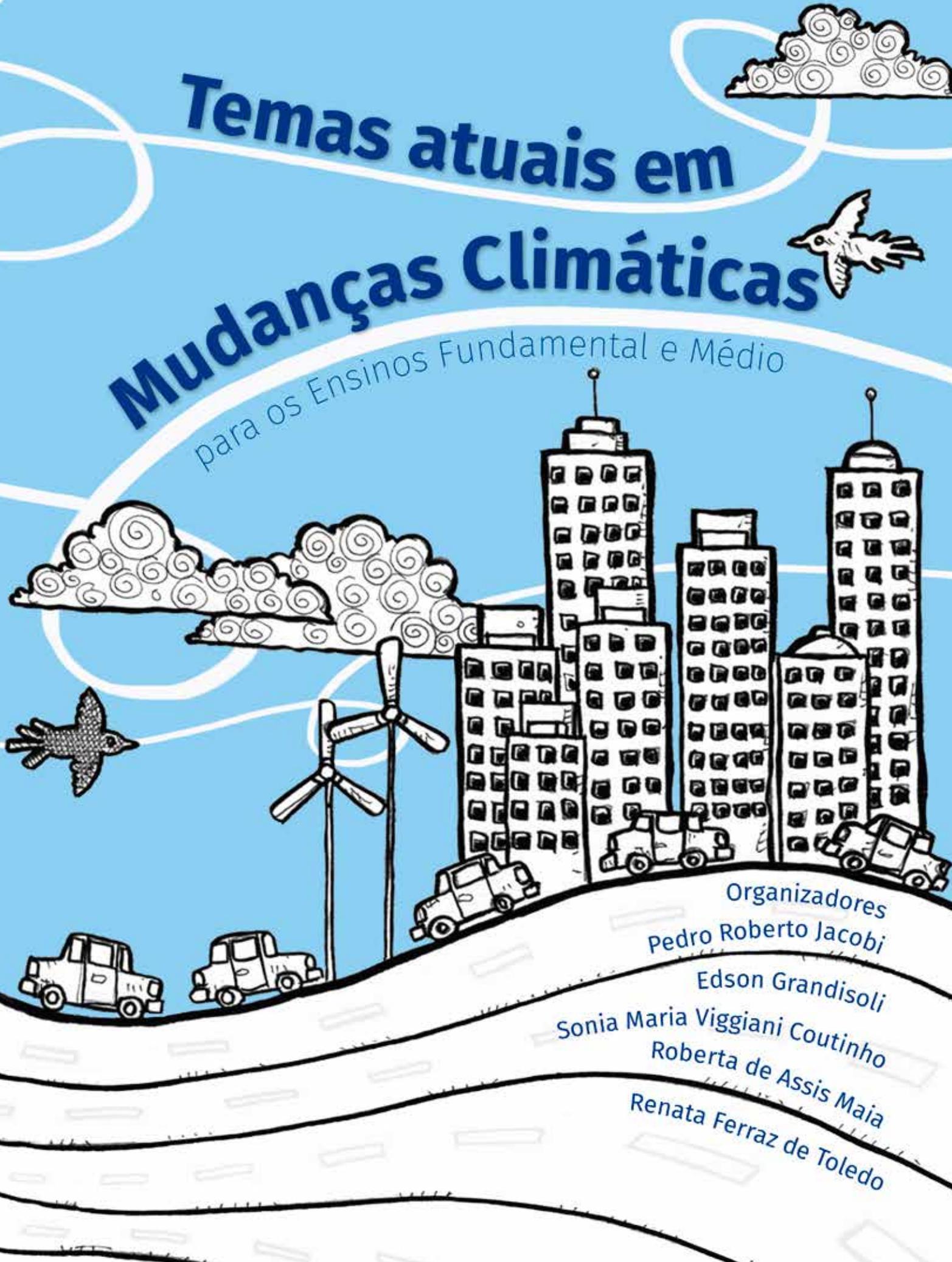


# Temas atuais em Mudanças Climáticas

para os Ensinos Fundamental e Médio



Organizadores  
Pedro Roberto Jacobi

Edson Grandisoli

Sonia Maria Viggiani Coutinho

Roberta de Assis Maia

Renata Ferraz de Toledo

# **Temas atuais em Mudanças Climáticas**

para os Ensinos Fundamental e Médio

Organizadores

**Pedro Roberto Jacobi**  
**Edson Grandisoli**  
**Sonia Maria Viggiani Coutinho**  
**Roberta de Assis Maia**  
**Renata Ferraz de Toledo**

1ª edição

São Paulo  
2015

## **Equipe**

Organizadores:

**Pedro Roberto Jacobi**  
**Edson Grandisoli**  
**Sonia Maria Viggiani Coutinho**  
**Roberta de Assis Maia**  
**Renata Ferraz de Toledo**

Textos:

**Adalgiza Fornaro**  
**Alexander Turra**  
**Ana Paula Freire**  
**Cristiano Mazur Chiessi**  
**Denise de La Corte Bacci**  
**Edson Grandisoli**  
**Fabio Luiz Teixeira Gonçalves**  
**Francisco William da Cruz Júnior**  
**Gina Rizpah Besen**  
**Leandro Luiz Giatti**  
**Luana Santamaria Basso**  
**Luciana Vanni Gatti**  
**Maria de Fátima Andrade**  
**Michelle Simões Reboita**  
**Paulo Artaxo**  
**Pedro Roberto Jacobi**  
**Renata Ferraz de Toledo**  
**Roberta de Assis Maia**  
**Simone Erotildes Teleginski Ferraz**  
**Sonia Maria Viggiani Coutinho**  
**Suellyn Garcia**  
**Tércio Ambrizzi**  
**Vanessa Empinotti**  
**Viviane Francisca Borges**

Revisão:

**Edson Grandisoli**  
**Ivan Antunes Corrêa**  
**Pedro Roberto Jacobi**  
**Renata Ferraz de Toledo**  
**Roberta de Assis Maia**  
**Sonia Maria Viggiani Coutinho**

Projeto Gráfico e Diagramação:

**Indaia Emília Comunicação & Design Gráfico**

Ilustrações:

**Frê Mishima**

Impressão e acabamento:

**Ricargraf Gráfica e Editora Ltda.**

---

## **Ficha Catalográfica**

Temas atuais em mudanças climáticas: para os ensinos fundamental e médio./  
organizadores, Pedro Roberto Jacobi, Edson Grandisoli, Sonia Maria Viggiani Coutinho,  
Roberta de Assis Maia e Renata Ferraz de Toledo. – São Paulo: IEE – USP, 2015.  
112p.

ISBN 978-85-86923-41-8

1. Mudança climática 2. Educação ambiental I. Jacobi, Pedro Roberto, org. II. Grandisoli,  
Edson, org. III. Coutinho, Sonia Maria Viggiani, org. IV. Maia, Roberta de Assis, org. V.  
Toledo, Renata Ferraz de.org.

---

## Apresentação

Ação humana sobre a natureza está promovendo alterações de grande escala há, pelo menos, um século. As mudanças climáticas, o aumento da temperatura média da Terra e todos os desdobramentos desses eventos indicam que estamos vivendo uma nova era, o Antropoceno.

O aumento do número de eventos climáticos extremos, as mudanças nos ecossistemas, a ascensão do nível do mar, a migração de populações, o desaparecimento de geleiras de altitude, a redução das calotas polares e as alterações da disponibilidade de recursos já fazem parte da realidade de milhares de pessoas, e a compreensão dos fatores determinantes destes padrões climáticos mundiais desafia, tanto os pesquisadores especializados, como a população em geral.

Nesse momento, um dos principais desafios é garantir a continuidade e aprofundamento das pesquisas, além de ampliar, por meio de uma divulgação clara e competente, o conhecimento de todos sobre o tema. Esses pontos são vitais para que sejamos capazes de compreender o papel dos governos, cientistas e da população na busca por alternativas, sempre dentro de um cenário que não invoque o catastrofismo e o imobilismo.

Esta publicação “[Temas atuais em Mudanças Climáticas](#)” está organizada de forma a não somente informar, mas conscientizar e sensibilizar nossos leitores com relação a esse tema tão atual e que tanto desafia a sociedade planetária. Dessa forma, procuramos valorizar a ampliação dos diálogos, a corresponsabilidade por meio de processos coletivos e as práticas inovadoras apoiadas em metodologias participativas e cooperativas.

Além das leituras, elaboramos também um capítulo com sugestões de atividades que podem ser facilmente realizadas em sala de aula.

O caminho para uma sociedade sustentável fortalece-se na medida em que se ampliem práticas educativas que conduzam a uma atitude reflexiva em torno da problemática socioambiental, estimulando o desenvolvimento de novas mentalidades, conhecimentos e comportamentos.

Esta publicação foi possível graças ao apoio do CNPq e aos parceiros do INCLINE – Núcleo de Apoio à Pesquisa – Mudanças Climáticas da Universidade de São Paulo, que colaboraram de forma tão entusiástica ao nosso chamado com artigos que contribuem para um melhor conhecimento sobre esse tema que tanto nos desafia.

*Tércio Ambrizzi e Pedro Roberto Jacobi*

# Sumário

## PARTE I

### O DESAFIO ..... 6

- Capítulo 1 • Complexidade científica das mudanças climáticas e os acordos internacionais ..... 7
- Capítulo 2 • Aprendizagem social, mudanças climáticas e sustentabilidade ..... 12
- Capítulo 3 • Tempo e clima..... 17
- Capítulo 4 • O clima do passado face ao presente ..... 21

## PARTE II

### CIDADES E ECOSISTEMAS NATURAIS ..... 30

- Capítulo 1 • As metrópoles e os efeitos das mudanças climáticas..... 31
- Capítulo 2 • Ecossistemas e ambientes naturais..... 37
- Capítulo 3 • Florestas e as mudanças climáticas..... 42
- Capítulo 4 • Impacto das mudanças climáticas sobre os oceanos..... 50

## Parte III

### PRODUÇÃO E CONSUMO ..... 62

- Capítulo 1 • Resíduos sólidos e as mudanças climáticas..... 63

## Parte IV

### RISCOS E DESASTRES: PRESENTE E FUTURO ..... 70

- Capítulo 1 • Eventos extremos de tempo e clima e desastres naturais..... 71
- Capítulo 2 • Mudanças climáticas e impactos na saúde ..... 80

## Parte V

### SOCIEDADE, RESPOSTAS INOVADORAS E PROTAGONISMO..... 86

- Capítulo 1 • A divulgação da ciência na era digital ..... 87
- Capítulo 2 • Apoio ao ensino – métodos e ferramentas de aprendizagem social .... 92

### GLOSSÁRIO..... 109

### AUTORES..... 113

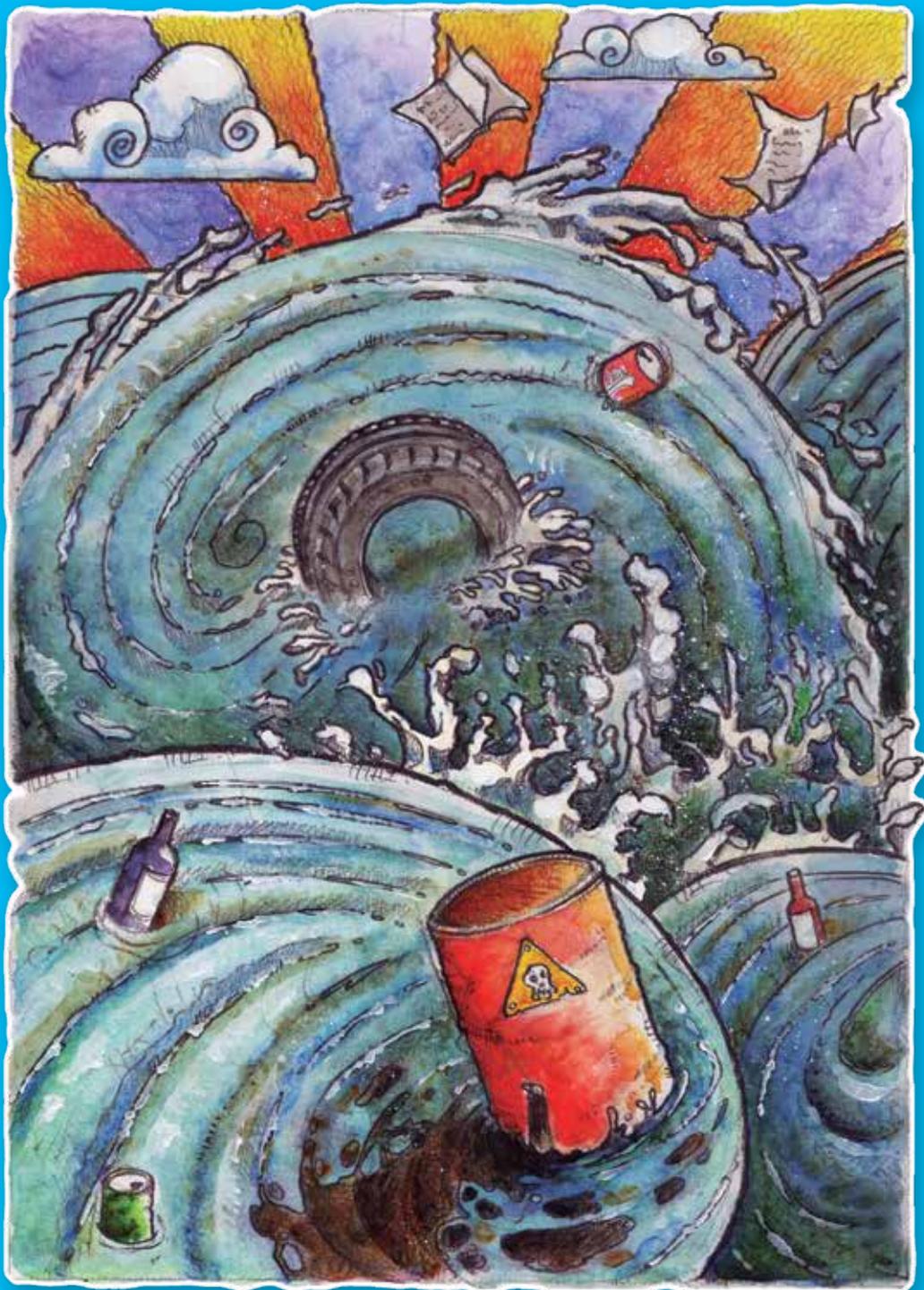
# 0 Desafio

PARTE I

## Capítulo 1

# Complexidade científica das mudanças climáticas e os acordos internacionais

Paulo Artaxo e Sonia Maria Viggiani Coutinho



As mudanças climáticas são caracterizadas como uma questão complexa que já está afetando a todos os seres vivos. Hoje temos um consenso global dos riscos quanto aos efeitos nos ecossistemas, na qualidade de vida humana, tais como disponibilidade de água, produção de alimentos, saúde, biodiversidade, proteção a desastres naturais e emprego, com implicações socioeconômicas e políticas (THE WORLDWATCH INSTITUTE, 2014).

Muitas questões com as quais nos defrontamos hoje – perda florestal, erosão do solo, eventos climáticos extremos, salinização e perda da biodiversidade – também eram existentes no passado. Contudo, a diferença é a escala, a velocidade e a amplitude do processo, com as emissões de gases de efeito estufa decorrentes da queima de combustíveis fósseis em larga escala.

Desde o início da Revolução Industrial, a partir de 1760, o homem aprendeu que retirar carvão, petróleo e gás natural, os chamados combustíveis fósseis, das profundezas da terra e queimá-los em condições controladas pode produzir trabalho mecânico. Esse processo pode ser utilizado no funcionamento de máquinas, como teares, motores, multiplicando a produção industrial.

A **Figura 1** ilustra como o petróleo retirado de nosso subsolo é aproveitado para realizar trabalho em processos industriais e se transformar em dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) na atmosfera. Na década de 1980, ficou claro que a queima de combustíveis fósseis estava aumentando a concentração de gases de efeito estufa que auxiliam na estabilidade da temperatura de nosso planeta.

