitigação e adaptação deste novo regime climático.

### 5.2.2 Convenção-quadro e protocolo de quioto

O Tratado Internacional das Nações Unidas, denominado de Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima foi aberto para assinatura durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como “Cúpula da Terra”, realizada no Rio de Janeiro em 1992 <sup>[53]</sup>.

A Convenção-Quadro reconhece as mudanças climáticas como “uma preocupação comum da humanidade”, e tem por objetivo <sup>[56]</sup>:

*“... alcançar a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera num nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema climático. Esse nível deverá ser alcançado num prazo suficiente que permita aos ecossistemas adaptarem-se naturalmente à mudança do clima, que assegure que a produção de alimentos não seja ameaçada e que permita ao desenvolvimento econômico prosseguir de maneira sustentável”.*

Em função da polêmica gerada e do impasse nas negociações, não houve estipulação de metas específicas para a emissão dos GEE, no entanto existiu um consenso quanto à necessidade da redução nas emissões. A Convenção entrou em vigor em 21 de março de 1994, e em 2004 contava com o apoio de 189 “Partes” (países) <sup>[49]</sup>.

A Convenção-Quadro tem como órgão supremo a Conferência das Partes (COP), formada pelos países signatários, e que se reúne anualmente para examinar a implementação da Conferência, ou tomar decisões necessárias para promover a sua efetiva implementação <sup>[49]</sup>. Neste ano de 2009 será realizada a COP-15 em Copenhague, Dinamarca.

Dentre as COP realizadas, cabe destacar a COP-1, realizada no ano de 1995 em Berlim, Alemanha. Como resultado deste encontro obteve-se o “Mandado de Berlim”, onde foram reafirmados os princípios da Conferência-Quadro <sup>[54]</sup>.

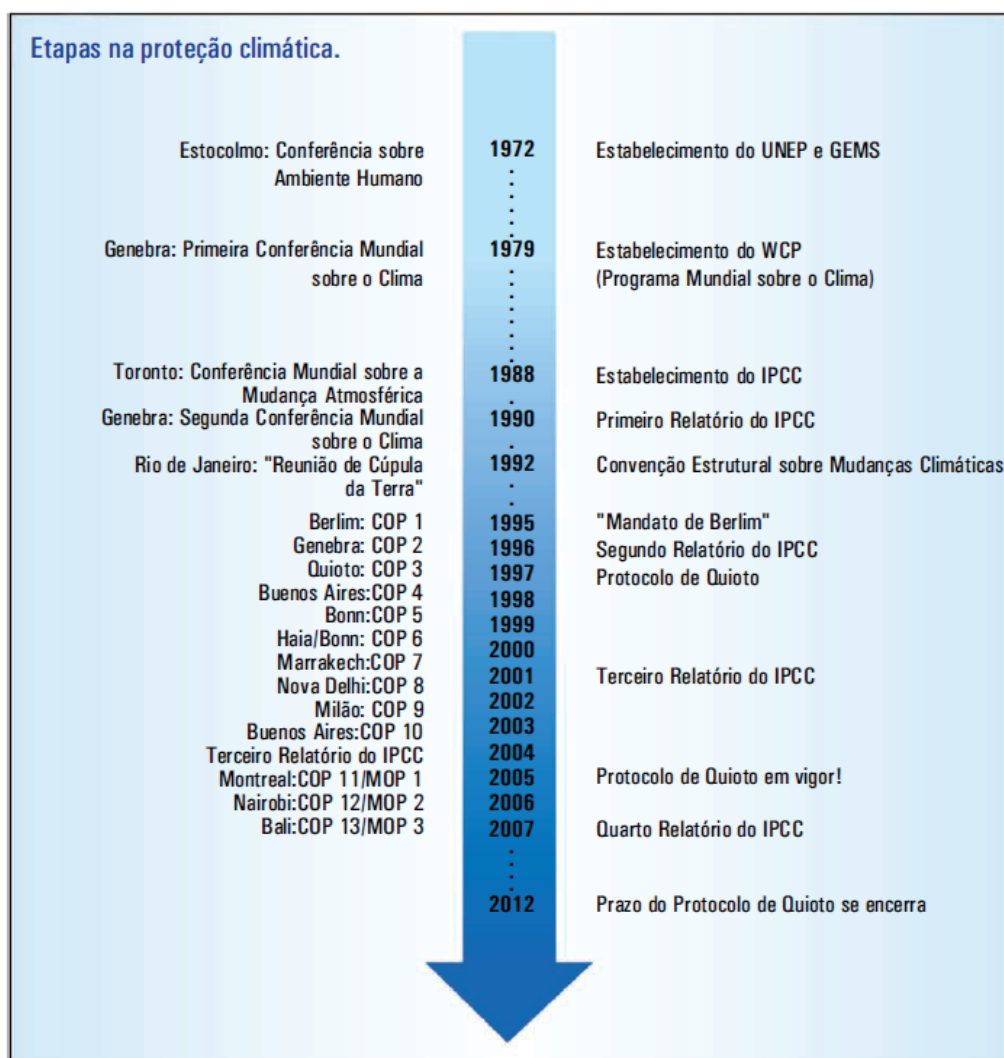
A terceira Conferência das Partes (COP-3) ocorreu em Kyoto, Japão, em 1997, onde houve a negociação do Protocolo de Quioto. O impasse adiado pela Convenção-Quadro não pode ser evitado neste protocolo, já que este instituiu a redução na emissão de CO<sub>2</sub> e outros gases de efeito estufa em pelo menos 5,2% em relação aos níveis de 1990 no período de 2008 a 2012 pelos países desenvolvidos [49, 56].

O Protocolo de Quioto foi assinado por praticamente todos os países presentes e ratificado pela grande maioria, entrando em vigor em 16 de fevereiro de

2005, após a ratificação pelo governo Russo, porém sem a aceitação dos Estados Unidos, responsáveis por 25% das emissões globais de GEE <sup>[55]</sup>.

Os países signatários estão divididos em dois grupos, dos desenvolvidos (Anexo I do Protocolo), e dos países em desenvolvimento (Não Anexos). As metas de redução estabelecidas têm que ser obrigatoriamente seguidas pelos países desenvolvidos, não tendo esta mesma responsabilidade os países não constantes no Anexo I <sup>[53]</sup>.

A Figura 5.6 mostra uma linha cronológica com as principais ações referentes às alterações climáticas.



**Figura 5.6** Linha cronológica dos avanços das ações internacionais referentes às mudanças do clima. COP – Conferência das Partes; MOP – Reunião das Partes, após vigorar o Protocolo de Quioto <sup>[51]</sup>.

## 5.3 Setores ambientais e sociais vulneráveis às alterações do clima

O possível aumento dos fenômenos extremos remete à questão da vulnerabilidade ambiental e social. Embora as variações climáticas atinjam todo o planeta, algumas regiões ou ecossistemas são mais vulneráveis em relação a outros. Muitos estudos são realizados regionalmente, porém, este livro abordará questões gerais, e não de caráter regional.

As informações apresentadas foram obtidas do Relatório do Grupo de Trabalho II – “Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade”, publicado no Quarto Relatório de Avaliação do IPCC, em 2007 <sup>[61]</sup>.

### 5.3.1 Vulnerabilidade dos ecossistemas

A capacidade de resiliência (habilidade natural de adaptação) de muitos ecossistemas marinhos e terrestres está susceptível a ser superada se as emissões de gases de efeito estufa, especialmente de CO<sub>2</sub>, mantiverem-se ou forem superiores às taxas atuais.

Os ecossistemas mais vulneráveis às variações do clima incluem manguezais, pântanos, recifes de corais e ecossistemas de altas altitudes, como as florestas boreais. Cabe destacar que alguns destes ecossistemas apresentam alto grau de endemismo e elevado índice de biodiversidade. Entre os menos susceptíveis estão as savanas e os desertos pobres em espécies, entretanto, esses também podem ser atingidos mediante modificações nos regimes de queimadas naturais e ao efeito de fertilização do CO<sub>2</sub> (fenômeno de crescimento na produtividade vegetal devido a altas concentrações de CO<sub>2</sub>).

A elevação nas concentrações de CO<sub>2</sub> atmosférico está acarretando a acidificação dos oceanos e a diminuição da concentração de íons de carbonato, impactando diretamente os recifes de corais de águas quentes e frias, e espécies calcáreas em função do declínio na produção de argonita, um mineral de carbonato de cálcio presente em conchas e esqueletos dos corais.

Todavia grande parte da biota marinha poderá ser afetada pelo aumento do nível dos oceanos, derretimento de geleiras, aumento na altura e intensidade de ondas, e maior risco de doenças na fauna marinha, além da diminuição do pH e da concentração de íons.

A produção nos oceanos também está sendo atingida. Registros de um satélite *in situ* apontam para a redução em cerca de 6% na produtividade primária global dos oceanos desde a década de 1980. No hemisfério Norte a reprodução do fitoplâncton é dependente de regiões costeiras congeladas. Em função da retração de geleiras, há um consequente impacto na reprodução, crescimento e desenvol-

vimento de outras espécies da cadeia alimentar, como krils, peixes e predadores, como focas e ursos polares.

Temperaturas elevadas podem causar morte acentuada em larvas e ovos de várias espécies, ou migração tardia para desova. O tempo de nidificação e a determinação do sexo de algumas espécies são influenciados pela temperatura, como no caso das tartarugas marinhas. Embora não se tenha dados sobre a flutuação do número de indivíduos ou proporção sexual nas espécies, estudos realizados no Caribe indicam que caso haja um aumento de 0,5 m do nível do mar, 32% das praias de nidificação das tartarugas marinhas serão eliminadas.

As altas concentrações de dióxido de carbono e o aumento da temperatura na atmosfera terrestre serão os principais fatores de vulnerabilidade da biodiversidade. Contudo, muitas espécies sofrerão efeito sinérgico das mudanças climáticas somada à fragmentação de habitat pela ação antrópica.

Enquanto a produção primária de algumas populações vegetais pode ser beneficiada com a elevação da temperatura (cerca de 2 °C acima da média do período pré industrial), estima-se que entre 20 – 30% das espécies avaliadas até o momento terão um alto risco de extinção em função deste mesmo aumento de temperatura até 2100, gerando uma perda irreversível na biodiversidade.

A fenologia<sup>2</sup> de muitas populações já está sendo afetada pela mudança global do clima em função da alteração nas estações do ano. Estudos apontam que a primavera tem se antecipado entre 2,3 a 5,2 dias por década. A migração tardia de pássaros, postura de ovos, maturação sexual precoce em anfíbios, floração e frutificação em períodos distintos, e a queda foliar fora de época, podem ser citados como exemplos de disfunções fenológicas devido às alterações no clima.

Mudanças na distribuição, abundância, morfologia e reprodução das espécies também têm ocorrido. Muitas populações realizam migração, sobretudo, em virtude da faixa de tolerância à temperatura. Em contrapartida, algumas espécies termofílicas têm apresentado maior distribuição e abundância nas últimas décadas. Variações na fecundidade podem ser percebidas por meio do tamanho dos ovos, periodicidade de postura e seleção do local.

Estudos indicam que algumas espécies têm sido extintas indiretamente pelo aquecimento global, uma vez que, esse atua sobre os fatores que levam à extinção, como o tamanho e distribuição da população. Aproximadamente 75 espécies de rãs, endêmica das Américas, foram recentemente extintas provavelmente devido à patogenia causada por um fungo, o qual tem sido beneficiado pelo aumento de

---

2 Ramo da ecologia que estuda os ciclos biológicos e sua ocorrência em relação aos fatores bióticos e abióticos.

temperatura. Entretanto, outras espécies de borboletas e pássaros também tiveram suas biodiversidades diminuídas nas últimas décadas.

Os ecossistemas brasileiros podem ser severamente afetados pela elevação da temperatura e distribuição de chuvas. Os biomas do Cerrado, Pantanal, Caa-tinga e Mata Atlântica, assim como a região Amazônica perderão parte de seus territórios e de sua biodiversidade. Projeções apontam para um aumento da temperatura na Amazônia de até 6 °C a 8 °C até 2100, o que levaria ao processo de savanização, e formação de áreas de típicas do cerrado <sup>[50]</sup>.

### 5.3.2 Vulnerabilidade dos sistemas hídricos

Os recursos hídricos são vulneráveis a diversos fatores, como: tamanho da população, estilo de vida, economias e tecnologias, e demanda agrícola, já que este setor é o que necessita de maior consumo de água, e nas últimas décadas pela mudança no regime do clima.

