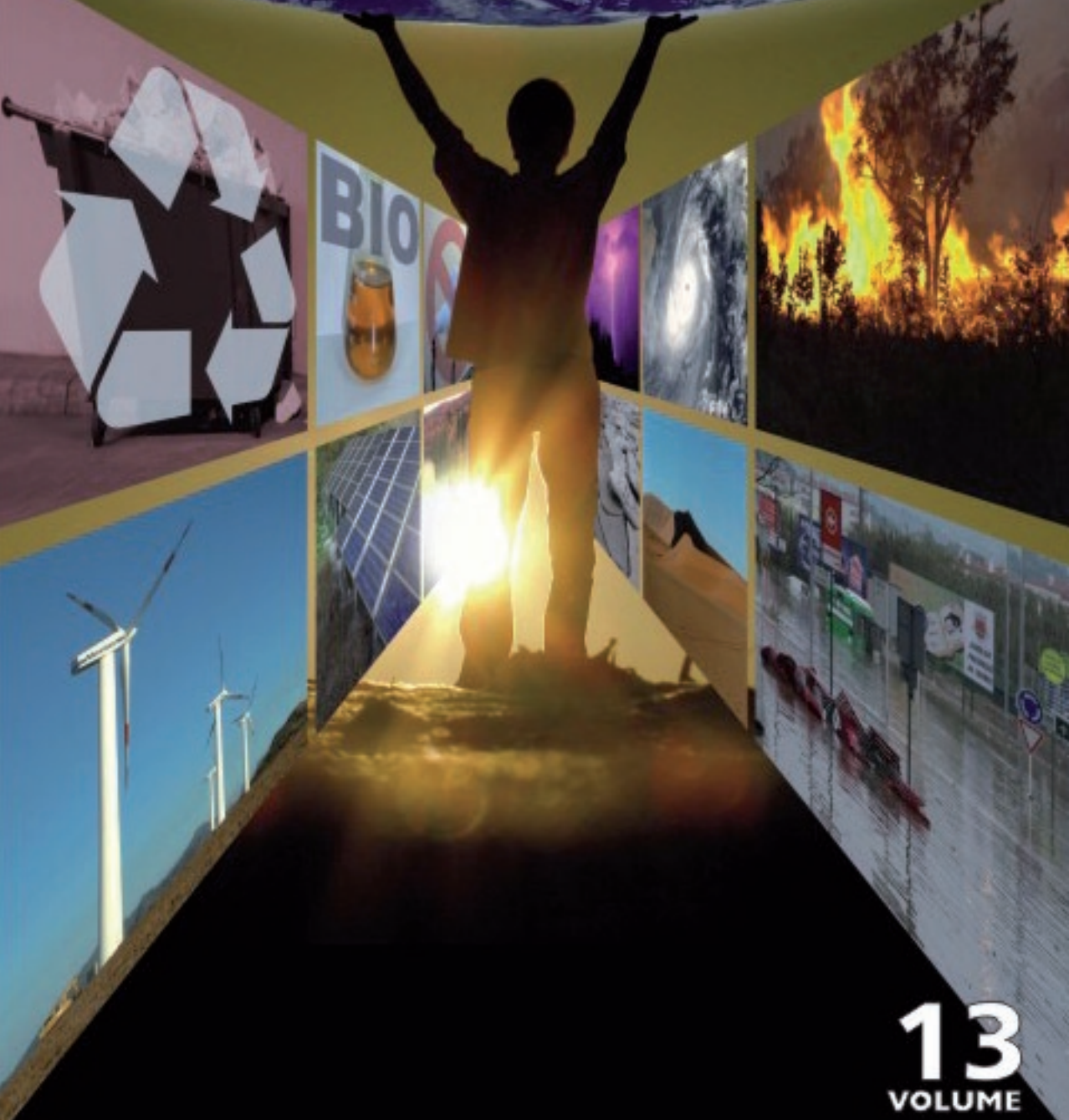


COLEÇÃO EXPLORANDO O ENSINO

# MUDANÇAS CLIMÁTICAS



**13**  
VOLUME

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA





**COLEÇÃO EXPLORANDO O ENSINO**

**VOLUME 13**

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS**  
**ENSINOS FUNDAMENTAL E MÉDIO**

## COLEÇÃO EXPLORANDO O ENSINO

Vol. 1 - Matemática (Publicado em 2004)

Vol. 2 - Matemática (Publicado em 2004)

Vol. 3 - Matemática: Ensino Médio (Publicado em 2004)

Vol. 4 - Química

Vol. 5 - Química

Vol. 6 - Biologia

Vol. 7 - Física

Vol. 8 - Geografia

Vol. 9 - Antártica

Vol. 10 - O Brasil e o Meio Ambiente Antártico

Vol. 11 - Astronomia

Vol. 12 - Astronáutica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Centro de Informação e Biblioteca em Educação (CIBEC)

---

Oliveira, Gilvan Sampaio de.

Mudanças climáticas : ensino fundamental e médio / Gilvan Sampaio de Oliveira, Neilton Fidelis da Silva, Rachel Henriques. - Brasília : MEC, SEB ; MCT ; AEB, 2009.

348 p. -- : il. - (Coleção Explorando o ensino ; v. 13)

ISBN: 978-85-7783-017-6

CD Mudanças Ambientais Globais

1. Mudanças climáticas. 2. Ensino fundamental. 3. Ensino médio

I. Brasil. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica.

II. Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia. III. Agência Espacial Brasileira. IV. Título.

CDU 551.583

---

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO  
BÁSICA

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA  
AGÊNCIA ESPACIAL  
BRASILEIRA  
INSTITUTO NACIONAL DE  
PESQUISAS ESPACIAIS

FORUM BRASILEIRO DE  
MUDANÇAS CLIMÁTICAS

# MUDANÇAS CLIMÁTICAS

## ENSINOS FUNDAMENTAL E MÉDIO

BRASÍLIA  
2009

## Secretaria de Educação Básica

**Diretoria de Políticas de Formação, Materiais Didáticos e Tecnologias para Educação Básica**

**Diretoria de Concepções e Orientações Curriculares para Educação Básica**

**Coordenação-Geral de Materiais Didáticos**

**Coordenação-Geral de Ensino Médio**

## Agência Espacial Brasileira

### EQUIPE TÉCNICA

Andréa Kluge Pereira  
Cecília Correia Lima  
Elizângela Carvalho dos Santos  
José Ricardo Albernás Lima  
Lucineide Bezerra Dantas  
Lunalva da Conceição Gomes  
Maria Marismene Gonzaga

### EQUIPE DE APOIO

Andréa Cristina de Souza Brandão  
Leandro Pereira de Oliveira  
Paulo Roberto Gonçalves da Cunha

## COORDENAÇÃO

Ivette Maria Soares Rodrigues – ORG  
Gestora do Programa AEB Escola (AEB)

## AUTORIA

Gilvan Sampaio de Oliveira (Inpe) – ORG  
Neilton Fidelis da Silva (FBMC/Coppe/UFRJ) – ORG  
Rachel Henriques (IVIG/Coppe/UFRJ)

## CO-AUTORIA

Lana Cristina do Carmo – ORG

## REVISÃO TÉCNICA

Carlos Afonso Nobre (Inpe)  
Luiz Pinguelli Rosa (UFRJ)

## COLABORAÇÃO

Adelino Carlos de Souza (Uerj)  
Carlos Eduardo Quintanilha Vaz de Oliveira  
Claudete N. da Silva (AEB/Programa AEB Escola)  
David Lapola (Inpe)  
Ednaldo de Paiva Pereira (Cefet-RN, Coppe/UFRJ)  
Giovanni Dolif Neto (Cptec/Inpe)  
Jefferson C. Simões (UFRGS)  
Kristina Michahelles (Michahelles Jornalismo)  
Hélio Camargo Júnior (Inpe)  
João Batista Garcia Canalle (Uerj)  
José Fernando Pesquero (Inpe)  
Lana Nárcia Leite da Silveira (EEB)  
Leonardo da Silva Ribeiro (Coppe/UFRJ)  
Luis Fernando Salazar (Inpe)  
Manoel Ferreira Cardoso (Inpe)  
Marcos Barbosa Sanches (Inpe)  
Maria Emília M. Gomes (AEB/Programa AEB Escola)  
Maria Sílvia Muylaert de Araújo (PPE/Coppe/UFRJ)  
Marina Hirota Magalhães (Inpe)  
Rodrigo D. S. Monteiro (CEF 411 Samambaia/SEDF)

## REVISÃO GERAL

Kátia Chagas Lucio (Formata)

## REVISÃO ORTOGRÁFICA

Cely Curado

## PROJETO EDITORIAL

Kátia Chagas Lucio (Formata)

## PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

Sueli Prates e Heluiza Bragança (AEB/Programa AEB Escola)

## CAPA

Rogério Castro (AEB/Programa AEB Escola)

Tiragem 73.634 exemplares

### MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO SECRETARIA DE EDUCAÇÃO BÁSICA

Esplanada dos Ministérios, Bloco L, Sala 500  
CEP: 70047-900 Brasília – DF  
Tel. (61) 2104-8177 / 2104-8010 – <http://www.mec.gov.br>

### MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Av. dos Astronautas, 1759  
CEP: 12227-010 São José dos Campos – SP  
Tel. (12) 3945-6000 – <http://www.inpe.br>

### MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA

Setor Policial Sul (SPO), Quadra 3, Bloco A  
CEP: 70610-200 Brasília – DF  
Tel. (61) 3411-5000 / 3411-5678 – <http://www.aeb.gov.br>

### FÓRUM BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Prédio anexo ao Centro de Tecnologia  
Rua Pedro Calmon, S/Nº Cidade Universitária – Ilha do Fundão  
CEP: 21945-970 Rio de Janeiro – RJ  
Tel./Fax (21) 2562-8258 – [www.forumclima.org.br](http://www.forumclima.org.br)

# SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO | 11

INTRODUÇÃO | 19

## CAPÍTULO 1

**O CLIMA, UMA COMPLEXA TEIA DE FATORES | 23**

A ATMOSFERA, O GRANDE CENÁRIO | 26

As camadas da atmosfera | 27

GASES, CLIMA E EFEITO ESTUFA | 28

Sol: fonte de energia para a circulação atmosférica | 28

O QUE MANTÉM A TEMPERATURA DA TERRA | 31

Um fenômeno natural: o efeito estufa | 32

Terra-Atmosfera: um sistema em equilíbrio | 37

GASES DA ATMOSFERA E VAPOR D'ÁGUA: UMA QUÍMICA FUNDAMENTAL | 41

Ciclo do carbono | 41

Ciclo do nitrogênio | 43

Ciclo da água | 45

CONCLUINDO | 49



**LEITURA COMPLEMENTAR | 51**

OBSERVAÇÕES CIENTÍFICAS | 51



**ATIVIDADES | 53**

EFEITO ESTUFA | 53

PRESSÃO E DENSIDADE DO AR | 57

ALTERANDO A DENSIDADE | 61

COMO SE FORMAM AS BRISAS | 66

## CAPÍTULO 2

### MUDANÇAS CLIMÁTICAS NATURAIS | 71

A FORMAÇÃO DA TERRA E O CLIMA | 72

Evolução geológica da Terra | 75

INCLINAÇÃO E MOVIMENTOS DA TERRA ALTERNANDO A TEMPERATURA | 78

Eras glaciais e interglaciais na Teoria de Milankovitch | 79

AEROSSÓIS E TEMPERATURA TERRESTRE | 82

Vulcões resfriam a Terra? | 83

*EL NIÑO*, *LA NIÑA* E AS ÁGUAS DO PACÍFICO | 85

Compreendendo melhor o *El Niño* | 86

*La Niña*: um fenômeno oposto? | 88

CONCLUINDO | 90



### LEITURA COMPLEMENTAR | 92

O QUE DIZ A CIÊNCIA SOBRE A EVOLUÇÃO DA TERRA | 92



### ATIVIDADES | 97

A TERRA EM MOVIMENTO | 97

EIXO DE ROTAÇÃO DA TERRA | 101

FAZENDO SEU PRÓPRIO *EL NIÑO* | 106

## CAPÍTULO 3

### EVOLUÇÃO DA HUMANIDADE E DO CLIMA | 113

A humanidade muda, o clima muda | 114

A ENERGIA “AQUECE” O MUNDO | 118

Evolução do uso da energia | 121



- Estilo e qualidade de vida | 126
- O meio ambiente no mercado de energia | 127
- CONCLUINDO | 129



### **LEITURAS COMPLEMENTARES | 131**

- A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL | 131
- O USO DE ENERGIA NO MUNDO | 135



### **ATIVIDADES | 140**

- EFEITO ESTUFA INTENSIFICADO | 140
- VELOCIDADE DO VENTO | 143
- O EFEITO DO ALBEDO | 149

## **CAPÍTULO 4**

### **O MUNDO SE ORGANIZA DIANTE DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS | 155**

- AS NEGOCIAÇÕES EM TORNO DO CLIMA | 157
  - A Convenção sobre Mudança do Clima | 157
  - Metas da convenção | 160
  - Fóruns de discussão dos países – Conferências das Partes | 163
  - Na convenção, a Proposta Brasileira | 165
- O MUNDO CHEGA A UM ACORDO – PROTOCOLO DE QUIOTO | 168
  - Os instrumentos do protocolo | 169
  - Uma meta diferente para cada país | 170
  - Trocando emissões por ações ambientais | 171
  - Projetos de créditos de carbono do Brasil, da Índia e da China | 174
- CARBONO, UMA NOVA MOEDA | 177
- CONCLUINDO | 178



### **LEITURA COMPLEMENTAR | 180**

- TERMOS TÉCNICOS USADOS NO CAPÍTULO | 180



## **ATIVIDADES | 183**

INGREDIENTES DA ATMOSFERA | 183

ABSORVENDO CO<sub>2</sub> | 186

## **CAPÍTULO 5**

### **A LEITURA DO FUTURO NO PASSADO | 191**

GELO, A BIOGRAFIA DO PLANETA | 193

O estudo da história do clima | 194

O QUE OS ESTUDOS REVELAM | 195

Constatações do século 20 | 197

CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS FUTURAS | 200

Descrevendo cenários | 201

Uma perspectiva do futuro | 203

IMPACTOS NA AMÉRICA LATINA | 212

CONCLUINDO | 213



### **LEITURA COMPLEMENTAR | 214**

OS CONTINENTES E OS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS | 214



## **ATIVIDADES | 222**

OLHANDO PARA O PASSADO | 222

AQUECIMENTO E CONVECÇÃO | 225

DERRETIMENTO DO GELO E O NÍVEL DO MAR | 227

## **CAPÍTULO 6**

### **O BRASIL E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS | 233**

Os cenários nacionais | 234

Os impactos nos diferentes sistemas | 236

BRASIL: PROTAGONISTA NA QUESTÃO DO CLIMA | 242

- A Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima | 243
- O Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas | 245
- A Política e o Plano Nacional sobre Mudança do Clima | 247
- As emissões de gases de efeito estufa no Brasil | 250
- CONCLUINDO | 256



### **LEITURAS COMPLEMENTARES | 258**

- BRASIL: DESMATAMENTO E MUDANÇA DO CLIMA | 258
- USO DA TERRA E MUDANÇA DO CLIMA | 265



### **ATIVIDADES | 270**

- NUVENS E NÚCLEOS | 270
- O ORVALHO E O VAPOR DE ÁGUA | 274
- AS PLANTAS E O CLIMA | 280

## **CAPÍTULO 7**

### **O TEMPO DE AGIR CHEGOU? | 285**

- POSSÍVEIS CAMINHOS... | 287
- CONCLUINDO | 301



### **LEITURA COMPLEMENTAR | 302**

- ALÉM DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS | 302



### **ATIVIDADES | 306**

- VENTO: FONTE DE ENERGIA | 306
- ENERGIA SOLAR | 311

### **UM CONVITE À REFLEXÃO | 317**

**SALA DE PESQUISA | 321**

**REFERÊNCIAS | 331**

**APÊNDICE | 339**

CD “MUDANÇAS AMBIENTAIS GLOBAIS” | 339

PROGRAMA AEB ESCOLA - VIAJE NESSA IDÉIA! | 341

# APRESENTAÇÃO

A Secretaria de Educação Básica do Ministério da Educação (SEB/MEC), a Agência Espacial Brasileira (AEB/MCT), por meio do Programa AEB Escola, o Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas (FBMC) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) apresentam aos professores dos ensinos Fundamental e Médio mais um volume da Coleção Explorando o Ensino.

Nosso objetivo é apoiar o trabalho do professor em sala de aula, oferecendo um rico material didático-pedagógico relacionado às diversas disciplinas da grade curricular.

O volume 13 traz ao professor uma ampla gama de conhecimentos científicos sobre o aquecimento global, as mudanças climáticas e suas repercussões nas esferas social, ambiental e econômica.

Por sua abordagem multidisciplinar, os textos que compõem este volume permitem explorar conceitos que envolvem várias ciências: a Química, a Geologia, a Biologia, a Geografia, a História, a Física, a Sociologia, a Paleontologia, a Meteorologia, dentre outras, perpassando ainda os campos do direito, da ética e da política externa.

A cada hora, a humanidade injeta na atmosfera milhões de toneladas de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e nitrogênio e destrói áreas consideráveis de florestas tropicais. No mesmo intervalo, nascem milhares de pessoas no mundo e espécies são extintas.

As ações humanas têm interferido sobre o ambiente em um ritmo muito acelerado. Estudos indicam, por exemplo, que, enquanto a temperatura média da superfície subiu, aproximadamente, 5°C em 10 mil anos – contados desde o fim da última glaciação até 10 mil anos atrás –, pode-se elevar os mesmos 5°C em apenas 200 anos, se o ritmo de aquecimento global que se observa nas últimas décadas continuar.

Alguns limites já foram cruzados. Por exemplo, o gelo flutuante no Oceano Ártico diminui em extensão, a cada verão, e, praticamente, não se sabe como reverter este processo. Em poucas décadas, não haverá mais gelo sobre aquele oceano no final dessa estação, alterando radicalmente a vida marinha da região.

Essa rápida transformação levou Paul Crutzen, professor e Prêmio Nobel de Química, em 1995, a definir os últimos 200 anos a partir da Revolução Industrial como o “antropoceno”, num trocadilho ao neoceno, período na escala evolutiva da Terra em que apareceram os hominídeos, mesclado com o prefixo *antropos*, que vem do grego *antrophos*, que quer dizer homem ou pessoa. Seria uma ironia fina para dizer: nós nos consideramos o centro do universo, portanto, tudo está a nosso serviço.

O processo de transformação ambiental global se acentuou marcadamente nos últimos 50 anos, alimentado pela explosão populacional e pelo crescente consumo de energia, alimentos e materiais. Podemos dizer que, na geração de nossos pais e avós, não se tinha plena consciência dos efeitos do crescimento material quase sem limites. Sobrava uma confiança quase ilimitada de que a ciência e tecnologia sempre encontrariam soluções para os efeitos adversos do crescimento econômico sobre o ambiente.

A responsabilidade que recai sobre nossa geração e de nossos filhos e netos é sem precedentes. As mudanças ambientais globais continuam a ocorrer em crescente velocidade, mas agora, ao contrário da época das gerações anteriores,

não são inadvertidas. A ciência ambiental moderna, ainda que com as incertezas típicas da análise de sistemas complexos, trouxe os conhecimentos sobre os riscos futuros de continuarmos nessa trajetória insustentável a longo prazo.

As mudanças climáticas tornam ainda mais claro que a humanidade se encontra numa encruzilhada. O caminho aparentemente fácil do progresso material nos levou a uma crise ambiental gigantesca e há claros limites da capacidade de adaptação à magnitude das mudanças ambientais previstas.

O *Homo sapiens* deve evoluir para o *Homo planetaris* por meio de uma revolução ética, na qual a eterna busca da felicidade se dê com respeito a todas as formas de vida e com solidariedade a muitos que ainda não atingiram padrões dignos de existência. É necessário pensarmos em uma revolução ética e filosófica que nos recoloca apenas como uma parte a mais dessa complexa engrenagem que é o Sistema Terrestre.

Aqui no Brasil, ao contrário do que ocorre em muitos países, a grande contribuição nas emissões de gases para a atmosfera não é do sistema energético, que possui importante componente de energia renovável, mas, sim, do desmatamento e das queimadas, principalmente na Amazônia e no Cerrado.

Muitos países, inclusive o Brasil, vêm promovendo ações, visando à mitigação da mudança do clima, de forma a contribuir para o alcance da sustentabilidade da vida na Terra.

O tema Mudanças Climáticas, como se vê, vai além da multidisciplinaridade, é multifacetado. Portanto, vincula-se a todas as disciplinas ou áreas trabalhadas em salas de aula. Estamos certos de que todos encontrarão nesta obra um material diferenciado que irá enriquecer o cotidiano escolar.

A equipe do AEB Escola e todos aqueles que contribuíram para a consecução deste livro desejam a você, professor/a, e aos seus alunos, uma instigante caminhada por um dos temas mais debatidos internacionalmente nos últimos anos.

O livro está dividido em sete capítulos, enriquecidos com imagens, ilustrações e sala de pesquisa. A seguir, apresentamos uma breve descrição da sistemática utilizada.

## Estrutura de cada capítulo

### 1ª Seção – Temática

É o “corpo” do capítulo, que aborda o tema descrito no seu título. Ao longo da seção, o leitor encontrará elementos interativos e informativos adicionais, incluindo:



**Box “Saiba mais”** — explica ou complementa o que o autor está desenvolvendo. Alguns são elaborados pelo próprio autor da seção e outros por especialistas e colaboradores da Agência Espacial Brasileira (AEB).



**Box “Pense nisso!”** – amplia alguma questão abordada pelo autor, relacionando-a com informações complementares que podem levar o leitor a ir além da compreensão da leitura e, também, refletir sobre a temática.



**Glossário** – palavras ou expressões menos usuais, ou mais complexas, são marcadas no texto com cor diferente e seu significado está expresso na margem lateral do texto.



**Caixa de destaque** – box pequeno, com ícone, inserido ao longo do texto, de leitura rápida, que representa um reforço ou uma complementação ao texto principal.

**Biografias** – informações sobre a vida de alguns nomes importantes citados na obra. Estão dispostas na margem lateral do texto.





## **2ª Seção – Leitura complementar**

Traz textos de autores diversos que ampliam a abordagem desenvolvida na seção temática. Nesta seção, também são utilizados os recursos didáticos apresentação na seção anterior.



## **3ª Seção – Atividades**

Apresenta sugestões de atividades relacionadas à temática explorada no capítulo, as quais já foram realizadas e validadas em sala de aula e em cursos do Programa AEB Escola. Inserida ao final de cada capítulo.

## **Seções genéricas**

No final do volume, é apresentada uma seção específica intitulada “Sala de pesquisa”. Há também uma lista de referências consultadas ou utilizadas, além de um apêndice com informações específicas sobre o Programa AEB Escola:

### **Sala de pesquisa**

Apresenta sugestões de referências bibliográficas, sítios, filmes e outros elementos para aprofundamento ou ilustração da temática tratada em todo o livro. Disciplinas que podem ser trabalhadas na escola com o apoio do volume ‘Mudanças Climáticas’.

### **Apêndice**

O CD interativo “Mudanças Ambientais Globais” utiliza recursos multimídia para explorar, de forma envolvente, os conteúdos do livro e estimular a reflexão sobre as repercussões e impactos das mudanças ambientais globais na América do Sul, em particular sobre o Brasil, considerando, inclusive, cenários futuros.

## Disciplinas que podem ser trabalhadas na escola com o apoio do volume “Mudanças Climáticas”

<b>CAPÍTULO</b>	<b>SEÇÃO</b>	<b>ÁREAS PREDOMINANTES</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>TEMÁTICA</b>	
	O clima, uma complexa teia de fatores	Geografia, física, química, biologia, matemática e ciências
	<b>LEITURA COMPLEMENTAR</b>	
	Observações científicas	Geografia, história, física, química, biologia, matemática e ciências
	<b>ATIVIDADES</b>	
	Efeito estufa	Física, química, biologia, matemática, ciências e artes
	Pressão e densidade do ar	Geografia, física, química, biologia, matemática, ciências e artes
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>TEMÁTICA</b>	
	Mudanças climáticas naturais	Geografia, história, física, química, biologia e matemática
	<b>LEITURA COMPLEMENTAR</b>	
	O que diz a ciência sobre a evolução da Terra	Geografia, história, física, biologia e matemática
	<b>ATIVIDADES</b>	
	A Terra em movimento	Geografia, história, física, biologia, matemática, ciências e artes
	Eixo de rotação da Terra	Geografia, história, física, biologia, matemática, ciências e artes
Fazendo seu próprio <i>El Niño</i>	Geografia, história, física, biologia, matemática, ciências e artes	

<b>CAPÍTULO</b>	<b>SEÇÃO</b>	<b>ÁREAS PREDOMINANTES</b>
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>TEMÁTICA</b>	
	Evolução da humanidade e do clima	Geografia, história, química, biologia, matemática, sociologia e ciências
	<b>LEITURAS COMPLEMENTARES</b>	
	A Revolução Industrial	História, geografia, matemática sociologia e física
	O uso de energia no mundo	Geografia, história, física, química, matemática e sociologia
	<b>ATIVIDADES</b>	
	Efeito estufa intensificado	Geografia, história, física, biologia, matemática, ciências e artes
	Velocidade do vento	Geografia, história, física, biologia, matemática, ciências e artes
	O efeito do albedo	Geografia, física, química, biologia, matemática, ciências e artes
	<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>TEMÁTICA</b>
O mundo se organiza diante das mudanças climáticas		Geografia, história, química, matemática e sociologia
<b>LEITURA COMPLEMENTAR</b>		
Termos técnicos usados no capítulo		Geografia, história e química
<b>ATIVIDADES</b>		
Ingredientes da atmosfera		Geografia, física, química, biologia, matemática, ciências e artes
<b>CAPÍTULO 5</b>		
	<b>TEMÁTICA</b>	
	A leitura do futuro no passado	Geografia, história, física, química, biologia, matemática, ciências e sociologia
	<b>LEITURA COMPLEMENTAR</b>	
	Os continentes e os impactos das mudanças climáticas	Geografia, história, física, química, biologia, matemática, ciências e sociologia

<b>CAPÍTULO</b>	<b>SEÇÃO</b>	<b>ÁREAS PREDOMINANTES</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> (continuação)	<b>ATIVIDADES</b> Olhando para o passado	Geografia, história, física, biologia, química, matemática, ciências e artes	
	Aquecimento e convecção	Geografia, história, física, biologia, química, matemática, ciências e artes	
	Derretimento do gelo e o nível do mar	Geografia, história, física, biologia, química, matemática, ciências e artes	
<b>CAPÍTULO 6</b>	<b>TEMÁTICA</b> O Brasil e as mudanças climáticas	Geografia, história, biologia, química e sociologia	
	<b>LEITURAS COMPLEMENTARES</b> Brasil: desmatamento e mudança do clima	Geografia, história, biologia, matemática e ciências	
	Uso da terra e mudança do clima	Geografia, história, biologia, matemática e ciências	
	<b>ATIVIDADES</b> Nuvens e núcleos	Física, química, biologia, ciências e artes	
	O orvalho e o vapor de água	Geografia, física, química, biologia, ciências e artes	
	As plantas e o clima	Geografia, física, química, biologia, ciências e artes	
	<b>CAPÍTULO 7</b>	<b>TEMÁTICA</b> O tempo de agir chegou?	Geografia, história, biologia, matemática e sociologia
		<b>LEITURA COMPLEMENTAR</b> Além das mudanças climáticas	Geografia, química e biologia
		<b>ATIVIDADES</b> Vento: fonte de energia	Geografia, história, física, biologia, matemática, ciências, sociologia e artes
		Energia solar	Geografia, história, física, biologia, matemática, ciências, sociologia e artes

# INTRODUÇÃO

Quando o homem foi à Lua, na década de 60, a humanidade sentiu-se invadida por sentimentos de espanto, prazer, orgulho e, por que não dizer, incredulidade. Imagens dos astronautas saltitando, felizes como crianças brincando num quintal, estão gravadas na nossa memória até hoje.

Todavia, a descoberta mais significativa, registrada naquela viagem, foi a do nosso planeta, a Terra. Bonita, redonda, um globo azul envolto em “pedaços de algodão” – como uma jóia rara, depositada numa caixa escura junto a outras preciosidades, muitas das quais ainda por se descobrir –, a Terra ganhou uma nova dimensão. Desde então, a temática ambiental passou a integrar as preocupações da nossa civilização.

Há algum tempo, vimos que os recursos naturais nos parecem reduzidos, sem capacidade de regeneração frente à rápida intervenção humana que ocorre sobre eles. As florestas e as savanas estão sendo sobreexploradas e invadidas por atividades da agropecuária e da indústria madeireira. Os ecossistemas estão sob pressão.

Embora as fotos que os satélites continuam a nos enviar de lá do espaço ainda retratem aquele mesmo santuário azulado, uma análise mais acurada nos mostra alterações específicas, como terras, antes cobertas por matas, hoje escalpeladas. Onde está o problema, então?

Está aqui mesmo. Em nossa cidade, em nosso estado, em nosso país. O planeta mudou porque a humanidade avançou sobre os recursos naturais sem observar alguns parâmetros, sem atentar para algumas regras escritas pela própria natureza

e evidenciadas a cada grande acidente ambiental, como os quadros de calor atípicos em épocas incomuns e episódios de chuvas intensas.

O nosso reduzido conhecimento sobre as variáveis que conformam o equilíbrio do planeta nos deixa à mercê das informações que nos chegam pelos meios de comunicação. Não raras vezes, ouvimos projeções alarmantes sobre as mudanças climáticas e o futuro do nosso planeta, as quais, quase sempre, estão associadas a grandes catástrofes ambientais.

No entanto, quando se fala em mudanças climáticas, não há muitas referências que possam orientar o trabalho dos educadores. Pensando nisso foi que o livro aqui apresentado ganhou forma.

O que se pretende é oferecer às escolas do Ensino Médio e Fundamental de todo o País o mais atual conhecimento científico sobre o tema e, assim, suprir a carência por dados compilados e organizados cientificamente.

Essa iniciativa coaduna-se com o pioneirismo do Brasil em debater a questão. Afinal, foi justamente no nosso país que o tema das mudanças climáticas foi debatido amplamente na Conferência do Meio Ambiente, a Rio-92. O dilema tantas vezes discutido, na época, era: como sustentar um modelo de crescimento econômico capaz de garantir emprego e meios de sobrevivência econômica aos seus habitantes, reduzindo os impactos ao meio ambiente?

A pergunta se mantém viva, por isso, ainda é desafiador abordar o tema, mesmo quase duas décadas depois. O que se busca com a obra ora ofertada é mostrar não só o panorama político-institucional em que se insere o tema, mas ir além: entender qual a relação da Terra com a atmosfera e onde essa ligação pode ser a resposta para o cenário em que vivemos; saber historicamente como o clima chegou ao que é hoje; conhecer os efeitos das mudanças climáticas e apresentar alternativas de ações que sejam capazes de amenizar esses efeitos, observados pelos cientistas.

Por seu caráter multidisciplinar, o livro certamente será para você, professor/a, uma chance de aprofundar conhecimentos

importantes abordados em diferentes disciplinas. E, o mais importante, pode contribuir para que os alunos sejam instigados a participar do debate sobre o tema, emitindo suas opiniões. Além disso, pode ajudá-los na reflexão de como agir para minimizar os efeitos desse processo.

Não se tem aqui a pretensão de esgotar o assunto, considerando que o tema é complexo e não se resume em, simplesmente, entendermos sua relação com a concentração de gases emitidos pelas atividades humanas. Também não se pretende provocar alarde, mas, antes de tudo, levar à reflexão. O gestor, o administrador e o pesquisador de amanhã, que hoje ocupam os bancos das escolas, deverão ser pró-ativos, conhecedores de seus compromissos com a saúde e a preservação do planeta.

A presente obra surgiu de uma parceria entre o Programa AEB Escola, da Agência Espacial Brasileira (AEB), o Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas (FBMC), instância formada por integrantes do setor público e da sociedade – que auxilia na formulação e na execução das políticas públicas voltadas para as mudanças climáticas –, e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), por ser um dos principais centros mundiais de pesquisa sobre o tema.

Tendo como seu objetivo primordial conscientizar a sociedade sobre o cenário de mudanças climáticas e suas conseqüências, o FBMC convidou o AEB Escola e o Inpe a ajudá-lo nesta tarefa. A parceria se justifica pela missão do AEB Escola de conscientizar os jovens da importância crescente e do caráter indispensável das atividades espaciais, enquanto fornece aos educadores meios de fomentar o interesse de seus alunos pela ciência e pela tecnologia. Além disso, é fato que o tema das mudanças climáticas tem estreita relação com a área espacial, uma vez que a aplicação das ciências espaciais oferece subsídios para o monitoramento ambiental.

O tema abordado neste livro ousa despertar a todos. E é preciso estar preparado para lidar com ele. Então, mãos à obra, porque o primeiro passo para enfrentar um problema é conhecê-lo.



André Silva (AEB/Programa AEB Escola),

# capítulo 1



## O CLIMA, UMA COMPLEXA TEIA DE FATORES

O século 21 nos trouxe grandes desafios. Primeiramente, tornou-se fundamental entender o que está acontecendo com o clima em escala planetária, provocando mudanças cada vez mais perceptíveis – e preocupantes – nos diversos pontos do planeta. Em segundo lugar, a partir desse entendimento, impõe-se a tarefa de traçar estratégias de ação, em plano tanto global quanto local, com vistas a preservar a vida na Terra como a conhecemos.

Os alertas vêm de antes. Nas últimas décadas, não faltaram vozes para anunciar que mudanças profundas se aproximavam. Mas levaria algum tempo para que as evidências de alterações no clima se tornassem visíveis a ponto de despertar interesse e preocupação em escala mundial.

### *O tempo de entender chegou. Por onde começar?*

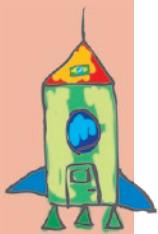
Esta é uma pergunta que demandará não uma, mas várias respostas. A maioria delas surgirá de nossa compreensão do funcionamento do clima na Terra a partir das relações entre os diversos fatores que o determinam. Este capítulo se propõe a iniciar nosso estudo focando a atenção no espaço onde esses elementos interagem e determinam os rumos do clima: a atmosfera terrestre.

A atmosfera é fundamental para a vida na Terra. As razões vão muito além do fato de ela conter o ar que respiramos. A atmosfera é um imenso **fluido** com partículas que envolvem e protegem o planeta, assegurando que seus elementos sejam preservados nas condições naturais. Para que a água seja mantida em estado líquido, por exemplo, é preciso que a atmosfera assegure temperatura e pressão ideais.



**Fluido:** gás ou líquido que assume qualquer forma sem esforço.

A atmosfera terrestre reúne condições ideais para filtrar a radiação nociva que vem do espaço. É ainda na atmosfera que se iniciam os processos que darão origem aos fenômenos climáticos. Para que estes ocorram, é preciso que fatores distintos combinem-se e atuem no âmbito da atmosfera.



*Os raios do Sol levam cerca de oito minutos para chegar à superfície terrestre e percorrer uma distância aproximada de 150 milhões de quilômetros.*

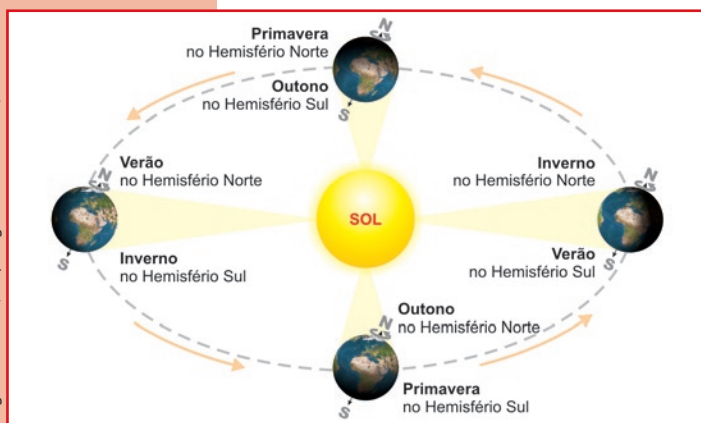
Mas que fatores são esses? Qual sua origem? Qual sua intensidade real na determinação dos rumos do clima em nosso planeta?

Um olhar mais amplo nos conduzirá para além dos limites da atmosfera. Lá estão os primeiros determinantes – que chamaremos de “fatores externos” – de uma extensa cadeia de causas e efeitos. Vamos olhar com mais atenção, portanto, para o início dessa jornada: a ação da radiação solar.

A distância entre o Sol e a Terra é decisiva para que apenas uma parcela da radiação solar alcance nosso planeta. E, ao chegar à Terra, essa parcela da radiação solar não se distribui de maneira uniforme. O planeta é “bombardeado” por ela em proporções variáveis. Em outras palavras, a radiação solar

atinge a Terra com diferentes intensidades, a depender de uma série de determinantes.

Um desses determinantes é o fato de que o eixo de rotação da Terra está inclinado em relação à perpendicular ao plano da órbita. Esse



Rogério Castro (AEB/Programa AEB Escola).

Figura 1.1. Posição da Terra em relação ao Sol, nas quatro estações, nos dois hemisférios.

fator é fundamental nas implicações dos efeitos da radiação. Essa inclinação é que faz com que os hemisférios recebam diferentes quantidades de radiação.

De dezembro a março, o Hemisfério Sul recebe mais energia do Sol do que o Hemisfério Norte, período em que ocorre o verão no Hemisfério Sul e o inverno no Hemisfério Norte. De junho a setembro ocorre o oposto, sendo inverno no Hemisfério Sul, e verão no Hemisfério Norte.

### ***E se o eixo de rotação da Terra não fosse inclinado em relação à perpendicular ao plano de sua órbita?***

Se o eixo de rotação fosse perpendicular ao plano da órbita, não existiriam as diferentes estações do ano como as conhecemos, pois ambos os hemisférios receberiam a mesma quantidade de radiação solar durante todo o ano. A atual inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à perpendicular ao plano da órbita em torno do Sol é de 23,5 graus ( $23^{\circ}27'$ ), conforme pode ser visto na Figura 1.2.

Somente em duas datas do ano, os hemisférios recebem radiação em proporções iguais: 21 e 22 de março, 22 e 23 de setembro. Essas datas correspondem ao início da primavera e do outono, dependendo do hemisfério.

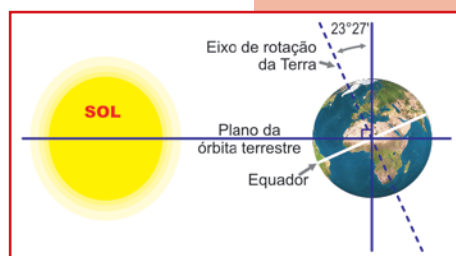


Figura 1.2. Plano da órbita terrestre e eixo de rotação da Terra.

Nesse momento, é possível perceber o quanto a incidência de radiação solar é um fator importante: o início e o término das estações do ano são determinados pela intensidade dessa radiação sobre os hemisférios do planeta. Como se pode constatar, a posição da Terra em relação ao Sol, em si, já é um fator que influencia nos fenômenos climáticos.

As mudanças nas estações do ano trazem as alterações climáticas mais visíveis aos nossos olhos. Essas mudanças, que tendem a se repetir de maneira relativamente uniforme, nos são familiares e reconhecíveis pelos seus sinais mais evidentes: clima mais úmido ou mais seco, temperatura mais elevada ou mais baixa. É dessa forma que reconhecemos a chegada das estações.

É também dessa maneira que identificamos as mudanças nos ciclos químicos e biológicos que se processam em todos

os pontos do planeta. Não é preciso grande esforço de memória para lembrar que o período de reprodução de muitas espécies ocorre na primavera, da mesma forma que a hibernação de certas espécies se dá no inverno. São exemplos simples que revelam, na realidade, uma perfeita sincronia da vida em relação às diversas estações do ano.

Mas a cadeia de eventos que determina o clima na Terra não se encerra com a ação dos fatores externos sobre a ocorrência das estações. Além de movimentar a maioria dos ciclos químicos e biológicos, a radiação solar é responsável pelos movimentos na atmosfera e nos oceanos. Estamos falando, então, de um processo que se amplia e envolve outros componentes igualmente importantes. É nesse momento que entram em cena os fatores internos, tais como a distribuição dos continentes, a disponibilidade de fontes de umidade, relevo, vegetação etc. Todavia, quando a radiação solar chega até a Terra, ocorrem diversos processos que serão discutidos mais adiante.

A análise passa, antes de tudo, pela exata compreensão do grande palco onde a maioria desses fatores ocorre. Vamos, então, retornar à nossa abordagem sobre a atmosfera da Terra, desta vez de forma mais detida e concentrada nos processos diretamente relacionados às mudanças climáticas.

## **A ATMOSFERA, O GRANDE CENÁRIO**

No início deste capítulo, vimos que a atmosfera da Terra é um imenso fluido que nos envolve e nos protege. Ela existe por causa da força gravitacional, que evita que os gases se dispersem no espaço e faz com que fiquem concentrados, principalmente quando estamos próximos à superfície. Portanto, quanto mais próxima do solo, maior a densidade da atmosfera. A regra vale também no sentido inverso: quanto maior a altitude, menor a densidade. Ou seja, o ar fica mais rarefeito. Esse decréscimo é bastante rápido, de modo que, a 16 km de altitude a partir da superfície, a densidade da atmosfera já é cerca de 10% daquela verificada ao nível do mar.

## As camadas da atmosfera

A atmosfera é composta por várias camadas, cada qual com características, propriedades e razão de ser peculiares. E a Terra depende, no mesmo grau de importância, de todas essas camadas.

Vamos conhecer melhor cada uma delas, a começar pela camada inferior, chamada de troposfera. Na sequência, sempre partindo da superfície, vêm a estratosfera, a mesosfera e a termosfera.

A troposfera se estende desde a superfície até uma altitude média de 12 km. No Equador, a extensão da troposfera, a partir da superfície, é de 20 km e, nos pólos, é de 8 km. Nela, a temperatura diminui com a altitude. Ou seja: quanto mais alto, mais frio. É nesta camada que ocorrem essencialmente todos os fenômenos meteorológicos que caracterizam o tempo: nuvens, furacões, tornados, frentes frias, chuvas etc.

Na sequência, vem a estratosfera, até uma altitude de cerca de 50 km. É uma camada em que a temperatura aumenta com a altitude, por causa da absorção da radiação ultravioleta do Sol pelo ozônio. É na estratosfera que se situa a camada de ozônio.

A partir da estratosfera, até cerca de 80 km da superfície, vem a mesosfera. Nela, a temperatura diminui com a altitude.

A última das camadas é a termosfera, que se estende desde a mesosfera até o espaço, e onde a temperatura é inicialmente **isotérmica** e, depois, cresce rapidamente com a altitude, como resultado da absorção de ondas muito curtas da radiação solar, por átomos de oxigênio e nitrogênio.

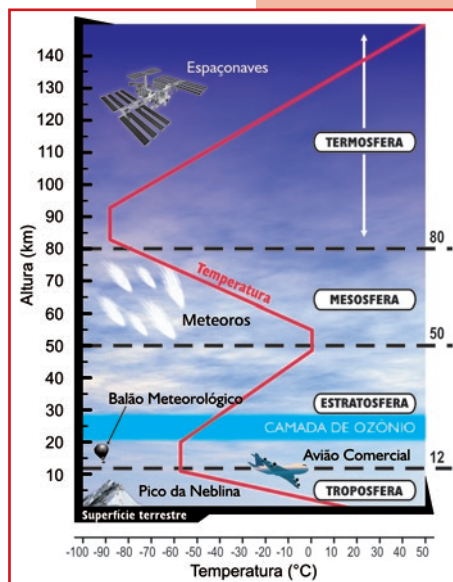


Figura 1.3. Variação da temperatura do ar nas camadas da atmosfera.

André Silva (AEB/Programa AEB Escola) e Rogério Castro (AEB/Programa AEB Escola).



**Isotérmica:**  
temperatura constante.



**Tempo:** refere-se às condições meteorológicas instantâneas vigentes em determinado lugar. Estado atmosférico.

**Clima:** geralmente definido como a média do tempo ou, de forma mais rigorosa, como uma descrição estatística de certas variáveis (temperatura, chuva, vento etc.), em termos da sua média e variabilidade, em um certo período de tempo, variando de um mês a milhares de anos.



**Aerossol:** conjunto de pequenas massas líquidas ou sólidas que podem se locomover pelo ar ou se tornar aéreas por força de um processo físico qualquer, como o vento ou um trator puxando o arado.

## GASES, CLIMA E EFEITO ESTUFA

Os gases que compõem a atmosfera são determinantes para a ocorrência dos diferentes fenômenos do **tempo** e do **clima**. São eles:

- 78% de nitrogênio
- 21% de oxigênio
- 0,93% de argônio
- 0,038% de dióxido de carbono e demais gases com menor concentração, tais como neônio, hélio, metano, kriptônio, hidrogênio, ozônio etc
- 0,001% de vapor d'água

Se excluirmos desta lista o vapor d'água, teremos os gases que compõem o ar seco da atmosfera.

Como você pode constatar, o nitrogênio e o oxigênio ocupam até 99% do volume do ar seco e limpo. A parte restante, 1%, é ocupada principalmente pelo gás inerte, argônio. Embora estes elementos sejam abundantes, eles têm pouca influência sobre os fenômenos climáticos.

A importância de um gás ou **aerossol** não está relacionada à sua abundância relativa. Por exemplo, embora a concentração de dióxido de carbono na atmosfera terrestre esteja em torno de 0,038%, ele é um importante gás para o fenômeno chamado “efeito estufa”, que será discutido mais à frente.

## Sol: fonte de energia para a circulação atmosférica

Um passeio à beira-mar pode ser um bom momento para a comprovação de um interessante fenômeno atmosférico. A suave presença de uma brisa pode ensinar muito mais do que se presume. Isso ocorre porque a brisa é a prova de que a atmosfera terrestre está em movimento permanente. Não há nada de acidental na brisa. Ela tem uma razão de ser, como

todo e qualquer fenômeno natural. Brisa é uma forma de vento e os ventos são causados por um “aquecimento diferencial”.

***Brisa é uma forma de vento. Ventos são causados por um “aquecimento diferencial”. Vejamos o que vem a ser isso.***

Ao caminhar pela praia, sentindo um vento suave no rosto, nem nos passa pela cabeça que essa sensação tem como causa as diferenças de temperatura entre o continente e a água do mar. Isso acontece porque, como o **calor específico** da água é maior do que o do continente, a temperatura da superfície no continente se torna maior do que a da água. Com isso, haverá uma diferença de temperatura entre o ar próximo da superfície continental e o ar próximo da água do mar.

Esta diferença de temperatura irá gerar uma diferença de pressão atmosférica – e, onde a temperatura do ar estiver relativamente maior (sobre o continente), a pressão atmosférica será menor, e vice-versa. Daí, surge uma corrente de ar, chamada de vento, que irá tentar equilibrar esta diferença de temperatura, soprando da região de pressão atmosférica mais alta para a de pressão atmosférica mais baixa. Ou seja, do mar em direção ao continente (Figura 1.4). Este fenômeno é chamado de “brisa marítima”.

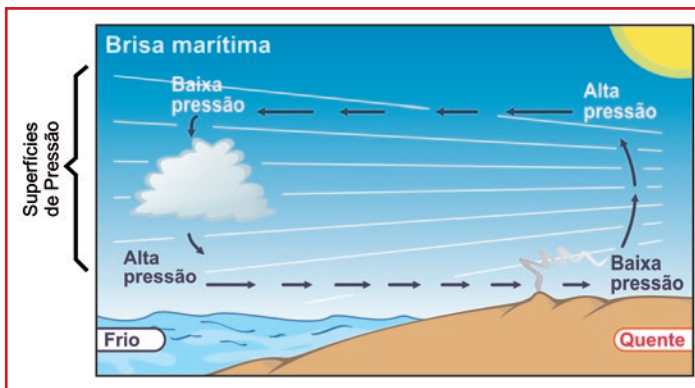


Figura 1.4. Entendendo o fenômeno conhecido como “brisa marítima”.

O inverso ocorre à noite, quando o continente resfria-se mais rapidamente do que a água do mar, fazendo com que



**Calor específico:** quantidade de energia térmica necessária para elevar de um grau a temperatura de uma unidade de massa de uma substância. Por exemplo, 1 caloria de energia é requerida para elevar a temperatura de 1 grama de água em 1 grau Celsius.

o aquecimento diferencial seja oposto: relativamente mais quente sob o mar e relativamente mais frio sob o continente. Com isso, surge um vento do continente para o mar, chamado de “brisa terrestre”.

Saiba mais...



### Aprofundando uma questão importante

A troposfera possui uma circulação média chamada circulação geral da atmosfera. Em cada hemisfério existem três células de circulação (Hadley, Ferrel e Polar) que têm a tarefa de manter o balanço de calor na Terra (Figura 1.5). Na zona entre o Equador e aproximadamente 30° de latitude, Norte ou Sul, a circulação se dirige para o Equador na superfície e para os pólos em nível superior da troposfera, formando a célula de Hadley. O ar quente ascendente no Equador, e que chega até o topo da troposfera, fornece energia para alimentar esta célula de circulação. O ar é descendente numa zona entre 20° e 35° de latitude. A circulação entre 30° e 60° de latitude é oposta à da célula de Hadley. No caso da célula Polar, a circulação é semelhante à da célula de Hadley, com ar descendente nos pólos e ar ascendente em torno de 60° de latitude.

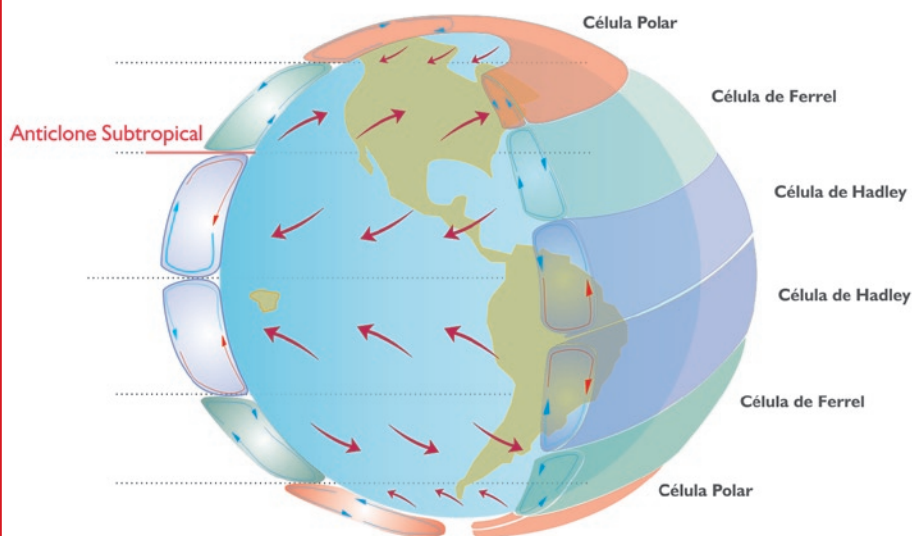


Figura 1.5. Imagem esquemática da circulação geral da atmosfera.



## Revedo conceitos

O Sol é a fonte de energia que controla a circulação da atmosfera. Ele emite energia em forma de radiação eletromagnética. Uma parte dessa radiação é interceptada pelo Sistema Terra-Atmosfera e convertida em outras formas de energia, como, por exemplo, calor e energia para a circulação atmosférica.

Como já visto, a energia solar (radiação) não é distribuída igualmente sobre a Terra e é esta distribuição desigual que gera as correntes oceânicas e os ventos, que, por sua vez, transportando calor dos trópicos para os pólos, procuram atingir um balanço de energia.

Sabemos que a Terra recebe mais energia na região tropical, próxima do Equador, do que nas regiões polares. Com isso, a temperatura nos trópicos é maior do que a temperatura nos pólos, ou seja, há um aquecimento diferencial.

As massas de ar frio se deslocam dos pólos em direção ao Equador, num processo de permanente busca de equilíbrio da temperatura do planeta Terra. É também este aquecimento diferencial que induz à formação da circulação geral da atmosfera.

## O QUE MANTÉM A TEMPERATURA DA TERRA

A vida na Terra, como a conhecemos, não existiria se não houvesse efeito estufa. É esse fenômeno, possível graças à presença dos gases na atmosfera, que faz com que a temperatura média na atmosfera seja de 15°C. Sem a presença dos gases, a temperatura média do planeta seria de -18°C. Mas registros científicos vêm indicando que esse fenômeno tem se intensificado, com conseqüente elevação da temperatura na Terra. Atribui-se à intensificação do efeito estufa a responsabilidade pelas grandes alterações climáticas que

o planeta está vivendo ou mesmo aquelas que podem vir a ocorrer. Mas, antes de tentarmos entender a influência desse fenômeno, é preciso saber que:

- a. o efeito estufa não surgiu agora. Ao contrário, sempre existiu e desempenha um papel fundamental para o equilíbrio climático do planeta;
- b. o efeito estufa não é um fenômeno isolado. É consequência dos fatores que acabamos de conhecer, que, ao interagirem na atmosfera, dão seqüência e justificam toda uma série de eventos climáticos.

A partir de agora, portanto, vamos buscar entender o efeito estufa. Inicialmente, como um processo natural. Num segundo momento, será possível entender por que razão esse fenômeno está sendo potencializado e por que sua influência sobre o clima do planeta tem aumentado, trazendo o risco de alterações profundas para a vida na Terra.

## **Um fenômeno natural: o efeito estufa**

Para compreender o conceito de efeito estufa, é preciso saber como funciona a trajetória da radiação solar desde a sua chegada ao planeta, até atingir a superfície da Terra, retornando ao espaço em seguida.

Além dos gases, a radiação solar também exerce papel importante no Sistema Terra-Atmosfera, cujo funcionamento pode ser compreendido no decorrer do capítulo. Analisando as Figuras 1.7, 1.8 e 1.9, vemos que:

- a. o fluxo de energia se inicia a partir da radiação solar (raios de luz e radiação ultravioleta);
- b. a energia que vem do Sol em forma de radiação luminosa e ultravioleta é depois devolvida para o espaço por meio de radiação infravermelha;
- c. os raios que chegam do Sol, na forma de radiação luminosa e ultravioleta, penetram na atmosfera da Terra com certa facilidade e parte dessa radiação é refletida ou absorvida por gases como o ozônio e o vapor d'água.

## Por analogia...

Para melhor compreender como se dá o efeito estufa natural, podemos fazer uma analogia com um ônibus parado, com os vidros fechados e sob a luz do Sol (Figura 1.6). Os raios que chegam do Sol na forma de luz e radiação ultravioleta passam pelos vidros e aquecem o ônibus. A partir de então, emitem calor na forma de radiação infravermelha. A radiação infravermelha tem dificuldade de atravessar os vidros do ônibus e, com isso, a parte que fica presa no interior do veículo intensifica o aquecimento do ar dentro do ônibus.

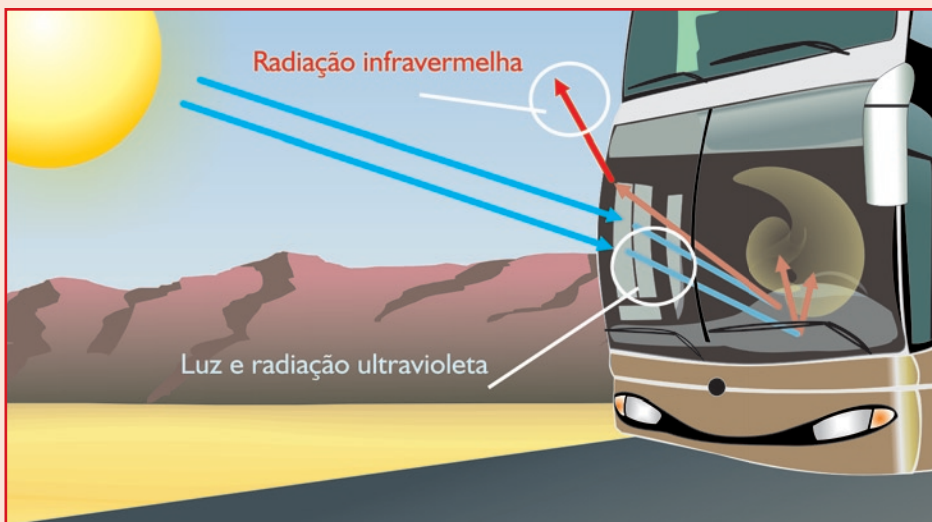


Figura 1.6. Uma simulação do efeito estufa: a ação da radiação solar sobre um ônibus com vidros fechados.

O mesmo ocorre com a atmosfera da Terra, onde gases (vapor d'água,  $\text{CO}_2$ , entre outros) funcionam como o vidro do ônibus, deixando passar a radiação luminosa e ultravioleta que chega do Sol, mas impedindo que parte da radiação, que é convertida em infravermelha na superfície, seja devolvida para a atmosfera na forma de calor.

## ***O que acontece quando a radiação solar alcança a superfície da Terra?***

Quando a radiação solar chega ao planeta Terra, algo como 30% dela é devolvida ao espaço e o restante penetra na atmosfera. Mas nem toda a radiação chega à superfície, como mostra

a Figura 1.7. Parte é absorvida pelo ozônio, vapor d'água e aerossóis – outra parte, pelas nuvens.

A porção da radiação que atinge a superfície terrestre também volta ao espaço. Parte dos raios que chegam à Terra se transformam em calor na forma de radiação infravermelha. Ocorre que uma parcela da radiação infravermelha tem dificuldade de retornar integralmente ao espaço, já que parte dela é absorvida por gases como o dióxido de carbono e o vapor d'água.