O excesso desses gases na atmosfera



**Figura 1.** Perturbações humanas no ciclo global de carbono

estava fazendo o planeta aquecer. A partir daí, as mudanças climáticas globais causadas pelo homem começaram a despertar preocupação na comunidade científica, na população em geral e em nossos governantes. Inspiraram também uma série de conferências

internacionais que mostravam a urgência de um tratado mundial de redução da queima de combustíveis fósseis para enfrentar o problema.

Estudos constataram que a Terra já aqueceu cerca de 1 grau centígrado em média e que, se as emissões continuarem na taxa atual, podemos experimentar em um futuro próximo uma temperatura de 3 a 5 graus mais quente do que temos atualmente.

### Discussões em pauta

Entre as medidas para avaliar a questão e propor soluções, destacam-se a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (sigla UNFCCC em inglês), em 1992, o Protocolo de Kyoto, firmado em 1997 e a criação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (sigla IPCC em inglês), em 1988.

Em 1990, a Assembleia Geral das Nações Unidas estabeleceu o Comitê Intergovernamental de Negociação para a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (INC/UNFCCC). A Convenção foi aberta à assinatura durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1992 (a Rio-92), em encontro

*A Terra já aqueceu cerca de 1 grau centígrado em média. Se as emissões continuarem na taxa atual, podemos experimentar em um futuro próximo uma temperatura de 3 a 5 graus mais quente do que temos atualmente.*

com chefes de Estado e outras autoridades de 154 países (além da Comunidade Europeia), entrando em vigor em 21 de março de 1994. Até o momento, 195 países já ratificaram a convenção, comprometendo-se, assim, com seus termos.

A Conferência das Partes (COP), órgão supremo da convenção, reuniu-se, pela primeira vez, em 1995, em Berlim, e vem se reunindo anualmente, desde então. A COP-1 adotou 21 decisões, incluindo o Mandato de Berlim, que previa novas discussões sobre o fortalecimento da Convenção. A COP-3 realizou-se em dezembro de 1997, em Kyoto, com a proposição do Protocolo de Kyoto, que foi assinado por 192 países, no qual países desenvolvidos comprometeram-se a reduzir suas emissões.

### Liderança nas discussões

O Brasil exerceu papel de importante liderança nas discussões e negociações para a aprovação destes dois instrumentos jurídicos que tratam do regime global das mudanças climáticas – a Convenção Quadro da ONU sobre Mudanças do Clima e o Protocolo de Kyoto, ratificando-os e comprometendo-se a cumpri-los integralmente.

O Protocolo citado obrigava os países desenvolvidos (Estados Unidos, Europa, Japão entre outros) a reduzirem suas emissões por quantidades pequenas, enquanto isentava os países em desenvolvimento (tais como China, Brasil, África do Sul, entre outros) de qualquer

O Brasil exerceu papel de importante liderança nas discussões e negociações para a aprovação destes dois instrumentos jurídicos que tratam do regime global das mudanças climáticas - a Convenção Quadro da ONU sobre Mudanças do Clima e o Protocolo de Kyoto, ratificando-os e comprometendo-se a cumpri-los integralmente.

redução. Não houve, entretanto, com o passar dos anos após a assinatura, qualquer redução de emissões pelos países

desenvolvidos conforme se comprometeram. Um das questões principais é a falta do que chamamos de “governança global”, em que uma entidade global possa exigir atitudes de países, cobrar medidas práticas para sua efetivação e aplicar sanções caso os compromissos internacionais não sejam cumpridos. A ONU não tem esse poder e nem foi criada com esse fim.

Antes que qualquer acordo internacional possa ser estruturado, a questão da governança global tem que ser resolvida, pois corremos o risco de mais fracassos em possíveis acordos futuros.

### **Painel intergovernamental sobre mudanças climáticas**

*O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC em inglês), organismo internacional criado em 1988, no âmbito da Organização das Nações Unidas (ONU), pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), objetiva reunir, analisar e avaliar informações socioeconômicas e científicas produzidas no mundo para compreensão das mudanças climáticas e seus potenciais impactos ambientais e socioeconômicos. O IPCC não produz pesquisa, nem monitora dados ou parâmetros relacionados ao clima. A participação é aberta a todos os países membros da ONU e da OMM (195 países membros). Os Governos participam do processo de revisão e das sessões plenárias, nas quais as principais decisões sobre o programa de trabalho do IPCC são tomadas e os relatórios são aceitos, adotados e formalmente aprovados. Devido à sua natureza científica e intergovernamental, o IPCC compila informações científicas para tomadores de decisão. Estas informações científicas são o resultado do trabalho de milhares de cientistas em todos os países. O IPCC é formado por três grupos de trabalho: a) Grupo 1 - avalia os aspectos científicos do sistema climático e de mudança do clima; b) Grupo 2 - avalia os efeitos das mudanças climáticas sobre a natureza e a sociedade; c) Grupo 3 - discute as possíveis estratégias de adaptação e mitigação das mudanças climáticas e seus impactos na sociedade.*

## Tomada de decisões

Até 2014, foram publicados cinco Relatórios de Avaliação<sup>1</sup> (do inglês Assessment Report - AR) do IPCC, denominados AR1, AR2, AR3, AR4 e AR5 (1990, 1995, 2001, 2007 e 2014) e alguns relatórios especiais, com destaque para a publicação “Gerenciamento de riscos de eventos e desastres extremos para o avanço da adaptação às mudanças climáticas”, publicado em 2012.

Os ARs são produzidos para cada grupo de trabalho, seguido de um relatório síntese, que aglutina os principais resultados do conjunto dos três grupos de trabalho. É importante salientar que o IPCC não faz ciência, somente compila informações de milhares de trabalhos científicos e faz a sua análise cuidadosa, realizando uma síntese de conhecimento na área das mudanças climáticas.

O Brasil, além de ter papel muito ativo no IPCC, também realizou seu próprio estudo interno, focando nas questões brasileiras associadas às mudanças climáticas por meio do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC)<sup>2</sup>.

Hoje, há um consenso de que temos que limitar o aumento de temperatura em 2 graus centígrados, para que o dano aos ecossistemas e os prejuízos socio-

ambientais não sejam extremos. Para isso, o IPCC avalia que temos que reduzir a emissão de combustíveis fósseis em cerca de 70% até 2050. Não é uma tarefa fácil para um mundo dependente de grandes quantidades de energia geradas pela queima de carvão, petróleo e gás natural.

É essencial que façamos uma transição para a chamada “economia de baixo carbono”, na qual a eletricidade possa ser gerada majoritariamente por energia solar e eólica, e possamos utilizar os recursos naturais de modo mais inteligente e eficiente. Isso é possível, mas temos que tomar esta decisão o mais rápido possível, pois as consequências dos gases de efeito estufa acumulam. Quanto mais tarde agirmos, mais caro e difícil será a estabilização do clima do planeta.

O Brasil tem vasta quantidade de energia solar e eólica e tem vantagens estratégicas na área energética que podem fazer o caminho da redução de emissões mais fácil para nós. Mas, para isso, temos que ter forte sincronia entre os governos federal, estaduais e municipais, setores empresariais (industrial, agrícola, etc.) e da população em geral para esta árdua tarefa de garantir a sustentabilidade climática global. 

1 Disponíveis em ([http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_reports.shtml](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml)), sendo a maioria disponível em inglês ou espanhol. Apenas o AR4 pode ser acessado em português, neste link. AR5 Relatório Síntese dos 3 grupos de trabalho disponível em [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR\\_AR5\\_LONGERREPORT.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_LONGERREPORT.pdf)

2 Os três relatórios do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) podem ser obtidos em: <http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/en/>

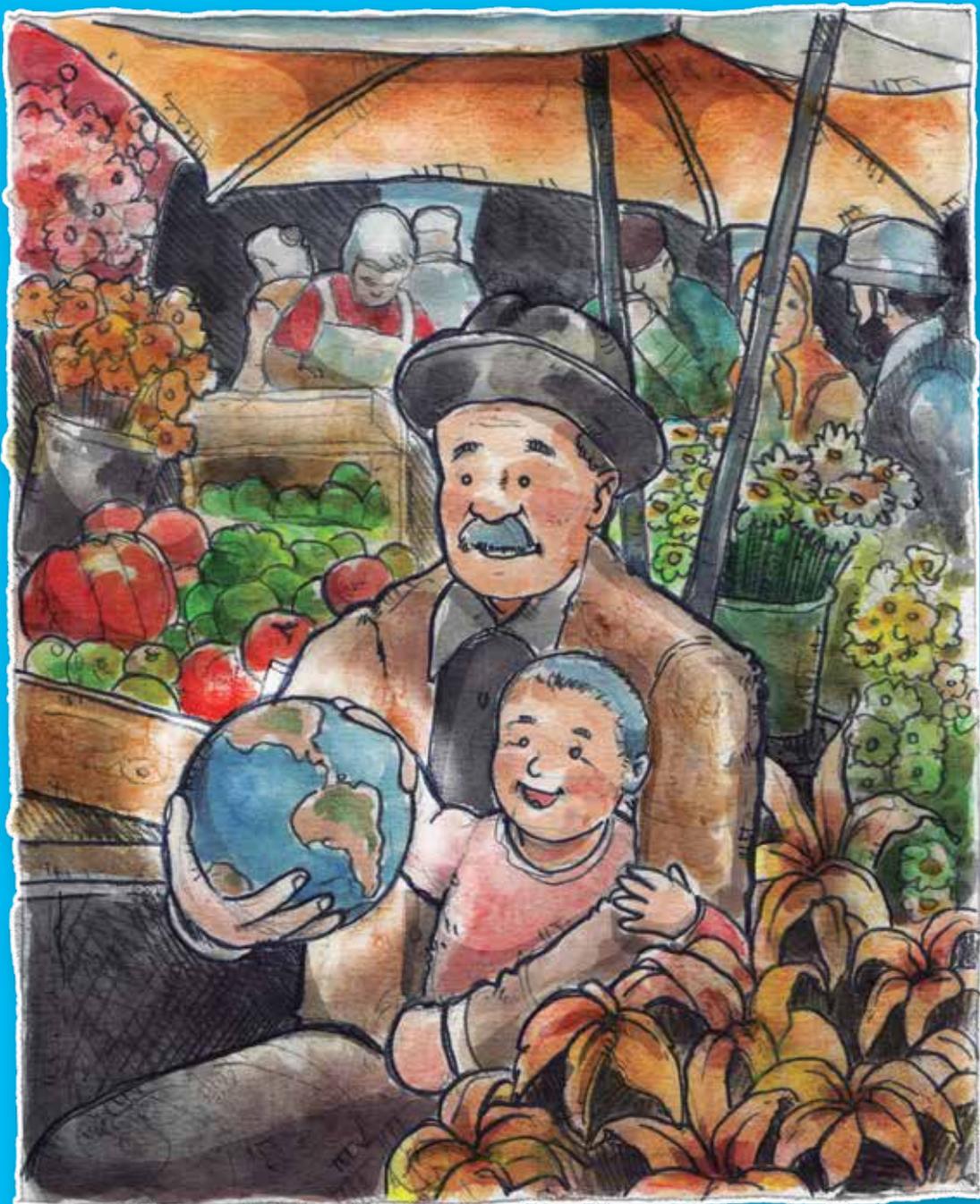
### Referência Bibliográfica

THE WORLDWATCH INSTITUTE. **State of the world 2014: Governing for Sustainability**, 2014.

## Capítulo 2

# Aprendizagem social, mudanças climáticas e sustentabilidade

Pedro Roberto Jacobi, Edson Grandisoli  
e Renata Ferraz de Toledo





Muitos dos problemas socioambientais e de saúde da atualidade são decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais, da ocupação desordenada dos espaços, da precariedade na oferta de serviços essenciais à população (como os de saneamento básico, por exemplo), da poluição do solo, ar e dos recursos hídricos, da exclusão social, entre outros, e contribuem para ampliar as condições de *vulnerabilidade* a que se expõe a sociedade humana.

No contexto das mudanças climáticas, as consequências desse quadro ganham uma nova dimensão graças à ocorrência de eventos extremos – secas prolongadas, enchentes, etc. –, que demandam, por sua vez, respostas e ações urgentes.

***Vulnerabilidade*** é o estado de um sistema exposto a riscos, condicionado por fatores biofísicos e socio-culturais, em diferentes escalas temporais e espaciais combinado com a sua capacidade de resposta (I Oficina Interdisciplinar – INCLINE, 2013).

Assim, diante da gravidade, complexidade e do quadro crescente de incertezas relacionadas às mudanças climáticas dos pontos de vista ambiental e da saúde humana, é urgente a identificação de alternativas para seu enfrentamento, voltadas à adaptação e mitigação das novas condições de vulnerabilidade impostas.

De acordo com os noticiários atuais, a frequência de eventos extremos tem sido cada vez maior, acompanhados de suas graves consequências.

Inúmeros alertas têm sido divulgados pelos cientistas, especialmente por meio do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática – IPCC (ver capítulo 1), fazendo com que o tema das mudanças climáticas ganhasse repercussão mundial e se tornasse agenda de muitos governos. No entanto, grande parte da sociedade civil, inclusive importantes formadores de opinião e, é claro, os grupos considerados mais vulneráveis, permanecem alheios a essas discussões. Deve-se reconhecer que,

Apesar de esforços crescentes, permanece um distanciamento entre ciência, sociedade e decisões políticas.

### Mas qual a diferença entre adaptação e mitigação?

*As medidas de adaptação visam enfrentar os impactos das mudanças climáticas e as de mitigação reduzir ou eliminar esses impactos, por exemplo, por meio do estabelecimento de prazos e metas para redução da emissão de gases que contribuem para o efeito estufa. Já a adaptação necessita do estabelecimento de medidas imediatas para se conviver, da melhor maneira possível, com a ocorrência de determinado evento, por exemplo, com a elevação do nível do mar, já uma realidade em determinadas áreas. Evidentemente que, por meio de medidas de adaptação, os impactos também poderão ser reduzidos, uma vez que seus efeitos serão minimizados, mas o evento continuará a existir.*

apesar de esforços crescentes, permanece um distanciamento entre ciência, sociedade e decisões políticas.

Uma vez que as mudanças climáticas são um problema extremamente complexo e que afeta, direta ou indiretamente, diferentes indivíduos e grupos sociais, deveria ser garantida a participação do maior número de atores na busca de alternativas de adaptação e mitigação para as novas condições de vulnerabilidades impostas. Para tal, entretanto, devem ser criados espaços que garantam o diálogo e a reflexão e que favoreçam a sensibilização para com os problemas, a co-responsabilização e o desenvolvimento de uma postura crítica e proativa.

Esse processo deve ser responsável pela construção de novos saberes, habilidades e da ressignificação de valores éticos voltados para opções cada

vez mais conscientes e que levem em conta as chamadas responsabilidades intrageracionais e intergeracionais.

Para que a aparente utopia da participação se torne realidade é necessário, cada vez mais, a criação de oportunidades de aprendizagem social ativas, ou seja, que favoreçam a percepção da diversidade de opiniões e visões de mundo, a mediação de interesses individuais e coletivos, e a ampliação de conhecimentos e habilidades com potencial criativo e inovador, voltadas para práticas de cidadania e para a criação de uma sociedade mais sustentável e justa.

A aprendizagem social – “aprender juntos para fazer juntos” – refere-se a um conjunto de ações que combina

informação, conhecimentos, capacitação e motivação para estimular as pessoas a mudarem suas práticas. Enquanto construção coletiva permite que as posições

*Devem ser criados espaços que garantam o diálogo e a reflexão e que favoreçam a sensibilização para com os problemas, a co-responsabilização e o desenvolvimento de uma postura crítica e proativa.*



coletivas e individuais sejam colocadas, de preferência em um modelo de ganhos mútuos, e em processos de aprendizagem colaborativa. Assim, esse “fazer coletivo” implica na participação voluntária de diferentes atores e demanda estratégias e habilidades que favoreçam processos de negociação, decisões e ações compartilhadas rumo à sustentabilidade (JACOBI, 2012).