Os sistemas hídricos serão afetados pelo aumento da temperatura atmosférica de maneira oposta dependendo da região do globo considerada. Em altas altitudes e regiões tropicais úmidas, estima-se um aumento entre 10 a 40% no escoamento anual médio e na disponibilidade hídrica. Entretanto, regiões áridas estão vulneráveis a terem uma diminuição na ordem de 10 a 30%. Áreas estas que atualmente já apresentam problemas de estresse hídrico <sup>[52]</sup>.

Fenômenos de precipitações extremas provavelmente serão mais frequentes, elevando o risco de inundações em áreas do globo mais vulneráveis como a região equatorial e altas altitudes no Hemisfério Norte.

A retração de geleiras e a diminuição da cobertura nevada reduzirão os estoques de água em áreas abastecidas pela água derretida, atingindo cerca de um sexto da população mundial que habitam estas áreas de cadeias montanhosas. Algumas regiões, como por exemplo, o sul da África e o nordeste do Brasil, serão afetadas por secas mais extremas. A redução na pluviosidade e na vazão dos rios poderá comprometer o transporte fluvial, o despejo de esgotos sanitários e efluentes, e a geração de energia elétrica [50, 52].

A qualidade da água será afetada pela redução do nível de rios e lagos, levando à ressuspensão de sólidos e liberação de compostos prejudiciais à saúde humana. As chuvas em excesso também poderão ocasionar aumento na turbidez em função da erosão, ou introdução de poluentes (agrotóxicos, metais pesados) nos corpos hídricos pela lixiviação do solo. O aumento de temperatura da água levará ao crescimento de algas, bactérias e fungos, que poderão acarretar mau cheiro e sabor à água, sendo necessária a aplicação de tratamentos de água avançados para o abastecimento público.



### 5.3.3 Vulnerabilidade das zonas costeiras

Regiões litorâneas e de baixa latitude são vulneráveis naturalmente, e algumas já vêm enfrentando problemas decorrentes da variação do clima, especialmente em função da elevação do nível dos oceanos em alguns locais. Entretanto, as atividades antrópicas também exercem forte pressão nestas áreas, tornando-se difícil o desafio de separar as contribuições naturais e antrópicas das decorrentes do aquecimento global.

Estima-se que 23% da população humana resida a até 100 km da costa e a menos de 100 m acima do nível do mar, sendo a densidade populacional nestas regiões três vezes maior que a média global. Consequentemente, toda essa população está vulnerável aos impactos causados pelas alterações no regime climático, principalmente pela elevação no nível dos mares.

Segundo Marengo <sup>[50]</sup> caso o nível do Atlântico aumente 50 cm, uma área de 100 m de praia no litoral Norte e Nordeste do Brasil seria perdida. Ainda segundo o autor, a cidade do Rio de Janeiro é considerada uma das mais vulneráveis dentre os municípios brasileiros.

O processo de erosão e de retração em muitas regiões costeiras, como a costa leste dos Estados Unidos e do Reino Unido, tem sido agravado nas últimas décadas pela elevação do nível dos mares, aumento no número de ressacas, ocupação irregular da orla, e mudanças nos rios que deságuam nos mares e que os abastecem com sedimento <sup>[50]</sup>.

Áreas de manguezais, pântanos salgados e deltas são sabidamente muito vulneráveis às alterações do clima. Entretanto, estudos divulgados no AR4 indicam que a maior contribuição para a perda dos dois primeiros ecossistemas seja decorrente da urbanização e de atividades humanas.

O aumento do nível dos oceanos não será uniforme ao redor de toda a costa do globo terrestre. Variações de tempestades, ondas, fornecimento de sedimento e capacidade de migração da população em direção ao interior são fatores que influenciam a vulnerabilidade de muitas zonas costeiras e devem ser levados em consideração na avaliação da vulnerabilidade local.

### 5.3.4 Vulnerabilidade da agricultura

Com o desenvolvimento tecnológico no setor agrícola, como melhoramento genético, maior controle de pragas e doenças, e melhora no processo de fertilização e mecanização nas últimas décadas, torna-se difícil a identificação dos impactos causados pelas mudanças no regime climático.

Segundo o Quarto Relatório de Avaliação do IPCC (AR4), estudos realizados na Europa e na Ásia não evidenciaram queda na produtividade agrícola devido às

mudanças climáticas para as culturas de trigo e arroz. No entanto, culturas como a de amendoim têm sofrido um declínio em função da elevação da temperatura na região Africana.

Projeções para o próximo século apontam para um aumento global na produção agrícola para um aumento médio na temperatura da atmosfera terrestre entre 1°C e 3°C, todavia, maiores elevações poderão acarretar a diminuição da produtividade <sup>[58]</sup>.

Regionalmente, em locais de média e alta latitudes espera-se um aumento na produtividade das culturas caso a elevação da temperatura média não exceda 3°C. Em regiões tropicais e de baixas latitudes projeta-se a diminuição na produtividade, mesmo com elevação de 1 ou 2°C, acentuando o risco de fome em algumas áreas.

Segundo Marengo <sup>[50]</sup>, a agricultura brasileira sofrerá modificações no mapa agrícola em função da elevação da temperatura e da distribuição das chuvas. Culturas como as de trigo e soja não poderão ser mais plantadas no Rio Grande do Sul. Culturas perenes se deslocarão para o Sul do país, à procura de temperaturas máximas mais amenas. Plantios de arroz, feijão e soja serão deslocados para o Centro-oeste, e a produção cafeeira será reduzida a 1% do território do estado de São Paulo, assim como no estado de Minas Gerais.

### 5.3.5 Vulnerabilidade da saúde humana

Os seres humanos são vulneráveis diretamente e indiretamente às mudanças decorrentes das alterações no regime climático. Diretamente cita-se a elevação da temperatura atmosférica, a mudança nos padrões de precipitações, o aumento no nível dos oceanos e a exposição mais frequente a eventos extremos. A deterioração da qualidade de água, do ar, a queda na disponibilidade de alimentos e alterações nos ecossistemas afetarão o homem indiretamente.

Milhares de mortes nos últimos anos têm sido atribuídas a ondas de frio e de calor, inundações, tempestade e eventos extremos. Como exemplo, temos a onda de calor que atingiu a Europa e a Ásia em 2003, e que matou somente na Europa entre 12 mil e 15 mil pessoas; o rigoroso inverno na Europa em 2006; e os furacões Katrina e Rita nos Estados Unidos em 2005, e o Catarina no sul do Brasil em 2004 <sup>[50]</sup>.

Climas mais quentes e maiores índices de pluviosidade propiciam a proliferação de vetores de doenças tropicais como a malária, a dengue e a febre amarela, e a propagação de microrganismos patogênicos, causadores, por exemplo, da cólera e da disenteria. As populações dos países da Ásia, América latina e África

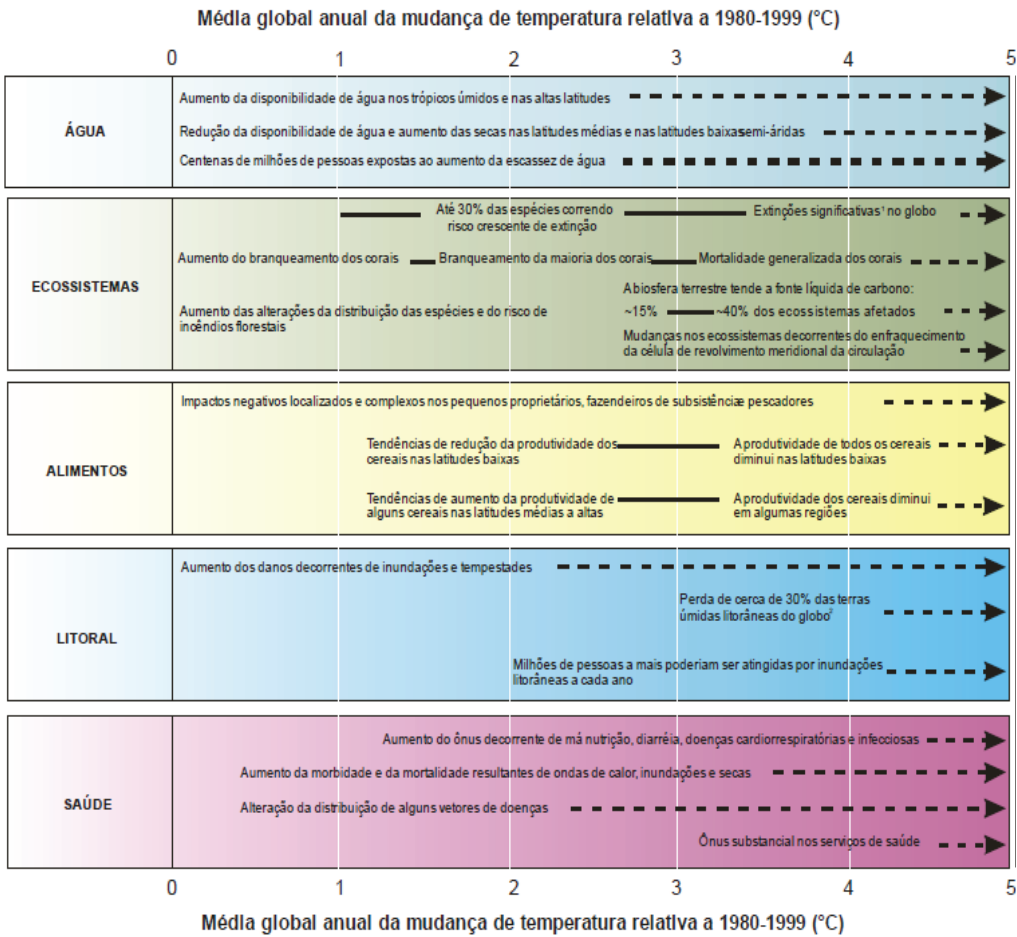
sub-saariana são as mais vulneráveis de serem acometidas por essas enfermidades <sup>[50]</sup>. Regiões estas, sabidamente carentes de saneamento básico e políticas de saúde pública.

O estado de saúde humana ainda poderá ser afetado pelo aumento da sub-nutrição, que comprometerá principalmente o crescimento e o desenvolvimento infantil; pelas doenças respiratórias e alérgicas decorrentes pela piora na qualidade do ar, especialmente nas grandes metrópoles e em área de queimadas e desmatamentos, pelo aumento na quantidade de material particulado e na concentração de ozônio, formado por meio de reações fotoquímicas envolvendo óxido de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis na presença de luz solar e altas temperaturas.

Embora seja observada uma tendência a maior mortalidade nos anos mais quentes, essa mesma observação não pode ser realizada para períodos de inverno. Até a presente data, as alterações no clima não podem ser claramente relacionadas com o aumento de doenças transmitidas por vetores ou por microrganismos patogênicos, uma vez que, os fatores que levam uma pessoa a contrair enfermidades são numerosos e complexos.

Todavia, há um consenso de que doenças psíquicas e físicas do homem diminuam sua capacidade individual e social de adaptação às mudanças climáticas. Portanto, torna-se de extrema importância a preservação da saúde humana mundialmente.

Na Figura 5.7 apresentam-se os impactos projetados para as mudanças no clima decorrentes de diferentes quantidades de aumento da temperatura média atmosférica para o século XXI.



**Figura 5.7** Impactos globais projetados pelo aumento de diferentes gradientes de temperatura da superfície global. O lado esquerdo do texto indica o início aproximado do impacto. As linhas tracejadas indicam os impactos que continuam com a elevação da temperatura. As linhas contínuas inter-relacionam os impactos [58].

É fato que as mudanças climáticas afetarão todo o globo terrestre, entretanto estes impactos variarão em função da vulnerabilidade do setor ambiental/social avaliado, da sua capacidade de adaptação e das ações de mitigação que serão adotadas pelos países.

## Atividade humana e vulnerabilidade

Conforme apresentado anteriormente, vulnerabilidade, impacto ambiental e risco são conceitos inter-relacionados, assim, sempre que existir um risco, uma modificação no risco já existente ou um impacto, também existirá um grau de vulnerabilidade, quer das populações humanas, quer do meio ambiente.