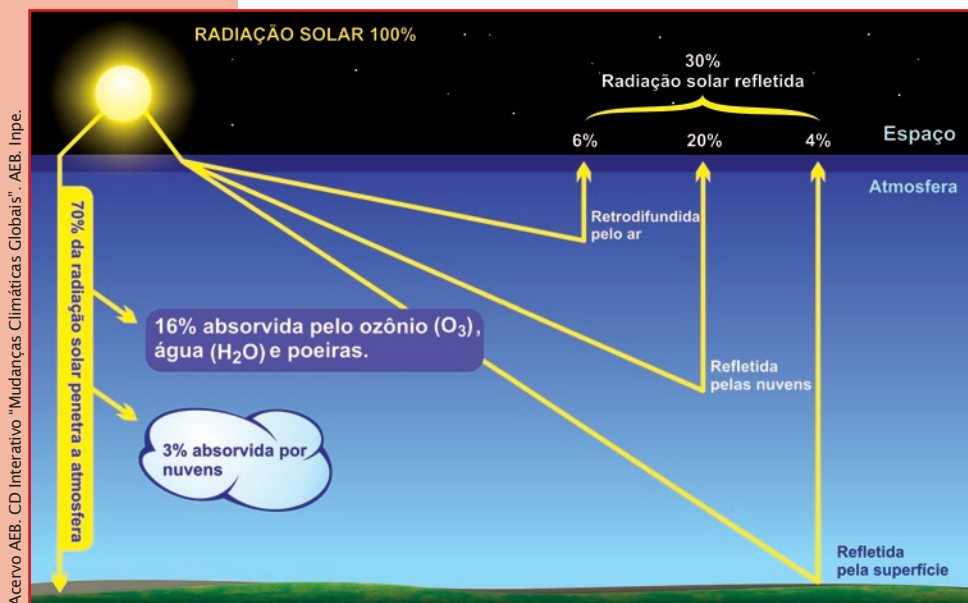
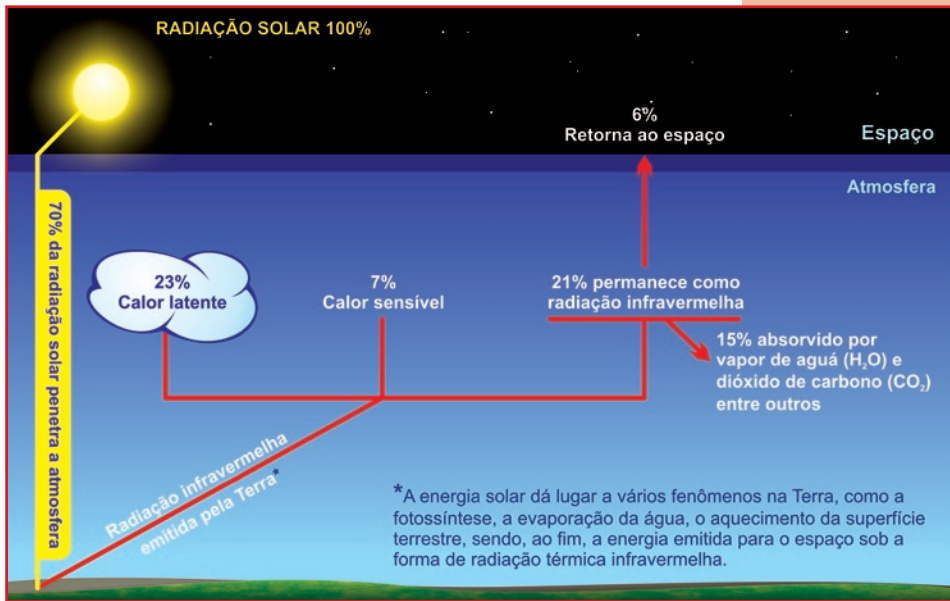


Figura 1.7. Trajetória da radiação solar até atingir a superfície da Terra.

Do percentual mandado de volta para o espaço em forma de radiação infravermelha, uma parte fica na atmosfera em forma de calor latente, que é a grandeza física que determina a quantidade de calor que uma unidade de massa de determinada substância deve receber para mudar de estado físico; outra parte fica na atmosfera na forma de calor sensível, que é o calor que sentimos da atmosfera terrestre; e outra parte permanece na forma de radiação infravermelha emitida da superfície (radiação de onda longa ou radiação terrestre).



Acervo AEB. CD Interativo "Mudanças Climáticas Globais". AEB. Inpe.

Figura 1.8. Trajetória da radiação solar após tocar a superfície terrestre.

O fenômeno de absorção da radiação e emissão na atmosfera é conhecido como “efeito estufa natural” e é responsável pelo balanço de energia no Sistema Terra-Atmosfera. Ele acontece naturalmente na atmosfera da Terra há bilhões de anos.

## Radiação infravermelha, radiação ultravioleta. Qual a diferença?

**Radiação ultravioleta**, também conhecida pela sigla UV, é a radiação eletromagnética ou os raios ultravioletas com um comprimento de onda menor que o da luz visível e maior que o do raio X, de 380 nm a 1 nm. O nome significa mais alta que – além do (do latim *ultra*) – violeta, pelo fato de que o violeta é a cor visível com comprimento de onda mais curto e maior frequência. A radiação ultravioleta é emitida pelo Sol juntamente com a luz visível.

**Radiação infravermelha** é uma parte da radiação eletromagnética cujo comprimento de onda é maior do que o da luz visível ao olho do ser humano, porém menor que o das microondas, conseqüentemente, tem menor frequência que a da luz visível e maior que a das microondas. É a radiação emitida pela Terra.



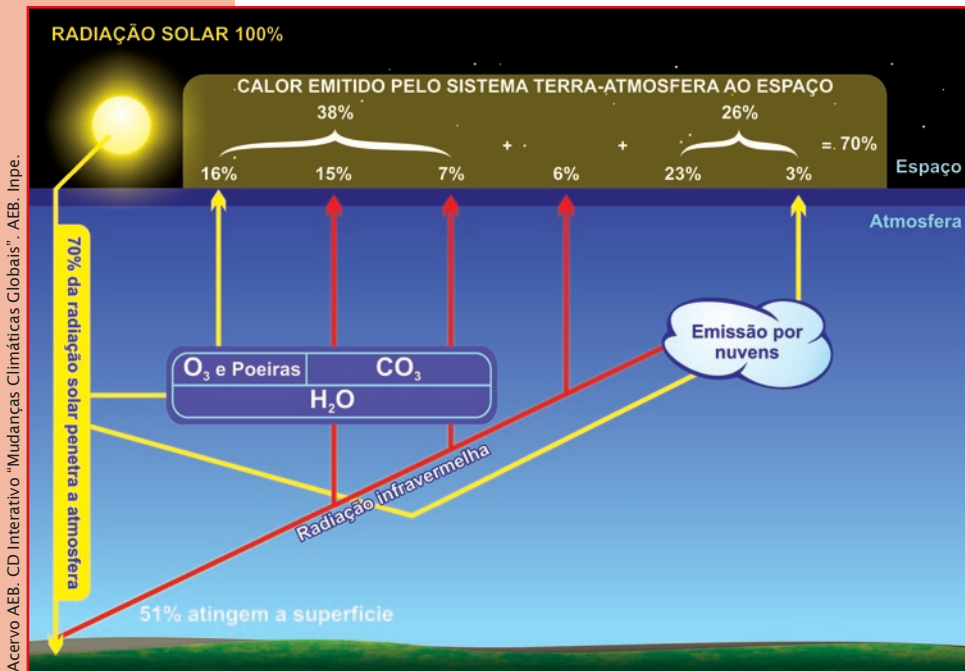


Figura 1.9. Balanço de Energia no Sistema Terra-Atmosfera.

Assim, poderíamos definir o efeito estufa como o aumento da temperatura terrestre devido, principalmente, à absorção de energia reemitida pela superfície terrestre. A presença de vapor d'água, nitrogênio, oxigênio e gases ricos em carbono – como o gás carbônico, o monóxido de carbono, o metano, óxido nitroso e óxido nítrico – faz com que o calor refletido pela superfície da Terra seja absorvido e com que a temperatura média na atmosfera do planeta seja de 15°C.

É justamente a presença desses gases que provoca o efeito estufa natural. Esse efeito tem aumentado sensivelmente devido às atividades humanas, tais como as emissões advindas da indústria, dos veículos automotores, do aumento das áreas de cultivo e dos resíduos líquidos e sólidos, do uso da terra (desmatamento, agropecuária, queimadas, expansão urbana, uso cada vez mais intenso de fertilizantes químicos).

## Terra-Atmosfera: um sistema em equilíbrio

Para entendermos melhor o que é o balanço de energia no Sistema Terra-Atmosfera, como nos mostram as figuras de 1.7 a 1.9 com a representação da entrada da radiação solar, sua absorção pela Terra e sua emissão, vamos, primeiro, entender o que é balanço: nada mais é que a diferença entre a entrada e a saída de elementos de um sistema. Os componentes principais do sistema terrestre importantes para o balanço de radiação são: superfície, atmosfera e nuvens.

Quando a radiação solar entra no sistema climático da Terra, uma parte é absorvida pela superfície do planeta e outra parte é refletida de volta para o espaço. A radiação solar é um dos principais fatores que asseguram a vida no planeta.

O Sol emite a energia necessária para praticamente toda a vida natural e os movimentos atmosféricos de nosso planeta. Quando a radiação solar atinge a Terra, ela é refletida, espalhada e absorvida nas seguintes proporções:

- 30% da radiação é refletida para o espaço, ou seja, **albedo** da Terra é de 30%.
- 19% é absorvida pela atmosfera.
- 51% da radiação solar restante é absorvida pela superfície do globo.

Em um solo coberto de vegetação, as folhas absorvem uma grande quantidade de radiação, impedindo a incidência direta na superfície. Entre a vegetação, parte da energia é consumida na evaporação, o que afeta significativamente o balanço de energia.

Embora a radiação solar incida em linha reta, os gases e aerossóis podem causar o seu espalhamento. Esta insolação difusa é constituída de radiação solar, que é espalhada ou refletida de volta para a Terra, causando a claridade do céu durante o dia e a iluminação de áreas que não recebem luz direta do Sol.



**Albedo:** do latim *albus*, significa brancura ou alvura. O termo é usado em astronomia para medir a capacidade de reflexão luminosa de um corpo. Um corpo de cor branca tem albedo 1, ou seja, tem capacidade de refletir mais a radiação que incide sobre ele. Ao contrário, um corpo de cor negra absorve a radiação nele incidente porque seu albedo é nulo.

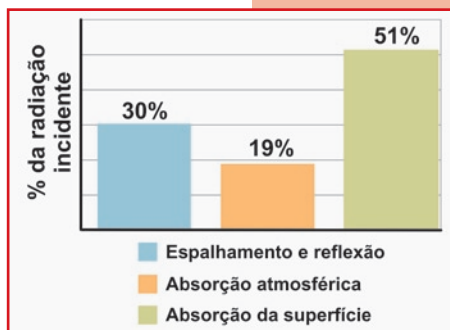


Figura 1.10. O que ocorre com os raios solares depois que atingem a superfície da Terra.

A reflexão da radiação solar ocorre no limite entre dois meios diferentes, quando parte da radiação que atinge este limite é enviada de volta. Dentro da atmosfera, os topos das nuvens são os mais importantes refletores. O albedo dos topos das nuvens depende de sua espessura, variando de menos de 40% para nuvens finas a 80% para nuvens espessas. Já o albedo da Terra como um todo é de 30%.

## **O movimento das moléculas**

Quando uma molécula absorve energia transmitida na forma de radiação, esta energia é transformada em movimento molecular, causando o aumento da temperatura. Por isso, os gases que absorvem melhor a radiação têm papel importante no aquecimento da atmosfera. O vapor d'água tem um alto índice de absorção da radiação solar. Juntamente com o dióxido de carbono e o ozônio, o vapor d'água representa a maior parte dos 19% da radiação solar absorvida na atmosfera e é responsável pela maior parte da absorção da radiação solar na faixa no infravermelho. Este fenômeno ocorre na troposfera, onde existe a maior concentração de vapor d'água.

## **O calor e as montanhas**

Podemos comprovar a importância do vapor d'água e também do dióxido de carbono na absorção da radiação e, portanto, no seu papel de manter a atmosfera aquecida, ao observarmos o tempo nas regiões montanhosas. Os topos das montanhas recebem mais radiação que os vales durante o dia porque há menos atmosfera a atravessar. À noite, porém, a atmosfera menos densa também permite maior perda de calor. Por isso, os vales permanecem mais quentes que as montanhas, mesmo recebendo menos radiação.

É que a maior parte da energia solar que chega ao topo da atmosfera e atinge a superfície da Terra é irradiada de volta para a atmosfera no intervalo infravermelho. Neste intervalo, o vapor d'água absorve aproximadamente cinco vezes mais radiação terrestre que todos os outros gases combinados.



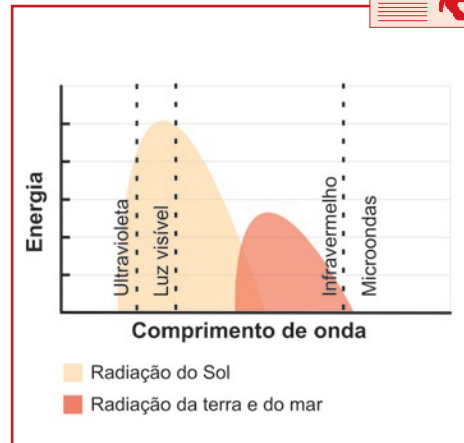
Como a atmosfera é bastante transparente para a radiação solar (ondas curtas) e mais absorvente para a radiação terrestre (ondas longas), a atmosfera é aquecida a partir da radiação emitida pela superfície da própria Terra.

As nuvens também são boas absorvedoras de radiação infravermelha (ondas longas) e têm papel importante em manter a superfície da Terra aquecida, especialmente à noite.

### Faixas de radiação

Verificamos que grande parte da radiação emitida pelo Sol se encontra numa faixa espectral em torno de meio metro. E a radiação terrestre se concentra na faixa de 10 metros. Por esta razão, a radiação solar é denominada de radiação de ondas curtas e a terrestre, radiação de ondas longas.

Figura 1.11. Representação do tamanho das ondas da radiação solar e da radiação da terra e do mar, e o respectivo espectro de luz.

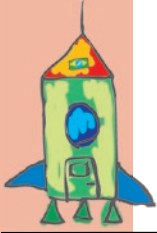


Acevo AEB. CD Interativo "Mudanças Climáticas Globais". AEB. Inpe.

## CO<sub>2</sub> e vapor d'água

Você acabou de aprender que o dióxido de carbono, juntamente com o vapor d'água, entre outros gases, é responsável pela absorção de 15% de toda a radiação infravermelha que é devolvida ao espaço. Mas esse gás desempenha outras funções importantes. Embora constitua apenas 0,038% da atmosfera, o dióxido de carbono é essencial para a fotossíntese.

Além disso, por ser um eficiente absorvedor da radiação de onda longa (radiação infravermelha ou radiação terrestre) emitida pela superfície terrestre, o dióxido de carbono influencia o fluxo de energia através da atmosfera, fazendo com que a baixa atmosfera retenha o calor, tornando a Terra própria à vida.



*Além do  $\text{CO}_2$  e do vapor d'água, outros gases também contribuem para o efeito estufa, tais como o metano ( $\text{CH}_4$ ) e os óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ).*

Da mesma forma, o vapor d'água é um eficiente absorvedor da radiação de onda longa emitida pela Terra e, em menor escala, de alguma energia solar. Sendo dos mais variáveis gases

na atmosfera, o vapor d'água, junto com o dióxido de carbono, atua como uma espécie de manta para reter o calor na baixa atmosfera, o que é conhecido como efeito estufa natural.

### ***Até aqui, o equilíbrio. Mas...***

E se for aumentada a concentração de dióxido de carbono na atmosfera, com a queima de combustíveis fósseis, desmatamento, queimadas etc., o que acontecerá? Muito deste gás adicional será absorvido pelas plantas, na fotossíntese. Mas algo em torno de 50% permanecerá na atmosfera. Com isso, poderá haver maior absorção e emissão das radiações solar e terrestre, levando a um aquecimento atípico da baixa atmosfera, ou seja, uma intensificação do efeito estufa. Este cenário, que deixou de ser hipótese, para se tornar uma preocupante realidade, introduz, pela primeira vez na história da Terra, o conceito de mudanças climáticas antropogênicas, que correspondem às alterações do clima no planeta resultantes das atividades humanas.

Mais à frente, abordaremos a questão das mudanças climáticas, tanto naturais quanto antropogênicas, com mais detalhamento.

Pense Nisso!



O gradativo aumento da temperatura média do globo é atribuído, em grande parte, às emissões de poluentes na atmosfera, sobretudo a partir dos últimos 70 anos, com um aumento da quantidade de  $\text{CO}_2$  atmosférico. Isso reforça, portanto, a questão da intensificação do efeito estufa natural.

## **GASES DA ATMOSFERA E VAPOR D'ÁGUA: UMA QUÍMICA FUNDAMENTAL**

Neste ponto, vamos tratar de um tema importante para o entendimento do papel dos gases no Sistema Terra-Atmosfera

e sua importância para o efeito estufa: os **ciclos biogeoquímicos** do carbono e do nitrogênio, bem como o papel do ciclo da água.

## Ciclo do carbono

O ciclo do carbono é o motor químico que fornece energia e massa à maior parte da vida na Terra, além de estar intimamente relacionado com a regulação da atmosfera global e, conseqüentemente, com o clima. Ele pode ser dividido em duas partes, o ciclo terrestre e o ciclo marinho, ambos com um reservatório em comum: a atmosfera.

Antes da Revolução Industrial, em 1750, a concentração de dióxido de carbono na atmosfera era de aproximadamente 280 partes por milhão de volume (ppmv), ou seja, 0,028% da composição do ar seco. Atualmente, esse número gira em torno de 380 ppmv, devido principalmente à queima de combustíveis de origem fóssil, pelo ser humano, a partir do século 19.

No ciclo terrestre do carbono, as plantas removem  $\text{CO}_2$  da atmosfera por meio do processo de fotossíntese (Figura 1.12). Uma quantidade desse carbono é usada na própria manutenção da planta, em um processo conhecido como respiração autotrófica, que resulta em liberação de  $\text{CO}_2$  para a atmosfera. O restante de carbono absorvido pelas plantas (aproximadamente 50%) é chamado de produtividade primária líquida, e é o que vai compor as folhas, galhos, troncos e raízes das plantas.

A quantidade global de carbono armazenado nas plantas é relativamente pequena em comparação às grandes quantidades de carbono armazenadas no oceano e em reservatórios de combustíveis fósseis. Porém, esse estoque de carbono na vegetação assume importância fundamental devido ao fato

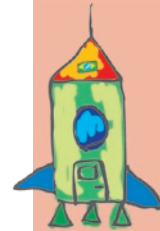
*O  $\text{CO}_2$  é a principal forma na qual o carbono é encontrado na atmosfera.*

*De 1750, início da Revolução Industrial, até os dias de hoje, a concentração de  $\text{CO}_2$  aumentou de 280 partes por milhão de volume para 380 ppmv.*



### **Ciclo biogeoquímico:**

caminho fechado percorrido pelos elementos químicos na natureza, passando pelos organismos, pelos meios físicos (ar, terra e água) e retornando ao ponto de partida. Os ciclos biogeoquímicos são agrupados em dois tipos básicos: ciclos gasosos, onde a atmosfera é o grande reservatório e os ciclos biogeoquímicos sedimentares, que tratam da matéria sólida em forma de sedimentos.



**Fitoplâncton:**

qualquer micro-organismo vegetal que flutua livremente nas diversas camadas de água, estando restrito à **zona eufótica** onde, graças à presença de energia luminosa, executam a fotossíntese. O fitoplâncton é a base da cadeia alimentar do meio aquático.

**Zona eufótica:** camada superficial de água até a profundidade de penetração da luz na qual a fotossíntese equilibra a respiração.

de que ele pode aumentar ou diminuir rapidamente, em resposta ao clima ou a intervenções humanas (como incêndios florestais e desmatamento), tendo efeitos fortes e imediatos na concentração de carbono na atmosfera.

As plantas ou suas folhas eventualmente morrem e apodrecem, são comidas por herbívoros ou, ainda, consumidas pelo fogo. Nos dois primeiros casos, o carbono, outrora na vegetação, passa para microorganismos ou animais como fonte de energia para a construção e manutenção de seus corpos.

Esses microorganismos e animais também liberam  $\text{CO}_2$  para a atmosfera, em um processo conhecido como respiração heterotrófica – respiração como a que nós, humanos, fazemos. Perturbações como tempestades e o aquecimento global aceleram o processo de respiração e, portanto, a liberação de  $\text{CO}_2$  para a atmosfera. Toda essa dinâmica diz respeito ao ciclo terrestre do carbono.

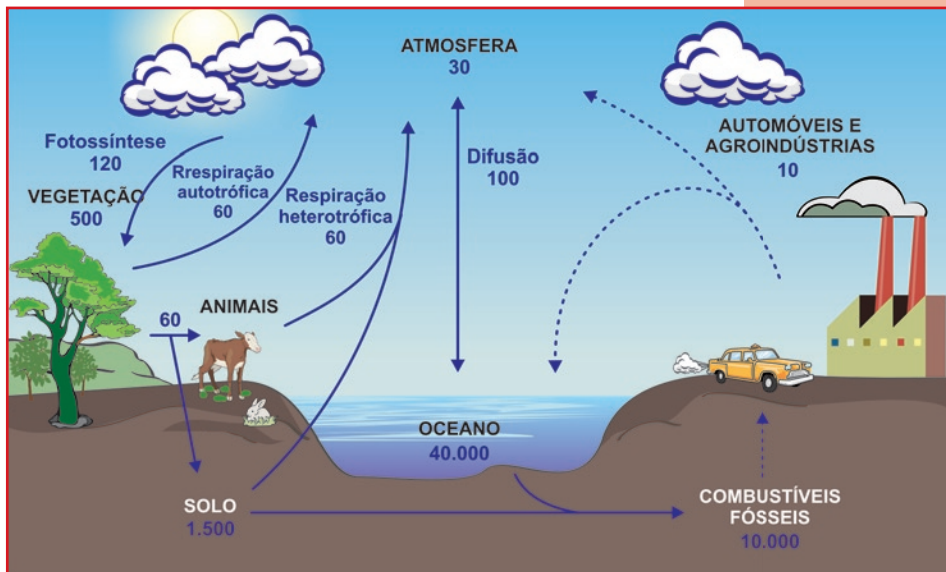
Já o ciclo marinho de carbono se dá basicamente pelas trocas de  $\text{CO}_2$  entre a atmosfera e os oceanos, por meio do processo químico de difusão, que depende fundamentalmente da diferença de temperatura entre esses dois reservatórios de carbono. Basicamente, quando a temperatura do oceano é baixa, há captura de  $\text{CO}_2$  da atmosfera pelo oceano, e quando a temperatura do oceano é alta, há liberação de  $\text{CO}_2$  do oceano para a atmosfera.

Isso contrasta bastante com o ciclo terrestre do carbono, no qual as maiores taxas de captura de  $\text{CO}_2$  atmosférico estão nas regiões tropicais (nas florestas), enquanto no oceano as maiores taxas de captura de  $\text{CO}_2$  se concentram nas regiões temperadas (mares frios).

Uma vez no oceano, o carbono capturado na superfície pode ser lentamente transportado para as camadas mais profundas por gravidade e pelas correntes oceânicas, ou ainda ser absorvido fotossinteticamente pelo **fitoplâncton**.

O fitoplâncton eventualmente morre e o carbono do seu corpo subsiste, ou seja, se desloca para águas profundas; ou então o fitoplâncton entra em uma cadeia alimentar, isto é, é consumido pelo **zooplâncton**, que é consumido, por exemplo, por peixes.

O volume de carbono presente no oceano faz dele o maior reservatório de carbono do planeta.



Acervo AEB. CD Interativo "Mudanças Climáticas Globais". AEB. Inpe.

Figura. 1.12. O ciclo global do carbono, com e sem interferência humana.

## Ciclo do nitrogênio

O nitrogênio é um dos principais constituintes dos organismos vivos, daí a importância de se estudar e compreender como ele circula no meio ambiente. Embora presente em grandes quantidades no ar (cerca de 78% da atmosfera terrestre é constituída por gás nitrogênio), na forma de  $N_2$ , poucos seres vivos conseguem assimilá-lo nesta forma.

Esses seres vivos são algumas bactérias livres, cianobactérias e algumas bactérias que vivem estritamente associadas a raízes de plantas leguminosas (como o feijão), caracterizando um mutualismo (relação entre duas espécies na qual



### Zooplâncton:

animais muito pequenos, quase sempre microscópicos. O zooplâncton é constituído principalmente por pequenos crustáceos e larvas de peixes, que vivem junto com o fitoplâncton e se alimentam dele.

ambas se beneficiam). Essas bactérias mutualistas, como as do gênero *Rhizobium*, fornecem parte desse nitrogênio fixado às suas plantas hospedeiras, que, em troca, lhes fornecem abrigo e nutrientes, como fósforo.

Todas as bactérias acima citadas são chamadas de “fixadoras de nitrogênio” e utilizam esse elemento na síntese de moléculas orgânicas nitrogenadas, como as proteínas. Além disso, uma pequena fração de  $N_2$  atmosférico pode ser naturalmente reduzida para formas disponíveis para os seres vivos por meio de descargas elétricas em tempestades.

Quando os microorganismos fixadores morrem, liberam nitrogênio no solo sob a forma de amônia ( $NH_3$ ). A ação de bactérias transforma o  $NH_3$  em nitritos ( $NO_2^-$ ) e nitratos ( $NO_3^-$ ), sendo este último a fonte de nitrogênio mais aproveitada pelas plantas e, conseqüentemente, pelos animais. A devolução do nitrogênio à atmosfera é feita pela ação de microorganismos chamados de bactérias denitrificantes. Elas transformam os nitratos presentes no solo novamente em gás nitrogênio ( $N_2$ ), que volta à atmosfera, fechando o ciclo natural do nitrogênio (Figura 1.13).

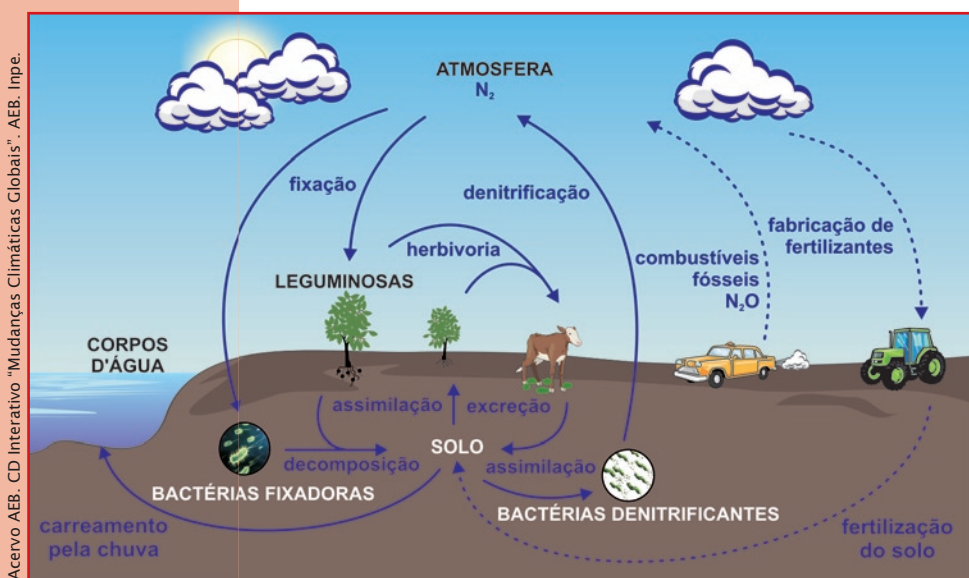


Figura. 1.13. O ciclo global do nitrogênio.

Obviamente, nessas transformações de uma molécula para outra, todos esses microorganismos extraem energia para si.

As ações humanas no último século provocaram intensas mudanças no ciclo do nitrogênio. Outra alteração significativa é o aumento na emissão de gases de nitrogênio como  $\text{NO}_x$  e  $\text{N}_2\text{O}$ , embora somente este último seja considerado um gás de efeito estufa. Quando analisada as emissões de gases de efeito estufa por setores da economia, observa-se que apenas uma pequena parcela do óxido nitroso é oriunda da queima de combustíveis para a geração de energia. A grande maioria do  $\text{N}_2\text{O}$  gerado por atividades humanas advém das atividades de manejo agrícola.

Entender a dinâmica desses ciclos nos ajuda a compreender como se dá a troca de gases entre a Terra e a atmosfera, bem como o papel desses gases no efeito estufa.

## Ciclo da água

Elemento natural essencial à sobrevivência da vida na Terra, a água mantém estreitas relações com os fenômenos climáticos, seja no seu estado líquido, sólido ou gasoso. A quantidade total de água no sistema terrestre permanece constante em escalas de tempo de milhares de anos. Porém, ela muda seu estado entre as formas líquida, sólida e gasosa e se movimenta entre o oceano, a atmosfera, a criosfera (a parte congelada da superfície terrestre) e a superfície terrestre, no chamado “ciclo hidrológico”.

O movimento da água no ciclo hidrológico é mantido pela radiação solar e pela atração gravitacional, e pode ser definido como uma seqüência fechada de fenômenos pelos quais a água passa da superfície terrestre para a atmosfera, na fase de vapor, e regressa para a superfície nas fases líquida e sólida.

A transferência da água na superfície terrestre para a atmosfera, sob a forma de vapor, dá-se por evaporação direta, por transpiração das plantas e dos animais e por sublimação (passagem direta da água da fase sólida para a de vapor).

A quantidade da água mobilizada pela sublimação no ciclo hidrológico é insignificante perante a que é envolvida na evaporação e na transpiração, cujos processos conjuntos se designam evapotranspiração.

O vapor d'água é transportado pela circulação atmosférica e condensa-se após percursos muito variáveis. A água condensada dá lugar à formação de nevoeiros e nuvens, e a precipitação (chuva) a partir de ambos. Este movimento horizontal e vertical do vapor d'água é crítico para o balanço de água nas áreas continentais, uma vez que um terço da precipitação que cai na superfície terrestre é água que tinha sido evaporada dos oceanos e transportada para o continente através da atmosfera.



*Os continentes são sumidouros de vapor da atmosfera. Os oceanos evaporam mais água do que recebem pela precipitação, portanto os oceanos constituem a fonte de vapor para a atmosfera.*

Nos continentes, a precipitação é maior do que a evaporação. Esse excesso de chuva é transportado pelos rios para os oceanos. De forma inversa, nos oceanos, verifica-se uma maior evaporação do que precipitação.

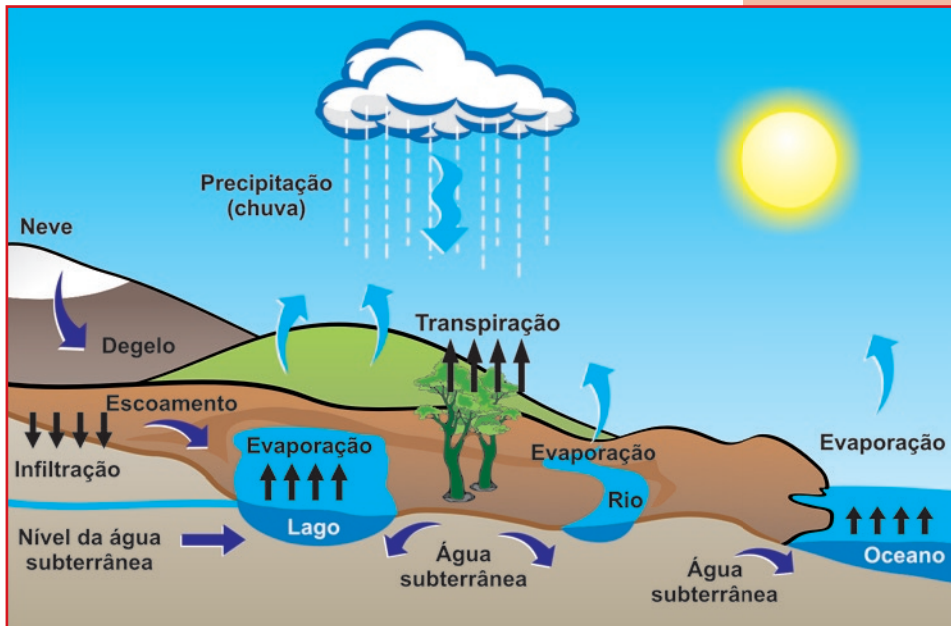
Esse excesso de vapor d'água é transportado para os continentes pela atmosfera, fechando o ciclo hidrológico.

O transporte de vapor ocorre das fontes para os sumidouros. As principais fontes de vapor estão localizadas nos oceanos tropicais e subtropicais e os principais sumidouros estão na zona equatorial e em regiões de zona temperada. Quando certa quantidade de vapor é submetida a baixas temperaturas, ela passa para a forma líquida, e é assim que nascem as nuvens. As gotículas de água formam-se quando o vapor se condensa sobre a superfície de partículas muito pequenas, chamadas de núcleos de condensação.

Após certo tempo, as gotículas tornam-se grandes e se precipitam. Na atmosfera, as gotículas maiores têm maior velocidade de queda em relação às outras, e, portanto, colidem com as menores que estão em seu caminho, ocorrendo o que se chama de coalescência. As gotículas de nuvem, pelo processo de colisão e coalescência, crescem até atingir o tamanho de gotas.



Ao deixar a base da nuvem, essas gotas são chamadas de gotas de chuva e iniciam sua queda em direção à superfície. A Figura 1.14 ilustra o ciclo hidrológico no sistema terrestre.



Rogério Castro (AEB/Programa AEB Escola).

Figura 1.14. Ciclo hidrológico.

Uma parte da precipitação é retida nas construções e na vegetação. Essa quantidade de água que nunca alcança o solo é chamada de perda por interceptação. O restante de água que chega ao solo pode seguir vários percursos: pode evaporar e voltar para a atmosfera, pode escoar superficialmente ou se infiltrar na superfície terrestre.

A água que infiltra no solo entra, primeiramente, na zona que contém as raízes das plantas. Esta água pode retornar para a atmosfera por meio da evaporação, a partir da superfície do solo, ou pela evapotranspiração das plantas. Essa parte superior do solo pode reter uma quantidade de água que é conhecida como “capacidade de campo”. Se mais água for adicionada a esta parte do solo enquanto ela estiver na capacidade de campo, uma parte escoará superficialmente e uma parte passará para uma zona mais baixa (zona de escoamento subterrâneo).

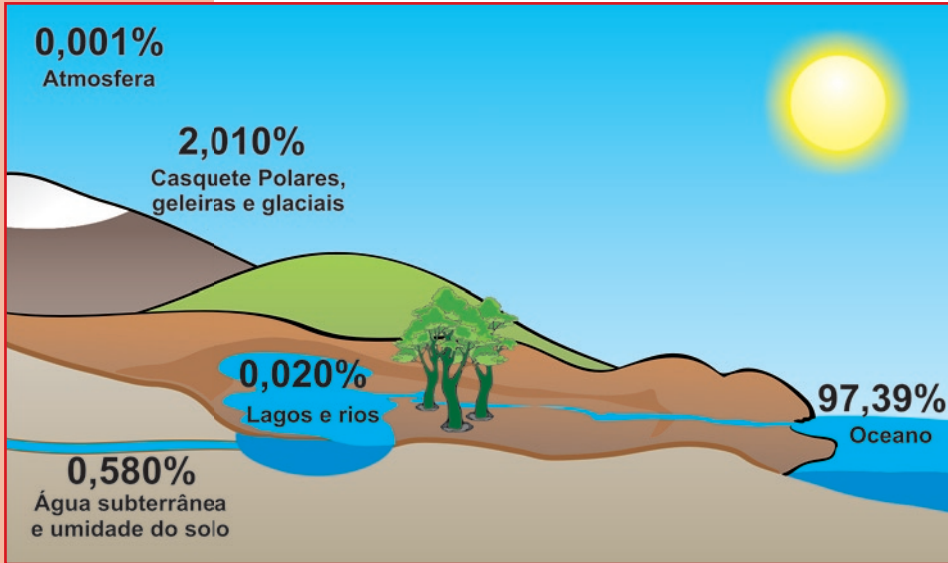


Figura 1.15. Representação dos volumes de água nos componentes do sistema hidrológico.

O caminho subterrâneo das águas é o mais lento de todos. Havendo oportunidade, esta água poderá voltar à superfície, por intermédio das fontes, somando-se às águas superficiais, ou então, voltar a infiltrar. A Figura 1.15 apresenta os volumes de água nos principais componentes do sistema.

Como você pode observar (Figura 1.16), a partir dos volumes de água nos principais componentes do sistema, temos que só 2,6% de toda a água existente no planeta Terra é água doce. Dessa água, que está disponível para o uso da humanidade, 97% está na forma de água subterrânea.

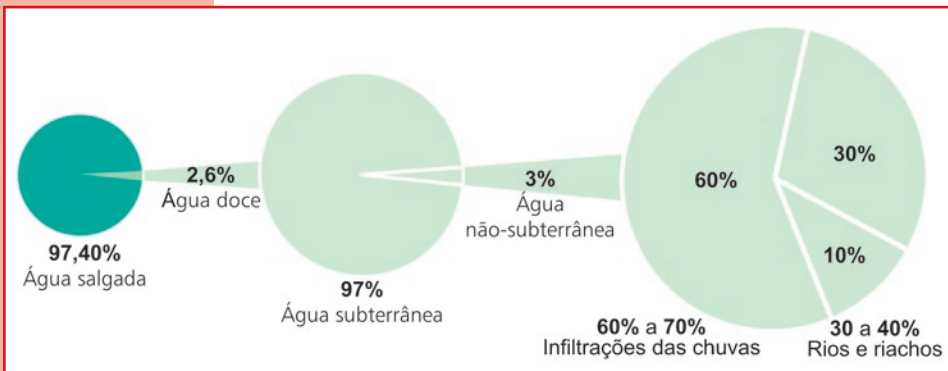


Figura 1.16. Volume de água nos principais componentes do sistema hidrológico.

## ***Estudos mostram que há uma relação entre o ciclo hidrológico e o aquecimento global.***

Quando diminui a infiltração, necessariamente aumenta o escoamento superficial das águas das chuvas. A infiltração é importante, portanto, para regularizar a vazão dos rios, distribuindo-a ao longo de todo o ano, evitando, assim, os fluxos repentinos, que provocam inundações. As cidades são aglomerados onde grande parte do solo é impermeabilizado. A consequência lógica disto é o aumento da quantidade de água que escoar, provocando inundações das áreas mais baixas.

Os cenários de aquecimento global indicam, para algumas regiões do globo, que poderá aumentar a frequência de fenômenos climáticos extremos, tais como secas, inundações, ondas de calor, tempestades severas etc. Adicionalmente, está ocorrendo o aumento do nível do mar devido à expansão térmica da água e ao derretimento das geleiras. Este aumento do nível do mar inundaria algumas regiões, com a consequente contaminação de **aqüíferos**.

A incerteza é ainda maior em relação às mudanças no ciclo hidrológico em escala regional. Entretanto, pode-se dizer que um aumento da evaporação irá acompanhar o aquecimento. Além disso, as regiões semi-áridas poderão ter menos disponibilidade de água.

## **CONCLUINDO**

São muitos os fatores que determinam as condições climáticas em todos os pontos do planeta. Alguns permanecem inalterados no decorrer de milênios, apesar das ações antropogênicas intensas. As taxas de fixação do nitrogênio atmosférico são a demonstração mais evidente desse fenômeno. Por outro lado, em muitos outros processos, ciclos e momentos, a ação humana parece contribuir para uma mudança nos padrões que, durante milhares de anos, mantiveram



**Aqüífero:** lençol freático. Água subterrânea, confinada ou não. É chamado também de lençol d'água e lençol subterrâneo.

o clima na Terra propício à vida. A aglomeração urbana, por exemplo, interfere na intensidade da infiltração, no ciclo hidrológico. E as taxas de concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera aumentaram exponencialmente em menos de dois séculos de ação antropogênica. Nos últimos 650 mil anos de história da Terra não se registrou tamanho aumento da concentração de CO<sub>2</sub>.

São informações com as quais a ciência lida exaustivamente, na busca de respostas que apontem para soluções concretas. E o grande campo de estudo na busca dessas respostas é a atmosfera da Terra, o grande cenário onde tantos fatores – internos e externos – vêm interagindo há milhões de anos. Até hoje, a atmosfera encarregou-se de regular essas incidências e viabilizar o clima como o conhecemos. Vale a indagação: da mesma forma como o ser humano vem interferindo no trabalho de milhões de anos da atmosfera, será capaz de ajudá-la a resgatar a ordem natural desses elementos?



## LEITURA COMPLEMENTAR



**Espectro:** para a física, relaciona-se à distribuição de radiação transmitida, absorvida ou refletida em função dos comprimentos de onda ou frequências.

### OBSERVAÇÕES CIENTÍFICAS

O efeito estufa foi observado, pela primeira vez, por Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830), no século 19. De acordo com Christianson (Christianson, G.E. 1999), Fourier foi o primeiro a conceber a Terra como uma estufa gigante que viabilizava a vida de plantas e animais em sua superfície.

Em 1896, Svante Arrhenius (1859-1927) criou um modelo para estudar a influência do gás carbônico residente na atmosfera sobre a temperatura da Terra. Arrhenius usou as medições de emissão de calor no **espectro**, realizadas por Samuel Langley (1834-1906), para calcular os coeficientes de absorção de  $H_2O$  e  $CO_2$ , pontos-chave para a construção do modelo que concebera.

MIT OpenCourseWare. ocw.mit.edu/



Figura 1.17. Jean Baptiste Joseph Fourier.

Matthias Bock. www.wikipedia.org/



Figura 1.18. Svante August Arrhenius.

Wikipedia. www.wikipedia.org/

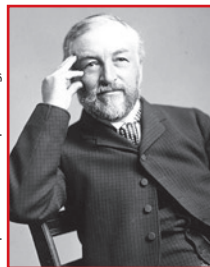


Figura 1.19. Samuel Pierpont Langley.

Quais as causas das Eras Glaciais, atual objeto de estudo em alguns centros de pesquisa, como o *Stockholm Physics Society*, era uma das perguntas que Arrhenius buscava responder. Os experimentos de Arrhenius foram muito bem sucedidos e seus resultados (Ramanathan, V. e Vogelmann, M., 1997) têm sido comprovados por modernas simulações de computador.

**Jean Baptiste Joseph Fourier** (1768-1830), matemático francês.

Estudou a propagação do calor. Seu nome foi imortalizado pelas séries trigonométricas que introduziu em 1807 e que levam seu nome. Em 1827, afirmou que os gases atmosféricos prendem a energia solar, elevando a temperatura da superfície terrestre, em vez de permitir que o calor se dissipe no espaço.

**Svante August Arrhenius** (1859-1927), físico e químico sueco, vencedor do prêmio Nobel de Química em 1903. Autor da teoria dos íons, também demonstrou o papel desempenhado pelo gás carbônico nos processos climáticos.

**Samuel Pierpont Langley** (1834-1906), astrônomo e físico norte-americano. Seu estudo sobre os infravermelhos serviram de base para a formulação dos primeiros cálculos sobre o efeito estufa, feitos por Arrhenius.

Arrhenius foi o primeiro a abordar o efeito dos aerossóis na regulação da temperatura do planeta, referindo-se a eles como *hothouse gases*, e não *greenhouse gases* (gases de efeito estufa), como nos dias de hoje.

A importância de um gás ou aerossol não está relacionada à sua abundância relativa. Por exemplo, o dióxido de carbono, o vapor d'água, o ozônio e os aerossóis ocorrem em pequenas concentrações, mas são importantes para os fenômenos meteorológicos e para a vida.



## ATIVIDADES

### EFEITO ESTUFA

Carlos Afonso Nobre (Inpe), David Lapola (Inpe), José Pesquero (Inpe), Gilvan Sampaio (Inpe), Giovanni Dolif Neto (Inpe), Luiz Salazar (Inpe), Manoel Cardoso (Inpe) e Marina Hirota (Inpe).

### Apresentação

O efeito estufa é um fenômeno natural que faz com que a temperatura da Terra seja maior do que seria na ausência de atmosfera, permitindo assim que ocorra a vida da forma como a conhecemos.

Se não houvesse o efeito estufa, a temperatura média da Terra seria  $-18^{\circ}\text{C}$ , ao invés dos  $15^{\circ}\text{C}$  que temos hoje, ou seja,  $33^{\circ}\text{C}$  menor. Por isso, o efeito estufa é fundamental para a manutenção da vida no planeta Terra.

Para entender como funciona, vamos retomar o exemplo do ônibus parado, com os vidros fechados e sob a luz do Sol. Os raios que chegam do Sol na forma de radiação ultravioleta passam pelos vidros e, ao atingirem a superfície do ônibus, se transformam em calor na forma de radiação infravermelha. A radiação infravermelha tem dificuldade de atravessar os vidros do ônibus e, com isso, a parte que fica presa no interior do veículo causa o aquecimento do ônibus. O mesmo ocorre dentro de carros. Esse mesmo princípio é aproveitado pelo ser humano para criar plantas que precisam de calor para crescer e florescer e não podem ficar expostas a temperaturas baixas durante a noite. Essas plantas são colocadas dentro de uma estufa, que é simplesmente uma casa de vidro ou de plástico transparente.

O mesmo ocorre com a atmosfera da Terra, onde alguns gases funcionam como o vidro do ônibus, ou como o vidro da estufa,

deixando passar a radiação ultravioleta que chega do Sol, mas impedindo a passagem da radiação que é convertida em infravermelho na superfície e devolvida para a atmosfera na forma de calor. Essa radiação, refletida na forma de calor, tem dificuldade de retornar para o espaço, pois é capturada (absorvida) pelos gases de efeito estufa, que se aquecem, aumentando assim a temperatura do ar. Os principais gases de efeito estufa são: o vapor da água e o gás carbônico.

## Objetivos

1. Mostrar como funciona o efeito estufa a partir da simulação de uma estufa.
2. Explorar o comportamento da radiação solar quando entra na atmosfera terrestre e a influência dos gases na temperatura da Terra.

## Sugestão de problematização

Da forma como está composto atualmente, o Sistema Terra-Atmosfera está em equilíbrio, pois toda energia que entra é igual à que sai. De toda a radiação solar que atinge a Terra, 30% é refletida antes de atingir o solo e 70% é absorvida e convertida em calor. Para que o equilíbrio energético seja mantido, toda essa radiação absorvida deverá ser emitida de volta para o espaço.

Mas, se houver um aumento da concentração do gás carbônico na atmosfera, poderá ocorrer um aumento do efeito estufa e, portanto, sairá menos radiação do que entra. Essa diferença causará o aquecimento da atmosfera, aumentando a temperatura média da Terra, podendo provocar desequilíbrios ambientais e mudanças no clima. Vamos ver o que acontece ao simularmos uma situação em que nem todo o calor recebido pela radiação é liberado. Ou seja, vamos ver o que acontece quando parte da energia recebida da luz fica aprisionada.



## Materiais

- 1 lâmpada com luz intensa (holofote)
- 2 termômetros
- 2 copos com água
- 1 rolo de papel alumínio
- 1 caixa grande de sapatos
- 1 tesoura
- 1 rolo de filme plástico
- 1 fita adesiva



Figura 1.20. Materiais.

## Procedimentos

1. Forre o interior da caixa com o papel alumínio e coloque um dos copos com água dentro da caixa.
2. Tampe a caixa com o filme plástico.
3. Coloque o segundo copo e a caixa preparada anteriormente sob a luz do Sol ou do holofote.



Figura 1.21. Demonstração do procedimento 1.



Figura 1.22. Demonstração do procedimento 2.



Figura 1.23. Demonstração do procedimento 3.

4. Após dez minutos, abra a caixa e sinta com o dedo ou meça com o termômetro a temperatura da água, verificando qual dos copos está com a água mais quente.

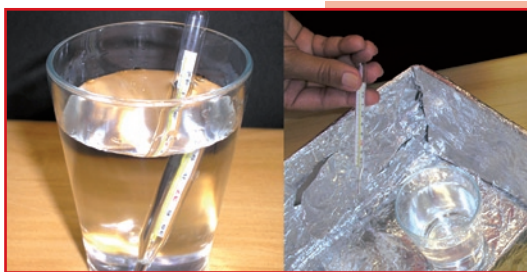


Figura 1.24A e B. Demonstração do procedimento 4.

## Orientações complementares

Ao iluminar a caixa, a luz passa pelo filme plástico e, ao encontrar a superfície, é absorvida e se transforma em calor.

O ar dentro da caixa então se aquece e não consegue sair da caixa por causa do filme plástico, aumentando, assim, a temperatura interna da caixa. Por esse motivo, a água do copo que está dentro da caixa fica mais quente do que a do copo que está fora.

No caso de não se perceber diferenças marcantes na temperatura entre os dois copos, é importante discutir com os alunos as possíveis causas.

Uma das causas prováveis é o tempo de exposição à luz ou a intensidade da luz utilizada. Para mudar a situação, refaça o experimento, aumentando o tempo de exposição ou mudando o foco de luz para um com luz mais forte. Pode-se utilizar também um termômetro para permitir uma medida mais precisa da diferença entre a temperatura da água nos dois copos.

## Possíveis desdobramentos

Um outro efeito que também acontece no nosso planeta é a absorção diferenciada da energia do Sol, dependendo da superfície aonde a luz chega, como, por exemplo, oceanos, florestas, geleiras.

Uma maneira de simular esse efeito é fazer uma pequena adaptação no experimento. Em vez de uma, use duas caixas cobertas com o filme; porém, forre uma delas com um papel branco e forre a outra com um papel preto. Coloque um copo de água dentro de cada uma das caixas e coloque sob a luz do holofote ou sob o Sol. Em qual das duas caixas a temperatura da água estará mais alta depois de algum tempo?

**Atenção!** A atividade aqui exposta 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.

# PRESSÃO E DENSIDADE DO AR

Giovanni Dolif Neto (Inpe) e Marcos Barbosa Sanches (Inpe).

## Apresentação

Como qualquer substância, o ar tem o seu próprio peso. A atmosfera tem mais de 600 km de espessura e o peso de todo esse ar pressiona a superfície da Terra. Essa força para baixo exercida pelo peso do ar é chamada de pressão. Esta pressão é chamada pressão atmosférica e sua unidade de medida é o Pascal. A pressão atmosférica não é constante, podendo variar no espaço e no tempo, e depende também da densidade do ar.

Em regiões onde a coluna de ar é densa, a pressão atmosférica na superfície é alta. Já em regiões onde a coluna de ar é rarefeita, a pressão atmosférica na superfície é baixa. Por exemplo, ao nível do mar, onde a massa atmosférica é grande, a pressão atmosférica é maior do que a registrada em uma região montanhosa na mesma latitude. Com isso concluímos que a pressão atmosférica varia com a altitude.

Outro fato relevante é que 50% do total da massa atmosférica está concentrado nos primeiros 5 km. O calor faz as moléculas do ar se afastarem e, assim, o ar fica menos denso. Quando acontece o resfriamento do ar, o efeito é contrário, tornando o ar mais denso e mais pesado. Dessa forma, massas de ar de temperaturas diferentes têm densidades (pesos) diferentes e por isso exercem também um valor de pressão diferente. O ar se movimenta de regiões com alta pressão para regiões com baixa pressão.

## Objetivos

1. Demonstrar que o ar tem peso e densidade, e que exerce pressão.

2. Demonstrar os efeitos das mudanças de temperatura na pressão do ar.

## Sugestão de problematização

Dois corpos podem ocupar o mesmo lugar no espaço? O ar pode ser infinitamente comprimido? Como ocorre a expansão do ar?

## Materiais

### Experimento 1

- 1 balão inflável
- 1 garrafa PET

### Experimento 2

- 1 balão inflável
- 1 garrafa PET, pré-gelada no congelador por uma hora
- 1 jarra de água morna
- 1 bacia de plástico de tamanho médio



Acervo AEB.

Figura 1.25. Materiais do Experimento 1.



Acervo AEB.

Figura 1.26. Materiais do Experimento 2.

## Procedimentos

### Experimento 1

1. Aperte a garrafa e coloque o balão dentro da garrafa, prendendo a boca do balão na boca da garrafa.

2. Solte as laterais da garrafa. O balão irá inflar à medida que a garrafa encher de ar. Se apertarmos a garrafa de novo, o balão irá murchar novamente.



Acervo AEB.



Acervo AEB.

Figura 1.27. Demonstração do procedimento 1.

Figura 1.28. Demonstração do procedimento 2.

## Experimento 2

1. Coloque a garrafa de plástico no congelador por cerca de uma hora. Retire do congelador e coloque o balão inflável na boca da garrafa, com a parte inflável para fora da garrafa.
2. Preencha a bacia com água morna e coloque a garrafa dentro.
3. Registre o que ocorreu. O aquecimento do ar dentro da garrafa provoca a sua expansão, forçando o ar a sair pela boca da garrafa, o que acaba enchendo o balão inflável.



Acervo AEB.



Acervo AEB.



Acervo AEB.

Figura 1.29. Demonstração do procedimento 1.

Figura 1.30. Demonstração do procedimento 2.

Figura 1.31. Demonstração do procedimento 3.

## Orientações complementares

Um paralelo que podemos traçar para entender melhor a relação “diferença de pressão e vento” é o seu mecanismo de respiração. Para que se possa inspirar, a caixa torácica se expande, pela movimentação das costelas e do diafragma. Esse aumento do volume dos pulmões faz a pressão diminuir dentro dele, resultando em uma pressão menor do que a pressão fora do corpo; então, o fluxo do ar é como o vento, que sopra de uma região de alta pressão para uma região de baixa pressão, que são seus pulmões.

No experimento 2, o aquecimento fez com que as moléculas de ar se movessem mais rapidamente, aumentando a distância entre elas, determinando a expansão, pois assim ocupam um volume maior. Em outras palavras, o ar se expande quando é aquecido e se contrai quando é resfriado, demonstrando que a densidade muda.

## Possíveis desdobramentos

Entender o funcionamento de um Barômetro (aparelho medidor de pressão).

Aplicabilidade da pressão atmosférica na meteorologia.

**Atenção!** As atividades aqui expostas devem ser desenvolvidas, 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.

## ALTERANDO A DENSIDADE

Carlos Eduardo Quintanilha Vaz de Oliveira, Giovanni Dolif Neto (Inpe) e Rodrigo Dutra Silveira Monteiro (CEF 411 Samambaia/SEDF).

### Apresentação

Desde as épocas mais remotas, o ser humano busca se deslocar por sobre as águas. Mas, para se mover sobre uma superfície, é preciso haver um equilíbrio de forças. Quando alguém caminha sobre o chão, o peso dessa pessoa, que aponta para o centro da Terra, é compensado pela força que o chão exerce sobre os pés dela. Essa força é chamada “força normal”. No caso de, ao invés de uma superfície sólida, tivermos uma fluida, como a água, uma outra força provoca o equilíbrio com o peso que está na superfície, força esta chamada “empuxo”.

O empuxo representa o peso do volume do líquido deslocado. Em outras palavras: quando alguém ou alguma coisa é colocada dentro da água, uma quantidade de água se desloca. Como exemplo, se uma esfera for colocada dentro de um copo com água completamente cheio, uma quantidade de água vai derramar, e essa quantidade de água derramada é exatamente igual ao volume da esfera que está submersa. Dessa forma, se pudermos coletar toda a água que vazou do copo e medir seu peso, teremos então encontrado o valor do empuxo, que é a força que um fluido exerce em um corpo imerso nele.

Conta a história que Arquimedes desenvolveu esse princípio quando precisou desvendar um problema para Hierão, o rei de Siracusa. O Rei, desconfiado de que um ourives desonesto não utilizara todo o ouro disponibilizado para a confecção de sua

coroa, pediu que Arquimedes verificasse, sem destruí-la, se a coroa, depois de pronta, era realmente de ouro puro. Arquimedes, então, utilizou-se de um pedaço de ouro e outro de prata, maciços, com a mesma massa da coroa. Colocou o bloco de ouro e verificou quanta água se deslocava. Fez o mesmo processo com o bloco de prata. O cientista verificou que o bloco de prata deslocava um volume maior de água do que o de ouro. Ao colocar a coroa no mesmo vasilhame, foi observado que a coroa deslocava um volume de água maior do que o do ouro e menor do que o da prata. Isso significava que na coroa havia prata misturada. Assim, a farsa do ourives foi desmascarada.

Nesta atividade, temos a oportunidade de perceber como a densidade de um fluido influencia diretamente na força de reação ao peso dentro do fluido.

## Objetivos

1. Verificar como a densidade de um fluido pode interferir na força de empuxo que este exerce sobre um corpo imerso.
2. Familiarizar-se com o princípio de Arquimedes.

## Sugestão de problematização

Por que é mais fácil flutuar no mar do que em um rio ou em uma piscina? Existe uma força maior na água do mar que possibilita essa flutuação?



Figura 1.32. Materiais.

## Materiais

- 1 garrafa PET
- 1 estilete
- 1 tesoura
- ½ litro de água
- 1 ovo
- 1 colher de sopa
- 200g de sal



## Procedimentos

1. Coloque o ovo dentro da vasilha com água. O que acontece com o ovo? Flutua ou afunda?



Acervo AEB.

Figura 1.33A, B, C e D. Demonstração do procedimento 1.

2. Despeje sal dentro da vasilha com água e mexa.



Acervo AEB.

Figura 1.34A e B. Demonstração do procedimento 2.

3. Coloque novamente o ovo dentro da água. E agora, ele flutua ou afunda?



Acervo AEB.

Figura 1.35A e B. Demonstração do procedimento 3.

## Orientações complementares

Partindo do princípio de Arquimedes, pode-se explicar por que o ovo flutua na segunda situação, sendo que o volume de água que ele desloca é o mesmo nos dois momentos (que é o próprio volume dele).

