

Além disso, é preciso definir bem o papel dos projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo que visam ao comprometimento dos países que mais emitem gases de efeito estufa, uma vez que o instrumento sofre críticas de diversos países e setores, por constituir-se, no entender dos críticos, em um meio de emitir mais, sob a justificativa de estarem investindo em projetos limpos de outras regiões.

A conclusão a que se pode chegar é a de que os mecanismos para um entendimento entre as nações existem. As conferências e os documentos advindos delas, depois de exaustivas negociações, são algumas dessas possibilidades. Muito já se fez na busca da solução dos problemas do clima apontados pelo painel de estudos designado pela Convenção sobre Mudanças Climáticas das Nações Unidas. Se o futuro das negociações vai caminhar em consonância com as projeções feitas, só o tempo dirá.



## LEITURA COMPLEMENTAR

### TERMOS TÉCNICOS USADOS NO CAPÍTULO

**Aliança dos Pequenos Países Insulares (AOSIS) [Alliance of Small Island States]** – É uma coligação de pequenas ilhas costeiras e baixas, que reúne países que partilham os mesmos desafios e preocupações com o meio ambiente, especialmente sua vulnerabilidade aos efeitos adversos das mudanças climáticas globais. Não tem secretariado, nem orçamento ordinário e funciona como um fórum de negociação para dar voz aos pequenos Estados insulares em desenvolvimento, dentro do sistema das Nações Unidas. A coligação é formada por 43 membros e observadores, que representam ilhas espalhadas por todos os oceanos e regiões do mundo. As principais decisões políticas da aliança são tomadas em nível de embaixadores, em sessões plenárias. Já foram presidentes da coligação os embaixadores de Vanuatu, Trinidad e Tobago, Samoa, Ilhas Maurício e Tuvalu.

**Assembléia Geral das Nações Unidas** – Órgão intergovernamental, plenário e deliberativo da Organização das Nações Unidas (ONU). É composto pelos 192 países-membros e cada um tem direito a um voto. As questões importantes são votadas por maioria de dois terços dos membros presentes. As restantes são votadas por maioria simples. É um fórum político que supervisiona e coordena o trabalho das agências das Nações Unidas.

**Carbono equivalente ou CO<sub>2</sub>e** – Para facilitar os estudos comparativos sobre o aquecimento global, são adotadas medidas de “carbono equivalente” (CO<sub>2</sub>e). Assim, o lançamento de qualquer gás de efeito estufa pode ser convertido

em toneladas de CO<sub>2</sub>e (ou tCO<sub>2</sub>), de acordo com seu Potencial de Aquecimento Global (GWP).

**Conferência das Partes (COP)** – Fórum anual responsável por supervisionar a implementação da Convenção do Clima.

**Grupo *ad hoc* sobre o Mandato de Berlim** – Grupo de trabalho de caráter temporário com o objetivo básico de possibilitar que os governos cumprissem ações apropriadas dos níveis de emissão. Tinha por objetivo definir as obrigações dos países desenvolvidos e propor a adoção de um outro protocolo ou instrumento legal.

**Grupo *ad hoc* sobre o Artigo 13 da Convenção** – Grupo temporário com o objetivo de estabelecer o mecanismo de consulta multilateral de questões relacionadas à implementação da Convenção sobre Mudança do Clima.

**Comitê Internacional de Negociação [International Negotiation Committee]** – Criado pelas Nações Unidas, logo depois da divulgação do primeiro relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), é o documento que confirmava, em 1990, a interferência humana na mudança do sistema climático do planeta. Foi esse comitê que conduziu as negociações para a formulação do que seria mais tarde a Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima. Depois de cinco reuniões, de fevereiro de 1991 a maio de 1992, representantes de 150 países chegaram a um consenso sobre o texto oficial da convenção.

**Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE)** – Também chamada de Grupo dos Ricos, é uma organização internacional que reúne os 30 países que produzem mais da metade da riqueza do mundo. Foi criada em 1961 por países que se definem comprometidos com os princípios da democracia representativa e da economia de livre mercado. Tem, entre seus objetivos, a tarefa de ajudar o desenvolvimento econômico e social no mundo, estimulando investimentos em países em desenvolvimento. Sua sede fica em Paris.

**Partes** – Designação diplomática dos países que aderem a um tratado internacional no âmbito das Nações Unidas.

**Protocolo de Quioto** – Tratado internacional que estipula compromissos rígidos para a redução da emissão dos gases que provocam o efeito estufa, considerados como causa do aquecimento global, segundo a maioria das investigações científicas. Em 1997, o documento foi discutido em Quioto, no Japão, e, na sequência, aberto para assinaturas. O Brasil ratificou o Protocolo em 1992 e suas regras entraram em vigor em 2004, com a ratificação pela Rússia, fato que resultou na adesão de 55% dos países-membros das Nações Unidas. Essa era a condição para que o documento entrasse em vigor.

**Sistema climático** – A totalidade da atmosfera, hidrosfera, biosfera, geosfera e suas interações.



## ATIVIDADES

### INGREDIENTES DA ATMOSFERA

Claudete Nogueira da Silva (AEB/Programa AEB Escola), Giovanni Dolif Neto (Inpe) e Maria Emília Mello Gomes (AEB/Programa AEB Escola).

#### Apresentação

As condições de tempo ocorrem nas camadas mais baixas da atmosfera, a chamada troposfera. Nessa região o ar contém vapor de água e nuvens. Ainda nessa camada, a temperatura cai com a altura.

A uma altura de aproximadamente 6 km nos pólos e 17 km no Equador, a tropopausa é a fronteira entre a troposfera e a estratosfera. Esta última se estende até cerca de 50 km de altura. O ar estratosférico é muito seco. Ainda na estratosfera, a temperatura cai com a altura apenas na baixa estratosfera e depois começa a subir.

#### Objetivos

1. Demonstrar que o ar que nos circunda é composto por diferentes gases.
2. Mostrar que a queima libera dióxido de carbono.
3. Demonstrar que o dióxido de carbono é absorvido pela água.

#### Sugestão de problematização

Como demonstrar a existência de diferentes gases no ar atmosférico? O dióxido de carbono pode ser absorvido pela água? O dióxido de carbono é liberado durante a queima?



Figura 4.7. Materiais.

## Materiais

- 1 vela
- Fósforo ou isqueiro
- Água (ou água com corante)
- Recipiente para colocar a água
- 1 copo

## Procedimentos

1. Fixe uma vela no fundo do recipiente utilizando massa de modelar e preencha o recipiente com água colorida.

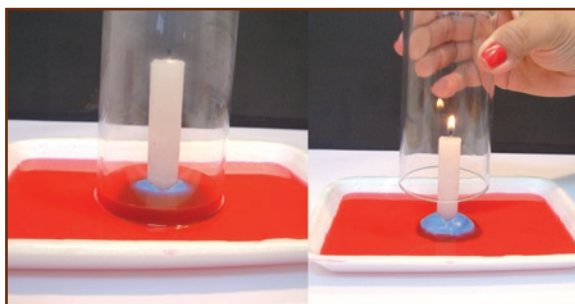


Figuras 4.8A, B e C. Demonstração do procedimento 1.

2. Acenda a vela e deixe-a queimar por alguns instantes. Observe que ela não se apaga facilmente.
3. Posicione o copo sobre a vela até que a boca do copo, encoste no fundo do recipiente. O que acontece com a vela? E com o nível da água dentro do copo?



Figura 4.9. Demonstração do procedimento 2.



Figuras 4.10A. e B. Demonstração do procedimento 3.

## Orientações complementares

Abaixo de 25 km, o que inclui o ar que nós respiramos, o ar seco é composto de aproximadamente 78% de nitrogênio e 21% de oxigênio, mais traços de outros gases. Você não consegue ver ou sentir o cheiro de nenhum dos dois. Além disso, o nitrogênio não reage prontamente com outras substâncias.

O oxigênio, no entanto, é bastante reativo e você pode provar sua existência fazendo-o reagir quimicamente. Quando algo contendo carbono queima, o carbono reage com o oxigênio, formando o dióxido de carbono, retirando oxigênio do ar. Num recipiente isolado do ambiente, a queima irá parar quando o ar tiver oxigênio insuficiente para sustentá-la.

O dióxido de carbono é solúvel em água e, se houver água no recipiente fechado, o volume da água irá aumentar à medida que dióxido de carbono for absorvido pela água. O nível da água sobe dentro do copo porque a absorção do dióxido de carbono pela água faz com que a pressão dentro do copo diminua e, portanto, a pressão de fora (pressão atmosférica devido ao peso do ar) se torna maior, empurrando a água para dentro do copo. Imagine como se fosse a pressão de dentro empurrando para fora e a pressão de fora empurrando para dentro. Se essas pressões são iguais, o nível da água não se mexe, mas, quando a pressão interna diminui, a pressão de fora empurra a água para dentro do copo.

## Possíveis desdobramentos

Pesquisar sobre como a poluição muda a composição de gases do ar atmosférico e sobre as doenças causadas por esses poluentes.

**Atenção!** A atividade aqui expostas deve ser desenvolvida, de preferência, sob a supervisão do professor. Vale lembrar que é sempre recomendável cuidado no manuseio de materiais como tesoura, fósforo e outros que podem ferir quando usados inadequadamente.

## **ABSORVENDO CO<sub>2</sub>**

Giovanni Dolif Neto (Inpe), Lana Nárcia Leite da Silveira (EEB) e Maria Emília Mello Gomes (AEB/Programa AEB Escola)

### **Apresentação**

A energia em forma de calor irradiada pelo Sol aquece a superfície do nosso planeta. A Terra irradia calor de volta para o espaço, mas numa frequência diferente, cujo comprimento de onda é maior do que o comprimento de onda da luz que chega do Sol. Parte desse calor de onda longa que é irradiado pela Terra é absorvido por moléculas de gases poluentes como vapor de água, dióxido de carbono, metano, CFCs e óxido nitroso. Esse processo aquece o ar e é conhecido pelo nome de “efeito estufa”.

Com a maior liberação de gases por intermédio das atividades humanas ocorre o aquecimento global e as mudanças do clima do planeta.

### **Objetivo**

Demonstrar que as plantas absorvem CO<sub>2</sub> e liberam oxigênio.

### **Sugestão de problematização**

Uma parte do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que nós adicionamos ao ar pela queima de combustíveis é absorvida pelos oceanos e outra parte é absorvida pelas plantas, que crescem mais rápido e ficam maiores.

O fato de as plantas usarem o dióxido de carbono para fazer o seu alimento diminui a quantidade de dióxido de carbono do ar e, então diminui a intensidade do aquecimento global.



No momento, o aquecimento global é muito pequeno para ser medido facilmente, mas plantar culturas cujas plantas são de rápido crescimento em terras não usadas para agricultura é um caminho para remover dióxido de carbono do ar e ajudar a minimizar o aquecimento global.

Com esse experimento simples, você vai poder comprovar que as plantas absorvem dióxido de carbono e liberam oxigênio, agindo como filtros de ar naturais.

## Materiais

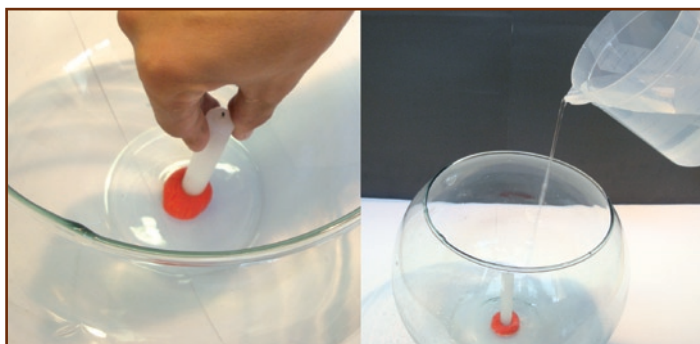
- 2 velas
- Folhas de árvores ou arbustos recém-coletadas
- Fósforos ou isqueiro
- 1 massa de modelar
- Água
- 2 recipientes de vidro com tampa



Figura 4.11. Materiais.

## Procedimentos

1. Use pedaços de massa de modelar para afixar as velas em pé no fundo dos dois recipientes de vidro. Coloque os dois recipientes ao ar livre, expostos ao Sol, lado a lado. Coloque água nos dois recipientes até cobrir parte das velas.



Figuras 4.12A e B. Demonstração do procedimento 1.



Figura 4.13. Demonstração do procedimento 2.

2. Em um dos recipientes, coloque as folhas recém-colhidas até que cubram toda a superfície da água. Quanto mais folhas você conseguir colocar na água, melhor será. Cuidado para não esmagar as folhas, pois elas devem estar inteiras.
3. Acenda as duas velas. Feche os recipientes de vidro com as tampas, de maneira que nenhum ar possa entrar ou sair dos recipientes de vidro.



Figuras 4.14A e B. Demonstração do procedimento 3.

O que acontece após os recipientes de vidro serem fechados com as velas acesas? Após alguns instantes, as duas velas irão se apagar. No entanto, a vela do recipiente de vidro com folhas deve ter demorado mais para apagar. Isso acontece porque as duas velas liberam dióxido de carbono e consomem oxigênio. Depois de algum tempo, o oxigênio vai acabar dentro dos dois recipientes de vidro, pois eles estão fechados. Entretanto, as folhas irão absorver parte do dióxido de carbono e liberar oxigênio, fazendo com que o oxigênio dure mais tempo no recipiente de vidro com as folhas.

## Orientações complementares

Em grande parte das plantas, a fotossíntese (o processo usado pelas plantas para fazer seu próprio alimento) começa quando os átomos de dióxido de carbono são separados e depois se unem numa composição com outros átomos.

Muitas plantas usam três átomos de carbono no primeiro estágio da fotossíntese. Essas plantas, chamadas de plantas C3, desperdiçam dióxido de carbono, retornando parte dele para o ar. Plantas do tipo C4 fazem uma composição com quatro átomos de carbono e usam quase todo o dióxido de carbono até o final da fotossíntese.

As plantas C4 usam o dióxido de carbono de maneira muito mais eficiente, talvez porque sejam mais evoluídas, uma vez que a atmosfera tem muito pouco dióxido de carbono. Plantas do tipo C4, como o milho e a cana-de-açúcar, crescem mais rápido do que plantas do tipo C3, como o trigo. Se mais dióxido de carbono é adicionado ao ar pela poluição, e se as condições hídricas, de solo e ambientais não forem modificadas, as plantas do tipo C4 podem fazer melhor uso disso do que as plantas do tipo C3.

## Possíveis desdobramentos

Você pode colocar diferentes tipos de folhas e cronometrar o tempo que a vela leva até apagar. Quanto mais tempo a vela demorar até apagar, mais dióxido de carbono a folha absorve e mais oxigênio ela libera.

**Atenção!** A atividade aqui expostas deve ser desenvolvida, de preferência, sob a supervisão do professor. Vale lembrar que é sempre recomendável cuidado no manuseio de materiais como tesoura, fósforo e outros que podem ferir quando usados inadequadamente.



André Silva (AEB) / Programa AEB Escola

# capítulo 5

## A LEITURA DO FUTURO NO PASSADO

A partir da crescente preocupação da humanidade com episódios extremos do clima e com a evolução das técnicas de pesquisa, aumentou o número de estudos em torno do tema “mudanças climáticas”.

No entanto, há uma dificuldade relacionada ao entendimento das mudanças climáticas que reside no desafio de separar até onde o planeta sofre os efeitos das mudanças climáticas naturais e das antropogênicas, e ainda projetar, com o máximo de confiabilidade, os efeitos destas mudanças para o futuro.

Especialistas apontam o aquecimento global como um dos mais graves problemas ambientais com que os habitantes do planeta terão que se confrontar neste século, dentre os inúmeros impactos ambientais surgidos depois da Revolução Industrial.

Os registros avaliados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima (IPCC) mostram que houve uma considerável alteração no clima do planeta em escala global, no último século. Essa mudança, segundo os estudos, estaria fortemente relacionada ao aumento das concentrações de gases de efeito estufa, advindo das atividades humanas, principalmente, a partir da década de 50.

Nos estudos climáticos, são elaborados modelos com base em registros passados, para projetar o comportamento do clima no futuro. Não se trata de simplesmente prever o tempo, até porque há uma diferença entre tempo e clima, conforme vimos no capítulo 1. Prevendo o tempo, os meteorologistas levam em conta variáveis como temperatura, chuva e vento, fazendo projeções para um período relativamente curto e, é claro,

com a observação ininterrupta dos satélites que ficam em órbita, registrando informações, e das diversas estações meteorológicas espalhadas pelo mundo. É uma previsão de alguns dias, feita com o auxílio de cálculos matemáticos, usando computadores precisos.

Já a previsão climática é o cálculo da média do tempo, com a descrição dessas mesmas variáveis, em termos de sua média e variabilidade. Esse trabalho é feito por um certo período, em geral, com alguns meses de antecedência. Isso, também, é feito por meio de cálculos matemáticos, usando computadores precisos.

Adicionalmente, os registros das condições climáticas de anos anteriores auxiliam no entendimento do comportamento do clima para o futuro. Os registros sobre o clima do planeta no passado com o uso de instrumentos, por exemplo, datam do século 18.

### ***Mas, como os pesquisadores conseguem fazer projeções das mudanças climáticas futuras?***

Os cientistas analisam dados como a temperatura, o regime de chuvas, o nível do mar (que está relacionado também com a vazão dos rios), o nível das geleiras, a umidade relativa do ar e a composição de gases da atmosfera, sendo este um dado importante no contexto das mudanças climáticas.

Além dos registros diretos, os pesquisadores também lançam mão de técnicas avançadas, como a datação do carbono. Eles buscam ainda na paleontologia, a ciência que estuda a vida do passado geológico da Terra, recursos para entender o que ocorreu no passado.

Entender o passado pode elucidar como a Terra chegou ao que é no presente. Os pesquisadores avaliam como era o nível de cobertura de gelo, o nível do mar, a concentração de gás carbônico, entre outros dados. A partir daí, fazem comparações com registros mais atuais e conseguem, com

base em modelos científicos, projetar o que pode ocorrer no futuro, diante das evidências encontradas.

Nos estudos avaliados pelo IPCC, em que se busca relacionar parâmetros climáticos e suas influências sobre a vida na Terra, várias projeções foram feitas. Olha-se o passado para dispor de dados comparativos e projetar mudanças futuras. Algumas das conclusões do painel mostram projeções que são muito prováveis de ocorrer. Outras indicam uma probabilidade que exige um certo estado de alerta. É o que veremos neste capítulo.

## GELO, A BIOGRAFIA DO PLANETA

Uma das formas de entender o passado é o estudo paleoclimatológico, ou seja, por informações indiretas, como fósseis, composição das rochas, do gelo, de anéis de árvores e outros. São recursos que permitem saber como foi o clima antes de os cientistas iniciarem as observações da atmosfera.

Amostras retiradas de geleiras, por exemplo, guardam o registro de como era a atmosfera em tempos passados. Quando a neve cai, ela carrega características da composição química da atmosfera, tais como poeira, cinza de vulcões, poluentes, gases. Esses registros são denominados testemunhos de gelo. Como a neve não derrete e é porosa, as camadas vão se sobrepondo e a memória do que era a atmosfera fica gravada ali debaixo, pois também ficam aprisionadas no gelo pequenas bolhas de ar.

Nas geleiras da Antártica, foram retiradas amostras que revelam que as concentrações atuais de carbono são as mais altas dos últimos 720 mil anos e, provavelmente, dos últimos 20 milhões de anos. Os cientistas chegaram a esta informação perfurando o gelo e retirando uma coluna, com camadas que se depositaram por milhares de anos. Depois, foram feitas análises químicas que ajudaram a entender como se deu a evolução do clima. Assim, sabendo o que ocorreu nos últimos mil anos, é possível identificar a parte que diz respeito

**Jefferson Cardia Simões**, porto alegreense, 50 anos, autor do texto "Gelo, a biografia do planeta", é geólogo formado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Em 1990 foi o primeiro brasileiro a obter um PhD em Glaciologia (Universidade de Cambridge, Inglaterra). É o líder das pesquisas glaciológicas no país e participou de 19 expedições científicas à Antártica e ao Ártico. No verão de 2008-09 liderou a primeira expedição nacional ao interior da Antártica. Atualmente é o coordenador-geral do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da Criosfera.