Quando podemos dizer que o ser humano passou a transformar o meio ambiente de maneira significativa? Quando começou a usar o fogo deliberadamente para limpar florestas, por volta de 60.000 a.C., ou a partir da irrigação de terras agrícolas dos povos Sumérios que as tornaram salinizadas por volta de 1700 a.C.? Ou com o início das atividades de mineração de chumbo na Espanha pelos romanos, iniciando a poluição atmosférica regional, em 150 a.C.? Ou ainda quando houve desmatamento das florestas na região do mediterrâneo, extraíndo madeira para a construção de embarcações para o império Bizantino, no século X? Ou seria por volta do ano de 1285, quando passaram a haver queixas contra fornos de cal na Inglaterra, que poluíam o ar atmosférico local? Ou por volta do ano de 1661, quando na Inglaterra já havia poluição do ar decorrente da queima do carvão? <sup>[62]</sup>.

Em todos esses casos o ser humano já era o agente transformador do ambiente, mas de maneira bastante isolada e em pequena escala, uma vez que, suas técnicas e equipamentos eram pouco desenvolvidos e a população ainda era relativamente pequena <sup>[62]</sup>.

Mas a partir de 1750, como o início da I Revolução Industrial na Inglaterra, as transformações ambientais provocadas pelo homem passaram a ser maiores, com maior intensidade e maior rapidez <sup>[62]</sup>.

A população mundial atingiu um bilhão de habitantes em 1804. No ano de 1930 a população humana dobrou, atingindo dois bilhões de pessoas. Apenas 30 anos depois, em 1960, três bilhões de pessoas habitavam o planeta Terra. O sexto

bilhão de habitantes foi alcançado em 1999. Desta forma, percebe-se que após a revolução industrial, o crescimento populacional tornou-se vertiginoso <sup>[62]</sup>.

As populações mais numerosas encontram-se em países pobres ou em desenvolvimento (como China e Índia, que juntas representam um terço do total mundial), fato que deve ser acentuado ao longo desse século <sup>[64]</sup>. Segundo Braga <sup>[71]</sup>, atualmente menos de 20% da população mundial encontra-se em países ricos, e o restante da população está localizada em países pobres, devendo essa tendência deve ser mantida.

Com o desenvolvimento tecnológico no século XX, o ser humano se tornou o mais poderoso agente transformador do ambiente. A intervenção antrópica pode intensificar e acelerar os problemas de ordem ambiental. O grau de degradação ambiental pode ser ampliado em áreas habitadas, utilizadas ou modificadas pelo homem <sup>[63]</sup>.

As causas da degradação justificam-se pelo crescimento populacional e aumento da densidade demográfica, mas também pelo manejo inadequado dos solos, desmatamentos, falta de infraestrutura para habitação, e pela erosão laminar <sup>[63]</sup>.

As freqüentes enchentes nos grandes centros populacionais, durante os meses chuvosos, têm sua origem no processo de ocupação territorial, desenvolvimento e expansão das cidades. A ocupação das margens dos córregos, em virtude da especulação imobiliária, a pouca infraestrutura de suas construções somada à impermeabilização dos solos, que acelera o processo de escoamento superficial da água precipitada, favorecem a ocorrência dessas eventuais catástrofes em metrópoles, como São Paulo e Rio de Janeiro <sup>[63]</sup>.

O crescimento populacional associado à ocupação desordenada do espaço favorece a ocorrência de eventos naturais extremos, comoverão com elevada precipitação e concentração de chuvas em um curto período de tempo. E muitas vezes esses eventos são considerados responsáveis pelas chamadas catástrofes naturais – deslizamentos, escorregamentos, movimentos de massa, etc. <sup>[63]</sup>.

## **6.1 Impactos provenientes da geração de energia**

Diversas são as fontes a partir da qual pode-se obter energia elétrica, como exemplo, tem-se o carvão mineral, o petróleo, a água (hidroelétricas), o Sol (energia solar), o vento (energia eólica), as ondas, o hidrogênio, e a biomassa. Entretanto, estudos sobre as diferentes fontes de geração de energia desenvolvidas pela civilização humana nos últimos séculos demonstram que todas apresentam pontos positivos e negativos. Mesmo as formas de geração tidas como “ambientalmente corretas” podem estar associadas a desastres ou impactos ambientais <sup>[64]</sup>.

Na matriz energética mundial o petróleo assume o primeiro lugar, sendo seguido pelo carvão vegetal, porém, na geração especificamente de energia elétrica este

quadro se inverte, como pode ser observado na Tabela 6.1. A obtenção de energia a partir do carvão libera grande quantidade de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e outros poluentes para a atmosfera, motivo pelo qual há forte oposição contra esta matriz. Muitas populações estão expostas a esses gases tóxicos e partículas, levando a um aumento no número de mortes em decorrência de problemas respiratórios <sup>[65]</sup>.

**Tabela 6.1** Principais fontes de geração de energia, e porcentagem em relação ao consumo mundial total e na geração de energia elétrica.

<b>Recurso</b>	<b>Consumo global de energia</b>	<b>Geração global de eletricidade</b>
<i>Carvão</i>	23,3%	38,4%
<i>Petróleo</i>	35,7%	8,9%
<i>Gás natural</i>	20,3%	16,1%
<i>Nuclear</i>	6,7%	17,1%
<i>Combustíveis renováveis</i>	11,2%	—
<i>Hídricos</i>	2,3%	17,9%
<i>Outros</i>	0,4%	1,6%

Fonte: Borba <sup>[65]</sup>.

Fontes geradoras de energia embora não gerem impactos durante sua utilização/operação, podem causá-los no momento de sua confecção. Esse é o caso das células fotovoltaicas, que geram eletricidade a partir da luz solar. O uso de painéis geradores de fato não causa grandes impactos, porém sua confecção requer a mineração, transporte e transformação de minérios, algumas vezes tóxicos, que podem comprometer as populações ou o ambiente <sup>[64]</sup>.

As hidrelétricas, responsáveis pela maior parcela da energia elétrica consumida no Brasil, promovem impactos significativos, que serão abordados mais profundamente no item seguinte.

### 6.1.1 Vulnerabilidade causada por hidroelétricas

Dentre as atividades humanas que geram mudanças no ambiente, e com isso modificaram as vulnerabilidades de populações ou ambientes, podemos destacar o efeito do represamento de água, processo muito usado para abastecer usinas hidrelétricas.

Ao longo dos anos, as dimensões das barragens foram aumentando, assim como a capacidade de geração energética dessas usinas. Muitas vezes, para a construção das barragens, há grandes movimentações de terras, populações de regiões próximas são desalojadas e uma parte considerável da paisagem é modificada, ocorrendo transformações geográficas, geológicas, fluviais, hidrológicas, atmosféricas e biológicas em todos os rios barrados e terras ribeirinhas próximas <sup>[66]</sup>.

Um rio barrado torna-se um reservatório, evaporatório e infiltratório. Com o represamento das águas, há alterações nas camadas da crosta terrestre, mudando seus níveis de pressão interna, podendo fazer com que a água deixe de circular em algumas localidades e passe a circular em outras onde não ocorria naturalmente. Além disso, o represamento pode trazer conseqüências socioeconômicas, como por exemplo, causar o desaparecimento de cardumes ou a introdução de espécies exóticas, melhor adaptadas a essas novas condições do meio, fazendo com que a alimentação e também a economia local sejam alteradas <sup>[66]</sup>.

Outro impacto relevante gerado por hidrelétricas, e que vem sendo muito discutido nos últimos anos, é a questão da emissão de gases de efeito estufa – CO<sub>2</sub> e metano – pelos reservatórios. Durante o enchimento desses, a vegetação não é removida, e a decomposição aeróbia dessa biomassa conduz para a liberação de gás carbônico. A decomposição que ocorre no fundo, em condições anaeróbias, gera a emissão de metano. A liberação desses gases se dá pela superfície da represa e, principalmente, pela passagem da água pelas turbinas e pelo vertedouro devido à queda na pressão. Estudos apontam que nos primeiros anos após a formação da represa a emissão de CH<sub>4</sub> é maior, já a de CO<sub>2</sub> ocorre durante toda a atividade da hidroelétrica <sup>[67]</sup>.

Essas barragens também podem produzir tremores de terra, sendo que alguns sismos chegam a ultrapassar dos cinco pontos na escala Richter. A maioria dos tremores ocorre poucos anos após a formação das represas ou ainda quando de seu rápido esvaziamento <sup>[66]</sup>.

No Brasil, foram registrados alguns casos de sismos em municípios próximos as represas de hidrelétricas, como no entorno da represa de Furnas, localizada no rio Grande (MG), em 1966; na usina do Cajuru, da Cemig, localizada no rio Pará (MG), em 1972, e no entorno da represa de Paraibuna, da CESP (SP), incidente ocorrido em 1977, entre outros casos. Percebe-se assim que a construção de barragens pode tornar uma população vulnerável a sismos mesmo habitando área originalmente isenta desse processo <sup>[66]</sup>.

Além de sismos provocados por barragens, essas também podem trazer outras conseqüências desastrosas para o ser humano e para a economia local. Em 1988, a recém-formada represa da usina de Itaparica causou o alagamento de municípios de Pernambuco e Bahia, 88 pessoas morreram de diarreia aguda e mais de 2.300 foram intoxicadas <sup>[66]</sup>.



A construção de hidrelétricas gera desapropriação de pobres e nativos, concentração fundiária, disputas por posição geográfica, re-ordenamentos das atividades agrícolas, desorganização social, territorial e econômica, além de possível introdução de novas atividades que se estabelecem no entorno da represa <sup>[68]</sup>.

## 6.2 Produção agropecuária

Deconto <sup>[68]</sup> apresenta um grande quadro da agricultura, mostrando como o aquecimento global pode alterar a produção de diferentes culturas, não só em volume de produção e dos valores, mas também na distribuição territorial das culturas ou atividades, tornando regiões impróprias para determinadas culturas ou mais propícias a outras, ou ainda aumentando ou reduzindo o potencial produtivo atual de algumas áreas.

A agropecuária é responsável por cerca de 13,5% das emissões de gases de efeito estufa, principalmente o metano, proveniente de gases intestinais do gado e da decomposição das fezes, e o óxido nitroso, oriundo dos fertilizantes e da queima de biomassa <sup>[68]</sup>.

O autor apresenta ainda diferentes formas de mitigação dos impactos causados pelo aquecimento, desde o melhoramento genético até o plantio direto, ou a utilização de plantas adaptadas ao novo clima <sup>[69]</sup>.

O uso de inseticidas e pesticidas nas atividades agrícolas para o controle de pragas pode selecionar indivíduos mais resistentes e eliminar os mais sensíveis aos produtos químicos. O desenvolvimento de resistência já foi detectado para praticamente todos os grupos de pesticidas, naturais ou sintetizados pelo homem, incluindo o DDT (diclorodifeniltricloreto). Dentre as consequências estão a aplicação mais frequente de pesticidas, o aumento na dosagem ou o uso de outros produtos, geralmente de maior toxicidade. Desta forma há geração de um ciclo que compromete o meio ambiente e as populações humanas, por contaminação dos solos, água e atmosfera ou eliminação de outros organismos além das pragas <sup>[69]</sup>.

O estudo realizado por Cipro <sup>[70]</sup> apresenta a ocorrência de compostos organoclorados em animais da fauna antártica. Organoclorados são compostos sintéticos aplicados na agricultura, na forma de defensivos agrícolas, e que não são facilmente degradados. Por serem lipossolúveis, são passíveis de bioacumulação, toxicidade e persistência.

Este estudo demonstra que mesmo populações isoladas são vulneráveis a ações e atividades humanas. Segundo Bursztyn e Persegona <sup>[62]</sup>:

*“... nenhuma área remota e primitiva, está segura do impacto das atividades humanas”.*

Amplificação biológica ou bioacumulação é o acúmulo de elementos, normalmente poluentes da água, à medida que se avança numa cadeia alimentar. Para se acumular, esses elementos devem ser lipossolúveis, caso contrário seriam eliminados com a urina <sup>[63]</sup>.

Casos conhecidos incluem o acúmulo de mercúrio em pessoas de vila pesqueira em Minanata, Japão, e do acúmulo de DDT nos ovos de águias americanas, fazendo com que se quebrassem antes de chocar, matando toda a espécie, e servindo de exemplo sobre como poluentes podem afetar tanto a geração presente quanto as futuras <sup>[63]</sup>.