Essa diferença ocorre porque, após misturar sal, a solução aquosa, por ter um soluto dissolvido, fica mais densa, ou seja, possui maior massa em um mesmo volume. A densidade absoluta  $D$  é dada pela razão entre a massa e o volume,

$$D = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume}}$$

Dessa forma, ao deslocar o mesmo volume que

anteriormente, o ovo desloca uma massa maior de fluido, e como a força de empuxo é o peso desse volume deslocado ( $E = D \cdot g \cdot V$ ), estando a água mais densa, a força será maior, fazendo com que o ovo flutue.

É por esse mesmo princípio que é mais fácil flutuar no mar do que na piscina.

É possível que o ovo não flutue depois da adição do sal. Isso pode acontecer em virtude de os ovos possuírem variações em suas densidades. Nesse caso, deve-se adicionar mais sal até que o ovo flutue, ou seja, a densidade ( $D$ ) da solução de água+sal irá aumentar até superar a densidade do ovo e, então, ele flutuará.

## Possíveis desdobramentos

A madeira, quando colocada em água, flutua naturalmente, então é de se esperar que um barco feito de madeira venha a flutuar também. Já o metal, que é mais denso que a água, notoriamente afunda. Como explicar embarcações imensas de metal, e ainda carregadas com toneladas de carga, viajarem pelos oceanos?

O segredo está justamente na palavra “imenso”. Quanto maior é um objeto, mais água ele vai deslocar quando

imerso. Deslocando mais água, a força de empuxo será maior, oferecendo sustentação para a navegação. Uma forma simples de verificar isso é com uma bolinha de massa de modelar. Quando em formato de esfera, maciça, ela afunda; ao modelá-la em formato de cunha, como se fosse uma canoa pequena, ela passa a flutuar, pois desloca uma quantidade maior de fluido. Experimente fazer também essa experiência.

**Atenção!** A atividade aqui exposta 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.

## COMO SE FORMAM AS BRISAS

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

### Apresentação

As circulações locais são circulações de ar induzidas termicamente pelos processos de superfície em regiões heterogêneas. Essas circulações podem ser as convencionais, ou seja, surgem em virtude de aquecimento diferencial, como a circulação de “brisa marítima/terrestre”, vale–montanha, lacustre, ou as não convencionais, como as induzidas por diferenças em umidade de solo ou vegetação.

As brisas (marítimas, terrestres, lacustres, de vegetação, de vale–montanha) têm grande influência no clima em diversas partes do globo. Por exemplo, próximo à costa, num dia quente, com vento fraco, há maior aquecimento da areia e do solo do que da água do mar. Isto porque a água tem capacidade calorífica maior que materiais como areia e solo, e para aquecê-la é necessário maior quantidade de calor.

Esse aquecimento diferencial gera diferença regional de pressão atmosférica, ficando o ar mais quente sobre o continente com pressão relativamente mais baixa do que o ar mais frio sobre o mar. Esta diferença de pressão induz à formação de uma brisa da região de pressão mais alta (mar) para a região de pressão mais baixa (continente), que é a chamada “brisa marítima”. Esta brisa surge para equilibrar as diferenças de temperatura e pressão entre as duas regiões.

Durante a noite ocorre o contrário: o continente resfria rapidamente, enquanto a água do mar resfria mais lentamente; com

isso, a temperatura estará mais quente no mar do que no continente. Portanto, o ar sobre o continente estará com pressão relativamente mais alta do que o ar sobre o mar. Isto irá gerar uma brisa da região de pressão mais alta (continente) para a região de pressão mais baixa (mar), que é a chamada “brisa terrestre”.

Com esta atividade, os alunos perceberão o deslocamento do ar (brisa) observando o deslocamento da fumaça do incenso. A partir do entendimento desses conceitos, os alunos também entenderão por que as massas de ar se deslocam dos pólos em direção do Equador, em ambos os hemisférios.

## Objetivos

O objetivo desta atividade é compreender como se dá a formação de brisas, por meio do entendimento dos seguintes processos:

1. Diferenças de densidade do ar causadas por diferenças de temperatura.
2. Mudanças na pressão causadas pelas mudanças na densidade do ar.
3. Movimento do ar causado por diferenças de pressão.

## Sugestão de problematização

Por que existe vento? Como será o deslocamento do ar: da região mais fria para a região mais quente, ou ao contrário? Se aumentarmos a diferença de temperatura, a intensidade do vento aumentará também?

## Materiais

- 1 fogareiro elétrico
- 10 cubos de gelo
- 1 quilograma de areia fina
- 2 vasilhas de vidro ou alumínio de aproximadamente 30 cm cada
- 1 cartolina de cor preta



Figura 1.36. Materiais.

- 1 fita adesiva
- 2 incensos
- 1 caixa de fósforos
- 1 tesoura
- Massa de modelar

## Procedimentos

1. Preencher uma das vasilhas de alumínio com areia, e aquecê-la sobre um fogareiro elétrico, e a outra vasilha com gelo.



Acervo AEB.

Figura 1.37. Demonstração do procedimento 1.



Acervo AEB.

Figura 1.38. Demonstração do procedimento 2.



Acervo AEB.

Figura 1.39. Demonstração do procedimento 3.

2. Colocar a cartolina em forma de painel em torno das duas vasilhas e acender os incensos.
3. Fazer uma base para o incenso com a massa de modelar, espetar os incensos e colocá-los entre as duas vasilhas. Observar para onde a fumaça se desloca.

Espera-se que a fumaça se desloque da vasilha com gelo para a vasilha com areia.

## Orientações complementares

Como as circulações convencionais surgem em virtude do aquecimento diferencial, podemos pensar que no planeta Terra há aquecimento diferencial, uma vez que a região

mais próxima do Equador é mais quente do que os pólos. Este grande contraste de temperatura cria uma circulação térmica semelhante àquela da brisa marítima, com o ar soprando dos pólos em direção ao Equador.

A primeira pessoa a propor esse modelo clássico de circulação geral da atmosfera foi George Hadley em 1735. Hadley sugeriu que, sobre a Terra sem rotação, o movimento do ar teria a forma de uma grande célula de convecção, com o ar soprando dos pólos em direção ao Equador, convergindo e subindo, também, próximo do Equador e em altos níveis da troposfera (camada mais baixa da atmosfera), soprando do Equador em direção aos pólos. Com isso, podemos entender que as massas de ar frio e as frentes frias sempre vêm dos pólos em direção ao Equador, na tentativa de equilibrar a temperatura da Terra, ou seja, é uma reação ao aquecimento diferencial.

## Possíveis desdobramentos

Professor/a, a partir desta atividade, é possível desencadear novos estudos, estimular a leitura e a produção de textos na escola, como, por exemplo:

- a. estudar a influência de montanhas, lagos e vegetação na circulação atmosférica de uma cidade ou região;
- b. estudar a circulação geral da atmosfera;
- c. pesquisar sobre a dispersão de poluentes na atmosfera.

Que tal se os alunos fizerem uma apresentação dos materiais na feira de Ciências da escola e em outras turmas? Eles podem preparar até uma apresentação em *power point*, se a escola tiver condições para isso.

**Atenção!** As atividades aqui expostas devem ser desenvolvidas, 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.



Aléogênico Cretácico Jurássico Triásico Pérmico

Silúrico Devónico Carbonífero

André Silva (AEB/Programa AEB Escola)

# capítulo 2



## MUDANÇAS CLIMÁTICAS NATURAIS

No capítulo anterior, você conheceu um pouco mais sobre os processos, fatores e elementos que determinam o funcionamento do clima na Terra. A atmosfera – seu comportamento e a natureza de sua composição – recebeu especial atenção por se constituir no cenário onde uma parte importante desses componentes se relacionam, determinando a ocorrência dos fenômenos climáticos da forma como os conhecemos.

A abordagem direcionou-se para o entendimento desses mecanismos e processos à luz das circunstâncias naturais. Esta é uma condição fundamental para as etapas posteriores de nosso estudo, quando deveremos estabelecer as conexões necessárias entre as mudanças climáticas e as ações humanas.

Ou seja, entender como funcionam os processos climáticos sem a interferência humana ajuda o ser humano a dimensionar o real impacto de suas ações e intervenções na natureza.

Neste capítulo, agregaremos outros dados fundamentais para essa compreensão geral.

Afinal, como já vimos, o termo mudanças climáticas não é privilégio das ações humanas. Pelo contrário, essas ocorrências sempre existiram e, em maior ou menor escala, foram decisivas para a constituição da vida na Terra como hoje a conhecemos.

Portanto, antes de se entender o que são as mudanças climáticas antropogênicas, causadas pelas atividades humanas, é importante saber como se dão as mudanças climáticas

*Mudanças climáticas sempre ocorreram no planeta. São as chamadas “mudanças climáticas naturais”.*



impostas pela própria natureza, ou seja, as mudanças climáticas naturais. A compreensão desses fenômenos passará, também, por uma rápida abordagem da história da Terra e dos momentos fundamentais de sua trajetória, cujos reflexos foram decisivos para a evolução do clima no planeta.

Mudanças climáticas naturais sempre ocorreram na Terra, motivadas por fatores diversos, internos e externos. Alguns desses fatores você já conheceu no capítulo anterior. Vimos, por exemplo, que a radiação solar que chega à Terra é uma das determinantes na definição do clima.

Há outros componentes que interferem no clima que a Terra apresenta hoje, dentre os quais se destacam:

- a. a formação da Terra e a deriva dos continentes;
- b. as variações dos parâmetros orbitais da Terra;
- c. a quantidade de aerossóis naturais;
- d. as erupções vulcânicas;
- e. os fenômenos climáticos que podem modificar o clima localmente, como furacões, ciclones, tempestades violentas etc.;
- f. os fenômenos *El Niño* e *La Niña*;
- g. o crescimento das montanhas, que pode afetar os padrões de circulação atmosférica.

A partir de agora, vamos recuar no tempo e entender a relação do processo de formação do planeta Terra com as mudanças climáticas naturais.

## A FORMAÇÃO DA TERRA E O CLIMA

A Terra não é um corpo estático. Pelo contrário, as placas que formam a camada mais superficial da Terra estão sempre se movimentando, ora deslizando umas contra as outras, ora umas sobre as outras. No passado, essa movimentação deu origem à Teoria da Tectônica de Placas,

a teoria da evolução da Terra que conhecemos hoje e que é também a mais aceita cientificamente.



## A Teoria da Tectônica de Placas

A Tectônica de Placas funciona desde os primeiros estágios da Terra, desempenhando um papel de destaque na história da vida. As mudanças na configuração relativa dos continentes e dos oceanos influenciam os padrões climáticos, o ambiente, a composição e a distribuição das espécies.

Você já deve saber que os continentes ocuparam posições diferentes na superfície da Terra, nos diferentes estágios da história do planeta. Estamos falando de situações em que a distribuição das zonas climáticas e a circulação oceânica eram totalmente diferentes das atuais. Da mesma maneira, você já sabe que a energia total transmitida pelo Sol é determinante para o clima da Terra. Agora, vamos analisar essas influências sob um novo ângulo.

As variações da luminosidade solar ao longo da existência do planeta Terra provocaram mudanças significativas no clima. Teorias da evolução estelar sugerem que o Sol apresentava uma radiação de menor intensidade nos primeiros bilhões de anos da história da Terra.

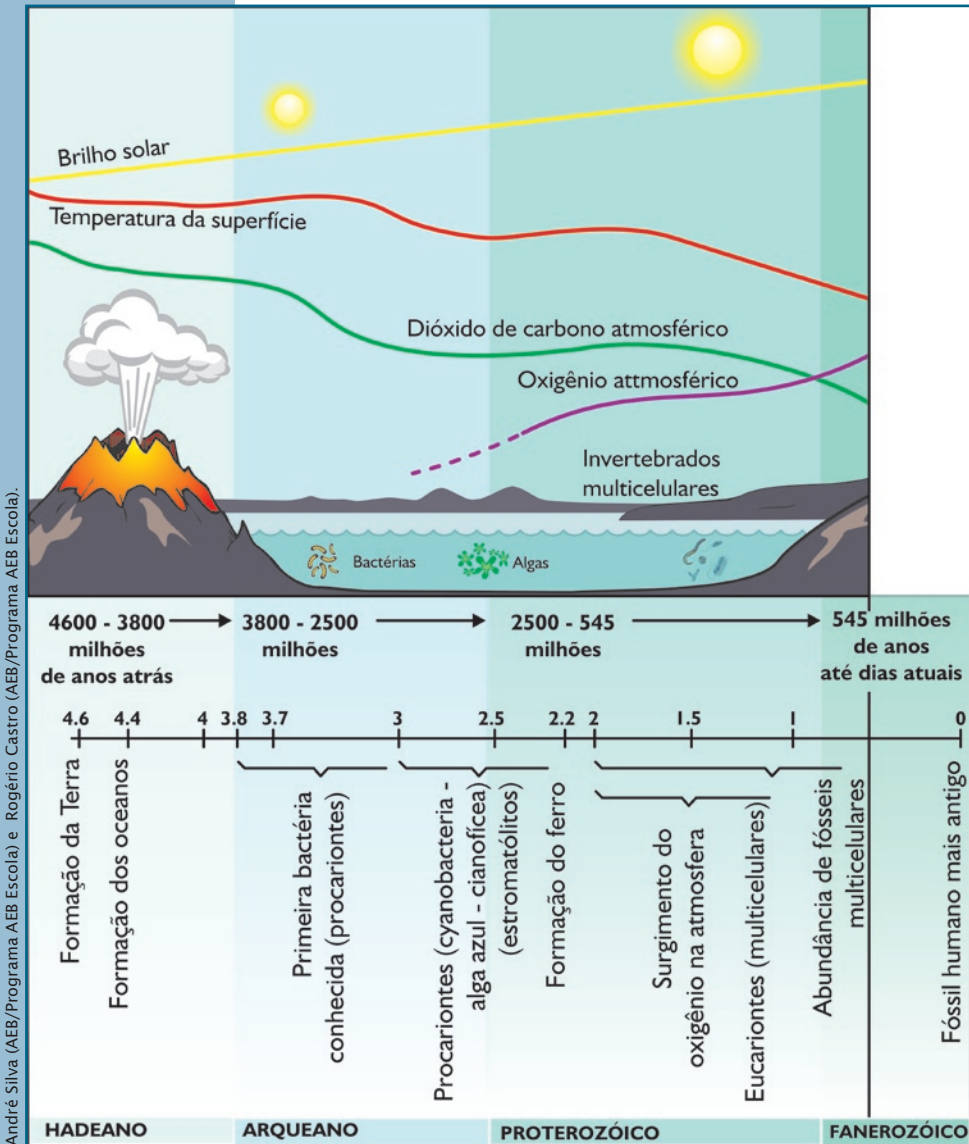
Todavia, mesmo nesse período, evidências da cobertura

*Segundo algumas teorias, a luminosidade do Sol aumentou cerca de 30% desde a formação do Sistema Solar. Este aumento da luminosidade está associado à conversão de hidrogênio para hélio, o que ocasionou o aumento da densidade solar, da temperatura central do Sol, da taxa de fusão e da produção de energia.*

de gelo demonstram que o planeta não estava significativamente frio. A causa disso seria um forte efeito estufa provocado pela alta concentração de dióxido de carbono e pelo vapor d'água que compensava a reduzida radiação solar. A Figura 2.1 mostra um modelo da evolução da Terra entre 4,6 bilhões e 545 milhões de anos atrás, no qual



se pode observar a diminuição da quantidade de gás carbônico – também conhecido como dióxido de carbono ou  $\text{CO}_2$  – e, portanto, da temperatura. Observa-se, ainda, o aumento do brilho solar no decorrer das eras. O surgimento dos oceanos deu-se por volta de 4,4 bilhões de anos atrás. A Figura 2.1 mostra, também, como se deu o surgimento dos primeiros seres vivos.



André Silva (AEB/Programa AEB Escola) e Rogério Castro (AEB/Programa AEB Escola).

Figura 2.1. Formação da vida na Terra entre 4,6 bilhões e 545 milhões de anos atrás, com variação solar e de temperatura, além de oxigênio e dióxido de carbono na atmosfera.

# Evolução geológica da Terra

Para auxiliar na compreensão da relação entre a formação da Terra e as mudanças do clima, vale lembrar que, na escala do tempo geológico, a divisão da evolução da Terra é feita em néons, eras, períodos e épocas, conforme mostra a Figura 2.2.

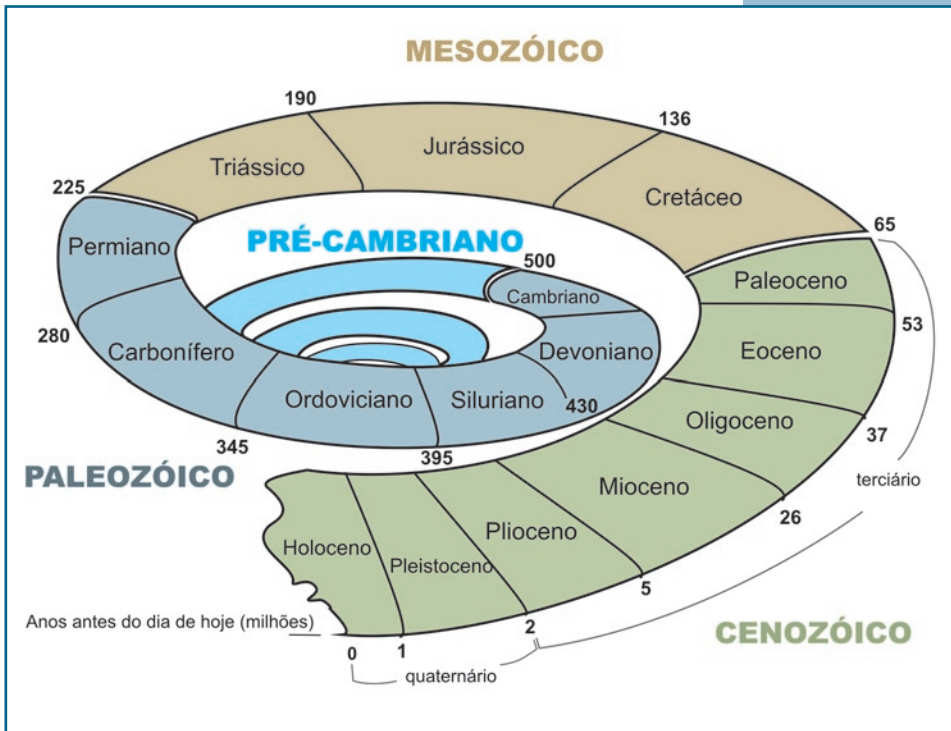


Figura 2.2. Representação da escala de evolução geológica da Terra desde o Pré-cambriano.

## Na era Pré-cambriana

Antes de 4,6 bilhões de anos temos o néon hadeano e, a partir dessa data até cerca de 570 milhões de anos atrás, temos a era Pré-cambriana, que corresponde a cerca de 85% da história da Terra. Pouco se sabe sobre essa era e, provavelmente, isso se deve ao fato de que as possíveis evidências do clima neste período foram removidas pelos subseqüentes episódios climáticos e geológicos. Foi no final dessa era que surgiram as primeiras espécies vivas.

## Entre a era Pré-cambriana e o período Cambriano

Na era Pré-cambriana e no período Cambriano (o primeiro do Paleozóico), estima-se que a temperatura estava mais alta do que nos dias atuais, em resposta à maior atividade vulcânica e à maior quantidade de  $\text{CO}_2$  na atmosfera. Havia, em média, mais precipitação, o que levou a um aumento do nível médio do mar. Calcula-se que a concentração de  $\text{CO}_2$  na atmosfera era cerca de dez vezes maior do que os dias atuais.

## Surge a Pangéia, o grande continente

Há aproximadamente 250 milhões de anos, ocorreu a formação da Pangéia. Neste período, houve uma diminuição significativa do nível do mar, provavelmente associada a um aumento significativo de gelo nas altas latitudes. A circulação oceânica global era composta

praticamente por duas células de circulação, sendo uma no Hemisfério Norte e a outra no Hemisfério Sul, conforme podemos observar na Figura 2.3.

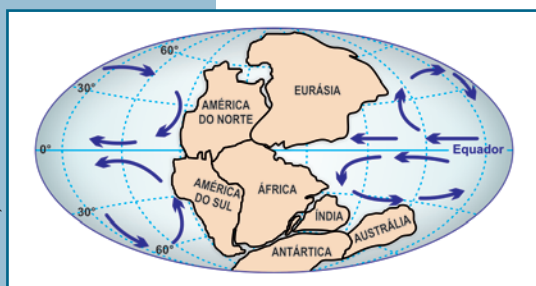


Figura 2.3. A Pangéia e a circulação oceânica.

Rogério Castro (AEB/Programa AEB Escola).

Saiba mais...



### O gelo aumenta a reflexão dos raios solares

Os movimentos das massas continentais para altas latitudes podem iniciar uma forte interação entre o gelo e o albedo. O gelo, como é branco, é bom refletor de radiação solar. Se aumentar a quantidade de gelo do planeta, indicando que este está mais frio, haverá maior reflexão da radiação solar, que também irá contribuir para resfriar ainda mais o planeta, ou seja, é um mecanismo de retroalimentação ou *feedback*.

### Recapitulando

Vimos no capítulo 1 que albedo significa brancura ou alvura. O termo é usado em astronomia para medir a capacidade de reflexão luminosa de um corpo.

## No Cretáceo

Entre cerca de 200 milhões de anos atrás e o final do Cretáceo, o clima refletia o efeito da “quebra” da Pangéia. Foi quando ocorreu a formação do Oceano Atlântico, surgiu o Mar Tropical de Tétis, conectando os Oceanos Tropicais, o platô Antártico movimentou-se em direção ao Pólo Sul e as placas das atuais África, Índia e Austrália movimentaram-se para o norte.

Há cerca de 100 milhões de anos, houve o mais recente aquecimento do planeta. No Cretáceo, a temperatura era maior do que hoje em dia, sobretudo nas altas latitudes, o que indica uma diminuição significativa ou a ausência de gelo nesses pontos. Acredita-se que a quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera era de duas a dez vezes maior do que é hoje. Além disso, o nível do mar era mais elevado e cerca de 15% a 20% da superfície atual estava submersa.

## No Cenozóico

No Cenozóico, especificamente no período Terciário, verificou-se uma lenta tendência de formação das calotas polares. Ocorreu um decréscimo do CO<sub>2</sub> atmosférico por causa da diminuição da atividade vulcânica. Entretanto, entre 55 milhões e 50 milhões de anos atrás, as temperaturas do ar e do mar aumentaram, provavelmente por causa de um aumento da atividade tectônica. Esse contexto, marcado por intensa atividade vulcânica, redundou em maior concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera e, conseqüentemente, no aumento do efeito estufa.

Como resultado da maior atividade tectônica, ocorreram:

- a. a formação dos novos supercontinentes: Eurásia/África e Américas;
- b. o fechamento do Mar Tropical Tétis, há cerca de 30 milhões de anos;
- c. a elevação dos Alpes, há cerca de 20 milhões de anos, e do Himalaia, há cerca de 15 milhões de anos, em decorrência da colisão da África e da Índia com a Eurásia;

- d. a abertura do Oceano Sul pelo deslocamento para o norte da Austrália, há cerca de 20 milhões de anos;
- e. o fechamento do istmo do Panamá, há cerca de 4 milhões de anos;
- f. a expansão significativa do Oceano Atlântico e o desenvolvimento das correntes oceânicas.



Saiba mais...

### As geleiras e o nível do mar

O desenvolvimento das geleiras na Antártica começou há mais ou menos 30 milhões de anos. Depois, há 10 milhões de anos, o volume de gelo aumentou por causa de um resfriamento. Com a extensão do gelo antártico, houve uma diminuição do nível do mar em cerca de 50 metros.

## INCLINAÇÃO E MOVIMENTOS DA TERRA ALTERNANDO A TEMPERATURA

Há aproximadamente 2,4 milhões de anos, já havia mantos de gelo nos continentes do Hemisfério Norte. A partir daí, observam-se alternâncias rítmicas, de frio e calor, num período próximo de 41 mil anos. Essa situação de oscilações frequentes e relativamente pouco intensas vai até mais ou menos 900 mil anos atrás, quando as oscilações, tendendo a períodos frios, tornam-se muito mais intensas e passam a ocorrer a cada 100 mil anos.

Essas variações, que são deduzidas da análise dos isótopos de oxigênio dos sedimentos de fundo marinho, vêm comprovar a influência que as mudanças na órbita da Terra – e as conseqüentes variações da quantidade de calor recebida nos diferentes locais – devem ter exercido na determinação das alterações climáticas do passado.

A relação entre o nível do mar e as mudanças climáticas é muito significativa. Ao tomarmos como referência o atual nível médio do mar, podemos inferir que, em momentos



históricos em que a temperatura média do planeta esteve abaixo das atuais, o nível médio do mar se manteve abaixo do nível que temos hoje. Sempre que a Terra passou por momentos de temperatura mais baixa, houve o aumento das áreas cobertas por gelo. Da mesma forma, em temperaturas mais elevadas, o nível médio do mar esteve mais alto do que o atual, indicando degelo em grandes proporções.

Essas alterações climáticas são cíclicas e vêm ocorrendo em intervalos de, aproximadamente, 100 mil anos, expressando mudanças nas concentrações de gases de efeito estufa, provocadas pela variação de temperatura. Veja na Figura 2.4 os intervalos em que se deu a alternância de temperatura e do nível do mar.

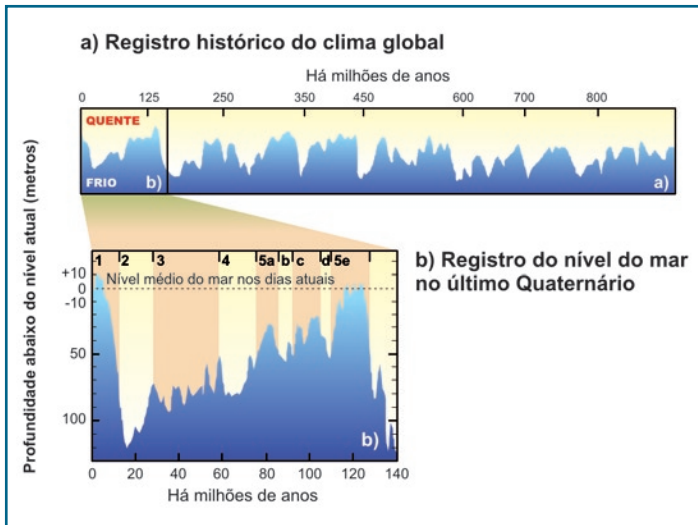


Figura 2.4. Variações do nível do mar nos últimos 900 mil anos.

## Eras glaciais e interglaciais na Teoria de Milankovitch

Agora, vamos conhecer uma teoria que explica, matematicamente, as oscilações que acabamos de ver. Conhecida como Teoria de Milankovitch, ela toma como base variações sazonais e latitudinais da radiação solar recebida pelo planeta. Essa teoria foi elaborada pelo sérvio Milutin Milankovitch

Adaptada por Rogério Castro (AEB/Programa AEB Escolar).  
National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).  
www.ngdc.noaa.gov/

**Milutin Milankovitch** (1879-1958) nasceu em Belgrado, capital da Sérvia. Era astrônomo e formulou a teoria que leva seu nome, segundo a qual as flutuações do clima a longo prazo são ligadas a variações cíclicas de três parâmetros orbitais da Terra.



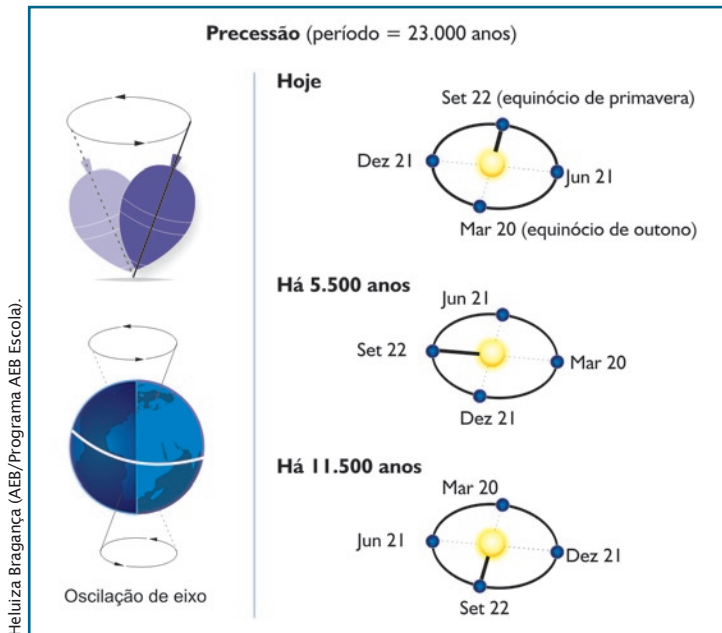
**Periélio:** ponto da órbita de um planeta, planetóide, asteróide ou cometa que está mais próximo do Sol.

**Afélio:** ponto da órbita em que o planeta, ou planetóide, está mais afastado do Sol.

no início do século passado e explica essas oscilações que ocorrem a cada 100 mil anos.

A Teoria de Milankovitch está baseada nas variações cíclicas de três elementos, que ocasionam variações na quantidade de energia solar que chega à Terra e que, por sua vez, influenciam marcadamente a temperatura do planeta. Esses elementos são:

**1. Precessão:** mudanças na orientação do eixo rotacional da Terra. Estas mudanças alteram as datas do **periélio** e do **afélio**, ocasionando aumento do contraste sazonal em um hemisfério e diminuição em outro. O período médio é de 23 mil anos.



Heluiza Bragança (AEB/Programa AEB Escola).

Figura 2.5. Mudanças na orientação do eixo rotacional da Terra alteram as datas do periélio e do afélio. Como consequência, em um hemisfério aumenta o contraste sazonal e no outro diminui.

**2. Obliquidade:** alterações na inclinação do eixo de rotação da Terra, em relação à perpendicular ao plano da órbita, influenciam na magnitude da mudança sazonal. Ou seja, quando a inclinação é maior, as estações são mais extremas – os invernos são mais frios e os verões,

mais quentes – e, quando a inclinação é menor, as estações são mais suaves em ambos os hemisférios. Atualmente, a inclinação é de  $23,5^\circ$ . O período médio de ocorrência de tais alterações é de 41 mil anos, variando entre inclinações de  $21,5^\circ$  e  $24,5^\circ$ . Quando os verões são mais frios, há maior permanência de neve e gelo nas altas latitudes, o que contribui para um *feedback* positivo, ou seja, mais neve significa albedo maior e, portanto, maior resfriamento.

- 3. Excentricidade:** está relacionada com o fato da órbita da Terra em relação ao Sol ser mais elíptica (alta excentricidade) ou mais circular (baixa excentricidade). Atualmente, existe uma diferença de 3% entre a maior aproximação, perélio, e o afélio. Esta diferença na distância significa 6% da insolação entre janeiro e julho. Quando a órbita está mais elíptica, a diferença da insolação é da ordem de 20% a 30% entre janeiro e julho. O período de ocorrência dessas variações é de 90 mil a 100 mil anos.

Utilizando estas três variações orbitais, Milankovitch formulou um modelo matemático que fornece a diferença latitudinal na insolação e a correspondente temperatura da superfície. Ele tentou, então, correlacionar estas mudanças com o crescimento e a retração das Eras Glaciais. Para fazer isto, assumiu que as mudanças na radiação em algumas latitudes e estações são mais importantes para o crescimento e a diminuição de capas de gelo do que outros parâmetros.

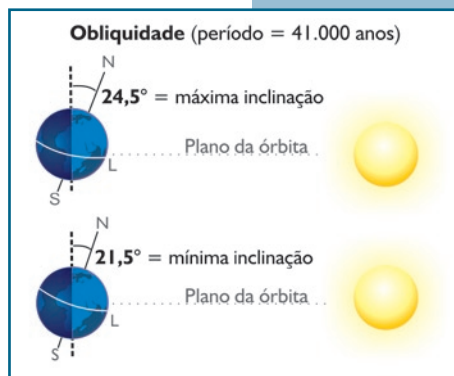


Figura 2.6. Alterações na inclinação do eixo de rotação da Terra, em relação à perpendicular ao plano de sua órbita, trazem como consequência invernos mais frios e verões mais quentes, se a inclinação for maior. Quando a inclinação é menor, as estações são mais suaves nos dois hemisférios.

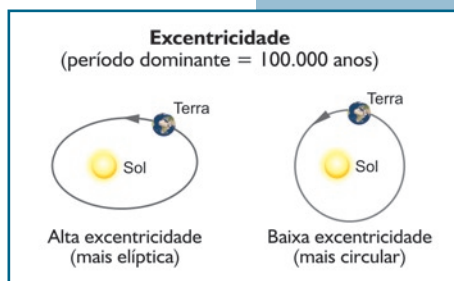


Figura 2.7. A órbita da Terra, em relação ao Sol, pode ser mais elíptica ou mais circular e isso faz com que haja diferença na insolação de até 30% entre janeiro e julho.



## A Teoria de Milankovitch

Milankovitch publicou os resultados de seu trabalho em 1938. Sua teoria foi alvo de disputas por décadas, até que, em 1976, um estudo publicado na revista *Science* (Hays *et al.*, 1976) examinou os sedimentos de corais nas profundezas do oceano. Os pesquisadores em questão demonstraram que, realmente, o sistema climático tinha uma resposta diretamente ligada à indução orbital. Este estudo encontrou picos de mudanças de temperatura desde, aproximadamente, 450 mil anos atrás, que estariam associados a variações no clima. Essas variações, por sua vez, estavam ligadas às mudanças na geometria (excentricidade, obliquidade e precessão) da órbita da Terra. Na verdade, ficou comprovado que as Eras Glaciais tinham ocorrido quando a Terra estava passando por diferentes estágios de variações orbitais.

Na Figura 2.8, pode-se verificar como se dão as alternâncias do clima da Terra. Nota-se, claramente, que o planeta Terra passou por variações de temperatura com períodos médios de 100 mil anos e, portanto, por Eras Glaciais e Interglaciais. É possível observar, ainda, que, com o aumento da temperatura média da Terra, também há um aumento da concentração de CO<sub>2</sub> e de metano, e vice-versa.

### Ciclos glaciais

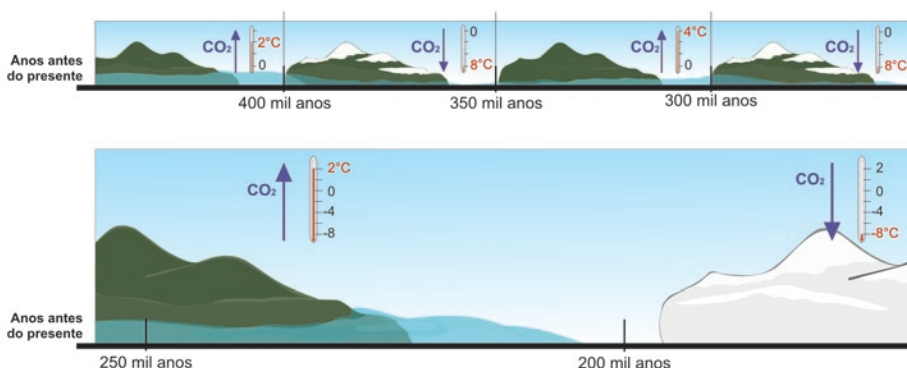


Figura 2.8. Variação da quantidade de dióxido de carbono na atmosfera, nos últimos 450 mil anos, estimada a partir de amostras de gelo em Vostok - Antártica.

## AEROSSÓIS E TEMPERATURA TERRESTRE

As partículas em suspensão na atmosfera, como, por exemplo, poeira e pólen, em estado líquido ou sólido, são também denominadas aerossóis e cor-

respondem a outro fator determinante do clima. Um aerossol natural muito comum é o sal marinho, que chega à atmosfera a partir do atrito do vento com a superfície oceânica.

Como vimos no capítulo 1, os gases de efeito estufa e a presença de aerossóis na atmosfera podem ter um impacto importante sobre o balanço de energia do Sistema Terra-Atmosfera.

*A poluição atmosférica, normalmente, é composta de gases tóxicos, acompanhados de aerossóis gerados por diversas atividades antrópicas.*



*A maior parte dos aerossóis tem origem natural e é produzida, principalmente, pela ação do vento sobre a superfície do mar e de áreas de solo descoberto, por vulcões e pela queima natural da vegetação. Atividades humanas, como a queima de combustíveis e mudanças na cobertura natural do solo, também são fontes importantes.*



Em escala global, estima-se que o efeito predominante da presença dos aerossóis na atmosfera seja o de refletir os raios solares. Este efeito direto sobre o balanço de energia tende a resfriar as camadas mais baixas da atmosfera, reduzindo a temperatura próxima à superfície.

Em escalas menores, porém, a descrição dos efeitos dos aerossóis é mais complexa. Por exemplo, em níveis elevados, a poeira mineral proveniente do solo pode refletir a radiação solar, causando resfriamento da superfície. A presença destes mesmos aerossóis em níveis intermediários da atmosfera pode causar retenção da radiação refletida pela superfície terrestre e contribuir para intensificar o efeito estufa. Outros tipos de aerossóis, emitidos durante processos de queima, podem, ainda, absorver a radiação solar e contribuir diretamente para o aquecimento da atmosfera.

## Vulcões resfriam a Terra?



*Um importante componente destes aerossóis é o carbono elementar, normalmente descrito como black carbon, que, por sua cor escura, atua como absorvedor de radiação.*

Os vulcões promovem alterações nas condições climáticas, mesmo em regiões distantes da erupção, em função da enorme quantidade de aerossóis emitidos durante esses eventos. As partículas atingem níveis elevados da atmosfera,

onde os processos de remoção de aerossóis são reduzidos, o que permite que o efeito de reflexão da radiação solar possa atingir grandes áreas e persistir por vários meses a anos.

As erupções vulcânicas produzem os maiores impactos relacionados aos aerossóis na atmosfera. Isto se dá, principalmente, por três motivos:

1. Quando há uma erupção vulcânica, uma grande quantidade de aerossóis é lançada na atmosfera.
2. Dependendo da intensidade da erupção vulcânica, os aerossóis emitidos por ela podem atingir a estratosfera e, como praticamente não há troca de ar entre a troposfera e a estratosfera, estes aerossóis podem ficar nesta camada da Atmosfera por até dois anos, aproximadamente, fazendo com que chegue menos radiação solar à superfície, influenciando, assim, no balanço de energia do Sistema Terra-Atmosfera. Como consequência, pode haver um resfriamento temporário do planeta.
3. Os vulcões emitem, na atmosfera, dióxido de enxofre, que vai reagir com o vapor d'água, formando o ácido sulfúrico e desencadeando a chamada chuva ácida.

Vejamos o exemplo do vulcão Pinatubo, nas Filipinas, que entrou em erupção em julho de 1991, lançando na atmosfera cerca de 20 megatoneladas de ácido sulfúrico. Suas cinzas atingiram a estratosfera e se espalharam por todo o globo, bloqueando parte da radiação solar. Com isso, dependendo da região, a **profundidade óptica da atmosfera** aumentou até cem vezes em relação aos níveis normais medidos antes da erupção.



### **Profundidade óptica da atmosfera:**

medida da quantidade de luz que é filtrada pela presença de partículas numa coluna atmosférica, com um determinado valor médio global. Nos dias de hoje, essa média é de  $0,07 \text{ g/cm}^2$  de aerossóis. Nas décadas de 1920-1950, por exemplo, quando a atmosfera terrestre esteve bem mais limpa do que hoje, por causa da baixa atividade vulcânica, este índice era de  $0,04 \text{ g/cm}^2$  de aerossóis.

O bloqueio parcial da entrada de radiação solar, com a nuvem de poeira proveniente da erupção, fez com que a temperatura terrestre diminuísse. Durante os 15 meses seguintes, foi observada uma diminuição da temperatura média global em cerca de  $0,6^{\circ}\text{C}$ . Outras erupções vulcânicas, como a do El Chichón, no México, em 1982, e a do Tambora, na Indonésia, em 1815, lançaram cerca de 7 mil e 175 mil megatoneladas de ácido sulfúrico na atmosfera, respectivamente.



Figura 2.9. A erupção do vulcão Pinatubo é um exemplo de como as erupções vulcânicas podem interferir na composição atmosférica, afetando a temperatura do planeta.

Dave Harlow/United States Geological Survey. <http://www.wikipedia.org/>

Saiba mais...



## Os aerossóis e o 11 de setembro

Há estudos científicos que se detêm a relacionar a intensificação do efeito estufa com os gases emitidos pela atividade do transporte aéreo. Mas, e os aerossóis deixados no céu depois da passagem de um avião? Também não teriam influência na temperatura atmosférica?

Estudo de pesquisadores das Universidades do Wiscosin e da Pensilvânia, Estados Unidos, sobre o efeito da interrupção da circulação de aviões logo depois dos atentados de 11 de setembro de 2001, em Nova York, mostrou que a diferença entre a temperatura mínima e a máxima, durante o dia, aumentou  $1,1^{\circ}\text{C}$  acima do normal nos três dias subseqüentes ao choque das aeronaves com o World Trade Center.

Analisando os dados coletados por estações climáticas de todo o país, no período de 1971 a 2000, eles concluíram que o aumento da amplitude térmica em Nova York, de 11 a 14 de setembro, foi o maior dos últimos 30 anos.

A conclusão, publicada na revista científica *Nature*, é de que a proibição temporária para o tráfego aéreo depois do ato terrorista que derrubou as Torres Gêmeas, fez com que diminuísse a quantidade de aerossóis comumente registrados ali com a circulação de aviões. Com isso, a radiação solar encontrou caminho mais fácil para aquecer a superfície.

## EL NIÑO, LA NIÑA E AS ÁGUAS DO PACÍFICO

Fenômenos climáticos naturais podem induzir mudanças climáticas locais, por exemplo, pela simples modificação das paisagens. A partir de agora, vamos abordar dois fenômenos que têm efeitos na condição do clima e que estão relacionados à temperatura das águas do Oceano Pacífico. São eles *El Niño* e *La Niña*.

O primeiro é assim chamado numa referência dos pescadores peruanos ao menino Jesus, expressão que, em espanhol, é traduzida por *El Niño*. É um fenômeno oceanográfico e atmosférico, caracterizado pelo aquecimento anormal das águas do Oceano Pacífico ao longo do equador, desde o Pacífico Central até a costa oeste da América do Sul.

O El Niño é tido pelos meteorologistas como o segundo fenômeno climático-atmosférico mais importante da Terra, depois da mudança das estações. Já o La Niña é tido como o oposto do El Niño, por se caracterizar pelo resfriamento anômalo das águas superficiais do Pacífico.



A maior intensidade do *El Niño* se dá no início do verão no Hemisfério Sul, em intervalos que variam de dois a sete anos, e sua duração é de um ano a um ano e meio, em média. Agora, vamos imaginar que estamos sob a influência de um episódio de *El Niño*. O fenômeno pode induzir

secas severas em regiões de florestas tropicais, como no norte e no leste da Amazônia. Dependendo da intensidade da seca, a floresta pode se tornar ainda mais seca, facilitando a ocorrência de queimadas, que podem destruir centenas de milhares de hectares de floresta nativa.

### Compreendendo melhor o *El Niño*

*El Niño* é o aquecimento anormal das águas do Oceano Pacífico Equatorial. *El Niño* pode ser chamado, também, de Episódio Quente no Pacífico. Na verdade, é a combinação



entre o aquecimento anormal do Oceano Pacífico e o enfraquecimento dos ventos alísios, que sopram de leste para oeste, na região equatorial. Com essa combinação, começam a ser observadas mudanças na circulação da atmosfera, ocasionando fenômenos como secas e enchentes em várias partes do globo.

A Figura 2.10 mostra a anomalia da temperatura do mar provocada pelo *El Niño* no episódio ocorrido em 1997/1998. Os tons avermelhados indicam regiões em que a temperatura ficou acima da média climatológica. Repare que, na Linha do Equador, na região do Pacífico Central e Oriental, estão as temperaturas mais altas.

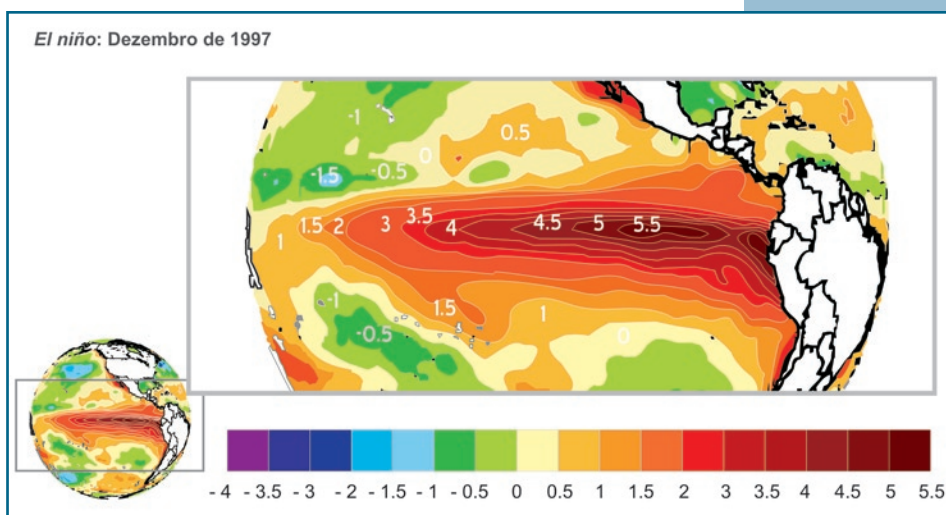


Figura 2.10. Anomalia da temperatura da superfície do mar em dezembro de 1997.

Os meteorologistas têm estudado o *El Niño* para prever sua ocorrência e sua intensidade. No entanto, o fenômeno é de difícil previsão. Modernas técnicas de sensoriamento remoto, com uso de satélites, têm permitido monitorar detalhadamente seus efeitos. Em períodos de *El Niño*, registra-se calor excessivo no norte dos Estados Unidos, seca intensa no nordeste do Brasil, chuvas fortes no sul do Brasil, ausência de peixes nas costas do Peru e do Chile, secas na Austrália etc. A intensidade dessas ocorrências é variável.

Os principais impactos do *El Niño* no mundo são apresentados na Figura 2.11, que comprova como seus efeitos são variáveis.

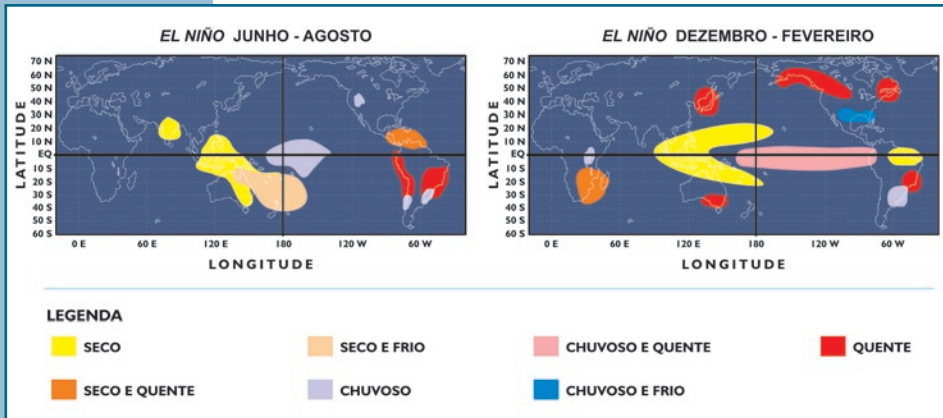


Figura 2.11. Principais impactos do fenômeno *El Niño* em todo o globo.

## Principais efeitos do *El Niño* no País

De um extremo a outro, podem ocorrer no Brasil secas intensas e, até mesmo, chuvas abundantes nos períodos de ocorrência do *El Niño*. Em 1983, por exemplo, considerado um dos episódios do *El Niño* mais fortes do século, as chuvas provocadas pelo fenômeno, na Região Sul, ocasionaram enchentes em vários municípios.

A cidade de Blumenau, em Santa Catarina, foi uma das mais castigadas. A enchente durou 31 dias. O rio Itajaí-Açu começou a subir no dia 5 de julho daquele ano e atingiu 15 metros acima de seu nível, deixando 30% das casas debaixo d'água e 50 mil pessoas desalojadas. Mais de 70% do vale ficou submerso. Os danos materiais foram estimados em US\$ 1,1 bilhão. Surgiu, então, a Oktoberfest, que angariou fundos que ajudaram na reconstrução da cidade de Blumenau.

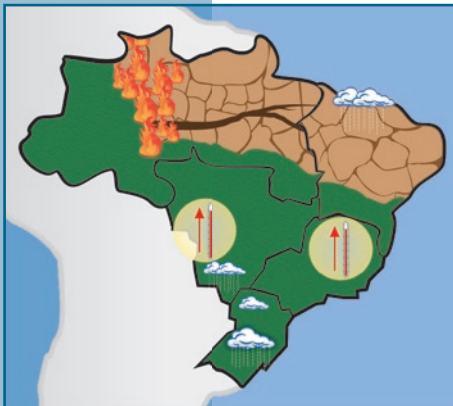


Figura 2.12. Veja que o fenômeno do *El Niño* pode provocar os efeitos mais variados nas regiões do Brasil.

## La Niña: um fenômeno oposto?

*La Niña* é o nome dado ao resfriamento das águas do Oceano Pacífico Equatorial. Na América do Sul, seus efeitos são exatamente opostos aos do *El Niño*, mas, em diversas partes do globo, isso não acontece. A Figura 2.13 mostra que a temperatura da superfície do mar, em dezembro de 1988, na ocorrência de um episódio *La Niña*, registraram-se anomalias menores que  $-1^{\circ}\text{C}$ .

Em geral, os episódios do *La Niña* têm frequência de 2 a 7 anos e têm períodos de aproximadamente 9 a 12 meses.

Outro ponto a se destacar é que os valores das anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) em anos de *La Niña* têm desvios menores que em anos de *El Niño*. Ou seja: enquanto observam-se anomalias de até  $4^{\circ}\text{C}$ ,  $5^{\circ}\text{C}$  acima da média em alguns anos de *El Niño*, em anos de *La Niña*, as maiores anomalias observadas não chegam a  $4^{\circ}\text{C}$  abaixo da média.

Na Figura 2.14 é possível verificar os efeitos do *La Niña* em todo o globo e comparar com os efeitos provocados pelo *El Niño* mostrados em figura anterior.

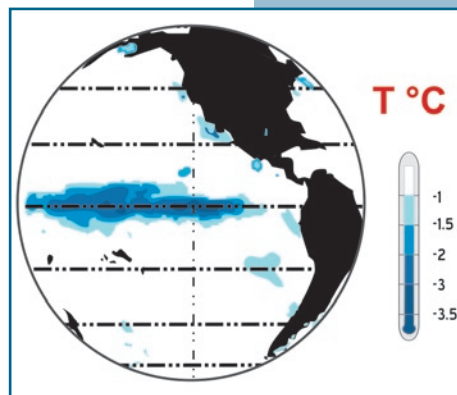


Figura 2.13. Anomalia de temperatura da superfície do mar em dezembro de 1988.

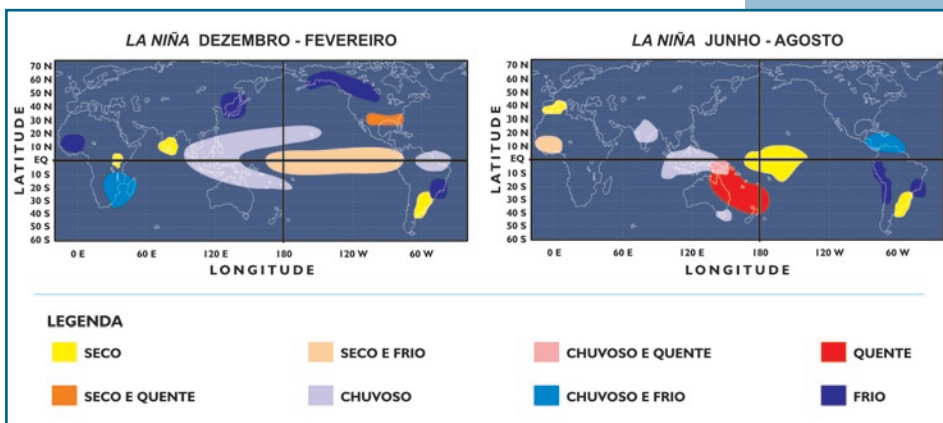


Figura 2.14. Principais impactos do fenômeno *La Niña* em todo o globo.

Adaptada por Heluiza Bragança (AEB/Programa AEB Escola). <http://www.cptec.inpe.br/>

Adaptada por Rogério Castro (AEB/Programa AEB Escola). <http://enos.cptec.inpe.br/>



Figura 2.15. *La Niña*: as chuvas no Brasil se intensificam em várias regiões nos períodos em que ocorre o fenômeno.

## Principais efeitos do *La Niña* no País

O fenômeno *La Niña*, como o *El Niño*, também pode provocar aumento no volume de chuvas em alguns pontos do País. No entanto, na Região Sul, a tendência é de diminuição na precipitação, de junho até fevereiro. O detalhamento dos efeitos do fenômeno no Brasil pode ser visto na Figura 2.15.

Saiba mais...



### Poderíamos viver uma situação de *El Niño* quase permanente?

Estudos feitos usando modelos que simulam o comportamento dos oceanos e da atmosfera, chamados modelos climáticos, mostram um aumento da temperatura da superfície do mar no Oceano Pacífico Equatorial durante o século 21, o que sugere uma situação futura de *El Niño* quase permanente. As causas deste aumento da temperatura do Pacífico Equatorial não são totalmente conhecidas e há incertezas nas projeções. Apesar disso, os modelos climáticos são úteis por indicarem uma tendência.

O recado está dado: se persistirem as tendências atuais, teremos que conviver permanentemente com fenômenos de impacto significativo sobre o clima do planeta, num contexto no qual nosso país está plenamente inserido. Considere uma situação duradoura de um fenômeno como o *El Niño* e imagine as profundas alterações de toda ordem que isso acarretaria. Como qualquer tema ligado às mudanças climáticas, este também revela facetas preocupantes.

## CONCLUINDO

Temos que conhecer os processos naturais que envolvem os fenômenos climáticos para entender e estudar a influência

das atividades humanas no aquecimento global. Estudar a formação da Terra é fundamental para isso: afinal, ajuda-nos a entender como fatores geológicos, sua posição no Sistema Solar, além de fenômenos climáticos naturais, como *El Niño* e *La Niña*, ocasionam as mudanças climáticas naturais.

Nesse cenário, percebe-se, com clareza, que ter conhecimento das alternâncias de períodos quentes e frios na Terra é necessário para entender o panorama climático atual. Os diversos estudos científicos publicados, principalmente ao longo do século 21, têm ajudado os meteorologistas, atualmente, a prever e a entender as oscilações do clima, por que elas ocorrem e com que periodicidade.

A presença de aerossóis, e não só de gases de efeito estufa, impacta o clima. A Terra não é estática – e essa conclusão não se atém somente ao seu período de formação que levou aos continentes como conhecemos hoje –, mas está em constante transformação. E as condições climáticas têm relação com processos decorrentes dessa transformação, como as erupções vulcânicas, por exemplo. Afinal, quando os vulcões entram em erupção, podem modificar substancialmente a composição de aerossóis presentes na atmosfera.

Além disso, o planeta passa por mudanças climáticas na ocorrência de fenômenos naturais como *El Niño* e *La Niña*. Todos esses fatores precisam ser conhecidos e devidamente estudados não só para efeito de previsão do tempo, mas, especialmente, para o entendimento das mudanças climáticas naturais e, conseqüentemente, para que, à luz do conhecimento, possamos saber exatamente onde está o impacto da ação do ser humano e separar seus efeitos nas mudanças do clima.



## LEITURA COMPLEMENTAR

### O QUE DIZ A CIÊNCIA SOBRE A EVOLUÇÃO DA TERRA

As idéias científicas sobre a evolução da Terra começaram a surgir há uns 400 anos, mas até o início do século passado ainda não havia consenso na comunidade científica sobre a explicação de que a Terra teria sido uma massa continental só em eras passadas e que, depois, essa massa teria dado origem aos continentes como hoje conhecemos.

Os cartógrafos europeus foram os primeiros a apresentar a suposição de que os continentes estiveram unidos, pela similaridade do contorno das Américas, dedução que ficou mais clara depois das viagens de Colombo e Cabral que resultaram na descoberta do Novo Mundo. A teoria foi apresentada, pela primeira vez, no século 16 e, depois disso, vários estudiosos a investigaram até chegar à teoria hoje aceita.

Foi o alemão Alfred Wegener (1880-1930) que, pela primeira vez, propôs a idéia da deriva continental, com base na forma dos continentes. Em 1912, ele publicou seu primeiro trabalho sobre a deriva dos continentes, propondo que, há cerca de 200 milhões de anos, todas as massas emersas de terra estariam reunidas em um único supercontinente chamado de Pangéia, envolto por um mar universal chamado de Pantalassa.

A diferença entre o trabalho de Wegener e outros até então realizados consiste no fato de que sua teoria é consubstanciada em argumentos sólidos e em dados levantados por diversas áreas do conhecimento científico: geografia, geologia, biologia e climatologia.

**Alfred Lothar Wegener** (1880-1930), meteorologista e geofísico. Participou, como meteorologista, das expedições polares dinamarquesas na Groenlândia. Em 1915, expôs a sua teoria da “deriva dos continentes”, reafirmada 50 anos depois pela teoria da tectônica das placas.

## Uma massa de terra única

Evidências paleológicas comprovavam que a Terra possuía um continente só. Wegener relatou a ocorrência, nos continentes atuais, de fósseis comuns de espécies vegetais e animais, coletados em diversas partes do mundo, inclusive no Brasil.

Wegener mostrou também evidências geológicas que comprovavam a teoria. Ele argumentou, por exemplo, que algumas cadeias montanhosas que se encontravam brusca-mente interrompidas – caso de cadeias na Argentina e África do Sul – adquiriam perfeita continuidade quando se junta-vam à América e à África.