Figura 5.1. Da coluna de gelo com várias camadas, os cientistas retiram informações importantes como a composição da atmosfera há milhares de anos. Isso ajuda a entender como foi o clima no passado e identificar o que mudou pela ação natural ou pela ação humana.

às mudanças naturais e às mudanças provocadas pela ação humana.

Quanto ao dióxido de carbono, o principal gás que compõe a atmosfera, verificou-se que, nos últimos 720 mil anos, a quantidade variou entre 180 e 300 partes por milhão por volume (ppmv), ou seja, entre 0,018% e 0,030%. Entretanto, medições atmosféricas feitas nos últimos cem anos constataram que a quantidade deste gás aumentou para 380 ppmv.

## Identificando os diferentes tipos de carbono

O aumento da concentração dos GEE em virtude das atividades humanas pode ser avaliado a partir da datação do carbono. Esta técnica permite a investigação das diferentes origens do carbono presente na atmosfera. Isso é possível porque a composição isotópica do gás carbônico fóssil (emitido para a atmosfera pela queima de combustíveis fósseis) é diferente da composição isotópica do carbono da superfície (emitido para a atmosfera em conformidade com o ciclo natural do carbono).

## O estudo da história do clima

Os registros de temperatura dos últimos mil anos, a partir de **estudos paleoclimáticos**, indicam que as mudanças da temperatura global não são exclusivamente devidas a causas naturais. Avaliações estatísticas, feitas a partir de simulações com modelos climáticos, indicam que, considerando somente a variabilidade natural do clima, não é possível explicar o aquecimento observado durante a segunda metade do século 20.



**Estudos paleoclimáticos:** investigação do clima de épocas passadas. As principais características do clima do passado podem ser inferidas, supostas, a partir de evidências históricas, glaciológicas (gelo), geológicas e paleobiológicas, bem como pela análise de anéis de árvores. Ou seja, estudos das camadas da terra ou do gelo, de fósseis e sua biologia.



A prova disso é que, quando os efeitos da ação antrópica (forçamentos antrópicos) são adicionados aos efeitos das ocorrências naturais (forçamentos naturais), os **modelos matemáticos** tendem a simular o aquecimento observado no século 20.

O gradativo aumento da temperatura é atribuído, principalmente, às emissões de poluentes na atmosfera, sobretudo a partir dos últimos 70 anos, com um aumento da quantidade de CO<sub>2</sub> atmosférico e de outros gases de efeito estufa (GEE). A figura a seguir mostra as quantidades de CO<sub>2</sub> emitidas anualmente. Nota-se que sobra na atmosfera um volume muito grande de CO<sub>2</sub> que a natureza não consegue absorver, o que contribui para a intensificação do efeito estufa.

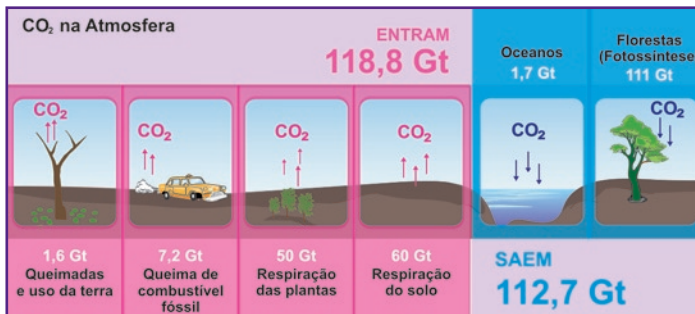
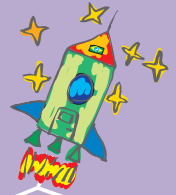


Figura 5.2. Nem é preciso uma calculadora à mão para chegar à conclusão de que, no balanço do gás carbônico, sobram 6,1 giga-toneladas na atmosfera. Essa diferença ocorre em função do CO<sub>2</sub> que foi lançado na atmosfera pelas plantas, solo e atividades humanas menos o que foi absorvido pelas florestas e oceanos.

## O QUE OS ESTUDOS REVELAM

Considerando o conhecimento científico sobre o clima mundial, consolidado pelos relatórios do IPCC e por estudos recentes de observação e de modelagem sobre a variabilidade climática de longo prazo e as mudanças climáticas futuras, chega-se à conclusão de que o clima, de fato, está mudando, global e regionalmente.

Em 2001, o IPCC mostrou como provável que a responsabilidade pelo aquecimento do planeta, no último século, se devia ao aumento observado nas concentrações antrópicas de GEE.



**Modelo matemático:** representação simplificada da realidade ou de um fragmento de um sistema, segundo um conjunto de símbolos e de relações matemáticas que traduzem o fenômeno em questão.

O quarto e último relatório do IPCC, chamado de AR4, divulgado em 2007, apresentou resultados mais precisos do que os três relatórios anteriores (1990, 1995 e 2001). Comprovou-se, por exemplo, que as concentrações atmosféricas globais de dióxido de carbono, metano e óxido nitroso aumentaram bastante em consequência das atividades humanas desde 1750 e, agora, ultrapassam em muito os valores pré-industriais. Os aumentos globais da concentração de dióxido de carbono se devem, principalmente, ao uso de combustíveis fósseis e a mudanças nos usos da terra. Já os aumentos da concentração de metano e óxido nitroso são devidos, principalmente, às atividades da agropecuária.

A tabela seguinte fornece as concentrações dos principais gases de efeito estufa para o ano de 1750, período anterior à Revolução Industrial, e suas concentrações para 2005, indicando, alertando sobre como as atividades humanas vêm interferindo na atmosfera.

#### Níveis de GEE – antes da Revolução Industrial e atualmente

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Concentração pré-industrial (1750)	~280 ppm	~715 ppb	~270 ppb
Concentração em 2005	379 ppm	1774 ppb	3194 ppb
Tempo de vida na atmosfera (anos)	5 a 200 <sup>a</sup>	12 <sup>b</sup>	114 <sup>b</sup>

Fonte: IPCC, 2007

ppm – partes por milhão | ppb – partes por bilhão | ppt – partes por trilhão

<sup>a</sup> É complexa a definição do tempo de vida do CO<sub>2</sub> em função da existência de diversos processos de remoção.

<sup>b</sup> O tempo de vida tem sido definido como *adjustment time*, que leva em conta o efeito indireto do gás no seu próprio tempo de residência.

A média de temperatura da superfície da Terra começou a se elevar desde 1861, ano em que se passou a ter registros de temperatura mais confiáveis. Os estudos avaliados pelo IPCC apontam que, entre 1961 e 1990, houve uma elevação crescente da temperatura média global. Como pode ser observado na Figura 5.3, a partir de 1990 tem-se o registro da temperatura média global mais elevada, ou seja,

a ocorrência dos anos mais quentes se deu após esse período. O aquecimento médio da temperatura do planeta é inequívoco, como evidenciam as observações dos aumentos das temperaturas médias globais do ar e do oceano, do derretimento generalizado da neve e do gelo, bem como da elevação do nível médio do mar.

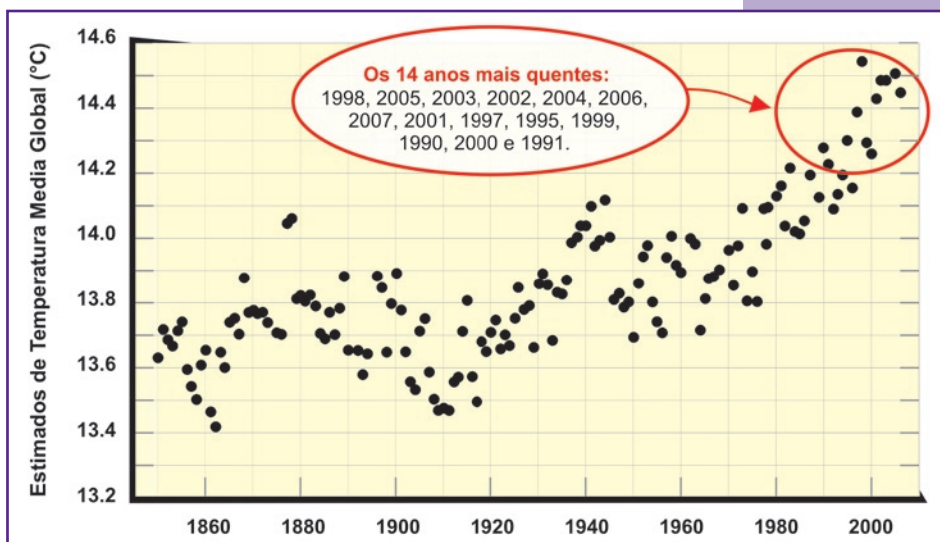


Figura 5.3. A temperatura na Terra variou, em média, 0,4°C, desde 1990. Também se constatou que a temperatura vem aumentando desde o período industrial, conforme se vê na representação acima. Nota-se que os 14 anos mais quentes foram registrados a partir de 1990.

Fourth Assessment Report (AR4), do Grupo de Trabalho I - The Physical Science Basis. (figura SM3, pp. 17).

## Constatações do século 20

O aquecimento da superfície ocorrido no século 20 foi de 0,6°C, com desvio para mais ou para menos de 0,2°C. Esse foi o maior nível de aquecimento registrado, em relação à média, nos últimos mil anos.

Em todo o mundo diversas constatações indicam que o clima está mudando. Dentre elas destacam-se:

### Temperatura

- Entre 1906 e 2005, o aumento da temperatura média global foi de 0,74°C.



Figura 5.4. No Hemisfério Norte, a temperatura aumentou mais do que em qualquer século dos últimos mil anos.

## Regime de chuvas

- A ocorrência de chuvas nos continentes aumentou de 5% a 10% no Hemisfério Norte e diminuiu em várias outras regiões (Oeste da África e partes do Mediterrâneo);
- A ocorrência de fortes chuvas aumentou nas latitudes médias do Hemisfério Norte;
- A frequência de secas severas no verão aumentou. Em algumas regiões da Ásia e da África, a frequência e a intensidade das secas severas aumentaram nas últimas décadas;
- Secas mais intensas e mais longas foram observadas sobre áreas mais amplas desde 1970, especialmente nos trópicos e subtropicais. O aumento do clima seco, juntamente com temperaturas mais elevadas e uma redução da precipitação (chuvas), contribuiu para as mudanças na seca.
- As mudanças nas temperaturas da superfície do mar e nos padrões de vento e a redução da neve acumulada e da cobertura de neve também foram relacionadas com as secas.
- A frequência dos eventos de precipitação extrema aumentou sobre a maior parte das áreas continentais, de forma

condizente com o aquecimento e os aumentos observados do vapor d'água atmosférico.



Dovile Cizaitė/Lituânia,  
Max Velsen/Alemanha e  
Ante Vekić/Croácia.  
<http://www.sxc.hu/>

Figura 5.5. Desde 1970, foram observadas secas mais intensas e mais longas, principalmente nos trópicos e subtropicais. No Hemisfério Norte, a ocorrência de chuvas aumentou de 5% a 10%.

## Nível do mar

- Houve um aumento de 12 cm a 22 cm do nível do mar.
- A taxa de aumento do nível do mar era de 1,8 mm por ano, no período de 1961 a 2003 e, entre 1993 e 2003, passou a ser de 3,1 mm por ano.

## Gelo e neve

- A espessura da camada de gelo no Ártico diminuiu 40% nas últimas décadas e está diminuindo 2,7% por década.
- A duração do gelo sobre rios e lagos diminuiu, em média, duas semanas nas latitudes médias do Hemisfério Norte.
- A extensão da camada de gelo no Ártico diminuiu entre 10% a 15% desde 1950, nos períodos de primavera e verão.
- Houve retração das geleiras não polares.
- Observações por satélite, feitas a partir da década de 1960, indicam diminuição da cobertura de neve, em média, em 10%.



Paul Caputo/Estados  
Unidos, Luiz Lopes/Brasil e  
Slovomir Ulicny/Eslováquia.  
<http://www.sxc.hu/>

Figura 5.6. A taxa de aumento do nível do mar quase dobrou em 20 anos, enquanto a espessura e a extensão da camada de gelo no Ártico vêm diminuindo.



Figura 5.7. Estudos apontam que plantas florescem mais cedo, insetos aparecem antes do tempo e corais estão passando por um processo de branqueamento.

## **Ecosistemas terrestres e biodiversidade**

- O período de crescimento das plantas no Hemisfério Norte aumentou de 1 a 4 dias por década nos últimos 40 anos.
- No Hemisfério Norte, as plantas estão florescendo mais cedo, as aves chegam antes e o acasalamento começa antes do previsto. Os insetos também aparecem mais cedo.
- Também no Hemisfério Norte, está ocorrendo o branqueamento de corais.

### ***El Niño***

- Aumentou a frequência, a permanência e a intensidade do fenômeno *El Niño* nas últimas décadas, se comparado com os últimos cem anos.

## **CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS FUTURAS**

Diante de informações já abordadas neste livro, você é capaz de imaginar quais seriam os desafios que a humanidade poderá enfrentar no decorrer deste século, por exemplo? Que cenários seriam vislumbrados? Cientistas do mundo inteiro vêm desenvolvendo estudos para responder a estes questionamentos. Para isso, eles elaboram cenários que representem, o mais fielmente possível, situações que poderão ser vividas no futuro, decorrentes do aquecimento global.

Você já deve ter noção de algumas das conseqüências do aquecimento global, tais como o derretimento das calotas polares,

o aumento do nível médio do mar e a inundação de regiões mais baixas, mas outras ocorrências poderão ser observadas. O IPCC apontou, por exemplo, que a evaporação nas regiões equatoriais poderá aumentar e, com isso, os sistemas meteorológicos, como furacões e tempestades tropicais, ficarão mais ativos. Adicionalmente, poderá ser maior a incidência de doenças tropicais, tais como malária, dengue e febre amarela.

As projeções das mudanças climáticas são feitas utilizando-se os chamados modelos climáticos. Estes modelos consideram que o estado da atmosfera é o resultado de complexas interações com todos os outros sistemas terrestres: oceanos, rios e lagos, relevo, cobertura de gelo e de vegetação, emissão de gases de forma natural e antropogênica etc.

O que os cientistas do IPCC fizeram, então? Utilizaram-se desses modelos, a partir de diferentes cenários de concentrações de gases de efeitos estufa, para fazer projeções. Os cenários de emissões elaborados pelo IPCC representam uma visão de diferentes possibilidades do desenvolvimento futuro da humanidade a partir de indicadores como crescimento populacional, desenvolvimento sócio econômico, mudanças de tecnologia e respectivas emissões de substâncias que têm efeitos radiativos potenciais, como GEE e aerossóis.

## **Descrevendo cenários**

Vejamos os cenários elaborados pelos especialistas do IPCC e suas características.

### **Cenário A1**

O contexto e a família de cenários A1 descrevem um mundo futuro de crescimento econômico muito rápido, com a população global atingindo o pico em meados do século 21 e declinando em seguida, e a rápida introdução de tecnologias novas e mais eficientes. As principais questões subjacentes são a melhoria no nível de formação em todo o planeta e o aumento

das interações culturais, sociais e comerciais, redução substancial nas diferenças regionais e na renda *per capita*. Neste cenário, ocorrem elevadas emissões.

A família de cenários A1 se desdobra em três grupos que descrevem direções alternativas da mudança tecnológica no sistema energético, ou seja, adoção de diferentes tecnologias de geração e uso de energia.

Os três grupos A1 distinguem-se por sua ênfase tecnológica: i) intensiva no uso de combustíveis fósseis; ii) fontes energéticas não-fósseis; ou iii) um equilíbrio entre todas as fontes.

## **Cenário A2**

O contexto e a família de cenários A2 descrevem um mundo muito heterogêneo. O tema subjacente é a auto-suficiência e a preservação das identidades locais. Os padrões de fertilidade entre as regiões convergem muito lentamente, o que acarreta um aumento crescente da população. O desenvolvimento econômico é orientado primeiramente para a região e o crescimento econômico *per capita* e a mudança tecnológica são mais fragmentados e mais lentos do que nos outros contextos. Neste cenário, também ocorrem elevadas emissões.

## **Cenário B1**

O contexto e a família de cenários B1 descrevem um mundo com o pensamento orientado no sentido de reduzir as emissões de GEE. A população atinge o pico em meados do século 21 e declina em seguida, como no cenário A1, mas com uma mudança rápida nas estruturas econômicas em direção a uma economia de serviços e informação, com reduções da intensidade material, ou seja, menos matéria-prima na produção de bens e serviços, e um maior uso de tecnologias limpas e eficientes. A ênfase está nas soluções globais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental, considerando a responsabilidade de cada região econômica. Neste cenário, ocorrem baixas emissões.



## Cenário B2

O contexto e a família de cenários B2 descrevem um mundo em que a ênfase está nas soluções locais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental. É um mundo em que a população global aumenta continuamente, a uma taxa inferior à do A2, com níveis intermediários de desenvolvimento econômico e mudança tecnológica menos rápida e mais diversa do que nos contextos A1 e B1. O cenário também está orientado para a proteção ambiental e a equidade social, mas seu foco são os níveis local e regional. Neste cenário, também ocorrem baixas emissões.

## Uma perspectiva do futuro

As projeções de aumento de CO<sub>2</sub> indicam que, ao final do século 21, se for adotado um cenário de baixas emissões, a concentração de CO<sub>2</sub> ficará em torno de 550 ppmv, ou 0,055%.

Os cenários projetados pelo IPCC para este século indicam que a temperatura média do planeta continuará subindo. Os limites preocupam: no mínimo mais 1,8°C e, no máximo, cerca de 4°C. As projeções indicam um maior número de dias quentes e ondas de calor em todas as regiões continentais.

Além disso, dias com geadas e ondas de frio podem se tornar menos frequentes.

Pode haver, ainda, um aumento da frequência e da intensidade da precipitação em diversas regiões, sobretudo nas regiões tropicais. Há também projeções de secas generalizadas em regiões continentais durante o verão.

A retração geral dos glaciares e de capas de gelo continuará durante o século 21 e a capa de neve e o gelo marinho do Hemisfério Norte continuará diminuindo. Entretanto, há um amplo consenso de que é pouco provável que, durante

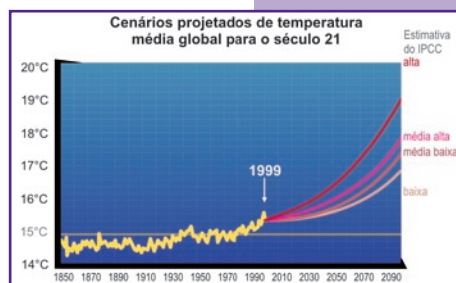


Figura 5.8. As estimativas analisadas pelo IPCC mostram que, no século 21, a temperatura média do planeta aumentará 1,8°C, em um cenário de baixas emissões, podendo chegar a 4°C no cenário de altas emissões.

o século 21, ocorra perda de gelo continental antártico que determine um aumento importante do nível do mar.

O aumento do nível médio relativo do mar implicará distintas conseqüências para a pesca, agricultura, navegação, proteção costeira, produtividade biológica e biodiversidade, dependendo da região geográfica.

O aquecimento global pode provocar mudanças nos ecossistemas terrestres com alterações nos padrões globais da vegetação. Estudos recentes indicam que, ao contrário da maioria das atividades humanas, ecossistemas naturais terão maior dificuldade de adaptação se as mudanças climáticas ocorrerem no curto intervalo de algumas décadas.