### 6.3 Recursos naturais, atividade humana e economia

Braga *et al.* <sup>[71]</sup> apresentam de forma simples e objetiva informações ligadas à engenharia ambiental, e descrevem recursos naturais da seguinte maneira:

*“Recursos naturais e economia interagem de modo bastante evidente, uma vez que algo é recurso na medida em que sua exploração é economicamente viável”.*

Muitos problemas ambientais da atualidade poderiam ter sido evitados se a educação ambiental e a consciência ecológica fizessem parte das sociedades desde o início do desenvolvimento <sup>[72]</sup>.

A partir da revolução industrial, o poder passou a se concentrar na Inglaterra, na Alemanha e na França, países que se industrializaram antes dos demais e passaram a concentrar o poder econômico mundial. Por volta de 1920 os Estados Unidos se igualaram a esses países e até mesmo os superaram, sendo que algum tempo depois, Japão, Itália e Canadá se juntaram ao grupo dos países mais industrializados, formando o chamado G7, o grupo dos sete países mais ricos. A partir da revolução industrial, muitas empresas passaram a maximizar o uso de todos os recursos naturais disponíveis, uma vez que estes eram “gratuitos”, ignorando serem renováveis ou não, e também as consequências futuras de sua ausência [70, 72].

Paralelamente ao crescimento da produção decorrente da revolução industrial, houve um crescimento exponencial da população humana. Esse aumento populacional implicou no aumento do uso das reservas dos recursos naturais mundiais, resultado do crescimento da demanda por bens industrializados, nos quais muitas vezes foram utilizadas tecnologias “sujas”, gerando assim grandes quantidades de resíduos <sup>[72]</sup>.

Um histórico detalhado a respeito dos impactos gerados pelo ser humano pode ser encontrado em Bursztyń e Perseghina <sup>[62]</sup>, onde os autores apresentam

cronologicamente a ocorrência de acontecimentos ambientais, e as ações e acordos firmados para reduzir o impacto gerado por atividades humanas.

Tinoco e Kraemer <sup>[72]</sup> apresentam a importância da contabilização dos eventos ambientais, que abrangem eventos decorrentes das atividades de diferentes setores econômicos e que podem afetar de alguma forma a saúde da população próxima, os funcionários ou o ambiente como um todo, além de poder afetar a situação patrimonial das empresas, levando em alguns casos até mesmo o encerramento de suas atividades. A contabilização deve ser realizada de maneira correta e constante de cada evento ambiental causado pela empresa, bem como, dos gastos desta com pesquisas e mitigação, assim como, das despesas e receitas conseguidas por meio da implementação de programas ambientais.

A importância da contabilização dos investimentos realizados na área ambiental é evidenciada na crescente demanda por informações referentes aos impactos causados pelas empresas durante suas atividades por parte da sociedade e poder público <sup>[72]</sup>.

A importância da adoção de sistemas de gestão ambiental se reflete na necessidade de as empresas controlarem o impacto gerado no ambiente em decorrência de suas atividades <sup>[72]</sup>.

Uma das formas das empresas causarem danos ao meio ambiente e populações é a chamada externalização de custos, que são os custos que podem resultar da existência ou atividade das empresas. Os custos externos são difíceis de quantificar em termos financeiros. Essa prática pode ser descrita como o lançamento no ambiente de resíduos sem um pré-tratamento, que vise a redução do potencial de contaminação destes. Os custos do tratamento desses resíduos são distribuídos por toda uma população, sendo que esta ainda fica vulnerável aos efeitos desses resíduos <sup>[72]</sup>.

O uso de matérias primas tóxicas e métodos de produção “sujeitos” nas últimas décadas vem do fato de não se ter considerado o meio ambiente durante o desenvolvimento das atividades produtivas, expondo populações aos mais diversos efeitos.

Como exemplo, temos o uso de chumbo e mercúrio, que podem ser letais para os organismos em certas concentrações. Outros elementos perigosos usados são os CFCs - clorofluorcarbonos, substâncias produzidas pelo homem usadas principalmente em equipamentos de refrigeração, mas que contribuem para a destruição da camada de ozônio tornando as populações mais vulneráveis a incidência de raios ultravioleta, causadores de câncer de pele <sup>[63]</sup>.

Os recursos naturais podem ser classificados em renováveis e não-renováveis, de acordo com sua capacidade de regeneração. Entretanto, um recurso renovável pode se tornar não renovável quando a taxa de uso supera a capacidade máxima de sustentação do sistema. Um caso conhecido é o da grama usada para pastagens de gado. A grama é um recurso renovável, mas se os fazendeiros, visan-

do aumentar seus lucros imediatos colocarem mais gado nos pastos, o resultado é o esgotamento do recurso, renovável até então <sup>[63]</sup>.

A conservação da biodiversidade não deve ser vista apenas do ponto de vista ambiental, mas também econômico, uma vez que ela representa fonte de recursos naturais para o ser humano. Na agropecuária, animais e plantas fornecem importantes recursos, como matérias-primas para indústrias, alimentos e até medicamentos <sup>[63]</sup>.

Apenas 20 espécies vegetais fornecem 80% da alimentação mundial, sendo que apenas três (milho, trigo e arroz) representam 65% da oferta mundial de alimentos <sup>[63]</sup>.

Na agricultura, a água utilizada deve ser isenta de microorganismos, principalmente na irrigação de alimentos que sejam consumidos crus, e também deve estar livre de substâncias tóxicas que poderiam contaminar os consumidores ou causar danos ao próprio vegetal. O excesso de sais dissolvidos na água também é fator importante, pois o excesso de sal pode prejudicar o desenvolvimento das plantas. Projetos de irrigação mal planejados podem comprometer o solo, tornando-o impermeável, encharcado ou salino <sup>[63]</sup>.

É importante ressaltar que a irrigação agrícola é o setor que mais consome água doce no mundo, representando 70% do consumo mundial. Além disso, ela pode arrastar consigo para os corpos d'água superficiais ou subterrâneos as substâncias usadas para o aumento da produtividade, como fertilizantes e agrotóxicos <sup>[63]</sup>.

Esse fato leva a crer que o crescimento desordenado da agricultura pode levar grandes regiões a sofrerem com a falta de água potável, quer por uso excessivo na irrigação, quer devido à contaminação de mananciais por fertilizantes e agrotóxicos. Além disso, as atividades agropecuárias podem contribuir para tornar áreas e populações vulneráveis à desertificação e alterações de relevo, extinção de espécies e desequilíbrio ecológico, migração de população para as cidades, entre outros, necessitando de atenção e planejamento.

## 6.4 Acidentes decorrentes de atividades econômicas

Existem estudos que tratam da pesquisa sobre a mortalidade provocada por poluentes atmosféricos, como por exemplo, ocasiões em que o número de mortes aumentou pela presença de poluentes atmosféricos gerados com a queima de combustíveis fósseis <sup>[73]</sup>.

Um episódio ocorrido em 1930, numa região industrial de Meuse Valley, na Bélgica é tido como um importante marco no estudo da poluição atmosférica. Grande parte da população local passou a ser afetada por problemas cardiorrespiratórios, durante um evento climático chamado “inversão térmica”. O número de mortos foi dez vezes acima do normal, sendo assim, esse acontecimento não

pode ser atribuído unicamente a condições climáticas, mas sim a concentração elevada de poluentes como gases tóxicos e material particulado [62, 73].

Os riscos da poluição do ar na saúde pública produzidos por fontes não industriais foram determinados quando Londres vivenciou, entre 5 e 9 de dezembro de 1952 um intenso episódio de inversão térmica e ausência de ventos, fazendo com que a poluição gerada pela queima de carvão, predominantemente em aquecedores domésticos não fosse dissipada, elevando a concentração de poluentes até 5 vezes acima do normal, com registros de cerca de 4000 mortes nas três semanas seguintes [73].

Em 1952, uma chuva de granizo anormalmente radioativa ocorreu a quase três mil quilômetros de distância do local dos primeiros testes nucleares ingleses, evidenciando, mais uma vez, como ações humanas realizadas em uma região pode afetar populações distantes [62].

Esse fato também foi percebido em 1953 nos Estados Unidos, em Nova Iorque, possivelmente decorrente de testes nucleares realizados em Nevada [66].

Em 1954 foi realizado um teste com uma bomba de hidrogênio no atol de Bikini pelos Estados Unidos, liberando uma quantidade muito maior de partículas do que o esperado, e uma mudança na direção do vento fez com que o material radioativo fosse levado em direção às ilhas habitadas, expondo a população aos efeitos deste material [62].

Em 1956, em Minamata, no Japão, foi “descoberta” uma doença do sistema nervoso que ficou conhecida como “Mal de Minamara”, causada pela ingestão de mercúrio. Estudos realizados na região apontaram que os pacientes eram da região da Baía de Minamata e suas dietas eram baseadas em peixes e outros frutos do mar locais. Esse mercúrio era despejado junto com dejetos em um rio que desaguava no mar por uma indústria química, Chisso. O mercúrio foi assimilado pela fauna marinha e chegou aos seres humanos pela alimentação. Os mortos chegaram a 1784 até o ano de 2001 e mais de dez mil foram indenizados pela empresa Chisso [62].

Em 1966, ocorreram explosões na refinaria de Feyzin, na França, deixando 17 mortos e 84 feridos [62].

Em 1967 ocorreu o derramamento de petróleo do navio petroleiro Torrey Canyon, após chegar-se contra recifes de corais nas proximidades da Inglaterra. 119 mil toneladas de petróleo vazaram, sendo o maior derramamento de petróleo até então [62].

Em 1969 ocorreu um acidente com conseqüente vazamento de 500 litros de inseticida no rio Reno. A contaminação estendeu-se por cerca de 600 km e causou a morte de mais de 20 milhões de peixes [62].

Na década de 1970, durante a guerra do Vietnã, o exercito dos Estados Unidos utilizou mais de 70 milhões de litros de elementos desfolhantes e herbicidas,

conhecido como “agente laranja”, para remover as folhas das árvores, usadas como esconderijo pelos combatentes locais. Seu uso destruiu cerca de um milhão e meio de hectares de floresta e trezentos mil hectares de terras agrícolas <sup>[62]</sup>.

Em 1976 uma nuvem avermelhada escapou de uma indústria perto de Seveso, na Itália, contendo dioxinas, que se dissolveu na atmosfera. Em poucos dias os campos próximos apresentavam-se amarelados ou mortos e as árvores começaram a perder as cascas. Além disso, uma grande quantidade de aves e coelhos morreu. Crianças foram levadas aos hospitais com os corpos queimados. O prefeito declarou Seveso como área poluída e recomendou o não-consumo de alimentos cultivados na região. Para evitar o nascimento de crianças mal formadas, muitas mulheres abortaram, milhares de toneladas de terra foram removidas na tentativa de limpeza, milhares de pequenos animais morreram, assim como 77 mil cabeças de gado que foram abatidas e 230 hectares sofreram desertificação. Esse evento deu origem a uma regulamentação industrial na comunidade europeia chamada Diretiva Seveso [62, 74].

Em 1978 ocorreu o vazamento de 227 mil toneladas de petróleo no Canal da Mancha, Europa, após um navio petroleiro encalhar em um banco de areia. A mancha de óleo em poucos dias chegou a 16 km de largura e 72 km de comprimento <sup>[62]</sup>.

Ainda em 1978, nos Estados Unidos foram observados vazamentos de substâncias tóxicas de tambores metálicos que haviam sido enterrados sob a comunidade de Love Canal, mais de quarenta anos antes. Esse fato alertou para a possibilidade de impactos de longo prazo causados pela poluição de solos e águas subterrâneas <sup>[62]</sup>.

Um vazamento de gases tóxicos (isocianato de metila) aconteceu em 1984, na usina da Union Carbide, em Bophal, Índia. Esses gases tóxicos, usados na produção de inseticidas, foram lançados na atmosfera após uma explosão e matou oito mil pessoas em apenas três dias, afetando outras 500 mil. Estima-se que até hoje as mortes cheguem a 20 mil, além disso os filhos dos sobreviventes ainda apresentam problemas graves de saúde e mais de 150 mil pessoas precisam de atenção médica constantemente. Este é considerado o maior acidente da indústria química já ocorrido [62, 74].