Entretanto, o argumento geológico mais forte está relaciona-do com o empilhamento **estratigráfico** de rochas, que ocor-re no nordeste da Índia, na região Antártica, no sudeste da América do Sul, no leste da África e na Austrália. São rochas com idades variando entre 300 milhões e 135 milhões de anos de idade. Esta sucessão de rochas é resultante dos mesmos processos tectônicos e deposicionais, mas elas estão distri-buídas em diferentes áreas, o que reforça a idéia da junção dos continentes no Hemisfério Sul em épocas anteriores a 135 milhões de anos atrás.



Figura 2.16. Pangéia e Pantalassa: configuração dos continentes e oceanos há cerca de 200 milhões de anos.



### **Estratigráfico:**

vem de estratigra-fia, que é o estudo da sucessão das cama-das, ou estratos, que aparecem num corte geológico. A paleontologia fornece muitos subsídios à estratigra-fia, não só relativas como absolutas. O estudo estratigráfico deve ser aliado ao paleontológico, pois nas regiões falhadas e dobradas é muito in-certo datar os dobra-mentos e as camadas sem uma boa base paleontológica.

Wegener, todavia, acreditava que a força para impulsionar a movimentação dos continentes seria derivada das marés e da própria rotação da Terra. Faltava uma explicação sobre que tipo de força seria capaz de mover tão grandes massas como os continentes a distâncias tão grandes. Por isso, a teoria, quando proposta, sofreu forte oposição dos principais cientistas. Durante alguns anos, a teoria apresentada por Wegener chegou a cair no esquecimento.

### ***Finalmente, um consenso***

Nos anos 60, estudos nesse sentido foram retomados e ganharam força. A grande evolução científica do período trouxe novas informações, em especial nos campos da geologia e da geofísica marinha. Isso propiciou, por exemplo, um melhor conhecimento do fundo dos oceanos e uma maior precisão na indicação de regiões passíveis de ocorrência de terremotos. Por consequência, em 1967 e 1968, com os trabalhos de J. Morgan, X. Le Pichon e D. McKenzie, surgiu a teoria da Tectônica de Placas.

Essa teoria é hoje aceita praticamente em todo o mundo, pelos cientistas, para explicar o fenômeno da deriva dos continentes, por ter sido detectada, pela primeira vez, a expansão dos fundos oceânicos. A teoria da Tectônica de Placas postula que:

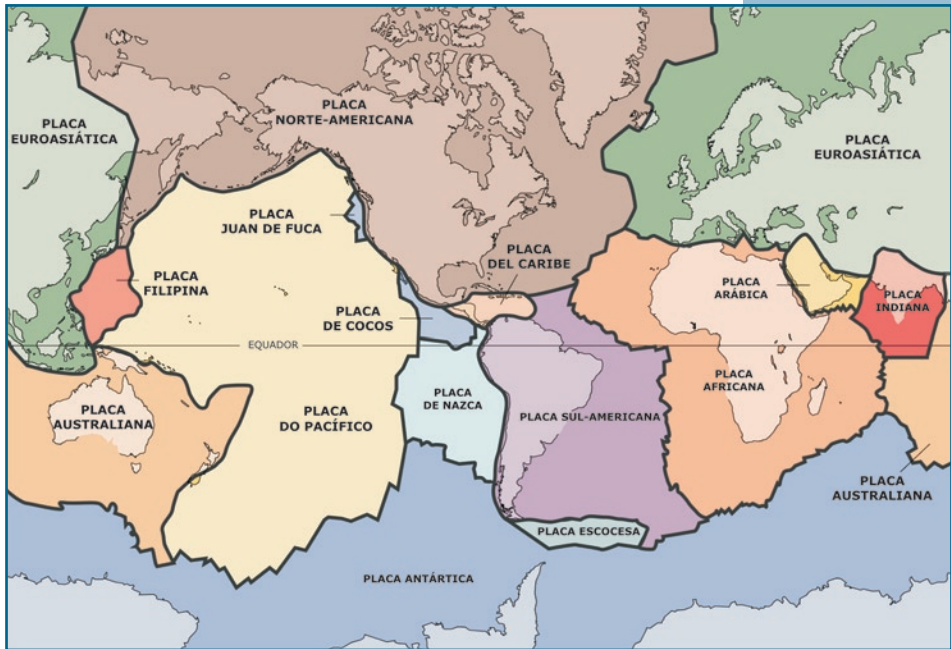
- a. toda a crosta, camada terrestre que tem cerca de 40 km de espessura, e a parte superior do manto terrestre, até cerca de 100 km de profundidade, estão quebradas em um determinado número de placas rígidas. Essas placas se deslocam com movimentos horizontais, que podem ser representados como rotações em relação ao eixo que passa pelo centro da Terra;
- b. as placas se deslocam, deslizam ou colidem umas contra as outras a uma velocidade de 1 cm a 20 cm/ano;
- c. a dissipação de calor a partir do manto gere a energia necessária para produzir o movimento das placas. Estudos do interior da Terra mostraram que houve períodos de rápidas **convecções** do manto, que teriam levado os continentes a se subdividir.



#### **Convecção:**

transferência de calor pelo movimento de um fluido, como ar ou água, no sentido vertical ou diferente daquele predominante. A convecção natural ocorre por uma diferença de densidade causada por uma diferença de temperatura.





Adaptada por Rogério Castro (AEB/Programa AEB Escola).  
United States Geological Survey (USGS). [www.usgs.gov/](http://www.usgs.gov/)

Figura 2.17. Configuração atual das principais placas tectônicas que formam a Terra.

Inspirados na idéia de Wegener, muitos outros geocientistas aprimoraram a reconstituição do movimento dos continentes, que teria ocorrido na seguinte seqüência:

1. Num tempo anterior a 300 milhões de anos, havia formas continentais em movimento que não são exatamente conhecidas.
2. Depois, entre 300 milhões e 225 milhões de anos atrás, forma-se a Pangéia, continente cercado por um só oceano chamado de Pantalassa.
3. Entre 200 milhões e 180 milhões de anos atrás, houve a separação da Pangéia em dois blocos: Gondwana e Laurásia. Depois, o Gondwana rompeu-se em dois sub-blocos: um deles, o sub-bloco 1, compreendia o que hoje é a África e a América do Sul e o outro, o sub-bloco 2, compreendia a Antártica, a Índia e a Austrália. Nesse intervalo, registrou-se o avanço do Mar de Tétis entre os blocos subdivididos.

4. Há 135 milhões de anos, começou o rompimento do sub-bloco 1, separando a América do Sul da África, e a separação da Índia do sub-bloco 2.
5. Por último, de 65 milhões de anos atrás até os dias de hoje, constata-se um movimento de rotação da África para o norte, indo de encontro à Eurásia: choque da Índia com a Ásia; separação da América do Norte da Eurásia; separação da Austrália da Antártica.

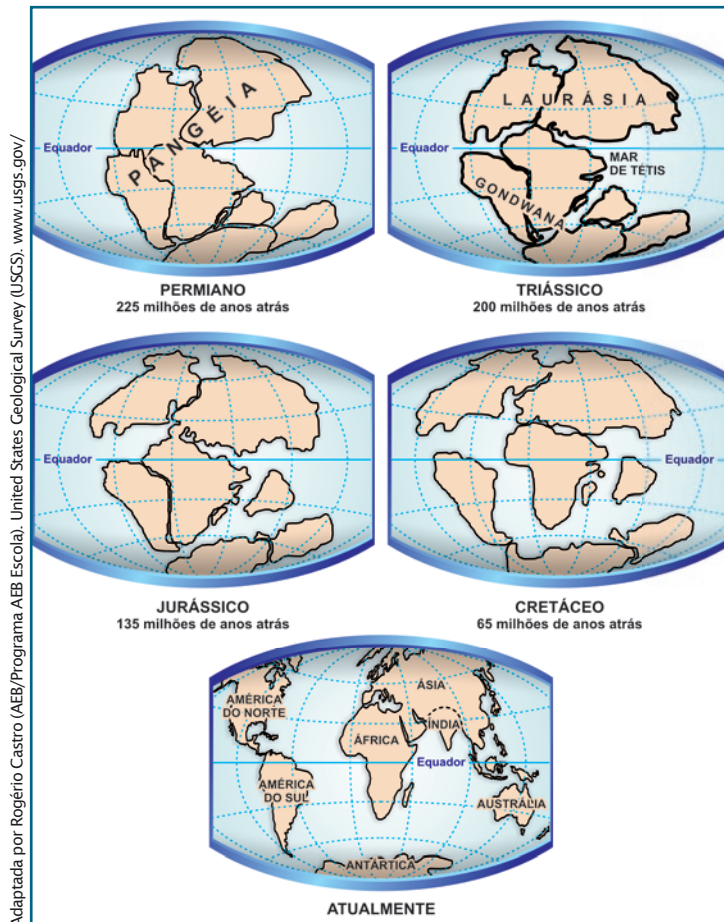
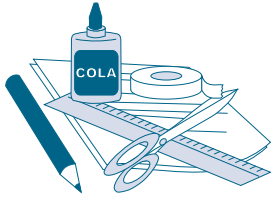


Figura 2.18. Reconstituição do movimento dos continentes até a configuração atual.



## ATIVIDADES

### A TERRA EM MOVIMENTO

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

#### Apresentação

Os climas estão constantemente mudando. Isso acontece, em parte, porque os continentes estão constantemente se movendo, lentamente, causando também mudanças na forma e no tamanho dos oceanos.

Existem inúmeras e diferentes pistas que nos mostram a maneira como o clima tem mudado. O carvão mineral existe apenas onde um dia houve um pântano tropical. No entanto, o carvão mineral é encontrado em diferentes partes do planeta. Existe carvão mineral até na Antártica, o que indica que o clima na Antártica já foi tropical um dia.

O tamanho das montanhas do Himalaia está aumentando porque a Índia está sendo empurrada para dentro da Ásia, forçando as rochas que foram formadas no fundo do oceano a se elevarem a grandes altitudes.

O Mediterrâneo foi tudo o que restou de um antigo oceano chamado “Tetis”. Durante a idade do gelo, quando o nível do mar diminuiu, ele foi reduzido a uma cadeia de lagos.

Os cientistas que investigam os climas do passado são chamados de “paleoclimatologistas”. As suas descobertas nos ajudam a entender a maneira como a atmosfera trabalha e, também, a prever melhor as mudanças do clima no futuro.

## Objetivo

Entender os processos de movimentação da crosta terrestre que provocaram alterações climáticas ao longo da história do nosso planeta.

## Sugestão de problematização

Por que os continentes, como a Antártica, já tiveram um clima bem diferente? Como aconteceu a movimentação dos continentes sobre a crosta terrestre?

## Materiais



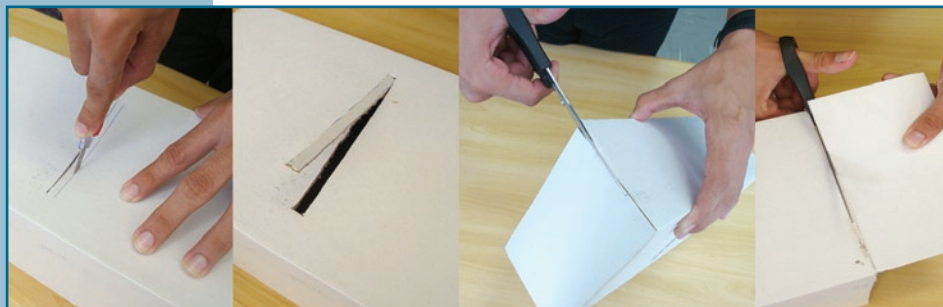
Acervo AEB.

Figura 2.19. Materiais.

- Folha de papel colorida (azul, verde, marrom)
- Massa de modelar
- 1 tesoura
- 1 caixa de papelão (pode ser caixa de sapato)
- 1 estilete
- 1 caneta

## Procedimentos

1. Corte uma abertura no meio do fundo da caixa de papelão, conforme ilustrado na Figura 2.20, e recorte duas laterais paralelas da caixa.



Acervo AEB.

Figura 2.20A, B, C e D. Demonstração do procedimento 1.

2. Corte duas folhas de papel com a largura da abertura feita na caixa de papelão. Essas metades de papel serão as placas tectônicas empurrando os continentes.

3. Insira as duas extremidades das folhas na abertura no fundo da caixa. Escolha dois rolos de massa de modelar e coloque-os sobre as folhas. Eles vão ser pesos, representando continentes. Segure com a mão essas duas extremidades e faça movimentos de puxar e empurrar para ver como se movimentam as “placas tectônicas” e os “continentes”.

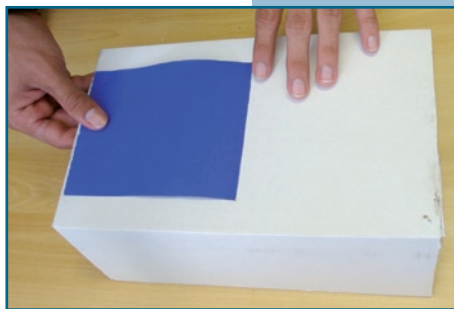


Figura 2.21. Demonstração do procedimento 2.

Acervo AEB.

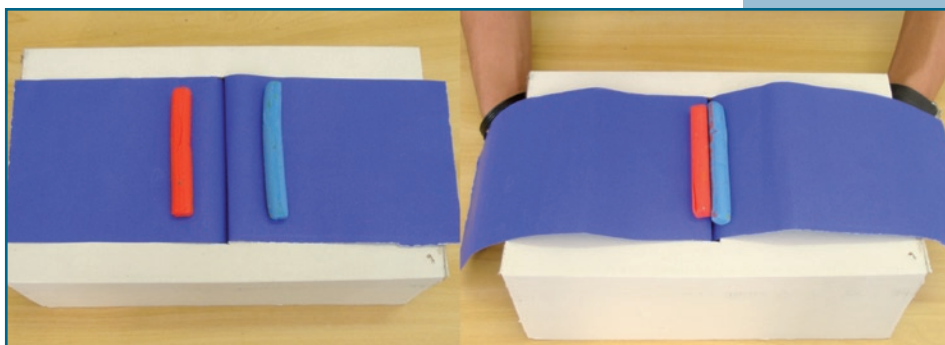


Figura 2.22A e B. Demonstração do procedimento 3.

Acervo AEB.

## Orientações complementares

A crosta terrestre é feita de pedaços de rocha, chamados placas tectônicas, as quais se movem umas em relação às outras. Há sete grandes placas tectônicas, incluindo a Norte-Americana, a Africana e a Eurasiana, além de várias outras placas tectônicas menores, como as placas tectônicas Caribenha e Arábica. Onde as placas tectônicas se afastam, novas rochas surgem do interior da crosta.

Nas regiões onde duas placas tectônicas colidem, uma delas afunda por baixo da outra, de volta para o manto da Terra.

Algumas placas tectônicas se movem lado a lado, mas em direções diferentes, ao longo de falhas.

Você pode mostrar como esse movimento de placas tectônicas tanto movimentam os continentes como cria material vindo de baixo da superfície para formar uma nova crosta.

## **Possíveis desdobramentos**

Explore outros fenômenos que são consequência da movimentação das placas tectônicas, como terremotos, vulcanismos, magmatismo etc.

Monte um quebra-cabeças com mapas do planeta ao longo do tempo, de modo a demonstrar a movimentação das placas tectônicas.

**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.

## EIXO DE ROTAÇÃO DA TERRA

Giovanni Dolif Neto (Inpe), João Batista Garcia Canalle (UERJ) e Maria Emília Mello Gomes (AEB/Programa AEB Escola).

### Apresentação

A Terra gira no seu próprio eixo, completando uma revolução (volta em torno do eixo) a cada 24 horas. Dia e noite se movem sobre a Terra à medida que ela gira.

Nosso planeta também gira em torno do Sol e leva um ano para completar essa órbita (volta em torno do Sol). A razão pela qual existem diferentes estações no ano é que o eixo de rotação da Terra é inclinado em relação à perpendicular ao plano da órbita. Isso significa que, enquanto a Terra segue sua órbita em torno do Sol, primeiro, um dos hemisférios do nosso planeta recebe mais luz do que o outro, e o Sol parece se mover na direção norte-sul ao longo do ano.

No hemisfério que recebe mais luz e, portanto, também recebe maior insolação, a estação é o verão. Por outro lado, nesse mesmo período será inverno no outro hemisfério, pois este estará recebendo a menor quantidade de luz (insolação) do ano. Nessa “migração norte-sul do Sol”, num determinado dia ele passa a pino por cima da Linha do Equador. Esse dia é chamado de equinócio.

Ocorrem dois equinócios por ano, aproximadamente em torno de 21 de março e 21 de setembro. Quando o equinócio acontece, tem início a primavera no hemisfério que estava no inverno e tem início o outono no hemisfério que estava no verão.

Quando o Sol atinge o ponto máximo de sua migração norte-sul, ele estará exatamente sobre o Trópico de Capricórnio

(Hemisfério Sul) ou sobre o Trópico de Câncer (Hemisfério Norte). Esse dia tem o nome de solstício. O solstício caracteriza o início do inverno quando o Sol está sobre o trópico do hemisfério oposto e caracteriza o início do verão no hemisfério cujo trópico está recebendo diretamente a luz do Sol.

## Objetivos

1. Entender por que acontecem as mudanças de estações ao longo do ano.
2. Perceber a importância da inclinação do eixo de rotação da Terra para o clima.

## Sugestão de problematização

Por que existem diferentes estações ao longo do ano? Por que as regiões polares têm seis meses de dia e seis meses de noite? Qual a influência da inclinação do eixo de rotação do nosso planeta no clima? Qual a influência da inclinação do eixo de rotação do nosso planeta nas estações do ano?

## Materiais



Acervo AEB.

Figura 2.23. Materiais.

- Massa de modelar: 2 brancas e 1 de outra cor
- 1 palito de madeira
- 1 lanterna
- 1 copo

## Procedimentos



Acervo AEB.

Figura 2.24. Demonstração do procedimento 1.

1. Com a massa de modelar branca, faça uma bola de 35 mm de diâmetro, a qual representará a Terra.
2. Com a massa de modelar de outra cor, faça um rolo fino e prenda na bola branca, circundando-a,



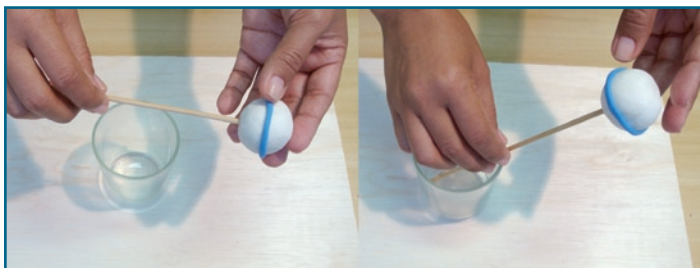
de modo que a divida ao meio. Esta linha representa o Equador terrestre.



Acervo AEB.

Figura 2.25A, B, e C. Demonstração do procedimento 2.

3. Coloque o palito no centro da parte superior da bola, mas de forma que fique perpendicular ao “plano do Equador”, afinal o palito representa o eixo de rotação da terra.
4. Coloque o palito em uma superfície de forma inclinada, de maneira que seja possível girá-lo e que o palito fique inclinado. Uma solução é colocar o palito dentro de um copo.



Acervo AEB.

Figuras 2.26. Demonstração dos procedimentos 3 e 4.

5. Posicione a lanterna de modo que ilumine lateralmente a bola, sendo que a inclinação do palito deve ficar na direção da lanterna. Apague as luzes. Gire o palito de forma que a parte superior da bola fique primeiro sob a luz, depois na sombra.

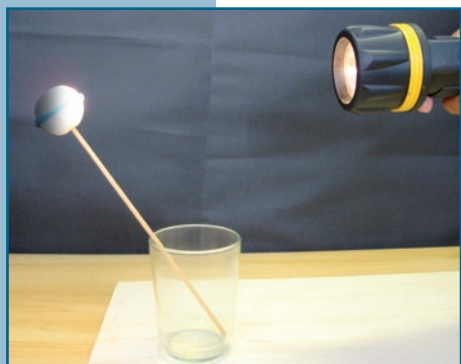
A sombra vai representar a noite e a luz representará o dia. Perceba como a parte inferior da bola (Hemisfério Sul) nunca recebe luz e a parte superior da bola (Hemisfério Norte) está sempre com luz. Isso



Acervo AEB.

Figura 2.27. Demonstração do procedimento 5.

significa que é verão no Hemisfério Norte e inverno no Hemisfério Sul.



Acervo AEB.

Figura 2.28. Demonstração do procedimento 6.

6. Seis meses depois a terra vai estar numa posição diametralmente oposta e você verá que o Hemisfério Sul da bola estará mais iluminado do que o Hemisfério Norte. É esta a posição da Terra com relação ao Sol, quando é inverno no Hemisfério Norte e verão no Hemisfério Sul. Na figura para ilustrar este fato, mudamos a direção da inclinação do palito, porém este tem sempre a mesma dire-

ção ao longo de todo o ano.

## Orientações complementares

A Terra recebe a mesma quantidade de calor e luz do Sol em cada dia do ano, mas eles não são distribuídos uniformemente. Quando o Sol está alto no céu, no lugar onde você mora, ele brilha mais intensamente na superfície, fazendo a temperatura ficar mais alta. Quando o Sol está baixo no céu, no lugar onde você vive, a mesma quantidade de luz, chamada também de insolação, é distribuída numa área bem maior e, portanto, a temperatura é menor. Isso acontece ao longo do ano, caracterizando as estações.

Por outro lado, o número de horas de luz do dia é o mesmo em todos os dias do ano apenas sobre a Linha do Equador. À medida que nos afastamos do Equador em direção aos pólos, a diferença de duração do dia e da noite ao longo do ano é maior. Nos pólos, o dia dura seis meses e a noite, os outros seis meses do ano. Essas variações na duração do dia e da noite ao longo do ano se devem à inclinação do eixo de rotação da Terra.

Nos equinócios, o dia e a noite possuem a mesma duração, enquanto nos solstícios têm os extremos de noite mais longa e dia mais longo do ano.

Na cidade de São Paulo, por exemplo, o dia com o maior número de horas de luz acontece aproximadamente em 21 de dezembro, quando ocorre o solstício de verão. Conseqüentemente, seis meses depois, acontece o dia com o menor número de horas de luz por volta do dia 21 de junho, sendo este o solstício de inverno. Entre um solstício e outro, a duração do dia e da noite varia cerca de 1 minuto por dia na cidade de São Paulo e também ao longo de toda a linha de latitude igual à da cidade de São Paulo (Latitude  $-23^{\circ} 32' e 51''$ ).

## **Possíveis desdobramentos**

Pesquise a influência das estações na produção de alimentos no Brasil por região e o impacto disso na economia e nos hábitos das populações dessas regiões.

Estude como as estações influenciam o ritmo de vida dos animais e das plantas nos dois hemisférios.

## FAZENDO SEU PRÓPRIO *EL NIÑO*

Gilvan Sampaio de Oliveira (Inpe), Giovanni Dolif Neto (Inpe), Maria Emília Mello Gomes (AEB/Programa AEB Escola), Lana Nárcia Leite da Silveira (EEB) e Claudete Nogueira da Silva (AEB/Programa AEB Escola).

### Apresentação

Um componente do sistema climático da Terra é representado pela interação entre a superfície dos oceanos e a baixa atmosfera adjacente a ela. Os processos de troca de energia e umidade entre elas determinam o comportamento do clima e alterações destes processos podem afetar o clima regional e global.

O *El Niño* representa o aquecimento anormal das águas superficiais e subsuperficiais do Oceano Pacífico Equatorial. A palavra *El Niño* é derivada do espanhol e refere-se à presença de águas quentes que aparecem na costa norte do Peru na época de Natal, com frequência de 2 a 7 anos. Os pescadores do Peru e do Equador chamaram esta presença de águas mais quentes de *Corriente El Niño* em referência ao *Niño Jesus* ou Menino Jesus.

Na atualidade, as anomalias do sistema climático que são mundialmente conhecidas como *El Niño* e *La Niña* representam uma alteração do Sistema Oceano-Atmosfera no Oceano Pacífico tropical, e têm conseqüências no tempo, no clima e no planeta. Nesta definição, considera-se não somente a presença das águas quentes da *Corriente El Niño*, mas também as mudanças na atmosfera próxima à superfície do oceano, com o enfraquecimento dos ventos alísios (que sopram de leste para oeste) na região equatorial.

Com o aquecimento do oceano e com o enfraquecimento dos ventos, começam a ser observadas mudanças da circulação da

atmosfera nos níveis baixos e altos, determinando mudanças nos padrões de transporte de umidade e, portanto, variações na distribuição das chuvas em regiões tropicais e de latitudes médias e altas. Em algumas regiões do globo também é observado aumento, ou queda, de temperatura.

Nesta oficina, simularemos o que acontece com a atmosfera quando a água começa a ser aquecida no Oceano Pacífico. Essa mudança gera uma circulação totalmente diferenciada na atmosfera com grandes transtornos e modificações no clima em vários pontos do planeta.

## Objetivo

Mostrar os efeitos do fenômeno por meio de simulação.

## Sugestão de problematização

Normalmente os ventos sopram de leste para oeste através do Oceano e, assim, as águas mais quentes deslocam-se nesse sentido. O que acontece durante um fenômeno de *El Niño*? O fluxo permanece o mesmo ou se inverte?

## Materiais

- 1 jarra
- Corante de alimentos vermelho ou de outra cor viva, ou óleo de cozinha
- Água fria e morna da torneira
- Régua
- 1 mergulhão
- Recipiente transparente (aquário de tom claro)

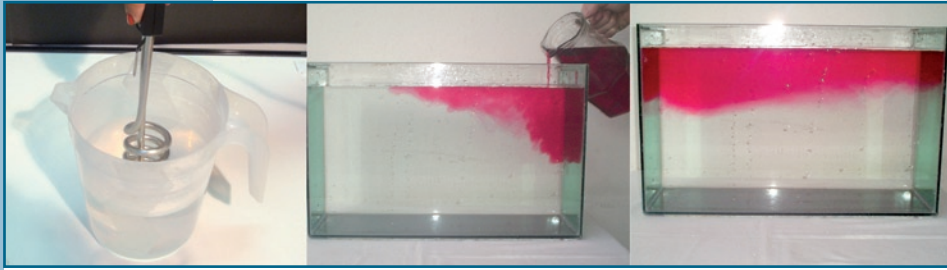


Figura 2.29. Materiais.

## Procedimentos

1. Encha o recipiente com água fria, deixando 10 cm para encher. Coloque na jarra água morna e o corante de alimentos e misture bem.

2. Despeje a mistura no aquário.



Acervo AEB.

Figura 2.30A, B e C. Demonstração dos procedimentos 1 e 2.

3. Use a régua para medir a espessura da camada de água colorida e morna, de uma extremidade a outra do recipiente. A medida deverá ser a mesma nas duas extremidades.



Acervo AEB.

Figura 2.31. Demonstração do procedimento 4.

4. Para mover a água, assope com força a superfície da água em uma extremidade do aquário ou ligue um ventilador. Isso fará com que o corante se espalhe lentamente e chegue até a outra extremidade. Pare de assopear, de modo que a água morna flua de uma extremidade a outra.

## Orientações Complementares

### O que é o El Niño-Oscilação Sul (ENOS)?

Talvez a melhor maneira de se referir ao fenômeno *El Niño* seja pelo uso da terminologia mais técnica, que inclui as características oceânicas-atmosféricas, associadas ao aquecimento anormal do oceano Pacífico Tropical.

O ENOS, ou *El Niño*-Oscilação Sul representa de forma mais genérica um fenômeno de interação atmosfera-oceano, associado a alterações dos padrões normais da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial, entre a Costa Peruana e o Pacífico Oeste, próximo à Austrália.

Além de índices baseados nos valores da temperatura da superfície do mar no Oceano Pacífico Equatorial, o fenômeno ENOS pode ser também quantificado pelo Índice de Oscilação Sul (IOS).

Este índice representa a diferença de pressão ao nível do mar entre o Pacífico Central (Taiti) e o Pacífico Oeste (Darwin/Austrália), e está relacionado com as mudanças na circulação atmosférica nos níveis baixos da atmosfera, consequência do aquecimento/resfriamento das águas superficiais na região. Valores negativos e positivos da IOS são indicadores da ocorrência do *El Niño* e *La Niña* respectivamente.

### **Algumas observações importantes**

Os eventos de *El Niño* e *La Niña* têm uma tendência a se alternar a cada 3-7 anos. Porém, de um evento ao seguinte, o intervalo pode mudar de 1 a 10 anos e suas intensidades podem variar bastante de caso a caso. Os *El Niño* mais intensos desde a existência de “observações” de TSM ocorreram em 1982-83 e 1997-98.

Algumas vezes, os eventos *El Niño* e *La Niña* tendem a ser intercalados por condições normais.

Como funciona a atmosfera durante uma situação normal e durante uma situação de *El Niño*?

*El Niño* resulta de uma interação entre a superfície do mar e a baixa atmosfera sobre o Oceano Pacífico tropical. O início e o fim do *El Niño* são determinados pela dinâmica do Sistema Oceano-Atmosfera, e a explicação física do processo é complicada.

### **Possíveis desdobramentos**

Um outro experimento (tirado do livro *O El Niño e você* – o fenômeno climático, de Gilvan Sampaio de Oliveira) também poderá ser feito para visualizar melhor o que acontece em situações normais e o que ocorre quando há o aquecimento (*El Niño*):

- Imagine uma piscina cheia num dia ensolarado. Não poderá ser uma piscina muito grande;
- Coloque numa das bordas da piscina um grande ventilador, capaz de provocar movimentação da água;
- Ligue o ventilador;
- O vento irá gerar turbulência na água da piscina;
- Com o passar do tempo, você observará um repressamento da água no lado da piscina oposto ao ventilador e até um desnível, ou seja, o nível da água próximo ao ventilador será menor que o do lado oposto a ele, e isto ocorre porque o vento está “empurrando” as águas quentes superficiais para o outro lado, expondo águas mais frias das partes mais profundas da piscina.

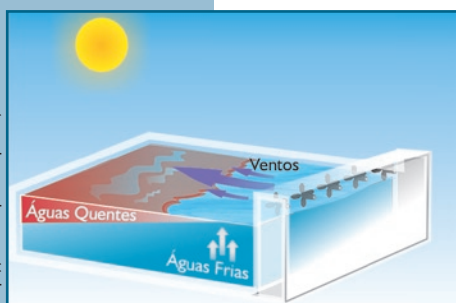


Figura 2.32. Modelo conceitual da célula de circulação de Walker e do padrão de circulação em todo o Pacífico Equatorial em anos normais.

A situação mostrada na Figura 2.32 é exatamente o que ocorre no Oceano Pacífico sem a presença do *El Niño*, ou seja, é esse o padrão de circulação que é observado. O ventilador faz o papel dos ventos alísios e a piscina, do Oceano Pacífico Equatorial.

Águas mais quentes são observadas no Oceano Pacífico Equatorial Oeste. Junto à costa oeste da América do Sul,

as águas do Pacífico são um pouco mais frias. Com isso, no Pacífico Oeste, por causa das águas serem mais quentes, há mais evaporação. Havendo evaporação, há a formação de nuvens numa grande área. Para que haja a formação de nuvens, o ar teve que subir.

O contrário acontece em regiões em que o ar vem dos altos níveis da troposfera (região da atmosfera entre a superfície e cerca de 15 km de altura) para os baixos níveis; raramente há a formação de nuvens de chuva. Mas até onde e para onde vai este ar?



Uma maneira mais simples de explicar isso é imaginar que a atmosfera é compensatória, ou seja, se o ar sobe numa determinada região, deverá descer em outra. Se em baixos níveis da atmosfera (próximo à superfície) os ventos são de oeste para leste, em altos níveis ocorre o contrário, ou seja, os ventos são de leste para oeste. Com isso, o ar que sobe no Pacífico Equatorial Central e Oeste e desce no Pacífico Leste (junto à costa oeste da América do Sul), juntamente com os ventos alísios em baixos níveis da atmosfera (de leste para oeste) e os ventos de oeste para leste em altos níveis da atmosfera, formam o que os meteorologistas chamam de célula de circulação de Walker, nome dado por Sir Gilbert Walker.

A Figura 2.33 mostra a célula de circulação de Walker, bem como o padrão de circulação em todo o Pacífico Equatorial em anos normais, ou seja, sem a presença do fenômeno *El Niño*.

Outro ponto importante é que os ventos alísios, junto à costa da América do Sul, favorecem um mecanismo chamado pelos oceanógrafos de “ressurgência”, que seria o afloramento de águas mais profundas do oceano. Estas águas mais frias têm mais oxigênio dissolvido e vêm carregadas de nutrientes e microrganismos vindos de maiores profundidades do mar, que vão servir de alimento para os peixes daquela região. Não é por acaso que a costa oeste da América do Sul é uma das regiões mais piscosas do mundo. Isso se deve ao fato de existir ali uma rica cadeia alimentar: os pássaros que vivem naquela região se alimentam dos peixes, que por sua vez se alimentam dos microrganismos e nutrientes daquela região.

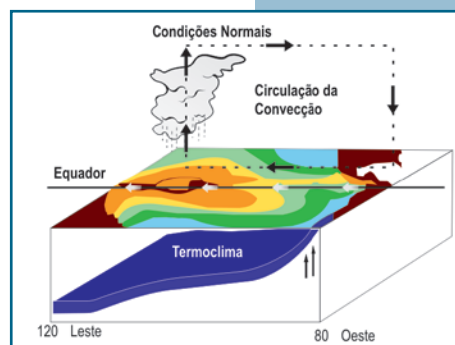


Figura 2.33. Circulação observada no Oceano Pacífico Equatorial em anos sem a presença do *El Niño* ou *La Niña*, ou seja, anos normais. A célula de circulação com movimentos ascendentes no Pacífico Central/Ocidental e movimentos descendentes no oeste da América do Sul e com ventos de leste para oeste próximos à superfície (ventos alísios, setas brancas) e de oeste para leste em altos níveis da troposfera é a chamada célula de Walker. No Oceano Pacífico, pode-se ver a região com águas mais quentes representadas pelas cores avermelhadas, e as mais frias pelas cores azuladas. Pode-se ver também a inclinação da termoclina, mais rasa junto à costa oeste da América do Sul e mais profunda no Pacífico Ocidental.

Dr. Michael McPhaden do Pacific Marine Environmental Laboratory (PMEL)/NOAA, Seattle, Washington, EUA.



André Silva (AEB/Programa AEB Escola),

# capítulo 3

## EVOLUÇÃO DA HUMANIDADE E DO CLIMA

Até bem pouco tempo, as discussões relativas aos danos causados ao meio ambiente devido à ação humana estiveram restritas a um reduzido número de pessoas, em geral, ambientalistas e acadêmicos. Mas, hoje, o que se vê é uma tomada de consciência de dimensões globais sobre a forma como as mudanças ambientais afetam todas as atividades humanas. É inegável que o meio ambiente é vital para a nossa sobrevivência no planeta, porque, afinal, o ambiente onde estamos inseridos interfere no nosso modo de viver, na nossa saúde, na nossa segurança e bem-estar, bem como na nossa qualidade de vida e na existência dos seres vivos.

Ao longo das três últimas décadas, tem-se tornado evidente que as atividades humanas passaram a ameaçar, de forma considerável, o equilíbrio do nosso planeta. Recursos naturais, como a água e o ar, em diversas regiões, encontram-se contaminados. Da mesma forma, vários ecossistemas são destruídos ou estão em avançado processo de devastação. Mais recentemente, ganhou destaque o processo de aquecimento global do planeta, fruto do aumento das concentrações dos **Gases de Efeito Estufa** (GEE) na atmosfera.

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

Já o aquecimento global que se registra nos dias de hoje é entendido como a elevação média da temperatura do ar, atribuída ao aumento da emissão de gases de efeito estufa pelas



### Gases de Efeito

**Estufa:** constituintes da atmosfera, naturais e antrópicos, que absorvem e reemitem radiação infravermelha. Vimos no capítulo I, quando se falou sobre o efeito estufa natural, que, além do  $\text{CO}_2$  e do vapor d'água, outros gases também contribuem para o efeito estufa, tais como o metano ( $\text{CH}_4$ ) e os óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ).

atividades humanas. Isso porque, apesar de o aquecimento global ser um fenômeno natural, a pressão do ser humano sobre a natureza (ações antropogênicas), cada vez maior após a Revolução Industrial, tem contribuído para intensificá-lo.

As emissões dos GEE têm-se elevado crescentemente devido ao aumento de atividades baseadas na queima de combustíveis fósseis, tais como usinas termelétricas, indústrias e veículos. Outras atividades que também emitem GEE são a agricultura, a deposição de lixo em aterros sanitários, o desmatamento e as mudanças dos usos da terra. É a emissão cada vez mais crescente desses gases, pela intensificação dessas atividades, que tem alterado a temperatura atmosférica e oceânica, representando uma ameaça para o clima do planeta.

O tema “mudanças climáticas globais” é complexo e envolve uma enormidade de fatores. Nem poderia ser diferente, em se tratando de um problema que afeta a humanidade como um todo e que tem origem na própria estrutura social e na forma de organização das sociedades. Todo esse contexto é fruto das disputas político-sociais que regem a forma como o ser humano se apropria do meio ambiente como meio de vida. Não é por outro motivo que as mudanças climáticas são consequência de muitos interesses e visões.

Neste capítulo, veremos como se deu a evolução da concentração dos GEE, devido à expansão da produção industrial. Abordaremos, também, o peso das atividades relacionadas à produção e ao uso de energia na intensificação do efeito estufa.

Em função disso, quer pela importância que os recursos energéticos têm no cotidiano da humanidade e no funcionamento das economias dos Estados Nacionais, quer pela sua contribuição ao aquecimento global, torna-se fundamental a compreensão da estrutura e do funcionamento do setor energético.

## **A humanidade muda, o clima muda**

A energia está presente em todas as atividades humanas. É ela que possibilita o movimento dos automóveis, a iluminação das

casas e cidades, o funcionamento da indústria, o aquecimento ou resfriamento artificial dos ambientes, a produção de bens e serviços etc. A energia constitui-se no fator fundamental para a satisfação de quase todas as necessidades do ser humano.

Através dos tempos, o ser humano buscou apropriar-se dos recursos naturais por seu valor de uso, aproveitando os bens fornecidos pela natureza, como forma de garantir sua sobrevivência e seu conforto. Durante muito tempo, as trocas de bens e serviços não tinham valor monetário, nem eram voltadas para o acúmulo.

Depois, veio a sociedade do capital, em que os recursos naturais assumiram a dimensão de valor de troca, um fator de produção do capital e, portanto, de mercadoria. No processo contínuo de transformações da sociedade, o ser humano vem submetendo o meio ambiente e seus recursos aos seus desejos – que, muitas vezes, vão além de suas necessidades básicas de sobrevivência – sem se preocupar com o impacto de suas ações no ambiente natural.

Cabe registrar que a expansão sobre o uso dos recursos naturais segue refém do modelo de produção de bens e serviços em curso, uma vez que a energia, a água e o ar são vitais às atividades produtivas, e isso repercute diretamente nas relações socioeconômicas. Por isso, é fundamental entender como se dá o processo de produção e seu comportamento, em médio e longo prazos, para, então, conferir suas reais implicações no funcionamento dos sistemas econômicos e seus efeitos ambientais.

Dentre os diversos problemas ambientais frutos da ação humana, vem ganhando destaque no cenário mundial o quanto o ser humano é responsável pelo aumento médio da temperatura do planeta, ou seja, pela mudança global do clima.

***As mudanças climáticas antropogênicas estão associadas ao aumento da poluição, queimadas, desmatamento e formação de ilhas de calor nas grandes cidades.***

O aquecimento global, hoje, é uma das principais causas das mudanças climáticas que se registram nos últimos 100 anos. E, conforme se vê na Figura 3.1, está relacionado a fatores de caráter antropogênico.

Adaptada por Rogério Castro (AEB/Programa AEB Escola. CD Interativo "Mudanças Ambientais Globais". AEB. Impe.



Figura 3.1. As mudanças climáticas têm, entre suas causas, o aquecimento global do planeta.

A expansão da produção industrial, a partir do final do século 19, levou ao aumento da concentração de poluentes na atmosfera, que, por sua vez, intensificaram o efeito estufa. Com isso, verificou-se um crescente aumento da temperatura média da Terra, também chamado de aquecimento global. O principal agente desse processo é o gás carbônico, também conhecido como dióxido de carbono ou CO<sub>2</sub>.

As conseqüências do aumento de temperatura são graves para todos os seres vivos, incluindo o ser humano. Estas conclusões foram obtidas após cuidadosa análise dos diversos cenários de emissões de gases de efeito estufa para os próximos cem anos.

As projeções indicam que haverá um aumento da temperatura média global entre 1,8°C e 4°C e um aumento do nível médio do mar entre 18 cm e 59 cm, o que pode afetar significativamente as atividades humanas e os ecossistemas terrestres. A Figura 3.2 mostra a evolução da temperatura a partir de 2000 e projeções até 2100, bem como projeções do aumento médio do nível do mar.

Originalmente, as mudanças climáticas naturais, que se iniciaram à época do surgimento da vida e da formação da atmosfera, permitiram que a temperatura global não baixasse a valores menores do que atualmente é registra-

do. Mas a Revolução Industrial contribuiu significativamente para o aumento da emissão de CO<sub>2</sub> e de outros gases de efeito estufa – devido à combustão

*Na atualidade, 65% das emissões advêm das atividades relacionadas à produção e ao uso de energia.*



do carvão, do petróleo e do gás natural –, intensificando o efeito estufa e, por consequência, o aumento da temperatura média da Terra.

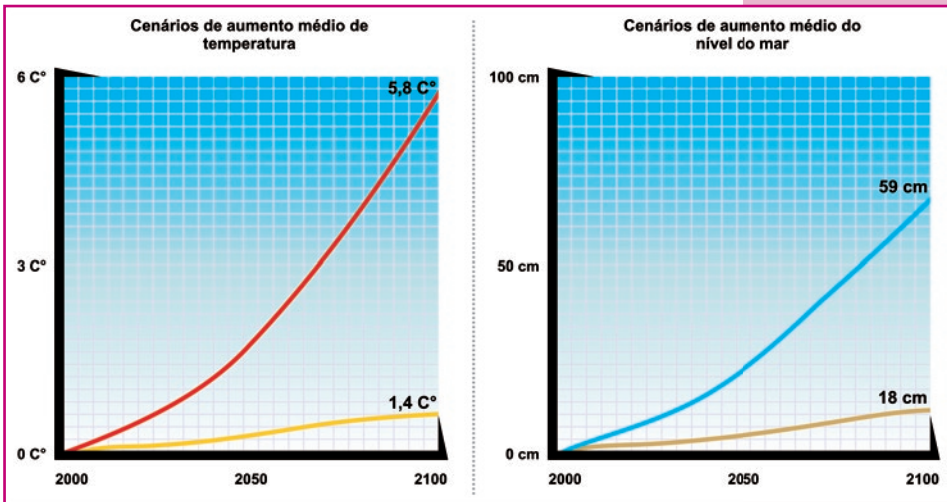


Figura 3.2. Projeções do aumento da temperatura e do nível do mar.

Atividades relacionadas à produção e ao uso de energia sempre responderam pela maior parcela das emissões de GEE. Na Figura 3.3, é possível verificar a distribuição percentual das atividades que contribuem para o aumento global da temperatura do ar, em que a energia corresponde a 65% das emissões mundiais.

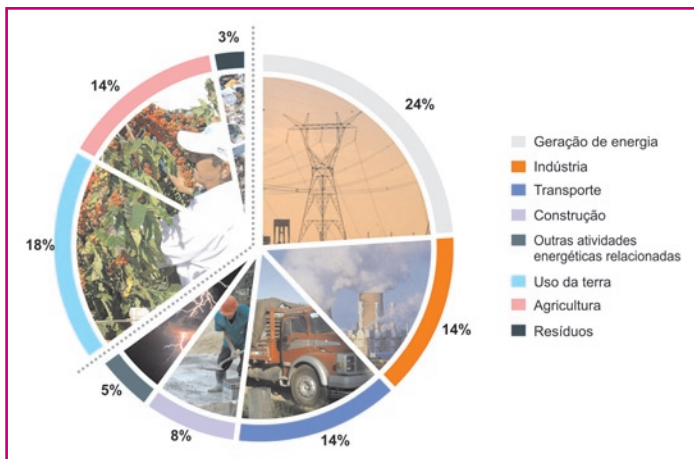


Figura 3.3. Participação percentual das atividades do ser humano que contribuem para a emissão de GEE.

Adaptada por Rogério Castro (AEB/Programa AEB Escola),  
Stern Review: *The Economics of Climate Change - Part III:  
The Economics of Stabilisation*

Adaptada por Rogério Castro (AEB/Programa AEB Escola).  
CD Interativo "Mudanças Ambientais Globais". AEB. Inpe.

## A ENERGIA “AQUECE” O MUNDO

Em que pese o papel da energia como principal responsável pelo aquecimento do planeta, é praticamente inimaginável um mundo que abra mão de todos os benefícios e avanços possíveis de obtenção por meio do uso da energia. Assim, torna-se fundamental a compreensão da estrutura e do funcionamento do setor energético de forma a equacionar o dilema: a energia aquece a economia do mundo e aquece o mundo.

A significativa parcela de gases de efeito estufa antrópicos advém de uma série de atividades que são a base do funcionamento do mundo moderno, das quais se pode destacar:

- a. a queima de combustíveis fósseis no transporte, na indústria, na construção civil e no uso residencial – a utilização do carvão mineral, óleo combustível e gás natural para a geração de eletricidade em usinas termelétricas respondem pela maioria das emissões do setor energético, seguido do setor de transporte (individual, coletivo e de cargas), sendo 3/4 oriundas do transporte rodoviário;
- b. as atividades ligadas aos usos da terra e as suas mudanças, entre elas o desmatamento, a agropecuária e as queimadas;
- c. a produção de metano advinda do setor de energia, da agropecuária e de resíduos sólidos urbanos;
- d. a produção de óxido nitroso, advindo do manejo agrícola;
- e. a utilização de **F-gases** – hidrofluorcarbonos, perfluorcarbonos e hexafluoreto de enxofre – nos processos industriais. Ressalte-se que os F-gases, tais como o gás de refrigeração, não existem originalmente na natureza, sendo gerados unicamente por atividades humanas;
- f. Os processos industriais, como a produção de cimento e de produtos químicos, envolvem reações que liberam  $\text{CO}_2$ , além de emitir outros GEE.

Quando olhamos a distribuição das emissões de GEE por hemisfério, observamos que no Norte – bloco dos países industrializados – a grande parcela de suas emissões são originadas



**F-gases:** gases com flúor em sua composição, usados, principalmente, em equipamentos refrigeradores, como geladeiras e freezers e também em aparelhos de ar condicionado. Os F-gases são produzidos artificialmente pelo ser humano.



na produção e uso de energia. Já no Hemisfério Sul, as maiores fontes emissoras são oriundas da agricultura, da pecuária, das queimadas e do desmatamento. Conforme se vê na Figura 3.4, os países industrializados são os maiores emissores de GEE.

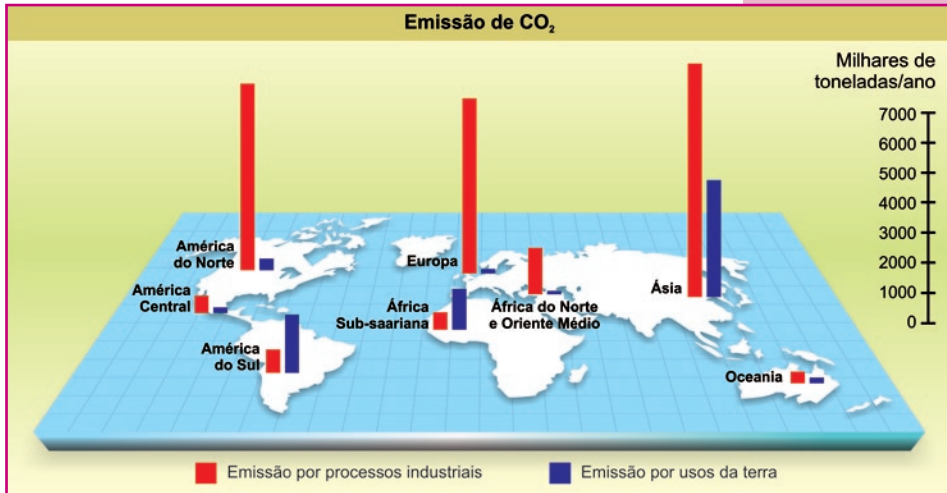


Figura 3.4. Emissão de GEE nos continentes.

A elevada participação da energia no total de emissões reflete o grau de importância que as tecnologias de conversão (geração), transporte (distribuição) e uso (equipamentos de uso final) assumiram no mundo após a Revolução Industrial.

Observando a nossa volta, facilmente concluiremos que a energia está presente em todas as atividades humanas. É ela que possibilita o movimento dos automóveis, a iluminação das casas e cidades, o funcionamento da indústria, o aquecimento ou resfriamento artificial dos ambientes, a produção de bens e serviços etc. A energia constitui-se no fator fundamental para a satisfação de quase todas as necessidades do ser humano.

Dessa forma, é importante que o ser humano domine técnicas de conversão da energia, ou seja, o controle do processo de obtenção da energia – térmica, mecânica, química, radiante e eletrônica – na forma que melhor se ajuste às necessidades exigidas pela sociedade, a partir da disponibilidade natural dos recursos.

Para discutirmos o processo de desenvolvimento humano e suas relações com o meio ambiente natural, precisamos

entender os avanços técnicos e tecnológicos que permitiram a exploração, produção e uso das fontes de energia. O desenvolvimento da humanidade, ao longo de sua existência, está estreitamente relacionado à evolução do domínio sobre a exploração e o uso das fontes de energia dispostas na natureza.

O mais primitivo sistema conversor de energia do qual o ser humano faz uso reside no seu próprio corpo. Primitivo por ter surgido primeiro, não por ser inferior. Ao contrário, é o mais complexo sistema conversor de energia. Por intermédio da digestão se processa a conversão da energia química, presente nos alimentos, em calor, energia muscular e cerebral.

Embora não tenhamos a velocidade de um felino, aumentamos nossa capacidade de deslocamento ao usarmos um cavalo ou um carro, por exemplo. Essa ampliação das capacidades corpóreas, ou seja, a exteriorização do corpo por intermédio de equipamentos e ferramentas possibilita ao ser humano utilizar duas formas básicas de obtenção de energia: os conversores orgânicos (uso de animais para a produção de energia mecânica) e os conversores inorgânicos, tais como máquinas elétricas e motores de combustão interna.

Enquanto a demanda humana por energia tem crescido, os recursos naturais, fonte primária de suprimento dessas necessidades, são limitados. A dinâmica das atividades econômicas inclui a procura da satisfação das necessidades humanas, de forma racional, frente às limitações naturais.

Por isso, é importante saber como os diversos estágios do conhecimento científico e dos domínios tecnológicos permitiram que diferentes fontes energéticas se estabelecessem ao longo da existência humana, por meio de variadas tecnologias de conversão, como forma de suprir os requerimentos em energia: a madeira, o vento, a energia hidráulica, o carvão, o petróleo, o gás natural, a energia nuclear e a solar.

O domínio do fogo, a máquina a vapor, dentre outros exemplos, constituem-se em importantes marcos no aproveitamento energético que deram ao ser humano um maior grau de liberdade, possibilitando a ampliação ou exteriorização de seu corpo.

# **Evolução do uso da energia**

## **Fase 1**

Os primeiros usos energéticos feitos pelo ser humano deram-se na utilização dos fluxos naturais de energia – o Sol, o vento e a água – de uma forma direta, sem equipamentos de conversão ou técnica. Outra parte do consumo estava ligada ao conteúdo energético presente nos alimentos.

## **Fase 2**

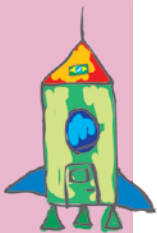
A segunda fase desta evolução tem início com o controle e uso do fogo, permitindo pela primeira vez ao ser humano o consumo de energia de uma forma acumulada. Com o domínio do uso do fogo, o ser humano passou a ter o controle de uma fonte de calor adicional, deixando de depender exclusivamente da disponibilidade descontínua do calor fornecido pelo Sol. Tornou-se possível, também, o uso energético para iluminação e cocção de alimentos.

Este é o momento histórico em que ocorrem vários desenvolvimentos tecnológicos simples. O aproveitamento de forças inorgânicas para a produção de trabalho mecânico torna-se viável com a descoberta da roda e da alavanca, com o desenvolvimento de técnicas de aproveitamento dos ventos para a navegação e da energia hidráulica em moinhos. Estas descobertas permitem ao ser humano melhorar a capacidade de uso dos fluxos energéticos, aperfeiçoar o aproveitamento da energia animada e inanimada e, por conseqüência, incrementar o seu consumo de energia.

## **Fase 3**

A terceira fase é caracterizada pelo salto tecnológico conseguido com a máquina a vapor, cujo uso permitiu modificar simultaneamente as condições de oferta e demanda de energia.

Esta etapa marca também um novo estágio no processo de ampliação do corpo humano, permitindo, pela primeira vez, que o ser humano dispusesse, de forma externa e



*A máquina a vapor reorganiza as relações entre ser humano e energia. O relógio, o moinho de vento e o moinho d'água utilizam as forças de um meio que deixam intacto; em oposição, a “máquina de fogo” consome as matérias das quais ela tira sua energia. (Hémerly, p. 140, 1993).*

independente de suas capacidades físicas, de uma força motriz possível de modulação quanto à potência, controle de movimento e disponibilidade no tempo e no espaço.

O uso massivo dos combustíveis fósseis pela humanidade constitui um novo marco no aproveitamento dos processos

naturais de acumulação e concentração de energia. Os combustíveis fósseis têm sua origem na energia solar acumulada em plantas e/ou animais submetidos a uma série de processos de concentração e compactação que demanda milhões de anos.

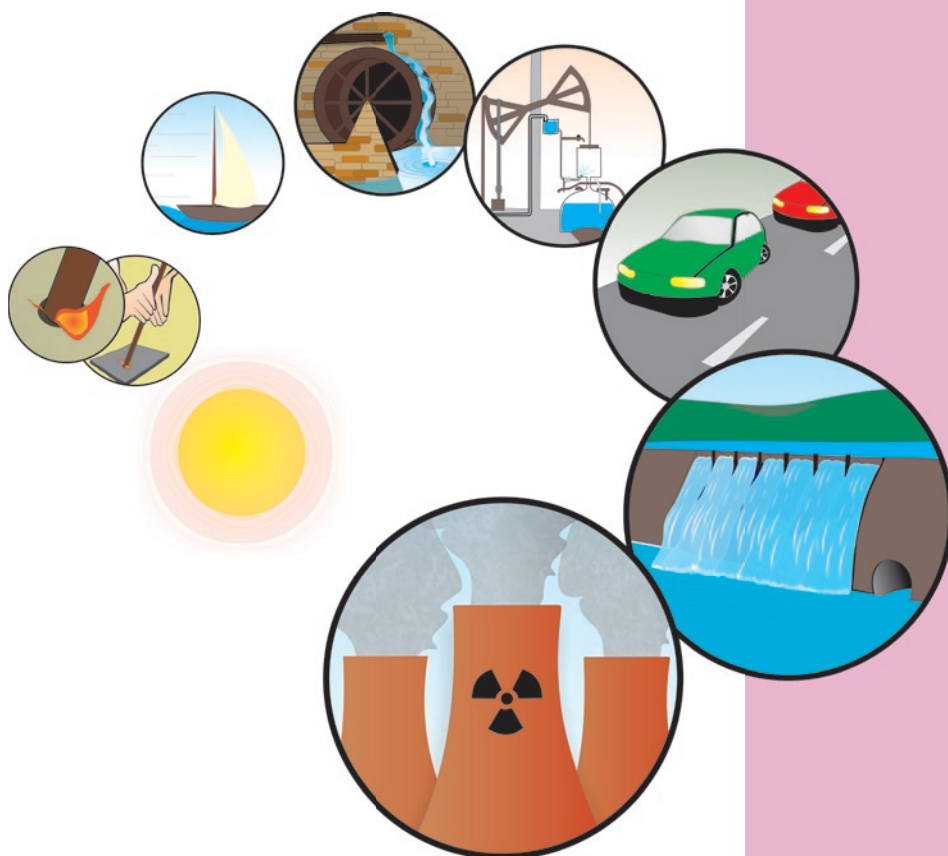
O uso dos combustíveis fósseis se expandiu também para a utilização do petróleo e do gás natural. Muitas mudanças ocorreram em função de novos domínios tecnológicos, passando o petróleo a ser utilizado para gerar energia mecânica em sua forma direta, tornando-se muito rapidamente a principal fonte de energia para o transporte. Tais inovações tecnológicas são creditadas mais ao desenvolvimento do motor Otto a gasolina em 1886, ao aperfeiçoamento do motor de combustão interna por Daimler e ao desenvolvimento do motor Diesel, em 1920.

Com a utilização de grandes dutos, o gás natural passou a ser usado em maior escala. Além disso, foram descobertas grandes reservas e verificou-se uma redução nos custos da produção e transporte desse combustível, ampliando assim seu uso comercial.

#### **Fase 4**

Uma quarta fase tem início quando o mercado mundial de carvão estava se consolidando, sendo representada pelo desenvolvimento de uma série de novas tecnologias surgidas no final do século 19 e início do século 20, que servem de facilitadoras na difusão do uso da eletricidade.

O desenvolvimento do gerador elétrico de corrente alternada e dos transformadores elétricos de indução permitiu que, novamente, o aproveitamento da energia hidráulica fosse considerado no planejamento da expansão do mercado de energia, uma vez que, por intermédio da produção de eletricidade, foi possível superar as limitações impostas pela necessidade do uso local dos potenciais hidráulicos. As redes de transmissão de energia elétrica permitiram o transporte, a grandes distâncias, da energia hidráulica disponível nas barragens, quando esta era convertida em eletricidade nas usinas geradoras.