Os resultados de estudos monitorados pelo IPCC indicam que as mudanças climáticas vão influenciar o mundo todo. Ecossistemas costeiros e ribeirinhos, em áreas sob influência das marés, poderão ser profundamente alterados com uma rápida elevação do nível do mar. A agricultura e a geração de hidroeletricidade poderão ser afetadas por mudanças na distribuição das chuvas ou na ocorrência de períodos secos extensos.

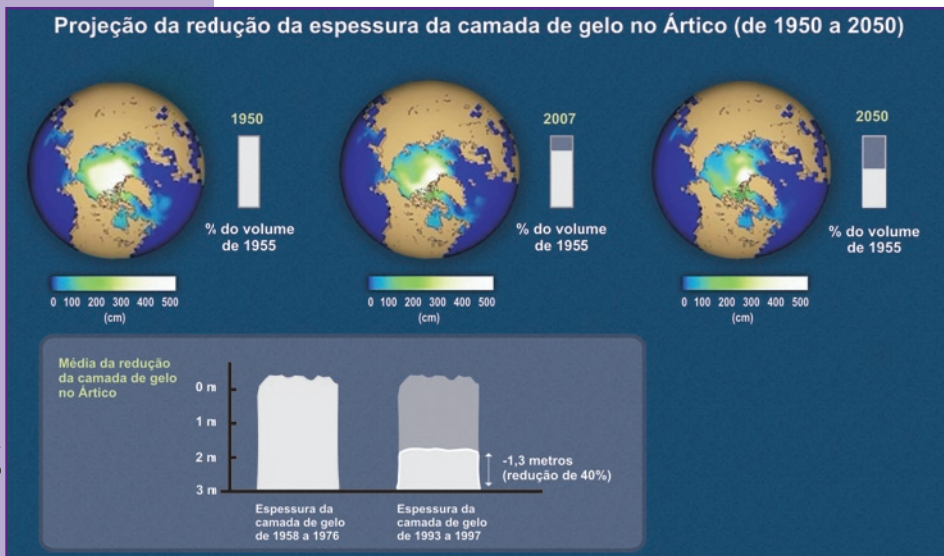


Figura 5.9. Os estudos indicam que a espessura do gelo no Ártico diminuiu 40% nas últimas décadas. A média de redução da espessura do gelo no Ártico, por década, é de 2,7%.

O aquecimento global poderá provocar um derretimento das calotas polares, com aumento do nível médio do mar e inundação de regiões mais baixas. A evaporação nas regiões equatoriais irá aumentar e, com isto, os sistemas meteorológicos, como furacões e tempestades tropicais, ficarão mais ativos. Além disso, deverá haver um aumento da incidência de doenças tropicais como malária, dengue e febre amarela.

## Temperatura

As projeções do IPCC quanto ao aquecimento médio global da superfície para o final do século 21 (2090-2099), em comparação com os dados relativos a 1980-1999, são apresentadas na tabela a seguir. Foram feitas simulações com diferentes níveis de emissões. A melhor estimativa para o cenário de baixo nível de emissão é de uma temperatura média de 1,8°C, podendo variar na faixa de 1,1°C a 2,9°C. Já a melhor estimativa para o cenário de alto nível de emissão é de temperatura média de 4°C, podendo variar na faixa de 2,4°C a 6,4°C.

PROJEÇÃO DO AQUECIMENTO MÉDIO GLOBAL DA SUPERFÍCIE NO SÉCULO 21		
Caso	Mudança de temperatura (°C em 2090-2099)	
	Melhor estimativa	Faixa provável
Concentrações constantes do ano 2000	0,6	0,3 – 0,9
Cenário B1	1,8	1,1 – 2,9
Cenário A1T	2,4	1,4 – 3,8
Cenário B2	2,4	1,4 – 3,8
Cenário A1B	2,8	1,7 – 4,4
Cenário A2	3,4	2,0 – 5,4
Cenário A1F1	4,0	2,4 – 6,4

Para as próximas duas décadas, projeta-se um aquecimento de cerca de 0,2°C, por década, para uma faixa de cenários de emissões de gases de efeito estufa. Mesmo que as concentrações de todos os GEE e aerossóis se mantivessem constantes nos níveis do ano 2000, seria esperado um aquecimento adicional de cerca de 0,1°C por década.



### Amplitude da temperatura

ou térmica: diferença entre a temperatura máxima e a mínima, num dado intervalo de tempo. Na referência do texto, é a diferença entre a máxima e a mínima num período de 24 horas.

As projeções dos modelos indicam variações do clima em diversas escalas. Como a forçante radiativa do sistema climático muda – ou seja, a influência dos raios solares –, o continente aquece mais rapidamente do que os oceanos, e há um maior aquecimento relativo em altas latitudes.

As projeções dos modelos indicam um menor aumento da temperatura do ar próximo da superfície, no Atlântico Norte e na região circumpolar sul, em relação à média global. Pode haver ainda um decréscimo na **amplitude da temperatura** diurna em muitas áreas. A maior parte dos modelos mostra um decréscimo da amplitude diurna da temperatura do ar próximo à superfície, no inverno, e um aumento no verão, em regiões continentais do Hemisfério Norte. Com o aumento da temperatura, a cobertura de neve e a área de gelo sobre o mar poderão diminuir, sobretudo no Hemisfério Norte.

Se as tendências de crescimento das emissões se mantiverem, os modelos climáticos apontam o provável aquecimento de até 8°C em algumas regiões do globo até o final do século 21, conforme se pode verificar na Figura 5.10. Conclui-se que, mesmo no cenário de baixas emissões de GEE, as projeções dos diversos modelos do IPCC indicam aumento da temperatura, sobretudo no Hemisfério Norte, mesmo no período entre 2020 e 2029.

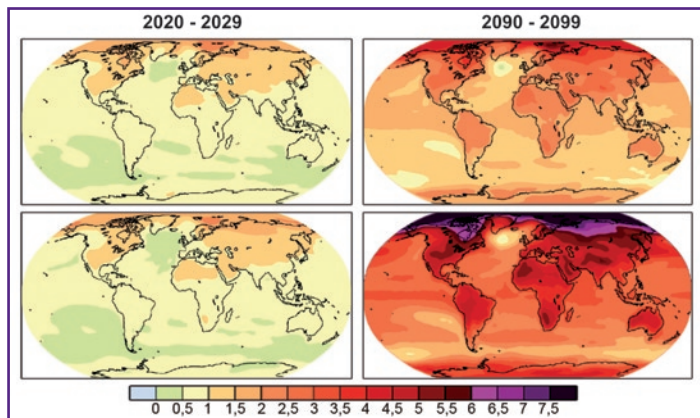


Figura 5.10. Projeções de mudança de temperatura para os períodos de 2020-2029 e de 2090-2099, nos cenários de baixas (figuras superiores) e de altas (figuras inferiores) emissões, a partir dos modelos de circulação geral da atmosfera e dos oceanos.

Adicionalmente, o aquecimento global diminui a capacidade do oceano de retirar o gás carbônico da atmosfera, ou seja, uma maior fração de emissões antrópicas permanece na atmosfera.

As projeções mostram a possibilidade de ocorrer um maior número de dias quentes e ondas de calor em todas as regiões continentais, especialmente em regiões onde a umidade do solo vem diminuindo. Há ainda projeções de aumento da temperatura mínima diária em todas as regiões continentais, principalmente onde houve retração de neve e de gelo.

Além disso, dias com geadas e ondas de frio podem se tornar menos frequentes. As projeções de mudanças da temperatura do ar próximo à superfície e na umidade da superfície podem resultar num aumento da sensação térmica, que é uma medida dos efeitos combinados da temperatura e da umidade.

## Regime de chuvas

Há ainda muita incerteza em relação às possíveis mudanças na precipitação pluviométrica em nível regional. Pelas projeções do quarto relatório do IPCC, vemos que é muito provável um aumento da quantidade de chuva nas altas latitudes, enquanto reduções são prováveis na maior parte das regiões terrestres subtropicais, numa proporção de até 20%, no cenário de baixas emissões.



Figura 5.11. Pelas projeções, as chuvas deverão aumentar em até 20% nas áreas localizadas nas altas latitudes.

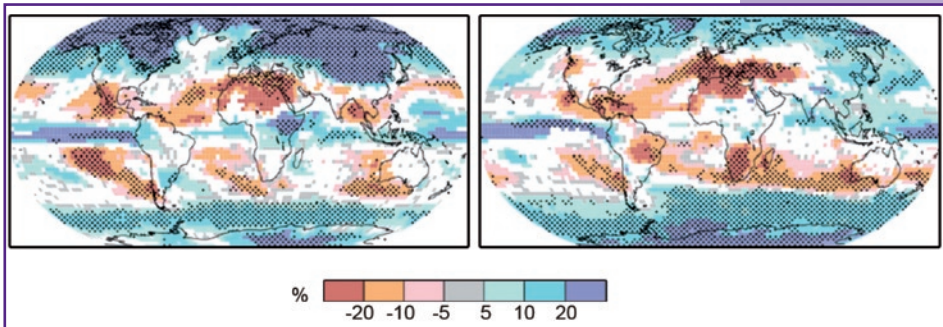


Figura 5.12. Mudanças prováveis no volume de chuva, no final do século 21 (2090-2099), em relação ao final do século 20 (1980-1999), para o verão (esquerda) e inverno (direita), projetadas em um cenário de altas emissões (A1B). As áreas brancas são onde menos de 66% dos modelos concordam com o sinal da mudança.

André Silva (AEB/  
Programa AEB Escola).

Fourth Assessment Report (AR4), do  
Grupo de Trabalho I – The Physical  
Science Basis. (figura SM6, pp. 20).



### Precipitações

**monçônicas:** chuvas que ocorrem sobre terra firme, provocadas por mudanças na direção do vento e pela diferença de temperatura entre os mares e as regiões continentais. As chuvas monçônicas ocorrem em regiões tropicais e subtropicais.

As projeções também mostram que é muito provável haver um aumento da intensidade da precipitação em diversas regiões, sobretudo na região tropical. Pode haver ainda secas generalizadas em regiões continentais, durante o verão. É possível que os ciclones tropicais futuros (tufões e furacões) sejam mais intensos, com precipitações e ventos mais fortes, associados com o aumento da temperatura do mar tropical.

## Nível do mar

Muitos modelos mostram um aumento da temperatura da superfície do mar na região do Pacífico próxima à Linha do Equador, o que sugere uma situação futura de *El Niño* quase permanente. As projeções indicam um pequeno aumento da amplitude de episódios *El Niño* nos próximos cem anos. Também é provável que o aquecimento vinculado com o aumento da concentração de GEE acentue a variabilidade das **precipitações monçônicas** na Ásia.

A retração geral dos glaciares e capas de gelo continuará durante o século 21. Projeta-se que a capa de neve e o gelo marinho do Hemisfério Norte continuarão diminuindo. Poderá haver também aumentos generalizados na profundidade do derretimento na maior parte das regiões de *permafrost* (solo e subsolo permanentemente congelados).

O gelo no Ártico e na Antártica deve diminuir e, pelas projeções mais pessimistas, estima-se que desaparecerá no Ártico no fim do verão, a partir da segunda metade do século 21.

De uma forma global, o aumento do nível médio do mar nas áreas costeiras, principalmente, por causa do derretimento de calotas polares e geleiras continentais, representa importante impacto em termos sócio-econômicos e ecológicos. As projeções apontam para uma elevação do nível médio do mar de 18 cm a 59 cm, entre 1990 e 2100.

## Ecossistemas terrestres e biodiversidade

O aquecimento global pode provocar mudanças nos ecossistemas terrestres, a começar com alterações nos padrões

globais da vegetação. Estudos recentes indicam que ecossistemas naturais não apresentam grande capacidade de adaptação à magnitude das mudanças climáticas, se estas ocorrerem no curto intervalo de décadas. Os ecossistemas só têm capacidade de adaptar-se às mudanças climáticas que ocorrem na escala de muitos séculos a milênios.

É provável que a **resiliência** de muitos ecossistemas seja ainda mais pressionada neste século por uma combinação, sem precedentes, de mudanças do clima, perturbações associadas a inundações, secas, incêndios florestais, proliferação de insetos, acidificação dos oceanos, ou ainda outros fatores, tais como mudanças no uso da terra, poluição ou exploração excessiva dos recursos.

Para elevações da temperatura média global que ultrapassarem de 1,5°C a 2,5°C, com os correspondentes aumentos das concentrações de CO<sub>2</sub> na atmosfera, projeta-se que haja grandes mudanças nos ecossistemas, inclusive nas distribuições geográficas das espécies, com conseqüências negativas para a biodiversidade, bens e serviços ambientais, como, por exemplo, a oferta de água e alimento.

## Produção agrícola e pesca

Pelas projeções, em caso de aumentos da temperatura local média de 1°C a 3°C, a produtividade das culturas pode aumentar levemente nas latitudes médias a altas, dependendo da cultura. Em contrapartida, a produtividade deve diminuir em algumas regiões.

*Se os aumentos da temperatura média global ultrapassarem 2,5°C, é provável que aumente o risco de extinção de aproximadamente 20% a 30% das espécies vegetais e animais avaliadas até agora.*

Nas latitudes mais baixas, próximas à Linha do Equador – em especial nas regiões que convivem sazonalmente com períodos de seca –, e nas regiões tropicais, a projeção é de que a produtividade das culturas diminua, mesmo que



### **Resiliência:**

capacidade de suportar perturbações ambientais, de manter a estrutura e padrão geral de comportamento, quando modificada sua condição de equilíbrio. Sistemas mais resilientes são aqueles que podem retornar à sua condição original de equilíbrio após modificações consideráveis.



a temperatura registre aumentos leves, de 1°C a 2°C, pondo em risco a segurança alimentar.

Nessas regiões, a produção agrícola local, principalmente os setores de subsistência, pode ser afetada com o aumento na frequência de secas e inundações.

Para a pesca, os efeitos das alterações no clima estão relacionados a mudanças na distribuição e na reprodução de determinadas espécies de peixes, com impacto no cultivo de diversos organismos aquáticos, tais como peixes, moluscos, crustáceos, entre outros.



Figura 5.13. A produção agrícola pode ser afetada com o aumento da frequência de secas e inundações.

## Sistemas costeiros e áreas de baixa altitude

O litoral pode ficar exposto a maiores riscos, inclusive à erosão, em consequência das mudanças do clima e da elevação do nível do mar. Os corais, estruturas vivas muito vulneráveis ao estresse térmico e com baixa capacidade de adaptação, também podem sofrer consequências do aquecimento global. Projeta-se que os aumentos na temperatura da superfície do mar, numa faixa entre 1°C e 3°C, provoquem eventos mais frequentes de branqueamento de corais e mortalidade generalizada.

Nas áreas litorâneas, nos pântanos salgados e nos manguezais, a projeção é de que a elevação do nível do mar provoque diversos danos, tais como perda de área produtiva e habitável, e significativos impactos na biodiversidade.



Em razão do aumento do nível do mar, até a década de 2080, projeta-se que milhares de pessoas sejam atingidas por inundações. As áreas litorâneas densamente povoadas e de baixa altitude correm mais riscos. Maior número de pessoas seriam afetadas nos grandes **deltas** da Ásia e da África. Pequenas ilhas, nesse contexto, também são igualmente vulneráveis.

Ocupações localizadas em planícies de inundação costeira ou próximas de rios, e mesmo aquelas cujas economias estejam intimamente relacionadas com recursos sensíveis ao clima, são mais vulneráveis. Populações que habitam áreas propensas a eventos climáticos extremos, especialmente onde esteja ocorrendo rápida urbanização, são igualmente vulneráveis.

Por terem capacidade de adaptação mais limitada e por serem mais dependentes dos recursos sensíveis ao clima, as comunidades mais pobres são, certamente, ainda mais suscetíveis aos efeitos das mudanças climáticas.

## Saúde

As mudanças do clima podem afetar a saúde de milhões de pessoas, em especial aquelas com baixa capacidade de adaptação e/ou residentes em áreas de alta vulnerabilidade. Dentre as possíveis ocorrências, pode-se destacar:

- a. o aumento da subnutrição e de disfunções conseqüentes, com implicações no crescimento e desenvolvimento infantil;
- b. o aumento de mortes, doenças e ferimentos por causa das ondas de calor, inundações, tempestades, incêndios e secas;
- c. o aumento das conseqüências negativas da diarreia;
- d. a mudança e ampliação dos locais de ocorrência de vetores de doenças infecciosas, como bactérias e vírus, com a conseqüente intensificação de seus registros.

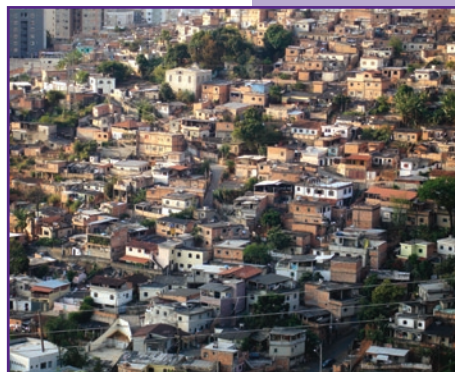


Figura 5.14. Comunidades pobres são as mais vulneráveis e também as mais suscetíveis aos efeitos das mudanças climáticas.

Antonio Filho - Brasil. <http://www.sxc.hu/>



**Delta:** foz de um rio em forma de leque ou triângulo. Pela grande quantidade de sedimentos que aparece na foz e pela baixa declividade do rio, o delta avança em direção ao mar, provocando o aparecimento de vários canais e ilhas.

## IMPACTOS NA AMÉRICA LATINA

O IPCC também avaliou os efeitos das mudanças climáticas por regiões e, na América Latina, região com países em desenvolvimento e economia preponderantemente agrícola, prevê-se, nas áreas mais secas, que as mudanças do clima acarretem a salinização e a desertificação das terras cultivadas. A produtividade de algumas culturas importantes, bem como da pecuária, pode diminuir, com conseqüências adversas para a segurança alimentar. Nas zonas temperadas, no entanto, projeta-se um aumento, por exemplo, das safras de soja.

Até meados do século, poderá haver uma substituição gradual da floresta tropical por **savana** no leste da Amazônia, em função do aumento de temperatura e à correspondente redução da água no solo. A vegetação semi-árida tenderá a ser substituída por vegetação de terras áridas. Há um risco de perda significativa de biodiversidade por causa da extinção de espécies em muitas áreas da América Latina tropical.

À substituição da floresta tropical por savanas dá-se o nome de savanização, o que não significa que a floresta esteja se transformando numa savana original, tal como se tem na África, ou no Cerrado, que temos no Brasil. Em termos de biodiversidade, o Cerrado é a savana mais rica do mundo e, quando a floresta está em processo de savanização, é como se fosse um processo de empobrecimento do ponto de vista biológico, ou seja, a floresta dá lugar a uma savana mais pobre.

Além disso, o nível do mar na região também pode provocar maior risco de inundações nas áreas de baixa altitude. Tendo em vista os possíveis aumentos da temperatura da superfície do mar, é possível a ocorrência de efeitos adversos nos recifes de corais e mudanças na localização dos estoques de peixes do sudeste do Pacífico.

Projeta-se que as mudanças nos padrões de precipitação e diminuição, ou mesmo o desaparecimento, das geleiras na região afetem de forma significativa a disponibilidade de água para o consumo humano, a agricultura e a geração de energia.



**Savanas:** planícies tropicais cobertas por gramíneas e árvores esparsas, onde as estações são bem definidas, uma chuvosa e a outra seca.

No Brasil, a vegetação conhecida como Cerrado encaixa-se na definição. Ocorre também no leste da África.