No mesmo ano, na Cidade do México, ocorreu um grande acidente em uma distribuidora de gás liquefeito de petróleo (GLP). Estima-se que no momento do acidente, a empresa PEMEX estava com o armazenamento em torno de 11.000 m<sup>3</sup> de GLP. O vazamento de gás durou alguns minutos e formou uma nuvem inflamável, sendo levada pelo vento e ao encontrar uma fonte de ignição iniciou um incêndio seguido de explosões. Fragmentos dos reservatórios transformaram-se em projéteis e atingiram construções e pessoas. Como conseqüências desse acidente, 650 pessoas morreram, houve mais de 6 mil feridos e ocorreu a destruição total das instalações <sup>[74]</sup>.

O vazamento de substâncias químicas das indústrias Sandoz S.A., na Suíça, em 1986, causou a morte de milhares de peixes ao longo de 320 km no rio Reno, atingindo Alemanha, França, Holanda e Luxemburgo, estima-se que o rio até então, não recuperou o equilíbrio anterior <sup>[62]</sup>.

O maior acidente nuclear causado por uma usina geradora de energia elétrica ocorreu em 1986. O reator numero 4 do complexo Chernobyl, na Ucrânia, após uma explosão, lançou no ar uma nuvem radioativa que atingiu em poucos dias principalmente a Ucrânia, Finlândia, Escandinávia, Polônia, Alemanha e França. O acidente provocou a morte de 31 pessoas em alguns dias, contaminando 10 mil km quadrados, 135 mil pessoas precisaram ser evacuadas e 600 mil foram expostas a radiação. O governo da União Soviética demorou a relatar o ocorrido, o que pode ter aumentado o número de expostos. Os outros três reatores da usina continuariam em operação até seu desligamento, em dezembro de 2000 <sup>[62]</sup>.

Em 1989 ocorreu o maior derramamento de petróleo dos Estados Unidos. O mega-petroleiro Exxon Valdez encalhou num recife e derramou 50 milhões de litros de petróleo bruto (220 mil toneladas) no Alasca. Cerca de 250 km<sup>2</sup> de gelo foram afetados e um ano depois do acidente já haviam sido recolhidas mais de 34 mil aves, mil lontras e 151 águias-calvas mortas <sup>[62]</sup>.

Em 1991, durante a guerra do golfo pérsico, grande quantidade de petróleo foi intencionalmente queimada, podendo chegar a 11 milhões de barris. 2 milhões de toneladas de fuligem e outras 2 milhões de toneladas de dióxido de enxofre foram lançadas no ar. Estima-se que entre 15 a 30 mil aves marinhas tenham morrido, 20 % dos manguezais e 50 % dos recifes de corais do golfo foram afetados <sup>[62]</sup>.

No Brasil, ocorreram em 1984 uma série de vazamentos de petróleo e derivados, como o vazamento de 700 mil litros de gasolina de um duto, iniciando um incêndio que afetou um mangue local e atingiu a vila Socó, em Cubatão, litoral de São Paulo onde morreram oficialmente cerca de 93 pessoas, mas as mortes podem ter chegado a 500, deixando dezenas de feridos e grande parte da vila destruída <sup>[1]</sup>. Nas proximidades da favela Felicidade, zona sul de São Paulo, houve o vazamento de 250 mil litros de nafta de um oleoduto que passava pela região, matando dois moradores intoxicados. Em São Sebastião, também em São Paulo, um vigia morreu de infarto durante um vazamento de cinco mil litros de petróleo, seguido de incêndio, no terminal Almirante Barroso <sup>[62]</sup>.

Na Bahia, ocorreram em 1991 dois acidentes: um vazamento de 20 mil litros de óleo diesel, que contaminou lençóis freáticos, e o vazamento de 50 toneladas de amônia do porto de Aratu, matando parte da fauna e flora do manguezal de Salvador <sup>[62]</sup>.

Outros vazamentos de petróleo ocorreram em São Sebastião, em 1989, derramando 150 mil litros devido ao rompimento de um duto em um petroleiro da Petrobras; em Angra dos Reis, no Rio de Janeiro, no mesmo ano, 50 toneladas de



óleo foram despejadas no mar e outras 600 toneladas vazaram em São Sebastião por causa de obras em uma encosta, perfurando um duto <sup>[62]</sup>.

Esses são apenas alguns exemplos de como as atividades humanas, principalmente as ligadas à geração de energia, indústria química e petroquímica podem comprometer a vida das pessoas, algumas vezes populações distantes. O importante é ressaltar mais uma vez, que estes e outros grandes acontecimentos só ocorreram em decorrência das atividades econômicas humanas, e diversas formas de estudo da vulnerabilidade decorrente dessas já foram realizadas, além de estudos das vulnerabilidades a fatores naturais.

O Ministério do Meio Ambiente do Brasil publicou, em parceria com diversas organizações, um livro chamado “Vulnerabilidade ambiental - Desastres naturais ou fenômenos induzidos?” <sup>[4]</sup>, no qual são apresentados diversos dados sobre a ocorrência de desastres que estão direta ou indiretamente ligados às atividades humanas, relacionados à transformação do ambiente pelo ser humano no Brasil e os fatores geradores de desastres que aqui ocorrem e como as populações geram e se submetem a situações de risco. Nessa publicação é feita uma análise se a vulnerabilidade ambiental é realmente um fator natural ou se é, de alguma forma, induzida pelo ser humano <sup>[4]</sup>.

A ocorrência de eventos como deslizamentos, assoreamento, inundações e erosão ocorrem naturalmente há milhões de anos, mas a ação humana intensifica e acelera esses eventos. Suas consequências estão cada vez mais colocando populações humanas em risco em virtude da ocupação desordenada de encostas, margens de rios e outros locais vulneráveis <sup>[4]</sup>.

Embora no Brasil não haja uma tendência natural da ocorrência de eventos como terremotos ou erupções vulcânicas, ocorrem diversas formas de desastres naturais, principalmente aqueles relacionados a fenômenos climáticos e intensificados pela atividade humana, tais como, deslizamentos de terras, inundações de cidades, fortes secas, geralmente associados a desmatamentos ou ocupação ilegal de áreas vulneráveis, e o prejuízo econômico decorrente desses desastres é da ordem de bilhões de dólares <sup>[4]</sup>.

As autoridades, visando prevenir a transformação de áreas próximas a rios e lagos em área de risco, criaram áreas de proteção permanente, até mesmo em cidades, mas essa proteção não é respeitada, uma vez que, a falta de acesso à terra e moradia leva a ocupação irregular das áreas protegidas, principalmente em grandes centros urbanos <sup>[4]</sup>.

Torna-se evidenciada a ação decisiva do homem que, ao longo dos últimos dois séculos atuou sobre a vulnerabilidade do meio nas mais diferentes proporções através de suas ações e atividades.



## Poder público x Vulnerabilidade ambiental

A degradação e contaminação do meio ambiente devido às atividades humanas tem sido um grande problema à saúde da população. No começo da revolução industrial, a população total correspondia a aproximadamente um terço da atual, ao passo que os estoques globais de capitação natural eram considerados abundantes. Hoje, porém a situação se inverteu: após dois séculos de liquidação dos recursos naturais ao custo de sua extração e de exploração dos sistemas vivos como se fossem gratuitos, infinitos e em perpétua renovação, as pessoas passaram a ser um recurso abundante, enquanto a natureza tornou-se assustadoramente escassa <sup>[75]</sup>.

As ações acadêmicas, políticas e comunitárias visando reduzir as perdas humanas, os reveses sócio-econômicos e os danos ambientais têm sido insuficientes, mas, por outro lado, têm se tornado cada vez mais imprescindíveis em curto prazo, em vista dos acontecimentos recorrentes de desastres ambientais <sup>[76]</sup>.

Apesar de movimentos ambientalistas estarem ganhando forças em todo o planeta e do surgimento de vários partidos “verdes” no panorama da política mundial, ainda há forte pressão exercida por poderosos grupos industriais e comerciais que historicamente alcançaram seus interesses controlando algumas decisões políticas.

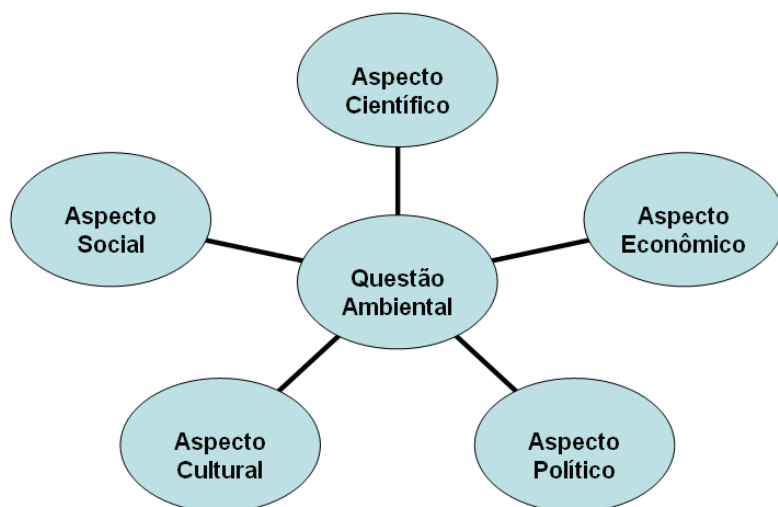
A política deveria se traduzir na forma em que a sociedade se organiza de maneira a estruturar, formular, regulamentar e por fim fiscalizar padrões que deveriam atender as demandas e anseios básicos para os indivíduos inseridos nessa.

De acordo com Phillipi *et al.* políticas públicas são <sup>[77]</sup>:

*“um conjunto de diretrizes estabelecidas pela sociedade, por meio de sua representação política, em forma de lei”*

Porém, nas últimas duas décadas houve um decréscimo no interesse da sociedade por assuntos relacionados à gestão pública. A descrença nas instituições públicas reflete as mudanças sociais comportamentais decorrentes do desenvolvimento de uma cultura de consumo, onde ações individuais são exaltadas, em que a política remete a liderança, poder e competitividade, quando deveria atender as necessidades de diversos grupos sociais. No contrafluxo a essa cultura individualista, a sociedade do século XXI encontra a questão ambiental e se vê obrigada a discutir a solução dos problemas criados de forma integrada, pois a manutenção da vida de cada indivíduo depende da manutenção do meio ambiente em que todos estão inseridos.

Essa discussão deve levar em consideração os vários aspectos da questão ambiental, que de maneira resumida pode ser dividida em cinco aspectos principais, conforme ilustrado na Figura 7.1.



**Figura 7.1** Aspectos da questão ambiental <sup>[77]</sup>.

Ainda de acordo com Phillipi *et al.* o aspecto político da questão ambiental pode ser definido como <sup>[77]</sup>:

*“Aquele que atravessa todas as escalas do universo político-administrativo, do micro ao macro, do mini ao mega. Vai de uma comunidade isolada à sociedade das nações. Envolve o local, o regional, o nacional, o internacional, o planetário. A ação de oligarquias e lobbies, em qualquer escala política, contribui para enfraquecer a legitimidade (e até mesmo a legalidade) do poder político, seja este infenso ou simplesmente omissivo com relação aos requisitos ambientais”.*

Com base nessa definição, fica claro que o estabelecimento de políticas públicas locais focadas na sustentabilidade do meio ambiente, podem globalmente fazer a diferença para reduzir os impactos negativos na saúde ambiental do planeta e consequentemente na saúde humana.

Em alguns países, onde os governos nacionais posicionam-se relutantes em aderirem aos esforços internacionais, como aqueles para a redução de emissões de gases de efeito estufa, as políticas públicas subnacionais (estaduais ou municipais) podem ter um papel fundamental. Exemplo, as ações de alguns estados dos Estados Unidos da América que aderiram ao controle de suas próprias emissões de CO<sub>2</sub>, porém existem ainda muitos obstáculos envolvendo a ação de governos subnacionais. Algumas administrações subnacionais não possuem autonomia necessária para regulamentar agentes econômicos, ou ainda, para criar taxas, além disso, são os governos nacionais que se comprometem em atingir metas ambientais internacionais e dessa maneira a maioria dos governos subnacionais preferem deixar a responsabilidade para o nível mais superior de governo, focando em outros assuntos de prioridades econômicas. Idealmente, os resultados seriam mais efetivos se as ações nacionais e subnacionais fossem coordenadas, de maneira a potencializar ações e políticas locais isoladas <sup>[78]</sup>.