A escola pode se tornar um espaço exemplar para a prática da aprendizagem social, mobilizando os atores

da instituição, bem como a comunidade a ela associada, na busca por soluções em consenso para desafios comuns.

A prática da aprendizagem social em escala local potencializa nossa capacidade de compreensão de realidades mais complexas, tornando-nos capazes de atuar de forma responsável para a sociedade e o planeta.

#### ***A aprendizagem social baseia-se no diálogo e deve contemplar:***

- ✓ *Reconhecimento da interdependência dos atores sociais envolvidos;*
  - ✓ *Interação entre todos os atores sociais;*
  - ✓ *Transparência e confiança;*
  - ✓ *Autorreflexão crítica;*
  - ✓ *Percepção compartilhada dos problemas e soluções;*
  - ✓ *Desenvolvimento e valorização das soluções possíveis;*
  - ✓ *Processo decisório conjunto, com base na reciprocidade;*
  - ✓ *Instrumentos e meios para promover a implantação das decisões.*
- (HARMONICOP, 2005)*

Nos próximos capítulos, vamos conhecer de forma mais aprofundada as causas e consequências das mudanças climáticas, bem como meios para tentar lidar com esse desafio global.

O desafio das mudanças climáticas demanda, além de conhecimento,

envolvimento e comprometimento com o presente e com o futuro de todos nós. Nesse caso, esse envolvimento exige frequentemente que saiamos de nossa zona de conforto e que busquemos alternativas que valorizem mais o bem coletivo que o individual. 

### Referências Bibliográficas

HARMONICOP. **Learning Together to Manage Together. Improving Participation in Water Management**, 2005. Available atharmonicop. Disponível em: [http://www.ecologic.eu/sites/files/publication/2014/kranz\\_06\\_harmonicophandbook\\_en.pdf](http://www.ecologic.eu/sites/files/publication/2014/kranz_06_harmonicophandbook_en.pdf).

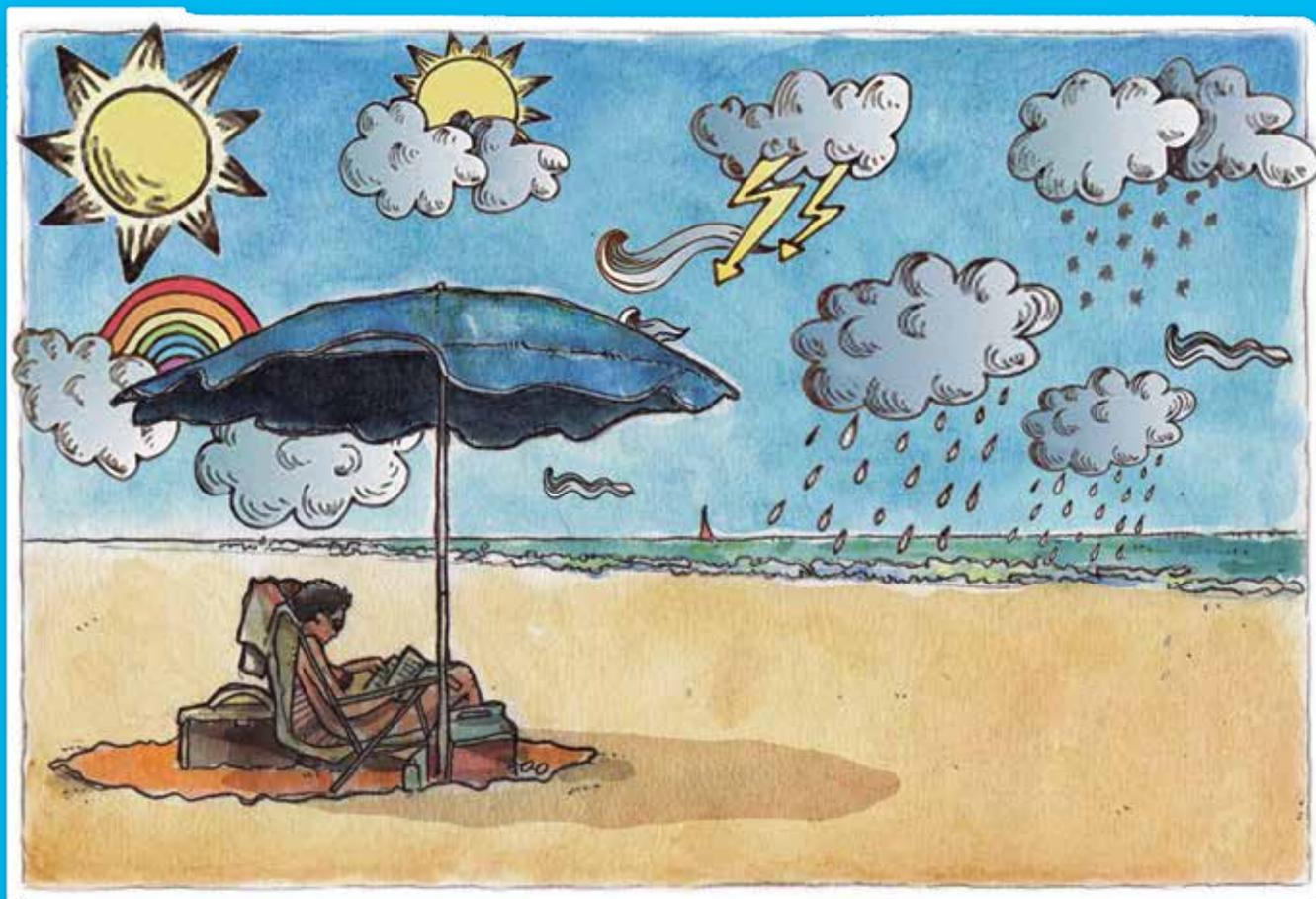
INCLINE. Núcleo de Apoio à Pesquisa às Mudanças Climáticas. Interdisciplinary Climate Investigation Center. **I Oficina Interdisciplinar Incline**. De 8 a 9 de abril de 2013. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências, da Universidade de São Paulo – IAG-USP.

JACOBI, P. R. Aprendizagem social e pesquisa-ação: semelhanças na construção de saberes e transformação de realidades complexas. In: TOLEDO, R. F. e JACOBI, P. R. (orgs). **A pesquisa-ação na interface da saúde, educação e ambiente: princípios, desafios e experiências interdisciplinares**. São Paulo: Annablume; FEUSP, PROCAM, FAPESP, 2012, p. 95-113, (Coleção Cidadania e Meio Ambiente).

## Capítulo 3

# Tempo e clima

Michelle Simões Reboita, Simone Erotildes Teleginski Ferraz  
e Tércio Ambrizzi



A **Meteorologia** é a ciência que estuda a atmosfera terrestre e, entre seus diversos aspectos, os mais conhecidos são o tempo e o clima. A percepção que temos da atmosfera é o que se chama de tempo. Por exemplo, ao longo do ano há ocorrência de dias ensolarados com poucas nuvens no céu (**Figura 1 a**) e dias em que há uma grande quantidade de nuvens (**Figura 1 b**) ou, ainda, outros em que ocorre chuva por alguns minutos ou horas, etc. Em outras palavras, tempo é o estado momentâneo da atmosfera.



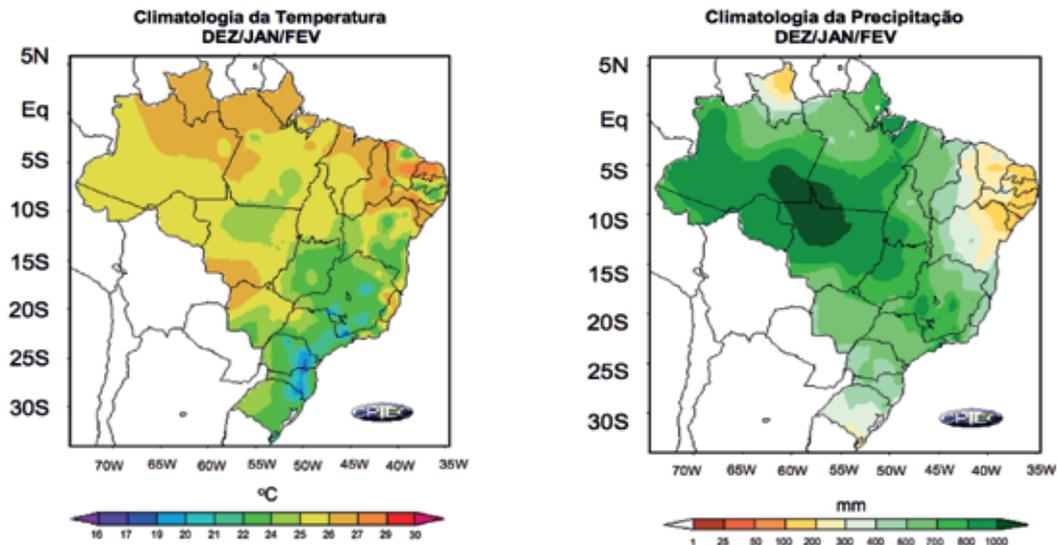
Fotos Michelle Reboita

**Figura 1 (a):** exemplo de um dia ensolarado com poucas nuvens no céu e **(b):** exemplo de um dia com o céu coberto por nuvens.

Agora, imagine que você queira saber qual é a média da temperatura do ar na sua cidade no verão. Para determinar essa média é necessário que a temperatura do ar tenha sido registrada todos os dias, sempre no mesmo horário, por vários anos. A média dessa variável meteorológica e de outras (precipitação, umidade, etc.) é o que se chama de clima. Assim, pode-se dizer que o clima é o estado médio da atmosfera obtido através dos eventos de tempo durante um longo período. Também é importante ter em mente que o clima de um determinado local é controlado por alguns fatores como a posição em relação ao equador, a altitude e a proximidade com os oceanos.

O clima de um determinado lugar é controlado por fatores como a posição latitudinal em relação ao equador, a altitude e a proximidade com os oceanos.

As variáveis temperatura do ar e precipitação são as mais utilizadas para definir o clima de um lugar. Com relação ao Brasil, a **Figura 2** mostra a climatologia dessas variáveis no verão, determinada com dados medidos nas estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) entre 1961 e 1990. Nota-se que as regiões Norte e Centro-Oeste do país são as mais quentes e chuvosas, enquanto o Sul do país é a região mais fria, o Nordeste é a menos chuvosa.

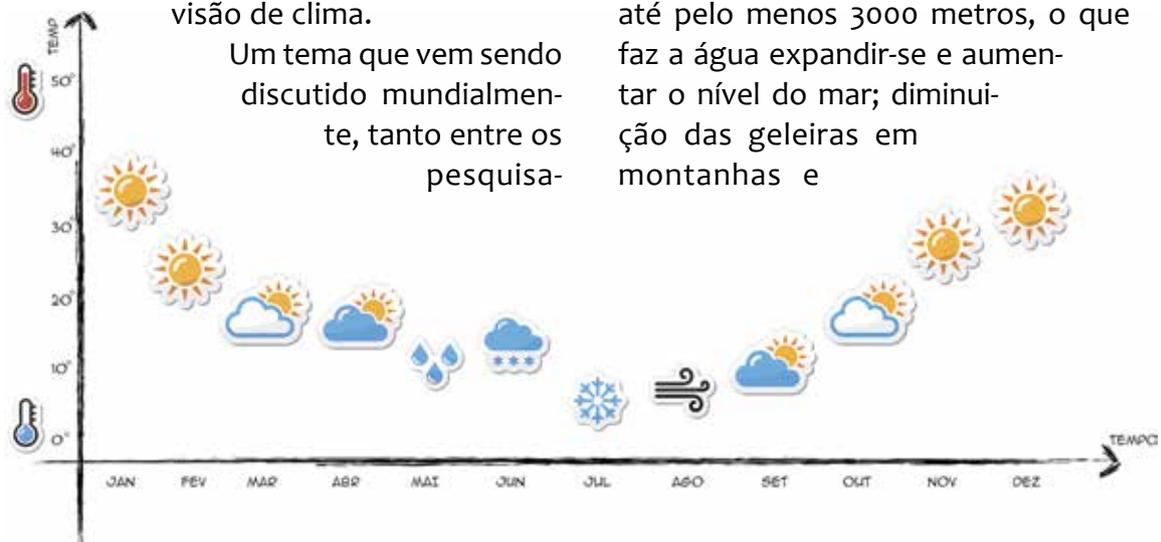


**Figura 2.** Climatologia da temperatura média do ar (painel da esquerda) e da precipitação (painel da direita) no Brasil obtida com dados de 1961 a 1990 registrados pelas estações meteorológicas do INMET. As figuras apresentadas foram elaboradas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC).

Quando estamos interessados em saber se o dia seguinte será ensolarado ou chuvoso, quente ou frio estamos falando de previsão do tempo, porém se estamos interessados em saber se uma dada estação do ano será mais ou menos chuvosa ou mais quente ou fria do que a média obtida para um longo período de tempo (por exemplo, 30 anos), estamos falando de previsão de clima.

Um tema que vem sendo discutido mundialmente, tanto entre os pesquisadores

como na sociedade em geral, é a questão do aumento da temperatura global média e a consequente mudança no clima da Terra. Os relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, como é conhecida a sigla em inglês) têm mostrado evidências que indicam esse aumento de temperatura, entre elas: aumento da temperatura média do oceano em profundidades de até pelo menos 3000 metros, o que faz a água expandir-se e aumentar o nível do mar; diminuição das geleiras em montanhas e



da cobertura de neve, etc. Além disso, vários resultados obtidos a partir de modelos matemáticos indicam a possível influência da ação humana no aqueci-

mento do planeta. Questões sobre as mudanças climáticas serão abordadas do ponto de vista de diversas áreas das ciências ao longo dessa publicação. ☁

#### **Referências Bibliográficas**

REBOITA, M. S. *et al.* **Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul.** Terra e Didática (Impresso).

## Capítulo 4

# O clima do passado face ao presente

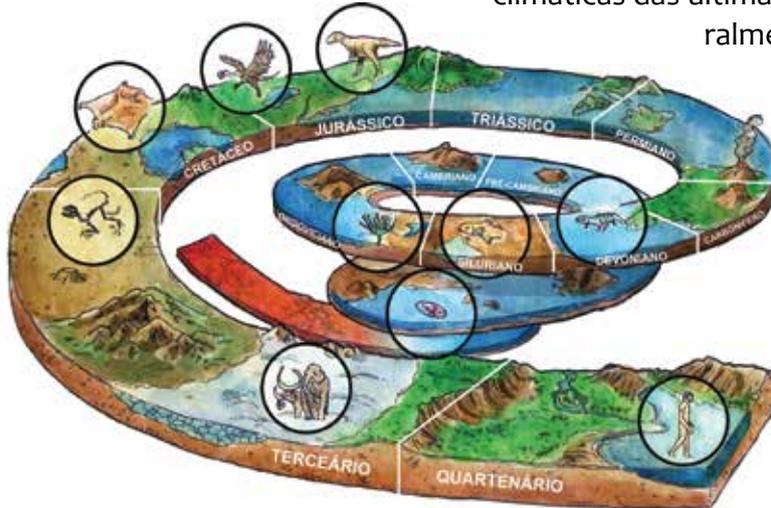
Suellyn Garcia, Francisco William da Cruz Júnior,  
Cristiano Mazur Chiessi e Denise de La Corte Bacci



A Paleoclimatologia é a ciência que estuda o clima do passado e suas variações ao longo da história da Terra. Pode ser considerado paleoclima tudo o que ocorreu antes do ser humano conseguir obter informações sobre o tempo e o clima com termômetros e outros aparelhos específicos utilizados em medições meteorológicas.