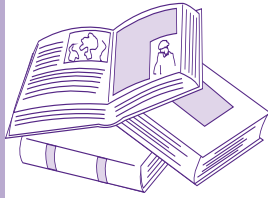
## CONCLUINDO

A busca para entender até que ponto a ação humana vem colaborando para o aquecimento global compreende algo mais do que o registro de emissões de gases de efeito estufa, estudos climáticos e projeções para o futuro. Os cientistas vão além e voltam ao passado para tentar compreender como era a atmosfera em tempos remotos e, aí sim, comparar e medir, com maior clareza, o nível da influência humana nas mudanças climáticas.

Há pesquisadores que questionam a influência humana na mudança do clima. Todavia, os estudos sobre o clima e seu comportamento ao longo dos anos têm se intensificado e, não raro, têm mostrado que o nível do mar vem aumentando, que as geleiras vêm diminuindo e que a temperatura média do planeta tem subido desde que se registram as primeiras atividades industriais.

Pelos relatórios do IPCC, vemos que o clima vem sofrendo mudanças. E, quando se estuda os dados guardados na memória paleontológica da Terra, fica cada vez mais claro que as mudanças do clima não estão restritas a processos naturais. Têm a ver também com o uso dos recursos naturais como fonte de energia ou matéria-prima, ou também pelos usos da terra.

Evidências científicas e a ocorrência de fenômenos climáticos extremos em maior frequência fundamentam as conclusões dos pesquisadores de que as atividades humanas têm relação direta com o aquecimento global recente. Ainda assim, mais estudos são necessários para um maior entendimento das influências das atividades humanas no processo do aquecimento global.



## LEITURA COMPLEMENTAR

### OS CONTINENTES E OS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

No relatório mais recente do Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima (IPCC), de 2007, há uma síntese das mudanças projetadas para o final do século 21, em regiões continentais como África, Ásia, Oceania, Europa e América do Norte, e também para regiões polares e pequenas ilhas.

A região onde se localiza um país e suas condições sócioeconômicas são determinantes para avaliar sua vulnerabilidade aos efeitos das mudanças climáticas. Países mais pobres mostram-se mais vulneráveis em virtude de sua baixa capacidade de adaptação.

#### África

Os estudos indicam que a África é um dos continentes mais vulneráveis à variabilidade e às mudanças do clima por causa da sua baixa capacidade de adaptação. Até 2020, projeta-se que entre 75 milhões e 250 milhões de pessoas sejam

expostas a uma maior escassez de água por causa das mudanças climáticas. Se conjugada com um aumento da demanda, essa escassez afetará substancialmente os meios de subsistência e acentuará os problemas relacionados com a água.

Prevê-se que a produção agrícola, inclusive o acesso aos alimentos, em muitos países desse continente, fique seriamente comprometida. Pode haver



Figura 5.15. A baixa capacidade de adaptação faz da África um dos continentes mais vulneráveis à variabilidade e às mudanças do clima.

uma redução em torno de 50%, até 2020, da produção da agricultura de sequeiro, ou seja, sem irrigação artificial.

Projeta-se uma possível redução da área adequada à agricultura, da duração das épocas de cultivo e do potencial de produção, principalmente ao longo das margens das áreas semi-áridas e áridas. Isso acentuaria os efeitos adversos na segurança alimentar e exacerbaria a má nutrição no continente.

Com o provável aumento das temperaturas da água em grandes lagos, estima-se a redução dos recursos pesqueiros e, conseqüentemente, da oferta local de alimento. Um aumento da demanda por peixes, em função do crescimento populacional, tornará maior a probabilidade de sua escassez.

Outros efeitos projetados para o continente estão relacionados ao nível do mar, cuja elevação, em período próximo ao final do século 21, pode afetar as áreas costeiras de baixa altitude, em geral as mais populosas. Os manguezais e recifes de corais seriam ainda mais degradados, com conseqüência adicional para a pesca e o turismo.

Nesse continente, os estudos apontam que o custo da adaptação aos efeitos das mudanças climáticas poderia comprometer de 5% a 10% do Produto Interno Bruto (PIB) de seus países.

## Ásia

As mudanças climáticas poderão afetar a adoção de medidas voltadas ao desenvolvimento sustentável, na maior parte dos países em desenvolvimento da Ásia, uma vez que a elas se somariam as pressões sobre os recursos naturais e o meio ambiente, a rápida urbanização, a industrialização e outras ações relacionadas ao desenvolvimento econômico.

A redução na disponibilidade de água doce no centro, sul, leste e sudeste



Figura 5.16. Pelas projeções, os recursos hídricos no continente asiático poderão ser consideravelmente afetados nas próximas duas ou três décadas.

Laxman Burdak  
<http://www.wikipedia.org/>

da Ásia, especialmente em grandes bacias fluviais, juntamente com o aumento da população e a crescente demanda decorrente de padrões mais altos de consumo, poderá afetar mais de um bilhão de pessoas até 2050.

Além disso, os recursos hídricos poderão ser consideravelmente afetados nas próximas duas ou três décadas, com o derretimento das geleiras do Himalaia, já que o fenômeno poderá aumentar as inundações e as avalanches de pedras de encostas desestabilizadas. A isso, se seguirá a redução dos fluxos dos rios à medida que as geleiras diminuam.

Nas regiões mais densamente povoadas, nas áreas costeiras, especialmente aquelas localizadas onde estão os grandes deltas no sul, leste e sudeste da Ásia, haverá maior risco com o aumento das inundações do mar e, em alguns casos, também com inundações dos rios.

As safras poderão aumentar em até 20% no leste e no sudeste do continente, ao passo que poderão diminuir em até 30% no centro e no sul, até meados do século 21. Nesse caso, haverá risco à segurança alimentar, já influenciado pelo aumento da população e da rápida urbanização.

Por conta da possibilidade de inundações e secas no leste, no sul e no sudeste, prevê-se o aumento da morbidade e da mortalidade endêmicas decorrentes da diarreia. Os aumentos da temperatura da água no litoral podem elevar a toxicidade da cólera no sul da Ásia, bem como a ocorrência da doença.

## Oceania

A região tem uma capacidade substancial de adaptação por causa das economias bem desenvolvidas e do seu nível de conhecimento técnico e científico. Mesmo assim, os desafios são grandes diante das possíveis ocorrências de eventos extremos.

Pode, por exemplo, haver uma perda significativa de biodiversidade até 2020, em alguns locais ecologicamente ricos, inclusive na Grande Barreira de Corais e nos Trópicos Úmidos de Queensland (Austrália). Outros locais ameaçados são

o sudoeste da Austrália, as terras úmidas de Kakadu (norte do país), as ilhas sub-antárticas e as áreas alpinas da Austrália e da Nova Zelândia.

As projeções indicam que haverá problemas na disponibilidade e abastecimento de água, que se intensificarão até 2030, em consequência da redução das chuvas e do aumento da evaporação, no sul e no leste da Austrália, e em algumas regiões da Nova Zelândia, no leste e em partes do norte.

O desenvolvimento e o crescimento populacional que ocorrem no litoral de áreas como Cairns e sudeste de Queensland (Austrália), e de Northland até a Baía da Plenitude (Nova Zelândia), podem levar a um quadro tal, relativo aos recursos hídricos e ao clima como um todo, que, muito provavelmente, levará ao aumento dos riscos de elevação do nível do mar, da severidade e da frequência das tempestades, e também das inundações costeiras, até 2050.

Em razão do aumento estimado das secas e dos incêndios, projeta-se que as produções da agricultura e da silvicultura sofram uma queda, até 2030, na maior parte do sul e do leste da Austrália e em partes do leste da Nova Zelândia. Em contrapartida, nas áreas ao oeste e ao sul da Nova Zelândia, e também nas próximas aos maiores rios, projetam-se benefícios, porque pode haver uma época de cultivo mais longa, menos geadas e mais chuvas.

## Europa

Prevê-se que quase todas as regiões da Europa sejam afetadas negativamente por alguns impactos futuros das mudanças do clima, os quais representarão desafios para muitos setores econômicos. As diferenças regionais nos recursos e ativos naturais desse continente podem aumentar. Os impactos negativos envolvem um maior risco de inundações



Figura 5.17. Prevê-se que os eventos que podem advir das mudanças climáticas nos países da Oceania serão extremos, o que pode levar a situações preocupantes ainda que as economias do continente sejam desenvolvidas e possuam considerável conhecimento técnico e científico.

repentinamente no interior do continente, inundações mais frequentes no litoral e aumento da erosão. Esses eventos teriam relação com as tempestades e a elevação do nível do mar.

A maior parte dos organismos e ecossistemas terá dificuldade de se adaptar às mudanças climáticas. As áreas montanhosas enfrentarão retração das geleiras, redução da cobertura de neve e extensas perdas de espécies.

Pela primeira vez, nos estudos avaliados pelo IPCC, foi documentada uma vasta gama de impactos das mudanças do clima atuais no continente. Já se comprova que há retração de geleiras, épocas de cultivo mais longas, deslocamento da distribuição das espécies e impactos na saúde decorrentes de ondas de calor.

No sul da Europa, por exemplo, uma região já vulnerável à variabilidade climática, pode haver aumento na temperatura e ocorrência de secas, o que levaria à redução da disponibilidade de água, do potencial de geração

hidrelétrica e da produtividade agrícola. Projeta-se, ainda, que aumentem os riscos à saúde por causa das ondas de calor e à frequência dos incêndios florestais.

No centro e no leste da Europa, é possível que a precipitação no verão diminua, provocando maiores tensões relacionadas com o abastecimento de água. Prevê-se uma queda na produtividade florestal e um aumento da frequência de incêndios em áreas de turfa.

No norte da Europa, as mudanças do clima podem, inicialmente, provocar efeitos mistos. Podem até mesmo ocorrer benefícios, tais como a redução da necessidade de usar aquecimento artificial nas casas, o aumento das safras e do crescimento florestal. Entretanto, à medida que as mudanças climáticas continuarem ocorrendo, é provável que os impactos negativos se sobreponham aos benefícios. Dentre



Figura 5.18. Uma das conseqüências previstas para o continente europeu será a retração de geleiras e da cobertura de neve. Poderá haver também extensas perdas de espécies.



esses impactos, projetam-se inundações mais frequentes durante o inverno, ecossistemas ameaçados e aumento da instabilidade do solo.

## América do Norte

É possível que a produção agrícola de sequeiro, ou seja, sem irrigação artificial, aumente de 5% a 20% nas primeiras décadas do século, com a mudança moderada do clima. Culturas que já estão vivenciando o limite máximo de calor adequado à sua espécie, ou que dependem do uso intensivo de recursos hídricos, poderão sofrer mais.

Além disso, pode ser que perturbações provocadas por pragas, doenças e incêndios tenham impactos crescentes nas florestas, com um período mais longo de riscos de incêndios e grandes aumentos da área queimada.

O aquecimento nas montanhas do Ocidente poderá provocar redução da camada de neve, mais inundações no inverno e uma redução dos fluxos no verão, tornando ainda mais crítica a competição por recursos hídricos já usados em excesso.

Prevê-se que mais ondas de calor acometam cidades que atualmente já enfrentam o problema. Elas podem ser mais intensas e durar mais tempo ao longo deste século, com potencial de impactos negativos na saúde.



Figura 5.19. Na América do Norte, idosos e sem-teto são os mais vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas. Em 2007, por exemplo, numa forte onda de calor que acometeu os Estados Unidos, foram contabilizadas cerca de 40 mortes em função das altas temperaturas.

Cory Copeland. <http://www.sxc.hu/>

## Regiões polares

Os principais efeitos biofísicos projetados para as regiões polares são as reduções na espessura e extensão das geleiras e mantos de gelo. Mudanças nos ecossistemas naturais podem apresentar efeitos danosos em muitos organismos, inclusive nos pássaros migratórios, mamíferos e predadores



Figura 5.20. A infra-estrutura das comunidades humanas que habitam no Ártico pode sofrer os impactos resultantes de mudanças nas condições da neve e do gelo, projetados para o continente.

mais altos na cadeia alimentar. Em ambas as regiões polares, projeta-se que os ecossistemas e os *habitats* específicos fiquem mais vulneráveis à medida que diminuem as barreiras climáticas às invasões das espécies.

Para as comunidades humanas do Ártico, projeta-se que os impactos, especialmente os resultantes de mudanças nas condições da neve e do gelo, sejam mistos. Entre os im-

pacos prejudiciais, estariam os que afetam a infra-estrutura e as formas de vida indígenas tradicionais. Entre os benéficos, estariam a redução dos custos com o aquecimento artificial e o surgimento de mais rotas navegáveis no Mar do Norte.

Essas comunidades já estão se adaptando às mudanças do clima, embora fatores externos e internos desafiem sua capacidade de adaptação, fazendo com que sejam necessários investi-

mentos substanciais para adaptar ou realocar as estruturas físicas e as comunidades.

## Pequenas ilhas

As pequenas ilhas, localizadas nos trópicos ou em latitudes mais altas, têm características que as tornam especialmente vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas, tais como a elevação do nível do mar e os eventos extremos.

Prevê-se que a deterioração das condições costeiras, como a erosão das praias e o branqueamento dos corais, afete os recursos locais, como, por exemplo, os criatórios de peixes, reduzindo o valor desses locais para o turismo.

Com a provável elevação do nível do mar, é possível que aumentem as inundações, as marés de tempestade, a erosão e a ocorrência de outros riscos costeiros. Isso ameaçaria a infra-estrutura vital dessas ilhas e de seu entorno, os assentamentos

humanos e as instalações que propiciam os meios de subsistência das comunidades.

Os recursos hídricos em muitas ilhas pequenas do Caribe e do Pacífico, por exemplo, podem sofrer redução, até meados do século. Essa redução pode se dar até o ponto em que a disponibilidade hídrica se torne insuficiente para atender à demanda durante os períodos de pouca chuva.

Com temperaturas mais elevadas, prevê-se o aumento da invasão por espécies vegetais não nativas, em especial nas ilhas de latitudes média e alta.

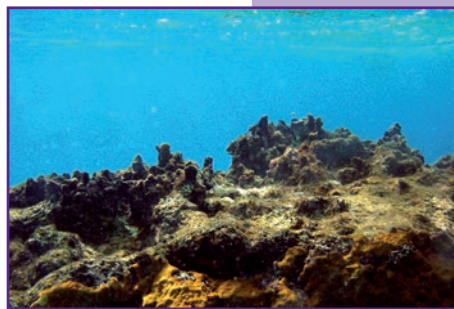


Figura 5.21. Erosão e branqueamento de corais podem ocorrer nas pequenas ilhas dos trópicos e de latitudes mais altas. Como consequência, haverá prejuízo para os criatórios de peixes e o turismo local poderá ser afetado.

Juan Manuel Moreno.  
<http://www.sx.chu/>



## ATIVIDADES

### OLHANDO PARA O PASSADO

Giovanni Dolif Neto (Inpe) e Maria Emília Mello Gomes (AEB/Programa AEB Escola).

#### Apresentação

Por toda parte, ao nosso redor, há evidências de que o clima era diferente no passado, mesmo que nem sempre seja fácil encontrar essas evidências. Barreiras de corais, por exemplo, surgem apenas em águas muito claras, entre 10 m e 60 metros de profundidade, onde a temperatura da água nunca cai abaixo dos 20°C. Por ser muito duro, o coral morto geralmente é preservado. Portanto, se você encontra um fóssil de coral, pode ter certeza de que ali uma vez o mar foi quente e raso.

Grãos de pólen de plantas podem sobreviver por milhares de anos. A descoberta de pólen de origem de plantas alpinas em regiões que agora possuem um clima ameno indica que ali o clima já foi muito mais frio. Besouros também precisam de condições muito específicas para viver e as suas duras carapaças são geralmente preservadas no solo. Para voltar atrás dezenas ou centenas de milhares de anos, os cientistas analisam bolhas de ar preservadas nas camadas de gelo polar.

#### Objetivo

Entender como funciona o processo de investigação de climas passados.

#### Sugestão de problematização

Existem duas formas de oxigênio mais importantes, O-16 e O-18. Condições mais frias aumentam a proporção de O-18 na água e, portanto, analisar O-18 em camadas antigas de

gelo permite aos cientistas diferenciar verões de invernos e calcular as temperaturas do passado. Perfurando o gelo através de camadas de milhares de anos, os cientistas podem descobrir como eram os climas passados. Como funciona essa técnica? É isso que vamos ver nesse experimento.

## Materiais

- 1 estilete
- 1 caixa de massas de modelar
- 1 canudo grosso



Acervo AEB.

## Procedimentos

Figura 5.22. Materiais.

1. Faça discos de diversas cores com a massa de modelar e ponha um sobre o outro. Dessa forma, teremos diferentes camadas, cada uma com uma cor.
2. Pegue o canudo e, com o estilete, faça um corte no sentido vertical, cortando-o ao meio.
3. Insira o canudo nos discos no sentido de cima para baixo até atingir a base.



Acervo AEB.

Figura 5.23. Demonstração do procedimento 1.



Acervo AEB.

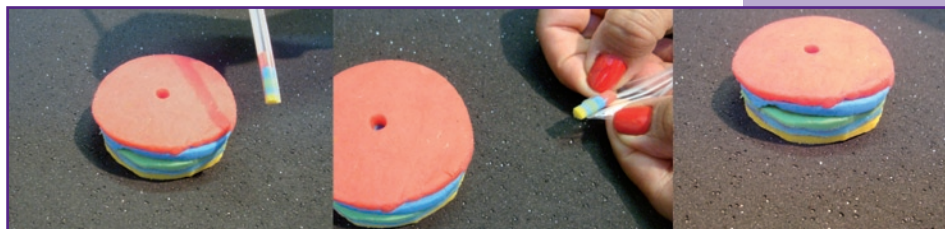
Figura 5.24. Demonstração do procedimento 2.



Acervo AEB.

Figura 5.25. Demonstração do procedimento 3.

4. Retire o canudo e abra-o, retirando a amostra.



Acervo AEB.

Figuras 5.26A, B e C. Demonstração do procedimento 4.

## Orientações complementares

Cada camada de gelo se forma a cada inverno; então, no nosso experimento, temos três camadas de “gelo”, representando três diferentes invernos. O inverno de três anos atrás será a massa de baixo, enquanto o último inverno está representado pelo disco de massa que está em cima.

Na Groenlândia e na Antártica, os cientistas perfuram profundamente para obter as amostras de gelo. As proporções das duas formas de oxigênio (O-16 e O-18) na água do gelo derretido e nos gases aprisionados nas minúsculas bolhas são as pistas para desvendar os climas e as temperaturas do passado e para detectar mudanças no clima ao longo do tempo.

## Possíveis desdobramentos

Pesquise sobre a vida dos paleontólogos e suas descobertas impressionantes.

Faça um trabalho sobre fósseis e seu papel para a ciência, além de conhecer mais os combustíveis fósseis e sua utilização na atualidade.

**Atenção!** A atividade aqui expostas deve ser desenvolvida, de preferência, sob a supervisão do professor. Vale lembrar que é sempre recomendável cuidado no manuseio de materiais como tesoura, fósforo e outros que podem ferir quando usados inadequadamente.

## AQUECIMENTO E CONVECÇÃO

Giovanni Dolif Neto (Inpe), Lana Nárcia Leite da Silveira (EEB) e Maria Emília Mello Gomes (AEB/Programa AEB Escola).

### Apresentação

Você pode sentir o calor do Sol em sua pele. A luz do Sol também aquece as rochas e as paredes diretamente expostas ao Sol, e elas estão quentes quando são tocadas. Nos climas quentes, a terra, areia ou concreto compactado, ao meio dia, podem ficar demasiado quentes para se andar com pés descalços sobre eles. Nos dias mais quentes, entretanto, você pode andar descalço na grama.

Calor é o que sentimos quando a energia radiada pelo Sol bate em um objeto. Esta energia é como a luz, mas não pode ser vista. Quando o calor bate em um objeto, parte daquela energia é transferida para as moléculas no objeto. Quando tocadas, estas moléculas energizadas transferem parte de sua energia para as moléculas em sua pele, de tal forma que a temperatura de sua pele sobe – é por isso que o objeto parece mais quente.