Felizmente, apesar da maioria dos governantes não atender as expectativas da sociedade quanto a uma atitude mais pró-ativa ambientalmente, existem diversos estímulos não governamentais que contribuem na cobrança de ações ambientais mais efetivas do poder público. O estabelecimento e cumprimento de metas internacionais e como consequência positiva, a boa percepção estrangeira; a ação de organizações não governamentais (ONGs); os fundos financeiros; as projeções científicas; a ação da sociedade civil e principalmente a valorização dos recursos ambientais atuam como importantes peças nesse processo de transformação.

A necessidade de transformação é pungente e urgente em todo o planeta, porém medidas que funcionam em algumas localizações podem não ser efetivas para outras, cada região possui diferentes peculiaridades e em cada cultura há uma diferente forma de se abordar o tema. Cabe aos governantes públicos auxiliar no processo de conscientização e educação da população, para que a sociedade como um todo possa agir frente às presentes e futuras ameaças ambientais.

## **7.1 Gestão pública ambiental em países em desenvolvimento**

A saúde pública está diretamente relacionada com a qualidade do meio ambiente. Em alguns casos a saúde humana é gravemente afetada pelas condições ambientais, porém corrigir essas condições pode resultar em indesejáveis

repercussões econômicas, tais como desemprego em massa, diminuição de investimentos, entre outras.

Nas últimas décadas, enquanto países desenvolvidos começavam adotar processos mais limpos e desenvolviam políticas ambientais severas, países em desenvolvimento adotaram como estratégia: primeiro cresça, depois limpe. Dagupta *et al.*, destaca que em alguns países ou regiões a taxa de poluição atmosférica ou na água cresce conforme o desenvolvimento econômico até que a renda per capita anual atinja uma média de U\$ 5.000 a U\$ 8.000 e quando a renda ultrapassa esses valores os níveis de poluição começam a cair. Esses autores destacam ainda, que os resultados ambientais são significativamente afetados pela composição das atividades econômicas dos países, bem como pelas características geográficas dos locais de operação dessas atividades, indicando que estratégias políticas e vantagens comparativas afetaram a distribuição da atividade industrial internacionalmente nas últimas décadas. Atividades dos sete setores sujos industriais (metalurgia, refinarias, produtos alimentares, químicos industriais, celulose, mineração e cimento) foram direcionadas para os países em desenvolvimento <sup>[79]</sup>.

O desafio de estabelecer políticas ambientais em países em desenvolvimento e principalmente em aplicá-las é ainda maior, pois são notáveis as deficiências éticas e morais relacionadas à gestão pública, a presença marcante da desigualdade e a onipresente impunidade. De acordo com Freitas *et al.* <sup>[80]</sup>, nesses países a vulnerabilidade ambiental está relacionada com a decomposição de outros dois tipos de vulnerabilidade: a vulnerabilidade da população que está associada às características sociais, a posição econômica, ao sexo, a idade, a etnia, ou seja, deriva das diversas maneiras de exclusão social e a vulnerabilidade institucional que está associada às deficiências da função da sociedade no estabelecimento de políticas, no processo de decisão e da ação das instituições envolvidas em situações ou eventos de risco.

Num simulado otimista para o ano de 2025, Dagupta *et al.* <sup>[79]</sup>, projeta a poluição atmosférica em algumas cidades nos países em desenvolvimento e destaca que uma melhoria significativa poderia ser atingida se houvesse uma melhoria na gestão pública, sugerindo que uma reforma política seria o suficiente para iniciar a redução desse tipo de poluição. Esses resultados sugerem também que a poluição atmosférica pode piorar muito em cidades com rendas estagnadas ou em queda, que demonstram deterioração da gestão pública e que apresentam um rápido crescimento populacional.

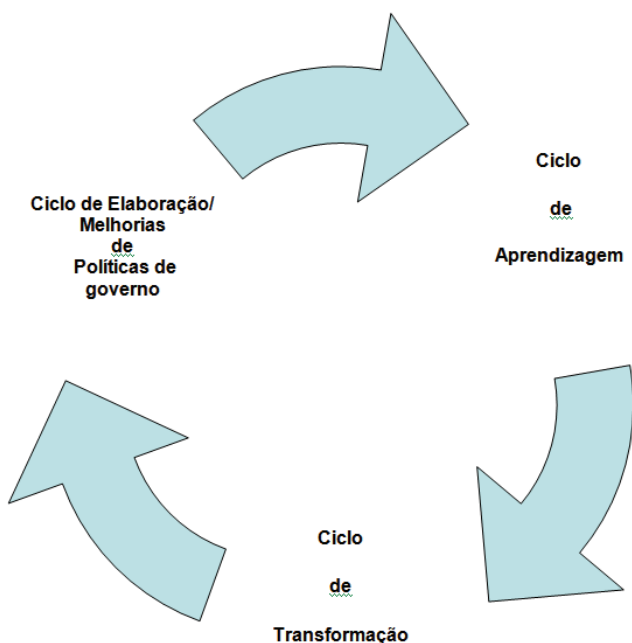
Segundo Campos, na atual sociedade brasileira <sup>[76]</sup>:

*“Nota-se uma carência em estratégias integradas para o desenvolvimento urbano, organização territorial e gestão de riscos. Uma das características principais é a transição constante e permanente, com um caráter descon-*

*tinuista de políticas públicas pouco integradas entre si, sujeitando-nos aos desastres diversos”.*

Esse “caráter descontínuista” é notavelmente danoso, principalmente do ponto de vista ambiental.

Historicamente, durante o período de eleição, os partidos políticos nacionais de oposição ao sistema de gestão vigente atacam esse sistema argumentando que as metas estabelecidas e as políticas adotadas são ineficientes. Quando um novo partido assume o governo, fica estabelecida uma nova lista de metas que implica na formulação ou reformulação de políticas de governo focadas em meio ambiente reduzindo o ciclo de aprendizagem e por fim reduzindo o poder de transformação decorrente da aplicação dessas políticas. Se nesse denominado “processo de triplo ciclo” <sup>[81]</sup> (Figura 7.2), os esforços ficarem muito concentrados no ciclo de elaboração e melhorias dessas políticas, os ciclos de aprendizagem e transformação não serão devidamente analisados, de maneira que, as experiências adquiridas não serão robustas o suficiente para fundamentar a elaboração de uma nova política de governo.



**Figura 7.2** Sistema de triplo ciclo no processo de elaboração de políticas de governo. Adaptado de <sup>[81]</sup>.

Investir em desenvolvimento sustentável, ou manter determinadas iniciativas ambientais desenvolvidas por gestões anteriores, podem não oferecer em curto prazo a visibilidade almejada pelos políticos. A gestão pública ambiental nacional se

torna então baseada na elaboração de grandes planos ou programas ambientais, que em muitos casos são severamente alterados ou até abandonados conforme interesses políticos ou econômicos de uma nova gestão. Porém, as recentes catástrofes ambientais ocorridas em todo território nacional (exemplo: enchentes, deslizamentos e vendavais), demonstram que grandes planos ambientais, ou panacéias ambientais não são efetivos para diminuir a vulnerabilidade ambiental, devido à interrelação da questão ambiental com outras políticas e planos nacionais.

Ao entrevistar moradores no estudo de caso da visão sócio-ambiental do problema das enchentes no município de Santo André, Neves relata o sentimento de abandono e impotência dos entrevistados frente às ameaças e vulnerabilidades decorrentes de desastres, resultado não somente da ineficácia das políticas públicas de saúde, mas da ineficiência de um conjunto de políticas públicas (educação, saúde, habitação, gestão ambiental, gestão de riscos, etc.) devido a interface direta dos pobres com as diversas frações da burocracia pública <sup>[82]</sup>.

7.2 O papel do setor público frente às mudanças climáticas

Há uma necessidade clara de desenvolver uma visão sistêmica mais interdisciplinar da questão ambiental. Sistemas policêntricos, ou seja, sistemas diversificados de gestão são capazes de atingir alta capacidade de adaptação e são menos vulneráveis a distúrbios. Esses sistemas são caracterizados por diversas estruturas de administração sem a forte predominância de hierarquias burocráticas. A habilidade de um sistema de governo em lidar com incertezas e surpresas face às crescentes alterações no clima global é um requisito essencial para que este governo se sustente.

De acordo com Brooks *et al.* <sup>[83]</sup>, a vulnerabilidade relacionada as variações climáticas está associada a fatores de desenvolvimento, incluindo pobreza, condições de saúde, desigualdade econômica e elementos de governança e lista algumas dessas variáveis, conforme adaptado na Tabela 7.1.

Tabela 7.1 Lista das categorias associadas à vulnerabilidade dos países frente às mudanças climáticas.

Categoria	Variável
Economia	Riqueza Nacional
	Desigualdade
	Autonomia Econômica

(continua)

**Tabela 7.1** Lista das categorias associadas à vulnerabilidade dos países frente às mudanças climáticas. (continuação)

<b>Categoria</b>	<b>Variável</b>
Saúde e Nutrição	Suporte à saúde
	Expectativa de Vida
	% de Portadores HIV
	Status de nutrição
	Produção de Alimentos
	Preço dos Alimentos
Educação	Compromisso com a educação
	Direito a informação
Infraestrutura	Qualidade do saneamento básico
	Compromisso com as comunidades rurais
	Acesso das comunidades rurais ruas e estradas
Governança	Gerenciamento de conflitos
	Controle da corrupção/ Efetividade das políticas
	Habilidade em entregar serviços
	Voluntariedade para investir em adaptação
	Participação no poder decisório
	Liberdade Civil
	Direitos Políticos
Geografia e Demografia	Risco Costeiro
	Densidade demográfica
Agricultura	Trabalhadores Agrícolas
	População Rural
	Independência agrícola
Ecologia	Área de Proteção Ambiental
	Taxa de desmatamento
	Área não populada
	Reservas de água subterrâneas
	Reservas de água superficial
Tecnologia	Comprometimento com pesquisa e desenvolvimento
	Número de cientistas e engenheiros atuando em P&D

Fonte: Adaptado de Brooks *et al.* [83].

Os mesmos autores destacam, que dentre essas categorias os indicadores mais significantes para a variação dos índices de vulnerabilidade, são aqueles relacionados às condições de saúde, governança e educação, enfatizando a habilidade dos cidadãos em participar do processo político como peça fundamental. Relacionam ainda, que indicadores não econômicos representam mais diretamente a vulnerabilidade das nações às mudanças climáticas e que uma população alfabetizada estaria mais preparada a reivindicar seus direitos civis e políticos <sup>[83]</sup>.

Para enfrentar as previsão relacionadas as mudanças climáticas, é preciso que os gestores públicos estabeleçam estratégias claras para adaptação e não foquem apenas nas medidas de mitigação. As medidas de adaptação são definidas pelo IPCC como ajustes nos sistemas naturais ou humanos em resposta aos atuais ou esperados estímulos climáticos e seus efeitos, que possam moderar os prejuízos ou ainda explorar oportunidades benéficas <sup>[57]</sup>.

A cidade de São Paulo, por exemplo, estabeleceu algumas iniciativas de mitigação como o rodízio veicular, inspeção veicular ambiental, implementou o uso de ônibus híbridos, instalação de usinas de biogás em aterros, entre outras <sup>[84]</sup>. Todavia, a cidade não possui um planejamento claro de medidas de adaptação, apesar de já sofrer de fenômenos como inversão térmica, enchentes, escassez de água <sup>[78]</sup>. Essa falta de planejamento pode resultar em grandes desastres, conflitos, sobrecarga nos sistemas de saúde, impactos na econômica local e aumentar a perda de vidas humanas.

Estratégias de adaptação não são necessárias somente nos grandes centros urbanos, mas também nas áreas rurais. A grande maioria dos moradores de áreas rurais tem como principal renda a agricultura que será severamente afetada pelas mudanças climáticas conforme ilustrado na Tabela 7.2.

**Tabela 7.2** Danos na agricultura no Brasil devido às mudanças climáticas (medidos em percentual de redução no valor das propriedades rurais).

Mudança na Precipitação (%)	Aumento na Temperatura (°C)			
	+0.0 °C	+1.0 °C	+2.0 °C	+3.5 °C
-8%	+5.0% (8 a 2)	-1.3% (4 a -6)	-9.2% (-4 a -14)	-22.7% (-12 a -38)
+0%	0.0% (0.0)	-6.4% (-1 a -11)	-14.2% (-7 a -21)	-28.7% (-14 a -42)
+8	-5.4% (-2 a -8)	-11.7% (-5 a -16)	-19.6% (-10 a -30)	-34.1% (-17 a -51)
+14%	-9.8% (-6 a -14)	-16.1% (-8 a -24)	-24.0% (-12 a -36)	-38.5% (-19 a -57)

Fonte: Apurva, S.; Mendelsohn, R. <sup>[85]</sup>.