Heluiza Bragança (AEB/Programa AEB Escola).

Figura 3.5. Evolução do uso da energia, dentre elas a lenha, que pode ser vista como energia solar armazenada, pelo processo de fotossíntese.

A transformação da matéria em energia foi outro momento fundamental, que se tornou possível por meio do domínio do processo de fissão nuclear controlada. Isto sinalizou uma nova

fase no aproveitamento energético, já que a perspectiva desta modalidade de obtenção de energia era a de ser ilimitada e apresentar menores custos. Hoje, sabe-se que é uma forma de conversão de energia de alto custo econômico e com forte impacto sobre o meio ambiente.

A tabela a seguir mostra como se deu o processo de evolução do uso da energia no planeta ao longo dos anos.

1700	O consumo mundial de energia tem uma base predominante renovável. A lenha e seus derivados respondem pela totalidade de todo o consumo mundial.
1800	A lenha e seus derivados se mantêm como uma das principais fontes energéticas e o consumo mundial de energia cresce em 25% neste século.
1850	A lenha ainda é a fonte de maior penetração na matriz energética mundial. Com o resultado da Primeira Revolução Industrial, o carvão passa a representar 15% do consumo mundial de energia, sendo esta a única fonte comercial de energia. Em meio século (1800-1850), o consumo energético mundial cresceu 47%.
1900	A lenha segue a tendência de queda percentual na participação do consumo energético mundial. O carvão se estabelece como fonte comercial, fornecendo pouco mais da metade de todo o consumo de energia registrado no mundo. Neste período, com a Segunda Revolução Industrial, o petróleo, o gás natural e a eletricidade passam a compor a cesta das fontes comerciais, mas com participações ainda pouco significativas, respondendo juntas por pouco menos de 2% de todo o consumo. No período de 1850 a 1900, a energia consumida no mundo quase duplicou.
1950	O petróleo já figura como o energético do século, respondendo por 24% de todo o consumo mundial e perdendo para o carvão, com 45%. O gás natural registra um expressivo crescimento de seu uso, respondendo por 8%. A eletricidade também se consolida como fonte, sendo sua geração fortemente marcada pela termoeletricidade nos países industrializados e pela hidroeletricidade nos países que apresentam abundantes recursos hídricos. No período 1900-1950, o consumo mundial de energia cresceu quase duas vezes e meia.
1973	O petróleo, o gás natural e a eletricidade seguem suas rotas de crescimento em participação. A energia nuclear figura como fonte de geração de eletricidade. Neste período, 1950-1970, o consumo mundial de energia quase triplicou. Na década de 1970, o denominado choque do petróleo impulsionou a pesquisa do uso de novas fontes de energia, a exemplo da energia solar térmica e fotovoltaica, eólica, bem como a dos biocombustíveis.

1979 a 1986	Os acidentes ocorridos nas usinas nucleares – em 1979 (reator de Three Mile Island, nos Estados Unidos) e em 1986 (reator de Chernobyl, na ex-União Soviética) – colocaram em xeque o uso dessa tecnologia, contribuindo para o estabelecimento de uma pauta internacional que tinha por objetivo a promoção do uso eficiente da energia bem como a ampliação do uso das fontes ambientalmente amigáveis (solar, eólica, célula combustíveis). As ações adotadas sobre a demanda e a oferta, devido ao choque do petróleo, repercutiram na velocidade do crescimento do consumo mundial de energia, fazendo com que, no período, este crescimento ficasse restrito a pouco menos que 35%.
2000	A estabilidade nos preços do petróleo permite o restabelecimento, de forma menos acelerada, da tendência de crescimento do consumo mundial de energia sob as bases das fontes convencionais. O século termina com os combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural) totalizando 79,5% de todo o consumo energético ocorrido no mundo.
2008	Depois de ficar cotado em aproximadamente US\$ 10, no fim da década anterior, e subir para mais de US\$ 140, em outubro de 2008, o barril de petróleo cai para pouco menos de US\$ 50, no mês seguinte, ao mesmo tempo em que a crise financeira do capitalismo mundial se alastra.

Todas essas descobertas permitiram a utilização simultânea de múltiplas fontes de energia – lenha, carvão, petróleo, hidráulica – de uma forma muito flexível, com rendimentos mais elevados e com melhor qualidade.

## Estilo e qualidade de vida

O modelo de desenvolvimento adotado pela moderna sociedade capitalista e o ritmo conferido a este processo se traduziram em um rápido crescimento do consumo de energia. A estrutura de consumo é determinada por estilos de vida que definem o arranjo familiar, nível de renda e distribuição, posse e uso de bens de consumo, difusão dos equipamentos de aquecimento e refrigeração, estrutura do transporte e modelo de expansão habitacional, dentre outros.



Figura 3.6. Uma das necessidades básicas do ser humano é a moradia e, para satisfazê-la, é fato que há dispêndio de recursos energéticos.

O estilo de vida atual tem aumentado e concentrado a demanda familiar de energia pela maior difusão do uso de eletrodomésticos, pelo incentivo ao transporte individual, bem como pelo incessante apelo ao consumo perdulário, onde, a cada momento, novas demandas são geradas sem que se amplie a utilidade marginal destas.

É fato que a conformação dos estilos de consumo varia drasticamente entre os países desenvolvidos e os menos desenvolvidos, sendo muito graves também as diferenças

verificadas entre os perfis de consumo nos centros urbanos e no meio rural. No entanto, os apelos de mercado têm ampliado as fronteiras de atuação, generalizando, assim, um ideal crescente de consumo, impedido por restrições econômicas regionais e pelo estágio tecnológico vivido.

A melhoria da qualidade de vida de uma sociedade está relacionada com a

promoção da satisfação de suas necessidades básicas, tais como alimentação, moradia, saúde, educação, emprego, entre outras. A energia não é contabilizada de forma direta quando da satisfação de tais necessidades; no entanto, a satisfação de quaisquer necessidades humanas requer insumos energéticos.

O desenvolvimento técnico e científico firmou o princípio de que o crescimento do consumo energético correspondia a um aumento no nível de desenvolvimento da sociedade. Por conseqüência, deu-se a criação de um mercado de novos equipamentos que incorporaram novos hábitos de consumo na sociedade.

Estudos apontam que existe um consumo mínimo de energia, abaixo do qual as condições de vida são insuportáveis. O incremento inicial no consumo de energia produz,



em uma primeira etapa, efeitos marcantes na melhoria da qualidade de vida dos habitantes.

Depois, há uma segunda etapa de incremento do uso de energia que faz com que se chegue a estágios de qualidade de vida altamente satisfatórios. Em uma terceira etapa, verifica-se que a qualidade de vida da população se mantém em valores antes indicados e que não há melhora substancial ao se incrementar fortemente o consumo de energia.

Um tema bastante discutido na atualidade refere-se a uma real possibilidade de queda na qualidade de vida quando se verificam níveis muito elevados de consumo por habitante, fato que poderia ser creditado aos impactos ambientais ocorridos quando da existência de um grande nível de produção e utilização da energia.

## **O meio ambiente no mercado de energia**

Ao longo da história, a humanidade tem selecionado seus sistemas energéticos em função de dois parâmetros fundamentais: disponibilidade técnica e viabilidade econômica. Muito recentemente, outra variável que pode determinar se um sistema energético é viável tem sido incorporada: a ambiental. Ou seja, é preciso considerar os impactos ambientais que seu uso possa ocasionar.

As atividades do setor energético, em suas etapas de exploração, transformação, distribuição e uso, incorrem em significativos impactos sobre o meio ambiente. Os danos mais expressivos, originários do funcionamento do mercado de energia, estão relacionados com as emissões de poluentes atmosféricos, contaminação dos meios aquáticos e terrestres e a geração de resíduos. Acrescenta-se também o esgotamento dos recursos naturais, produção de ruídos, impactos visuais e efeitos negativos à biodiversidade.

O aumento das concentrações das emissões dos poluentes atmosféricos tem repercutido em danos ambientais de âmbito global, regional e local. Dentre estes, podemos citar: a intensificação do efeito estufa, a extinção de espécies, a chuva ácida e a diminuição da camada de ozônio.

De uma maneira geral, as implicações ambientais da produção e do uso dos recursos energéticos têm gerado um grande desafio para os países desenvolvidos e também para os países emergentes. O desafio consiste na busca e adoção de modelos de crescimento que garantam a sustentação do desenvolvimento dos países, bem como o da indústria de energia, sem que se ampliem os efeitos negativos ao meio ambiente.

Neste contexto, a adoção de novas tecnologias de produção e uso dos recursos renováveis apresenta-se como uma alternativa viável do ponto de vista ambiental. No entanto, estas tecnologias sofrem impedimentos advindos de avaliações que apenas incorporam as variáveis econômica e financeira, negligenciando seus benefícios sociais e ambientais.

## **As fontes renováveis como alternativa**

Os recursos energéticos são encontrados na natureza em duas formas distintas: recursos renováveis e não-renováveis. Os recursos renováveis estão associados a um fluxo enquanto os não-renováveis, à sua existência.

De forma geral, os recursos renováveis estão presentes em todo o planeta, fato que permite o seu uso de forma descentralizada (hidráulica, solar, biomassa, eólica). Já os recursos não-renováveis apresentam-se em quantidade limitada (petróleo, gás, carvão, urânio).

O atual cenário mundial, marcado por uma extrema dependência da produção e uso de energia de origem fóssil e de empreendimentos ligados à cadeia energética que imputam

elevados impactos ao ambiente natural, tem levado a sociedade industrial a redescobrir os fluxos energéticos com base nos recursos naturais renováveis.

Dentre as tecnologias renováveis, merecem destaque, em função dos avanços tecnológicos obtidos em nível internacional, a energia solar térmica e fotovoltaica, os aproveitamentos eólicos e de resíduos sólidos para a geração de eletricidade, os biocombustíveis, entre outros.

Dentro de certos parâmetros, a produção de energia a partir de recursos renováveis pode contribuir para minimizar os impactos sobre o meio ambiente, decorrentes do uso de fontes de origem fóssil.

## CONCLUINDO

As mudanças do clima, em certa medida, estão associadas às atividades humanas, a exemplo da queima de combustíveis de origem fóssil, como o petróleo e o carvão, das queimadas, do desmatamento, dentre outras.

Ou seja, está cada vez mais claro que a mudança do clima não é restrita a processos naturais. Tem a ver também com o uso que se faz dos recursos naturais, seja como fonte de matéria-prima na indústria, seja pelo fato de esse tipo de atividade especificamente modificar a composição dos gases na atmosfera e sua quantidade, seja pelo simples fato de plantar para comer.

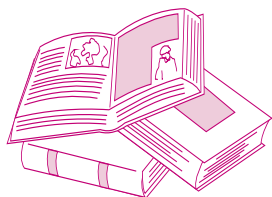
De todas as atividades antropogênicas verificadas no planeta, a produção de energia para o consumo residencial, industrial e de transporte responde por 65% das emissões de gases



Figura 3.7. O uso da energia hidráulica, solar e eólica tem como fontes recursos renováveis que não emitem gases.

de efeito estufa. Esta elevada participação da energia no total das emissões reflete o grau de importância que as tecnologias de conversão (geração), transporte (distribuição) e uso (equipamentos de uso final) assumiram no mundo após a Revolução Industrial.

Pensar num mundo menos vulnerável ao aquecimento global requer, necessariamente, uma mudança nos hábitos de produção e consumo. Conseqüentemente, torna-se imprescindível a adoção de novas práticas de geração, transmissão e uso de energia, seja pelo uso de equipamentos mais eficientes ou ainda pela opção do uso de fontes renováveis de energia. E, nesse cenário, é importante que os Estados tenham como meta políticas públicas de promoção da conservação da energia.



## LEITURAS COMPLEMENTARES

### A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

A denominada Revolução Industrial, fator que consolidou o modo de produção capitalista, marca o corte histórico no funcionamento dos sistemas energéticos anteriormente estruturados pela humanidade. Com ela, encerra-se a fase de superioridade das fontes de energias biológicas e vivencia-se a escalada da hegemonia no uso dos combustíveis fósseis.

A força propulsora da Revolução Industrial esteve creditada ao desenvolvimento de engenhos que permitissem a ampliação da escala de produção, antes efetuada pelo conjunto trabalhador/ferramentas. A forma de produção orientava-se no acréscimo de geração de força humana, redução de tempo de produção e transformação de recursos sem reconhecido valor em produtos de superior valor comercial.

Atuando como conjunto trabalhador/ferramenta, o ser humano agia de duas formas: era a fonte de força motriz, obtida pela conversão de energia, realizada em seu próprio organismo, e atuava como executor de tarefas, a partir de suas aptidões e capacidade mental, aliadas às habilidades motoras apreendidas.

As primeiras máquinas desenvolvidas na Revolução Industrial separam o trabalhador de sua ação como ferramenta, restando a este as atividades de fornecimento de força motriz e supervisão do funcionamento da máquina.

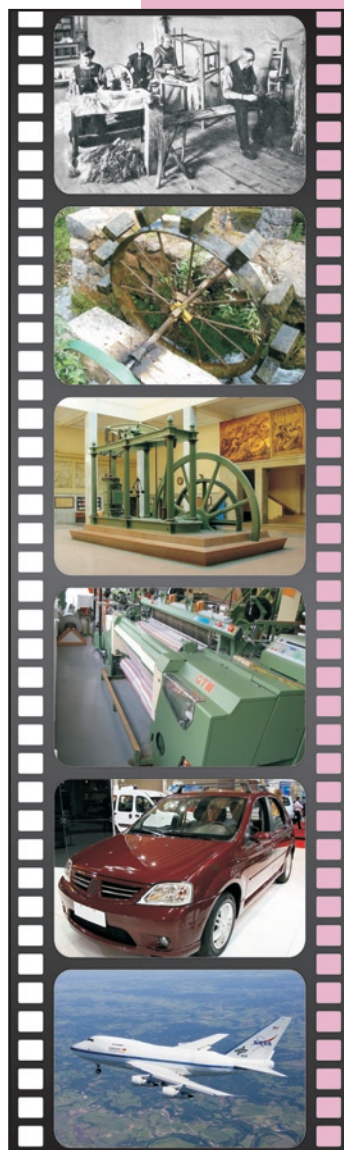


Figura 3.8. O tear, a roda d'água, a máquina a vapor, o automóvel e o avião: a evolução do uso de equipamentos de conversão de energia.

Adaptada por Rogério Castro (AEB/Programa AEB Escola). [www.wikipedia.org/](http://www.wikipedia.org/)

**Thomas Savery (1650-1715)**, engenheiro militar, mecânico, inventor e industrial inglês nascido em Devonshire, Estados Unidos. Considerado o pai da máquina a vapor, por ter inventado e patenteado, em 1698, uma máquina a vapor realmente prática para esvaziamento da água de infiltração das minas de carvão. Era conhecido por seus notáveis conhecimentos mecânicos e matemáticos e em filosofia natural.

**Thomas Newcomen (1662 – 1729)**, inventor, ferreiro e mecânico inglês nascido em Dartmouth.

A partir do aperfeiçoamento do modelo de Thomas Savery, de quem era sócio, criou, em 1712, uma nova máquina a vapor para drenagem de minas, denominada de pistão de Newcomen. Desenvolveu o conceito de uso de um conjunto cilindro-pistão para o bombeamento de água, constituindo, assim, a primeira máquina térmica. Morreu em Londres, deixando a idéia básica de seu projeto, que foi aperfeiçoada por outros estudiosos.

**James Watt (1736-1819)**, mecânico escocês, nascido em Greenock. Aos 19 anos, foi para Londres para se especializar em construção de instrumentos.

Inventou a moderna máquina a vapor, a partir do aperfeiçoamento da máquina de Newcomen.

Watt passou a ser mundialmente reconhecido quando seu nome foi dado à unidade de potência de energia.

Operando como fonte de força motriz, o ser humano reduzia à sua capacidade orgânica o tamanho das máquinas e sua potência. E, com isso, limitava a oferta de energia ao conjunto produtor.

Até a difusão do uso da máquina a vapor, era a força hidráulica a fonte de energia inanimada de maior uso na indústria. Esta, por sua vez, tinha seus limites de potência vinculados à natureza técnica dos conversores e se verificava um impedimento, de ordem natural, no aumento das potências dos moinhos em função do crescimento da demanda. Outra vulnerabilidade da força hidráulica recaía na impossibilidade de contornar a insuficiência das vazões nas estações frias, quando ocorria o congelamento dos rios, ou em períodos de seca.

Nesse ambiente, a expansão industrial capitalista do século 18 apresenta restrições devido às limitações do aproveitamento dos recursos energéticos animados e inanimados. Assim, se materializam as condições favoráveis à consolidação do carvão como combustível comercial.

A busca pela superação da dependência da força motriz humana e animal e pela ampliação da potência disponível nas máquinas e conversores resultou no desenvolvimento da máquina a vapor. Inicialmente desenvolvidas por Savery e Newcomen, nos anos de 1698 e 1712, respectivamente, as primeiras máquinas a vapor destinavam-se ao uso no esgotamento das águas subterrâneas nas minas de carvão inglesas.

Somente com os ajustes conduzidos por James Watt, na segunda metade do século 18, é que a máquina a vapor torna-se um motor de uso universal e promove uma significativa ruptura nos sistemas energéticos de então, permitindo que, pela primeira vez, seja possível separar espacialmente o conversor de sua fonte de energia.

A máquina a vapor reorganiza as relações entre ser humano e energia. As novas técnicas e tecnologias de produção de energia vão exigir investimentos cada vez maiores, bem como a utilização de conhecimentos científicos e técnicos cada vez mais vastos.

A difusão do uso da máquina a vapor permite estabelecer uma nova forma de agir do ser humano sobre os recursos naturais. Com ela, é rompido um paradigma, no qual o desenvolvimento de uma região estava condicionado à existência de abundantes recursos naturais. À medida que tais recursos se mostravam escassos ou perdiam valor, a importância econômica dessas mesmas regiões entrava em rota de descrédito e decadência.

Não se pode perder de vista o fato de que os investimentos captados para o desenvolvimento de novas tecnologias de conversão de energia se deram em um ambiente de expansão capitalista.

Tais investimentos tinham por objetivo o aumento da produtividade, isto é,

o esforço para encontrar modos de incorporar até mesmo quantidades menores de tempo de trabalho em quantidades cada vez maiores de produtos. Isto leva a métodos e maquinarias mais rápidos e eficientes (BRAVERMAN, 1987, p.149).

Esta lógica também servia como garantia da independência do sistema produtivo do uso intensivo da energia humana, por meio da substituição do trabalho humano pela energia mecânica. O uso do carvão ganhou abrangência mundial e a produção de energia seguiu firme, respondendo à crescente demanda posta pelo processo de industrialização.

A denominada Segunda Revolução Industrial, iniciada na segunda metade do século 19, orientava-se na imperativa necessidade de superação das novas restrições à expansão industrial, agora postas sobre a máquina a vapor. Na verdade, o modelo orientado à produção criou necessidades que superavam os limites técnicos possíveis de execução com o uso da máquina a vapor. Estas restrições estabeleceram a trama que deu forma à turbina a vapor, ao motor à explosão, ao desenvolvimento do motor elétrico e à formação do mercado de eletricidade.

As emissões globais dos gases de efeito estufa de origem humana iniciaram-se na Europa a partir da Revolução

Industrial, inaugurando o período conhecido como Era Industrial. A troca da roda d'água por máquinas movidas a vapor produziu grandes mudanças econômicas e sociais na Inglaterra e, depois, em outros países da Europa. As mercadorias deixaram de ser feitas de forma artesanal e passaram a ser produzidas em grandes indústrias.

A industrialização trouxe um progresso sem precedentes na história. Mas também criou graves problemas ambientais. Em 1750, a madeira era responsável por 90% da energia disponível no mundo, sendo substituída gradualmente pelo carvão. Em 1890, o carvão mineral já superava a lenha como fonte energética. Em 1929, o petróleo respondia por 14% da energia disponível no mundo. Em 1950, essa participação alcançou o nível de 24%. Já na década de 1990, a parcela do petróleo no consumo energético mundial era de cerca de 40%. Ou seja, em 60 anos, a participação do petróleo na matriz energética mundial quase triplicou.



# O USO DE ENERGIA NO MUNDO

## Balço energético mundial

Uma cesta diversificada de energéticos é utilizada no mundo, onde o elenco de prioridades é selecionado pelos Estados Nacionais ou Regiões em função do nível de desenvolvimento industrial, disponibilidade, quantidade, preço e restrições ambientais impostas pela sociedade.

As fontes de energia primária são, principalmente, petróleo, carvão, hidroeletricidade, gás natural, energia nuclear e biomassa. Também há no mundo disponibilidades de outras fontes, que, devido a seus custos de exploração e uso, apresentam um menor nível de desenvolvimento tecnológico. Neste grupo podemos exemplificar a energia eólica, fotovoltaica e solar térmica. Estas fontes, denominadas alternativas, irão se desenvolver na medida em que os recursos energéticos não-renováveis forem se tornando mais escassos e a diferença de preços entre ambos se apresentar menos acentuada.

A Figura 3.9 mostra a evolução do consumo mundial de energia primária numa medida convencionada como Milhões de Toneladas em Equivalentes de Petróleo (MtEP), mostrando que o carvão, petróleo, gás natural e eletricidade se consolidaram como fontes comercialmente viáveis no último século.

O gráfico anterior mostra que o ser humano, até a primeira fase da Revolução Industrial, praticamente só usava a energia proveniente da biomassa.

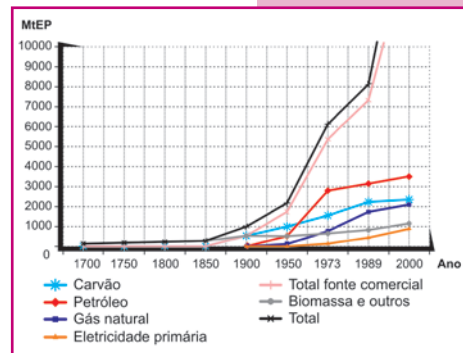


Figura 3.9. Evolução do consumo mundial de energia primária: como o carvão, o petróleo, o gás natural e a eletricidade se consolidaram como fontes comercialmente viáveis no último século.

Adaptada por Rogério Castro (AEB/Programa AEB Escola). Livro "A Economia Mundial de Energia" disponível em [www.iea.org/](http://www.iea.org/)

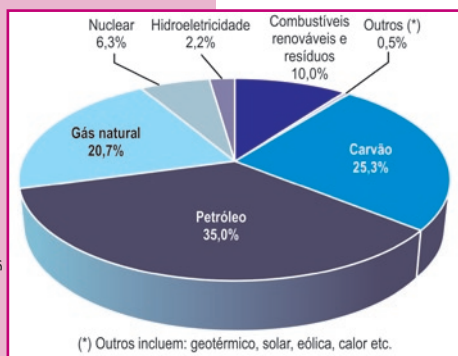


Figura 3.10. Participação percentual das fontes primárias na produção de energia no mundo em 2005.

Foi a partir da chamada Segunda Revolução Industrial, no início do século 20, que se passou a usar fontes como o petróleo, o gás natural e a eletricidade.

O balanço mundial de energia mostra que o petróleo e o gás natural respondem juntos por 55,7% de toda a energia primária produzida no mundo, conferindo-lhes um alto grau de importância, sendo improvável que esta realidade se modifique nas próximas três décadas. O carvão contribui na matriz

mundial com 25,3%, a hidroeletricidade, com 2,2%, a energia nuclear, com 6,3% e os combustíveis renováveis, com 10,5%. A figura 3.10 apresenta a distribuição percentual, por fonte, na produção primária de energia no mundo em 2005.

A distribuição da produção e do uso da energia no mundo apresenta-se de forma assimétrica. Somente os 30 países membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento

Econômico (OCDE), por produzirem juntos mais da metade de toda a riqueza do mundo, respondem por 48,5% de toda a produção energética mundial. Já a América Latina e a África, juntas, não alcançam 10% da produção de energia mundial.

A presença do gás natural na matriz energética mundial vive uma fase de crescimento. De uma participação de 9%, em 1951, atingiu 20,7% em 2005. O gás natural é hoje apontado como um dos energéticos de maior perspectiva de expansão, a ponto de ser frequentemente designado como o combustível do século 21.

Nessa fase de ascensão do gás natural, observa-se um incremento de sua importância em toda a cadeia produtiva, desde as reservas até o consumo. Devido à sua natureza de excessiva dependência de expansão da rede de transporte e distribuição, o mercado mundial do gás natural encontra-se segmentado em três grandes regiões: América do Norte, Europa e Ásia.

A América Latina, em princípio, se fez ausente do processo de utilização do gás natural. No entanto, as mudanças verificadas no cenário mundial, motivadas por descobertas de novas reservas, avanços tecnológicos e entrada de novos produtores, têm reorientado a indústria do gás, submetendo-a a um novo regime regulatório, que introduz pressões competitivas e a desverticalização em toda a sua cadeia. Em função disso, esta nova orientação faz com que importantes atores desloquem-se de seus mercados domésticos para os grandes mercados regionais emergentes, em especial a América Latina, que detém 5,4% das reservas mundiais comprovadas e participa com cerca de 5% da produção mundial desse combustível.

Lembrem-se que a produção e o uso de energia respondem por 65% das emissões totais do globo e que mais da metade da produção e uso de energia do planeta concentram-se nos países industrializados, o que permite inferir que cabe a estes países a maior responsabilidade pelo fenômeno do aquecimento global. Vejam na Figura 3.11 a distribuição percentual da produção de energia por região econômica em 2005.

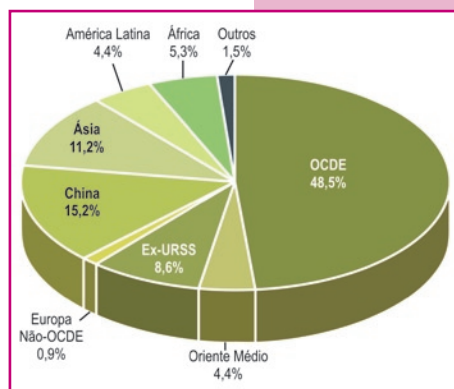


Figura 3.11. Os 30 países-membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico respondem por quase metade de toda a energia produzida no mundo.

## Balanço energético nacional

O Brasil é, reconhecidamente, um país com elevado potencial de uso das fontes renováveis de energia, sendo estas responsáveis por 44,7% de toda a energia primária ofertada em 2005 (BEN, 2006). Nesse cenário, o aproveitamento hidráulico, a biomassa, a energia eólica e a energia solar são relevantes, podendo aumentar no futuro sua participação no abastecimento energético do País.

Em termos de combustíveis fósseis, o petróleo e o gás natural contribuíram com 47,5% de toda a oferta de energia primária em 2005 (BEN, 2006).

Em 2006, a energia hidráulica, com potência instalada de 73,4 gigawatts (GW), respondeu por cerca de 15% da matriz energética nacional, representando 76% de toda a oferta de eletricidade do País. Com um potencial de geração de energia hidroelétrica estimado em 143 GW e apenas 63% deste potencial aproveitado, esta fonte deverá manter a sua predominância na matriz.

A Figura 3.12 apresenta a evolução da participação percentual, por fonte, na matriz de produção de energia brasileira, entre 1989 e 2004, sendo o petróleo, a energia hidráulica e a biomassa (lenha e derivados da cana-de-açúcar) as principais fontes responsáveis pela matriz de produção.

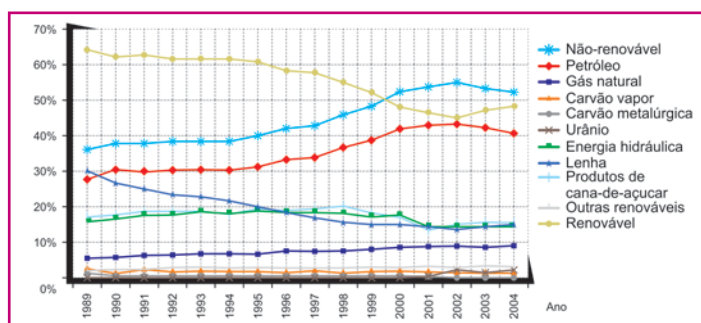


Figura 3.12. Evolução da participação percentual da oferta, por fonte, na matriz energética brasileira.

No campo de aproveitamento da biomassa, a experiência do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), criado em 1975, credenciou o Brasil no desenvolvimento de fontes renováveis para substituir os derivados de petróleo, mediante o uso de álcool adicionado à gasolina e também pelo seu uso direto, como combustível, nos veículos.

De 1983 a 1986, a participação percentual dos automóveis movidos a álcool na produção brasileira total de automóveis atingiu seu pico e variou entre 73,1% e 76%. Em 2001, aproximadamente 3 milhões de veículos brasileiros eram movidos a álcool hidratado, consumindo 4,6 bilhões de litros. Além disso, utiliza-se álcool anidro, na proporção de 25%, como aditivo para a gasolina.

A energia eólica no Brasil vem ganhando espaço como uma forma alternativa de produção, uma vez que sua utilização pode ocupar o importante papel de complementar as outras formas convencionais de geração de eletricidade em regiões onde existe a disponibilidade de aproveitamento da energia dos ventos. O reconhecimento do elevado potencial de aproveitamento dos recursos eólicos brasileiros para a geração de eletricidade, em especial na costa litorânea da Região Nordeste, pode ser medido pelos diversos projetos de aproveitamento em estudo.

Apesar da vocação nacional em produção de energia a partir de fontes renováveis, as orientações presentes no modelo concorrencial do setor elétrico brasileiro e as restrições de oferta de eletricidade verificadas em 2001, após as privatizações de várias empresas elétricas no famoso apagão de energia, conduziram o País a uma busca emergencial pela implantação de usinas termelétricas. Com isso, esta alternativa tecnológica mostra-se crescente no planejamento da expansão do setor.

Nesse cenário, as fontes renováveis de energia, presentes em abundância nas reservas nacionais, ganham destaque como uma possível alternativa de complementaridade aos aproveitamentos hídricos e futuros projetos termelétricos.

Sob o aspecto institucional do uso das fontes renováveis, a Lei 10.438, de 2002, criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas Elétricas (Proinfa), que tem como objetivo a promoção do aumento da participação da energia elétrica produzida por empreendimentos de Produtores Independentes Autônomos, concebidos com base em fontes eólicas, pequenas centrais hidroelétricas (PCHs) e biomassa.



## ATIVIDADES

### **EFEITO ESTUFA INTENSIFICADO**

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

#### **Apresentação**

O efeito estufa é um fenômeno natural que faz com que a temperatura da Terra seja maior do que seria na ausência de atmosfera, permitindo assim que ocorra a vida da forma como a conhecemos. No entanto, a atividade humana tem produzido uma grande quantidade de gases de efeito estufa. Esse excedente faz com que a temperatura da Terra fique maior do que seria sem a atuação do ser humano.

Há muitos estudos sendo feitos para quantificar os impactos desse aquecimento e muitos deles indicam um aumento na frequência de eventos climáticos extremos, como secas prolongadas, períodos de chuva extrema, ondas de calor muito fortes, entre outros.

#### **Objetivo**

Simular o aumento da temperatura causado pela intensificação do efeito estufa.

#### **Sugestão de problematização**

Como uma intensificação do efeito estufa aumenta a temperatura da Terra?

#### **Materiais**

- 1 luz intensa (holofote) ou a luz direta do Sol
- 2 copos com água

- 1 rolo de papel alumínio
- 2 caixas grandes de sapatos
- 1 tesoura
- 1 rolo de filme plástico
- 1 fita adesiva
- 2 termômetros de mercúrio



Figura 3.13. Materiais.

Acervo AEB.

## Procedimentos

1. Forre o interior das duas caixas com papel alumínio.
2. Coloque um copo com água e um termômetro em cada caixa.



Figura 3.14A e B. Demonstração do procedimento 1.

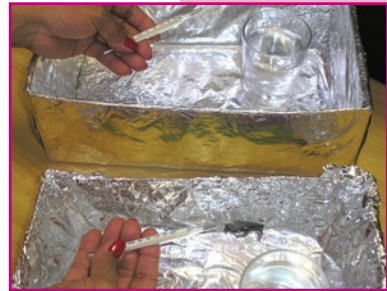


Figura 3.15. Demonstração do procedimento 2.

Acervo AEB.

Acervo AEB.

3. Tampe uma caixa com uma camada de filme plástico e tampe a outra caixa com três camadas de filme plástico. Leve as duas ao Sol.
4. Abra as caixas após dez minutos de exposição ao Sol e observe os valores de temperatura medidos em cada caixa. Em qual caixa a temperatura foi maior?



Figura 3.16A e B. Demonstração do procedimento 3.



Figura 3.17A e B. Demonstração do procedimento 4.

Acervo AEB.

Acervo AEB.

## Orientações complementares

Ao iluminar as caixas, a luz passa pelo filme plástico e, ao encontrar a superfície, é absorvida e se transforma em calor. O ar dentro da caixa então se aquece e não consegue sair da caixa por causa do filme, aumentando assim a temperatura interna da caixa.

A caixa com mais camadas de filme plástico provoca um efeito estufa maior, pois consegue aprisionar uma parcela maior do calor que chega com a luz. Por isso a temperatura dentro da caixa com mais camadas de filme deverá ser maior.

No caso de não se perceber diferenças marcantes na temperatura das duas caixas, é importante discutir com os alunos as possíveis causas.

Refaça duas vezes a atividade. Na primeira, aumente o tempo de exposição à luz e, na segunda, aumente a intensidade da luz utilizada.

## Possíveis desdobramentos

Pesquise os prós e contras do efeito estufa para a vida das espécies animais e vegetais no planeta.

Discuta com os alunos sobre como governos e sociedade civil podem ajudar a diminuir a emissão de gases que ampliam o efeito estufa. Crie um panfleto com o resultado desse trabalho e divulgue na escola.

**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.



## VELOCIDADE DO VENTO

Helio Camargo Júnior (Inpe), Giovanni Dolif Neto (Inpe), Gilvan Sampaio (Inpe), Lana Nárcia Leite da Silveira (EEB), Marcos Barbosa Sanches (Inpe) e Maria Emília Mello Gomes (AEB/Programa AEB Escola).







### Apresentação

O movimento horizontal das parcelas de ar em relação à superfície terrestre é definido como vento. O vento também aparece quando massas de ar se deslocam seguindo o princípio físico simples em que um fluido (como o ar) sujeito à ação da gravidade se move das áreas de alta densidade (alta pressão à superfície) para as de baixa densidade (baixa pressão à superfície).

Diariamente, muitos profissionais necessitam saber qual é, aproximadamente, a intensidade do vento naquele instante. Foi pensando nisto que, em 1806, um marinheiro chamado Francis Beaufort (1774-1857) teve a idéia de relacionar fatos observados com a intensidade do vento, criando então a chamada “Escala Beaufort”. Essa escala vai de 0 (vento calmo) até 12 (furacão).

Na tabela a seguir, podemos ver a relação visual e a intensidade aproximada do vento.

	FORÇA	DESIGNAÇÃO	VELOCIDADE	ASPECTO DO MAR	INFLUÊNCIA EM TERRA
	0	Calma	0 – 0,5 km/h	Espelhado	A fumaça sobe verticalmente.
	1	Vento brando e fresco. Viração	2 – 6 km/h	Mar encrespado com pequenas rugas, com aparência de escamas.	A direção do vento é indicada pela fumaça.
	2	Brisa leve	7 – 12 km/h	Ligeiras ondulações de 30 cm, com cristas, mas sem arrebentação.	Sente-se o vento no rosto, movem-se as folhas das árvores.
	3	Brisa fraca	13 – 18 km/h	Grandes ondulações de 60 cm com princípio de arrebentação.	As folhas das árvores se agitam e as bandeiras desfaldam.
	4	Brisa moderada	19 – 26 km/h	Pequenas vagas, mais longas, de 1,5 m.	Poeira e pequenos papéis soltos são levantados. Movem-se os galhos das árvores.
	5	Brisa forte	27 – 35 km/h	Vagas moderadas de forma longa e uns 2,4 m.	Movem-se as pequenas árvores.
	6	Vento fresco	36 – 44 km/h	Grandes vagas de até 3,6 m. Muitas cristas brancas.	Assobios na fiação. Movem-se os maiores galhos das árvores. Guarda-chuva usado com dificuldade.

	FORÇA	DESIGNAÇÃO	VELOCIDADE	ASPECTO DO MAR	INFLUÊNCIA EM TERRA
	7	Vento forte	45 – 54 km/h	Mar grosso. Vagas de até 4,8 m de altura. Espuma branca de arrebentação.	Movem-se as grandes árvores. É difícil andar contra o vento.
	8	Ventania	55 – 65 km/h	Vagalhões regulares de 6 a 7,5 m de altura.	Quebram-se os galhos das árvores. É difícil andar contra o vento.
	9	Ventania forte	66 – 77 km/h	Vagalhões de 7,5 m com faixas de espuma densa. O mar rola.	Danos nas partes salientes das árvores. Impossível andar contra o vento.
	10	Tempestade	78 – 90 km/h	Grandes vagalhões de 9 m a 12 m. O vento arranca as faixas de espuma. A superfície do mar fica toda branca. A visibilidade é afetada.	Árvores são arrancadas. Danos na estrutura dos prédios.
	11	Tempestade violenta	91 – 104 km/h	Vagalhões excepcionalmente grandes, de até 13,5 m. A visibilidade é muito afetada. Navios de tamanho médio somem no cavado das ondas.	Muito raramente observado em terra.
	12	Furacão	105 ou mais km/h	Mar todo de espuma. Espuma e respingos saturam o ar. A visibilidade é seriamente afetada.	Grandes estragos.

Como o vento representa as variações espaciais de pressão, ele possui características como velocidade, direção e sentido. Todas estas informações podem ser coletadas por um instrumento conhecido como anemômetro.

## Objetivos

1. Construir um medidor de intensidade de vento chamado anemômetro.
2. Utilizar uma escala que permite conhecer a intensidade aproximada do vento.

## Sugestão de problematização

É possível estimar a velocidade do vento? Você consegue, estando dentro do carro, estimar a velocidade do carro sem ver o velocímetro?

## Materiais

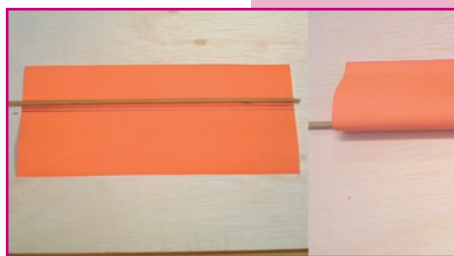
- 1 régua de 30 cm
- 1 tesoura pequena
- 1 transferidor
- 1 capa de caneta esferográfica
- 1 caneta hidrocor
- Cola
- 2 cartolinas em cores diferentes (laranja e vermelha)
- 1 canudo
- 1 vareta de madeira de fazer pipa
- 1 percevejo
- 1 garrafa PET com água ou areia até a metade



Figura 3.18. Materiais.

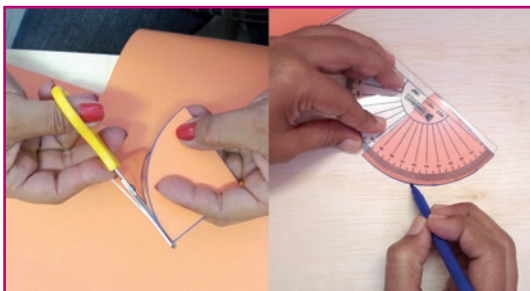
## Procedimentos

1. Corte a cartolina laranja no tamanho 10 cm x 24 cm. Dobre-a ao meio e cole a vareta de madeira na dobra feita. Esta será a base do seu medidor de vento.
2. Com o transferidor, desenhe na cartolina laranja um arco de 90°. Recorte-o e divida-o, com marcas de caneta, em intervalos de 15°. Esta será a escala de medição do seu medidor de vento.
3. Corte uma tira da cartolina vermelha (17 cm x 1 cm) e cole-a no canudo, da ponta para o centro. Este será o ponteiro do seu medidor de vento.



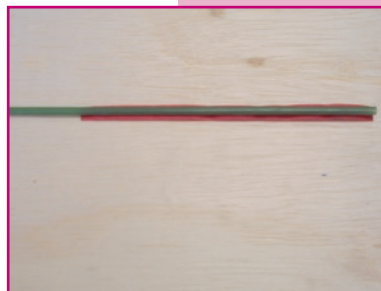
Acervo AEB.

Figura 3.19A e B. Demonstração do procedimento 1.



Acervo AEB.

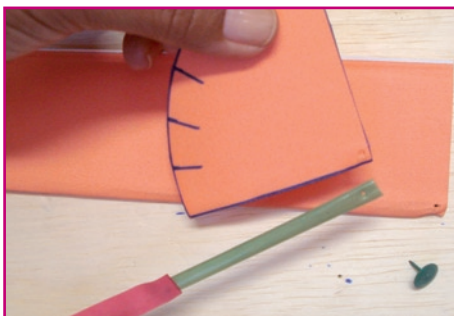
Figura 3.20A e B. Demonstração do procedimento 2.



Acervo AEB.

Figura 3.21. Demonstração do procedimento 3.

4. Sobreponha as peças feitas anteriormente, uma sobre as outras, e prenda-as com o percevejo na vareta colada.
5. Para a fabricação da base, pegue a garrafa e encha com água ou areia.



Acervo AEB.

Figura 3.22. Demonstração do procedimento 4.



Acervo AEB.

Figura 3.23. Demonstração do procedimento 5.

6. Fure a tampa da garrafa e insira a capa de caneta. Fixe a capa de caneta com metade para dentro da garrafa. Insira a vareta de madeira na capa de caneta. Fixe a garrafa em um local com vento e observe a direção do mesmo.



Acervo AEB.

Figura 3.24A, B, C e D. Demonstração do procedimento 6.

## Orientações complementares

É padronizado que a direção e o sentido do vento são definidos com relação ao norte geográfico. Assim, quando o anemômetro registra ventos de nordeste, isto significa que o vento escoa na direção nordeste-sudoeste, originando-se do sentido nordeste.

Nos aeroportos de todo o mundo, a unidade de medida para velocidade do vento é o “nó”: 1 nó equivale a 1,85325 km/h.

## Possíveis desdobramentos

Estimule o aluno a fazer experimentos de campo, relacionando a intensidade do vento ao seu cotidiano.

Faça uma excursão em aeroportos ou aeroclubes, na área onde é realizada a medição do vento e de outras variáveis atmosféricas; estimule o aluno a conversar com o observador meteorológico.

Incentive o aluno a fazer uma pesquisa sobre o poder energético do vento (energia eólica).

Estimule o aluno a preparar esta experiência numa feira de ciências, colocando em forma de cartaz a Escala Beaufort.

**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.

## O EFEITO DO ALBEDO

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

### Apresentação

Quando o Sol incide brilhante sobre a neve recém-caída que cobre o chão, você pode ser ofuscado pelo brilho da luz e levado a descansar os olhos olhando para a rua, onde a neve já derreteu.

A neve fresca brilha mais forte porque reflete cerca de 75% (setenta e cinco por cento) da luz que chega até ela. Uma rua reflete apenas 10% (dez por cento) da luz que chega até ela e por isso parece mais escura. A rua absorve os outros 90% (noventa por cento) da luz, que se transforma em calor, aquecendo o asfalto. No caso da neve fresca, ela vai absorver apenas 25% (vinte e cinco por cento) da luz e, portanto, muito menos energia do que a rua absorve.

Essa porcentagem da luz do Sol que uma determinada superfície reflete é chamada de “albedo” dessa superfície. Grande parte das nuvens possui albedo de cerca de 80% (oitenta por cento), enquanto um campo de futebol, que é coberto por grama, tem um albedo de apenas 15% (quinze por cento).

### Objetivo

Comparar a maneira como diferentes superfícies absorvem e refletem a luz do Sol.

### Sugestão de problematização

Se uma superfície reflete calor, nada abaixo dessa superfície pode ser aquecido. Por outro lado, se a superfície absorve calor, qualquer coisa que esteja encostada na parte debaixo

dessa superfície será aquecida. Isso sugere que as pessoas devam usar roupas claras no verão e escuras no inverno. Você mesmo pode medir o efeito do albedo de duas superfícies.

## Materiais



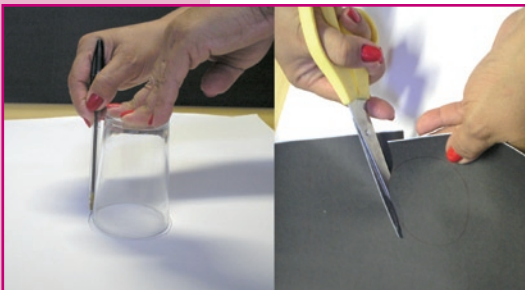
Acervo AEB.

Figura 3.25. Materiais.

- 1 bloco de notas
- 1 termômetro
- 1 caneta
- 1 cartolina branca
- 1 cartolina preta
- 1 tesoura
- 1 fita adesiva transparente
- 2 copos de areia

## Procedimentos

1. Coloque os copos com a boca para baixo, um sobre a cartolina branca e outro sobre a cartolina preta. Trace o contorno da boca dos copos sobre as cartolinas, usando a caneta. Use a tesoura para cortar as cartolinas nos contornos traçados.
2. Encha os dois copos até a boca com areia seca. Tampe-os com os círculos feitos com as cartolinas branca e preta. Passe a fita adesiva nas bordas da cartolina para fixar as cartolinas nas tampas.



Acervo AEB.

Figura 3.26A e B. Demonstração do procedimento 1.



Acervo AEB.

Figura 3.27. Demonstração do procedimento 2.



3. Coloque os dois copos lado a lado no sol forte ou sob luz intensa, e deixe por cerca de meia hora.
4. Depois de meia hora, meça a temperatura sobre cada uma das tampas e anote os valores.



Figura 3.28. Demonstração do procedimento 3.



Figura 3.29. Demonstração do procedimento 4.

5. Logo em seguida abra cada um dos copos. Rapidamente meça a temperatura na superfície da areia e anote os valores.
6. Discuta com os alunos:
  - a. Onde a temperatura do ar é mais alta?
  - b. Em qual pote a temperatura da areia é maior?



Figura 3.30. Demonstração do procedimento 5.

Segundo o que foi exposto na apresentação desta oficina, superfícies escuras absorvem mais a luz do Sol e, portanto, absorvem também mais energia. Sendo assim, o copo com a cartolina preta deve ser o que irá apresentar a temperatura mais alta na areia e também no ar próximo à tampa do copo.

## Orientações complementares

Essa diferença de energia que cada superfície absorve gera diferenças de temperatura, por exemplo, entre o centro de uma cidade e sua zona rural. Na área urbana,

boa parte das ruas é feita de asfalto, bem como os prédios são feitos de concreto, constituindo um albedo pequeno, ou seja, absorvem bastante energia do Sol e se aquecem rapidamente. Por outro lado, na área rural, a grama dos pastos e as plantações refletem a maior parte da luz que chega do Sol e por isso se aquecem menos durante o dia.

É por isso que, quando saímos da cidade em direção à área rural, sentimos que a temperatura vai caindo. Esse efeito de aquecimento no interior da cidade é chamado de “Ilhas de Calor”, ou seja, quanto mais as cidades crescem, mais energia do Sol é absorvida e, portanto, mais quentes elas se tornam.

## **Possíveis desdobramentos**

Uma pequena alteração no teor de umidade da areia poderá também mostrar o efeito da água nesse processo de absorção de calor. A água tem uma propriedade chamada “capacidade térmica”, que é maior do que a do ar, ou seja, a água demora mais para se aquecer do que o ar. Por isso, se for colocada água dentro do copo com a tampa branca, além de esse pote absorver menos energia devido à tampa clara, ele vai demorar mais para transformar a energia absorvida em calor para aquecer a areia.

Voltando para o estudo do efeito das cidades citado anteriormente, chamado “Ilhas de Calor”, deve-se também considerar o efeito da presença de água, uma vez que sobre a vegetação na zona rural existe mais água disponível do que sobre o asfalto e o concreto da cidade. Dessa forma, a cidade é mais quente por dois motivos: (1) tem albedo menor, resultando em mais absorção de energia; e (2) tem menos água, resultando em aquecimento mais rápido.

Na Floresta Amazônica também podemos notar esses efeitos. Quando uma parte da floresta é desmatada, o solo fica desprotegido da sombra das árvores e acaba recebendo o sol diretamente sobre sua superfície. Toda essa luz a mais que o solo recebe faz com que ele perca água por evaporação e,

portanto, se resseque. Com o ressecamento do solo, a luz do Sol irá aquecer o ar mais rapidamente durante o dia, provocando um aumento da temperatura máxima diurna. Por outro lado, à noite, o solo – sem a floresta e ressecado – irá se resfriar mais do que quando existia a floresta, resultando numa temperatura mínima noturna mais baixa. A diferença entre a temperatura máxima e a mínima de um dia é chamada de amplitude térmica. Podemos, então, dizer que numa região de floresta desmatada a amplitude térmica é maior. Esse aumento da amplitude térmica pode ser prejudicial para os animais e até mesmo para o renascimento da floresta naquela área.

Além do efeito local de um desmatamento no aumento da amplitude térmica e na diminuição da água disponível, acontece também um efeito na atmosfera que pode afetar áreas distantes da região desmatada. Isso acontece porque os ventos carregam e misturam o calor e a umidade de diferentes regiões do planeta e, portanto, as mudanças na atmosfera em uma determinada região do planeta podem ser transportadas e afetar regiões distantes.

**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 4



## O MUNDO SE ORGANIZA DIANTE DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Como já visto, as mudanças climáticas globais têm sido frequentes na história do planeta Terra, e a hipótese científica que credita ao ser humano parte da responsabilidade destas mudanças fez com que nações do mundo inteiro se organizassem em torno de um objetivo principal: reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE), de ação humana.

Coube à Organização das Nações Unidas (ONU) o papel de mobilizar os países em um acordo mundial que reconheça as responsabilidades de cada nação no problema do aquecimento global. Na atualidade, registra-se um conjunto de esforços, seja no âmbito continental ou global, visando à tomada de consciência diante das mudanças do clima e suas repercussões nas atividades humanas.

### Países Unidos

A Organização das Nações Unidas é uma instituição internacional formada por 192 países (chamados de Estados-membros). Ela foi fundada depois da II Guerra Mundial para manter a paz e a segurança no mundo, estimular e apoiar relações cordiais entre as nações, além de promover o progresso social, melhores padrões de vida e direitos humanos. Seis órgãos constituem as Nações Unidas: Assembleia Geral, Conselho de Segurança, Conselho Econômico e Social, Conselho de Tutela, Tribunal Internacional de Justiça e Secretariado. Além disso, há organismos especializados que trabalham em áreas como saúde, educação, trabalho, meteorologia, entre outras.



Nesse conjunto de esforços, diversos outros atores têm somado forças, a exemplo da comunidade científica que se empenha



**Mitigação:**  
redução do dano,  
amenização  
dos impactos.

em reduzir as incertezas, próprias do tema, identificar as vulnerabilidades do planeta e apresentar proposições de **mitigação** e adaptação a essas mudanças.

O tema do aquecimento global começou a ganhar maior destaque a partir da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada de 3 a 14 de junho de 1992, no Rio de Janeiro. Essa conferência, também chamada de Rio-92, foi um importante marco para a integração das preocupações ambientais com a necessidade de desenvolvimento.

Antes disso, o mundo já havia discutido as questões relacionadas com o meio ambiente, em 1972, na Primeira Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento Humano, em Estocolmo. Nesta conferência, foi dado o alerta de que os problemas ambientais são fruto de um modelo de desenvolvimento onde os recursos naturais são tidos como inesgotáveis.

Saiba  
mais...

### Documentos que buscam consenso

No âmbito das Nações Unidas, são produzidos vários documentos jurídicos, sobre temas como diversidade biológica, direitos da mulher, proibição de armas químicas, direitos das crianças, mudanças climáticas, entre outros. Os instrumentos mais comuns que expressam a concordância dos Estados-membros em torno de temas de interesse internacional são acordos, tratados, convenções, protocolos, resoluções e estatutos.

Convenção é um instrumento que designa atos multilaterais – ou seja, que envolvem mais de dois países – oriundos de conferências internacionais, que abordam assunto de interesse geral.

Os Tratados são atos bilaterais ou multilaterais aos quais se deseja atribuir especial relevância política.

Os **Protocolos** designam acordos estabelecidos entre países. O termo é também usado para designar a ata final de uma conferência internacional.

Neste capítulo, serão abordadas diversas iniciativas das nações, orientadas à redução das emissões de gases de efeito estufa e à promoção do desenvolvimento sustentável em escala planetária.

## AS NEGOCIAÇÕES EM TORNO DO CLIMA

Na Rio-92, novos termos e conceitos, até então pouco conhecidos, começaram a freqüentar as manchetes dos jornais: biodiversidade, desertificação, aquecimento global, Agenda 21, riscos ambientais. Um conjunto de documentos com compromissos importantes para a humanidade foi assinado neste evento: a Declaração do Rio de Janeiro sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Convenção sobre Mudança do Clima, a Convenção da Biodiversidade, a Convenção sobre Desertificação, os Princípios para a Administração Sustentável das Florestas e a Agenda 21.

### O que é desertificação?

É o fenômeno de transformação de áreas anteriormente vegetadas em solos inférteis devido a ações antrópicas, como o mau uso e exploração da terra. Pode também ocorrer por processos naturais, como, por exemplo, devido a um ressecamento climático, que é uma diminuição de umidade por períodos longos de tempo. Por decreto, o termo foi definido como a degradação da terra nas zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, resultantes de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas.



## A Convenção sobre Mudança do Clima

A Convenção sobre Mudança do Clima tem uma importância especial por representar o consenso de mais de uma centena de países sobre a necessidade de se fazer um esforço em escala global para reduzir a emissão de gases que intensificam o efeito estufa. Ao mesmo tempo, também significa o reconhecimento de que os países precisam repartir o ônus decorrente desse fenômeno.

A Convenção do Clima é o símbolo da vontade de cooperação internacional em torno do tema do aquecimento global.

As negociações para a formulação do texto da convenção, que foi apresentado na Rio-92, começaram dois anos antes. Em 1990, a 44ª Assembléia Geral das Nações Unidas reconheceu que o problema da mudança climática é fortemente baseado em aspectos políticos e de negociação, sendo as Nações Unidas o fórum apropriado para ações políticas centradas nos problemas ambientais globais.

A Assembléia Geral das Nações Unidas criou, então, um comitê (International Negotiation Committee), encarregado de negociar os compromissos dos países e redigir o texto da Convenção-Quadro sobre Mudança Climática (UNFCCC) [United Nations Framework Convention on Climate Change].

Decisões políticas que envolvem mais de uma nação e, portanto, mais de um interesse, não são fáceis de serem tomadas. Não por acaso, a Convenção sobre Mudança do Clima levou certo tempo para ser aprovada, entrar em vigor e ser ratificada. Documentos firmados em fóruns internacionais têm um trâmite diferenciado. Primeiro, vêm as negociações entre os países, que começam no âmbito da diplomacia. Depois, os chefes de Estado se reúnem, como ocorreu na Rio-92. Se houver consenso, o documento que resulta das negociações é assinado. Mas, depois, tem que ser ratificado, confirmado em cada país, para que tenha validade, e, enfim, entre em vigor.

Assim foi com a Convenção do Clima. Depois de cinco encontros, representantes de mais de 150 países aprovaram o documento final em maio de 1992. Acompanhe um resumo do calendário desse documento tão importante dentro do contexto das mudanças climáticas e o comprometimento dos países:

- É assinada na Rio-92 por 155 países, em 15 de março de 1994.
- É assinada pelo Brasil, o primeiro a fazê-lo, em 4 de junho de 1992.



- O Congresso Nacional brasileiro a ratifica em 28 de fevereiro de 1994.
- Entra em vigor internacionalmente em 21 de março de 1994.
- Entra em vigor no Brasil em 29 de maio de 1994.

O principal objetivo da Convenção do Clima é o de alcançar a estabilização das concentrações dos gases de efeito estufa na atmosfera em um menor nível de risco para o sistema climático (não perigoso), que não ameace a produção de alimentos e que viabilize o desenvolvimento econômico de modo sustentável. Não existe uma certeza científica sobre este grau de “não perigo”.

Muitos cientistas temem que possam advir conseqüências graves da elevação da temperatura média global. Outros procuram mostrar que ainda persistem incertezas sobre os efeitos apontados como prováveis de ocorrer. As medidas estabelecidas na Convenção sobre Mudança do Clima são preventivas, pois não se sabe com exatidão onde, como e quando os problemas acontecerão, apesar de ser possível estimar a vulnerabilidade de alguns sistemas, tais como:

- Pequenos países insulares.
- Países com zonas costeiras de baixa altitude.
- Países com regiões áridas e semi-áridas, florestais e áreas sujeitas à degradação de florestas.
- Países com regiões propensas a desastres naturais.
- Países com regiões sujeitas a secas e à desertificação.
- Países com regiões de alta poluição atmosférica urbana.
- Países com regiões de ecossistemas frágeis, inclusive ecossistema montanhoso.
- Países cujas economias dependem fortemente de renda gerada pela produção, processamento, exportação e/ou consumo de combustíveis fósseis e de produtos afins com elevado coeficiente energético.
- Países mediterrâneos e países de trânsito.

## A Convenção sobre Mudança do Clima e o IPCC

A Convenção sobre Mudança do Clima constitui-se na peça central do esforço mundial voltado a compromissos de redução das emissões de gases de efeito estufa. Foi a Convenção do Clima que delegou ao núcleo de estudos internacional, o Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC), a missão de avaliar o atual *status* de conhecimento sobre o sistema e a mudança do clima, os impactos ambientais, econômicos e sociais das mudanças do clima, e as possíveis estratégias de resposta.