Os objetos aquecidos perdem energia. Podem radiá-la, como uma fogueira; passá-la para outro objeto por condução ou aquecer um gás ou um líquido, que transporta o calor para fora por condução. Todos estes diferentes tipos de calor ajudam a produzir nosso tempo.

### Objetivo

Aprender de que maneira acontece o transporte de calor da superfície para as camadas da atmosfera por meio do processo de convecção.

## Sugestão de problematização

Quando um fluido – gás ou líquido – é aquecido, suas moléculas se separam. O fluido ocupa mais espaço, mas o número de moléculas permanece o mesmo, e assim se torna menos denso do que suas cercanias mais frias. Isto significa que pesa menos, e por isso sobe através do fluido que o cerca até atingir um nível no qual a substância acima – como o ar acima do líquido – fica menos densa do que é. O fluido então resfria e afunda. Você pode demonstrar a convecção com água quente e fria.

## Materiais

- 1 recipiente transparente de 600 ml
- Água
- 1 pote de vidro pequeno
- Corante de alimentos ou anilina vermelha



Figura 5.27. Materiais.



Figuras 5.28A, e B. Demonstração do procedimento 1 e 2.

## Procedimentos

1. Encha o copo com água fria e coloque o vidro pequeno, já com água quente e anilina dentro.
2. Observe a água quente colorida subir. O que acontece depois?

## Orientações complementares

As moléculas que formam um objeto sólido estão se tocando. Se uma molécula vibra com mais rapidez porque absorveu energia, sua vibração faz com que suas moléculas vizinhas vibrem – e assim a energia se espalha. Isto é uma condução. Materiais diferentes têm estruturas diferentes e isto afeta a maneira como suas moléculas passam energia.

## Possíveis desdobramentos

Estude as correntes de convecção e sua influência no clima.



## DERRETIMENTO DO GELO E O NÍVEL DO MAR

Giovanni Dolif Neto (Inpe), Lana Nárcia Leite da Silveira (EEB) e Maria Emilia Mello Gomes (AEB/Programa AEB Escola).

### Apresentação

O oceano e seus habitantes poderão ser irreversivelmente afetados pelo impacto do aquecimento global e das mudanças climáticas. Os cientistas dizem que o aquecimento global, ao elevar as temperaturas dos oceanos, irá elevar os níveis das águas e poderá mudar as correntes oceânicas.

A água nos oceanos do mundo está sempre em movimento – arrastada pelas ondas, soprada pelos ventos e lentamente circulando pelo globo com a força do *Great Ocean Conveyor Belt* (também chamado de Cinturão Termohalino Mundial). O cinturão é alimentado pelas diferenças de temperatura na água e sua salinidade, e uma de suas partes mais conhecidas, a Corrente do Golfo, é que dá à Europa seu clima relativamente suave.

Além de manter o clima ameno na Europa e ter um importante papel no clima do planeta, o cinturão faz com que as águas mais profundas cheguem à superfície, trazendo nutrientes e aumentando a absorção de dióxido de carbono pelo oceano.

No passado mais distante, mudanças na circulação desse cinturão foram associadas a alterações abruptas de clima.

A diluição da salinidade do oceano – pelo derretimento do gelo do Ártico (Pólo Norte) e do manto da Groenlândia e/ou o aumento das chuvas – pode diminuir ou mudar

a direção do cinturão. Com isso haveria conseqüências desastrosas para a agricultura e o clima na Europa, e haveria impacto também nas correntes oceânicas e nas temperaturas ao redor do globo.

Uma redução no gelo do mar implica diminuição de *krill* – que, por sua vez, alimenta muitas espécies de baleias, incluindo as grandes.

Baleias e golfinhos encalham em temperaturas altas. As grandes baleias também podem perder sua área de alimentação, o oceano ao redor da Antártica, por causa do derretimento e do colapso dos mantos de gelo.

Espécies inteiras de animais marinhos e peixes estão diretamente sob risco graças ao aumento de temperatura – elas simplesmente não conseguem sobreviver em águas mais quentes. Algumas populações de pingüins, por exemplo, diminuíram em partes da Antártica, por causa do declínio do *habitat*, que é o gelo.

Uma ocorrência cada vez maior de doenças em animais marinhos também está ligada ao aumento de temperatura dos oceanos.

Os exemplos de impactos citados acima deixam claro que o aumento na temperatura dos oceanos terá conseqüências por todo o planeta.

## **Objetivos**

1. Compreender como o derretimento do gelo que está sobre os continentes contribui para o aumento do nível do mar.
2. Demonstrar que o derretimento do gelo que já está dentro dos oceanos não contribui para a subida no nível dos oceanos.

## **Sugestão de problematização**

Se o clima global se tornar mais quente, o gelo dos pólos, e também o gelo das geleiras nas montanhas, irá derreter.

O mais provável é que esse derretimento aconteça aos poucos e assim o nível do mar irá subir ao longo de décadas, assim como aconteceu no final das eras glaciais. Nesse experimento você vai ver o que poderá acontecer com ilhas e regiões costeiras.

## Materiais

- 1 forma de alumínio
- 1 bacia plástica retangular
- Água
- Cubos de gelo
- 1 caixa de massa de modelar



Acervo AEB.

## Procedimentos

1. Com a massa de modelar prepare um monte para representar o “continente” e o coloque na lateral da bacia plástica.
2. Com um outro pedaço de massa, prepare outro monte, sendo este pequeno, para representar uma ilha no centro da bacia.
3. Coloque água dentro da bacia, de maneira que a “ilha” feita com massa de modelar no canto da bacia plástica fique com uma parte para fora da água, imitando a maneira como ficam as ilhas nos oceanos. O “continente” deve ficar bem acima do nível da água.

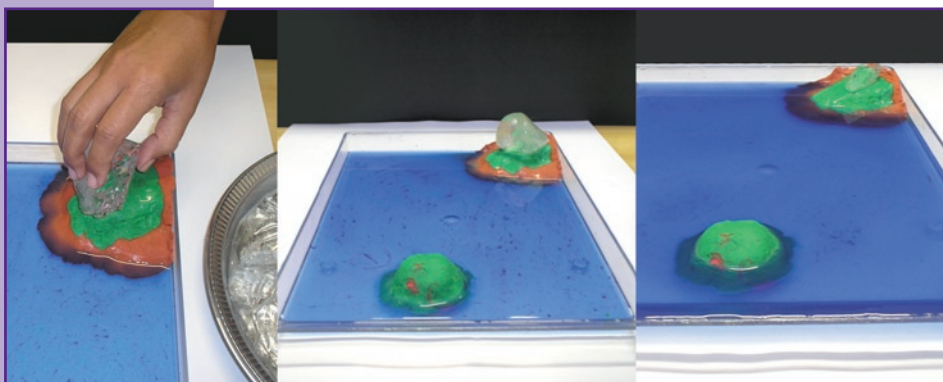
Figura 5.29. Materiais.



Acervo AEB.

Figura 5.30A, B e C. Demonstração dos procedimentos 1, 2 e 3.

4. Coloque quantos cubos de gelo couberem sobre o “continente”, fora da água. Deixe o gelo derreter de forma que a água esorra para dentro da água na bacia.



Acervo AEB.

Figuras 5.31A, B e C. Demonstração do procedimento 4.

## Orientações complementares

O que acontece com o nível da água (que representa o oceano) após o derretimento do gelo? O que acontece com a ilha?

O gelo sobre o “continente” feito de massa de modelar representa as geleiras sobre as montanhas, como, por exemplo, as geleiras da Patagônia ou do Himalaia, e também representa as calotas nas regiões polares, como as da Antártica e da Groenlândia.

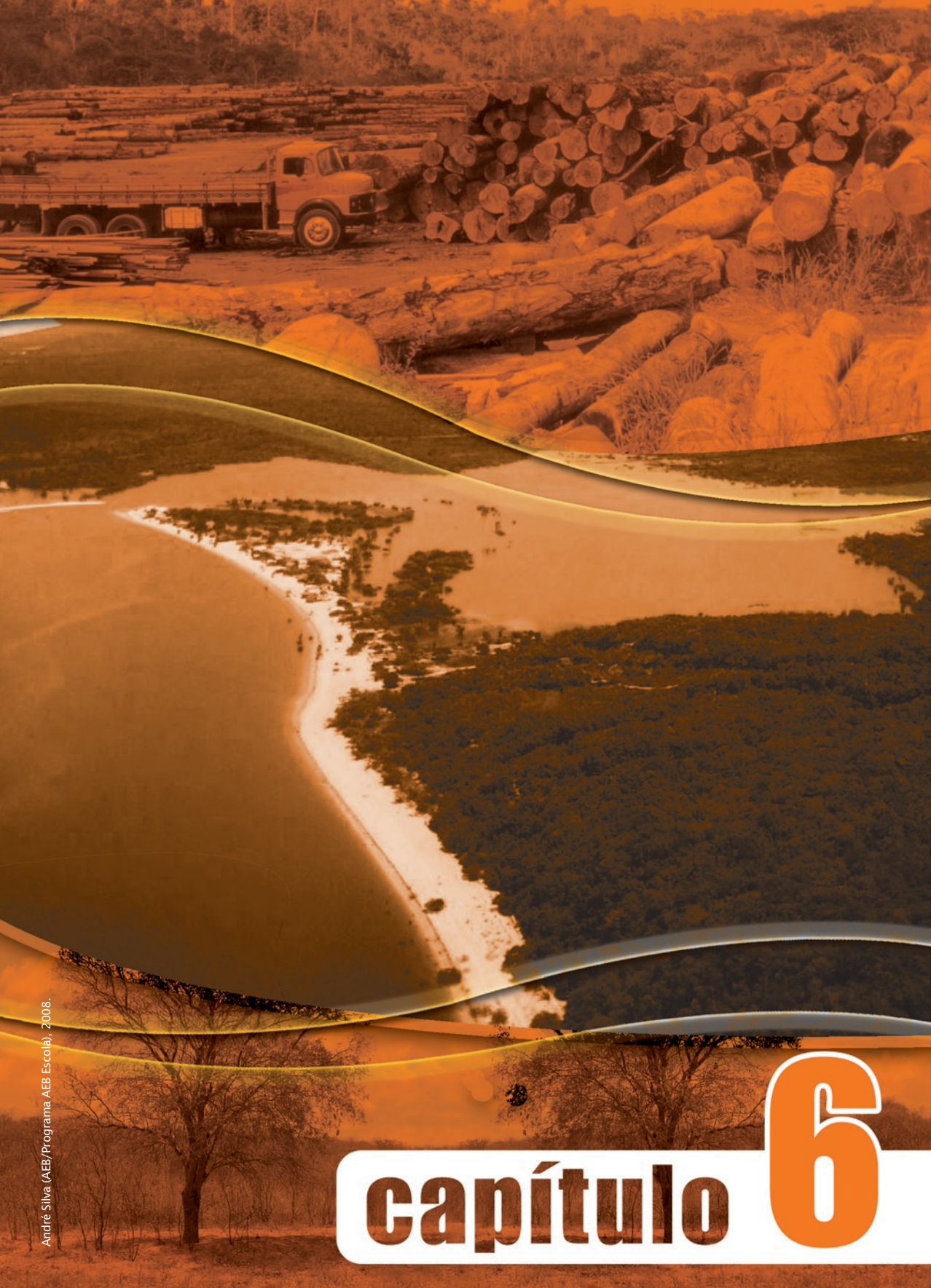
## Possíveis desdobramentos

Apesar de o derretimento do gelo sobre as montanhas e sobre os continentes elevar o nível do mar, derretimento do mar congelado no pólo norte ou dos *icebergs* no oceano não contribuirá para a elevação do nível do mar.

Uma sugestão de atividade complementar para provar isso é refazer o experimento acima, porém, em vez de colocar os cubos de gelo sobre o “continente”, coloque-os dentro da água que representa o oceano. Tome cuidado para colocar o gelo de forma que ele não encoste no fundo do oceano (travessa).

Todos os cubos de gelo deverão estar boiando, sem encostar no fundo. Então, aguarde até que o gelo derreta e você irá perceber que o derretimento do gelo não altera o nível da água. Isso acontece porque o volume de água que cada cubo de gelo desloca ao ser colocado na água é o mesmo volume de água que o cubo terá após derreter.

Por outro lado, as geleiras e calotas continentais aumentam o nível do mar porque elas adicionam ao oceano a água que estava congelada sobre o continente.



André Silva (AEB/Programa AEB Escola), 2008.

# capítulo 6

## O BRASIL E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Já vimos, em capítulos anteriores, as projeções feitas pelo Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima (IPCC) sobre os impactos das mudanças climáticas em todo o mundo. Também sabemos que os países em desenvolvimento são os mais vulneráveis a esses impactos, em função de terem menos condições de adaptação.

Em seu Quarto Relatório de Avaliação, o IPCC indicou que o Brasil é um dos países que se encontra vulnerável diante dos efeitos das mudanças do clima. Nosso território já registra impactos adversos da variabilidade natural do clima, como secas, estiagens, cheias, inundações e deslizamentos de encostas.

Ecossistemas naturais e agroecossistemas seriam os mais sensíveis a esses impactos, com possíveis mudanças nas coberturas vegetais atuais e perda da biodiversidade. Além disso, os efeitos dessas ocorrências certamente afetarão os recursos hídricos, a agricultura, e podem ter reflexos na saúde das populações e nas economias locais e regionais.

Calcula-se que, no Brasil, o aquecimento global deva induzir a uma maior ocorrência de desastres naturais, com aumento na frequência e intensidade de eventos meteorológicos extremos, tais como: ondas de calor, tempestades severas, inundações, enxurradas, vendavais e secas prolongadas.

Vale registrar que, no passado remoto, a região onde hoje é o Brasil já experimentou grandes mudanças climáticas e geológicas. Houve um tempo em que predominaram as geleiras e os mares em algumas regiões. Houve também mudanças

na biodiversidade, na topografia e nos solos. As interações físicas e biogeoquímicas existentes entre os componentes climático, geológico, ecossistêmico, topográfico e de solos foram determinantes nos cenários observados e estudados nos dias de hoje pelos especialistas.

O entendimento de que o País é vulnerável diante da possibilidade de ocorrência de mudanças climáticas globais pode ser uma das explicações para a atuação político-institucional do Brasil sempre tão ativa nas conferências internacionais em que se discute a questão do clima.

Neste capítulo, veremos o que os estudos apontam para o Brasil em termos de vulnerabilidades diante das mudanças climáticas e quais seriam as conseqüências para o País, com base nos registros de que o planeta está ficando mais quente. Também vamos saber quais nossas responsabilidades diante das mudanças do clima, principalmente no que diz respeito às emissões de GEE. Veremos ainda como tem sido sua atuação institucional, quanto às nossas políticas internas e externas, no sentido de priorizar o debate acerca do tema e de buscar soluções.

## **Os cenários nacionais**

O Brasil é um país em que a variabilidade natural do clima – percebida por meio de eventos extremos e alternados, como secas e estiagens – propicia grandes dificuldades de recuperação por parte das populações afetadas. O aquecimento global pode intensificar a ocorrência desses eventos. Em virtude disso, tornam-se necessárias ações que aumentem a capacidade da população de se adaptar a essas mudanças.

As projeções da temperatura na América do Sul para o final do século 21, de acordo com o relatório do IPCC, indicam que haverá um aumento de 3,5°C na média. Dentre as várias simulações, há alguns modelos que apontam o aumento extremo de 5°C, inclusive no Brasil. No território brasileiro, a maior média registrada é de 4°C, como pode ser visto na Figura 6.1.



Ao que tudo indica, o Brasil estará sujeito a impactos climáticos adversos, aos quais a população e os ecossistemas naturais podem ser vulneráveis. Ecossistemas costeiros e ribeirinhos, em áreas sob a influência das marés, poderão ser profundamente alterados, com uma eventualmente rápida elevação do nível do mar. A agricultura e a geração de hidroeletricidade poderão ser afetadas por mudanças na distribuição das chuvas ou na ocorrência de períodos secos extensos.

As projeções indicam que a frequência de dias secos consecutivos deve aumentar no Sudeste do Brasil, Nordeste, Centro-Oeste e no extremo leste da Amazônia. Com isso, as mudanças climáticas no País ameaçam intensificar as dificuldades de acesso à água. A combinação das alterações do clima – falta de chuva ou pouca chuva acompanhada de altas temperaturas, altas taxas de evaporação e, ainda, da competição por recursos hídricos, dentre outras – pode levar a uma crise potencialmente catastrófica, sendo os mais vulneráveis os agricultores mais pobres. É o caso dos agricultores de subsistência, sobretudo na área do semi-árido do Nordeste, na região conhecida como Polígono da Seca – região semi-árida com uma área de 940 mil km<sup>2</sup>, que abrange nove estados do Nordeste e enfrenta um problema crônico de falta de água.

No caso da Bacia Amazônica, as projeções indicam que haverá aumento no risco de perda da biodiversidade naquela região. A Bacia Amazônica abriga uma enorme porção da biodiversidade do mundo e, além disso, é a maior fonte de escoamento de água da Terra, representando de 15% a 20%

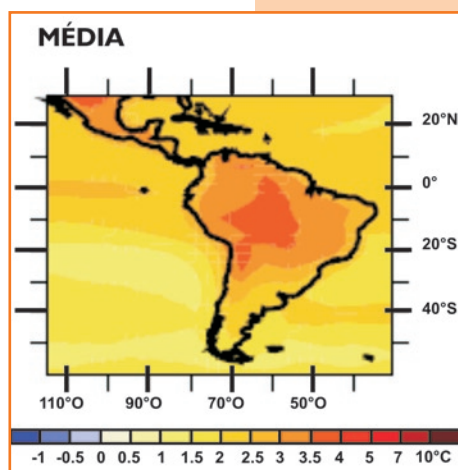
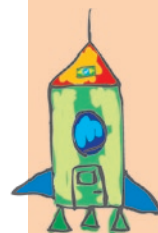


Figura 6.1. A mudança de temperatura, na média anual, projetada para o período de 2089 a 2099, final do século 21, é de até 4°C. Em projeções mais dramáticas, a temperatura pode chegar a aumentar 5°C.

*As projeções do IPCC indicam que podem ser intensificadas as dificuldades de acesso à água no País.*



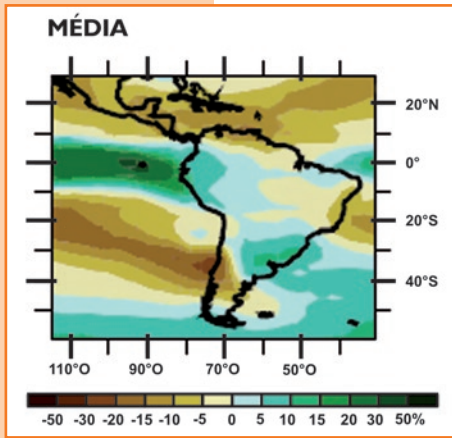


Figura 6.2. Projeção de mudanças da chuva média anual (em %), na América do Sul, no final do século 21, considerando o cenário de transição para emissões de gases de efeito estufa (A1B).

do fluxo global dos rios. Como o ciclo hidrológico é um fator-chave do sistema climático global e, uma vez que as mudanças climáticas podem afetar a região amazônica, estima-se que haja efeitos decorrentes dessas alterações. Adicionalmente, as interações entre o clima regional da Amazônia e o clima global podem potencializar o risco de perda da biodiversidade nessa região.

As projeções sobre o regime de chuvas para o final do século 21 na América do Sul indicam aumento do volume de chuvas no oeste da Amazônia e no sul

do Brasil, e diminuição no leste da Amazônia, Brasil Central e no Nordeste, como pode ser observado na Figura 6.2.