### Mas por que é importante conhecer e entender o clima do passado?

Alguns dos grandes eventos de mudanças climáticas que aconteceram ao longo da história da Terra são cíclicos. O profundo conhecimento dessas repetições e dos motivos que as impulsionaram pode nos ajudar a perceber, por exemplo, até que ponto as mudanças climáticas das últimas décadas são causadas naturalmente ou influenciadas pela atividade humana. Enfim, conhecer bem o clima do passado aumenta as chances de prevermos corretamente o clima no futuro, dando-nos possibilidade de pensarmos em alternativas no presente. É importante também ressaltar que os cientistas dedicados à Paleoclimatologia estão em busca de um **análogo**, ou seja, algum período no passado da Terra quando as condições climáticas eram similares às de hoje. Se não encontrado, estaremos vivendo um período de mudanças nunca antes vistas na história do nosso planeta. Nesse capítulo, você terá a chance de conhecer um pouco mais sobre como os cientistas estudam o clima do passado, algumas das principais descobertas sobre o assunto, as contribuições do Brasil para os estudos paleoclimáticos e, por fim, você entenderá a importância da Paleoclimatologia no contexto atual das mudanças climáticas.



Conhecer bem o clima do passado aumenta as chances de prevermos corretamente o clima no futuro, dando-nos possibilidade de pensarmos em alternativas no presente.

Esperamos também que, ao final de sua leitura, você esteja apto a refletir e discutir de forma crítica a seguinte pergunta:

Será possível separar mudanças climáticas naturais das mudanças climáticas antrópicas?

## O sistema climático e suas forçantes

O clima pode ser entendido como um sistema. O ar, os oceanos, o gelo, o solo, e a vegetação são os principais componentes desse sistema. Qualquer mudança em um desses componentes acarreta em uma alteração nas condições do clima. Se necessário revise o Capítulo 3 desse manual para mais informações sobre tempo e clima.

É importante conhecer o sistema climático moderno para entender que as alterações no clima não ocorrem de maneira isolada. Mudanças na temperatura do oceano, por exemplo, podem influenciar diretamente mudanças nos padrões de chuva no continente. O *El Niño* é um exemplo de fenômeno climático que depende diretamente das condições oceânicas.

Tanto hoje como no passado, quem sustenta o funcionamento desse sistema e tem a capacidade de provocar mudanças nele, são o que chamamos de **Forçantes Climáticas**.

Entender como as Forçantes interagem com o sistema climático moderno é a chave para entender sua influência no clima do passado.

## Como é feita a pesquisa paleoclimática?

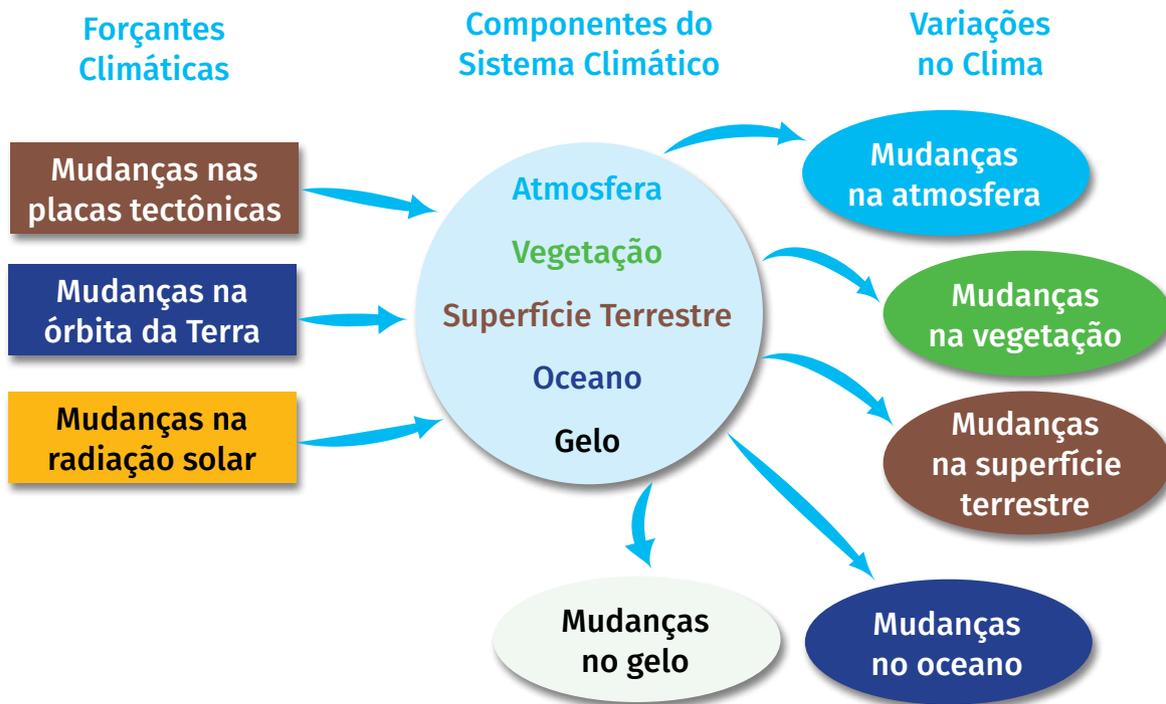
Para estudar o clima hoje, os cientistas utilizam-se de dados de satélites, termômetros e outros instrumentos encontrados em estações meteorológicas. É também possível estudar o clima que já passou, mas o período máximo coberto por estes instrumentos e outros documentos históricos raramente ultrapassa os últimos 150 anos.

Por este motivo, os paleoclimatologistas necessitam de uma fonte adicional para obter informações sobre o que ocorreu há milhares e milhares

O clima pode ser entendido como um sistema. O ar, os oceanos, o gelo, o solo, e a vegetação são seus principais componentes.

### Três tipos de Forçantes são consideradas fundamentais (Figura 1):

- 1. Mudanças na atividade solar:** afetam a quantidade de radiação solar recebida pela Terra, provocando aumento ou diminuição da temperatura global.
- 2. Mudanças na órbita da Terra:** as alterações na órbita terrestre controlam a quantidade e distribuição de energia solar recebida pela Terra. Estas alterações são cíclicas e chamadas de Ciclos de Milankovitch.
- 3. Movimentação nas placas tectônicas:** ao moverem-se, as placas são capazes de originar oceanos e montanhas, que podem alterar o trajeto de correntes oceânicas, assim como perturbar o fluxo atmosférico oriundo de atividades vulcânicas, injetando na atmosfera, gases do efeito estufa, por exemplo.



**Figura 1.** Forçantes climáticas, componentes do sistema climático e variações no clima. As forçantes aparecem como fatores que impulsionam as mudanças climáticas. Elas influenciam os componentes do sistema climático a interagirem entre si, provocando mudanças no clima. Adaptado de RUDDIMAN (2001).

de anos. Mas onde encontrar esses registros? A própria natureza pode fornecer essa incrível base de dados.

### Indicadores climáticos naturais

Você já esteve em uma caverna? Cavernas são ambientes bastante particulares e podem oferecer-nos muita informação sobre o clima. Pesquisadores descobriram que os espeleotemas, aquelas intrigantes formações rochosas encontradas nos tetos e nos solos das cavernas

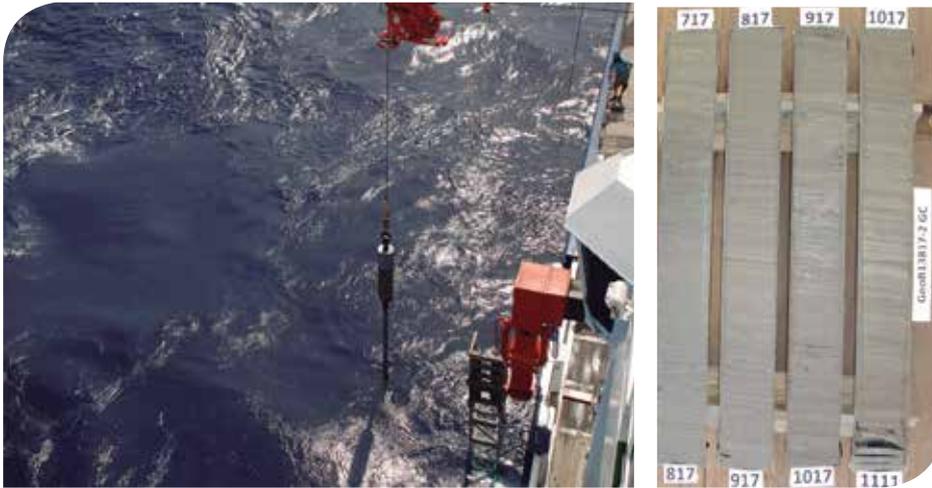
*O paleoclimatólogo trabalha como um detetive, procurando evidências que permitam a melhor compreensão do que já passou, entendendo o presente e fazendo previsões para o futuro.*

(estalactites e estalagmites) podem guardar registros importantes sobre como foi o clima há milhares de anos.

Outra fonte importante sobre o clima do passado pode vir da lama retirada do fundo do oceano (**Figura 2**).

Algumas das respostas do quebra-cabeça climático podem ser encontradas nestes tipos de ambientes. As condições e as mudanças climáticas pretéritas ficam impressas nas rochas sedimentares dos continentes e dos oceanos, nos espeleotemas, no gelo, em anéis de árvores, e até mesmo nos corais. São pistas das condições climáticas pretéritas, presentes até hoje na natureza. Desse ponto de vista, o paleoclimatólogo trabalha como um detetive, procurando evidências que permitam a melhor compreensão do

Fotos Cristiano Chiessi

**Figura 2.**

No oceano, cientistas trabalham na coleta de sedimentos com um testemunhador.

que já passou, entendendo o presente e fazendo previsões para o futuro.

### Eventos marcantes do clima do passado

Há cerca de 100 milhões de anos, em uma Era conhecida como Mesozoica, a separação do continente Sul Americano do continente Africano acontecia, dando origem ao Oceano Atlântico. A temperatura média do planeta era 10 graus superior a de hoje e o clima quente permitia a existência de formas de vida que já estão extintas.

Os répteis, por exemplo, puderam dispersar-se por diferentes ambientes. Os corais não ficavam restritos à faixa intertropical, como hoje, alcançando os mares mais ao norte e ao sul.

Essa Era deu lugar a um período de resfriamento que teve início na Era Cenozoica, há 65 milhões de anos. Marcantes mudanças na disposição dos continentes e dos oceanos ocorreram, permitindo que a Antártica ficasse isolada termicamente há, aproximadamente, 20 milhões de anos. Esse isolamento permitiu, então, o desenvolvimento de uma calota de gelo perene nessa região.

### E a Terra foi ficando cada vez mais fria...

A partir dos últimos 3 milhões de anos, no início do Período Quaternário, o calor deu espaço a um resfriamento marcado por alternâncias de períodos mais quentes. São as chamadas Glaciações e Interglaciações do Quaternário. Este período é representado por avanços e recuos de geleiras, interpretados como longos estádios glaciais durando cerca de 80 mil anos, intercalados por curtos períodos de aquecimento de 20 mil anos, conhecidos como Períodos Interglaciais. Estes estádios são cíclicos e, a cada mudança brusca na temperatura, ecossistemas inteiros eram alterados e selecionados pelas novas condições, apresentando novas e marcantes características.

Antes coberta por vasta vegetação, a Groenlândia, por exemplo, passou a ser coberta por gelo a partir de 2 milhões de anos atrás.

Na Era Mesozoica, a temperatura média do planeta era 10 graus superior a de hoje e o clima quente permitia a existência de formas de vida que já estão extintas.



A cada mudança brusca na temperatura, ecossistemas inteiros eram alterados e selecionados pelas novas condições, apresentando novas e marcantes características.

O último estágio interglacial, há 125 mil anos, propiciou o desenvolvimento de uma fauna tropical na Europa. O gelo derreteu e o nível do mar chegou a alcançar de 4 a 6 metros acima dos níveis pré-industriais. Logo em seguida, as temperaturas caíram novamente, abrindo espaço para o mais recente período glacial, que atingiu o seu ápice entre 23 e 19 mil anos atrás. Este período, o Wisconsiniano, é conhecido como a última grande Idade do Gelo. Foi quando o ser humano dividiu espaço com os mamutes, tigres dente de sabre e outros animais também já extintos. O Atlântico Norte estava recoberto por uma camada de gelo do mar até a Inglaterra e a Corrente do Golfo, hoje muito importante para levar calor do Caribe para a Europa, não atingia as altas latitudes do Hemisfério Norte.

Mais recentemente, entre 19 e 10 mil anos atrás, as temperaturas voltaram a subir, trazendo o último interglacial – o Holoceno, período que vivemos agora. Entretanto, alguns cientistas já falam em um novo Período, o **Antropoceno** iniciado a partir das detectáveis mudanças ambientais antrópicas.

Os dados mostram aos cientistas que a causa dos períodos glaciais e interglaciais podem estar nas variações da órbita da Terra, ou seja, nos Ciclos de Milankovitch. Estes ciclos são responsáveis pela quantidade e distribuição de energia solar recebida pela Terra, alterando assim, o padrão global de temperaturas, chuvas e neve.

Mas, assim como existiu um clímax de aquecimento durante o Holoceno, (sem

*Na última grande Idade do Gelo, o ser humano dividiu espaço com os mamutes, tigres dente de sabre e outros animais extintos.*

considerar o marcante aquecimento do Antropoceno), houve também um de resfriamento. Documentos históricos e outros

registros mostram que as temperaturas caíram muito entre os séculos XIV e XIX, caracterizando a Pequena Idade do Gelo. Evidências indicam que houve uma diminuição da atividade solar na época, o que pode ter causado este resfriamento.

É importante destacar que dados importantes sobre as mudanças no Quaternário podem ser obtidos por meio de investigações realizadas em rochas. Em 1952, o cientista Harmut Heinrich, descobriu que durante os períodos de degelo, um grande número de icebergs se desprendia das imensas geleiras existentes no Hemisfério Norte, levando consigo fragmentos de rochas continentais em direção ao mar. Ao derreterem, estes icebergs liberavam os sedimentos que se depositavam no fundo do mar. Através da pesquisa de sedimentos marinhos, os eventos foram reconhecidos e interpretados como períodos de degelo acelerado. As características dos fragmentos de rochas encontrados em meio aos sedimentos marinhos permitiram estabelecer a origem destes icebergs no Canadá, Groenlândia, Islândia e Noruega.

Estes acontecimentos, hoje, levam o nome do pesquisador que primeiro os descreveram e são conhecidos como

*Documentos históricos e outros registros mostram que as temperaturas caíram muito entre os séculos XIV e XIX, caracterizando a Pequena Idade do Gelo.*

Eventos Heinrich. A cada evento ocorrido, um número é dado, portanto Heinrich 1 é como chamamos o último pulso marcante de degelo ocorrido há 14,7 mil anos atrás. O período global mais quente ocorrido durante o Holoceno (portanto sem considerarmos o Antropoceno) ocorreu há cerca de 1400 anos e durou mais ou menos 400 anos. Este período, chamado de Ótimo Climático Medieval, foi marcado por altas temperaturas, permitindo a expansão do ser humano a terras antes congeladas, como o povoamento da Groenlândia pelos Vikings.

Conhecer toda essa história pretérita incrível do nosso planeta não seria possível sem o trabalho dos paleoclimatologistas e outros profissionais como Geólogos, Geofísicos, Oceanógrafos, Biólogos, Matemáticos, Geógrafos, Meteorologistas, Arqueólogos, entre outros. Ou seja, a paleoclimatologia é uma ciência naturalmente interdisciplinar. Apesar de tantos esforços, é preciso expandir a atuação desta linha de pesquisa, ainda incipiente no Brasil. É necessário também disseminar o conhecimento aos mais diversos públicos, para que a percepção da necessidade da pesquisa paleoclimática seja compreendida e sua importante contribuição à compreensão das mudanças climáticas globais, que afetam a todos nós.