O IPCC foi quem deu subsídios para o debate acerca do tema do aquecimento global. Criado em 1988, o trabalho do painel ganhou maior destaque a partir de 1992, quando a convenção foi instituída. Seus relatórios têm servido de base para a tomada de decisões por parte da convenção.

A sede do IPCC fica em Genebra, na Suíça, onde funciona a estrutura administrativa e onde são realizadas as sessões plenárias. O grupo, formado por cientistas de 80 países, não conduz pesquisas, nem cria parâmetros climáticos. Seu trabalho consiste em avaliar pesquisas, conduzidas no mundo inteiro, que sejam relevantes para entender os riscos das mudanças climáticas provocadas pelo ser humano, bem como projetar impactos e, ainda, apontar opções de adaptação e mitigação desses impactos.

O grupo já produziu quatro relatórios, sendo o mais recente, publicado no ano passado, o que trouxe dados mais contundentes. Especialistas de todo o mundo formam grupos de estudo, divididos nas seguintes áreas: bases científicas; impactos, vulnerabilidades e adaptação; mitigação; e força-tarefa para os inventários nacionais de gases de efeitos estufa.

A relevância de seu trabalho – na avaliação dos impactos das mudanças climáticas, bem como na determinação de quais medidas e tecnologias podem mudar o cenário de emissões de gases que intensificam o efeito estufa – rendeu ao IPCC, em 2007, o Prêmio Nobel da Paz.

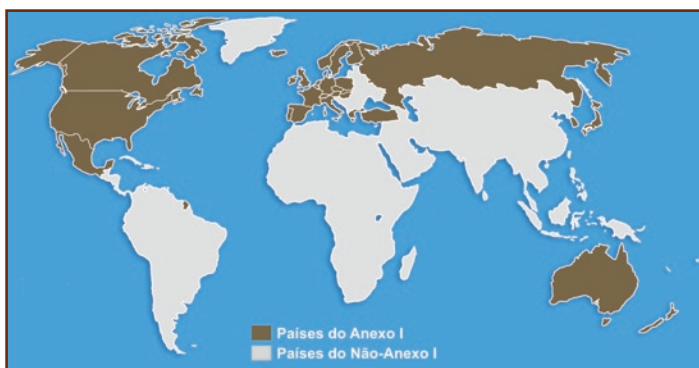
## Metas da convenção

A Convenção sobre Mudança do Clima, pelo acordo inicial de 1992, estabeleceu como meta a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera em um nível

preventivo quanto ao perigo de interferência antrópica no sistema climático.

A convenção instituiu obrigações de redução de gases de efeito estufa. Assim, as nações foram divididas em dois grupos. Vejamos:

- Anexo I – Países-membros da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), além dos países do antigo bloco soviético – grupo de países com compromisso de redução de seus GEE.
- Não-Anexo I – Todos os demais, principalmente os países em desenvolvimento – grupo sem compromisso de redução de seus GEE.



Rogério Castro (AEB/Programa AEB Escola),

Figura 4.1. O mundo dividido entre os países que assumiram o compromisso de redução de emissões de gases de efeito estufa aos níveis de 1990 e aqueles que devem adotar programas de mitigação aos efeitos das mudanças climáticas.

Os países do Anexo I concordaram em reduzir suas emissões até o ano de 2000, voltando aos níveis de 1990. Os países do Não-Anexo I se comprometeram a adotar programas nacionais de mitigação, sem ter que cumprir metas quantitativas.

Não foi fácil redigir a Convenção do Clima. Havia pouco consenso. As primeiras divergências começaram logo no início, quando ficou evidente que alguns países teriam mais facilidade de cumprir suas metas do que outros, por uma série de razões, tais como diferenças na matriz energética de cada país e interesses econômicos, e mesmo por motivos políticos.

## Entendendo o conceito de matriz energética

Matriz energética é uma representação quantitativa da oferta de energia, ou seja, da quantidade de recursos energéticos oferecidos por um país ou por uma região.

A análise da matriz energética de um país, ao longo do tempo, é fundamental para a orientação do planejamento do setor energético, que tem de garantir a produção e o uso adequados da energia, permitindo, inclusive, as projeções futuras.

Uma informação importante, obtida a partir da análise de uma matriz energética, é a quantidade de recursos naturais que está sendo utilizada. Dispor desta informação nos permite avaliar se a utilização desses recursos está sendo feita de forma racional.

Muitos conflitos de natureza política, entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, ocorreram mesmo antes da assinatura da convenção. A proposta dos Estados Unidos, por exemplo, era atingir emissões equivalentes ao nível de 1990 entre os anos 2008 e 2012. A União Européia pressionava no sentido de, em 2010, apresentar redução de 15% em relação ao nível de 1990. A Austrália, por sua vez, só concordava com a parte do acordo que permitia um crescimento razoável das emissões.

Os chamados países insulares, conhecidos pela sigla AOSIS, sigla para (Alliance of Small Island States, Aliança dos Pequenos Países Insulares), ameaçados pela provável elevação do nível do mar, propuseram metas bastante rigorosas de redução de emissões de gases de efeito estufa, consideradas impossíveis de serem alcançadas por todos os outros países.

Já países do Não-Anexo I, como o Brasil, a China e a Índia, diferentemente do Chile e da Argentina, não quiseram aceitar nenhuma imposição em termos de redução de emissões. Diante do impasse, o Senado norte-americano recomendou que o então presidente dos EUA, Bill Clinton, só assinasse o acordo de limitação ou redução de gases de efeito estufa caso os países do Não-Anexo I também concordassem com algum compromisso de limitação ou redução no mesmo período.

Na contramão de tantas divergências, houve países que cumpriram metas de redução facilmente. Vejam o exemplo da Inglaterra, que tinha decidido – por outros motivos – reduzir o uso do carvão como principal combustível fóssil e cumpriu sua meta muito antes de outros países desenvolvidos, que, inclusive, resistiram em assinar a Convenção sobre Mudança do Clima, como Estados Unidos, Austrália, Japão, Canadá e Noruega. Também foram resistentes a aderir à Convenção as novas repúblicas resultantes do desmoronamento do antigo bloco soviético.

### **O compromisso de China, Índia e Brasil**

China, Índia e Brasil abrigam 40% da população mundial e suas economias têm crescido proporcionalmente mais que a de países desenvolvidos. Na verdade, existe um descompasso que os leva a acelerar o ritmo de crescimento. Por isso, as atividades industrial e agrícola têm aumentado nesses países a ponto de isso ter servido de munição para que países do Anexo I tentassem negociar que as três nações fossem obrigadas a assumir o compromisso de reduzir suas emissões em determinado nível. O argumento usado pela diplomacia desses países de economia emergente para contestar a imposição foi o de que exigir a limitação de seu nível de emissões significaria inibir seu crescimento econômico, além de trazer impactos negativos na qualidade de vida de suas populações.



## **Fóruns de discussão dos países – Conferências das Partes**

O fórum em que os países signatários da convenção discutem suas diferenças e alinham suas expectativas chama-se Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas de Mudanças Climáticas (COP/CQNUMC). A primeira Conferência das Partes, a COP 1, ocorreu na Alemanha, em 1995.

Estabeleceu-se o Mandato de Berlim, que, entre outras questões, tinha por principal objetivo o fortalecimento dos compromissos assumidos em 1992 pelos países que compõem



### **Protocolo de**

**Quioto:** discutido e negociado na cidade de Quioto, no Japão, em 1997. Aberto para assinatura em 1998 e ratificado em 1999, o protocolo entrou em vigor só em 2005, com a ratificação da Rússia. Isso porque era necessário que 55% dos países que, juntos, produzem 55% das emissões o ratificassem. Constituiu-se de um tratado internacional com compromissos mais rígidos para a redução da emissão dos gases que intensificam o efeito estufa.

o denominado Anexo I, com a adoção de um protocolo ou de algum outro instrumento legal. Um grupo *ad hoc*, ou seja, criado especificamente para este fim, reuniu-se diversas vezes para discutir sobre o Mandato de Berlim e encaminhar proposta de como alinhar os interesses dos países signatários da convenção.

Na segunda Conferência das Partes (COP 2), realizada em 1996, o grupo finalizou um documento com as conclusões do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, o IPCC. Os especialistas recomendaram uma sistemática mais objetiva para a redução das emissões e, ao enfatizar a necessidade de se buscar o fortalecimento dos compromissos por meio de um instrumento legal, foi o grupo *ad hoc* da Convenção do Clima quem plantou as primeiras sementes do futuro

### **Protocolo de Quioto.**

O então presidente dos Estados Unidos, Bill Clinton, ao discursar na sessão final do grupo *ad hoc* do Mandato de Berlim, realizada em 1997, na Alemanha, reconheceu que os EUA são os maiores emissores de gases de efeito estufa do planeta, apesar de representarem apenas 5% da população mundial. Este foi um posicionamento político importante para a evolução do debate sobre o clima.

No entanto, quando George W. Bush assumiu a presidência dos Estados Unidos, o país mudou seu posicionamento político em relação ao tema das mudanças climáticas globais, alegando que isso teria um impacto negativo sobre a economia norte-americana.

Veio, então, a terceira Conferência das Partes (COP 3), em 1997, no Japão, quando o Protocolo de Quioto, que já vinha sendo elaborado, tomou seu formato conclusivo.

No ano seguinte, novas metas de redução de emissão de gases de efeito estufa (GEE) foram definidas pelo Protocolo de Quioto. Foi aí também que representantes dos Estados Unidos na Convenção do Clima criaram o *voluntary agreement* [acordo voluntário, na tradução livre], que propunha que os países

em desenvolvimento concordassem em assumir reduções de emissão de modo voluntário, já que a Convenção do Clima não os obrigava a isso. Alguns países em desenvolvimento, como a Argentina, aderiram voluntariamente à proposta.

Brasil, Índia e China sofreram pressões para que concordassem com esse instrumento. Com isso, o debate voltou, portanto, ao estágio em que estava em 1995, com a intenção de envolver os países do Não-Anexo I. Mas estes se recusaram a assumir qualquer compromisso de redução de emissões, por entender que isso poderia significar um freio em seu desenvolvimento econômico.

## **Na convenção, a Proposta Brasileira**

Foi no Japão, na terceira Conferência das Partes (COP 3), que a delegação brasileira apresentou oficialmente a proposta do Brasil, ampliando o princípio de “responsabilidades comuns, mas diferenciadas”. A proposta previa a criação de um fundo mundial, denominado Fundo de Desenvolvimento Limpo, que seria alimentado por contribuições advindas de penalidades arbitradas aos países industrializados que não cumprissem suas metas quantitativas de redução de emissões acordadas. Este fundo financiaria projetos em países em desenvolvimento para a implementação de ações orientadas ao desenvolvimento sustentável.

A proposta de criação do fundo serviu de inspiração para o chamado Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), do qual trataremos mais à frente. As sugestões contidas na Proposta Brasileira ganharam o apoio do grupo de países em desenvolvimento, também conhecido como G-77.

Esse grupo funciona no âmbito da Organização das Nações Unidas (ONU) e tem, na verdade, 130 países, mas seu nome foi mantido por razões históricas. Quando foi criado, em 1964, era constituído de 77 países, que se uniram para coordenar ações conjuntas de comércio e desenvolvimento, no âmbito das negociações internacionais promovidas pela ONU.



Pense  
Nisso!

## Responsabilidades comuns, porém diferenciadas

Imagine a seguinte situação: você e seus amigos são convidados a jantar com outro grupo em um restaurante caríssimo. Por uma razão qualquer, você e seus amigos se atrasam ao compromisso, chegando somente na hora do cafezinho final. É justo a conta ser dividida igualmente por todos os presentes, sem levar em consideração quem chegou depois?

Refletir sobre sua resposta pode lhe ajudar a entender o espírito do conceito de responsabilidades comuns, porém diferenciadas. A Convenção sobre Mudança do Clima está baseada neste princípio. Seu preâmbulo reconhece que “mudanças do clima da Terra e seus efeitos negativos são uma preocupação comum da humanidade” e que “a natureza global das mudanças do clima requer a maior cooperação possível de todos os países e sua participação em uma resposta internacional efetiva e apropriada, conforme suas responsabilidades comuns, mas diferenciadas, e respectivas capacidades e condições sociais e econômicas”.

Também é observado que “a maior parcela das emissões globais, históricas e atuais, de gases de efeito estufa é originária dos países desenvolvidos, que as emissões *per capita* dos países em desenvolvimento ainda são relativamente baixas e que a parcela de emissões globais originárias dos países em desenvolvimento crescerá para que eles possam satisfazer suas necessidades sociais e de desenvolvimento”.

A responsabilidade é comum porque os efeitos das mudanças climáticas recaem sobre todas as nações. Além disso, não é possível atribuir diretamente aos países a responsabilidade pela emissão da parcela que lhes cabe.

Por outro lado, a responsabilidade é diferenciada porque alguns países são mais responsáveis pela causa do aquecimento global do que outros. Isso ocorre por causa das diferenças de tamanho, população e nível de desenvolvimento. Em outras palavras, devido ao nível de interferência antrópica no sistema climático.

A Proposta Brasileira foi inovadora por não se ater unicamente às emissões de gases de efeito estufa de cada país relativas a 1990. Seu objetivo era o de vincular o histórico das emissões desses gases ao aumento da temperatura que estivesse relacionado a essas concentrações. Os argumentos da delegação brasileira baseavam-se na seguinte premissa: durante um século e meio, os países ricos puderam



desenvolver-se com emissões ilimitadas de gases de efeito estufa, devido a uma matriz energética baseada em combustíveis fósseis.

Portanto, a conclusão sugerida pelo Brasil é a de que esses países têm uma responsabilidade histórica quanto às mudanças climáticas que, na atualidade, são causadas pela intensificação do efeito estufa. Prova disso é que, hoje, o consumo de energia médio de cada habitante dos países ricos é mais elevado do que o dos moradores dos países em desenvolvimento, como se vê na Figura 4.2.

Já na tabela seguinte, pode-se verificar que a contribuição dos países do Anexo I, em termos de emissões e concentrações de gás carbônico, bem como sua contribuição no aumento da temperatura global, é bem superior à contribuição dos países do Não-Anexo I.

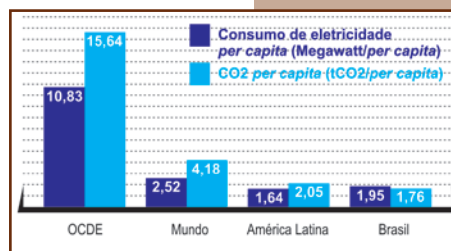


Figura 4.2. Comparativo do consumo de eletricidade e da emissão de gás carbônico dos países industrializados - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), com a média mundial, da América Latina e do Brasil.

### Contribuição dos países para o efeito estufa

	ANEXO I	NÃO-ANEXO I
Emissões em 1990*	75%	25%
Concentrações em 1990**	79%	21%
Contribuição no aumento de temperatura:***		
Em 1990	88%	12%
Em 2010	82%	18%
Em 2020	79%	21%

Fonte: Proposta Brasileira à Convenção de Mudança do Clima - 1997.

\* A emissão se refere à análise mais pontual em um determinado ano.

\*\* A concentração se refere à medição ou ao somatório de emissão e tempo de decaimento dos gases em um determinado ano.

\*\*\* O aumento de temperatura se refere entre outras coisas ao efeito gerado pela concentração dos gases.

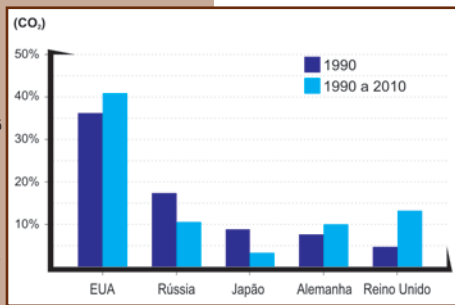


Figura 4.3. Responsabilidade das nações nas emissões de gás carbônico.

Na Figura 4.3, em que são considerados apenas os países do Anexo I e as emissões de gás carbônico, no período que vai de 1990 a 2010, verifica-se que os Estados Unidos e o Reino Unido lideraram o quadro, seguidos por Rússia, Alemanha e Japão. Nota-se também que a análise das responsabilidades das nações para a intensificação do efeito estufa muda substancialmente, caso

consideremos as emissões acumuladas.

## O MUNDO CHEGA A UM ACORDO – PROTOCOLO DE QUIOTO

Na quarta Conferência da Partes (COP 4), realizada em 1998, em Buenos Aires, um total de 39 países desenvolvidos assinaram o Protocolo de Quioto, incluindo os Estados Unidos. Mas ainda não foi dessa vez que o Senado norte-americano ratificou o documento, o que desobrigava o país de cumprir sua meta.

Estabeleceu-se, então, que o Protocolo de Quioto somente entraria em vigor 90 dias após a ratificação de, pelo menos, 55 países signatários da Convenção do Clima, incluindo os países desenvolvidos, que, juntos, contabilizariam pelo menos 55% do total de gases do efeito estufa emitidos na atmosfera. Este limite só foi atingido quando a Rússia finalmente ratificou o protocolo, em dezembro de 2004.

O Protocolo de Quioto entrou, finalmente, em vigor em 16 de fevereiro de 2005, com as seguintes determinações:

- Os países do Anexo I terão que reduzir, no período de 2008 a 2012, 5,2% de suas emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), em relação aos níveis de 1990.
- Os países do Anexo I terão que reduzir seus níveis de hidroclorofluorcarbono (HFC), perfluorcarbono (PFC) e hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) aos níveis do ano de 1995.

- É permitido o “comércio de emissões” entre países do Anexo I. Países que reduzirem mais do que sua meta podem vender créditos para aqueles que não conseguirem alcançar sua meta.
- É permitido aos países do Anexo I que não conseguirem cumprir suas metas de redução de emissão utilizar o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, “pagando” pelo não-cumprimento das metas com investimentos em projetos em países do Não-Anexo I que reduzam emissões e promovam o desenvolvimento sustentável.

Na seqüência, em 1999, foi realizada a quinta Conferência das Partes (COP 5), em Bonn, que teve como principal destaque a criação dos mecanismos econômicos flexíveis para a redução de gases de efeito estufa. As Conferências das Partes seguem acontecendo anualmente. Foi na décima primeira conferência, a COP 11, realizada em 2005, em Montreal, Canadá, que começaram os debates sobre as regras a serem seguidas depois do primeiro período de compromisso de Quioto, ou seja, a partir de 2012.

## Os instrumentos do protocolo

O Protocolo de Quioto prevê o uso de três instrumentos, conhecidos por mecanismos de flexibilização, a serem empregados, de forma complementar, pelos países para o alcance de suas metas de redução das emissões dos gases intensificadores de efeito estufa. São eles:

- Comércio de Emissões (CE).
- Mecanismo de Implementação Conjunta (IC).
- Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

Os dois últimos são denominados de mecanismos baseados em projetos, porque, nesses casos, as reduções das emissões são derivadas de investimentos em projetos estruturados de forma a reduzir as emissões antropogênicas, por fontes, ou com o objetivo de incrementar a absorção das emissões antropogênicas por sumidouros de gases de efeito estufa.

A inclusão desse tipo de mecanismo de flexibilização é justificada pelo caráter global dos desafios postos ao planeta pelas mudanças climáticas, o que torna equânimes os efeitos das reduções das emissões dos GEE, independente do local de origem das emissões. Nesse contexto, é facultado aos países com compromissos de redução e limitação de emissões – que considerem ser mais dispendioso reduzir suas emissões em seu próprio território – optar por compensar essas reduções por meio da compra de emissões evitadas em um outro país, a um custo inferior.

Como determinado no Protocolo de Quioto, tais mecanismos de flexibilização estão orientados a dois objetivos:

- Facilitar aos países do Anexo I da Convenção do Clima o alcance de seus compromissos de redução e limitação de emissões.
- Contribuir para o desenvolvimento sustentável dos países em desenvolvimento, países não incluídos no Anexo I, via transferência de tecnologias limpas, especialmente aquelas que usem fontes renováveis de energia.

Os mecanismos de Comércio de Emissões e Implementação Conjunta somente têm validade para a implementação de projetos entre os países do Anexo I e têm por objetivo contabilizar as reduções líquidas de emissões de gases de efeito estufa. O protocolo também prevê que a execução desses projetos ocorra nos próprios países que compõem o Anexo I. Aos países que estão fora do Anexo I só é permitido participar do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

## **Uma meta diferente para cada país**

Ao rever a meta original da Convenção do Clima e definir uma média de redução de 5,2% na emissão de gases de efeito estufa nos países desenvolvidos até 2012, o Protocolo de Quioto estabeleceu uma meta para cada país.

Cada país do Anexo I declarou a meta de redução que desejava e/ou poderia atingir. Estas metas estão no Anexo B

do Protocolo de Quioto. Somadas, as declarações de cada país deste grupo resultam em uma redução total de 5,2% em relação aos níveis de 1990.

Os Estados Unidos, por exemplo – que acabaram não assinando o Protocolo de Quioto –, precisariam reduzir 7% de suas emissões em relação aos níveis de 1990. Para cumprir este objetivo, o país teria que redefinir suas metas de crescimento econômico projetadas até 2010.

Algumas nações poderiam até emitir gases em níveis acima dos de 1990, entre elas a Austrália, a Islândia e a Noruega. Outros países se comprometeram em manter, no período de 2008 a 2012, o mesmo nível de emissão de 1990, entre eles a Federação Russa, a Nova Zelândia e a Ucrânia.

As emissões de CO<sub>2</sub> dos países da ex-União Soviética, em 1997, já estavam bem abaixo das emissões em 1990. Ou seja, neste caso, as metas de estabilização equivalem na prática a uma autorização para emitir mais.

Portugal, Grécia, Espanha, Irlanda e Suécia também apresentam projeções para 2010 de aumento em seus percentuais de emissão, mas no Protocolo de Quioto esses países declararam metas de redução, cada um de 8%.

## **Trocando emissões por ações ambientais**

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) [Clean Development Mechanism] funciona da seguinte forma: empresas ou governos de países industrializados compram créditos de projetos que reduzem as emissões de GEE em países em desenvolvimento e promovem, ao mesmo tempo, o desenvolvimento sustentável. Essas nações podem usar esses créditos para atingir sua própria meta de redução das emissões.

O grande atrativo do MDL é que ele promove o investimento, por parte das nações mais ricas do planeta, em novas tecnologias e eficiência energética nos países do Não-Anexo I. Isto favorece o crescimento sustentável dessas nações.

Depois de aprovado, em linhas gerais, no artigo 12 do Protocolo de Quioto, o MDL levou alguns anos até ser implantado. Era preciso estabelecer as diferentes metodologias para comprovar a redução das emissões, em várias áreas, tais como indústria, geração de energia, agricultura, tratamento de lixo etc. Além disso, alguns critérios precisavam ser estabelecidos, para se fazer justiça a projetos que realmente contribuíam para diminuir o aquecimento global. O mais importante desses critérios, ainda hoje usado, é a chamada adicionalidade.



Saiba  
mais...

### **Adicionalidade, uma definição importante**

Adicionalidade é o termo utilizado pelo Conselho Executivo do MDL para verificar se uma atividade traz benefícios adicionais para reduzir emissões, em relação a uma atividade similar, que, de toda forma, seria realizada. A intenção é evitar que empreendimentos empresariais ganhem crédito sem fazer qualquer esforço adicional além de sua área de atuação. Por exemplo: a construção de uma hidrelétrica, por si só, não reduz a emissão de gases do efeito estufa. Mas se o projeto comprova seu efeito de “adicionalidade” na redução das emissões, ele pode obter créditos via MDL. É o caso de hidrelétricas projetadas para locais onde a principal fonte energética é a queima de carvão mineral. Neste caso, há uma substituição desse combustível, com conseqüente redução das emissões de CO<sub>2</sub>.

Já foi dito que o CO<sub>2</sub> emitido permanece na atmosfera por centenas de anos e seu efeito no aumento da temperatura é relacionado à somatória da sua concentração na atmosfera ao longo do tempo. De acordo com os argumentos apresentados na Proposta Brasileira, em Quioto, 85% do aumento atual da temperatura global de origem antropogênica advém dos países do Anexo I com cerca de 20% da população do mundo. Em contrapartida, apenas 15% das emissões que contribuem para o aquecimento da Terra têm sua origem nos países em desenvolvimento, onde se encontra 80% da população mundial.

Com esta argumentação, a diplomacia brasileira – com o suporte técnico do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) e de setores da comunidade científica que trabalhavam nesse assunto

– conseguiu consolidar a posição do Brasil contrária ao *voluntary agreement*, o acordo voluntário. O modelo apresentado pelo governo brasileiro permitia definir a contribuição de cada país para o aumento da temperatura global, pela soma das emissões de cada um dos países, desde a Revolução Industrial.

A proposta foi de distribuição de responsabilidades entre os países do Anexo I, de tal modo que aqueles que ultrapassassem certos limites no aumento de temperatura global que causavam pagariam uma penalidade, calculada em dólar, por grau Celsius de elevação. Os recursos iriam para um Fundo de Desenvolvimento Limpo, destinado a financiar projetos para evitar emissões nos países em desenvolvimento. O G77 assumiu a proposta, aglutinando 130 países em desenvolvimento, incluindo a China.

Os Estados Unidos se opuseram à criação do fundo, mas aceitaram, em seu lugar, o MDL como instrumento de compensação. Pela proposta, empresas de países ricos, para compensarem o crescimento atual de suas emissões, podem investir na redução de emissões em países em desenvolvimento a menor custo.

Ao contrário do fundo, cuja proposta era objetiva, o MDL, como foi proposto na época, era vago e levou vários anos de discussão até que fosse regulamentado. Apesar de terem atuado em Quioto contra a proposta do fundo e trabalhado pela criação do MDL, os Estados Unidos, no governo do presidente Bush, terminaram por não referendar o protocolo. Com a ausência dos Estados Unidos, houve a ameaça de que o protocolo não entrasse em vigor de acordo com as regras aprovadas.

### **Ganhando créditos por reduzir emissões**

Um aterro sanitário de Nova Iguaçu, município do estado do Rio de Janeiro, foi o primeiro projeto brasileiro aprovado no âmbito do MDL. A aprovação veio em novembro de 2004, depois que foram definidos os critérios básicos do mecanismo de compensação. Com isso, o projeto ganhou créditos por reduzir a emissão de gases de efeito estufa, podendo, inclusive, vendê-los para o país que se interessar.



## Projetos de créditos de carbono do Brasil, da Índia e da China

A maioria das ações voltadas às implementações de projetos MDL registra-se na Índia, no Brasil e na China. Embora bastante diferentes entre si, no que diz respeito às suas características geográficas, culturais, políticas e sociais, esses países têm em comum sua grande extensão territorial, grande população e grande potencial de crescimento econômico.

A ilustração a seguir mostra a distribuição percentual dos projetos MDL nos países com mais iniciativas nesse sentido. No total de projetos com registro no Conselho Executivo, que analisa os pedidos, o Brasil está na terceira posição em número de atividade de projeto, com 310 projetos. A China tem o maior número (1.343) e, em segundo, vem a Índia (1082). Os dados referem-se à atualização feita em agosto de 2008, conforme se vê na Figura 4.4.

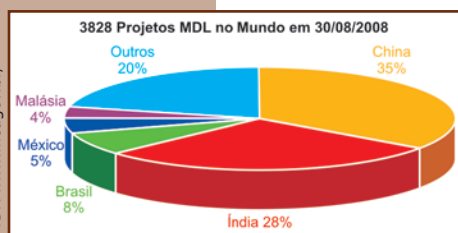


Figura 4.4. Percentual de projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo em andamento no mundo, nos países com mais iniciativas deste instrumento.

Vale ressaltar que China e Índia possuem uma matriz de geração de energia baseada em combustíveis fósseis, diferentemente do Brasil, que possui uma matriz energética majoritariamente hídrica. Com isso, os projetos de redução de emissões de gases nesses dois países, inevitavelmente, serão mais numerosos.

No Brasil, a implantação do MDL caracteriza-se pela diversidade dos projetos. A utilização de gás e biomassa para a geração de energia vem sendo adotada por indústrias e aterros sanitários em vários estados.

Outra modalidade é o estímulo ao aproveitamento das fontes renováveis de energia, como parques eólicos (energia do vento), biomassa, energia solar e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs). Há projetos candidatos ao MDL que fazem uso da co-geração energética a partir do bagaço de cana e substituição de óleo combustível por gás natural em indústrias.



Em Paulínia, São Paulo, uma única planta industrial diminuiu em 5,9 milhões de tCO<sub>2</sub>e (tonelada de dióxido de carbono equivalente) seu lançamento anual de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) na atmosfera, implantando um processo de destruição térmica desse resíduo. A tecnologia dos biocombustíveis, tais como o álcool produzido a partir da cana-de-açúcar e o biodiesel, a partir de espécies ricas em óleo – como a mamona, soja, dendê, algodão –, é incentivada pelo governo e configura-se como importante alternativa para projetos candidatos ao MDL.

*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, de acordo com seu potencial de Aquecimento Global (na sigla em inglês, GWP – Global Warming Potential).*



A contribuição global dos GEE reduzidos pelas atividades de projeto no âmbito do MDL desenvolvidas no Brasil é apresentada na Figura 4.5. Nela, observa-se que a maior quantidade trata de projetos destinados à redução de gás carbônico, seguido pelo metano (CH<sub>4</sub>) e pelo óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

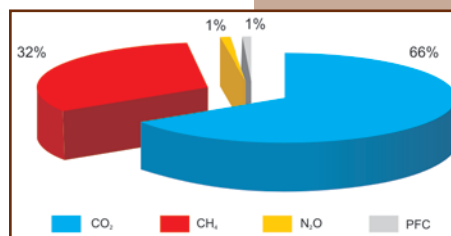


Figura 4.5. Projetos brasileiros por tipo de gás do efeito estufa.

Já a Figura 4.6 mostra como estão distribuídos os projetos MDL por atividade. Verifica-se que o setor energético é o responsável pela maior quantidade de projetos.

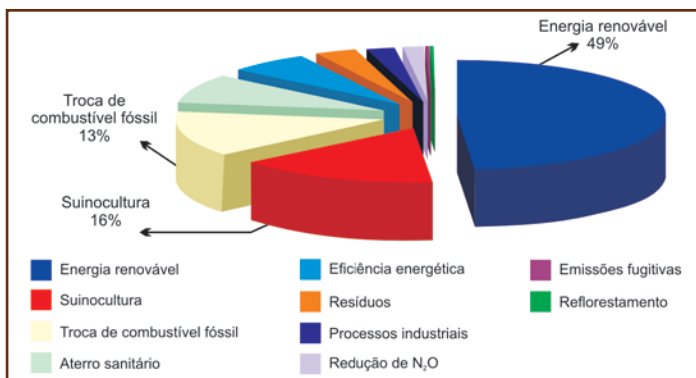


Figura 4.6. Distribuição dos projetos MDL por atividade.

André Silva (AEB/Programa AEB Escola). MCT. [www.mct.gov.br/](http://www.mct.gov.br/)

Rogério Castro (AEB/Programa AEB Escola). MCT. [www.mct.gov.br/](http://www.mct.gov.br/)



## Críticas ao MDL

E se uma nação industrializada conseguir créditos suficientes em um país em desenvolvimento, isto significa que ela pode continuar poluindo em seu território? Teoricamente, sim, pois o que está sendo gerenciado no MDL são especificamente os gases que intensificam o efeito estufa (impacto ambiental global), não intervindo de maneira direta nos impactos locais e/ou regionais, como a emissão de particulados, chuva ácida, impactos visuais e sonoros etc.

Esta é a principal crítica que se faz ao MDL. Apesar de suas boas intenções, na prática, os créditos de carbono criam um novo mercado, em que países ricos pagam aos pobres para que, no somatório global, se reduzam as emissões dos gases intensificadores de efeito estufa gerados pelo ser humano, sem interferir nas alternativas locais dos países ricos. Assim, cumprem o compromisso com o Protocolo de Quioto, mas não alteram seu modelo de desenvolvimento nem padrões de consumo.

Como todo mercado, o dos créditos de carbono gera especulação e a procura de investimentos mais vantajosos, ou seja, projetos mais baratos, que garantam boa quantidade de emissões evitadas. Considerando o compromisso de promoção do desenvolvimento sustentável nos países que sediam os projetos, presente nas concepções de construção de projetos MDL, as escolhas têm privilegiado aqueles mais atrativos, tendo como preponderância mais o critério do custo-benefício imediato do que os efeitos sociais e econômicos de longo prazo.

Uma preocupação dos ambientalistas são os excessivos trâmites burocráticos necessários para a aprovação de projetos em esfera internacional. Quem chancela as ações MDL é um Conselho Executivo, que pertence à Conferência das Partes da Convenção do Clima da ONU (COP). Mas, antes disso, o projeto precisa ser aprovado pela autoridade nacional – (no caso do Brasil, a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (CIMGC). Elaborar um projeto com esse grau de complexidade, mesmo de pequena escala, requer investimentos consideráveis em pesquisas e consultoria, coisa que apenas grandes empresas são capazes de fazer. Isso dificulta o acesso aos benefícios de iniciativas locais de menor porte.

## CARBONO, UMA NOVA MOEDA

Ao tornar o carbono um “produto” comercializável, os mecanismos flexíveis do Protocolo de Quioto, como o da Implementação Conjunta, inspiraram o surgimento de Bolsas de Valores independentes para negociar a redução dos gases do efeito estufa. A diferença é que as transações nesses mercados não passam pelo crivo das Nações Unidas (ONU), nem servem como certificado para os países desenvolvidos cumprirem suas metas do Protocolo de Quioto.

Ainda assim, especialistas da área econômica consideram que os créditos de carbono são um mercado promissor, por causa da crescente preocupação das empresas em reduzir suas emissões. Elas têm dois fortes motivos para isso: agradar os consumidores – que estão mais exigentes quanto aos efeitos socioambientais de suas escolhas – e preparar-se para medidas que, mais cedo ou mais tarde, os governos adotarão para cumprir seus compromissos internacionais.

A primeira Bolsa de Valores com empresas que, voluntariamente decidiram reduzir suas emissões, foi criada em dezembro de 2003, nos Estados Unidos. A Chicago Climate Exchange (CCX) nasceu tendo em carteira 13 empresas, cuja meta era diminuir 4% de seus gases. Dois anos depois, já eram 110 associados. Além de empresas, a CCX também tem em sua lista prefeituras e o estado americano do Novo México.

Seguindo o exemplo americano, outras bolsas de créditos de carbono foram criadas no Canadá, na Europa e até no Brasil, onde, desde 2005, a Bolsa de Valores do Rio de Janeiro abriga o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE).

A importância do engajamento empresarial na agenda das mudanças climáticas não deve ser menosprezada. Afinal, normalmente não são os países, com seus governos e população, que emitem gases do efeito estufa. Os emissores são os setores industrial e de transportes, além do agrícola.

O peso do setor produtivo nas mudanças climáticas faz com que seja urgente a implementação de ações que, juntamente com as ações dos governos, devem ser conduzidas de forma a adotar medidas mitigatórias em curto, médio e longo prazo.

## CONCLUINDO

É inegável o comprometimento de vários países na tentativa de buscar uma solução para reduzir as emissões de gases que intensificam o efeito estufa e, conseqüentemente, contribuem para aquecer o planeta.

Mas a organização dos países em torno de um consenso do tamanho da responsabilidade de cada um não é tão harmônica, já que os interesses são diversos e, muitas vezes, conflitantes.

Pode-se dizer, quanto ao entendimento político-institucional, que existe um consenso sobre a necessidade de busca de soluções globais acerca da redução das emissões. Neste sentido, percorreu-se um caminho, se não desejável, pelo menos, possível.

Entre as conquistas das Nações Unidas na busca de soluções e no trabalho de unir esforços, pode-se destacar a Convenção-Quadro das Nações Unidas para a Mudança Climática e o Protocolo de Quioto como instrumentos para dar uma resposta global ao problema do clima.

Esse trabalho também teve como resultado o estímulo à implementação de uma série de políticas, bem como à criação de um mercado internacional do carbono, orientado para o alcance dos objetivos estabelecidos nos instrumentos internacionais.

O caminho, agora, leva à necessidade de intensificação das negociações, visando à definição de parâmetros que norteiem os países no que diz respeito às emissões de gases de efeito estufa.

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 seqüência, 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.

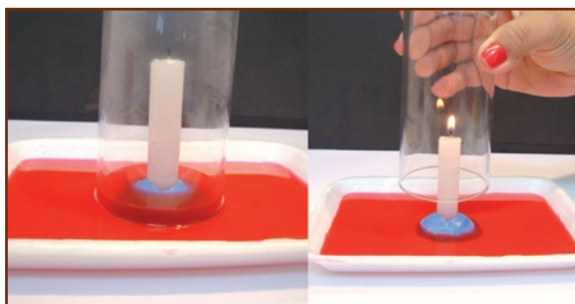


Figuras 4.8A, B e C. Demonstração do procedimento 1.

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

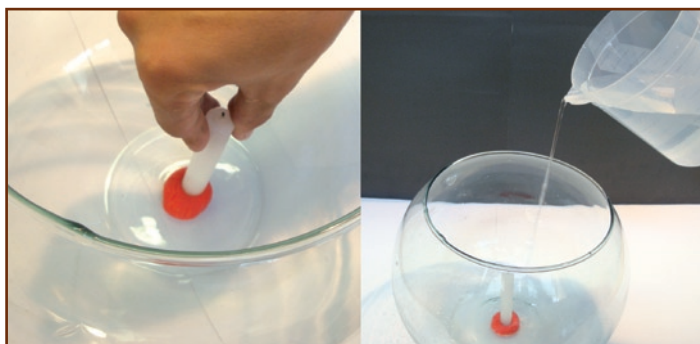
- 2 velas
- Folhas de árvores ou arbustos recém-coletadas
- Fósforos ou isqueiro
- 1 massa de modelar
- Água
- 2 recipientes de vidro com tampa



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.

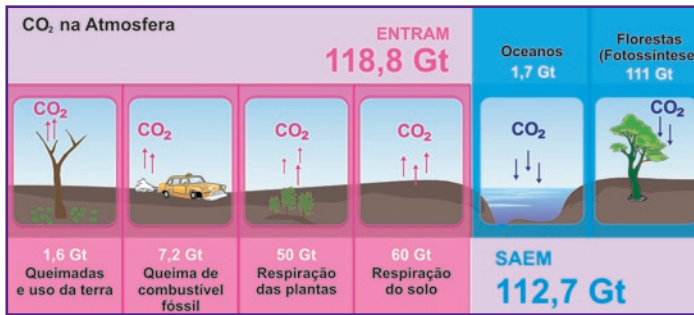
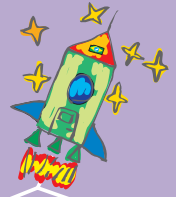


Figura 5.2. Nem é preciso uma calculadora à mão para chegar à conclusão de que, no balanço do gás carbônico, sobram 6,1 giga-toneladas na atmosfera. Essa diferença ocorre em função do CO<sub>2</sub> que foi lançado na atmosfera pelas plantas, solo e atividades humanas menos o que foi absorvido pelas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

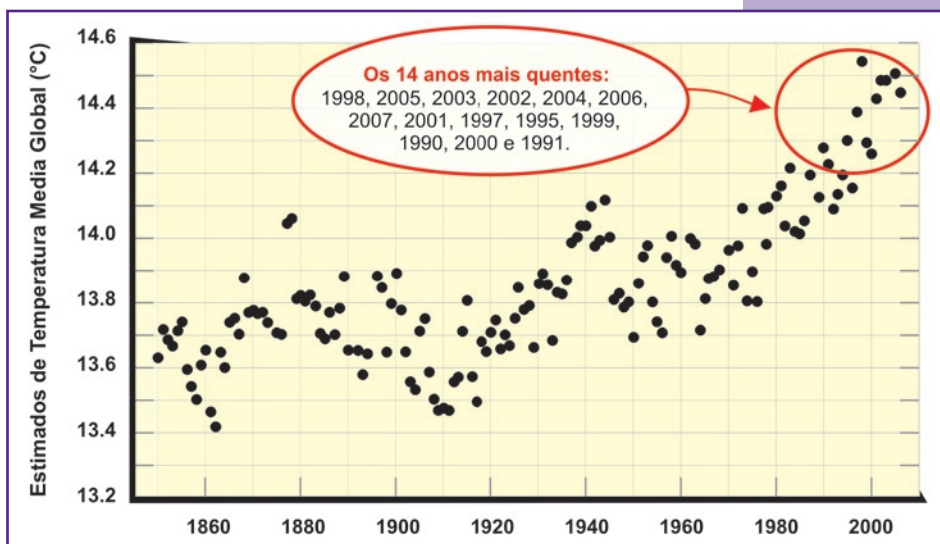


Figura 5.3. A temperatura na Terra variou, em média, 0,4°C, desde 1990. Também se constatou que a temperatura vem aumentando desde o período industrial, conforme se vê na representação acima. Nota-se que os 14 anos mais quentes foram registrados a partir de 1990.

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.

- A temperatura no Hemisfério Norte aumentou mais do que em qualquer século dos últimos mil anos.
- A década de 1990 foi a mais quente do milênio.
- Mudanças generalizadas nas temperaturas extremas foram observadas ao longo do último século. Dias frios, noites frias e geadas tornaram-se menos freqüentes, enquanto dias quentes, noites quentes e ondas de calor tornaram-se mais freqüentes.

## 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 freqüência de secas severas no verão aumentou. Em algumas regiões da Ásia e da África, a freqüência 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 freqüência 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/Lituanian,  
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

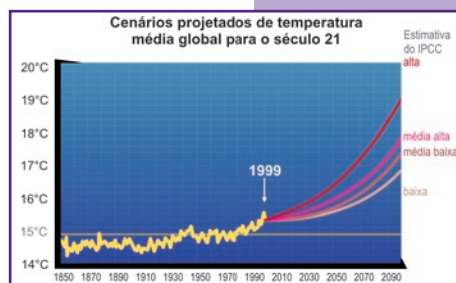


Figura 5.8. As estimativas analisadas pelo IPCC mostram que, no século 21, a temperatura média do planeta aumentará 1,8°C, em um cenário de baixas emissões, podendo chegar a 4°C no cenário de altas emissões.

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.

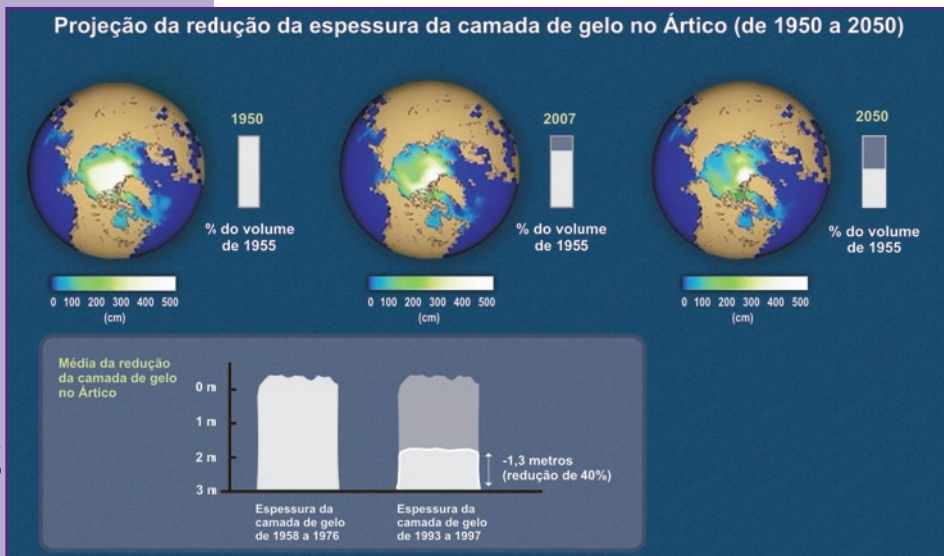


Figura 5.9. Os estudos indicam que a espessura do gelo no Ártico diminuiu 40% nas últimas décadas. A média de redução da espessura do gelo no Ártico, por década, é de 2,7%.

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.

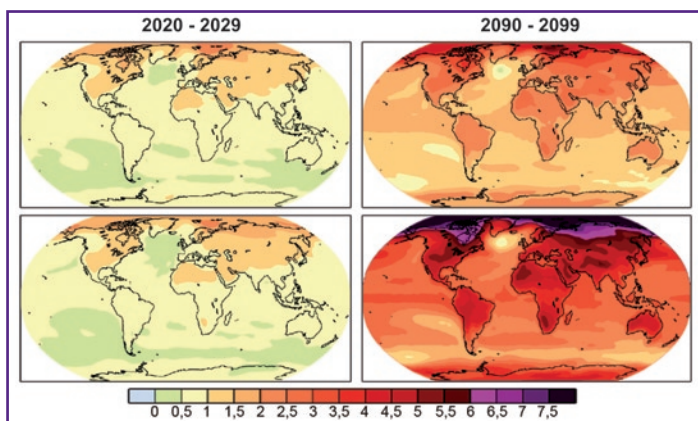


Figura 5.10. Projeções de mudança de temperatura para os períodos de 2020-2029 e de 2090-2099, nos cenários de baixas (figuras superiores) e de altas (figuras inferiores) emissões, a partir dos modelos de circulação geral da atmosfera e dos oceanos.



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.

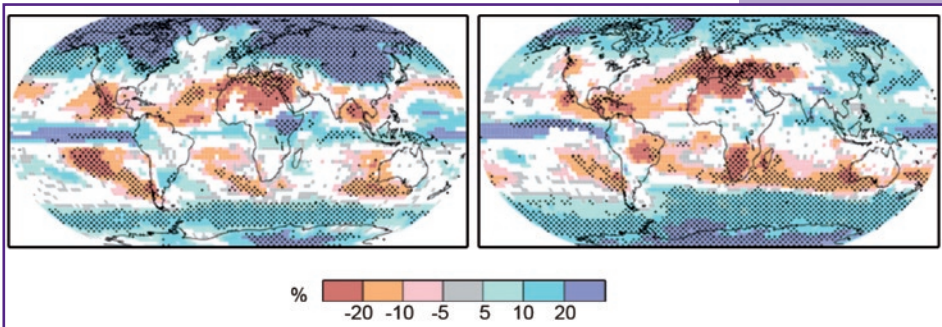


Figura 5.12. Mudanças prováveis no volume de chuva, no final do século 21 (2090-2099), em relação ao final do século 20 (1980-1999), para o verão (esquerda) e inverno (direita), projetadas em um cenário de altas emissões (A1B). As áreas brancas são onde menos de 66% dos modelos concordam com o sinal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

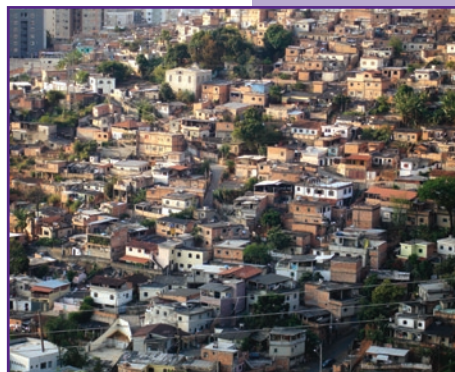


Figura 5.14. Comunidades pobres são as mais vulneráveis e também as mais suscetíveis aos efeitos das mudanças climáticas.

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.

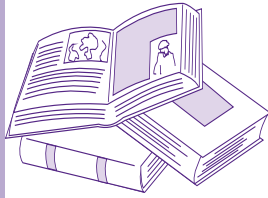
## CONCLUINDO

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.

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 disponibi-

lidade 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.

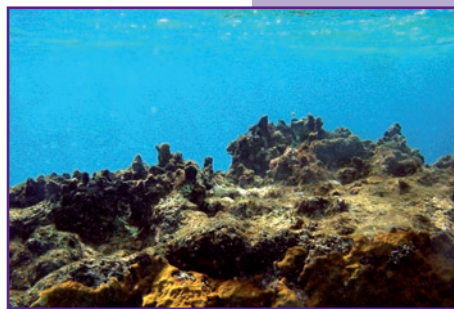


Figura 5.21. Erosão e branqueamento de corais podem ocorrer nas pequenas ilhas dos trópicos e de latitudes mais altas. Como consequência, haverá prejuízo para os criatórios de peixes e o turismo local poderá ser afetado.

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.

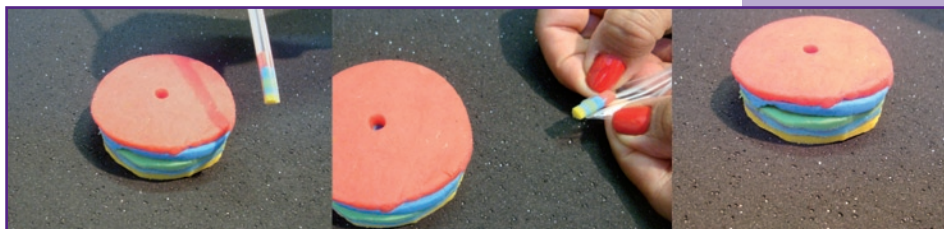
Figura 5.24. Demonstração do procedimento 2.



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

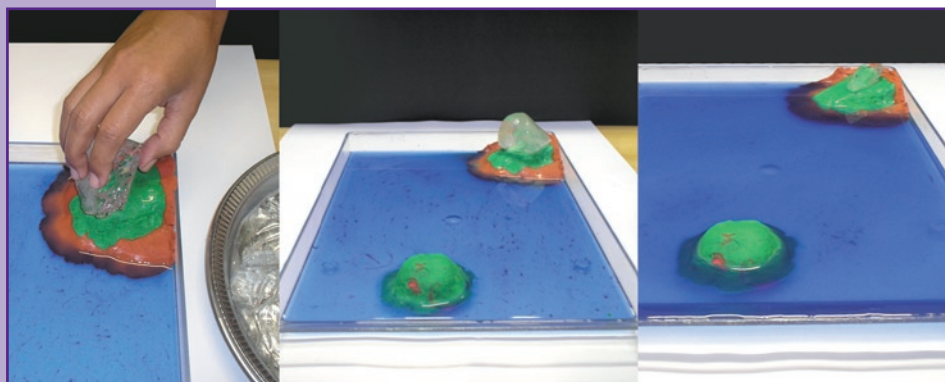
1. Com a massa de modelar prepare um monte para representar o “continente” e o coloque na lateral da bacia plástica.
2. Com um outro pedaço de massa, prepare outro monte, sendo este pequeno, para representar uma ilha no centro da bacia.
3. Coloque água dentro da bacia, de maneira que a “ilha” feita com 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.



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

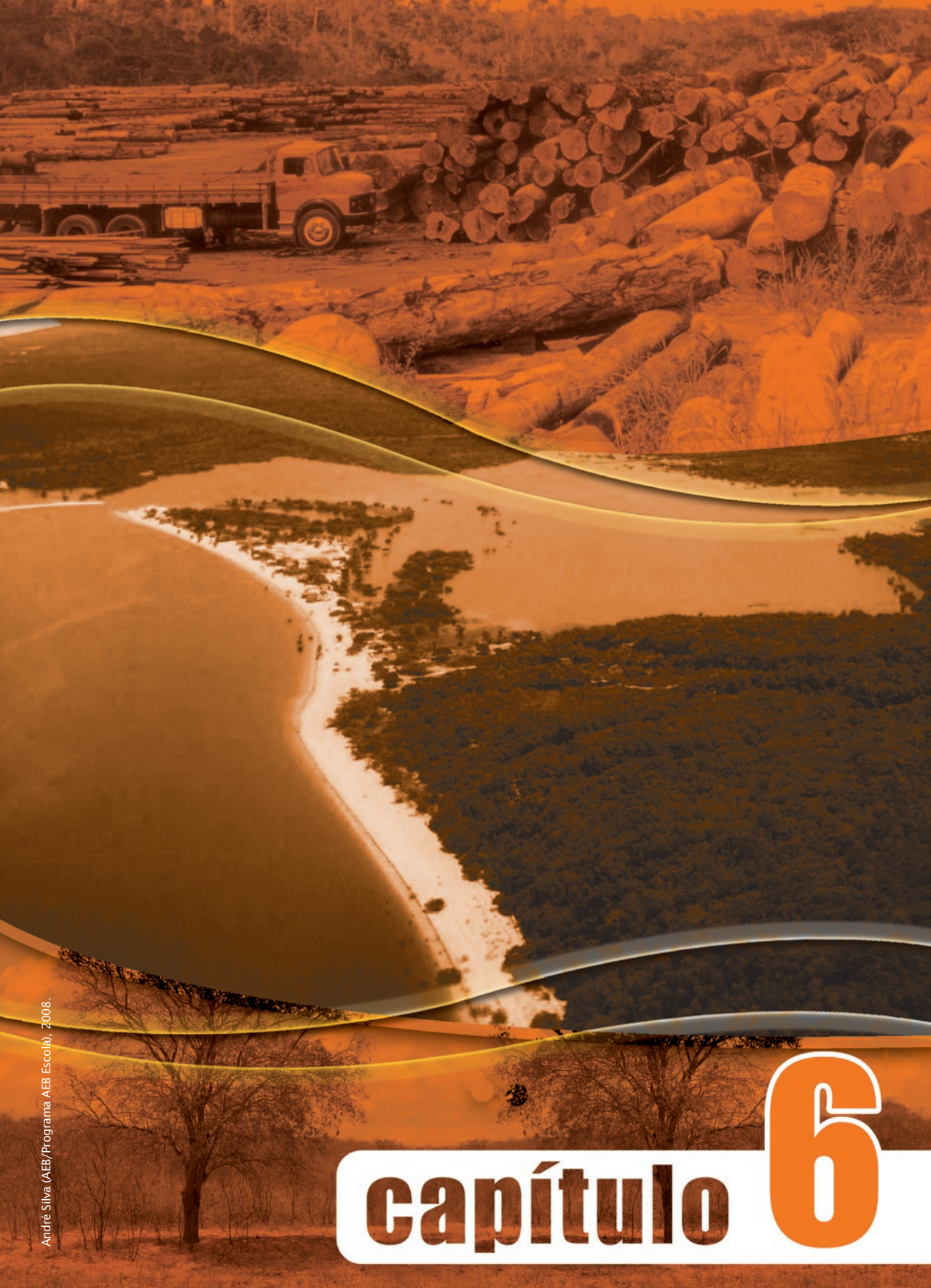
Apesar de o derretimento do gelo sobre as montanhas e sobre os continentes elevar o nível do mar, derretimento do mar congelado no pólo norte ou dos *icebergs* no oceano não contribuirá para a elevação do nível do mar.

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%

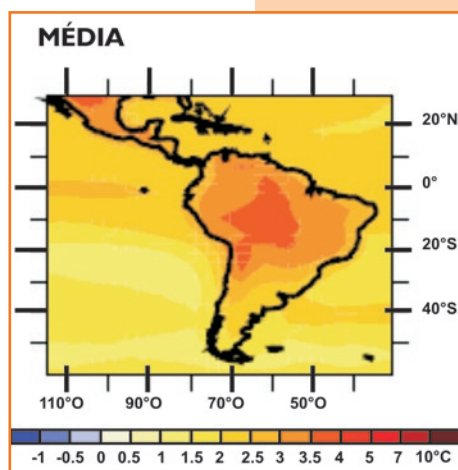


Figura 6.1. A mudança de temperatura, na média anual, projetada para o período de 2089 a 2099, final do século 21, é de até 4°C. Em projeções mais dramáticas, a temperatura pode chegar a aumentar 5°C.

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



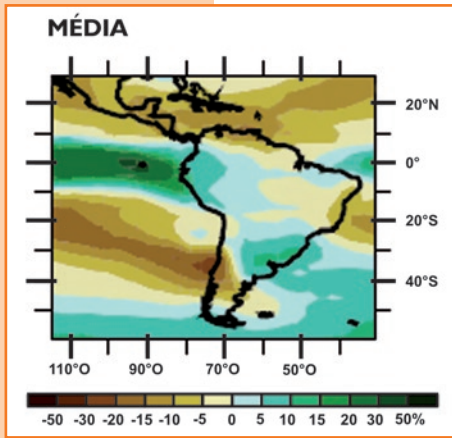


Figura 6.2. Projeção de mudanças da chuva média anual (em %), na América do Sul, no final do século 21, considerando o cenário de transição para emissões de gases de efeito estufa (A1B).

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

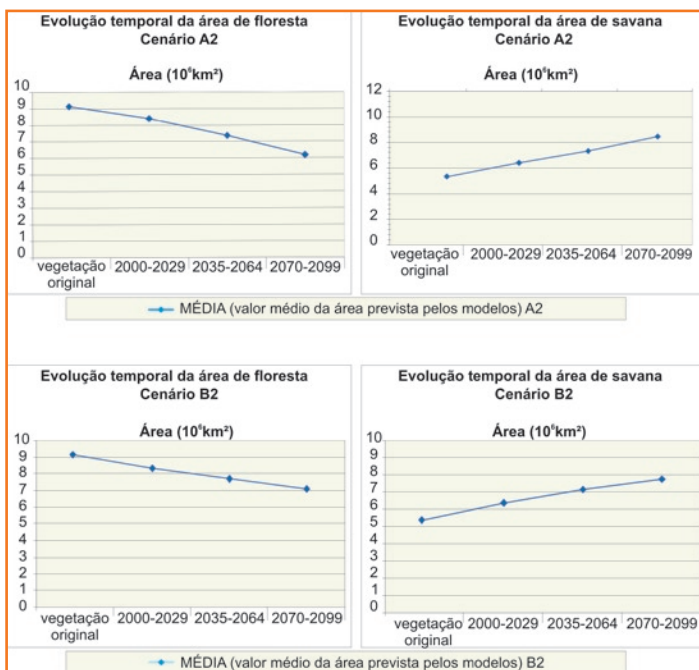
O Brasil, com a sua dimensão continental, apresenta diversos ecossistemas que foram sendo definidos e delimitados ao longo do tempo, em decorrência de características climáticas, topográficas, biogeoquímicas e de solo. É um país conhecido por sua megabiodiversidade, ou seja, tem uma diversidade inigualável 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.