## Os impactos nos diferentes sistemas

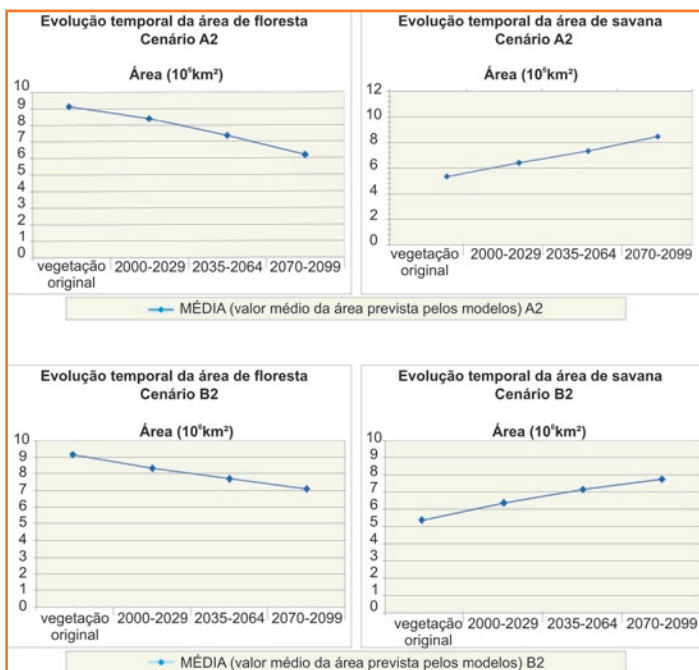
O Brasil, com a sua dimensão continental, apresenta diversos ecossistemas que foram sendo definidos e delimitados ao longo do tempo, em decorrência de características climáticas, topográficas, biogeoquímicas e de solo. É um país conhecido por sua megabiodiversidade, ou seja, tem uma diversidade inigualável de espécies animais e vegetais. Diante disso e dos estudos conduzidos até o momento sobre os impactos das mudanças do clima em todo o mundo, não seria absurdo imaginar que o País sofrerá conseqüências de certa magnitude.

Mas qual seriam essas conseqüências e o tamanho desse impacto? O IPCC também analisou estudos que dizem respeito especificamente à América do Sul, bem como ao caso brasileiro. No seu quarto relatório, o painel analisa os impactos na mudança do clima na distribuição dos biomas e ecossistemas da região. Vejamos a seguir.

## Biomias da América do Sul

As prováveis alterações e redistribuição de dois grandes biomas – floresta e savana – em resposta a cenários de mudanças climáticas, foram projetadas por 15 diferentes modelos climáticos globais avaliados pelo IPCC para o século 21.

Com base nesses modelos, os pesquisadores chegaram à conclusão de que os biomas em todo o globo – floresta tropical, temperada (ou boreal), savana, campos, caatinga, tundra, desertos – estão intrinsecamente relacionados a um conjunto de parâmetros climáticos, como temperatura, distribuição de chuvas, água no solo e evapotranspiração. Dessa maneira, podem-se superpor neste modelo os cenários climáticos futuros e interpretar possíveis mudanças de biomas. Na Figura 6.3, temos a representação da evolução das áreas de floresta e de savana, em cenários em que se projetam baixas e altas emissões.



Acervo CPTEC/Inpe. www.cptec.inpe.br/

Figura 6.3. Com o modelo de biomas do Inpe e ainda com base na projeção de cenários climáticos futuros de seis modelos climáticos globais usados pelo IPCC, os pesquisadores perceberam que, em cenários tanto de altas como de baixas emissões, a área de floresta tropical diminui e a de savana aumenta.

Tomando-se uma média dessas projeções, e sem considerar as mudanças devidas aos usos da terra, constata-se que pode haver um aumento da área de savanas na Amazônia central e leste (o chamado processo de “savanização” da Amazônia) e uma redução da área de caatinga no semi-árido, com aumento das áreas de semi-deserto no Nordeste.

Saiba  
mais...



## Substituição de biomas

O aumento de temperatura induz a uma maior evapotranspiração, que é a soma da evaporação da água à superfície com a transpiração das plantas. Isso reduziria a quantidade de água no solo, mesmo que as chuvas não diminuam significativamente. Este fator pode, por si só, desencadear a substituição dos biomas existentes, hoje, por outros mais adaptados a climas com menor disponibilidade hídrica para as plantas. Poderia ocorrer, por exemplo, a substituição de florestas por savanas, de savanas por caatinga, e de caatinga por semi deserto.

A substituição de parte da Floresta Amazônica por savana pode induzir a mudanças no clima de toda a América do Sul, além de, potencialmente, induzir à perda de biodiversidade. Com relação à Caatinga, um dos biomas mais ameaçados do Brasil, com grande parte de sua área bastante modificada pelas atividades humanas, as conseqüências também são negativas, pois tal substituição acelera o processo de aridização, neste que é o único bioma exclusivamente brasileiro e que abriga fauna e flora únicas, com muitas **espécies endêmicas**.

É preciso levar em conta que outras alterações também contribuem para criar as condições de substituição dos biomas. É o caso das mudanças na cobertura da vegetação que ocorrem em diversas partes do globo, a taxas alarmantes, como os desmatamentos da floresta tropical amazônica, que, segundo várias projeções, causarão mudanças climáticas regionais em direção a um clima mais quente e seco na região.

Um terceiro fator de distúrbio é o fogo. Até certo tempo, a densa Floresta Amazônica era praticamente impenetrável ao fogo. Mas, por causa da combinação de fragmentação



**Espécie endêmica:** espécie com distribuição geográfica restrita a uma determinada área.

florestal, desmatamentos e aquecimentos – em razão dos próprios desmatamentos –, aliada à prática agrícola predominante, que utiliza fogo intensamente, este quadro está mudando rapidamente, e a frequência de incêndios florestais vem crescendo assustadoramente a cada ano.

O grande incêndio nas florestas, savanas e campos de Roraima, entre janeiro e março de 1998, é um exemplo ilustrativo do que pode acontecer no futuro com mais frequência. Resultado de uma persistente e intensa seca causada pelo fortíssimo episódio *El Niño* de 1997-1998 e o uso indiscriminado de fogo, mais de 13 mil km<sup>2</sup> de florestas foram afetados pelo fogo, em um dos maiores incêndios observados na Amazônia.

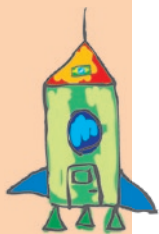
A seca de 2005 constitui-se em outro exemplo que mostrou a vulnerabilidade da Amazônia ao fogo. A falta de chuva durante o verão daquele ano, na Amazônia Ocidental, aliada à baixa umidade do ar, gerou condições favoráveis para o espalhamento do fogo, que foi de uma extensão 300% maior do que em 2004. Vejam que a seca de 2005 não foi associada ao *El Niño*, o que sugere que a combinação seca/fogo, na Amazônia, nem sempre está relacionada ao *El Niño*.

A combinação dos impactos climáticos regionais e locais decorrentes dos desmatamentos com aqueles resultantes do aquecimento global, além de outras variáveis locais, implica climas mais quentes e possivelmente também mais secos.

Isso, aliado à maior propensão aos incêndios florestais, amplifica tremendamente a vulnerabilidade dos ecossistemas tropicais. Assim, nas florestas, esse cenário só é favorável às espécies mais adaptadas a essas novas condições, que são, tipicamente, aquelas de savanas tropicais e subtropicais, naturalmente adaptadas a climas quentes, com longa estação seca, e nas quais o fogo desempenha papel fundamental em sua ecologia.

## **Amazônia e Cerrado**

Na Amazônia, com a combinação de desmatamento, incêndios e aquecimento global, impactos intensos de longo prazo



*Incêndios naturais são muito comuns no Cerrado. O fogo pode surgir espontaneamente em áreas muito quentes e secas ou ainda ser provocado por raios. No caso do Cerrado, o fogo é parte integrante do ciclo de regeneração da vida. Mas é preciso que os incêndios ocorram num ciclo natural, para não interromper os ciclos da fauna e da flora típicos da região.*

seriam sentidos nos solos, na biodiversidade e nos sistemas hídricos. Com a probabilidade de haver uma forte mudança no ciclo hidrológico, haveria também um problema sócioeconômico, em função dos efeitos para a pesca – usada na região para a subsistência e como fonte de renda –, e também porque diminuiria a oferta de água. Neste caso, além de afetar o

consumo, resultaria em problemas para o mais importante meio de locomoção na região: o transporte fluvial.

Além disso, na região amazônica, estará o caso mais crítico de agravamento das condições de saúde da população. Alguns estudos mostram que, com cenários de mudanças do clima, as taxas de mortalidade aumentariam por causa das enchentes, secas e ondas de calor. De forma indireta, esses eventos extremos podem causar, ainda, um aumento nos casos de malária, dengue e cólera, especialmente com a combinação de altas temperaturas e chuvas intensas.

## **Mata Atlântica**

Com relação à Mata Atlântica, poucos estudos foram desenvolvidos. No entanto, é possível observar que esse bioma é bastante sensível a forçantes climáticas – especialmente a mudanças na temperatura e no regime de chuvas –, por apresentar grandes contrastes em sua composição, de acordo com a respectiva localização espacial, latitude e altitude.

É preciso levar em conta também a ocupação feita em quase toda a Mata Atlântica, quase sempre de maneira desordenada, o que pode contribuir para intensificar a ocorrência de desastres naturais. Em grande parte do que resta da área coberta de Mata Atlântica, o número de dias com chuvas intensas

e chuvas muito intensas, concentradas em curto tempo, vem aumentando e isto pode, potencialmente, induzir a episódios mais freqüentes de deslizamentos de encostas, sobretudo nas áreas ocupadas desordenadamente.

## Sistemas agrícolas

Os sistemas agrícolas também podem ser bastante afetados pelas mudanças climáticas. Com o aquecimento global, projeta-se que a produtividade de algumas culturas agrícolas importantes vá decrescer e a produtividade da pecuária declinará, com consequências adversas para a segurança alimentar.

Os estudos mostram que as elevações de temperatura e de precipitação não serão benéficas para a agricultura no que se refere ao tamanho das áreas aptas para o cultivo. Por exemplo, o aumento de temperatura poderá reduzir em até 60% a área potencial de plantio de soja.

## Regiões costeiras

Em decorrência do processo de ocupação do território brasileiro, com nítida preferência pelo litoral e áreas contíguas, as regiões costeiras abrigam grande parte da população. Grandes centros urbano-industriais do País estão situados em áreas costeiras, ou bem próximos ao litoral, o que os torna diretamente ameaçados pelo aumento previsto do nível médio do mar.

A taxa média de elevação do nível do mar, ao longo dos últimos cem anos, tem sido de 1 mm a 2,5 mm por ano. As estimativas indicam um aumento, até o final do século, de até 5 mm por ano, em climas mais quentes. Cidades litorâneas com grande densidade populacional e importantes complexos industriais, portuários e turísticos, serão potencialmente inundáveis em suas porções mais baixas no futuro.

Além disso, a elevação do nível do mar provoca impactos significativos nos *habitats* dos manguezais, com uma possível taxa de extinção de cerca de 1% ao ano. Este efeito poderá ocasionar mudanças na distribuição

de espécies e afetar a pesca, pois diversas espécies de peixes utilizam os manguezais como refúgio e berçário.

## **BRASIL: PROTAGONISTA NA QUESTÃO DO CLIMA**

Desde que se começou a falar de registros de aquecimento global do clima, o Brasil sempre ocupou uma posição de vanguarda. Foi o primeiro país a assinar a Convenção sobre Mudança do Clima e tem atuado nas conferências internacionais em que o tema está em debate. O destaque da atuação brasileira também se dá na área científica. Estudos desenvolvidos por cientistas brasileiros fazem parte das pesquisas analisadas em relatórios do IPCC.

Não por acaso, o mundo esteve bastante atento e levou em consideração as sugestões do Brasil para a mitigação dos problemas sócio-ambientais advindos do aquecimento global, apresentadas na chamada Proposta Brasileira, nas Conferências de Buenos Aires e Quioto, das quais tratamos nos capítulos anteriores.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), por exemplo, foi inspirado na sugestão brasileira de criar um Fundo de Desenvolvimento Limpo. Além disso, o Brasil foi o primeiro país do mundo a estabelecer uma autoridade nacional para analisar projetos de MDL. Foi, inclusive, o primeiro país a registrar um projeto de MDL na Organização das Nações Unidas (ONU).

Outro pioneirismo do Brasil foi constituir uma instância em que a sociedade participa ativamente e cujas discussões podem resultar em políticas públicas, o Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, do qual trataremos mais adiante.

É inegável que não só no nível político-institucional, diante de negociações diplomáticas, mas também internamente, o Brasil tem sido pioneiro em colocar a temática do clima



e seus possíveis impactos em seus procedimentos internos. No contexto dessas iniciativas, pode-se destacar a criação da Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima, do Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas e, mais recentemente, o anúncio do Plano Nacional sobre Mudança do Clima.

## **A Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima**

Ao longo das últimas duas décadas, o Brasil acumulou uma respeitável carga de informações e conhecimentos sobre a questão climática. Contamos hoje com vários centros de excelência espalhados pelo País e especialistas com formação nessa área e renomados no mundo inteiro.

No governo, o Ministério da Ciência e Tecnologia foi incumbido da tarefa de coordenar a implementação das ações brasileiras referentes à Convenção do Clima.

A perspectiva de entrada em vigor do Protocolo de Quioto, com o seu potencial de mobilização de investimentos, em especial pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), assinalou a importância da formalização de um mecanismo dentro do governo que pudesse direcionar esse potencial para as prioridades de desenvolvimento.

Com isso, foi criada a Comissão Interministerial de Desenvolvimento Sustentável, rebatizada em 1997 de Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. Em 1999, a comissão mudou de nome uma vez mais e passou a se chamar Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima. É formada por representantes de 11 ministérios.

A comissão foi, então, instituída com a participação de representantes de várias áreas do governo em função da relevância que o tema mudanças climáticas vinha adquirindo no cenário das relações internacionais, da complexidade e do aspecto multifacetado dos assuntos relacionados com o clima.

Além disso, até então, não existia uma instância específica na estrutura da Administração Pública Federal para realizar a coordenação e a articulação dos diversos órgãos para a implementação das ações necessárias.

Assim, buscando-se atingir esse objetivo, em 7 de julho de 1999, o Presidente da República assinou um decreto criando a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima, cujo objetivo principal seria o de articular as ações de governo relacionadas à mudança global do clima.

Tendo em vista que o Ministério da Ciência e Tecnologia já vinha exercendo as atividades nacionais voltadas ao cumprimento do compromisso inicial do Brasil relativo à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, coube a este ministério exercer a presidência e a função de secretaria-executiva da comissão.

Isso se explica uma vez que os aspectos científicos da mudança global do clima continuarão a dominar as negociações políticas e, nesse ambiente, o conhecimento científico necessário para subsidiar as discussões poderá ser viabilizado por meio dos instrumentos de fomento desse ministério.

As ações vinculadas à mitigação dos impactos advindos da intensificação do efeito estufa por emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) por atividades humanas, por força da Convenção, devem incluir os setores de energia, transportes, indústria, agricultura, silvicultura e tratamento de resíduos. Em função disso, integram a comissão os ministérios de Minas e Energia; dos Transportes; do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; e do Meio Ambiente, que exerce a vice-presidência.

Também compõem a comissão o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, a Casa Civil da Presidência da República – em função de suas competências relativas à visão do Brasil em longo prazo – e o Ministério das Relações Exteriores, pelas negociações internacionais que continuam ocorrendo.

## Atribuições da Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima

- Emitir pareceres sobre propostas de políticas setoriais e leis que busquem a mitigação da mudança global do clima e a adaptação do País aos impactos dessa mudança.
- Fornecer subsídios ao governo nas negociações que ocorram no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.
- Definir quais são os critérios que o Brasil pode adotar, além daqueles já determinados pelos organismos da Convenção da Mudança do Clima, de acordo com as estratégias nacionais de desenvolvimento sustentável.
- Apreciar pareceres sobre projetos que resultem em redução de emissões de GEE, considerados elegíveis para o MDL.
- Articular-se com entidades representativas da sociedade, para promover as ações dos órgãos de governo e privados que sigam os compromissos assumidos pelo Brasil perante a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

## O Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas

O Brasil tem uma estrutura em que o tema mudanças climáticas é debatido entre representantes da academia, de institutos de pesquisa, do governo, da iniciativa privada e demais cidadãos interessados no assunto. É o Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas (FBMC), uma iniciativa única no mundo, em que o que é discutido é levado ao governo com o objetivo de contribuir com o processo de tomada de decisões e de formulação de políticas públicas.

O Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas foi criado pelo Decreto Presidencial 3.515, de 20 de junho de 2000, tendo como objetivo “conscientizar e mobilizar a sociedade para a discussão e tomada de decisão” sobre os impactos das emissões de gases, por atividades humanas, que intensificam o efeito estufa.

O fórum é presidido pelo Presidente da República, e tem como membros os ministros de Estado da Ciência e Tecnologia, do Desenvolvimento, Indústria e Comércio, da Agricultura, do Meio Ambiente, das Relações Exteriores, de Minas e Energia, do Planejamento, da Saúde, dos Transportes e o ministro-chefe da Casa Civil.

Os presidentes da Câmara e do Senado, governadores, prefeitos de capitais, personalidades e representantes da sociedade civil são convidados a integrar o fórum.

O fórum tem um secretário executivo nomeado pelo Presidente da República, com a atribuição de organizar a pauta das reuniões e coordená-las, bem como adotar medidas para a execução dos trabalhos e atividades.

As ações desenvolvidas do FBMC têm-se orientado a disseminar, em todo o País, a discussão sobre as mudanças globais do clima e suas repercussões. Nesse contexto, a secretaria-executiva do fórum tem como princípios norteadores:

1. A ampliação e a difusão do debate concernente às mudanças climáticas nas diversas regiões do País.
2. O aprofundamento do debate sobre as questões relacionadas ao desenvolvimento regional.
3. A atuação como ferramenta de auxílio à superação das barreiras para a adoção do MDL.
4. A atuação como catalisador das discussões concernentes às definições de estratégias nacionais de desenvolvimento.

Com a participação de vários setores, o FBMC contribui para que a questão das mudanças climáticas, de certa maneira ainda distante do cidadão comum, tenha sua importância reconhecida, promovendo uma melhor compreensão do tema e estimulando a discussão sobre as medidas necessárias para lidar com seus impactos, bem como para preparar a participação do País nas negociações internacionais.

Desde sua criação, o FBMC vem desenvolvendo várias atividades no sentido de envolver a sociedade na questão da mudança do clima.

Com a entrada em vigor do Protocolo de Quioto, em 2005, as demandas advindas da sociedade sobre o tema das mudanças climáticas aumentaram, e, como consequência, o fórum passou a ser mais solicitado quanto à divulgação e ao esclarecimento do tema e suas implicações.

O FBMC tem realizado seminários, simpósios e *workshops* para ampliar esse debate, bem como tem elaborado estudos sobre o assunto. O FBMC participa, ainda, regularmente, de atividades promovidas por governos estaduais, pelo governo federal, pela academia, por organizações não-governamentais e pelo setor produtivo.

## **A Política e o Plano Nacional sobre Mudança do Clima**

Em abril de 2007, o Presidente da República, acatando proposta do Ministério de Meio Ambiente (MMA) e da secretaria-executiva do Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas (FBMC), colocou na pauta de atividades do governo a elaboração de um plano, inicialmente denominado “Plano de Ação Nacional de Enfretamento das Mudanças Climáticas”. Tal plano seria orientado a estruturar e a coordenar as ações de governo concernentes às repercussões do aquecimento global advindo das atividades antropogênicas.