### Mudanças climáticas e a contribuição da Paleoclimatologia

Os diversos cenários climáticos futuros são considerados projeções e estão

*Heinrich 1 é como chamamos o último pulso marcante de degelo ocorrido há 14,7 mil anos atrás.*

embasados em tendências de emissões de gases de efeito estufa, entre outras variáveis.

Estas projeções são produzidas por modelos climáticos numéricos, que podem ser entendidos como representações numéricas do clima que reproduzem o seu comportamento. Supercomputadores são utilizados para calcular as variáveis físicas básicas que caracterizam o clima como a pressão atmosférica, a temperatura, a velocidade dos ventos, etc.

Vimos que o passado geológico foi marcado por grande variabilidade climática natural. O Antropoceno também apresenta marcantes mudanças climáticas, com a diferença que agora temos uma nova Forçante climática em ação, o ser humano.

O discernimento entre a variabilidade climática natural e aquela forçada pelas atividades antrópicas é fundamental para direcionar as atividades de mitigação às mudanças climáticas atuais. Uma das formas de separá-las é conhecendo profundamente a variabilidade climática natural do passado geológico, ou seja, os paleoclimas.

Finalmente, os estudos paleoclimáticos permitem-nos verificar a capacidade de modelos numéricos projetarem estados

*Conhecer a história incrível do nosso planeta não seria possível sem o trabalho dos paleoclimatologistas e outros profissionais como Geólogos, Geofísicos, Oceanógrafos, Biólogos, Matemáticos, Geógrafos, Meteorologistas, Arqueólogos, entre outros.*

climáticos significativamente distintos do atual. Esta capacidade é fundamental, dada a marcante magnitude da Forçante antrópica no Antropoceno.

Ao reconstituir estados climáticos pretéritos, marcadamente distintos dos atuais, com base em dados de indicado-

res geológicos e simulá-los de maneira independente com modelos numéricos, é possível verificar a sua precisão aumentando a credibilidade das projeções climáticas futuras daqueles modelos que desempenham um bom papel na simulação de climas pretéritos. 

### Referências Bibliográficas

CHIESSI, C. M. *et al.* Possible impact of the Atlantic Multidecadal Oscillation on the South American summer monsoon. **Geophysical Research Letters**, 2009. v. 36, L21707 p.

CRUZ, F. W. *et al.* Insolation-driven changes in atmospheric circulation over the past 116,000 years in subtropical Brazil. **Nature**, 434: 63-66, 2005.

FRANK, P. *et al.* **Para Entender a Terra**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 656 p.

HEINRICH, H. Origin and consequences of cyclic ice rafting in the northeast Atlantic Ocean during the past 130.000 years. **Quaternary Research**. 1988. v. 29, p. 142-152.

MILANKOVITCH, M. **Kanon der Erdbestahlung und seine Andwendung auf das Eiszeiten-problem**, R. Serbian Acad., Belgrade, 1941.

OLIVEIRA, S. M. B. ; Umberto Giuseppe Cordani ; Thomas R. Fairchild . Atmosfera, clima e mudanças climáticas. In: Wilson Teixeira; Thomas Fairchild; Maria Cristina M Toledo; Fabio Taioli. (Org.). **Decifrando a Terra**. 2. ed. São Paulo: Nacional, 2009. p. 108-127.

RUDDIMAN, W. F. **Earth's Climate. Past and Future**. 1. ed. W.E. Freeman, 2001. 465 p.

# Cidades e Ecossistemas Naturais

PARTE II

## Capítulo 1

# As metrópoles e os efeitos das mudanças climáticas

Maria de Fátima Andrade, Adalgiza Fornaro  
e Pedro Roberto Jacobi



Há uma tendência global de migração das populações das áreas rurais para as cidades. Estimativas apontam que, por volta de 2030, duas de cada três pessoas estarão vivendo em áreas urbanas, com a maior parte do crescimento concentrado em países em desenvolvimento. Na América do Sul, os números são bem expressivos, 75% já vivem em cidades.

Quando analisamos vários exemplos de vida nas cidades deparamos-nos com situações de desigualdade de condições de vida em todas elas. Há áreas urbanas que são consideradas adequadas do ponto de vista de acesso ao saneamento, qualidade do ar e da água, e outras, em geral nas periferias, em que essas condições não são atendidas. É curioso observar que as grandes cidades apresentam-se como lugares de desafios e de oportunidades, além do acesso ao mais avançado em termos de qualidade de vida.

Em países em desenvolvimento e com população de baixa renda, a vida no campo, em geral, apresenta desafios ainda maiores, como pouco ou nenhum acesso a hospitais e tratamentos de saúde, água tratada, educação e transporte. Nesse quadro, grandes cidades no Brasil e no mundo apresentam-se como destinos de quem procura uma vida de mais oportunidades.

Nesse quadro de população crescente podem-se associar vários fatores que se tornam importantes do ponto de vista do clima.

As populações residentes nas grandes cidades serão afetadas de forma cada vez mais evidente pelas mudanças climáticas, caracterizadas pelo aumento de eventos extremos como: temperaturas elevadas, enchentes, tempestades, secas e frios intensos, etc. Mas, ao mesmo tempo em que as populações de áreas urbanas serão mais afetadas pelo clima, são também elas os vetores das grandes emissões de gases de efeito estufa.



### Cidades, emissões e as mudanças climáticas

Uma megacidade é aquela em que sua população ultrapassou, em 2010, os dez milhões de habitantes. Já há mais de 20 megacidades no mundo nas quais a população supera os 20 milhões de habitantes, tais como Mumbai, Tóquio, Seul, Nova Iorque, Cidade do México, São Paulo e Karachi.

A principal fonte de emissão de Black Carbon é a queima de combustíveis fósseis pelo setor de transporte.

Desde 1950, a população mundial mais que dobrou, enquanto que o número de veículos aumentou por um fator 10. A fração da população que mora em áreas urbanas aumentou por um fator 4, sendo que atualmente a população que vive em áreas urbanas é maior que a de áreas rurais. Nos próximos vinte a trinta anos,

o número de veículos no mundo, deve dobrar do número atual de 630 milhões (UNEP, 2014).

À medida que as cidades expandem-se para megacidades, estima-se que mais pessoas irão deslocar-se por distâncias maiores e por tempos mais longos. Na ausência de controles, as emissões por fontes antropogênicas, em especial as relacionadas ao transporte, provavelmente aumentarão. Uma megacidade pode afetar as condições de tempo em escala local, regional e mesmo global (MOLINA *et al.*, 2007).

As principais fontes de gases de efeito estufa são a queima de combustíveis no setor de transporte, indústrias e queima de biomassa e florestas. Porém, o crescimento das áreas urbanas é um vetor das emissões desses compostos já que este crescimento está associado com aumento de demanda de energia. As áreas urbanas respondem por 67 a 76% do uso de energia e por 71 a 76% das emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas com o consumo de energia (UNEP, 2014). As cidades, além de serem responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O), respondem também por outros poluentes, chamados de vida curta – como o monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub> = NO + NO<sub>2</sub>), óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>), hidrocarbonetos (HC), compostos orgânicos voláteis (COV), ozônio (O<sub>3</sub>), *Black Carbon* (BC) e material particulado (MP). Esses poluentes de vida curta, além de efeitos negati-

vos diretos à saúde da população, estão relacionados com mudanças no clima como, por exemplo, o *Black Carbon* que é composto de material absorvedor da radiação solar (MONKS *et al.*, 2009).

Geralmente, a principal fonte de emissão de BC é a queima de combustíveis fósseis pelo setor de transporte. E essa não é uma realidade somente das grandes cidades brasileiras, mas está ocorrendo também em outras cidades no mundo, em especial nos países em desenvolvimento.

O ozônio é um forte oxidante, que provoca irritação das mucosas e das vias respiratórias. Ele é gerado, na baixa atmosfera, por reações fotoquímicas entre óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis, oriundos da queima de combustíveis fósseis. Segundo o IBGE, é um poluente de difícil controle, por causa do aumento da frota de veículos automotores nas grandes cidades brasileiras.

Em 2030, a mancha urbana será 38% maior que a atual, elevando os riscos de desastres associados aos eventos extremos como enchentes, inundações, deslizamento de encostas, estresse térmico, atingindo os mais vulneráveis.

Para a Região Metropolitana de São Paulo há um estudo realizado pelo Núcleo de Estudos do Clima (NOBRE e YOUNG, 2011) de que, em 2030, a mancha urbana será 38% maior que a atual, elevando os riscos de desastres associados aos eventos extremos como enchentes, inundações, deslizamento de encostas, estresse térmico, atingindo os mais vulneráveis. Esses eventos não estão associados somente com as mudanças climáticas globais, mas também com as modificações do clima local, com o aumento da urbanização,

impermeabilização do solo, construção de moradias em locais inadequados e falta de infraestrutura para habitação.

Dentre os poluentes de tempo de vida curto, o ozônio na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) tem atingido concentrações mais de cinco vezes acima das consideradas seguras para a saúde pública de acordo com a Organização Mundial de Saúde. Aproximadamente 90% dos precursores de ozônio na atmosfera da RMSP são emitidos pela frota veicular (CETESB, 2009).

De acordo com o inventário oficial das emissões das fontes móveis, 22% de HC são provenientes dos veículos a *gasool* (75% gasolina + 25% etanol), 15% dos veículos a diesel, 6% dos veículos a etanol e 5% das motocicletas. Existe, ainda, significativa contribuição dos HC provenientes de emissões evaporativas, que constituem 48% do total de HC para a atmosfera.

No caso específico dos óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ), 78% vêm dos veículos a *diesel*, 13% dos veículos a *gasool*, e 4% dos veículos a etanol. As partículas em suspensão na atmosfera, os aerossóis atmosféricos, que contêm na sua composição compostos carbonáceos, metais e íons, têm importante papel no clima e na saúde da população. Considerando-se os gases de efeito estufa temos que o  $\text{CO}_2$  tem sua emissão associada em mais de 80% com a queima de combustíveis pelo setor de transportes. Mas há também os outros gases de efeito estufa, como o  $\text{CH}_4$  associado com o uso da terra e os aterros sanitários (SVMA, 2013).

A economia verde pode oferecer um estilo de vida urbana mais sustentável e uma mobilidade com baixa emissão de carbono.

## Megacidades e soluções

As condições de vida em megacidades estarão sempre dependentes de um planejamento e gestão dos recursos que serão compartilhados por toda a população, com a preocupação de suprimir as desigualdades de oferecimento de serviços básicos a todos os seus cidadãos.

Algumas ações, como o Programa da Fundação Rockefeller para cidades resilientes e o Fórum Global Anual em Resiliência Urbana e Adaptação, do ICLEI – *Local Governments for Sustainability*, vêm apoiando cidades a tornarem-se resilientes e divulgando boas experiências em todo o mundo. Estas ações visam tornar as cidades preparadas para enfrentar os desafios sociais, ambientais e econômicos deste século. Estes desafios incluem elevada taxa de desemprego; sistemas de transporte sobrecarregados ou ineficientes; violência; escassez de alimentos e água; ou ausência de saneamento. As cidades que se tornarem capazes de responder a eventos adversos são, em geral, as que poderão oferecer funções básicas em situações normais e de crise, para toda a população.

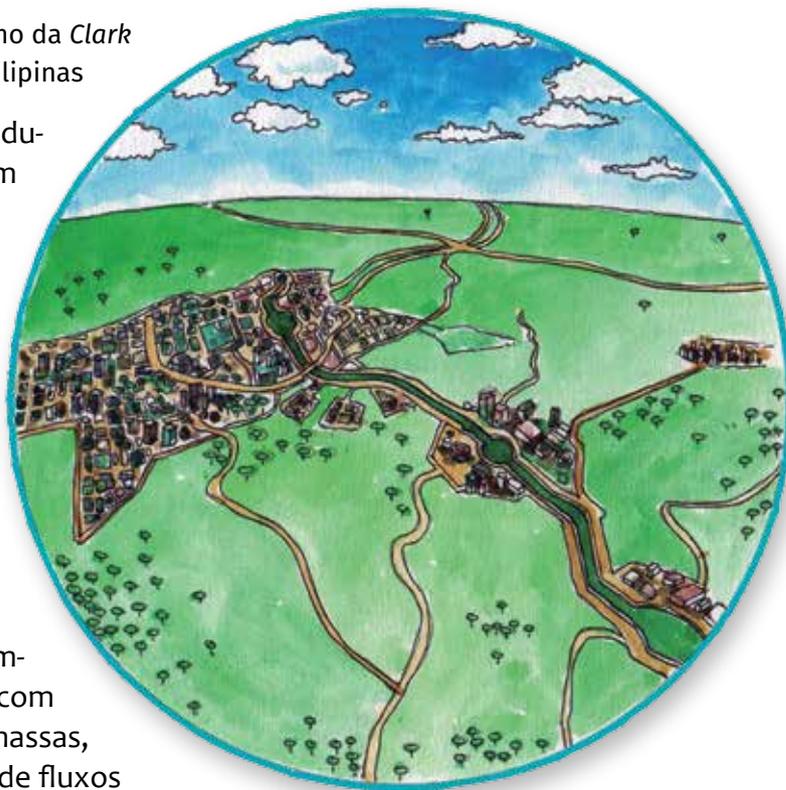
Destacam-se, também, ações pautadas pela proposta da Economia Verde, que são implementadas por meio de processos que visam mitigar os problemas das mudanças climáticas e reverter tendências insustentáveis. A economia verde pode oferecer um estilo de vida urbana mais sustentável e uma mobilidade com baixa emissão de carbono. Por exemplo, existem oportunidades para que as cidades aumentem capacidade

**Figura 1:** Plano da *Clark Green City*, Filipinas

e produtividade de energia, reduzam emissões de carbono, assim como os desperdícios, utilizando sinergias e capacidades potenciais, integrando abordagens sustentáveis aos processos de planejamento urbano.

Políticas que integrem ocupação espacial com rede de transportes e deem suporte a políticas necessárias baseadas no planejamento do uso do solo para promover cidades compactas ou que possam contar com corredores para o trânsito das massas, contribuem para redistribuição de fluxos e redução dos tempos de viagem.

Casos de infraestrutura verde<sup>1</sup> combinados com infraestrutura cinza têm sido identificados também como boas práticas em nível local para atingir maior resiliência e sustentabilidade urbana (FOSTER, LOWE e WINKELMAN, 2011). Nas Filipinas, por exemplo, está sendo construída a *Clark Green City*, uma *green city*, com plano estratégico que vai ajudar a descongestionar a Região Metropolitana de Manila, uma das cidades com maior densidade do mundo, impulsionando a economia e conduzindo o país rumo ao desenvolvimento sustentável (**Figura 1**).



A forma de analisar e cuidar do planejamento das cidades tornou-se mais complexa, pois para se alcançar cidades resilientes, em um cenário de mudanças climáticas, é preciso, além da gestão compartilhada, alternativas que envolvam menor uso energético, controle de emissões, uso do solo planejado e utilização de infraestruturas cinza e verde, que devem ocorrer de forma inter-setorial. Em todo mundo têm-se observado diversas iniciativas neste sentido, porém a maioria tem ainda foco pontual em determinado setor, como mobilidade, recursos hídricos ou energia.

<sup>1</sup> Infraestrutura verde (UNIÃO EUROPEIA, 2009, item 11) - corresponde à rede de áreas naturais interconectadas, como corredores verdes, parques, zonas úmidas reservas florestais e comunidades de plantas nativas, e áreas marinhas que naturalmente regulam o regime de chuvas, a temperatura, o risco de inundações e a qualidade da água, do ar e do ecossistema.

Infraestrutura Cinza (FOSTER, LOWE e WINKELMAN, 2011, p. 02) - estruturas convencionais de armazenamento (reservatórios, bacias de retenção) e de condução (canais, tubos), usadas para gerenciar água potável e pluvial e esgoto, construídas com concreto ou metal.

### Referências Bibliográficas

BAKLANOV *et al.* MEGAPOLI: concept of multi-scale modelling of megacity impact on air quality and climate, **Advances in Science e Research** (Open Access Proceedings), 4, 115–120, 2010.