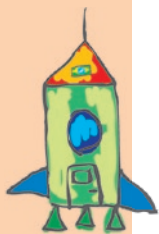
A seca de 2005 constitui-se em outro exemplo que mostrou a vulnerabilidade da Amazônia ao fogo. A falta de chuva durante o verão daquele ano, na Amazônia Ocidental, aliada à baixa umidade do ar, gerou condições favoráveis para o espalhamento do fogo, que foi de uma extensão 300% maior do que em 2004. 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

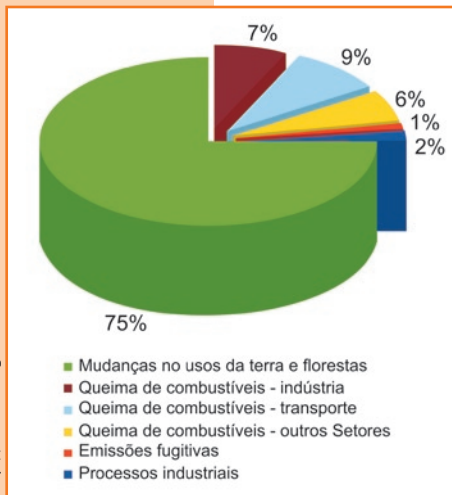


Figura 6.4. Os usos que se faz da terra são a principal fonte de gás carbônico no Brasil.

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.

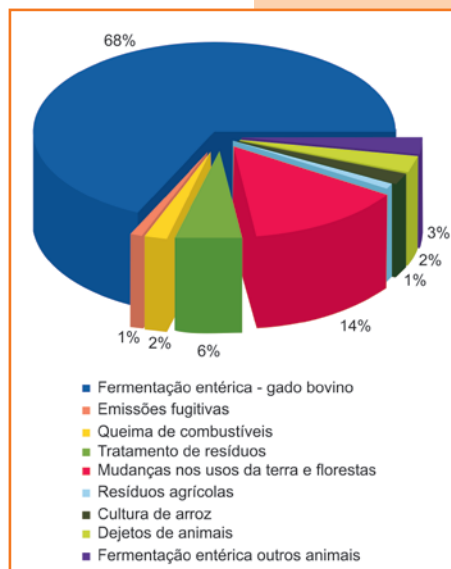


Figura 6.5. Segundo gás mais importante na intensificação do efeito estufa, o metano, no Brasil, vem, principalmente, da fermentação do esterco.

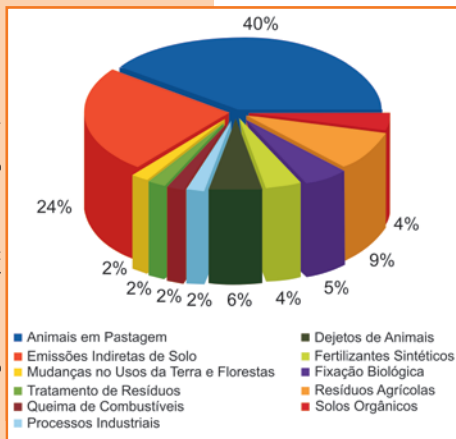


Figura 6.6. O esterco do gado e o uso de fertilizantes são as principais fontes de emissão do óxido nitroso, outro gás responsável pela intensificação do efeito estufa.

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.

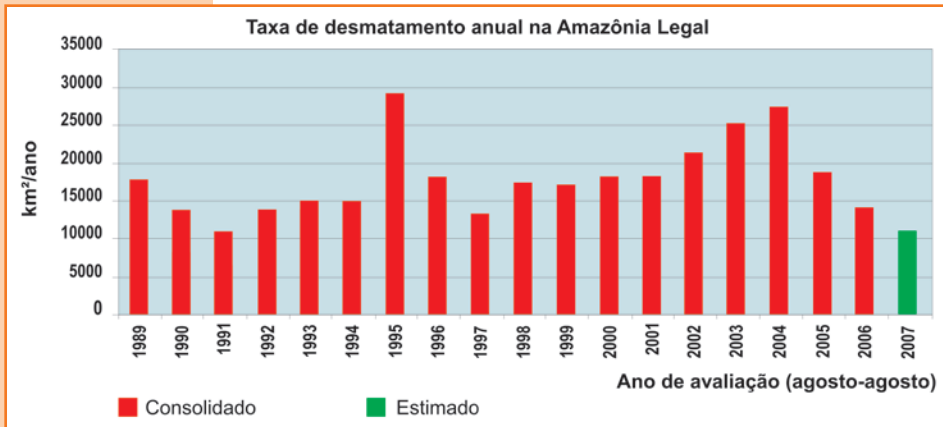


Figura 6.7. Desde o lançamento do Plano de Combate ao Desmatamento, em 2004, conseguiu-se a redução da taxa anual de desflorestamento na Amazônia Legal, com perspectivas de que a taxa volte ao nível de 1997.

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.



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

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

## 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.aaas.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.

fixam carbono, por causa do processo de fotossíntese, armazenando o carbono removido da atmosfera na biomassa acima do solo.

Nas florestas nativas, observa-se que a maioria das árvores já alcançou a sua idade adulta e, nestas, a absorção de carbono é compensada com a liberação de carbono pela decomposição da matéria orgânica e da respiração da própria floresta. Somente as florestas em pleno crescimento tiram mais carbono do ar do que liberam. Portanto, a preservação do estoque florestal, o plantio e a recuperação de florestas podem contribuir significativamente para a mitigação do ritmo do aumento das concentrações dos gases de efeito estufa (GEE), possibilitando também outros benefícios, tais como a conservação dos solos e da biodiversidade.



## ATIVIDADES

### NUVENS E NÚCLEOS

Adelino Carlos de Souza (Uerj) e Giovanni Dolif Neto (Inpe).

#### Apresentação

Quando a umidade relativa do ar chega a 100%, o ar fica saturado e o vapor de água começa a se condensar em gotículas. Quando essas gotículas se formam próximo ao chão, forma-se o nevoeiro ou névoa. Acima do chão, essas gotículas começam a fazer surgir uma nuvem.

O vapor de água vai se condensar normalmente apenas sobre uma superfície, que, no caso dessas gotículas, são pequenas partículas de poeira, sal, pólen etc. Essas partículas de poeira no ar, sobre as quais ocorre a condensação, são chamadas de núcleos de condensação. Sobre o continente, existem cerca de 5 milhões a 6 milhões desses núcleos em cada litro de ar. Sobre os oceanos há cerca de 1 milhão também para cada litro de ar. Quanto maior for essa partícula que irá servir de núcleo de condensação, maior será a gota a ser formada.

#### Objetivo

Mostrar que, para a formação de uma gota, é necessário que haja uma partícula sólida sobre a qual o vapor irá se condensar.

#### Sugestão de problematização

Com exceção do ar supersaturado (umidade relativa maior que 100%), o vapor vai se condensar apenas se houver a presença de núcleos de condensação suspensos no ar. Você



pode fazer gotículas de água rapidamente adicionando grandes partículas ao ar.

## Materiais

- 1 garrafa de PET de 2 litros
- 1 pitão de câmara de ar de pneu de bicicleta
- 1 bomba de encher pneu de bicicleta
- Água morna
- Fósforo

## Procedimentos

1. Fixe o pitão de câmara de ar na tampinha da garrafa.
2. Coloque um pouco de água morna na garrafa.
3. Acenda o fósforo, apague-o, jogue-o na garrafa e em seguida feche-a.
4. Aperte a garrafa e depois solte. Observe a formação de uma nuvem na garrafa.



Figura 6.11. Materiais.

Acervo AEB.



Figura 6.12. Demonstração do procedimento 1.

Acervo AEB.



Figura 6.13. Demonstração do procedimento 2.

Acervo AEB.



Figuras 6.14A e B. Demonstração do procedimento 3.

Acervo AEB.



Figura 6.15. Demonstração do procedimento 4.

Acervo AEB.

5. Com a bomba, coloque bastante ar dentro da garrafa, fazendo pressão.

6. Libere a válvula do pitão e observe novamente a formação da nuvem.



Acervo AEB.

Figura 6.16. Demonstração do procedimento 5.



Acervo AEB.

Figura 6.17. Demonstração do procedimento 6.

Quando aumentar a pressão, a garrafa fica transparente e, quando soltar, ela fica translúcida.

## Orientações complementares

Por que a utilização da bomba de ar e da válvula fez com que a pressão ficasse mais intensa?

O uso da bomba de ar fez com que a pressão dentro da garrafa aumentasse bastante, dificultando a condensação do vapor de água sobre as minúsculas partículas sólidas da fumaça do fósforo.

Quando a válvula é acionada e o ar começa a sair, a pressão de dentro da garrafa cai rapidamente, fazendo com que mais vapor de água saia da água quente, aumentando a umidade do ar dentro da garrafa e favorecendo a formação das gotículas que formam a nuvem.

Esse processo de queda de pressão acontece na natureza quando uma “bolha” de ar que é aquecida pelo Sol perto da superfície começa a subir por ser menos densa e então começa a sofrer uma queda de pressão com a altura, até chegar a uma determinada altura em que essa “bolha” de ar se condensa

e forma uma nuvem. Várias “bolhas” de ar que sobem numa área próxima se acumulam, formando grandes nuvens, que geram tempestades acompanhadas de chuva forte, rajadas de vento, raios, relâmpagos, trovões e até granizo.

## **Possíveis desdobramentos**

Estudar as mudanças de estado físico da água.

Pesquisar a condensação em situações ligadas ao nosso dia-a-dia, como a destilação e a transformação de energia em turbinas termoelétricas ou ainda em situações que estão em estudo, como a criogenia.

## O ORVALHO E O VAPOR DE ÁGUA

Giovanni Dolif Neto (Inpe).

### Apresentação

A maneira como o orvalho se forma foi um quebra-cabeça por muito tempo e só foi resolvido quando os cientistas descobriram que o ar nunca está completamente seco. Mesmo em desertos, o ar contém vapor de água. Durante o dia, o solo é aquecido e aquece também o ar próximo a ele. À noite, o solo se resfria, irradiando seu calor para o céu. Se o céu está nublado, a maior parte do calor é refletida de volta para baixo, reduzindo a taxa com a qual o solo se resfria durante a noite. Por outro lado, se o céu está limpo de nuvens, o calor se perde rapidamente e o solo se resfria rapidamente, resfriando também o ar próximo ao chão.

Se o ar é resfriado até o seu ponto de orvalho (temperatura em que o ar fica saturado, ou seja, a umidade relativa chega a 100%), o vapor de água vai se condensar sobre as superfícies e o orvalho se formará.

Quando se observa orvalho no início da manhã, sabe-se que provavelmente a noite não teve muitas nuvens. Medir quanta água irá se condensar como orvalho é difícil, porque a quantidade é muito pequena. Entretanto, em regiões de clima seco, o orvalho provavelmente é uma porção importante do total de precipitação no ano.

Um instrumento que os cientistas usam para medir o orvalho consiste em uma laje de gesso. Essa laje é pesada quando está seca e é novamente pesada depois que o orvalho se forma. A diferença de peso encontrada será a massa de água condensada em forma de orvalho sobre a laje de gesso.

## Objetivo

Observar o efeito da luz na evaporação do orvalho.

## Sugestão de problematização

O orvalho se forma apenas em noites claras e evapora rapidamente no Sol da manhã. Se você sabe a hora em que o Sol vai nascer e observa a hora em que a grama fica seca, é possível calcular quanto tempo perdura o orvalho. Uma opção para simular o orvalho, sem precisar acordar cedo para isso, é borrifar água em folhas de grama e então medir quão rapidamente elas secam sob diferentes condições de iluminação, ou seja, uma parte sob a luz (do Sol ou artificial) e outra parte na sombra.

## Materiais

- 1 bandeja
- 1 massa de modelar
- Folhas de grama cortada
- 1 cartolina
- 1 luminária de mesa
- 1 borrifador

## Procedimentos

1. Colocar as folhas de grama cortada sobre a bandeja.
2. Dividir a bandeja na metade, fixando a cartolina dobrada e colocada em pé sobre o meio da bandeja. Utilize para isso a massa de modelar. Com o borrifador, molhar as folhas, simulando o orvalho. Colocar a luminária em um dos lados da bandeja, de forma que a luz incida somente sobre ele, ficando o outro lado com a sombra



Figura 6.18. Materiais.



Figura 6.19. Demonstração do procedimento 1.

da cartolina. Ligar a lâmpada e ver em qual dos dois lados da bandeja o “orvalho” seca primeiro e em quanto tempo.

Acervo AEB.

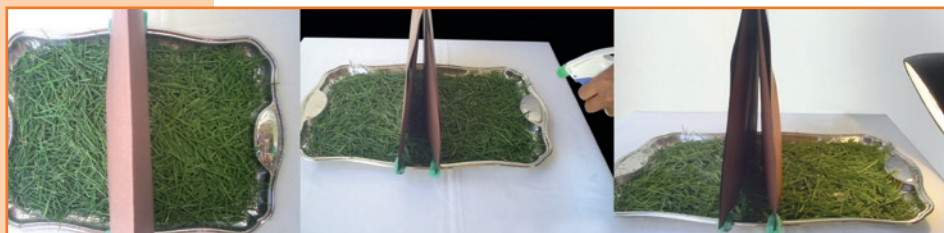


Figura 6.20A, B e C. Demonstração do procedimento 2.

## Orientações complementares

Muitas bromélias – da família das plantas do abacaxi – possuem folhas duras e sobrepostas, que funcionam como um reservatório para coletar o orvalho. Dali, o orvalho é absorvido por “pêlos” que existem sobre as folhas ou pelas raízes que crescem para cima. Outro tipo de bromélia coletora de orvalho é a planta aérea. Ela cresce apenas sobre a superfície de outras plantas e tem “pêlos” em suas folhas escamosas; não tem raízes e absorve vapor de água por meio dos “pêlos”. Isso permite que as plantas aéreas se adaptem a viver em desertos muito secos, onde outras plantas morreriam.

## Possíveis desdobramentos

### Prevendo o ponto de orvalho

Uma atividade complementar pode ser a previsão de formação de ponto de orvalho. O orvalho começa a se formar logo depois do pôr-do-Sol, normalmente, no outono, inverno e primavera em latitudes tropicais como aquelas em que se encontra grande parte do Brasil. É possível ensinar o aluno a prever quando o orvalho vai se formar numa determinada noite.

Em um final de tarde de céu claro, cerca de uma hora antes de o Sol se pôr – um horário em que o ar começa a se resfriar –, coloca-se dois termômetros sobre uma superfície qualquer, um ao lado do outro, sendo que um deles deve ser colocado com o bulbo dentro de um recipiente com algodão molhado.

Depois de alguns minutos (sem expor ao Sol), medem-se as temperaturas dos dois termômetros. A diferença de temperatura encontrada é chamada de “depressão”. A partir da temperatura de bulbo seco e do valor da “depressão”, pode-se recorrer a tabelas e obter o valor da umidade relativa (ver tabela a seguir).

### Umidade relativa medida pela temperatura/depressão

TEMPERATURA ATUAL	DEPRESSÃO				
	1°C	2°C	3°C	4°C	5°C
-10.0 °C	69%	39%	10%		
-7.5 °C	73%	48%	22%		
-5.0 °C	77%	54%	32%	11%	
-2.5 °C	80%	60%	41%	22%	3%
0.0 °C	82%	65%	47%	31%	15%
2.5 °C	84%	68%	53%	38%	24%
5.0 °C	86%	71%	58%	45%	32%
7.5 °C	87%	74%	62%	50%	38%
10.0 °C	88%	76%	65%	54%	44%
12.5 °C	89%	78%	68%	58%	48%
15.0 °C	90%	80%	70%	61%	52%
17.5 °C	90%	81%	72%	64%	55%
20.0 °C	91%	82%	74%	66%	58%
22.5 °C	92%	83%	76%	68%	61%
25.0 °C	92%	84%	77%	70%	63%
27.5 °C	92%	85%	78%	71%	65%
30.0 °C	93%	86%	79%	73%	67%
32.5 °C	93%	86%	80%	74%	68%
35.0 °C	93%	87%	81%	75%	69%
37.5 °C	94%	87%	82%	76%	70%
40.0 °C	94%	88%	82%	77%	72%

Fonte: Allaby, 1996.

Para encontrar a umidade relativa, deve-se pegar o valor da temperatura do termômetro com o bulbo seco e o valor da “depressão”. Procurar na tabela, na primeira coluna, a linha cujo valor da temperatura é o mais próximo da temperatura do termômetro de bulbo seco. Siga essa linha até encontrar

a coluna que corresponde ao valor de “depressão” mais próximo do encontrado. O valor da umidade será o valor dentro da quadrícula assim encontrada na tabela.

Uma hora depois, deve-se fazer novamente a leitura dos dois termômetros. A temperatura do bulbo seco deverá ter diminuído, enquanto a do bulbo úmido não deve ter variado muito. Com isso a “depressão” será menor e, conseqüentemente, a umidade relativa será maior.

Em seguida, deve-se fazer uma extrapolação da queda da temperatura, com base no quanto ela caiu na última hora. Usa-se a mesma variação de temperatura para as horas seguintes, até que a umidade relativa chegue a 100%. Pronto! Essa hora será o horário aproximado em que o orvalho começará a se formar. É importante lembrar que o céu deve estar claro durante toda a noite.

### **O efeito da sombra**

O calor que a superfície recebe do Sol durante o dia é irradiado de volta para o céu durante a noite.

O efeito de uma barreira que provoca sombra durante o dia é impedir o calor irradiado pelo Sol, fazendo com que a superfície que está na sombra se aqueça menos do que uma superfície diretamente exposta ao Sol. Durante a noite, já que o fluxo de calor irradiado inverte o sentido, então uma superfície que esteja com alguma cobertura irá perder menos calor à noite. É como se a gente pudesse dizer que uma sombra diminui o ganho de calor durante o dia, mas tem efeito inverso durante a noite, impedindo a perda de calor.

É possível demonstrar esse efeito da sombra pela formação do orvalho, usando duas folhas de papel preto e um guarda-chuva. No final do dia, quando o orvalho está prestes a se formar, colocam-se as duas folhas no chão, em lugar descoberto, e coloca-se o guarda-chuva fazendo sombra sobre uma delas. Após o pôr-do-Sol, deve-se checar as duas folhas a cada meia hora.

O orvalho deverá se formar em uma das folhas, mas não na outra. Questione os alunos sobre qual das folhas deverá ter



orvalho, baseado na explicação acima. Caso não ocorra orvalho em nenhuma das folhas, procure repetir a atividade em outras noites de céu claro, de preferência no outono ou no inverno, quando a duração das noites é maior do que a duração dos dias, permitindo que se perca mais calor durante a noite.

### **Sentindo o orvalho**

O orvalho se forma sobre as plantas durante a noite porque as plantas irradiam seu calor rapidamente, até ficarem mais frias do que o ar em torno delas. Nesse momento, a água que estava na atmosfera em forma de vapor, ao encostar na superfície fria da planta, se condensa, transformando-se em gotícula de água, ou seja, em orvalho. Da mesma maneira, o aluno pode fazer seu próprio orvalho, usando uma bandeja como planta.

Coloca-se uma bandeja de metal em temperatura ambiente do lado de fora de casa, sob o céu limpo de nuvens. Cerca de um par de horas depois se pode observar se já existem gotículas de água que se formaram sobre a bandeja, passando o dedo sobre a sua superfície. O orvalho se formará sobre a bandeja porque, assim como as plantas, a bandeja de metal se resfria mais rapidamente do que o ar, permitindo que o vapor se condense sobre sua superfície.

Além de observar o orvalho sobre as plantas, outra maneira curiosa de constatar o orvalho é atentar para as teias de aranha que se encontram presas entre as plantas. O vapor de água precisa de uma superfície sobre a qual se condensar, e uma teia de aranha oferece muitas superfícies, permitindo facilmente a visualização das gotas de água, principalmente logo após o nascer do Sol. No decorrer da manhã, o orvalho logo evapora e, por isso, não danifica a teia.

## AS PLANTAS E O CLIMA

Claudete Nogueira da Silva (AEB/Programa AEB Escola), Giovanni Dolif Neto (Inpe) e Lana Nárcia Leite da Silveira (EEB).

### Apresentação

Sobre as florestas, pradarias e campos com plantações, uma parte da água liberada no ar vem das plantas. Em alguns lugares isso faz o clima mais nebuloso e úmido do que ele seria se não houvesse plantas.

As plantas também fazem sombra, protegendo o solo do Sol, deixando-o mais fresco e elas também ajudam a desacelerar o vento. As plantas retiram água e nutrientes do solo através de suas raízes. Essa água sobe pelo caule, entra nas folhas e evapora através de minúsculos furos chamados de estômatos. À medida que a água é perdida por esse processo, chamado transpiração, mais água é sugada pelas raízes. As plantas transportam uma quantidade tão grande de água através desse processo que chegam a afetar o clima.

Stephen Hales (1677-1761) foi um cientista inglês e clérigo que pela primeira vez mostrou que a água é perdida pelas plantas por meio da transpiração. Apesar de ele não ter entendido o efeito desse processo na atmosfera, ele escreveu sobre esse experimento e mais de cem outros em seu livro de 1727, *Vegetables Staticks*.

### Objetivo

Mostrar que as plantas transpiram e mostrar o trajeto percorrido pela água deste quando é retirada da terra pelas raízes até ser liberada pelas folhas.

## Sugestão de problematização

Todas as plantas transpiram. Você pode provar isso aguçando uma planta e recolhendo a água por ela liberada. Esse experimento exige um controle – uma cópia onde a transpiração não ocorre – para distinguir a umidade da planta daquela umidade que já está no ar.

## Materiais

- Água
- 1 vaso com planta
- 2 sacos plásticos transparentes
- 1 rolo de barbante
- 1 tesoura
- 1 prato



Figura 6.21. Materiais.

Acervo AEB.

## Procedimentos

1. Preencha um dos sacos plásticos com ar ambiente (não sopre dentro dela para que não entre umidade da sua respiração). Feche bem o saco com o barbante e coloque de lado.
2. Coloque o outro saco plástico por cima da planta prendendo-o na base da planta em torno do caule, sem cobrir o vaso.
3. Ponha água no vaso até que o solo fique úmido.



Figura 6.22. Demonstração do procedimento 1.

Acervo AEB.



Figuras 6.23A e B. Demonstração do procedimento 2.

Acervo AEB.



Figura 6.24. Demonstração do procedimento 3.

Acervo AEB.



Figura 6.25. Demonstração do procedimento 4.



Figura 6.26. Demonstração do procedimento 5.

4. Coloque a planta e o saco plástico de controle lado a lado em um lugar com temperatura ambiente e deixe-os por alguns dias.
5. Depois de dois, três e quatro dias procure sinal de água e veja a diferença entre os sacos plásticos. Qual deles está mais úmido? Quanto da água na superfície interna do saco plástico você acha que veio da transpiração?

## Orientações complementares

A água passa desde as raízes, através do caule e sai pelas folhas. No lado de baixo de cada folha estão os estômatos, os quais permitem a entrada dos gases da atmosfera na planta e permite também a saída da água. Cada estômato possui “células guarda” que abrem e fecham o poro.

As plantas dos desertos possuem poucos estômatos, com isso elas perdem menos água. Outras plantas possuem muitos estômatos para liberar água. Em média uma árvore do tipo videira transpira cerca de 300 litros de água por dia!

As florestas às vezes são chamadas de “pulmões” do nosso planeta porque suas plantas liberam gases na atmosfera, incluindo vapor de água e oxigênio. Esse processo é muito importante, mas sabemos que os verdadeiros “pulmões” do planeta são os oceanos. Ao escalar uma montanha com floresta você vai passar por uma floresta de terras baixas. Um pouco mais acima, na mesma altitude das nuvens, você vai ver a vegetação começar a mudar para plantas que prosperam em condições mais úmidas. As árvores numa “floresta de nuvens” são pequenas, com copas finas e densas e cobertas por plantas do tipo das samambaias, musgos e outras plantas que crescem sobre elas por causa da umidade muito alta.

## Possíveis desdobramentos

### Tomando água

Uma atividade complementar ajuda a mostrar que as plantas sugam a água por meio de suas raízes e caules. Você pode

demonstrar isso muito facilmente usando uma flor pouco colorida e um pouco de água colorida.

Coloque um pouco de água num copo e adicione uma gota ou duas de corante de alimento. Corte um pedacinho do caule de uma flor de cor clara e coloque dentro do copo. Deixe por bastante tempo e vá observando o que acontece com a flor diariamente. Solicite que os alunos prestem atenção na mudança de cor e questione sobre o que aconteceu, de onde terá vindo a “cor”. A “cor” vem da água colorida que é sugada pelo caule da flor.

### **Liberando gases**

Os estômatos são poros tão pequenos que é necessário usar um microscópio para vê-los. No entanto, pode-se facilmente mostrar para o aluno que eles existem e onde eles estão, forçando-os a liberar gases de dentro da folha e observando as bolhas de gás dentro da água.

Será necessária uma jarra transparente, água e folhas recém colhidas. Esse experimento deve contar com a supervisão do/a professor/a por lidar com água quente. Ferva um pouco de água e a coloque dentro da jarra. Espere alguns minutos até que todas as bolhas de dentro da água se dissolvam. Em seguida, coloque uma folha dentro da água lentamente.

Ao serem imersas na água, as folhas serão aquecidas e aquecido será também o gás de dentro da folha que se expandirá, forçando sua saída pelos estômatos. O resultado disso será a formação de pequenas bolhas na parte inferior da folha. Cada uma dessas pequenas bolhas estará saindo de um estômato.



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

# capítulo 7

## O TEMPO DE AGIR CHEGOU?

Seria possível responder ao desafio das mudanças climáticas, diante de tantas evidências de que o mundo está se aquecendo, bem como das projeções sobre o aumento de emissões de gases de efeito estufa (GEE) para o século 21? Os especialistas do Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC) acreditam que sim. O relatório do IPCC, divulgado em 2007, aponta opções de adaptação e mitigação dos impactos, que podem ser colocadas em prática nas próximas três décadas.

Os especialistas admitem não ter dados sobre os custos e a efetividade das medidas de adaptação e mitigação dos impactos das mudanças climáticas, mas lembram que a capacidade de adaptação e de redução dos efeitos das mudanças do clima dependem das condições socioeconômicas e ambientais das nações, bem como da oferta de informação e de tecnologia.

Além da limitação dos custos, há que se levar em conta situações agravantes, que se relacionam com o quadro de emissões crescentes e o aquecimento global, entre as quais destacam-se:

- a. fenômenos climáticos perigosos (furacões, tornados e ciclones mais intensos);
- b. pobreza;
- c. acesso desigual aos recursos naturais;
- d. conflitos de ordem econômica, política ou étnica;
- e. incidência de doenças, tais como a aids.

É fato que, desde a antiguidade, as sociedades em todo o mundo convivem com situações em que precisam se adaptar a mudanças e reduzir vulnerabilidades diante de impactos

e fenômenos atmosféricos e climáticos, tais como secas e tempestades. O IPCC aponta que, apesar disso, no caso das mudanças climáticas, são necessárias medidas de adaptação adicionais nos níveis regional e local. Outro detalhe importante a se considerar é que não há como prever se a adaptação, por si só, poderá fazer frente aos efeitos das mudanças climáticas projetadas para longo prazo.



Nasa. www.nasa.gov

Figura 7.1. Imagem da devastação de Nova Orleans pelo furacão Katrina, em 2005.

A capacidade de adaptação de uma sociedade está intimamente ligada ao seu desenvolvimento social e econômico, mas não se distribui por igual entre as sociedades. E, mesmo sociedades com alta capacidade de adaptação são vulneráveis às mudanças do clima, à variabilidade e aos eventos climáticos extremos, como foi o caso da onda de calor que, em 2003, provocou uma alta taxa de mortalidade,

principalmente entre a população mais idosa do Hemisfério Norte, e o caso do furacão Katrina, que, em 2005, arrasou a cidade norte-americana de Nova Orleans. Vale ressaltar que esses exemplos de eventos climáticos extremos não têm uma relação direta, cientificamente comprovada, com o aquecimento global.

Sabe-se, ademais, que a adaptação e a mitigação não são opções que, por si só, evitariam todos os impactos das mudanças climáticas. Mas isso não desobriga os países de tomarem atitudes no sentido de buscar um desenvolvimento que combine

sustentabilidade e crescimento econômico. Os especialistas reforçam a importância de se adotar medidas de adaptação para enfrentar os impactos que advirão do aquecimento global, inclusive dentro dos cenários mais modestos de estabilização de emissões.

*O IPCC alerta para o fato de que a adaptação não surtirá efeito em ecossistemas naturais. Por exemplo, a perda do gelo marinho do Ártico e a perda da variabilidade de ecossistemas marinhos não seriam recuperáveis com medidas de adaptação.*





Em linhas gerais, as sugestões envolvem:

- a. mudanças nos estilos de vida e nos padrões de comportamento, visando à redução das emissões de GEE;
- b. adoção de programas educativos nos diversos setores da economia para superar barreiras de aceitação de uma nova visão sobre os modelos de desenvolvimento;
- c. mudanças nas escolhas dos consumidores e no uso de tecnologias, como, por exemplo, o tipo de energia a ser usado nas edificações;
- d. gestão da demanda de transporte, inserida no planejamento urbano, com o objetivo de reduzir o transporte individual;
- e. oferta de tecnologias ambientalmente sustentáveis para as indústrias, que contribuam para a redução do uso da energia e das emissões de gases de efeito estufa.

*Medidas de adaptação indicadas pelo IPCC vão desde ações voltadas para mudanças nos estilos de vida até a necessidade de ofertas de novas tecnologias ambientalmente sustentáveis.*



## POSSÍVEIS CAMINHOS...

O IPCC vem contribuindo na busca de alternativas de enfrentamento do problema para os diferentes setores, por meio de conhecimento científico e de proposições tecnológicas, ambientais, econômicas e sociais para a mitigação dos seus efeitos, conforme veremos adiante.

### Energia

Possibilidades de novos investimentos ou mesmo a modernização da infra-estrutura na área de energia, bem como políticas que promovam a segurança energética, podem, em muitos casos, criar oportunidades para que se alcancem reduções de emissões de GEE, em relação à tendência natural. Há benefícios adicionais, específicos de cada país, que envolvem, com frequência, a redução da poluição do ar, melhoria da balança comercial, fornecimento de serviços



Figura 7.2. O setor de Energia, que responde por 65% das emissões de gases de efeito estufa, pode colaborar na redução dessas emissões se houver uma mudança sensível no padrão de investimento.

modernos de energia nas áreas rurais e geração de empregos.

As estimativas iniciais mostram que, para reverter as emissões globais de CO<sub>2</sub> relacionadas com a energia, para os níveis de 2005 até 2030, seria necessária uma grande mudança no padrão de investimento, embora os investimentos líquidos adicionais necessários no setor estejam na faixa de 10%.

Geralmente, é mais barato investir na melhoria da eficiência energética e no uso final do que aumentar a oferta de energia para atender à demanda dos serviços de energia. Melhorar a eficiência tem um efeito positivo na segurança energética, na redução da poluição local e regional do ar e na geração de empregos.

Estima-se que a energia renovável, que respondeu por 18% da oferta de energia em 2005, possa ter uma participação de 30% a 35% na oferta total de eletricidade em 2030. É fato que, quanto mais altos forem os preços de mercado dos combustíveis fósseis, mais competitivas serão as alternativas de energias renováveis, embora a volatilidade dos preços possa ter o efeito de afastar os investidores.

### **Tecnologias e práticas de migitação disponíveis para o setor**

- Melhoria da eficiência da oferta e da distribuição.
- Troca de combustíveis como o carvão mineral por gás natural e fontes renováveis, como energia eólica, solar e hidrelétrica etc.
- Aplicações antecipadas de armazenamento de carbono, como, por exemplo, o carbono removido do gás natural.

### **Tecnologias e práticas de mitigaçào projetadas para uso antes de 2030**

- Captação e armazenamento de carbono nas unidades termoeleétricas.

- Energia nuclear avançada.
- Energia renovável avançada, inclusive a energia proveniente das ondas do mar, solar concentrada e solar fotovoltaica.

## Políticas, medidas e instrumentos ambientalmente eficazes

POLÍTICAS, MEDIDAS E INSTRUMENTOS	OPORTUNIDADES E RESTRIÇÕES
Redução dos subsídios aos combustíveis fósseis.	A resistência decorrente do capital investido pode dificultar a implementação.
Impostos ou taxas do carbono sobre os combustíveis fósseis.	
Tarifas por unidade para as tecnologias de energia renovável.	Podem ser adequados para criar mercados para tecnologias com baixas emissões.
Obrigações de energia renovável.	
Subsídios aos produtores.	

Fonte: IPCC

## Transportes

Há múltiplas opções de mitigação no setor de Transporte, mas elas enfrentam muitas barreiras – como as preferências do consumidor e a falta de políticas – e os seus efeitos podem ser anulados pelo crescimento do setor.

Um benefício está na melhoria da eficiência dos veículos, para que apresentem um menor consumo de combustível. No entanto, sabe-se que essa iniciativa poderia esbarrar na preferência dos consumidores, que, não raro, escolhem os veículos pelo desempenho e pelo modelo.

O uso de biocombustíveis também pode ter efeito positivo na redução das emissões de GEE no setor de Transporte, dependendo da sua via de produção. Projeta-se que os biocombustíveis usados como aditivos ou substitutos à



Figura 7.3. Veículos mais econômicos, que consomam menos combustível, podem ser uma das contribuições do setor de Transporte na mitigação dos impactos das emissões.

Adriano Snel – Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, Brasil. <http://www.sxc.hu/>

gasolina e ao diesel aumentem sua participação na demanda total de energia para o transporte, na linha de base, em 2030. Esse percentual poderia alcançar os 10%, dependendo dos futuros preços do petróleo e do carbono, das melhorias na eficiência dos veículos e do êxito das tecnologias no uso de biomassa da celulose.

Outras opções são substituir, na medida do possível, o transporte rodoviário pelo ferroviário e o fluvial; estimular o uso do transporte coletivo, bem como o planejamento urbano e o transporte não-motorizado.

Na aviação, a melhoria da eficiência dos combustíveis pode aumentar o potencial de mitigação das emissões de gás carbônico do setor. Isso pode ser obtido com novas tecnologias, operações e gestão do tráfego aéreo. Essas melhorias, no entanto, devem compensar apenas parcialmente o aumento das emissões da aviação como um todo.

### **Tecnologias e práticas de mitigação disponíveis para o setor**

- Veículos com combustíveis mais eficientes.
- Veículos movidos a biocombustíveis.
- Veículos híbridos.
- Mudança do transporte rodoviário para o ferroviário e sistemas de transporte público.
- Transporte não-motorizado, como bicicletas e a prática de caminhadas.
- Planejamento do uso da terra e do transporte.

### **Tecnologias e práticas de mitigação projetadas para uso antes de 2030**

- Biocombustíveis de segunda geração.
- Aeronaves mais eficientes.
- Veículos elétricos e híbridos avançados, com baterias mais potentes e confiáveis.

## Políticas, medidas e instrumentos ambientalmente eficazes

POLÍTICAS, MEDIDAS E INSTRUMENTOS	OPORTUNIDADES E RESTRIÇÕES
Tornar obrigatória a economia de combustível, a mistura de biocombustível e estabelecer padrões de gás carbônico para o transporte rodoviário.	A cobertura parcial da frota de veículos pode limitar a eficácia dessa medida.
Criar impostos que incidam sobre a compra, o registro, o uso de veículos e de combustíveis automotivos e também sobre o uso de rodovias e os preços de estacionamentos.	Se as receitas forem muito altas, a eficácia dessa medida pode ser menor.
Os países podem tentar programas que influenciem nas necessidades de mobilidade, por meio de regulamentação do uso da terra e planejamento da infraestrutura.	Especialmente adequados para países que estejam construindo seus sistemas de transporte.
Os países devem investir em instalações de transporte público atrativas e formas não motorizadas de transporte.	

Fonte: IPCC

## Construção

As opções de eficiência energética para as edificações novas e as já existentes têm potencial de reduzir, de forma considerável, as emissões de CO<sub>2</sub>.

O relatório do IPCC registra o benefício que se tem com a adoção do conceito de edificações inteligentes, aquelas eficientes do ponto de vista energético. Ao mesmo tempo em que limitam o aumento das emissões de CO<sub>2</sub>, essas edificações também podem melhorar a qualidade do ar dentro dos ambientes e ao ar livre, melhorar o bem-estar social e aumentar a segurança energética.

Apesar de constatar que há várias formas de reduzir a emissão de GEE no setor de Edificações/Construção,



Figura 7.4. O conceito de edificações inteligentes é uma opção interessante na redução dos impactos do aquecimento, já que traz consigo o princípio da economia de energia e também o uso de fontes renováveis, em paralelo, como a energia solar.

no mundo inteiro, o IPCC admite que existem barreiras que dificultam o uso desse potencial. Entre essas barreiras, estão a baixa disponibilidade de tecnologias, dificuldade de financiamento, níveis de renda das populações, custos mais elevados das informações confiáveis, limitações inerentes aos projetos das edificações e a falta de políticas e programas para o setor. Nos países em desenvolvimento, essas barreiras são ainda maiores.

### **Tecnologias e práticas de mitigação disponíveis para o setor**

- Iluminação mais eficiente e maior aproveitamento da iluminação natural.
- Aparelhos elétricos, de aquecimento e refrigeração mais eficientes.
- Melhoria da eficiência de fogões e do seu isolamento térmico.
- Energia solar para aquecimento e refrigeração.
- Fluidos alternativos de refrigeração, bem como recuperação e reciclagem de gases fluorados.

### **Tecnologias e práticas de mitigação projetadas para uso antes de 2030**

- Planejamento integrado de edificações comerciais, com tecnologias tais como controladores inteligentes que forneçam informações e controle dos equipamentos.
- Energia solar fotovoltaica integrada nas edificações.

## Políticas, medidas e instrumentos ambientalmente eficazes

POLÍTICAS, MEDIDAS E INSTRUMENTOS	OPORTUNIDADES E RESTRIÇÕES
Adoção de padrões e uso de selos nos aparelhos.	Revisão periódica dos padrões necessários.
Uso de códigos e de padrões de certificação de edificações.	Pode ser difícil garantir o cumprimento dos referidos códigos e padrões de certificação.
	Medidas atrativas para novas edificações.
Adoção de programas de manejo no atendimento da demanda.	Para que as concessionárias possam ter lucro será necessário promover regulamentações.
Execução de programas de liderança do setor público, inclusive aquisições.	As compras do governo podem expandir a demanda por produtos eficientes do ponto de vista energético.
Concessão de incentivos para empresas que prestam serviços de energia.	O instrumento permitiria o acesso a financiamento de terceiros.

Fonte: IPCC

## Indústria

As nações desenvolvidas e os países em desenvolvimento não adotam amplamente as opções de mitigação disponíveis do setor. As constatações são de que muitas indústrias nos países em desenvolvimento são novas e fazem uso de tecnologia mais recente, com emissões específicas mais baixas. Entretanto, indústrias mais antigas, em parcela significativa, são ineficientes, apresentando altos níveis de emissão de GEE e de desperdício de matéria-prima e combustível.

Isto ocorre tanto nos países industrializados quanto nos países em desenvolvimento, nos quais a modernização de seus parques industriais contribuirá para reduzir suas emissões.



Figura 7.5. A modernização das indústrias mais antigas pode torná-las mais eficientes e, portanto, menos impactantes. As novas já deveriam trazer o conceito da otimização de recursos e o controle de emissões.

Marcin Rybarczyk – Koszalin,  
Zachodniopomorskie, Polónia.  
<http://www.sxc.hu/>

O IPCC enumera como barreiras significativas ao uso pleno das opções de mitigação disponíveis a taxa de giro baixa do capital social, a falta de recursos financeiros e técnicos e, ainda, limitações da capacidade das empresas, especialmente as de pequeno e médio porte, de ter acesso e absorver informações tecnológicas.

### **Tecnologias e práticas de mitigação disponíveis para o setor**

- Equipamentos elétricos de uso final mais eficiente.
- Recuperação de calor e energia.
- Reciclagem e substituição de material.
- Controle das emissões de gases não-CO<sub>2</sub>.

### **Tecnologias e práticas de mitigação projetadas para uso antes de 2030**

- Eficiência energética avançada.
- Captação e armazenamento de carbono na fabricação de cimento, amônia e ferro.
- Eletrodos inertes na fabricação de alumínio.

### **Políticas, medidas e instrumentos ambientalmente eficazes**

POLÍTICAS, MEDIDAS E INSTRUMENTOS	OPORTUNIDADES E RESTRIÇÕES
Fornecimento de informações de referência, o chamado <i>benchmark</i> , em que experiências exitosas de uns são passadas para outros.	Podem ser adequados para estimular a adoção de tecnologias. A estabilidade da política nacional é importante em vista da competitividade nacional.
Adoção de padrões de desempenho.	
Concessão de subsídios e créditos fiscais.	
Adoção de licenças negociáveis.	Mecanismos de alocação previsíveis e sinais estáveis de preços são importantes para os investimentos.
Estímulo a acordos voluntários.	Entre os fatores de êxito, estão: metas claras, um cenário de linha de base, o envolvimento de terceiros no planejamento e na revisão e disposições formais de monitoramento, a íntima cooperação entre o governo e a indústria.

Fonte: IPCC



## Agricultura

Em conjunto, as práticas agrícolas podem dar uma contribuição significativa, de baixo custo, ao aumento dos sumidouros de carbono no solo, às reduções das emissões de gases de efeito estufa, além de contribuir com matérias-primas de biomassa para uso energético.

Não há uma lista de práticas de mitigação que possa ser aplicada universalmente. O IPCC indica que essas práticas precisam ser avaliadas para cada sistema agrícola e suas características. Um exemplo pode ser o uso da biomassa dos resíduos agrícolas para a produção de energia.

No entanto, sua contribuição à mitigação depende da demanda de bioenergia por parte do transporte e da oferta de energia, da disponibilidade de água e das necessidades de terra para a produção de alimentos e fibras. Além disso, não se pode estimular o uso generalizado de terras agrícolas para a produção de biomassa, com fins energéticos, para não comprometer a produção alimentícia.



Figura 7.6. As práticas de mitigação da agricultura devem respeitar as realidades locais. Independente das medidas adotadas para o setor, a avaliação é de que elas podem contribuir significativamente para a redução das emissões.

Will Harrison - Lincoln, Lincolnshire, Reino Unido. <http://www.sxc.hu/>

### Tecnologias e práticas de mitigação disponíveis para o setor

- Melhoria do manejo do solo, o que pode contribuir para aumentar o armazenamento de carbono.
- Recuperação de solos turfosos cultivados e terras degradadas.
- Melhoria das técnicas de cultivo de arroz, manejo da pecuária e do esterco para diminuir as emissões de metano.
- Melhoria das técnicas de aplicação de fertilizante nitrogenado para diminuir as emissões de óxido nitroso.
- Culturas com fins exclusivamente energéticos para substituir o uso de combustíveis fósseis.

## Tecnologias e práticas de mitigação projetadas para uso antes de 2030

- Melhoria das safras.

## Políticas, medidas e instrumentos ambientalmente eficazes

POLÍTICAS, MEDIDAS E INSTRUMENTOS	OPORTUNIDADES E RESTRIÇÕES
Incentivos financeiros e regulamentações para a melhoria do manejo da terra, manutenção do teor de carbono no solo, uso eficiente de fertilizantes e irrigação.	Podem incentivar a sinergia com o desenvolvimento sustentável e a redução da vulnerabilidade à mudança do clima, superando, assim, as barreiras à implementação.

Fonte: IPCC

## Florestas

O IPCC aponta que as atividades de mitigação relacionadas com as florestas podem reduzir de forma considerável as emissões por fontes e aumentar as remoções de CO<sub>2</sub> por sumidouros com custos baixos. São atividades que podem ser planejadas para criar sinergias com a adaptação e o desenvolvimento sustentável.

O relatório aponta que cerca de 65% do potencial total de mitigação das florestas está localizado nos trópicos e cerca de 50% desse potencial poderia ser alcançado reduzindo-se as emissões do desflorestamento. No entanto, alertam os pesquisadores, as mudanças do clima podem afetar o potencial de mitigação do setor florestal, nas florestas nativas e plantadas.

Será interessante, assim, adotar opções de mitigação planejadas e implementadas de forma compatível com a adaptação. Essas ações podem ter benefícios adicionais em termos de geração de empregos, geração de renda, biodiversidade, conservação das bacias hidrográficas, oferta de energia renovável e redução da pobreza.



Figura 7.7. Diminuir o desflorestamento, aumentar o florestamento e o reflorestamento são medidas que, além de contribuir para a redução de emissões, podem gerar emprego e renda.

## Tecnologias e práticas de mitigação disponíveis para o setor

- Florestamento e redução do desflorestamento.
- Reflorestamento.
- Manejo florestal.
- Manejo da exploração de produtos madeireiros.
- Uso de produtos florestais para a geração de bioenergia.

## Tecnologias e práticas de mitigação projetadas para uso antes de 2030

- Melhoria das espécies de árvore para aumentar a produtividade da biomassa e o seqüestro de carbono.
- Melhoria de tecnologias de sensoriamento remoto para análise do potencial de seqüestro de carbono da vegetação e do solo, além do mapeamento das mudanças nos usos da terra.

## Políticas, medidas e instrumentos ambientalmente eficazes

POLÍTICAS, MEDIDAS E INSTRUMENTOS	OPORTUNIDADES E RESTRIÇÕES
Incentivos financeiros podem ser adotados internamente pelos países e também no plano internacional.	Entre as limitações dessas medidas estão a falta de capital de investimento e questões de posse da terra. As medidas, quando bem aplicadas, podem reduzir a pobreza.
Redução do desflorestamento e promoção da manutenção e do manejo florestal.	
Regulamentação do uso da terra, com garantias de seu cumprimento.	

Fonte: IPCC

## Resíduos

Uma conclusão sobre resíduos, ou seja, aquilo que foi descartado no dia-a-dia das pessoas, é que, além de representarem um grave problema ambiental – por poluir os cursos d’água e degradar o solo –, contribuem no volume de GEE emitido. No entanto, esse setor tem grande potencial



Figura 7.8. Embora a contribuição do setor de resíduos seja pequena na redução das emissões, o IPCC destaca que medidas para reduzir sua geração podem ter o impacto paralelo de promover o desenvolvimento sustentável.

de contribuir positivamente para a mitigação dos gases de efeito estufa com custos baixos, promovendo o desenvolvimento sustentável.

Atualmente, há uma vasta gama de tecnologias eficazes, do ponto de vista ambiental, disponíveis comercialmente, para mitigar as emissões do setor. São tecnologias que, ademais, geram benefícios paralelos, como a melhoria da saúde pública, a proteção do solo, a prevenção da poluição e a geração de energia para o uso local.

Reduzir a quantidade de resíduos gerados no dia-a-dia das casas e também promover a reciclagem são iniciativas que podem ter impactos

positivos. Os benefícios da mitigação, nesses casos, são indiretos e podem ser alcançados por meio da conservação de energia e de materiais. Afinal, menos lixo significa menos consumo e menos demanda por produtos que precisam de energia para serem produzidos.

### **Tecnologias e práticas de mitigação disponíveis para o setor**

- Recuperação de metano expelido pelos aterros sanitários.
- Incineração dos resíduos com recuperação energética.
- Compostagem dos resíduos orgânicos.
- Tratamento controlado das águas residuárias.
- Reciclagem e minimização dos resíduos.

### **Tecnologias e práticas de mitigação projetadas para uso antes de 2030**

- Biocoberturas e biofiltros para otimizar a oxidação do metano.

## Políticas, medidas e instrumentos ambientalmente eficazes

POLÍTICAS, MEDIDAS E INSTRUMENTOS	OPORTUNIDADES E RESTRIÇÕES
Incentivos financeiros para a melhoria do manejo dos resíduos e das águas residuárias.	Podem estimular a difusão de tecnologias
Incentivos à energia renovável ou a obrigação do uso da energia renovável.	Disponibilidade local de combustível de baixo custo.

Fonte: IPCC

### Políticas de governo

Há uma grande variedade de políticas e instrumentos para que os governos criem incentivos à adoção de medidas de mitigação. Sua aplicabilidade depende das circunstâncias de cada nação.

Quatro critérios são usados para avaliar as políticas e instrumentos dos governos: a eficácia ambiental, a eficácia em relação aos custos, os efeitos de distribuição – se beneficia o maior número de pessoas – e a viabilidade institucional. De antemão, sabe-se, pela experiência adquirida com a implementação de diferentes políticas em vários países, que há vantagens e desvantagens para qualquer instrumento que se adote.

O desempenho das políticas adotadas depende de uma série de fatores. Algumas constatações sobre sua eficácia dão indícios de caminhos a serem tomados pelos países. O IPCC aponta que é mais fácil superar barreiras se a política climática estiver integrada à política de desenvolvimento. Pode ser interessante adotar padrões e regulamentações para produtos e procedimentos.

Um instrumento quase sempre eficaz é a adoção de uma política de impostos que beneficie atividades e processos mitigadores ou que iniba as atividades que mais emitem. Uma das desvantagens dessa medida é que ela pode afetar o desenvolvimento de tecnologias mais avançadas. Por outro lado, os impostos podem ser uma forma eficiente de internalizar os custos das emissões de gases de efeito estufa.



Figura 7.9. Políticas públicas, em diversos países, evoluíram por causa da participação ativa da sociedade no debate sobre os efeitos das mudanças climáticas.

Também dão retorno positivo os incentivos financeiros, tais como subsídios e créditos fiscais, usados pelos governos para estimular o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias. São instrumentos usados com frequência pelas nações, embora seus custos sejam, na maioria das vezes, mais elevados do que outras opções. Invariavelmente, é um tipo de incentivo essencial para superar barreiras.

## Acordos e sociedade

Acordos e medidas voluntárias, envolvendo grupos civis, governos e indústria, no sentido de reduzir emissões de GEE, são atrativos e aumentam a conscientização entre as partes

interessadas. Instrumentos como estes foram eficazes, em diversas situações, em contribuir para a evolução de políticas nacionais.

O IPCC registra que acordos voluntários entre indústria e governo, ou ainda organizações não-governamentais e governo, contribuíram para que se aplicasse prontamente a melhor tecnologia disponível e também promoveram reduções mensuráveis nas emissões. Vale lembrar que campanhas de conscientização também surtem efeito positivo na mobilização das pessoas em prol do estímulo de políticas inovadoras e também no incentivo ao emprego de novas tecnologias.

ções mensuráveis nas emissões. Vale lembrar que campanhas de conscientização também surtem efeito positivo na mobilização das pessoas em prol do estímulo de políticas inovadoras e também no incentivo ao emprego de novas tecnologias.

## Tecnologia

Contribuições financeiras e benefícios fiscais, como a isenção do pagamento de impostos, são instrumentos importantes para o desenvolvimento e o emprego de tecnologias eficazes na mitigação dos impactos das mudanças climáticas. O IPCC ressalta a importância de transferir tecnologias para os países em desenvolvimento e que iniciativas como essas dependem de condições propícias e de financiamento. Uma sugestão apontada, nesse campo, é o financiamento de tecnologias com baixo

uso de carbono e o estabelecimento de acordos tecnológicos internacionais como meio de fortalecer a infra-estrutura do conhecimento.

## CONCLUINDO

Evidências de que os países já tomam atitudes no sentido de mitigar as fontes geradores de GEE são constatadas no relatório do IPCC. Longe de ser catastrófico, o documento enumera os indícios apontados pelos estudos produzidos por institutos científicos do mundo inteiro que corroboram a tese de que a temperatura do planeta vem aumentando. Mas também afirma que é possível reduzir as emissões de gases de efeito estufa e, assim, reverter o quadro tão evidente de que o mundo está se aquecendo.

O IPCC é realista ao admitir que há limitações de ordem financeira, tecnológica e mesmo ambiental, como no caso de alguns ecossistemas que dificilmente reagiriam a medidas de adaptação, como também se mostra propositivo ao enumerar uma série de medidas, políticas, instrumentos e tecnologias – alguns já adotados e outros passíveis de adoção num futuro próximo – para tornar efetiva a iniciativa pela redução de emissões. Neste capítulo, vimos, detalhadamente, as recomendações do Grupo de Trabalho Mitigação das Mudanças Climáticas, do painel intergovernamental, no sentido de buscar alternativas para um mundo sem tantas emissões.

Afinal, como já vimos ao longo de toda esta publicação, a atmosfera precisa do equilíbrio entre o volume de gases que recebe da Terra e o volume que é absorvido pelas florestas e oceanos. Também não sejamos inocentes de achar que o ser humano deixará de impactar o Sistema Terra-Atmosfera dentro dos padrões de vida em curso. Mas é fundamental darmos atenção a conclusões científicas tão expressivas, como as que compõem o relatório do IPCC, e analisarmos seu conteúdo no sentido de refletir e, assim, adotar atitudes, construídas de forma coletiva, que consideram a efetiva sustentabilidade do planeta Terra.



## LEITURA COMPLEMENTAR

### ALÉM DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Já vimos que as influências do ser humano no equilíbrio natural do planeta vêm atingindo magnitude sem precedentes. As mudanças climáticas antropogênicas estão associadas às atividades humanas, com o aumento da emissão de gases de efeito estufa, em virtude de queimadas, desmatamento, formação de ilhas urbanas de calor etc. Entretanto, alguns processos podem interagir entre si, intensificando tais mudanças no clima, como por exemplo as mudanças dos usos da terra e a ocorrência de eventos extremos climáticos, entre outros. Mas, como esses processos podem interagir?

Se tomarmos o exemplo da Amazônia, fica um pouco mais fácil compreender. O equilíbrio dinâmico da atmosfera amazônica está sujeito a forças de transformação que levam a variações climáticas e podem ser estudadas sob diferentes aspectos:

- 1. Variações climáticas na região podem ocorrer por causa das variações climáticas globais, decorrentes de causas naturais** – Essas mudanças estão relacionadas com a variação da intensidade solar, da inclinação do eixo de rotação da Terra, da excentricidade da órbita terrestre, das atividades vulcânicas e da composição química da atmosfera, entre outras. Existem registros bem documentados sobre as oscilações climáticas na Amazônia ocorridas durante as glaciações e também de variações mais recentes da temperatura local. Os efeitos do *El Niño*, que é um fenômeno natural, podem estar incluídos dentro dessa categoria. O tempo de resposta às forças modificadoras pode ser de períodos anuais, de décadas ou milênios. Não há muita coisa que a sociedade possa fazer contra essas tendências, a não ser se preparar para minimizar seus



efeitos quando houver a possibilidade de previsões científicas, como é o caso específico das variações climáticas decorrentes do *El Niño* e do *La Niña*.

**2. Mudanças climáticas de origem antrópica, decorrentes de mudanças dos usos da terra, que ocorrem na região –**

Tais alterações estão ligadas diretamente ao desmatamento de sistemas florestais para a transformação em sistemas agrícolas e/ou pastagem, o que implica transferência de carbono (na forma de dióxido de carbono, o  $\text{CO}_2$ ) da biosfera para a atmosfera, contribuindo para o aquecimento global, o qual, por sua vez, acaba atuando sobre a região Amazônica. Evidências de estudos observacionais e estudos de modelagem demonstraram que mudanças na cobertura superficial podem ter um impacto significativo no clima regional e global. O risco dos impactos das mudanças climáticas na Amazônia aumenta ainda mais quando somamos ao aquecimento global as alterações de vegetação resultantes das mudanças dos usos da terra, notadamente os desmatamentos das florestas tropicais e dos cerrados. Evidências de trabalhos paleoclimáticos e de modelagem indicam que essas mudanças na vegetação, em alguns casos, podem ser equivalentes às aquelas devidas ao aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  na atmosfera.

**3. Ocorrência de queimadas –** Provavelmente os efeitos de aumento de temperatura induzidos pelas mudanças globais e aqueles advindos dos desmatamentos se somariam, aumentando o risco de incêndios florestais, porque o secamento da vegetação, na estação seca, e sua flamabilidade são maiores com temperaturas mais altas. Antes, a floresta densa amazônica era praticamente impenetrável ao fogo. Mas, por causa da combinação da fragmentação florestal, desmatamentos e aquecimento em razão dos próprios desmatamentos e por causa do aquecimento global, tudo aliado à prática agrícola que utiliza fogo intensamente, esse quadro está rapidamente mudando e a frequência de incêndios florestais vem crescendo a cada ano.

**4. Episódios climáticos extremos** – Eventos climáticos extremos fazem parte da variabilidade natural do planeta. Entretanto, o aumento de temperatura induzido pelo aquecimento global, somado às mudanças de usos da terra na região, pode tornar mais frequentes episódios climáticos extremos, tais como: secas, períodos de estiagem prolongados, enchentes, chuva intensa, ondas de calor etc. Tais eventos podem contribuir para, por exemplo, aumentar a suscetibilidade da floresta ao fogo, o que contribuiria ainda mais para o aquecimento global. Análises de diversos modelos climáticos globais indicam que, com o aumento da temperatura global, por causa do aumento dos gases de efeito estufa, o clima do Pacífico tenderá a ficar parecido com uma situação permanente de *El Niño*, o que modificaria também o clima em diversas partes do globo, inclusive na Amazônia.

**5. Variações climáticas decorrentes das mudanças climáticas globais provocadas pela ação humana** – Como já discutido, mesmo no cenário de baixas emissões de gases de efeito estufa (cenário B1, descrito no capítulo 5), as projeções dos diversos modelos do Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC) indicam aumento da temperatura na região amazônica, quadro que pode interagir com as mudanças climáticas decorrentes de mudanças dos usos da terra, com a maior ocorrência de fogo e com a ocorrência de eventos climáticos extremos, contribuindo para pressionar ainda mais os ecossistemas na Amazônia.

### ***Em resumo...***

Sendo assim, devemos pensar de forma integrada. É importante agirmos para que haja redução dos gases de efeito estufa na atmosfera. Mas também precisamos agir para que haja a redução dos desmatamentos, redução das queimadas, redução do consumo de energia e utilização de formas alternativas de energia, para que as práticas agrícolas contribuam

para a conservação do meio ambiente, para que o lixo seja tratado corretamente etc.