Para atender a essa demanda, o Fórum promoveu diversas reuniões, com o objetivo de aprofundar a discussão e avaliar, consolidar e aprovar as proposições recebidas. Este conjunto de esforços culminou na elaboração de um documento de referência intitulado “Proposta do FBMC para o Plano de Ação Nacional de Enfretamento das Mudanças Climáticas”.

Como resultado dessa iniciativa, em setembro de 2007, o Presidente da República, Luiz Inácio Lula da Silva, em seu discurso na abertura da Assembléia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU), realizada em Nova Iorque, anunciou

o compromisso do Brasil em apresentar à Nação um plano de enfrentamento das mudanças climáticas.

Mais tarde, em novembro do mesmo ano, foi dado mais um importante passo nesse processo, com a promulgação do Decreto Presidencial 6.263/2007, pelo qual o governo criou o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM) e o Grupo Executivo deste Comitê (Gex/CIM), com a função de elaborar a Política Nacional sobre Mudança do Clima e o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC).

O projeto de lei definindo a Política Nacional sobre Mudança do Clima foi, então, apresentado, no primeiro semestre de 2008, ao Congresso Nacional, onde tramita juntamente com outras proposições que versam sobre o mesmo tema.

Mas, mesmo estando a proposta já passível de avaliação pelos parlamentares, o governo continuou a buscar formas de aperfeiçoar o PNMC. Como o decreto que criou o comitê estipulava que as estratégias de elaboração do plano deviam se pautar pela realização de consultas públicas, o FBMC organizou uma série de reuniões designadas “Diálogos Setoriais: Contribuições à Construção do Plano Nacional sobre Mudança do Clima”.

As discussões enriqueceram o plano por permitir que se mapeasse e se identificassem as ações já implementadas, bem como aquelas passíveis de implementação futura, no que diz respeito aos seus quatro eixos temáticos: mitigação, adaptação e vulnerabilidade, pesquisa e desenvolvimento, e capacitação e divulgação.

Diversos setores produtivos foram ouvidos, bem como a sociedade civil. A secretaria-executiva do FBMC sistematizou os documentos advindos desse diálogo e remeteu as propostas ao Grupo Executivo do Comitê Interministerial sobre Mudanças do Clima (Gex/CIM), para possível incorporação ao texto final do PNMC.

Com a divulgação do PNMC em outubro de 2008, seu conteúdo foi aberto à consulta pública pelo Ministério de Meio

Ambiente (MMA) e, assim, a secretaria-executiva do fórum realizou novos encontros para coletar contribuições.

O Plano Nacional sobre a Mudança do Clima apresentado pelo governo define ações e medidas que visam à mitigação e à adaptação à mudança do clima, sendo os seus objetivos assim definidos:

1. Fomentar aumentos de eficiência no desempenho dos setores da economia na busca constante do alcance das melhores práticas.
2. Buscar manter elevada a participação de energia renovável na matriz elétrica, preservando a posição de destaque que o Brasil sempre ocupou no cenário internacional.
3. Fomentar o aumento sustentável da participação de biocombustíveis na matriz de transportes nacional e, ainda, atuar com vistas à estruturação de um mercado internacional de biocombustíveis sustentáveis.
4. Buscar a redução sustentada das taxas de desmatamento em todos os biomas brasileiros, até que se atinja o desmatamento ilegal zero.
5. Eliminar a perda líquida da área de cobertura florestal no Brasil, até 2015.
6. Procurar identificar os impactos ambientais decorrentes da mudança do clima e fomentar o desenvolvimento de pesquisas científicas para que se possa traçar uma estratégia que minimize os custos sócioeconômicos de adaptação do País.
7. Fortalecer ações inter-setoriais voltadas à redução das vulnerabilidades das populações.

## **A parcela de responsabilidade do Brasil na mudança do clima**

O grande desafio de avaliar a real contribuição do Brasil no total das emissões de GEE e, com isso, saber qual é sua parcela de responsabilidade na mudança do clima, reside no fato de ser difícil separar o efeito antrópico direto

de outros efeitos que influenciam as emissões, a partir das mudanças nos usos da terra.

O Ministério da Ciência e Tecnologia coordenou a elaboração do inventário brasileiro de gases de efeito estufa, documento que lista as emissões no período de 1990 a 1994. Foi uma tarefa que envolveu 60 instituições e mais de 300 especialistas. O inventário brasileiro é o estudo que contém os aspectos científicos e metodológicos que nortearam a Proposta Brasileira.

O Brasil defende que os aspectos científicos, embora em constante evolução, podem ser levados em conta, na medida em que conhecimentos como os contidos nos relatórios de avaliação do IPCC, por exemplo, foram suficientemente revistos pela comunidade científica e pelos governos. Se for o caso, as Nações Unidas podem revisar as estimativas quando uma nova avaliação do IPCC for feita. Assim propôs a delegação brasileira.

Quanto aos aspectos metodológicos, o País defende que seja considerada, por exemplo, a influência de outras substâncias radiativamente ativas, ou seja, que influenciam nos efeitos dos raios solares, elevando o potencial de aquecimento da Terra. Substâncias como aerossóis e clorofluorcarbonos não foram incluídas na Convenção sobre Mudança do Clima.

## **As emissões de gases de efeito estufa no Brasil**

Todos os países signatários da Convenção sobre Mudança do Clima assumiram o compromisso de elaborar e atualizar, periodicamente, inventários nacionais de emissões e remoções antrópicas de GEE, classificados por suas respectivas fontes.

O inventário brasileiro, chamado de Comunicação Nacional do Brasil, consiste de dois capítulos principais:

1. Contabilização de emissões dos principais gases de efeito estufa – gás carbônico, metano, óxido nitroso,



hidrofluorcarbono, perfluorcarbono e hexafluoreto de enxofre – nos setores energético, industrial, uso da terra e desmatamento, agropecuária e tratamento de resíduos.

## 2. Providências tomadas ou previstas para implementar a Convenção sobre Mudança do Clima no País.

O inventário brasileiro de emissão de GEE confirmou que nossa matriz energética é, majoritariamente, baseada na fonte hidrelétrica, que, por sua vez, não se configura em fonte emissora de CO<sub>2</sub>.

As grandes contribuições nacionais para as emissões de CO<sub>2</sub>, por exemplo, são creditadas às mudanças de usos da terra – 75% de todas as emissões registradas no País –, sendo as atividades ligadas ao desmatamento as maiores responsáveis por estes números.

O inventário mostra também as emissões nacionais de metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorcarbonos (HFC), perfluorcarbonos (PFC), hexafluoretos de enxofre (SF<sub>6</sub>) e os gases de efeito estufa indiretos (CO, NO<sub>x</sub> e NMVOC).

Os dados são referentes às emissões de 1994 e trazem comparações em relação a 1990. Vejamos as referências da Comunicação Nacional sobre os principais gases.

## **Emissões de gás carbônico**

As emissões de CO<sub>2</sub> resultam de diversas atividades. Nos países desenvolvidos, a principal fonte é o uso energético de combustíveis fósseis. Outras fontes de emissão importantes, nesses países, são os processos industriais de produção de cimento, cal, barrilha, amônia e alumínio, bem como a incineração de lixo.

Diferentemente dos países industrializados, no Brasil, a maior parcela das emissões líquidas estimadas de CO<sub>2</sub> é proveniente das mudanças nos usos da terra, em particular da conversão de florestas para uso agropecuário. Em função da elevada participação da energia renovável na matriz

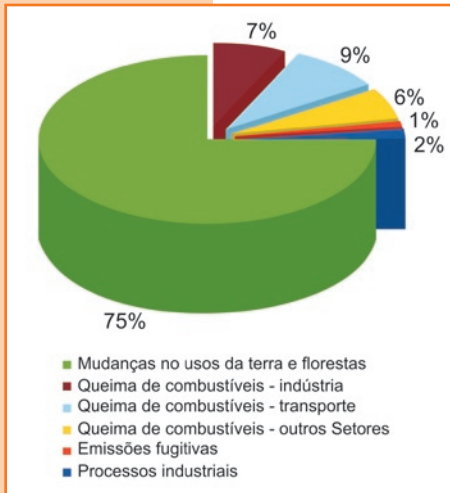


Figura 6.4. Os usos que se faz da terra são a principal fonte de gás carbônico no Brasil.

energética brasileira – pela geração de eletricidade a partir de hidrelétricas, pelo uso de álcool no transporte e pelo uso de bagaço de cana-de-açúcar e carvão vegetal na indústria – a parcela das emissões de  $\text{CO}_2$ , com o uso de combustíveis fósseis no Brasil, é relativamente pequena. Além disso, deve-se observar que o consumo energético brasileiro é ainda modesto, quando comparado aos países industrializados.

O setor de Energia, no inventário nacional, engloba as emissões por queima de combustíveis fósseis e as emissões fugitivas, que são emissões

de poluentes industriais não-controladas. As emissões fugitivas incluem a queima de gás nas tochas de plataformas e refinarias, e a combustão espontânea de carvão em depósitos e pilhas de rejeito.

As emissões de  $\text{CO}_2$  do setor representaram, em 1994, 23% das emissões totais de  $\text{CO}_2$ , tendo aumentado 16% em relação às emissões de 1990. Somente o subsetor de Transportes foi responsável por 40% das emissões de  $\text{CO}_2$  do setor de Energia e por 9% do total de emissões de  $\text{CO}_2$ , em 1994.

Com exceção das usinas siderúrgicas, as emissões advindas de processos industriais representaram apenas 1,6% das emissões totais, com a produção de cimento e cal constituindo a maior parcela, 80%. No período de 1990 a 1994, as emissões provenientes de processos industriais não variaram significativamente.

O setor de Mudança no Uso da Terra e Florestas foi responsável pela maior parcela das emissões de  $\text{CO}_2$  (75%). A conversão de florestas para outros usos, em particular o agrícola, consistiu na maior parcela da emissão total de  $\text{CO}_2$  pela regeneração de áreas abandonadas e a mudança no estoque de carbono dos solos.

## Emissões de metano

Emissões de metano resultam de diversas atividades: aterros sanitários, tratamento de esgotos, sistemas de produção e processamento de petróleo e gás natural, atividades agrícolas, mineração de carvão, queima de combustíveis fósseis, conversão de florestas para outros usos e alguns processos industriais.

No Brasil, as emissões de metano são oriundas, na sua maioria, das atividades pecuárias, mais precisamente pela fermentação dos dejetos do gado. O volume de metano emitido pelo Brasil tem como origem o fato de o País ter o maior rebanho bovino do mundo. São quase 200 milhões de cabeças de gado.

Na Figura 6.5, podemos conferir como se distribui, percentualmente, a produção de metano por fonte geradora no País.

A agropecuária é o setor que mais responde, no País, pelas emissões de  $\text{CH}_4$ . Em 1994, o setor correspondeu a 77% do total de emissões do gás. E, como já foi dito, a principal fonte foi a fermentação dos dejetos do rebanho (fermentação entérica). Outras fontes de emissão de  $\text{CH}_4$  são o manejo dos dejetos dos animais, a cultura do arroz irrigado e a queima de resíduos agrícolas. As emissões do setor Agropecuário aumentaram 7%, de 1990 a 1994, em função, principalmente, do aumento do rebanho do gado de corte.

No setor de Energia, as emissões de  $\text{CH}_4$  ocorrem por causa da queima, feita de forma inadequada, de combustíveis fósseis e também à fuga de gás natural em seus processos de produção e transporte, além da mineração de carvão. As emissões de metano do setor Energia representaram 3% das emissões totais do gás, tendo diminuído 9% em relação às emissões de 1990.

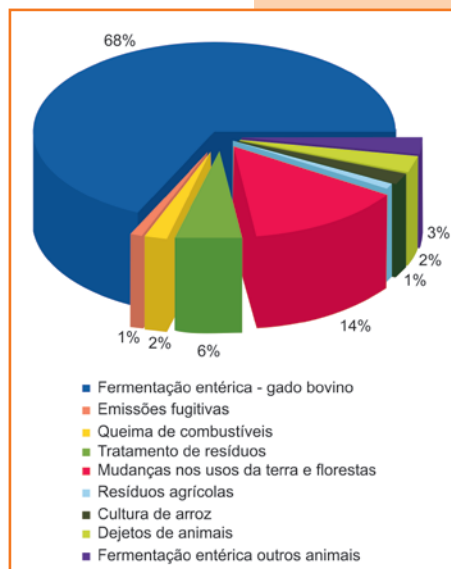


Figura 6.5. Segundo gás mais importante na intensificação do efeito estufa, o metano, no Brasil, vem, principalmente, da fermentação do esterco.

"Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas e Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal" - Comunicação Inicial do Brasil, Parte II (MCT, 1994). <http://www.mct.gov.br/>

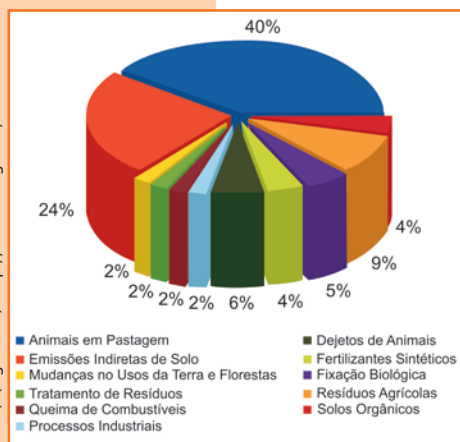


Figura 6.6. O esterco do gado e o uso de fertilizantes são as principais fontes de emissão do óxido nitroso, outro gás responsável pela intensificação do efeito estufa.

A participação do setor de Processos Industriais nas emissões de  $\text{CH}_4$  é pequena e tem sua origem na produção de petroquímicos. Já as emissões do setor de Tratamento de Resíduos representaram 6% do total das emissões de  $\text{CH}_4$ , sendo a disposição de resíduos sólidos responsável por 84% desse valor. No período de 1990 a 1994, as emissões de metano do setor aumentaram 9%.

No setor Mudança do Uso da Terra e Florestas, as emissões de  $\text{CH}_4$  ocorrem pela queima da biomassa nas áreas de desflorestamento. Essas emissões representaram 14% do total de emissões de  $\text{CH}_4$  em 1994.

## Emissões de óxido nitroso

Emissões de óxido nitroso resultam de diversas atividades, incluindo as práticas agrícolas, processos industriais, queima de combustíveis fósseis e conversão de florestas para outros usos.

No Brasil, as emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  ocorrem, principalmente, no setor agropecuário (92%), seja por deposição de dejetos de animais em pastagem, seja, em menor escala, pela aplicação de fertilizantes em solos agrícolas. As emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  no setor cresceram 12%, de 1990 a 1994.

No setor de Energia, elas representaram 1,6% das emissões totais de  $\text{N}_2\text{O}$ , sendo provenientes da queima inadequada de combustíveis e, no setor de Processos Industriais, 2,5%.

O processo de tratamento de esgoto doméstico é responsável pelas emissões de  $\text{N}_2\text{O}$ , no setor de Tratamento de Resíduos. Sua contribuição para as emissões do gás foi de 2,2%.

No setor de Mudança no Uso da Terra e Florestas, as emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  ocorrem pela queima da biomassa nas áreas

de desflorestamento. Elas representaram 2,3% do total de emissões de  $N_2O$ .

## **Emissões de hidrofluorcarbonos, perfluorcarbonos e hexafluoreto de enxofre**

Os gases HFC, PFC e  $SF_6$  não existem originalmente na natureza, sendo sintetizados unicamente por atividades humanas. O Brasil não produz HFC, tendo sido registrada a importação de 125 toneladas do gás em 1994, para uso no setor de refrigeração. Não foi observado seu uso na fabricação de espumas ou extintores de incêndio. Houve emissão de 157 toneladas de uma variação de HFC naquele ano, o que representou um crescimento de 30% em relação à emissão desse tipo de gás em 1990.

As emissões de PFC ocorrem durante o processo produtivo de alumínio. Resultam do efeito anódico, ou seja, da produção de faíscas, que ocorre quando a quantidade de óxido de alumínio diminui nas cubas do processo. As emissões de PFC, em duas formas diferentes do gás, foram de 380 toneladas em 1994, quantidade 19% maior do que o emitido em 1990.

Utilizado como isolante em equipamentos elétricos de grande porte, o  $SF_6$  teve uma emissão estimada em 1,8 toneladas anuais, no período pesquisado. As emissões do gás ocorrem por causa das perdas nos equipamentos, principalmente quando de sua manutenção ou descarte.

## **Gases de efeito estufa indireto**

Diversos gases possuem influência nas reações químicas que ocorrem na troposfera e, dessa forma, exercem um papel indireto no aumento do efeito radiativo (radiação solar). Entre esses gases, estão o monóxido de carbono, o óxido de nitrogênio ( $CO$ ,  $NO_x$ ) e os Compostos Orgânicos Voláteis Não Metano (NMVOC). A emissão desses gases é, em sua maioria, resultado de atividades humanas.

As emissões de CO aumentaram 1% de 1990 a 1994. Cerca de 98% das emissões do gás são provenientes dos setores Energia, Agropecuária, Mudança no Uso da Terra e Florestas. O restante resulta dos processos produtivos do alumínio e produtos químicos, como amônia e ácido adípico.

A queima imperfeita de combustíveis do setor Energia, de resíduos no setor Agropecuário e de biomassa em áreas de desflorestamento responde por quase a totalidade das emissões de  $\text{NO}_x$ . Uma pequena parcela das emissões do gás ocorre nos processos industriais, como resultado da produção de ácido nítrico e alumínio. Houve um aumento nas emissões de  $\text{NO}_x$  entre 1990 e 1994.

As emissões de NMOVC são também, em sua maioria, resultado da queima imperfeita de combustíveis. A atividade respondeu por 65% das emissões do gás em 1994. Uma parcela significativa é proveniente da produção e uso de solventes (21%) e da indústria de alimentos e bebidas (12%).

## CONCLUINDO

Estamos diante de uma realidade registrada cientificamente: nosso território certamente será afetado pelo aquecimento global num futuro próximo. Os biomas sofrerão conseqüências, bem como o nível do mar nas regiões costeiras. Projeta-se uma maior ocorrência de desastres naturais e mais eventos meteorológicos extremos, tais como secas e inundações.

Mas a questão das mudanças climáticas não está presente nas discussões políticas e da sociedade só pelo fato de o País ser mais vulnerável aos efeitos do aquecimento global. O Brasil sempre se destacou por ser um país plural que envolve os mais diferentes setores nas discussões que afetam seu destino, seja no nível ambiental, político ou mesmo administrativo.

Na atuação político-institucional, internamente e no exterior, o Brasil vem se destacando como um conciliador e também

um país que busca ouvir a sociedade quando o assunto são as políticas que dizem respeito às questões climáticas.

Não por acaso, depois de instituir uma comissão, no âmbito do governo, para articular as ações relacionadas às mudanças globais do clima e criar um fórum com a participação de gestores públicos e também da sociedade, o governo brasileiro chegou a um dos resultados já esperados: a elaboração da proposta de uma Política Nacional sobre Mudança do Clima, que institui o Plano Nacional sobre Mudança do Clima.

O Brasil não está parado quando o assunto são as mudanças climáticas. Nos fóruns internacionais em que a questão é discutida, tem sempre participado e tentado fazer valer suas posições. Uma ação protagonista do País tem sido mais observada, principalmente, desde 1992, quando sediamos a Rio-92. Desde lá, muitas outras iniciativas de destaque do Brasil têm tido repercussão internacional, como a Proposta Brasileira, que resultou na criação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

O Brasil, também, ao assumir sua contribuição como emissor, marca sua posição, defendendo nas cúpulas mundiais que tratam do tema que substâncias como aerossóis e clorofluorcarbonos sejam incluídas na Convenção sobre Mudança do Clima.

O que se conclui é que o Brasil, dentro de suas possibilidades, tem avançado na questão do clima, seja no nível interno, seja nas negociações internacionais. Suas emissões, majoritariamente advindas das mudanças dos usos da terra, não são poucas, mas não há como negar sua atuação de liderar iniciativas para reverter esse quadro.