CETESB, 2009: **Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo, 2008** (Air quality report for the Sao Paulo state, 2008) 340 pp.

—, 2013: **Qualidade do ar no estado de São Paulo, 2012**, 123 pp.

FOSTER, J.; LOWE, A.; WINKELMAN, S. **The value of green infrastructure for urban climate adaptation**. Center for Clean Air Policy, 2011.

IDS - **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável**, Brasil 2012, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE

IEMA - Instituto de Energia e Meio Ambiente, **1º Diagnóstico da rede de monitoramento da qualidade do ar do Brasil** - <http://www.energiaeambiente.org.br/index.php/conteudo/35> (acessado em abril de 2014).

IPCC, 2013, <http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/140.htm> (acessado em julho de 2013).

MOLINA *et al.* Air quality in North America's most populous city – overview of the MCMA-2003 campaign, **Atmospheric Chemistry and Physics**, 7, 2447-2473, 2007.

MONKS, P. S. *et al.* Atmospheric composition change – global and regional air quality. **Atmospheric Environment**. v.43, p.5268-5350, 2009.

NOBRE, C. A. e YOUNG, A. F. (eds). **Vulnerabilidade das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: região metropolitana de São Paulo** - Relatório Final. Campinas: Nepo/Unicamp, dezembro 2011. [http://www.nepo.unicamp.br/textos/publicacoes/livros/megacidades/megacidades\\_RMSP.pdf](http://www.nepo.unicamp.br/textos/publicacoes/livros/megacidades/megacidades_RMSP.pdf). Acesso em outubro de 2014.

SVMA - Secretaria do Verde e do Meio Ambiente do Município de São Paulo. (2013) **Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa do Município de São Paulo de 2003 a 2009**, com atualização para 2010 e 2011 nos setores Energia e Resíduos.

UNEP (2014) **How the United Nations System Supports Ambitious Action on Climate Change United Nations**. The United Nations System Delivering as One on Climate Change and Sustainable Development.

UNIÃO EUROPEIA. Commission of the European Communities. White Paper. Adapting to climate change: towards a European framework for action, 2009. Disponível em [http://www.preventionweb.net/english/professional/publications/v.php?id=11160&utm\\_source=pw\\_search&utm\\_medium=search&utm\\_campaign=search](http://www.preventionweb.net/english/professional/publications/v.php?id=11160&utm_source=pw_search&utm_medium=search&utm_campaign=search) Acesso 09 set. 2014.

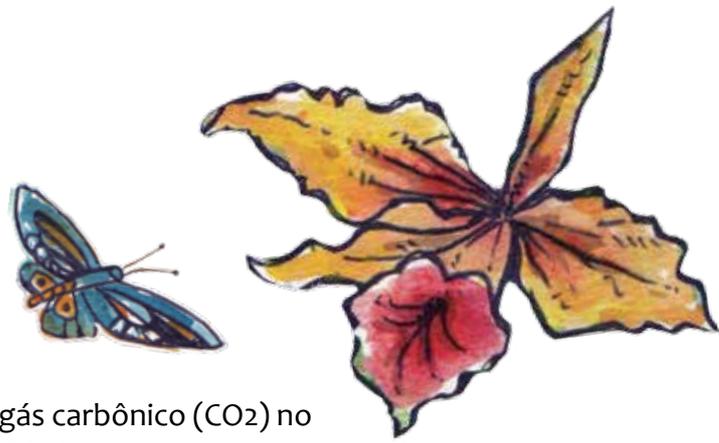
WMO, 2009. **World Meteorological Organization Bulletin** 58.

## Capítulo 2

# Ecosistemas e ambientes naturais

Vanessa Empinotti





## As principais fontes de emissões de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) no

Brasil são provenientes de atividades que promovem a transformação dos ecossistemas e ambientes naturais. Esta realidade é confirmada pelos dados de monitoramento de emissões referentes ao ano de 2005, quando a mudança do uso da terra e florestas foi responsável por 57% das emissões nacionais, seguidas pela atividade agropecuária (20%) e geração de energia (16%) (SEPED, 2013).

Nesse contexto, entende-se a mudança do uso da terra e florestas como a transformação de florestas em áreas de pecuária e agricultura, onde as queimadas são uma prática predominante, assim como o desmatamento. Além disso, as práticas de preparo do solo para o plantio, como, por exemplo, a aplicação de calcário ou o revolvimento do solo também são responsáveis pela emissão de gás carbônico.

A contribuição da agropecuária, por sua vez, considera as emissões devido à fermentação entérica do gado, manejo dos dejetos animais, a mobilização dos solos agrícolas para a produção de pastagens assim como a queima de resíduos.

Por fim, a geração de energia considera as emissões devido à queima de combustíveis que pode ocorrer tanto durante o processo de geração de energia como no seu consumo.

Com esse diagnóstico em mãos, as ações do governo para diminuir a emissão de gases de efeito estufa do Brasil concentraram-se principalmente na *diminuição da ocorrência de queimadas e não na produção de bens de consumo* (SEPED, 2013). Como resultado, os dados de 2010 indicaram que a contribuição das emissões relativas ao uso da terra e florestas caiu drasticamente de 57% para 22%, enquanto que a atividade agropecuária e a geração de energia aumentaram de 20% e 16% para 35% e 32% respectivamente (SEPED, 2013).

Tais resultados indicam como o uso do solo, mas principalmente a forma como realizamos este processo, exerce impacto marcante nas emissões de gases e na conseqüente mudança do clima. A intensificação planejada da agricultura, a diminuição do revolvimento do

solo e de seu preparo, assim como a permanência da floresta em pé são práticas que podem contribuir na redução da emissão de gases.

A seguir vamos discutir como isso é possível especificamente para áreas rurais.

*A intensificação planejada da agricultura, a diminuição do revolvimento do solo e de seu preparo, assim como a permanência da floresta em pé são práticas que podem contribuir na redução da emissão de gases.*

## Áreas rurais, produção e redução das emissões de GEEs

Áreas rurais desempenham papel fundamental na oferta de bens e serviços à sociedade. É nela que se concentram as atividades responsáveis por garantir a segurança alimentar da população de um país por meio da produção de alimentos. Entretanto, tratando-se da mudança do clima e dos fatores que contribuem para este processo, a mudança do uso do solo em consequência do aumento das atividades de agricultura e pecuária exercem papel fundamental nesta discussão. Isto ocorre principalmente devido ao uso de queimadas e a promoção do desmatamento como parte das práticas produtivas existentes hoje no país.

Por outro lado, é importante também reconhecer que as mesmas atividades são extremamente vulneráveis aos efeitos da mudança do clima. Por exemplo, a alteração da temperatura, a concentração de períodos de chuva intensa ou de estiagem podem ter efeitos catastróficos para a produção de alimentos (GHINI *et al.*, 2011). Por

Como podemos continuar a produzir comida e ao mesmo tempo diminuir o impacto das práticas produtivas agrícolas na transformação do clima?

isso, a pergunta que se propõe é como podemos continuar a produzir comida e ao mesmo tempo diminuir o impacto das práticas produtivas agrícolas na transformação do clima?

Em várias partes do mundo estão surgindo iniciativas com intuito de dividir experiências e produzir conhecimentos que possam, por um lado, adaptar as práticas agrícolas com o objetivo de diminuir a emissão de gases, assim como mitigar os efeitos da mudança do clima sobre a produção de alimentos (IICA, 2014). Entre

as ações propostas estão:

1. Desenvolvimento de novas práticas produtivas que aumentem a eficiência da produção, diminuam a emissão de gases assim como a necessidade de abertura de novas áreas de florestas para dar lugar à agricultura;
2. O desenvolvimento de culturas mais resistentes a períodos prolongados de estiagem como práticas de adaptação aos efeitos das mudanças do clima;
3. Difusão de novas tecnologias e a sua adoção pelos agricultores por meio da extensão rural (IICA, 2014);





4. Recuperação de áreas degradadas e agregação de valor à floresta em pé como parte de programas de pagamento por serviços ambientais.

### Valorização das florestas

Os *serviços ecossistêmicos* (ou *ambientais*) são os serviços provenientes direta ou indiretamente pelos ecossistemas, fornecidos pelas Funções Ecossistêmicas, que proporcionam benefícios às necessidades humanas para o bem-estar (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT – MEA, 2005). Este tipo de iniciativa oferece ao agricultor a geração de renda e o incentivo para recuperar e preservar áreas de florestas nativas.

Um exemplo desta prática é o **Bolsa Verde**, Programa do Governo Federal, criado em 2011, com o objetivo de apoiar famílias em situação de extrema pobreza que desenvolvem atividades de conservação ambiental como a manutenção da cobertura vegetal e o uso dos recursos naturais da propriedade (SANTOS *et al.*, 2012).

Tal iniciativa é importante para romper com a relação direta entre pobreza e degradação ambiental. (ADAMS, 2001).

Outro exemplo é o **Programa de**

Os serviços ecossistêmicos são os serviços provenientes direta ou indiretamente pelos ecossistemas, fornecidos pelas Funções Ecossistêmicas, que proporcionam benefícios às necessidades humanas para o bem-estar, e possibilitam ao agricultor a geração de renda e o incentivo para recuperar e preservar áreas de florestas nativas.

**Pagamento por Serviços Ambientais** do Estado do Espírito Santo, direcionado aos proprietários de área rural que destinarem parte de suas propriedades para fins de preservação, conservação e recuperação do meio ambiente e dos recursos hídricos. Este programa promove serviços ambientais relacionados a melhoria e conservação dos solos e dos recursos hídricos, conservação e incremento da biodiversidade e diminuição da emissão de gases uma vez que o solo está coberto por vegetação nativa (SANTOS *et al.*, 2012).

Enquanto os programas citados anteriormente concentram-se na preservação ambiental, o **Programa de Certificação do Estado do Acre** propõe-se valorizar o ativo ambiental florestal assim como incentivar a adoção de práticas produtivas sustentáveis para a consolidação das áreas já desmatadas, dessa forma unindo a produção de alimentos e outros bens primários e a diminuição de práticas relacionadas a emissão de gases de efeito estufa (SANTOS *et al.*, 2012).

Por meio do desenvolvimento de práticas produtivas ambientalmente amigáveis, o agricultor passa a ser um ator chave não só para a preservação ambiental, na garantia da segurança alimentar, como também na diminuição da emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera. Dessa forma, aprofundar conhecimentos quanto às

dinâmicas das atividades econômicas e de desenvolvimento em áreas rurais e seus impactos socioambientais pode permitir o ajuste e negociação de políticas

públicas que permitam um planejamento adequado do uso do solo e assim, diminuir a sua contribuição ao processo de mudanças climáticas. 

### Referências Bibliográficas

ADAMS, W. M. **Green Development: Environment and sustainability in the Third world**. London: Routledge, 2001. 445 p.

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. **Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano**. Texto para Discussão. Campinas: IE/UNICAMP, 2009. 45 p.

GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. 356 p.

IICA – Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture. **International Initiatives for Collective Action to Confront Climate Change in the Agricultural Sector**. Costa Rica: IICA, 2014.

MEA – Millennium Ecosystem Assessment: **Ecosystems and Human Well-being: Synthesis**. Island Press, Washington, DC; 2005.

SANTOS, P.; BRITO, B.; MASCHIETTO, F. *et al.* **Marco regulatório sobre pagamento por serviços ambientais no Brasil**. Belém: IMAZON; FGV. CVces, 2012. 78 p.

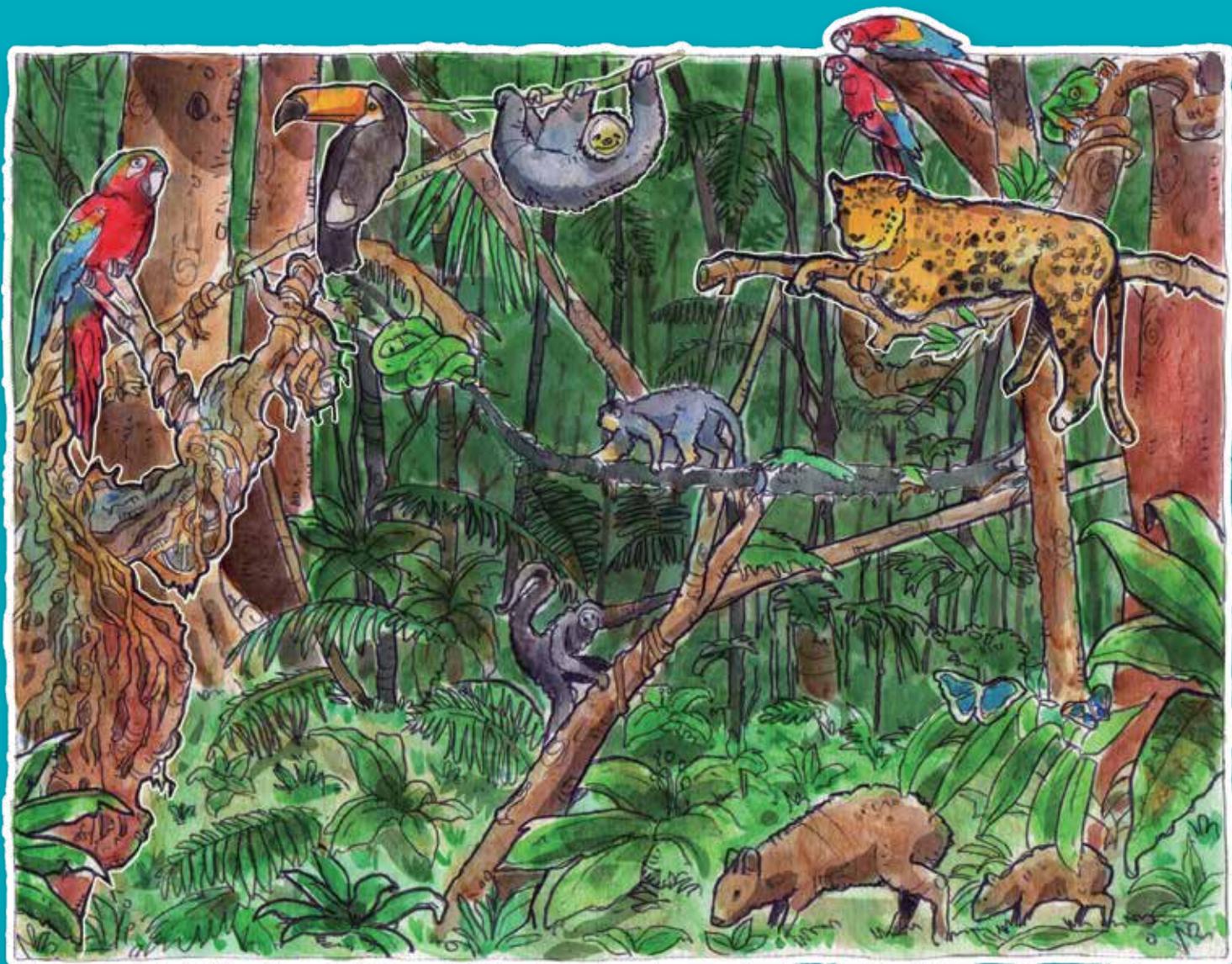
SEPED – Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. **Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil**. Brasília: SEPED, 2013. 80 p.

WUNDER, S. **Payments for Environmental Services: some nuts and bolts**. Jakarta: **Center for International Forestry Research**, 2005. 32 p.