Para esse caso Apurva *et. al.* <sup>[85]</sup> destaca a importância das políticas governamentais de adaptação, tais como: manter os proprietários rurais informados por meio do monitoramento do clima; ajudando-os a optar por culturas mais tolerantes ao calor e a maiores concentrações de CO<sub>2</sub>; disseminar novas técnicas agrícolas; organizar projetos de irrigação e outros projetos de desenvolvimento.

As estratégias de adaptação devem ter como princípio básico que clima pode ser uma ameaça, assim sendo, a formação de pessoas capacitadas para diagnosticar e enfrentar essas ameaças consiste numa das estratégias centrais a ser considerada pela gestão pública. Profissionais capazes de atuar em serviços médicos emergenciais, no controle de pragas e doenças agravadas pelo calor, na elaboração de obras de engenharia, monitoramentos climáticos, etc.

Outra questão a ser considerada sobre o tema está relacionada com a importância da interface da política com ciência. Tal interface deve preceder de esforços de ambas as partes. A ciência ajuda a divulgar problemas ambientais, de maneira a auxiliar na composição debates políticos e públicos. A política, por sua vez, ajuda promover medidas para diminuir o risco e a vulnerabilidade apontados em tais debates. Cabe a esses dois “atores” da sociedade encontrarem maneiras e rotas de conexões efetivas entre esses dois “universos”, visando a diminuição da vulnerabilidade da população como um todo <sup>[86]</sup>.

Identificar áreas de maior vulnerabilidade, incorporando a nova realidade climática nas políticas públicas e consequentemente implementando medidas mitigatórias e adaptativas são assuntos que, atualmente, devem fazer parte da pauta política em qualquer nível hierárquico. Negligenciar esses temas significa aceitar colocar a vida de pessoas em risco.



## Considerações finais

Concluir sobre qualquer tema relacionado com a questão ambiental é uma tarefa árdua, pois são tantas as fontes de interações que impactam sobre o meio ambiente, que torna-se difícil determinar quais são os fatores mais impactantes, na realidade, qualquer conclusão determinista seria um equívoco.

A questão ambiental é ampla e complexa, mas aos poucos tem sido colocada em pauta nos mais diversos setores sociais e dessa maneira a humanidade caminha para um desenvolvimento ambiental. Um mecanismo adotado para alcançar esse desenvolvimento é a tentativa de subdividir o tema em diversos aspectos, tais como: gestão ambiental, riscos, políticas e práticas ambientais, sustentabilidade e preservação. Lembrando sempre, que todas essas subdivisões interagem entre si. A abordagem de vulnerabilidade é mais uma nota que visa auxiliar na composição dessa complexa sinfonia.

Neste livro procurou proporcionar ao leitor um entendimento de que algumas regiões já eram vulneráveis às ações naturais antes mesmo da existência do homem no planeta, como fenômenos de erosão, erupções vulcânicas, inundações, etc. Todavia, o livro também aborda como a influência do homem vem modificando o grau de vulnerabilidade de determinadas regiões a alguma ou diversas ações naturais.

O planeta Terra sempre teve uma grande capacidade de resiliência às ações da natureza e dos seres que o habitavam, no entanto, com o desenvolvimento tecnológico, nos últimos séculos as ações dos homens têm gerado transformações em todos os meios que já superam a capacidade de recuperação do planeta, tornando-o assim vulnerável, fragilizado perante as essas ações. Algumas de suas repercussões já são sentidas e medidas, entretanto, muitas delas ainda estão por vir e é apenas possível conjecturar suas conseqüências.

Para um melhor entendimento da intensidade dessas ações, o texto descreve o conceito de indicadores e índices de vulnerabilidade ambiental, tendo a intenção de ressaltar como ideia fundamental desses índices a avaliação de dezenas de aspectos bióticos e abióticos como ferramentas, que ainda deverão sofrer muitos aperfeiçoamentos, para uma determinação real e precisa das ações do homem sobre o meio em que vive. A acurácia dessa avaliação é fundamental para guiar decisões e atividades futuras, possibilitando, assim, promover um desenvolvimento igualitário e sustentável a todos os habitantes.

Outra relação fundamental no texto é a relação entre vulnerabilidade e mudanças climáticas, abordando que algumas ações humanas provocam ações locais, outras têm efeitos muito mais amplos que podem afetar um número muito maior de pessoas, como, por exemplo, a emissão de gases de efeito estufa. Um dos eventuais eventos acarretados por esse fenômeno é o aumento dos níveis nos mares, e visto que grande parte da população vive em região costeira, caso isso realmente ocorra, todas essas pessoas terão que se deslocar para outra região e poderá haver o maior êxodo populacional já visto pela humanidade, as repercussões disso são imensuráveis: conflito por novas terras, alteração do mapa de plantio, aumento de incidências de doença por águas não tratadas. Assim, as mudanças climáticas não têm apenas um efeito local e global no que diz respeito a fatores bióticos e abióticos, tem efeito quanto às relações sociais, econômicas e políticas.

Além das relações decorrentes de fenômenos físicos, químicos e biológicos, que tornam indivíduos ou regiões mais vulneráveis, o texto expõe que fatores menos palpáveis, derivados do desenvolvimento da própria organização social, também exercem um papel primordial na avaliação de vulnerabilidade do ponto de vista humano.

Determinados grupos sociais, que sofrem de algum tipo de exclusão, estão mais vulneráveis aos mais diversos riscos, sendo esses de origem natural ou antrópica. Em alguns casos, por falta de informação/educação a degradação e contaminação de uma determinada região é oriunda das ações da própria população local, ocasionando problemas inclusive à saúde pública. Assim, o livro enfatiza que as ações dos homens devem ser organizadas em âmbito público por toda a sociedade e pelos órgãos competentes, que deveriam exercer seu papel legislador, executivo, gestor e fiscalizador quanto às ações da população visando o bem estar de todos. Qualquer tipo de subversão dessa organização pública, visando uma vantagem individual, afeta diretamente toda uma rede social, aumentando o grau de vulnerabilidade da mesma.

Um dos atores principais da rede social é o setor privado, que também foi abordado no texto, pois devido a sua produção de uma série de substâncias químicas, ou pelo uso dos mais variados efeitos físicos, pode, indubitavelmente, tornar

as populações que o circunvizinha mais vulneráveis. Assim, o texto aponta uma série de exemplos de desastres ambientais envolvendo o setor industrial.

A visão que a vulnerabilidade é uma característica intrínseca dos mais diversos sistemas naturais ou redes sociais, mas que a ação humana sobre esses sistemas ou redes pode causar o agravamento ou a minimização desse grau de vulnerabilidade.



# Referências

- [1] ADGER, W.N. Vulnerability. **Global Environmental Change**, Amsterdam, v. 16, p. 268-281. 2006.
- [2] ALVES, H. P. F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 43-59. 2006.
- [3] TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE – Diretoria Técnica – SUPREN, 1977.
- [4] SANTOS, R. F. (org.) **Vulnerabilidade Ambiental desastres naturais ou fenômenos induzidos**. MMA, Brasília, 2007.
- [5] FIGUEIREDO, M.C.B. (org.) **Análise da vulnerabilidade ambiental**. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, 2010.
- [6] NASCIMENTO, D. M. C.; DOMINGUEZ, J.M.L. Avaliação da vulnerabilidade ambiental como instrumento de gestão costeira nos municípios de Belmonte e Canavieiras, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 39, n. 3, p. 395-408. 2009.
- [7] BRASIL. Lei n. 12.651, de 2012. Novo Código Florestal. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm). Acesso em março/2013

- [8] MEDEIROS, M. D.; PEREIRA, V. H. C.; ALMEIDA, L. Q. Áreas de Vulnerabilidade Ambiental na Zona Oeste de Natal/ RN/ Brasil. **Revista GEONORTE**, Edição Especial, v. 1, n. 4, p. 474-486. 2012.
- [9] COSTA, F.H.S.; PETTA, R. A.; LIMA, R. F. S.; MEDEIROS, C. N. Determinação da Vulnerabilidade Ambiental na Bacia Potiguar, Região de Macau (RN), Utilizando Sistemas de Informações Geográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 58, n. 2, p. 119-127. 2006.
- [10] FIGUEIREDO, M.C.B.; TEIXEIRA, A.S.; PEREIRA, A.L. F.; ROSA, M. F.; PAULINO, W. D.; MOTA, S.; ARAÚJO, J.C.. Avaliação da Vulnerabilidade Ambiental de Reservatórios à Eutrofização. **Engenharia sanitária e ambiental**, v. 12, n. 4, p. 399-409. 2007.
- [11] BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1975.
- [12] OLIVEIRA, J. M. **Ecodinâmica e vulnerabilidade ambiental da zona estuarina do Rio Zumbi, litoral oeste do Ceará**. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciência e Tecnologia. Fortaleza, 2011.
- [13] MORAN, Emílio F. **Adaptabilidade Humana**. São Paulo: Edusp, 1994.
- [14] ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, DG-FFLCH-USP. n.º 8, p. 63-73, 1994.
- [15] ROSS, J. L. S. Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, DG-FFLCH-USP. n. 9, p. 65-75, 1995.
- [16] ROSS, J.L.S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, FFCLH/IPT/ FAPESP, 64 p. 1997.
- [17] CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T. **Curso de Sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico**. INPE: São José dos Campos, 1996.
- [18] MASSA, E. **Estudo comparativo entre dois modelos geomorfológicos aplicados na Serra da Cantareira: bacia do Córrego do Bispo**. Dissertação (Mestrado) – DG-FFLCH-USP, São Paulo. 2008.



- [19] VALLES, G. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados à geração de uma carta de vulnerabilidade natural à perda de solo**. Dissertação (Mestrado) – INE, São José dos Campos, 1999.
- [20] SILVA, A. V. **Juventudes Contemporâneas entre o Urbano e o Rural: aproximações e diferenças vulnerabilidade social e suas conseqüências - o contexto educacional da juventude na região metropolitana de Natal. Encontro de ciências sociais do Norte Nordeste**. UFAL, Maceió, Alagoas. 2007.
- [21] Abramovay, M. *et al.* **Juventude, Violência e Vulnerabilidade Social na América Latina: Desafios para Políticas Públicas**. Brasília: UNESCO, BID, 2002. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001271/127138por.pdf>. Acesso em 6 jul. 2009.
- [22] SILVA, F. F. F. **Reflexos do programa bolsa-escola na vida de crianças carentes**. Disponível em: <http://www.webartigos.com/articles/5042/1/vulnerabilidade-social/pagina1.html>> Acesso em 10 nov. 2009.
- [23] Paulilo. M. A. S.; Bello, M. G. D. **Jovens no contexto contemporâneo: vulnerabilidade, risco e violência**. Disponível em: [http://www.ssrevista.uel.br/c\\_v4n2\\_marilia.htm](http://www.ssrevista.uel.br/c_v4n2_marilia.htm). Acesso em 08 nov. 2009.
- [24] Pavarini, S. C. L.; Barha, E. J.; Mendiondo, M. S. Z; Filizola, C. L. A; Filho, J. F. P.; Santos, A. A. **Família e Vulnerabilidade Social: um estudo com octogênários. Rev. Latino-Americano de Enfermagem**. v. 17, n. 3, 2009.
- [25] Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS). Disponível em: <http://www.seade.gov.br>. Acesso 05 nov. 2009.
- [26] Brasil. Ministério da Justiça - **Projeto Juventude e Prevenção da Violência - Fórum Brasileiro de Segurança Pública**. Disponível em: [www.mj.gov.br/data/Pages/MJ4E0605EDITEMID794F6A8AB7F5485AA003F9424CFF1208P-TBRIE.htm](http://www.mj.gov.br/data/Pages/MJ4E0605EDITEMID794F6A8AB7F5485AA003F9424CFF1208P-TBRIE.htm). Acesso em 25 nov. 2009.
- [27] CARTIER, R.; BARCELLOS, C.; HÜBNER, C.; PORTO, M. F. **Vulnerabilidade social e risco ambiental: uma abordagem metodológica para avaliação de injustiça ambiental. Caderno de Saúde Pública**, v. 25, n. 12, p. 2695-2704. 2009.
- [28] GARCIA, C. M.; SANCHES, A. M. **Vulnerabilidades sócioambientais e as disponibilidades hídricas urbanas: levantamento teórico-conceitual e análise**

aplicada à região metropolitana de Curitiba - PR. **Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo**, v. 10, n. 2, p. 96-111, 2009.