## LEITURAS COMPLEMENTARES

### **BRASIL: DESMATAMENTO E MUDANÇA DO CLIMA**

#### **A cobertura florestal brasileira**

O território brasileiro vem sofrendo inúmeras modificações em virtude do modelo de ocupação e desenvolvimento adotado em diferentes períodos de sua história. Desde a colonização, avançamos sobre a mata nativa, descartando-a, como se os recursos fossem inesgotáveis.

No passado, o predomínio das queimadas era justificado por ser essa a técnica mais eficiente disponível. Com as queimadas, era possível aumentar a produtividade do solo por um curto período. Na atualidade, tal procedimento não encontra qualquer suporte técnico ou científico que o justifique.

O processo de desflorestamento brasileiro, de maneira geral, não difere de outros registrados do mundo. O Brasil já fez uso de cerca de 2,5 milhões de quilômetros quadrados de sua mata nativa desde o início de sua colonização. Esse número representa 30% do território nacional e equivale a 4,5 vezes a área ocupada pela França (FAPESP, 2008). As nossas florestas têm sido derrubadas, dentre outros motivos, para:

- a. comercialização ilegal de madeira;
- b. grilagem de terras;
- c. pastagens e atividades agrícolas;
- d. expansão urbana;
- e. atividades de mineração;
- f. estruturação da malha viária necessária ao escoamento de mercadorias e deslocamento humano;



- g. expansão do parque gerador hidrelétrico nacional por meio de grandes reservatórios de água;
- h. ampliação da produção agrícola em áreas irrigadas.

O estudo apresentado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) intitulado “Mapa da Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros” permite uma visão do quanto já se desmatou no País em decorrência das ações humanas, assim como uma estimativa das áreas de vegetação que se mantêm preservadas.

Apresentamos aqui uma síntese deste documento como forma de traçar o panorama nacional do desmatamento nos biomas.

## **Amazônia**

A Amazônia é o maior bioma brasileiro, abrangendo uma área de 4.196.943 km<sup>2</sup>. A vegetação predominante é a Floresta Ombrófila Densa, que corresponde a 41,67% do bioma.

O processo de desmatamento da Amazônia ganhou maior impulso a partir da segunda metade do século 20, como resultado da expansão da fronteira agrícola e da abertura de pólos regionais de desenvolvimento, bem como com a construção da infra-estrutura viária e dos equipamentos urbanos.

Calcula-se que 12,47% de toda a área da Amazônia foi alterada pela ação direta do ser humano, sendo que 2,97% encontram-se em recuperação (vegetação secundária) e 9,50% encontram-se destinados ao uso agrícola ou de pecuária. A porcentagem de florestas que permanece inalterada em cada estado é bastante diferente, variando de 23,82%, no Maranhão, a 92,84%, no Amazonas.

O total da área desmatada na Amazônia equivale a 21% de tudo que já foi utilizado em todo o território nacional para áreas de pastagem, plantações, estruturação das cidades e infra-estrutura.

## **Pantanal**

O Pantanal ocupa uma área estimada de 150.355 km<sup>2</sup> do território. Este bioma, atualmente, é o que se encontra mais bem

preservado, mantendo cerca de 87% de sua cobertura vegetal nativa. O restante já foi modificado pela ação humana.

Com relação às áreas modificadas pelo ser humano, nota-se que a agricultura é inexpressiva no bioma (0,26%), dando lugar à pecuária extensiva em pastagens plantadas, que equivalem a 11% da área do bioma e ocupam 97% da área antrópica.

Desde o início da colonização pelos europeus, foram utilizados 17 mil km<sup>2</sup> de áreas deste bioma, o que equivale a 1% de toda a área desmatada no País.

## **Cerrado**

O Cerrado, segundo maior ecossistema brasileiro, abrange uma área estimada de 2.036.448 km<sup>2</sup>. A área florestada atinge cerca de 37% do bioma, enquanto a área não florestada recobre 23,68% do total. A área restante refere-se aos 39% de área antrópica, onde o que predomina é a área de pastagens cultivadas (26,5% do bioma). A área desmatada no Cerrado totaliza 800 mil km<sup>2</sup>, o que equivale a 32% de todo o desmatamento verificado na história do Brasil.

Foi no Cerrado onde as transformações da paisagem se deram em maior velocidade. Nos últimos 40 anos, este bioma perdeu a maior parte de sua cobertura original, sendo a construção de Brasília, no final dos anos 1950, tida como o marco incentivador do povoamento do Cerrado. Pesquisas objetivando o desenvolvimento de sementes adaptáveis ao clima do Cerrado permitiram a introdução da produção em larga escala da cultura da soja, milho e feijão. Este bioma também deu lugar a grandes fazendas de gado.

## **Caatinga**

A Caatinga é o único bioma exclusivamente brasileiro e ocupa uma área de 844.453 km<sup>2</sup>. Tem uma área de cobertura vegetal nativa da ordem de 518.635 km<sup>2</sup>, o que equivale a 62,77% da área mapeada do bioma. O avanço humano sobre a Caatinga resultou numa perda de 300 mil km<sup>2</sup> de vegetação natural, 12,5% de toda a área até agora desmatada no País. A área

transformada deu lugar às atividades agrárias, agropecuárias, siderúrgicas, mineradoras e, nas duas últimas décadas, à agricultura irrigada de produção de frutas no vale do São Francisco (região às margens do Rio São Francisco, nos estados de Minas Gerais, Bahia e Pernambuco).

## **Mata Atlântica**

A Mata Atlântica, que abrange uma área de 1.110.182 km<sup>2</sup>, foi o primeiro grande bioma a sofrer com o desmatamento. Hoje, é também o mais devastado.

Até agora, o bioma já perdeu 751 mil km<sup>2</sup> de sua área original, equivalendo a 30% de tudo o que já se desmatou no País. Seu processo inicial de desmatamento se deu pela busca e derrubada do pau-brasil.

A faixa de Mata Atlântica que se entendia do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul foi dando lugar às extensas plantações de cana-de-açúcar, engenhos, cidades de pequeno, médio e grande porte, estradas, pólos industriais na região do entorno das grandes cidades e diversas culturas agrícolas.

O que resta do bioma restringe-se a 285 mil km<sup>2</sup>, o que equivale a 27% de sua área original. Essa parcela está localizada em áreas de preservação legal e regiões de montanhas, a exemplo das encostas da Serra do Mar, no litoral das regiões Sul e Sudeste.

## **Pampa**

Os Pampas cobrem uma área aproximada de 176.496 km<sup>2</sup> e se estendem nos campos da metade Sul e das Missões, no estado do Rio Grande do Sul. Hoje, o bioma apresenta cobertura vegetal nativa em 41,32% de sua área, enquanto a parte restante, 58,68% de seu território, encontra-se modificada por uso antrópico.

Isso significa que 86 mil km<sup>2</sup>, isto é, 49% de sua área foi desmatada para viabilizar a pecuária de corte, parques industriais, grandes lavouras de milho, soja, uva e arroz.

Vejam na tabela a seguir, com os dados sobre a cobertura dos biomas brasileiros, o que há de floresta original, o que restou depois da ação humana, o tamanho das áreas desmatadas e a extensão de seus recursos hídricos.

## Cobertura dos Biomas Brasileiros

Bioma	Área original		Área remanescente		Rio e lagos		Área desmatada		total
	mil km <sup>2</sup>	%	mil km <sup>2</sup>	%	mil km <sup>2</sup>	%	mil km <sup>2</sup>	%	%*
Amazônia	4.230,5	49,8	3.595,2	84,98	107,8	2,55	527,5	12,47	21,14
Cerrado	2.047,2	24,1	1.236,8	60,41	12,4	0,61	798	38,98	31,99
Mata Atlântica	1.059	12,5	285,6	26,97	15,4	1,45	751,4	70,95	30,68
Caatinga	825,8	9,7	518,3	62,76	7,8	0,94	299,6	36,28	12,01
Pampas	178,2	2,1	73,7	41,36	17,8	9,99	86,8	48,71	3,48
Pantanal	151,2	1,8	131,2	86,77	2,6	1,72	17,4	11,51	0,7
Brasil	8.491,9	100	5.840,8	68,78	163,8	1,93	2.480,7	29,21	100

Fonte: MMA, 2006, Fapesp, 2008.

\*Sobre o total desmatado.

## Desmatamento na Amazônia

A Floresta Amazônica representa a maior extensão de floresta tropical existente no mundo. Diversos estudos mostram que entre 50 bilhões e 80 bilhões de toneladas de carbono estão armazenados em seus 3,3 milhões de quilômetros quadrados.

Estima-se que, anualmente, cerca de 200 milhões de toneladas de carbono são lançados na atmosfera resultantes do desmatamento de uma média de 18.000 km<sup>2</sup> de mata nativa amazônica, tornando essa atividade responsável por 75% das emissões brasileiras de CO<sub>2</sub> e cerca de 3% das emissões anuais do planeta. Isso faz com que o Brasil ocupe a quarta colocação no *ranking* de maiores emissores mundiais de CO<sub>2</sub>. Caso o País atingisse uma taxa nula de desmatamento, a consequência seria descer para a 18<sup>a</sup> classificação nesse *ranking*.

Estudos conduzidos pelo Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM) estimam que, se as atuais taxas de desmatamento forem mantidas, chegaremos a atingir, na metade deste século, menos de 60% da Floresta Amazônica,

o que representará a emissão adicional de 36 bilhões de toneladas de carbono, contribuindo ainda mais para o agravamento do aquecimento do planeta.

Estudo apresentado pelo Ministério do Meio Ambiente mostra que o aumento médio da temperatura do planeta repercutirá negativamente na Amazônia, de tal modo que poderá ocasionar:

- a. elevação das temperaturas na região amazônica;
- b. perdas no ecossistema e biodiversidade amazônica;
- c. eventos extremos de chuvas e secas com maiores intensidades e frequências;
- d. efeitos negativos sobre a saúde das populações que vivem na região;
- e. mudanças no transporte de umidade da floresta para o Sul e Sudeste do Brasil;
- f. colapso na habilidade da Amazônia em regular a chuva e resistir às mudanças climáticas;
- g. savanização da floresta, que é, conforme vimos em outro capítulo, o empobrecimento da mata ao tornar-se uma savana menos rica do ponto de vista da biodiversidade.

Diante do registro de um crescente aumento na taxa de desmatamento na Amazônia, em 2004, o governo colocou em prática um conjunto de medidas com o objetivo de controlar o desmatamento.

Uma dessas medidas foi o Plano de Combate ao Desmatamento que, dentre suas ações, busca:

- a. a valorização da floresta para conservar a biodiversidade, o manejo florestal de produtos madeireiros e não-madeireiros e serviços ambientais;
- b. a criação de incentivos para a recuperação sustentável das áreas já desmatadas, a fim de reduzir a pressão sobre as florestas nativas;
- c. a prática do zoneamento territorial;
- d. a melhoria contínua dos instrumentos de fiscalização, licenciamento e controle; a gestão descentralizada das

políticas públicas, por meio de parcerias entre os governos federal, estaduais e municipais.

Como resultado, conseguiu uma redução da área desmatada, no período de 2004-2005, em relação ao período de 2003-2004, da ordem de 31%. De 2005-2006, em relação a 2004-2005, a redução da área desmatada foi da ordem de 25%.

A Figura 6.7 apresenta a taxa anual de desmatamento na Amazônia brasileira registrada desde 1988 até o ano de 2006.

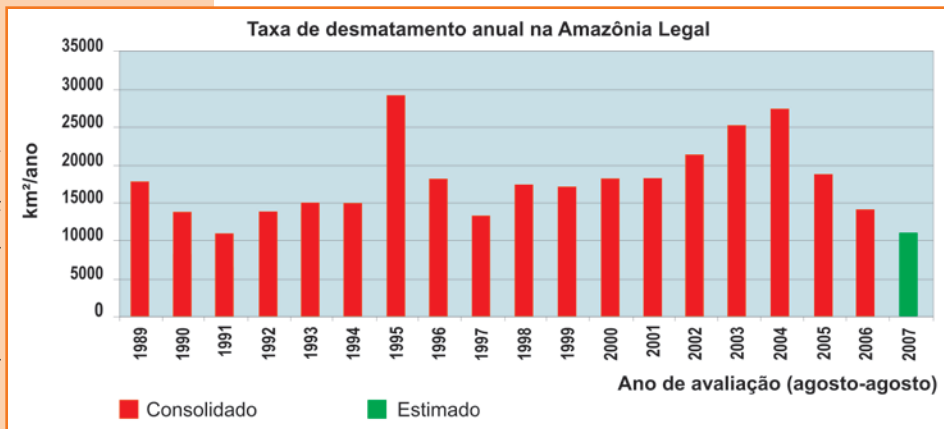


Figura 6.7. Desde o lançamento do Plano de Combate ao Desmatamento, em 2004, conseguiu-se a redução da taxa anual de desflorestamento na Amazônia Legal, com perspectivas de que a taxa volte ao nível de 1997.

É importante lembrar que as avaliações feitas por especialistas apontam que a queda na taxa de desmatamento também é decorrente de fatores econômicos, como a diminuição do preço da soja e da carne bovina no mercado internacional, além da valorização do real em relação ao dólar, impactando negativamente a competitividade dos produtos do agronegócio brasileiro.

# USO DA TERRA E MUDANÇA DO CLIMA

## O solo e as emissões

As atividades ligadas aos usos da terra e à agricultura respondem por cerca de 32% das atuais emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) do planeta. O desmatamento em áreas de florestas tropicais ocupa a posição de segunda maior fonte emissora de GEE, com participação estimada que varia entre 18% e 25% das emissões mundiais.

No Hemisfério Norte (bloco dos países industrializados), as emissões são, prioritariamente, originadas do setor energético, enquanto no Hemisfério Sul estão fortemente concentradas nas atividades de usos da terra, em especial no desmatamento de suas florestas. Esse fato reflete claramente as fortes diferenças nos estágios de desenvolvimento dos países que compõem os dois blocos.

No Norte, a produção de riquezas é baseada no setor de serviço e produção de bens de maiores valores agregados. No Sul, o modelo de desenvolvimento recai sobre o uso dos seus recursos naturais. Vejamos, então, como estão os remanescentes de florestas em todo o mundo.



Dagmar zimova. <http://www.sxc.hu/>

Figura 6.8. A segunda maior fonte emissora de gases de efeito estufa, em áreas de florestas tropicais, é o desmatamento.

## As florestas no mundo

Os maiores reservatórios de biodiversidade do planeta estão imersos nas florestas ainda existentes. Estudos apontam

que estas áreas abrigam pouco mais da metade de todas as espécies de animais e vegetais.

As florestas se revestem de importância ainda maior na atualidade pelo fato de que atuam como centros absorvedores de carbono atmosférico – armazenando carbono na forma de sua biomassa viva, solos e brejos associados –, além de atuar fortemente no ciclo dos regimes de chuva.

Por milhares de anos, o ser humano vem ocupando a maioria da superfície do planeta de uma forma que intervém profundamente no equilíbrio dos ecossistemas terrestres. E o uso das florestas, principalmente pautado em sua destruição, é uma das principais formas de como o ser humano usa os recursos naturais para satisfazer suas necessidades, muitas vezes consideradas não-primordiais.

O estoque florestal do planeta, na sua grande maioria, sofreu de algum modo uma transformação. Grandes áreas foram e seguem sendo queimadas e preparadas para o plantio, ou deram espaço para a ampliação do pasto. Outra parte significativa foi adaptada ao estilo de vida humano, dando lugar às cidades.

A escalada de desmatamento, fruto da ação direta do ser humano, nos últimos 200 anos, é alarmante. Os registros de aumento na taxa de desmatamento se mostraram significativos, desde a consolidação do modelo capitalista industrial. A aceleração do desmatamento preocupa os ambientalistas e gestores de todo o mundo, quer pela perda de biodiversidade, que tem custos irreparáveis, quer pelos

riscos que esta ação impõe ao equilíbrio dos ciclos biogeoquímicos existentes no planeta e seus impactos, agora agravados pelos cenários das mudanças globais do clima.



*Mapas e gráficos que tratam do tema abordado nesta leitura podem ser acessados em <http://atlas.aas.org/>. Eles constam do Atlas of Population and Environment, publicado em 2000 pela AAAS.*



Estimativas feitas pela Associação Americana para o Avanço da Ciência (AAAS, na sigla em inglês), no estudo Atlas da População e Meio Ambiente, apontam que metade da cobertura florestal do planeta já foi removida em decorrência de ações antropogênicas. Excetuando-se a Rússia, a Europa dispõe, hoje, de menos de 1% de suas matas originais. Nos Estados Unidos, a cobertura florestal hoje restante não atinge 5% das reservas encontradas pelos colonizadores.

A grande parte das florestas que menos perderam cobertura foram aquelas localizadas em regiões de baixa densidade populacional, como nos casos da África Central, da Amazônia e das Ilhas do Sudeste Asiático de Bornéu, Sumatra e Nova Guiné, bem como as florestas boreais da Sibéria e América do Norte.

O estudo da AAAS mostra também que, entre 1970 e 1995, o planeta perdeu 10% de sua mata nativa. Foi sobre as regiões dos trópicos, onde as taxas de crescimento populacional foram mais acentuadas, que se deu o maior avanço sobre as reservas florestais. Entre 1990 e 1995, o desmatamento foi mais intenso na América Latina, depois na África e Ásia. Nessas áreas, as taxas de desmatamento anuais foram mais acentuadas em regiões de maior adensamento populacional, ultrapassando 3% em Bangladesh, no Paquistão, nas Filipinas e na Jamaica.

## Desmatamento e mudança do clima

As florestas atuam de três formas no equilíbrio climático:

- Absorvem o carbono que obtêm na atmosfera.
- As folhas verde-escuras absorvem a luz do Sol, aquecendo a superfície da Terra.



Figura 6.9. A cobertura florestal que os colonizadores ingleses encontraram nos Estados Unidos no século 16 não chega, nos dias atuais, a 5%.

Florian Hüter. <http://www.sxc.hu/>

- Absorvem água do solo, que, por sua vez, evapora na atmosfera, criando nuvens que refletem os raios quentes do Sol, além de produzir chuva. Este mecanismo é denominado de evapotranspiração, que também contribui com o resfriamento da superfície da Terra.

A absorção do carbono, função florestal bem evidenciada no debate mundial sobre a mitigação do aquecimento global, é determinada pelo ciclo do carbono. Este ciclo consiste na transferência do carbono livre na natureza, para as diversas reservas florestais existentes no mundo, sob a forma de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Para que ocorra um equilíbrio no processo de respiração, as espécies florestais convertem o carbono em dióxido de carbono.

Outras fontes de dióxido de carbono são as queimadas e a natural decomposição de material orgânico depositado no solo. Os processos envolvendo a fotossíntese nas espécies vegetais permitem que, na presença da luz, seja possível

a captura do dióxido de carbono. As árvores usam o carbono aprisionado para garantir o seu crescimento e devolvem o oxigênio para a atmosfera. Nos períodos noturnos, pelo processo de transpiração, a lógica se inverte e as árvores liberam o  $\text{CO}_2$  excedente do processo de fotossíntese.

As reservas de  $\text{CO}_2$  existentes na terra e nos oceanos superam o total de  $\text{CO}_2$  presente na atmosfera. A ocorrência de

pequenas perturbações nesses reservatórios pode promover significativos efeitos nas concentrações de  $\text{CO}_2$  atmosférico.

Por suas funções no equilíbrio do sistema climático, as florestas assumem papel de destaque nos cenários das mudanças globais de clima. Como vimos, as florestas são sumidouros de carbono, ou seja, sistemas naturais que



Figura 6.10. As queimadas e a decomposição de material orgânico depositado no solo também são fontes do dióxido de carbono que vai para atmosfera.