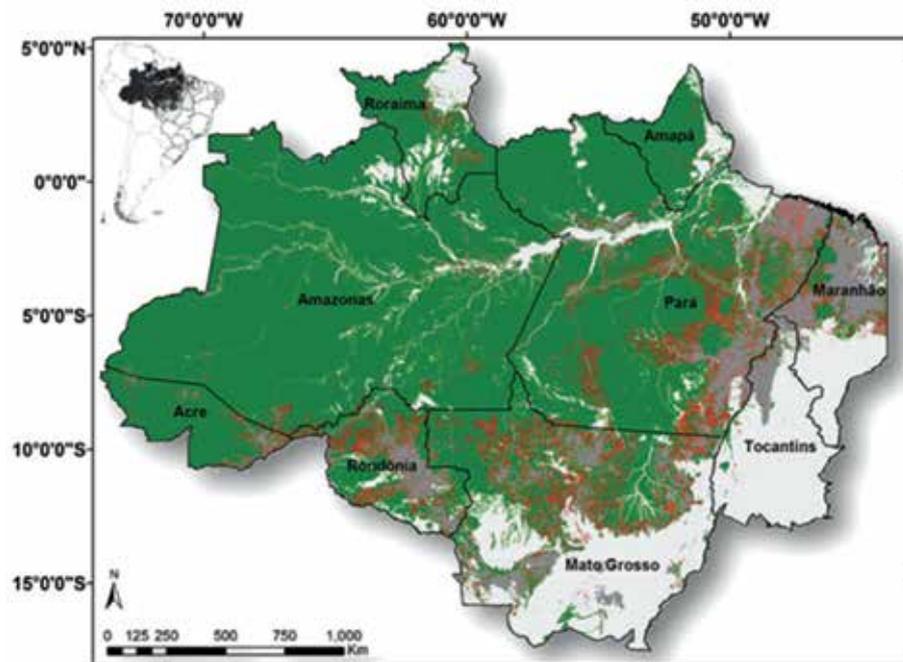
## Capítulo 3

# Florestas e as mudanças climáticas

Luciana Vanni Gatti, Luana Santamaria Basso e  
Viviane Francisca Borges



A Amazônia representa de 4% a 6% da superfície terrestre, abrigando uma grande variedade de ecossistemas e espécies da flora e da fauna que neles residem em um equilíbrio delicado e único. Além de abrigar a maior floresta tropical, esta região abriga também a maior rede hidrográfica do planeta, com destaque para o Rio Amazonas que é reconhecido como o mais longo, caudaloso, largo e profundo do planeta (PNUMA-OCTA-CIUP, 2008). Em território brasileiro, os ecossistemas Amazônicos ocupam os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e parte dos estados do Maranhão, Tocantins e Mato Grosso (MCT, 2010) (Figura 1).



**Figura 1.** Amazônia. Em verde área florestal remanescente; em vermelho a área desmatada 2000-2010; em cinza escuro a área desmatada antes de 2000, e nas áreas não-florestadas cinza claro. Detalhe: mapa da América do Sul destacando o bioma Amazônico, dentro dos limites da Amazônia Legal brasileira. As linhas pretas indicam os limites políticos de estados amazônicos (ARAGÃO *et al.*, 2014).

Como se já não bastasse sua imponência em relação à sua extensão, biodiversidade e rede hidrográfica, a floresta Amazônica é responsável pelo armazenamento de uma grande quantidade de carbono orgânico. Estima-se de 95 a 120 PgC (Pg:  $10^{15}$ g) na biomassa acima do solo, e 160 PgC nos solos (MALHI *et al.*, 2006; SAATCHI *et al.*, 2011). Este estoque de carbono corresponde à metade da quantidade de carbono contida na atmosfera global no século XVIII (antes do início da era industrial).

**Figura 2.** Esquema da trajetória do vapor d'água, oriundo do oceano até a região sul da América Latina



A liberação de carbono de ecossistemas como a Amazônia poderia contribuir substancialmente para o incremento do  $\text{CO}_2$  atmosférico e, consequentemente, o aumento do efeito estufa (GLOOR *et al.*, 2012). Infelizmente, as alterações do uso do solo na Amazônia têm sido baseadas na derrubada e queima de enormes áreas de floresta, o que tem liberado parte desse carbono para a atmosfera.

## IMPACTOS À AMAZÔNIA

### Ciclos hidrológicos

A Bacia Amazônica detém 73,6% dos recursos hídricos superficiais do Brasil, ou seja, a vazão média dessa região é quase três vezes maior que a soma das vazões de todas as demais regiões hidrográficas brasileiras (PBMC, 2013). Cabe ressaltar, que a água que escoas das florestas da Amazônia para o oceano Atlântico representa entre 15% e 20% da descarga total mundial de água doce fluvial, portanto,

uma alteração na quantidade de água nos ciclos hídricos da região poderia ser suficiente para influenciar algumas das grandes correntes oceânicas, que são importantes reguladoras do sistema climático global (NEPSTAD, 2007).

Já existem indícios de que esta alteração vem ocorrendo e impactando a distribuição de chuvas pelo Brasil. Em 2014, foi observada uma seca extrema na região Sudeste do Brasil, deixando grande parte da população desta região com escassez de água. Segundo resultados do Projeto “Rios Voadores”, mais da metade da água das chuvas nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil e também na Bolívia, no Paraguai, na Argentina, no Uruguai e até no extremo Sul do Chile vem da Amazônia.

Estudos recentes têm mostrado uma ligação significativa entre o sistema climático amazônico e aquele sobre a Bacia do Prata. Poucas pessoas conhecem a existência do transporte do vapor de água amazônico por massas de ar, denominados **rios voadores ou rios aéreos**. Muito menos podem imaginar que o volume de vapor de água lançado para a atmosfera pelas árvores da floresta amazônica pode ter a mesma ordem de grandeza da vazão do rio Amazonas (200.000  $\text{m}^3/\text{s}$ ). Consequentemente, quanto maior o desmatamento, menor a evaporação e, portanto, menos chuva (**Figura 2**). E, por fim, com a diminuição das chuvas, os reservatórios de água vão diminuindo seu volume e sua capacidade de abastecimento (MOSS *et al.*, 2014).

Porém, um fenômeno global também contribuiu para esta situação, devido a uma anomalia com aumento de chuvas

A água  
que esco das  
florestas da Amazônia  
para o oceano Atlântico  
representa entre 15% e  
20% da descarga total  
mundial de água  
doce fluvial.

na Indonésia e menos chuvas no Oceano Pacífico Central. Este fenômeno manteve as frentes frias mais ao Sul de sua posição convencional, fazendo com que chovesse menos na região Sudeste do Brasil (SILVA DIAS, 2014, comunicação pessoal).

### Uso do solo: desmatamento e queimadas

Dos biomas brasileiros o Bioma Amazônico é o de maior extensão ocupando aproximadamente 50% do território nacional (**Figura 3**). Este bioma é definido pelo clima quente e úmido, predominância de florestas, e grande biodiversidade.

A Amazônia Legal, por sua vez, é uma unidade administrativa compreendendo nove estados brasileiros, e englobando todo o Bioma Amazônico, 37% do Bioma Cerrado e 40% do Bioma Pantanal, sendo

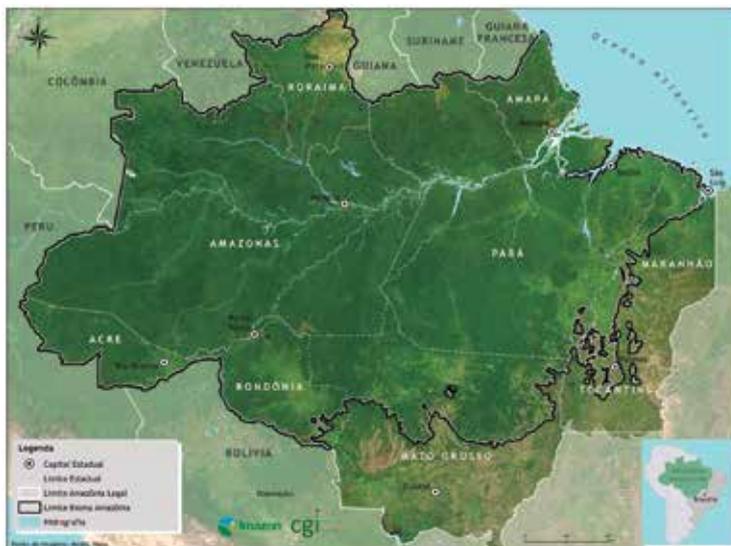
caracterizada por uma diversidade de ecossistemas.

A Amazônia (Bioma e Legal) tem sido ameaçada pela expansão da pecuária e agricultura em escala industrial (agronegócio), desenvolvimento de infraestrutura, além do impacto da agricultura de subsistência. A maior parte do desmatamento está relacionada e é determinada pela construção e pavimentação de estradas (o que facilita o escoamento da produção), combinada com a falta de controle governamental. Entretanto, as áreas protegidas, as reservas de uso sustentável e as terras indígenas têm auxiliado no retardamento da propagação do desmatamento em toda a bacia (NEPSTAD, 2007).

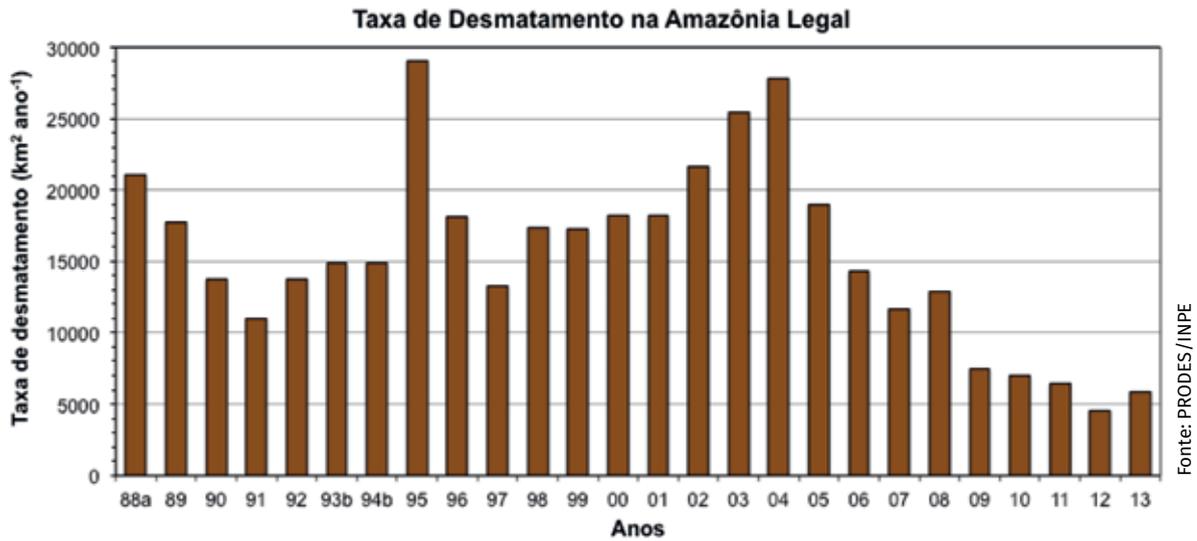
Nos últimos anos têm sido obtidos importantes avanços com relação ao combate do desmatamento na Amazônia, com expressiva redução de suas taxas anuais a partir de 2004 (**Figura 4**). O desmatamento na Amazônia intensifica a vulnerabilidade do Bioma às mudanças climáticas e, com isso, a função reguladora do clima global, regional e local que a floresta exerce encontra-se ameaçada (PBMC, 2013).

Por menores que sejam as mudanças na dinâmica deste sistema, elas acabam por acarretar mudanças climáticas em escala regional ou global (MALHI *et al.*, 2006). Suas florestas e

Fonte: <http://www.imazon.org.br/>



**Figura 3.** Mapa diferenciando as áreas da Amazônia Legal (área dentro do contorno preto) e o Bioma Amazônico (área maior em verde).



**Figura 4.** Taxa de desmatamento registrado ao longo dos anos na área da Amazônia Legal.

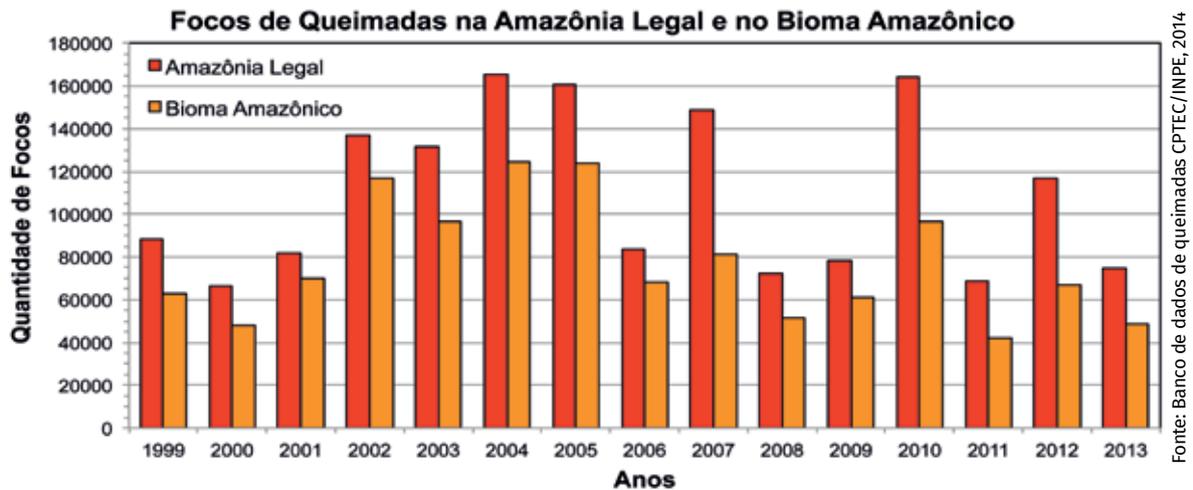
solos armazenam grande quantidade de carbono orgânico, que pode ser liberado rapidamente para a atmosfera em consequência da destruição da floresta para conversão em áreas de pastagem ou mudanças no bioma (GLOOR *et al.*, 2013).

A quantidade de focos de queimadas ocorridos no Bioma Amazônia e na Amazônia Legal (**Figura 5**) apresenta que não houve uma diminuição significativa das queimadas a partir de 2004, na mesma tendência de diminuição da taxa de desmatamento, que diminuiu 79% de 2004 a 2013. Considerando o ano de 2005 como base, os últimos 3 anos apresentaram uma redução em torno de 58% no número de focos de queimada. Os focos de queimadas ocorridos no Bioma Amazônico representam de 54% a 82% do total de queimadas da Amazônia Legal entre os anos de 2004 a 2013, sendo que, nos últimos anos, em torno de 60% das queimadas vêm ocorrendo dentro do Bioma Amazônia. Os meses que apresentam o maior número de focos de queimadas são agosto, setembro e outubro.

Dessa forma, as queimadas, nos últimos anos, têm contribuído de forma significativa para as emissões de gases estufa em território brasileiro. Para além da necessidade de fiscalização, é fundamental que as práticas com relação à derrubada e queima da floresta alterem-se. Um mecanismo seria a valorização da floresta em pé.

As emissões provenientes da mudança no uso do solo, dessa forma, são a segunda maior fonte antropogênica de CO<sub>2</sub>. O desmatamento, a exploração agrícola e pecuária emitem CO<sub>2</sub>. Essas emissões são, em parte, compensadas pela absorção de CO<sub>2</sub> da rebrota da vegetação secundária e a reconstrução de estoques de carbono no solo após o reflorestamento.

Ao contrário de emissões de combustíveis fósseis, que refletem a atividade econômica instantânea, as emissões da mudança do uso do solo decorrem tanto do desmatamento atual, como de áreas desmatadas em anos anteriores (QUÉRÉ *et al.*, 2009). Na **Figura 1** podem ser observadas as alterações que ocorreram na região Amazônica devido à ação



**Figura 5.** Quantidade de focos de queimadas ocorridos na Amazônia Legal (barras vermelhas) e quantidade de focos no Bioma Amazônico (barras laranjas) entre 1999 a 2013.

humana, onde, segundo o IBGE, cerca de 20% da área florestada original (4 milhões km<sup>2</sup>) já foi desmatada.