Devemos conservar o meio ambiente e a diversidade do planeta Terra, respeitar e cuidar da comunidade dos seres vivos, minimizar o esgotamento de recursos não-renováveis, e tudo isso também tem que passar pela mudança de atitudes e práticas pessoais. Ações coletivas, envolvendo governos e sociedade, irão, assim, contribuir para que haja uma redução do aquecimento global. Por isso, devemos pensar e agir além das mudanças climáticas.



## ATIVIDADES

### VENTO: FONTE DE ENERGIA

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

#### Apresentação

Desde o início da industrialização o ser humano tem utilizado fontes de energia não renováveis. Essas fontes de energia, como o petróleo, por exemplo, não conseguem recompor-se na velocidade em que o ser humano as utiliza e por esse motivo um dia essas fontes de energia se esgotarão. Essa condição empurra o ser humano na busca de novas soluções energéticas para manter suas indústrias e cidades funcionando, mas utilizando fontes de energia que sejam inesgotáveis e que não destruam a natureza.

O ar se move de áreas de alta pressão atmosférica para áreas de baixa pressão. Numa área de alta pressão, as moléculas de ar estão mais próximas entre si do que numa área de pressão mais baixa. O que nós sentimos como vento é justamente o movimento dessas moléculas de ar indo de uma região de alta pressão para uma região de baixa pressão. Quanto maior a diferença entre a baixa e a alta pressão mais forte será o vento.

A energia eólica é a energia que provém do vento. O termo eólico vem do latim *aeolicus*, pertencente ou relativo a Éolo, deus dos ventos na mitologia grega e, portanto, pertencente ou relativo ao vento.

A energia eólica tem sido aproveitada desde a antiguidade para mover os barcos impulsionados por velas ou para fazer funcionar a engrenagem de moinhos, ao mover as suas pás. Nos moinhos de vento a energia eólica é transformada em energia mecânica, utilizada na moagem de grãos ou para bombear água. Os moinhos foram usados para fabricação de farinhas e ainda para drenagem de canais, sobretudo nos Países Baixos.

Na atualidade utiliza-se a energia eólica para mover aerogeradores – grandes turbinas colocadas em lugares de muito vento. Essas turbinas têm a forma de um catavento ou um moinho. Esse movimento, por meio de um gerador, produz energia elétrica.

Para que este tipo de energia se torne rentável, é necessário agrupar em parques eólicos, concentrações de aerogeradores, mas podem ser usados isoladamente, para alimentar localidades remotas e distantes da rede de transmissão. É possível ainda a utilização de aerogeradores de baixa tensão quando se trate de requisitos limitados de energia elétrica.

A energia eólica é hoje considerada uma das mais promissoras fontes naturais de energia, principalmente porque é renovável, ou seja, não se esgota. Além disso, as turbinas eólicas podem ser utilizadas tanto em conexão com redes elétricas como em lugares isolados.

## Objetivo

Conhecer o potencial energético do vento.

## Sugestão de problematização

A energia elétrica está presente em vários momentos do nosso dia-a-dia como no chuveiro, na lâmpada, na preparação de alimentos, na televisão, no computador, entre outros. Para abastecer o planeta com toda a energia necessária para movimentar as ações humanas é necessário buscar alternativas energéticas. Em que medida o vento pode ser fornecedor eficaz de energia?

## Materiais

- 8 paletas de papelão
- 1 pedaço de papelão ou papel cartão
- 1 garrafa PET
- 1 capa de caneta esferográfica
- 1 pedaço de arame
- 1 régua

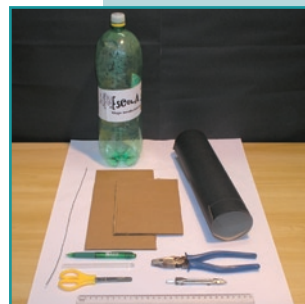
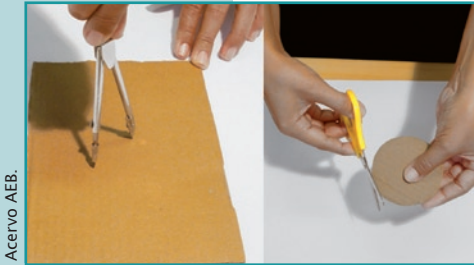


Figura 7.10. Materiais.

- 1 alicate
- 1 tesoura
- 1 transferidor

## Procedimentos

1. Faça uma circunferência com o transferidor no papelão e recorte.
2. Divida a circunferência por oito e marque com a caneta. Faça oito cortes na esfera com medida em torno de 1cm, que servirá para encaixar as paletas.



Acervo AEB.

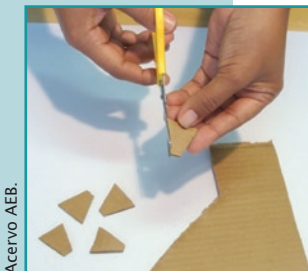
Figuras 7.11A e B. Demonstração do procedimento 1.



Acervo AEB.

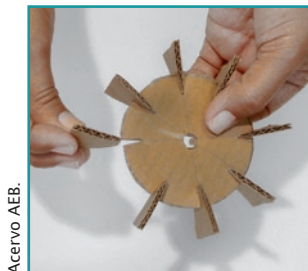
Figuras 7.12A e B. Demonstração do procedimento 2.

3. Corte as oito paletas no tamanho de três centímetros cada uma.
4. Encaixe as paletas nas aberturas.
5. Insira a capa de caneta na esfera.



Acervo AEB.

Figuras 7.13. Demonstração do procedimento 3.



Acervo AEB.

Figuras 7.14. Demonstração do procedimento 4.



Acervo AEB.

Figuras 7.15. Demonstração do procedimento 5.

6. Fure a tampa da garrafa, prepare arame conforme figuras 7.16A e B, passe o arame pela capa da caneta e prenda-o com o alicate. Fixe o arame na boca da garrafa, já com

o experimento preso na capa de caneta e tendo passado o arame por dentro. Depois fixe a tampa na garrafa.



Acervo AEB.

Figura 7.16A, B, C. Demonstração do procedimento 6.

7. Aperte a garrafa pelo meio e solte. O ar que sai de dentro dela faz movimentar o “moinho”.



Acervo AEB.

Figuras 7.17A e B. Demonstração do procedimento 7.

## Orientações complementares

O conjunto de pás feitas com papelão afixadas numa roda de papelão, gira por causa do ar que é expulso da garrafa quando esta é apertada, mostrando assim que o ar em movimento pode ser aproveitado para fazer girar uma turbina eólica, por exemplo.

A energia eólica é renovável, limpa, amplamente distribuída globalmente, e, se utilizada para substituir fontes de combustíveis fósseis, auxilia na redução do efeito estufa.

O custo da geração de energia eólica tem caído rapidamente nos últimos anos. A maioria das formas de geração de eletricidade requer altíssimos investimentos de capital e baixos custos de manutenção. Isto é particularmente verdade para o caso da energia eólica, onde os custos com a construção de cada aerogerador podem ficar na casa dos milhões de reais,

os custos com manutenção são baixos e o custo com combustível é zero. Na composição do cálculo de investimento e custo nesta forma de energia levam-se em conta diversos fatores, como a produção anual estimada, as taxas de juros, os custos de construção, de manutenção, de localização e os riscos de queda dos geradores. Sendo assim os cálculos sobre o real custo de produção da energia eólica diferem muito, de acordo com a localização de cada usina.

Apesar da grandiosidade dos modernos moinhos de vento, a tecnologia utilizada continua a mesma de mil anos atrás. Entretanto tudo indica que brevemente essa tecnologia antiga será suplantada por outras tecnologias de maior eficiência, como é o caso da turbovela, uma voluta vertical apropriada para capturar vento a baixa pressão ao passar nos rotores axiais protegidos internamente. Esse tipo não oferece riscos de colisões das pás com objetos voadores (animais silvestres) e não interfere na audio-visão. Essa tecnologia já é uma realidade que tanto pode ser introduzida no meio ambiente marinho como no terrestre.

No Brasil, a energia eólica é bastante utilizada para o bombeamento de água na irrigação, mas quase não existem usinas eólicas produtoras de energia elétrica. O Brasil é o país da América Latina e Caribe com maior capacidade de produção de energia eólica.

O primeiro projeto de geração de energia eólica no país foi desenvolvido em Pernambuco, na ilha de Fernando de Noronha, para garantir o fornecimento de energia para a ilha que antes só contava com um gerador movido a diesel. A boa notícia é que quase todo o território nacional possui boas condições de vento para instalação de aerogeradores.

## **Possíveis desdobramentos**

1. Pesquisar sobre fontes alternativas de energia.
2. Estudar a energia e suas utilidades no mundo atual
3. Pesquisar a vida de comunidades brasileiras que ainda não tem acesso à luz elétrica.



## **ENERGIA SOLAR**

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

### **Apresentação**

A energia que chega do Sol é responsável por quase toda a vida na Terra. “Energia solar” é a designação dada a qualquer tipo de captação de energia luminosa (e, em certo sentido, da energia térmica) proveniente do Sol, e posterior transformação dessa energia captada em alguma forma utilizável pelo ser humano, diretamente, para aquecimento de água, ou ainda como energia elétrica ou mecânica.

No seu movimento de translação ao redor do Sol, a Terra recebe  $1.410 \text{ w/m}^2$  de energia, medição feita numa superfície normal (em ângulo reto) com o Sol. Disso, aproximadamente 19% é absorvido pela atmosfera e 35% são refletidos pelas nuvens. Ao passar pela atmosfera terrestre, a maior parte da energia solar está na forma de luz visível e luz ultravioleta.

As plantas utilizam diretamente essa energia no processo de fotossíntese. Nós usamos essa energia quando queimamos lenha ou combustíveis minerais. Existem técnicas experimentais para criar combustível a partir da absorção da luz solar em uma reação química de modo similar à fotossíntese vegetal - mas sem a presença destes organismos.

### **Objetivo**

Compreender a interação entre a ação da radiação solar, a atmosfera e superfície terrestre.

## Sugestão de problematização

A energia solar é responsável, entre outras coisas, por grande parte dos fenômenos atmosféricos. A radiação do Sol que incide sobre a Terra é responsável pelo aquecimento do planeta e também pelos movimentos na atmosfera e os fenômenos meteorológicos. A quantidade de energia (recebida por radiação) varia ao redor do mundo, e em diferentes momentos do dia e do ano. Nos trópicos, por exemplo, o ângulo de elevação do Sol faz com que essas regiões recebam pelo menos três vezes mais radiação que as regiões polares.

## Materiais

- 1 caixa de papelão
- 1 estilete
- 3 copos cheios com água
- 1 rolo de fita adesiva
- 1 mangueira de aquário
- 3 termômetros
- 1 régua
- 1 tesoura
- 1 papel cartão
- Alfinetes

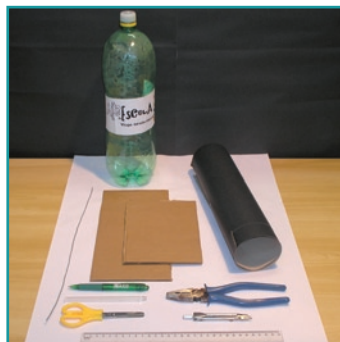


Figura 7.18. Materiais.

Acervo AEB.

## Procedimentos



Figuras 7.19. Demonstração do procedimentos 1 e 2.

1. Em uma caixa de papelão faça um corte diagonal nas laterais e retire um dos lados maiores.
2. Recorte duas tiras com o mesmo formato, a serem incluídas no centro, dividindo a caixa em três partes.

Acervo AEB.

3. Faça três retângulos com o papel cartão, da largura e tamanho das partes.

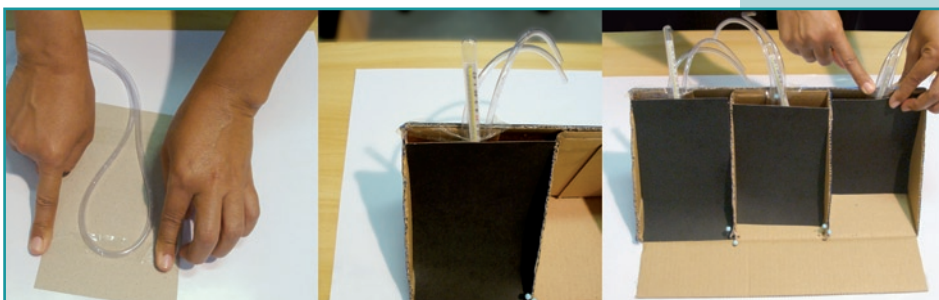
4. Prenda com fita as mangueiras de aquário em cada retângulo produzido. Cole na caixa com ângulos diferentes –  $90^\circ$ ,  $60^\circ$  e  $45^\circ$  – e

prenda o termômetro na parte de cima, de forma que cada retângulo preto, possa ser medido por ele.



Figura 7.20. Demonstração do procedimento 3.

Acervo AEB.



Figuras 7.21A, B e C. Demonstração do procedimento 4.

Acervo AEB.

5. Coloque água nos copos e na direção de cada divisão, posicionando-os na parte traseira. Insira os dois lados da mangueira na água, após sugar um dos lados, mantendo sempre água na mangueira.



Figuras 7.22A, B e C. Demonstração do procedimento 5.

Acervo AEB.

6. Faça com que a luz incida sobre o experimento por aproximadamente 1 hora. Após esse intervalo, retire



Figura 7.23. Demonstração do procedimento 6.

os termômetros e observe em qual das divisórias obteve maior temperatura.

7. Coloque no Sol todo o aparato já montado conforme a Figura 7.23 e com os termômetros, meça a temperatura atrás de cada uma das três placas de papel cartão preto.

## Orientações complementares

Qual das placas apresentou temperatura mais alta? Por quê?

A placa com temperatura mais alta será aquela cujo ângulo de inclinação permita com que os raios do sol incidam perpendiculares (ângulo de 90 graus) com a superfície da placa.

Os métodos de captura da energia solar classificam-se em diretos ou indiretos. Direto significa que há apenas uma transformação para fazer da energia solar um tipo de energia utilizável pelo ser humano.

O que é apresentado nessa oficina é um exemplo de captura direta, ou seja, uma situação. Um exemplo direto é quando a energia solar atinge uma superfície escura e é transformada em calor, o qual poderá aquecer uma quantidade de água, por exemplo. Esse princípio, que também foi utilizado nesse experimento, é muito utilizado em aquecedores solares, usados principalmente para aquecer a água do chuveiro, economizando mais de 90 por cento da energia elétrica que seria gasta para aquecer essa mesma água.

Um outro exemplo de uso direto da energia solar é quando a luz do Sol atinge uma célula fotovoltaica criando eletricidade. (A conversão a partir de células fotovoltaicas é classificada como direta, apesar de que a energia elétrica gerada precisará de nova conversão – em energia luminosa ou mecânica, por exemplo – para se fazer útil.).

## **Possíveis desdobramentos**

Uma atividade complementar seria avaliar o quanto a energia solar pode aquecer a água. Para isso, é necessário colocar atrás de cada uma das placas um pote fechado com água. Após cerca de meia hora no Sol meça a temperatura da água em cada um dos três potes. O mais quente deverá ser o pote que ficou atrás da placa cuja inclinação permitia receber o calor do sol mais diretamente.



## UM CONVITE À REFLEXÃO

A Terra tem cerca de 4 bilhões de anos. A vida surgiu há, aproximadamente, 3,5 bilhões de anos e o *Homo sapiens* há cerca de apenas 200 mil anos. Ou seja, se o mundo fosse um dia, teríamos surgido no último milésimo de segundo desse dia. Num espaço ainda menor – pouco mais de 200 anos –, o ser humano, com seu modo atual de produzir e de consumir, está intensificando o efeito estufa, o que resulta no aquecimento do planeta e mudanças no clima.

Nunca é demais lembrar que somos uma espécie animal, resultado do processo biológico que surgiu e se desenvolveu neste planeta. Assim como viemos, um dia passaremos. Mas há uma diferença entre nós e todas as outras espécies que aqui surgiram, das quais muitas já não existem mais. Por força deste mesmo processo biológico, somos a única espécie que desenvolveu capacidades cognitivas que nos permitem transformar, conscientemente, o meio a nossa volta. Ou seja, somos capazes de entender as causas das transformações, prever suas consequências e atuar para criar condições melhores de vida para nossa espécie.

Para Engels (1876),

os animais destroçam a vegetação do lugar sem se dar conta do que fazem. Os seres humanos, quando avançam sobre os recursos naturais o fazem com o fim de utilizá-los, consciente de que irão obter benefícios superiores ao que alcançariam sem sua intervenção. (ENGELS *apud* ANTUNES, 2004, p.6).

No modo de produção adotado na Revolução Industrial, no que se refere tanto

às consequências naturais quanto às consequências sociais dos atos realizados pelos seres humanos, o que interessa

prioritariamente são apenas os primeiros resultados, os mais palpáveis. (ENGELS *apud* ANTUNES, 2004, p.6).

Nesse contexto, considerando que o ser humano vem se distanciando de suas responsabilidades sobre as transformações impostas ao meio natural e sobre como isso nos afeta, é importante trazer o assunto da mudança climática para as salas de aula.

O pensamento hoje dominante é de que, por meio da ciência e da tecnologia, tudo se pode fazer e superar. O fato é que, apenas recentemente, as restrições ambientais ao modelo de desenvolvimento tomaram corpo e passaram a influir fortemente na produção científica.

Não há por que acreditar que o modelo hegemônico atual – baseado no individualismo, na competição e na acumulação de bens – vá permanecer inalterado por muito tempo. Afinal, nosso modo de viver, pensar, produzir e reproduzir bens consolidou-se há poucos séculos e já enfrenta uma crise intrínseca: é desastroso do ponto de vista ambiental.

### ***Como reverter essa realidade?***

Certamente, os países desenvolvidos e também os chamados emergentes terão de repensar o seu modo de produção e consumo, desenvolvendo cadeias produtivas menos intensivas em recursos naturais. Um novo padrão de consumo exige mudança de mentalidades. É preciso pensar e implementar mecanismos de produção que desperdicem menos energia e sejam mais eficientes, com investimento em tecnologias menos poluentes, a exemplo dos processos de tratamento de resíduos sólidos que geram energia e reduzem emissões.

É necessário rever a leitura do conceito de crescimento econômico, principalmente o crescimento realizado a qualquer custo e preço, um modelo que obriga os países a produzirem sempre mais, intensificando a ação sobre os recursos ambientais. Talvez o planeta se ressinta de um modelo econômico que permita uma maior distribuição de renda e redução de carga de trabalho para a geração de empregos para todos. Enfim, maior distribuição de riqueza e menos pressão sobre os recursos naturais.



A sociedade não pode adiar a promoção de políticas voltadas à contenção do avanço desmedido sobre o meio ambiente. Espera-se que esta mudança de mentalidade leve a uma exploração sustentável dos recursos naturais.

Podemos lançar mão de atitudes individuais que sejam coletivizadas de forma a contribuir no esforço global de redução dos impactos da ação humana sobre o meio ambiente e, por consequência, o aquecimento global. Quem sabe consigamos usar menos o transporte individual e adotar, cada vez mais, a modalidade do transporte coletivo; ajudar na conservação do meio ambiente, não desperdiçar, cobrar dos governantes que priorizem ações de preservação e uso racional dos recursos naturais.

Faz-se necessário exercermos a nossa cidadania no sentido amplo. O planeta é nossa casa, dos nossos filhos e dos nossos netos e, certamente, todos queremos que fique para as próximas gerações. Da mesma forma, é inaceitável que existam analfabetismo, fome, ausência de saneamento. O esforço internacional para mudar condições de vida degradantes precisa crescer, se transformar em algo realmente prioritário.

A consciência ambiental planetária deve levar as pessoas e os governos, cada vez mais, a aceitarem a existência de interesses globais e trabalhar por eles. O que se espera é o fortalecimento de instâncias multinacionais equilibradas, capazes de gerir uma política planetária sem distorções de forças baseadas em poderio bélico ou econômico, por exemplo.

Discutida intensamente nos últimos 15 anos pela comunidade científica, a mudança do clima é ainda um dos temas globais mais carentes de informação pública. O desafio para os educadores é desmistificar o assunto, disseminar informações, estimular o debate, aguçar a percepção dos futuros tomadores de decisão para a busca de soluções.

A falta da plena certeza científica das projeções concernentes ao aquecimento global do clima e seus efeitos não deve ser usada como argumento para se postergar a adoção de medidas preventivas que têm o objetivo de evitar ou minimizar as causas da mudança do clima e mitigar seus efeitos negativos.



# SALA DE PESQUISA

## Órgãos Governamentais

Ministério do Meio Ambiente

<http://www.mma.gov.br/>

Ministério de Minas e Energia

<http://www.mme.gov.br/>

Ministério da Ciência e Tecnologia

<http://www.mct.gov.br/>

Ministério do Desenvolvimento Agrário

<http://www.mda.gov.br/portal/>

Ministério da Educação

<http://www.mec.gov.br/>

Ministério das Cidades

<http://www.cidades.gov.br/>

Agência Nacional de Águas

<http://www.ana.gov.br/>

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

<http://www.anp.gov.br/>

Agência Nacional de Energia Elétrica

<http://www.aneel.gov.br/>

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos  
Naturais Renováveis

[http://www.ibama.gov.br/novo\\_ibama/index.php/](http://www.ibama.gov.br/novo_ibama/index.php/)

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

<http://www.inpa.gov.br/>

## Temas/endereços eletrônicos

Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas – Disponível em <http://www.forumclima.org.br/default.asp/>

Mundo sustentável abrindo espaço na mídia para um planeta em transformação – Disponível em <http://www.mundosustentavel.com.br/>

Instituto Virtual Internacional de Mudanças Climática – Disponível em <http://www.ivig.coppe.ufrj.br/pbr/livros.html/>

Mudanças Climáticas – Disponível em [http://www.cptec.inpe.br/mudancas\\_climaticas/](http://www.cptec.inpe.br/mudancas_climaticas/)

Sítio do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) – Disponível em <http://www7.cptec.inpe.br/>

Sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais sobre o Programa de Monitoramento e Previsão do Clima Espacial – Disponível em <http://www.inpe.br/climaespacial/index.php/>

*Intergovernmental Panel On Climate Change* – Disponível em <http://www.ipcc.ch/>

Grupos de trabalho do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima: Grupo de trabalho 1 – Disponível em <http://ipcc-wg1.ucar.edu/index.html/>

Grupo de trabalho 2 – Disponível em <http://www.ipcc-wg2.org/index.html/>

Grupo de trabalho 3 – Disponível em <http://arch.rivm.nl/env/int/ipcc/>

IPCC DDC – *Data Distribution Centre* – Disponível em <http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/>

IPCC TGICA – *Task Group on Data and Scenario Support for Impact and Climate Analysis* – Disponível em [http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1\\_tgica.html/](http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1_tgica.html/)

Fundação Mundial de Ecologia – Disponível em <http://www.ecologia.org.br/>

Programa Estadual de Mudanças Climáticas – Disponível em <http://www.ambiente.sp.gov.br/proclima/default.asp/>

Painel Florestal – Disponível em <http://painelflorestal.com.br/>

Sítio da UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change [*Convenção-Quadro sobre Mudança Climática*] – Disponível em <http://unfccc.int/>

Sítio das Nações Unidas – Disponível em <http://www.onu-brasil.org.br/>

Sítio da Organização das Nações Unidas em português sobre a Convenção-Quadro sobre Mudança Climática – Disponível em [http://www.onu-brasil.org.br/doc\\_clima.php/](http://www.onu-brasil.org.br/doc_clima.php/)

Sítio do Terra com reportagem – Empresa substitui energia e reduz emissão de gases – Disponível em <http://invertia.terra.com.br/carbono/interna/0,,OI1633301-EI8935,00.html/>

Sítio sobre energia limpa, créditos de carbono, notícias e indicadores – Disponível em <http://invertia.terra.com.br/carbono/>

Fórum Capixaba de Mudanças Climáticas e Uso Racional da Água – Disponível em <http://www.fcmc.es.gov.br/>

Fórum Mineiro de Mudanças Climáticas Globais – Disponível em [http://www.semاد.mg.gov.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=78&Itemid=93/](http://www.semاد.mg.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=78&Itemid=93/)

Fórum Gaúcho de Mudanças Climáticas – Disponível em <http://www.sema.rs.gov.br/>

## Temas

Poluição Urbana, Jornal da Ciência – Disponível em <http://www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=58361/>

Entenda Mudanças Climáticas – Disponível em <http://www.greenpeace.org/brasil/greenpeace-brasil-clima/entenda/>

Saiba mais sobre mudanças climáticas – Disponível em [http://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/meio\\_ambiente\\_brasil/clima/mudancas\\_climaticas/index.cfm/](http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/meio_ambiente_brasil/clima/mudancas_climaticas/index.cfm/)

Aquecimento Global já pode ser sentido – Disponível em <http://www.comciencia.br/reportagens/clima/clima06.htm/>

Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade – Disponível em [http://www.mma.gov.br/estruturas/impressa/\\_arquivos/livro%20completo.pdf/](http://www.mma.gov.br/estruturas/impressa/_arquivos/livro%20completo.pdf/)

Amazônia busca desenvolvimento sustentável – Disponível em [http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/cluster/2007/02/070201\\_meio\\_ambiente.shtml/](http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/cluster/2007/02/070201_meio_ambiente.shtml/)

Efeito estufa – Disponível em <http://www.mundosites.net/geografia/efeitoestufa.htm/>

Pesquisas em mudanças climáticas – Disponível em <http://www.cnptia.embrapa.br/content/embrapa-articula-novas-pesquisas-em-mudancas-climaticas-globais-170408-0.html/>

Mudanças Climáticas e Agricultura – Disponível em [http://www.multiciencia.unicamp.br/artigos\\_08/a\\_08\\_8.pdf/](http://www.multiciencia.unicamp.br/artigos_08/a_08_8.pdf/)

Sobre o Protocolo de Quioto – Disponível em [http://www.onu-brasil.org.br/doc\\_quioto.php/](http://www.onu-brasil.org.br/doc_quioto.php/)

Ambiente em foco. Desmatamentos – Disponível em <http://www.ambienteemfoco.com.br/>

Florestas de Eucalipto e o Aquecimento Global – Disponível em [http://painelflorestal.com.br/exibeNews.php?id=1061&cod\\_editorial=&url=news.php&pag=0&busca=/](http://painelflorestal.com.br/exibeNews.php?id=1061&cod_editorial=&url=news.php&pag=0&busca=/)

Texto da Convenção sobre Mudança do Clima – Disponível em <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/4069.html/>

Sítio do Ministério da Ciência e Tecnologia sobre Mudanças Climáticas – Disponível em <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/3881.html#/>

Informações sobre o Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas – Disponível em <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/4018.html/>

Reportagem sobre Mudanças Climáticas no Fantástico – Disponível em

<http://www.youtube.com/watch?v=Nm8tPLcLn84/>

Projeto de Olho no Clima do British Council – Disponível em <http://www.deolhonoclima.com.br/Home/Default.aspx/>

## **Livros**

1. A vingança de Gaia

Autor: James Lovelock

Editora: Intrínseca

2. Cool It – Muita Calma Nessa Hora

Subtítulo: Guia de um Ambientalista Cético Sobre o Aquecimento Global

Autor: Bjorn Lomborg

Editora: Campus/Elsevier

3. O novo dilúvio – população, poluição e clima futuro

Autor: Antony Milne

Editora: Gaia

4. Meio ambiente Brasil: Avanços e obstáculos pós Rio 92

Autores: Aspásia Camargo (CIDS-EBAPE-FGV), João Paulo R. Capobianco (ISA), José Antônio Puppim de Oliveira (EBAPE-FGV) (Organizadores)

Editado por: CIDS-EBAPE/FGV, Instituto Socioambiental e Editora Estação Liberdade.

5. Economia do Meio Ambiente. Teoria e Prática

Autores: Maria Cecília Lustosa, Peter Herman May, Valéria da Vinha

Editora: Campus

6. Emissão de Gases de Efeito Estufa proveniente de queima de resíduos agrícolas no Brasil

Autores: Lima, M. A; Ligo, M.A.V; Cabral, M.R; Boeira, R.C; Pessoa, M.C.P.Y; Neves, M.C

Editora: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

Meio Ambiente. Documento 7

7. Mudanças Climáticas Globais e a Agropecuária Brasileira  
Autores: José Domingos Gonzalez Miguez, Magda Aparecida de Lima, Osvaldo Machado Rodrigues Cabral  
Editora: EMBRAPA Meio Ambiente

8. Mudanças climáticas: premissas e situação futura  
Autor: Demetrius H. Cardoso Almeida  
LCTE. Editora

9. O Aquecimento Global  
Autor: Claudio Angelo  
Edição: 1a. edição, 2008 Área: Referência Série: Folha Explica – Meio Ambiente Editora: Publifolha

10. 50 grandes ambientalistas: de Buda a Chico Mendes  
Autor: Joy Palmer  
Editora: Contexto

11. Meio ambiente: Sua história – como defender a natureza sem ser ecochato  
Autor: Paulo Ramos Derengoski  
Editora: Insular

12. Ecologia  
Autor: Eugene P. Odum  
Editora: Guanabara Koogan

13. Avaliação de Impacto Ambiental – Aplicação ao sistema de transportes  
Autora: Maria Cristina Fogliatti  
Editora: Interciência

14. Meio Ambiente. Aspectos Técnicos e Econômicos  
Autor: Sérgio Margullis  
Editora: IPEA

15. Almanaque Brasil Socioambiental 2008  
Autores: Beto Ricardo e Maura Campanilli  
Editora: Instituto Socioambiental

16. O desafio da sustentabilidade. Um debate socioambiental no Brasil



Gilney Viana, Marina Silva e Nilo Diziz (Organizadores)

Editora: Fundação Perseu Abramo

17. Uso Inteligente da Água

Autor: Aldo da Cunha Rebouças

Editora: Escrituras

18. Agroecologia. A dinâmica construtiva da agricultura sustentável

Autor: M. Altieri

Editora Universidade Federal do Rio Grande do Sul

19. Para mudar o futuro

Autor: Jacques Marcovitch

Editora Saravia – Edusp

20. Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil

Autora: Raquel Ghini

Embrapa Informação Tecnológica

21. Mudanças e agressões ao meio ambiente

Autores: Stern, P.C; Yong, O; Druckman, D (Org.)

Editora: Makron Books

## **Revistas**

Com Ciência Ambiental, ano 2, número 8, 2007

Com Ciência Ambiental, ano 1, número 2, 2006 (Mata atlântica)

Com Ciência Ambiental, ano 1, número 1, 2006 (Sociedade Organizada)

Com Ciência Ambiental, ano 1, número 3, 2006

Com Ciência Ambiental, ano 2, número 11, 2007

Eco Spy, ano 1, número 5

Eco Spy, ano 2, número 9 (Planeta poderá fritar)

Eco Spy, ano 2, número 7 (Bioarquitetura)

Scientific American, Edição Especial, número 12

<http://www.sciam.com.br>

Scientific American, ano 5 , número 53, outubro de 2006

Scientific American, Edição Especial, número 19 (Como deter o aquecimento global)

Scientific American, Ano 5, número 58, 2007

Scientific American, Edição Especial, número 20 (As formas mutantes da Terra)

Época, abril de 2007 (Isto pode acontecer)

Discutindo a geografia, ano 2, número 7 (Aqüífero Guarani)

Discutindo a geografia, ano 4, número 21 (Crise de Alimentos)

Carta capital, ano XIII, número 462, setembro de 2007  
[www.cartacapital.com.br](http://www.cartacapital.com.br)

Aquecimento Global

Galileu, junho de 2006, número 179

Galileu, abril de 2007, número 2 (Crise ambiental)

Exame. Edição 883, ano 40, número 25, dezembro de 2006  
<http://www.exame.com.br>

Coleção Amazônia: A floresta e o futuro

Atlas Visual de Ciência – Clima 2007 Editorial Sol 90

Atlas Visual de Ciência – Energia e Movimento

Atlas do Meio Ambiente: Aquecimento Global, destruição da floresta, escassez de água

Le Monde Diplomatique Brasil

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Manual de capacitação sobre mudanças do clima e projeto de MDL – Brasília – DF  
<http://www.cgee.org.br/publicacoes/MudancaDoClima.php>

## Filmes/Vídeos

1. Uma verdade inconveniente, 2006

Estrelando: Al Gore  
Direção: Davis Guggenheim  
Distribuidora: Paramount Pictures do Brasil

2. A última hora, 2007

Narração: Leonardo Di Caprio  
Direção: Nadia Conners e Leila Conners Petersen  
Distribuidora: Warner Independent Pictures  
<http://wwws.br.warnerbros.com/11thhour/>

3. DVD Cocoricó – Saúde e meio ambiente. Água, Desperdício, Doença e Vacina e Visão, e o clipe musical O rei e os pingos.

4. Novo vídeo da trilogia Pense de Novo alerta para as consequências do desmatamento – Disponível em  
[http://www.wwf.org.br/participe/wwf\\_acao/video\\_pense\\_de\\_novo/index.cfm/](http://www.wwf.org.br/participe/wwf_acao/video_pense_de_novo/index.cfm/)

5. Planeta sustentável – Disponível em  
<http://planetasustentavel.abril.com.br/videos/>

6. O dia em que o mundo acabou, 2001

Direção: Terence Gross  
Distribuidora: Columbia Pictures

7. A Era do Gelo, 2002

Direção: Chris Wedge  
Distribuidora: 20th Century Fox

8. A Era do Gelo 2, 2006

Direção: Carlos Saldanha  
Distribuidora: 20th Century Fox/Warner Bros.



## REFERÊNCIAS

AAAS – American Association for the Advancement of Science. *Atlas of Population and Environment*. Disponível em: <<http://atlas.aaas.org/>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

ALLABY, M. *How the weather works: 100 ways parents and kids can share the secrets of the atmosphere*. London: Dorling Kindersley Limited, Reader's Digest Book, 1996. 135 p.

ANP – **Agência Nacional de Petróleo**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

ANTUNES, Ricardo. **A Dialética do Trabalho – Escritos de Marx e Engels**. Editora Expressão Popular: São Paulo, 2004.

ARAÚJO, João Lizardo R. H. de: **Regulação de monopólios e mercados: questões básicas**. Disponível em: <<http://www.energia.ie.ufrj.br/regula.pdf/>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

ARAÚJO, M. A. **Seminário de Geomorfologia do Litoral**. Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade do Porto: Portugal. Disponível em: <<http://www.lettras.up.pt/geograf/seminario/Aula9.htm/>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

Banco Mundial: Infra-Estrutura para o Desenvolvimento. In: \_\_\_\_\_. **Relatório Sobre o Desenvolvimento Mundial – 1994**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1994.

BEN – **Balanco Energético Nacional**. Brasília: Ministério das Minas e Energia, 2004.

- BIGG, G. R. *The Oceans and Climate*. Cambridge University Press, p.266, 1996.
- BÔA NOVA, A. C. **Energia e Classes Sociais no Brasil**. São Paulo: Edições Loyola, 1985.
- BÔA NOVA, A. C. Níveis de Consumo Energético e Índices de Desenvolvimento Humano. **Revista Brasileira de Energia**, Rio de Janeiro, v.7, n. 2, p. 63-70, 1999.
- BRASSEUR, G. P.; ORLANDO, J. J.; TYNDALL, G. S. *Atmospheric Chemistry and Global Change*. New York: Oxford University Press, 1999.
- BRAVERMAN, H. A Degradação do Trabalho no Século XX. In: \_\_\_\_\_. **Trabalho e Capital Monopolista**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1987.
- BRAVO, Victor. Capítulo IIa: El Mercado Petrolero. In: \_\_\_\_\_. *Introducción a La Economía del Petróleo*. San Carlo de Bariloche: Instituto de Economía Energética – IDEE, 1994.
- CANO, Wilson. **Brasil: Crise e Alternativas ao Neoliberalismo**. Mimeografado, s/d.
- The Science of Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 1996
- COELHO, M. A. **Geografia Geral: o espaço natural e sócio-econômico**. São Paulo: Moderna, 1992.
- CONPET – **Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural**. Disponível em: <<http://www.conpet.gov.br/>>. Acesso em: 12 dez. 2008.
- CONTRERAS, E. del C. A. G. **O Potencial de Competitividade da Indústria Brasileira de Gás Natural no Cenário Energético Sulamericano**. Rio de Janeiro: Anais do VII Congresso Brasileiro de Energia, 1999.
- \_\_\_\_\_. **Energia no Brasil dos Anos 90: Notas Exploratórias**. Rio de Janeiro: V Congresso Brasileiro de Energia, 1990.

\_\_\_\_\_. **A questão Energética do Terceiro Mundo. Proposta Metodológica.** Rio de Janeiro: Tese de Mestrado, Programa de Planejamento Energético – PPE/COPPE/UFRJ, 1990.

DIAS, R. J. M. de V. **Algumas Experiências de Reestruturação do Planejamento Energético Estadual no Brasil: Uma Abordagem Institucional.** Rio de Janeiro: Tese de Mestrado, Programa de Planejamento Energético – PPE/COPPE/UFRJ, 1990.

Dicionário Enciclopédico Ilustrado. In: \_\_\_\_\_. **Veja Larousse Earth observatory – NASA.** Milutin Milankovitch, 2001 Disponível em: <<http://www.earthobservatory.nasa.gov/Features/Milankovitch/>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, n. 145, mar. 2008.

FIORI, J. L. **60 Lições dos 90 – Década de Neoliberalismo.** São Paulo: Record, 2001.

Global Climate Change Student Guide. In: \_\_\_\_\_. **Palaeoclimatic change.** Department of Environmental and Geographical Sciences Manchester Metropolitan University. Disponível em: <<http://www.docm.mmu.ac.uk/aric/gccsg/5-1.html/>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

GOMES, I. C.; AUGUSTO, C. **Utilização do Gás Natural na Otimização do Uso de Energia em Diversos Setores da Indústria.** Rio de Janeiro: Apostila, 1990.

HARTMANN, D. L. **Global Physical Climatology:** Academic Press, p. 411, 1994.

HÉMERY, D.; DEBIER, Jean-Claude; BELÉAGE, Jean-Paul. **Uma História da Energia.** Brasília: Universidade de Brasília, 1986.

IEA – International Energy Agency. **World Energy Outlook**, 2005.

IDEE – Instituto de Economia Energética. **Economia da Energia.** San Carlo de Bariloche, 1994.

IPAM – Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. **Clima e Desmatamento.** Disponível em: <<http://www.ipam.org.br/>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis – Summary for Policymakers*. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/SMP2feb07.pdf/>>. Acesso em: 12 dez.2008.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse GAS Inventories*, 1997.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers – The Scientific Basis. In: \_\_\_\_\_. *Report of Working Group I*. IPCC, WMO/UNEP, 2001.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. *Third Assessment Report*. Synthesis Report: Climate Change, 2001.

IPCC– Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge University Press: Cambridge, p.881, 2001.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis – Summary for Policymakers*. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm.pdf/>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

LA ROVERE, E. L. et al. *Economia e Tecnologia da Energia*. Rio de Janeiro: Marco Zero/FINEP, 1985.

\_\_\_\_\_. Um Enfoque Alternativo para o Planejamento Energético. *Revista ABG*. jun. 1985.

LIMA E SILVA, P. P. et al. *Dicionário Brasileiro de Ciências Ambientais/organizadores*. 1999.

MARTIN, Jean-Marie. *A Economia Mundial de Energia*. São Paulo: Unesp, 1992.

MARX, K.; ENGELS, F. *A Ideologia Alemã*. 2 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia. *Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. Brasília, 2004.



MEEHL, G.A.; WASHINGTON, W.M. *El Niño-like climate change in a model with increased atmospheric CO<sub>2</sub>-concentrations*. Nature, n. 382, p.56-60, 1996.

CD Multimídia sobre meio ambiente e ciências atmosféricas. In: \_\_\_\_\_. **Meio ambiente e ciências atmosféricas – CPTEC/Inpe**, 2002. Disponível em: <<http://www3.cptec.inpe.br/~ensino/>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

MÉZÁROS, I. **Para Além do Capital, Boitempo**. 1 ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2002.

Contribuição do Brasil para Evitar a Mudança do Clima. In: \_\_\_\_\_. **Ministérios das Relações Exteriores, Ciência e Tecnologia, Meio Ambiente, Minas e Energia e do Desenvolvimento**. Brasília, 2007.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Mapa da Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros**. Brasília, 2006.

MARENGO, J. A. Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade. In: \_\_\_\_\_. **MMA – Ministério do Meio Ambiente**, Brasília, 2007.

III Conferência Nacional do Meio Ambiente. In: \_\_\_\_\_. **Texto de Apoio MMA – Ministério do Meio Ambiente**. Brasília, 2008.

Eletricidade no Balanço Energético Nacional. In: \_\_\_\_\_. **MME – Ministério das Minas e Energia**. Nota Técnica CGEI n. 01/98 22/09/98, Brasília, 1998.

NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. Mudanças Climáticas e Amazônia. **Revista Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 59, n.3, 2007.

Adança dos continentes. In: \_\_\_\_\_. **Observatório Sismológico da Universidade de Brasília**. Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/sis/danca.htm/>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

PATTERSON, T. Climate Change: a geological perspective. In: \_\_\_\_\_. **Department of Earth Sciences. Carleton University, Ottawa, Ontario, Canada**. Disponível em: <<http://http-server.carleton.ca/~tpatters/index.html/>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Revista TUNZA**, v. 4, n. 3, 2006.

Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal. In: \_\_\_\_\_. **Presidência da República – Casa Civil**. Brasília, 2003.

Conservação de Energia Elétrica na Indústria. In: \_\_\_\_\_. **PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia**. Ministério das Minas e Energia/ELETROBRAS. Rio de Janeiro, 1993.

Documentação Básica. In: \_\_\_\_\_. **PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia**, Ministério das Minas e Energia/ELETROBRAS. Rio de Janeiro, 1988.

RIBEIRO, W. C. Mudanças climáticas, realismo e multilateralismo. **Revista Terra Livre**, São Paulo, n.18 AGB, p.75-84, 2002.

ROSA, L. P.; TOLMASQUIM, M. T. *An Analytical Model to Compare Energy-efficiency Indices and CO2 Emissions in Developed and Developing Countries*. Energy Policy, March, 1993.

SAAVEDRA, V. H. **Planejamento Energético Regional, Perfil e Perspectiva**. Tese de Mestrado. Programa de Planejamento Energético – PPE/COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 1990.

SAMPAIO, G. **O El Niño e Você – o fenômeno climático**. São Paulo: Editora Transtec, 2001.

SILVA, N. F. Privatizações: Ponderando Sobre as Externalidades. In: \_\_\_\_\_. **Reflexões Sobre o Sistema Energético**. Natal: Grupo de Estudos Energéticos – GREEN/UFRN/Cefet-RN, 1999.

SILVA, P. T. J. **A Deriva dos Continentes**. UFMG, 2001. Disponível em: <<http://geocities.yahoo.com.br/geologo98/deriva.html>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

STERN, N. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge: Cambridge University, 2006.

SUÁRES, C. E. Energia Electrica y Sociedad. In: \_\_\_\_\_. **Instituto de Economía Energética – IDEE**. San Carlo de Bariloche, 1992.

TARANIK, J. Origins, planet Earth and our future. Global climate change. In: \_\_\_\_\_. **Continental drift and ocean circulation**. University of Nevada, 2001. Disponível em: <<http://www.unr.edu/mines/able/>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

TEIXEIRA, P. H. G. **Reflexões Sobre o Sistema Energético – Energia e Desenvolvimento: Uma Análise a Partir do Conceito de Racionalidade para o Rio Grande.**

TETT, S.F.B. Simulation of El Niño-Southern Oscillation-like variability in a global coupled AOGCM and its response to CO<sub>2</sub>-increase. *J. Climate*, v. 8, p.1473-1502, 1995.

*The Blue Planet Figures.* The University of South Dakota, 2003. Disponível em: <<http://www.usd.edu/esci/figures/BluePlanet.html>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

TIMMERMANN, A. et al. *Increased El Niño frequency in a climate model forced by future greenhouse warming.* Nature, n. 395, p. 694–697, 1999.

UNEP – United Nations Environment Programme, 2002. Disponível em: <<http://www.unep.org/>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

United States Geological Survey (USGS), 2003. Disponível em: <http://www.usgs.gov/>. Acesso em: 12 dez. 2008.

WALLACE, J. M.; HOBBS, P. V. *Atmospheric Science: an introductory survey.* Academic Press, 2 ed., 2006.

WEGENER, A. *The Origin of Continents and Oceans.* Dover Publications Inc., p.246, 1996.



## APÊNDICE

### CD “MUDANÇAS AMBIENTAIS GLOBAIS”

O CD Interativo Mudanças Ambientais Globais foi idealizado com o objetivo de levar ao conhecimento de educadores e alunos a importância de entendermos quais são os impactos do aquecimento global nas atividades humanas e ecossistemas, e que medidas são necessárias para diminuir esses efeitos.

Esta proposta expande o escopo de projetos já desenvolvidos pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/Inpe e pelo Programa AEB Escola da Agência Espacial Brasileira (AEB) de fornecer ferramentas auxiliares de ensino com base em conteúdos pedagógicos de qualidade e com a utilização exaustiva de recursos de multimídia.

Além de vídeos e animações, são utilizados recursos avançados de interatividade para que o usuário entenda que fatores estão envolvidos nas mudanças e no comportamento do meio ambiente. Este recurso faz parte de uma coleção, desenvolvida por meio do Programa AEB Escola, a qual é composta pelos temas:

- Mudanças ambientais globais.
- O efeito estufa.



Figura 1. Imagem da Capa do CD “Mudanças Ambientais Globais

Acervo AEB. CD Interativo "Mudanças Climáticas Globais". AEB. Inpe.

- O ciclo do carbono.
- O ciclo do nitrogênio.
- Mudanças climáticas naturais.
- Mudanças climáticas antropogênicas.
- Observações do aquecimento global.
- Cenários de mudanças climáticas futuras.
- Mudanças globais da vegetação.
- Buraco na camada de ozônio.
- Impactos das mudanças climática no Brasil e no mundo.
- Conclusões – O futuro.
- Mudanças climáticas.
- Experiência sobre o efeito estufa.

Este CD-ROM é compatível com os sistemas operacionais Microsoft Windows, Macintosh e Linux.

- Se você for usuário de *Microsoft Windows* e o aplicativo não iniciar automaticamente, abra o arquivo “MAG\_WINDOWS.exe”.
- Se você for usuário de *Macintosh*, abra o arquivo “MAG\_MACINTOSH.hqx”.
- Se você for usuário de *Linux*, abra o arquivo “mag\_linux.html”.

## PROGRAMA AEB ESCOLA – VIAJE NESSA IDÉIA!

Qual criança não sonha em entrar em uma nave espacial e conhecer planetas distantes em uma viagem fantástica rumo ao desconhecido? Para alcançar esse sonho é que, desde os primórdios, o ser humano busca alcançar as estrelas.

De uma maneira lúdica e multidisciplinar, o Programa AEB Escola, da Agência Espacial Brasileira (AEB), divulga o Programa Espacial Brasileiro para alunos do Ensino Fundamental e Médio de todo o País e contribui para despertar nos jovens o interesse pela ciência e tecnologia espaciais.

Com dois focos que se complementam, o AEB Escola trabalha na formação continuada de professores, estimulando a temática espacial como debate e conhecimento para as aulas e outras ações educativas, e em atividades que estimulem diretamente o interesse de crianças e jovens sobre o tema, por meio de uma olimpíada nacional, além da participação em eventos de divulgação científica.



Acervo AEB.

Figura 2. Alunos e professores participando da oficina "Interpretando Imagens de Satélites", realizada durante a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT) em Brasília, DF.



Acervo AEB.

Figura 3. Professores participando da atividade prática "Estações do Ano", durante o módulo "Astronomia em Sala de Aula", da Formação Continuada de Professores, em Brasília, DF.

A produção de materiais didáticos e paradidáticos constituiu-se na ação central do programa, por permear as diferentes frentes de trabalho nas escolas. É fruto de um esforço coletivo de inúmeras instituições comprometidas com a melhoria da qualidade da educação no País e conta com a colaboração de cientistas e pesquisadores que produzem o conhecimento de ponta na área espacial.

Dentre os instrumentos utilizados pelo programa, destacam-se as oficinas, palestras, exposições, cursos e concursos, nos quais se procuram associar conteúdos vivenciados em sala de aula com a temática espacial.

Essa fórmula já conquistou milhares de educadores e estudantes, que atualmente desenvolvem com maior frequência atividades em sala de aula voltadas para a área espacial, despertando futuras gerações de pesquisadores e contribuindo para melhorar a educação brasileira.

## Formação continuada de professores

O educador é uma das prioridades do programa. De forma gratuita, o AEB Escola oferece cursos de capacitação a educadores, com o intuito de promover um conjunto de ferramentas para o enriquecimento de conteúdos das diferentes disciplinas ministradas na escola. Uma constatação é inegável: a área espacial é um poderoso tema transversal que pode estar presente em qualquer momento da formação do estudante brasileiro.



Acervo AEB.

Figura 4. Professores conhecendo o conteúdo dos CDs interativos, utilizados pelo Programa AEB Escola, durante a Formação Continuada de Professores.

A formação continuada visa desenvolver, nos educadores, competências e habilidades para trabalhar com conteúdos de ciência e de tecnologia relacionados à área espacial. Os cursos abordam, também, estratégias didáticas para a transposição desses conteúdos para a sala de aula.

Atualmente, o AEB Escola realiza o curso Astronáutica e Ciências do Espaço, que é constituído pelos módulos:



1. Experimentos Didáticos de Astronomia em Sala de Aula.
2. Satélites e Plataformas Espaciais.
3. Veículos Espaciais.
4. Sensoriamento Remoto.
5. Meteorologia e Ciências Ambientais.

Ao investir na formação continuada de professores, o Programa AEB Escola une o útil ao necessário. Em primeiro lugar, assegura a sustentabilidade do programa por meio da formação de disseminadores; em segundo, leva o tema das ciências do espaço ao contexto escolar.

## Material didático

A produção de material didático e paradidático visa auxiliar educadores dos Ensinos Fundamental e Médio na sua prática pedagógica. Tem por objetivo apresentar temas atuais e atraentes em linguagem clara e objetiva, com base científica e abordagem interdisciplinar e contextualizada. Este material oferece ferramentas de apoio ao desenvolvimento de atividades criativas, que estimulam o pensamento crítico e despertam o interesse pela ciência e pela tecnologia.

O *kit* do curso “Astronáutica e Ciências do Espaço” é constituído de manuais e CD-ROMs interativos, sendo distribuído para os participantes do curso e para educadores de todo o País que têm interesse em atuar como disseminadores do programa.

Os materiais são distribuídos de forma gratuita pelo Programa AEB Escola.



Figura 5. Professores participando da atividade prática “Construindo uma Luneta”, durante o módulo “Astronomia em Sala de Aula” da Formação Continuada de Professores, em Brasília, DF.



Figura 6. O material didático do Programa AEB Escola é composto por manuais, CDs e DVDs.

## Participação em eventos de divulgação científica

O Programa AEB Escola tem investido continuamente na interação entre instituições ligadas à área espacial e escolas. Esse esforço, efetivado com a participação em eventos de divulgação científica e outras iniciativas de estímulo ao aluno, justifica e dá sentido às ações de formação continuada de professores e às diversas parcerias para a elaboração de materiais didáticos e paradidáticos. O Programa AEB Escola existe para divulgar os avanços e conquistas do Programa Espacial Brasileiro,

estimulando a formação de futuros cientistas e pesquisadores.

Todos os anos, o AEB Escola é presença constante em exposições como a Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), a Semana Nacional de C&T e o Dia Mundial da Ciência pela Paz e pelo Desenvolvimento, além de feiras e eventos regionais de divulgação científica.



Acervo AEB.

Figura 7. Exposição interativa do Programa AEB Escola apresentada durante a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT) em Brasília, DF.

## Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA)

Mais de 1 milhão de estudantes já realizaram as provas da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA)

nos últimos quatro anos em todo o Brasil. A OBA é um evento organizado pela Agência Espacial Brasileira (AEB) e pela Sociedade Astronômica Brasileira (SAB). Seu objetivo é popularizar o ensino de Astronomia e de Astronáutica (Ciências Espaciais) entre educadores e estudantes de todo o



Acervo AEB.

Figura 8. Alunos do CEM 01 de Planaltina, DF, realizando a prova da OBA.

País. A OBA trabalha para gerar uma integração entre a comunidade científica e a estudantil.

Todos os anos, a comissão organizadora da OBA envia às escolas cadastradas material orientador e paradidático sobre os temas que deverão ser abordados nas provas. Esse material é constituído por um CD-ROM de apresentação da olimpíada, com indicações de experimentos didáticos para o ensino de Astronomia, Astronáutica e Física, além de revistas sobre o tema, como a Espaço Brasileiro, produzida pela AEB, e a Ciência Hoje. Compõem também o material CD-ROMs com conteúdos interativos, livros, fôlderes, cartazes e dobraduras.

Apesar de ser uma olimpíada, a OBA não tem o objetivo de estimular a competição, e, sim, o aprendizado. Por isso, os enunciados das questões são elaborados de modo a levar informações sobre os temas propostos, o que permite reflexões e contribui para a formação dos alunos e dos educadores.

Além de aplicar as provas, a organização da OBA propõe todos os anos uma atividade prática para ser desenvolvida em sala de aula. Com base nos registros e observações feitos ao longo da realização dos experimentos, os participantes podem optar por responder uma questão da prova relacionada com as observações feitas. O intuito é contribuir para que a cultura da pesquisa e da observação faça parte do dia-a-dia das escolas.

Outra atividade experimental promovida pela OBA é a Olimpíada Brasileira de Foguetes (OBFOG), que consiste na proposição de desafios para a construção e lançamento de foguetes artesanais.

Todos os alunos e educadores envolvidos no processo recebem certificados e são distribuídas cerca de 20 mil medalhas, como forma de valorizar a



Figura 9. Aluno do CEF 504 de Samambaia, DF, realizando a atividade prática da OBFOG.

iniciativa das escolas. Para os alunos que se destacam nos conteúdos de Astronomia, é oferecido um curso de atualização pela Sociedade Astronômica Brasileira, a partir do qual é selecionada a equipe que representa o Brasil na Olimpíada Internacional de Astronomia. Os alunos que se destacam nas questões de Astronáutica participam da Jornada Espacial, um curso avançado sobre ciências espaciais promovido pela Agência Espacial Brasileira. Além disso, aos professores destes alunos também são oferecidos cursos de atualização em Astronomia e Astronáutica.



Acervo AEB.

Figura 10A e B. Alunos ganhadores da II OBF0G, demonstrando o funcionamento do seu experimento, durante a IV Jornada Espacial, em São José dos Campos, SP.

## A Jornada Espacial

Um dos objetivos da OBA é contribuir para a revelação de novos talentos para a carreira científica, permitindo aos jovens o

contato com pesquisadores das áreas de Astronomia e Astronáutica – com o objetivo de conhecerem o cotidiano das profissões nestas áreas ou em ciências afins.

A Jornada Espacial é mais uma iniciativa de incentivo à vocação de jovens talentos para a área espacial. Dela participam estudantes de diferentes Unidades da Federação que alcançaram o melhor desempenho nas questões de



Acervo AEB.

Figura 11. Alunos e professores participando das atividades práticas “Como Manusear um Planisfério” e “Construindo uma Luneta”, durante a IV Jornada Espacial em São José dos Campos, SP.

Astronáutica da OBA, juntamente com seus professores. A participação dos professores na Jornada Espacial tem, também, o objetivo de contribuir para a formação de disseminadores das ações do Programa AEB Escola nas diversas regiões do País.

A Jornada Espacial é realizada, anualmente, em São José dos Campos, SP, onde se localiza um importante pólo da pesquisa e da indústria aeroespacial brasileira. Os participantes da jornada têm a oportunidade de conhecer as instituições vinculadas à área espacial e interagir com pesquisadores e técnicos que nelas atuam, proporcionando, assim, um rico ambiente de troca de experiência e de informações.



Acervo AEB.

Figura 12. Professores participando da atividade prática “Como montar um Veículo Lançador de Satélites”, durante a IV Jornada Espacial em São José dos Campos, SP.



Acervo AEB.

Figura 13A e B. Alunos e professores participando da atividade prática “Lançamento de Foguetes”, realizada no Memorial Aeroespacial Brasileiro, durante a IV Jornada Espacial em São José dos Campos, SP.

## Gestão

As ações do Programa AEB Escola vêm se consolidando a partir da integração de ações de instituições públicas e privadas, por se acreditar que a cooperação torna o processo mais eficiente, reduzindo seus custos e estendendo os benefícios a um número maior de pessoas.

## Sua instituição e o Programa AEB Escola

O Programa AEB Escola está aberto a parcerias com instituições públicas e privadas e tem a oferecer resultados de grande visibilidade e apelo social. Suas ações podem chegar a cada sala de aula do Brasil. Para isso, o programa precisa de parceiros com visão de futuro e preocupação com os rumos de nossa educação. Parceiros apaixonados pela divulgação da ciência e da tecnologia, com ênfase nas ciências do espaço.

Informe-se sobre as possibilidades de incluir de sua instituição ou empresa na relação de apoiadores e parceiros do Programa AEB Escola.

Agência Espacial Brasileira (AEB)

Programa AEB Escola

SPO – Área 5 – Quadra 3 – Bloco Q – Salas 3 a 9

Telefone: (61) 3411-5024 / 34115678

CEP: 70610-200 Brasília (DF)

[www.aeb.gov.br](http://www.aeb.gov.br)

E-mail: [aebescola@aeb.gov.br](mailto:aebescola@aeb.gov.br)



COLEÇÃO EXPLORANDO O ENSINO

# MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Realização:



Ministério da  
Educação

Ministério da  
Ciência e Tecnologia