- [29] GAMBA, C; RIBEIRO, W. C. Indicador e Avaliação da Vulnerabilidade Socioambiental no Município de São Paulo. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, n. 31 Especial, pp. 19-31, 2012.
- [30] VILLA, F.; McLEOD, H. Environmental vulnerability indicators for environmental planning and decision-making: guidelines and applications. **Environmental Management**, v. 29, n. 3, p. 335-348, 2002.
- [31] BIRKMANN, J. Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications. **Environmental Hazards**, v. 7, n. 1, p. 20-31, 2007.
- [32] Kaly, U.; Briguglio, L.; McLEOD, H.; Schmall, S.; Pratt, C.; Pal, R. Environmental Vulnerability Index (EVI) to summarise national environmental vulnerability profiles. **SOPAC, Technical Report**. v. 275, 66 p., 1999.
- [33] ALVARES, M. T. P.; PIMENTA, M. T. Erosão Hídrica e Transporte Sólido em Pequenas Bacias Hidrográficas. In: **Congresso da água**. 1998.
- [34] ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD, 1981. *apud*. GARCÍAS, C. M. Indicadores de qualidade ambiental urbana. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARRELLA, W. (orgs.). **Indicadores Ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, p. 285, 2001.
- [35] SOPAC (South Pacific Applied Geoscience Commission). **EVI: Description of indicators. The Environmental Vulnerability Index (EVI)**. 2004.
- [36] SOPAC (South Pacific Applied Geoscience Commission). Building resilience in SIDS. **The Environmental Vulnerability Index (EVI)**. Technical Report (Suva, Fiji Islands), 2005.
- [37] VOGEL, C. Environmental Vulnerability. **International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences**, p. 4675-4679, 2004.
- [38] BRAGA, T. M.; OLIVEIRA, E. L.; GIVISIEZ, G. H. N. Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática. **São Paulo em Perspectiva**, v. 20, n. 1, p. 81-95, 2006.

- [39] ARRETCHE, M. Uma contribuição para fazermos avaliações menos ingênuas. apud. SEPE, P. M.; GOMES, S. **Indicadores ambientais e gestão urbana: desafios para a construção da sustentabilidade na cidade de São Paulo**. São Paulo: Secretaria Municipal do Verde e do Meio ambiente: Centro de Estudos da Metrópole, p. 33, 2008.
- [40] The Environmental Vulnerability Index. **Building Resilience in SIDS**. SOPAC – UNEP. 2009. Disponível em: <http://www.vulnerabilityindex.net/index.htm>. Acesso em 18 nov. 2009.
- [41] SOPAC – Pacific Islands Applied Geoscience Commission. **SOPAC Secretariat**. Disponível em: <http://www.sopac.org/evi>. Acesso em 22 nov. 2009.
- [42] COSTA, T. C. C.; UZADA, M. C.; FIDALGO, E. C. C.; LUMBRERAS, J. F.; ZARONI, M. J.; NAIME, U. J.; GUIMARÃES, S.P. Vulnerabilidade ambiental em sub-bacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro por meio de integração temática da perda de solo (USLE), variáveis morfométricas e o uso/cobertura da terra. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, SC, p. 2493-2500. 2007.
- [43] WISCHMEIR, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. D.C.: USDA - **Agricultural Handbook**, Washington. p. 57, 1978.
- [44] SILVA, C. A.; NUNES, F. P. Mapeamento de vulnerabilidade ambiental utilizando o método AHP: uma análise integrada para suporte à decisão no município de Pacoti/CE. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 5435-5442.
- [45] GHERARDI, D. F. M.; CABRAL, A.P.; BRAGA, C. Z. F.; EICHENBERG, C. *Mapeamento do índice de vulnerabilidade ambiental ao impacto por óleo da zona costeira entre ceará e Rio Grande do Norte, usando imagens orbitais e sistema de informações geográficas*. **Pesquisa Naval**. n. 15, 2002.
- [46] PAULA, F. C.; JUNIOR, E. M.; HOGAN, D. J.; Os Riscos do Vale: **Análise Preliminar da Vulnerabilidade Ambiental no São Bernardo, Campinas**. Disponível em: [http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2006/docspdf/ABEP\\_2006\\_683.pdf](http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2006/docspdf/ABEP_2006_683.pdf). Acesso em 6 nov. 2009.

- [47] RELATÓRIO DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL DO ESTADO DE GOIÁS - *Relatório Técnico - Mapa de vulnerabilidade ambiental do Estado de Goiás, Brasil* Consórcio Imagem - WWF Brasil, 2004.
- [48] CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; FILHO, P. H.; FLORENZANO, D. V.; BARBOSA, C. C. F. *Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial*. (INPE-8454-RPQ/722), 2001.
- [49] NAE – Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. *CADERNOS NAE. Mudança do Clima, Volume I. Negociações Internacionais sobre a mudança do clima: vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima*. Brasília: NAE-SECOM, 2005.
- [50] MARENGO, J. A. *Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI*. 2 ed. Brasília: MMA, 2007.
- [51] ALLIANZ FOUNDATION FOR SUSTAINABILITY. *Informações sobre o tópico “clima”: Fundamentos, histórico e projeções*. München: Allianz Foundation for Sustainability, 2007.
- [52] IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Work Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. **Summary for Policymakers**. 2007.
- [53] SANTOS, A. S. *Vulnerabilidades socioambientais diante das mudanças climáticas projetadas para o semi-árido da Bahia*. Dissertação (Mestrado). – Universidade de Brasília, Brasília. 2008.
- [54] BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Coordenação de Pesquisas em Mudanças Globais. *Efeito Estufa e a Convenção sobre Mudança do Clima*. Brasília, 1999. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/4072.html>> Acesso em 28 out. 2009.
- [55] D'AMELIO, M. T. S. *Estudo de gases de efeito estufa na Amazônia*. 2006. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo. 2006.

- [56] ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Convenção-Quadro das Nações Unidas Sobre Mudança do Clima**. Disponível em [http://www.onu-brasil.org.br/doc\\_clima.php](http://www.onu-brasil.org.br/doc_clima.php). Acesso em 03 nov. 2009.
- [57] IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Climate Change 2001: Synthesis Report. Summary for Policymakers*. 2001.
- [58] IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Summary for Policymakers*. 2007.
- [59] UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM / GRID ARENDAL. **Maps and graphics library**. Disponível em <<http://maps.grida.no>>. Acesso em 05 nov. 2009.
- [60] IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Organization**. Disponível em <<http://www.ipcc.ch>>. Acesso em 28 out. 2009.
- [61] IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007.
- [62] BURSZTYN, M.; PERSEGONA, M., A grande transformação ambiental – uma cronologia da dialética homem-natureza, Garamond, Rio de Janeiro, 2008.
- [63] Sanches, f. de o., O ensino da Geografia Física sob a perspectiva ambiental, Rev. ciênc. hum, Taubaté, v. 11, n. 2, p. 129-135, jul./dez. 2005.
- [64] INATOMI, T. A. H.; UDAETA, M. E. M., Análise dos impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos, in: **VII Brazil-Japan international workshop on renewable energy, sustainable development and student mobility**, (anais). 2009. Disponível em: <http://www.cori.rei.unicamp.br/BrasilJapao3/progjb3.php>. Acesso em 12 nov. 2009.
- [65] BORBA, R.F. Carvão Mineral. **Balanco Mineral Brasileiro**. Rio Grande do Sul. 2009.
- [66] SEVÁ, O. Estranhas catedrais. Notas sobre o capital hidrelétrico, a natureza e a sociedade. **Cienc. Cult.** São Paulo, v. 60 n. 3. 2008

- [67] FEARNSIDE, P.M. Hidrelétricas como “fábricas de metano”: o papel dos reservatórios em áreas de floresta tropical na emissão de gases de efeito estufa. *Oecol. Bras.* v. 12. n. 1. 2008.
- [68] Deconto, J. G.(coord.). Aquecimento Global e a nova Geografia da Produção agrícola no Brasil, São Paulo. Agosto de 2008. Disponível em <http://www.climaeagricultura.org.br/download.html>. Acesso em 12 nov. 2009.
- [69] OMOTO, C.; RISCO, M.D.M e SCHMIDT, J.B. **Manejo da resistência de pragas a inseticidas**. Disponível em: [www.irac-br.org.br/arquivos/manejores-pragas.doc](http://www.irac-br.org.br/arquivos/manejores-pragas.doc). Acesso em 15 de novembro de 2009.
- [70] CIPRO, C. V. Z., **Ocorrência de compostos organoclorados em *Euphausia superba* e em ovos gorados de pingüins do gênero *Pygoscelis***. Dissertação (Mestrado). Instituto Oceanográfico-USP.São Paulo. 2007.
- [71] BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO,J.G.L.; MIERZWA, J.C.; BARROS, M.T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução a engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall 2 ed. 318p., 2005.
- [72] TINOCO, J. E. P.; KRAEMER, M. E. P. **Contabilidade e gestão ambiental**. São Paulo: Atlas, 2004.
- [73] Anderson, H. R. Air pollution and mortality: A history. *Atmospheric Environment*. v. 43. p. 142-152. 2009.
- [74] CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Gerenciamento de Riscos - Análise de Risco – Grandes Acidentes**. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em 12 nov. 2009.
- [75] HAWKEN, P.; LOVINS, A.; LOVINS, H.L. **Capitalismo Natural: Criando a próxima revolução industrial**. Cultrix, São Paulo, 1999.
- [76] CAMPOS, P.F.C. **Organização Político-Institucional frente aos riscos da modernidade: o caso brasileiro**. 2005. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Carlos.
- [77] PHILLIPI, JR. A.; BRUNO, G.C. **Política e Gestão Ambiental**. In: Phillipi, Jr. A.; Romero, M. A.; Bruno, G.C. Curso de Gestão Ambiental. Barueri: Manole, p. 657-711, 2004.

- [78] OLIVEIRA, J.A.P. *The implementation of climate change related policies at subnational level: An analysis of three countries*. **Habitat International**. v. 33, p. 253-259, 2009.
- [79] DAGUPTA, S.; HAMILTON, K.; PANDEY, K. D.; WHEELER, D. *Environment During Growth: Accounting for Governance and Vulnerability*. **World Development**. v. 34, n. 9, p. 1597-1611, 2006.
- [80] FREITAS, C. M.; PORTO, M. F. S.; FREITAS, N. B. B.; PIVETTA, F.; ARCURRI, A.S.; MOREIRA, J.C.; MACHADO, J.M.H. *Chemical safety and governance in Brazil*. **Journal of Harzadous Materials**. v. 86, p. 135-151, 2001.
- [81] PAHL-WOSTL, C. *A conceptual framework for analysing adaptive capacity and multi-level learning processes in resource governance regimes*. **Global Environmental Change**. v. 19, p. 354-365, 2009.
- [82] NEVES, R. A. T. *O combate às enchentes no município de Santo André/SP: caracterização socioambiental do problema e subsídios dos afetados ao planejamentos das ações da Defesa Civil*. 2008. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Carlos.
- [83] BROOKS, N.; ADGER, W.N.; KELLY, P.M. *The determination of vulnerability and adaptative capacity at the national level and the implicatiobs for adaptation*. **Global Environmental Change**. v, 15, p. 151-163, 2005.
- [84] PORTAL DA PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente. **Programas e Projetos**. Disponível em: [http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio\\_ambiente/programas\\_e\\_projetos](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/programas_e_projetos). Acesso em 18 nov. 2009.
- [85] APURVA, S.; MENDELSON, R. *The impacts of global warming on farmers in Brazil and India*. **Global Environmental Change**. v. 18, p. 655-665, 2008.
- [86] VOGEL, C.; MOSER, S.C.; KASPERSON, R.E; DABELKO, G.D. *Linking vulnerability adaptaion and resilience science to pratice: pathways, players, and partnerships*. **Global Environmental Change**. v. 17, p. 349-364, 2007.