### A Amazônia e as mudanças climáticas

A Amazônia sozinha contribui com aproximadamente 14% de todo o carbono que é fixado pela biosfera terrestre global, e explica 66% das variações interanuais (46 a 63 PgC). O balanço de carbono na Amazônia é diretamente afetado por eventos extremos, induzidos pelo clima, como as secas e as mudanças de cobertura da terra (ARAGÃO *et al.*, 2014, GATTI *et al.*, 2014). Segundo o IPCC, as principais mudanças no regime climático são o aumento da temperatura mundial, a elevação do nível dos oceanos e uma maior frequência dos eventos climáticos extremos. O aumento da temperatura atingirá principalmente os ecossistemas aquáticos da Amazônia, resultando em maior evaporação da água superficial e maior transpiração das plantas, produzindo, assim, um ciclo hidrológico mais intenso (PNUMA-OCTA-CIUP,

2008). Estas alterações já têm sido observadas na Amazônia, a temperatura sobre esta região aumentou aproximadamente 0,25°C por década durante os últimos 30 anos, e os níveis de CO<sub>2</sub> aumentaram cerca de 35% em relação aos tempos pré-industriais (BARLOW *et al.*, 2011).

Ainda é pouco conhecido o papel da floresta Amazônica no balanço global de carbono. Uma compilação de resultados de diversos estudos publicados indica uma variabilidade entre os fluxos de carbono para diversas regiões estudadas da Amazônia (OMETTO *et al.*, 2005). Estes estudos estão focados nas emissões líquidas de carbono, nos fluxos de carbono do desmatamento e da variabilidade sazonal e interanual da produtividade da floresta Amazônica, sendo esta variabilidade potencialmente maior do que as emissões de desmatamento em uma base anual. E, a questão principal da produtividade da floresta tropical é se ela é mais limitada pela luz solar ou pela chuva. Saber esta resposta é fundamental para reduzir as incertezas no balanço de carbono das florestas tropicais, e a provável resposta da

floresta Amazônica às mudanças climáticas (MORTON *et al.*, 2014).

Recentemente foi estimado o balanço de carbono para a Amazônia para os anos de 2010 e 2011, com base em medidas de CO<sub>2</sub> e de monóxido de carbono (CO), incluindo variações sazonais e anuais. Observou-se uma resposta pronunciada de uma grande parte da vegetação Amazônica à seca, com valores de produtividade florestais neutros e com uma alta emissão de carbono pelas queimadas, e durante o ano seguinte (chuvoso) esta

região voltou a absorver carbono. Estes resultados tornam-se preocupantes, tendo em conta o recente aumento dos extremos de precipitação e temperaturas crescentes. Se essas tendências climáticas continuarem, possíveis mudanças no funcionamento da Floresta Amazônica ocorrerão, levando a uma redução da absorção de carbono, agravando as emissões de carbono para a atmosfera, como resultado de atividades humanas diretas, como o desmatamento (GATTI *et al.*, 2014).



### Referências Bibliográficas

ARAGÃO, L.E.O.C. *et al.* Environmental change and the carbon balance of Amazonian forests. **Biological Reviews**, p.000-000, 2014. doi:10.1111/brv.12088.

BARLOW, J. *et al.* Using learning networks to understand complex systems: a case study of biological, geophysical and social research in the Amazon. **Biological Reviews**, v. 86, p.457-474, 2011. doi:10.1111/j.1469-185X.2010.00155.x.

GATTI, L.V. *et al.* Drought sensitivity of Amazonian carbon balance revealed by atmospheric measurements, **Nature Letter**, v.506, p.76-80, 2014. doi:10.1038/nature12957.

GLOOR, M. *et al.* The carbon balance of South America: a review of the status, decadal trends and main determinants. **Biogeosciences**, v.9, p.5407-5430, 2012. doi:10.5194/bg-9-5407-2012.

\_\_\_\_\_. Intensification of the Amazon hydrological cycle over the last two decades, **Geophysical Research Letters**, v.40, p.1-5, 2013. doi:10.1002/grl.50377.

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

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Banco de dados de queimadas CPTec/INPE** (Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>. Acesso em: 17 fev. 2014.

MALHI, Y. *et al.* The regional variation of aboveground live biomass in old-growth Amazonian forests. **Global Change Biology**, v.12, p.1107-1138, 2006. doi:10.1111/j.1365-2486.2006.01120.x.

MCT, Ministério da Ciência e Tecnologia. **Segunda Comunicação Nacional à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília, 2010.

MORTON, D. C. *et al.* Amazon forests maintain consistent canopy structure and greenness during the dry season, **Nature Letter**, v.506, p.221-224, 2014. doi:10.1038/nature13006.

MOSS, G. *et al.* **Os rios voadores, a Amazônia e o clima brasileiro**, disponível em: <http://riosvoadores.com.br/wp-content/uploads/sites/5/2014/05/Caderno-Professor2.pdf>, 2014.

NEPSTAD, D., **Los círculos viciosos de la Amazonía. Sequía y fuego en el invernadero**. Gland, Suíza: WWF Internacional. 2007.

OMETTO, J. P. H. B. *et al.* Amazônia and the modern carbon cycle: lessons learned. **OEcologia**, v.143, p.2119-2130, 2005. doi:10.1007/s00442-005-0034-3.

PBMC, Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas: Contribuição do Grupo de Trabalho 2 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. **Sumário Executivo do GT2**. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil. 28 p., 2013.

PNUMA-OCTA-CIUP, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) e Centro de Pesquisa da Universidad del Pacífico (CUIP). **Perspectivas do Meio Ambiente na Amazônia – Geo Amazônia**, Panamá-Brasil-Peru, 2008.

PRODES. Coordenação Geral de Observação da Terra – OBT. **Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite**. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>. Acesso em: 17 fev. 2014.

QUÉRÉ, C. L. *et al.* Trends in the sources and sinks of carbon dioxide. **Nature Geoscience**, advance online publication, v.2, p.831-836, 2009. doi:10.1038/ngeo689.

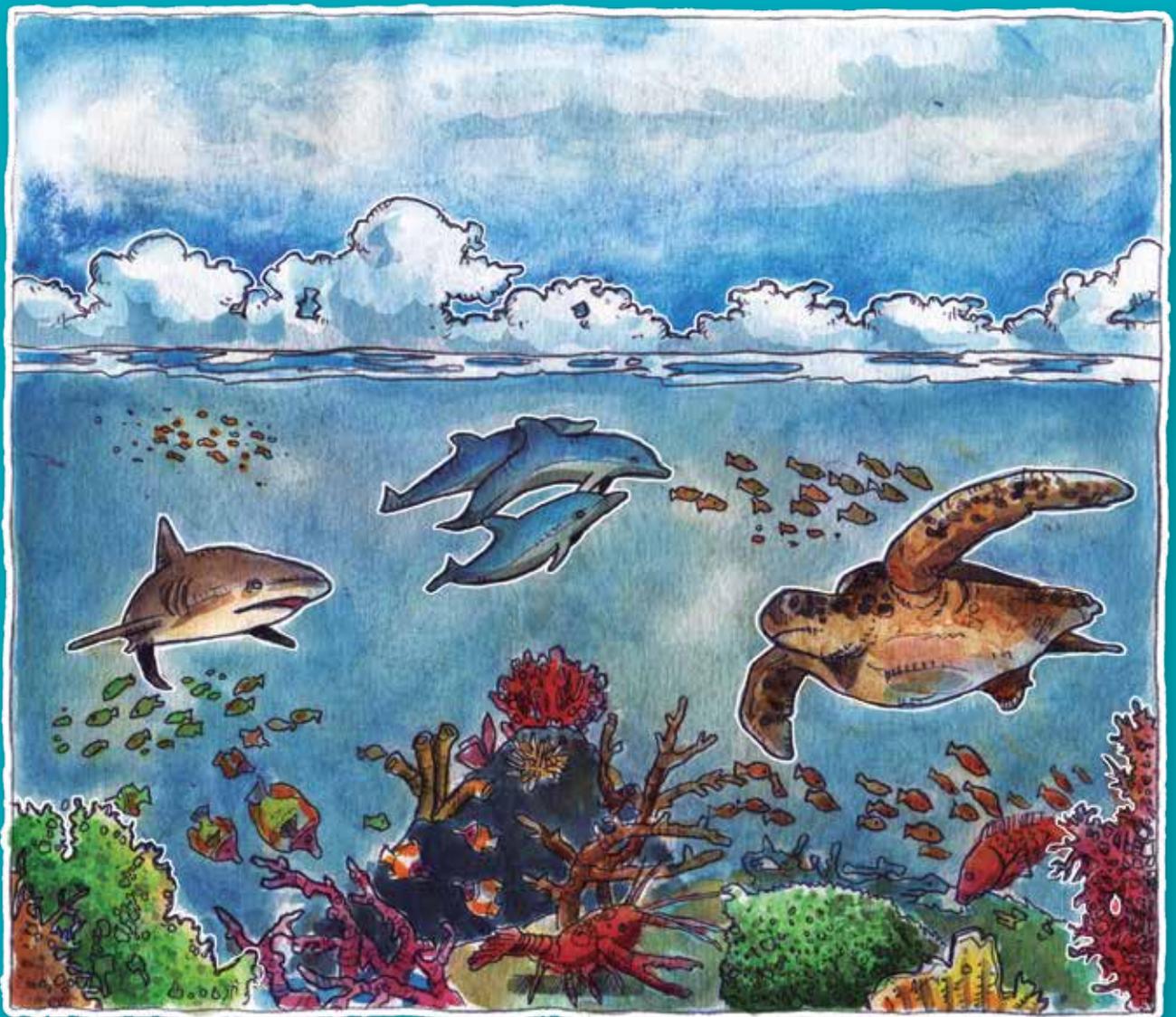
SAATCHI, S. S. *et al.* Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents, **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108 (24), p.9899–9904, 2011. doi:10.1073/pnas.1019576108.

SILVA DIAS M. A. F., 2014 [mensagem pessoal] mensagem recebida em 13 out. 2014.

## Capítulo 4

# Impacto das mudanças climáticas sobre os oceanos

Alexander Turra e Roberta de Assis Maia



Os oceanos constituem cerca de 75% da superfície da Terra, o que faz com que nosso planeta seja azul quando visto do espaço. O estudo da história geológica da Terra evidencia que a formação dos oceanos está intimamente relacionada com o surgimento das condições que permitiram a origem e manutenção da vida na Terra. Hoje, nesse planeta repleto de muitas formas de vida diferentes (biodiversidade), os oceanos continuam sendo um elo fundamental no sistema que os suporta. Compreender a delicada relação entre os oceanos, a biodiversidade, o equilíbrio climático da Terra e as consequências das ações humanas, é primordial para avaliar a importância e os impactos decorrentes das mudanças climáticas sobre essa rede de relações.

Compreender a delicada relação entre os oceanos, a biodiversidade, o equilíbrio climático da Terra e as ações humanas, é primordial para avaliar a importância e os impactos decorrentes das mudanças climáticas sobre essa rede de relações.

Compreender a delicada relação entre os oceanos, a biodiversidade, o equilíbrio climático da Terra e as ações humanas, é primordial para avaliar a importância e os impactos decorrentes das mudanças climáticas sobre essa rede de relações.

### Serviços ecossistemas oceânicos e o bem-estar humano

A Avaliação Ecossistêmica do Milênio<sup>1</sup> sistematizou o conhecimento sobre os bens e serviços oferecidos pelos ecossistemas oceânicos e sua relação com o bem-estar humano e propôs uma estratégia de abordagem baseada em tipos de serviços que os oceanos nos oferecem:

- Os serviços de provisão estão relacionados com o fornecimento de recursos vivos e não vivos, como: alimento (pescado), óleo, gás natural, matéria-prima para fármacos e cosméticos, calcário (recifes de coral), terras raras, areia, energia das ondas, marés e gradientes termohalinos (temperatura e salinidade), transporte marítimo, etc.
- Os serviços de regulação estão relacionados com a segurança, a saúde e o fornecimento de condições, direta ou indiretamente, para a vida humana, como, por exemplo: regulação climática, proteção contra enchentes e tratamento de efluentes.
- Os serviços culturais estão relacionados ao uso do ambiente para fins espirituais, contemplativos (estéticos), recreacionais e educacionais.
- Os serviços de suporte, entendidos como processos básicos da natureza (ciclagem de nutrientes, formação do sedimento e

<sup>1</sup> Do inglês, MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, MEA, 2005.

produção primária), são a base das funções ecossistêmicas que trazem benefícios ambientais e sociais para a humanidade.

Os serviços de suporte, juntamente com os serviços de regulação, são a raiz dos demais serviços ecossistêmicos, os quais, quando alterados, podem ter consequências marcantes sobre o bem-estar humano.

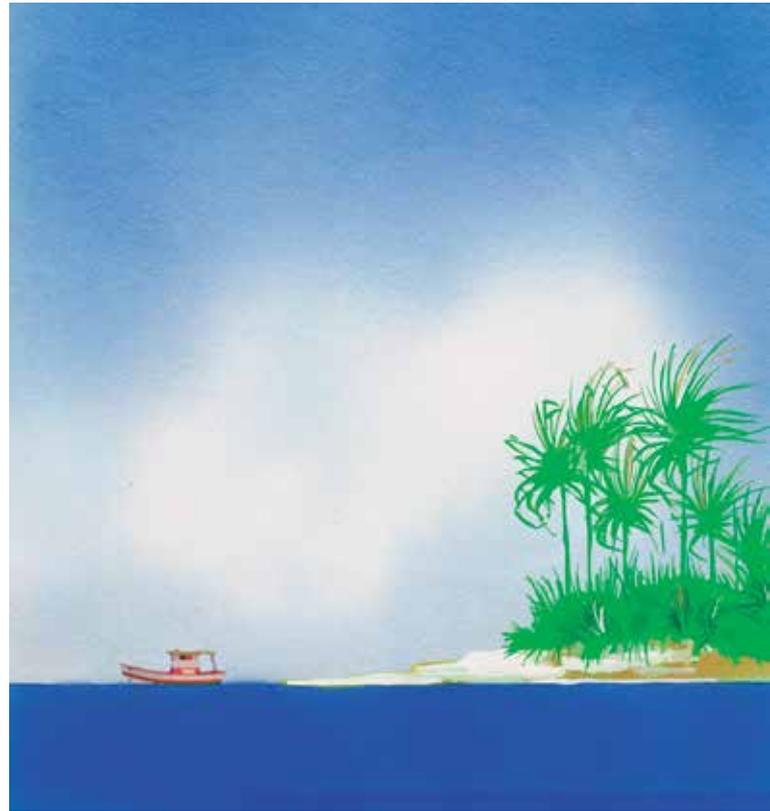
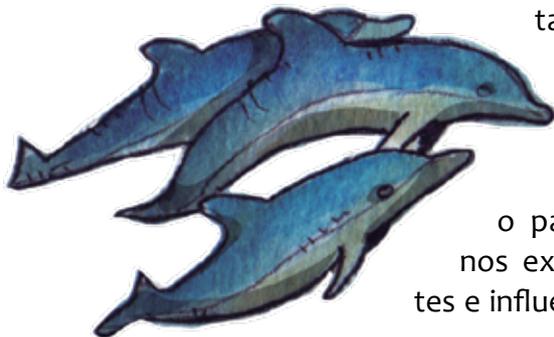
Robert Costanza e colaboradores (COSTANZA *et al.*, 1997, 2014) estimaram o valor global dos serviços ecossistêmicos em estudos feitos em 1997 e em 2014, encontrando índices para o valor agregado dos oceanos e das regiões costeiras. Em 1997, o valor agregado obtido foi de 28,9 trilhões de dólares/ano, que corresponde a aproximadamente 63% de todos os serviços ecossistêmicos do planeta (45,9 trilhões de dólares/ano) naquele ano. Em 2014, o valor agregado obtido foi de 49,7 trilhões de dólares/ano, cerca de 40% do valor de todos os serviços ecossistêmicos existentes (124,8 trilhões de dólares/ano).

Embora estes valores possam ser questionados e variar ao longo do tempo, eles permitem reflexões importantes relacionadas às alterações que estes serviços podem sofrer em função das mudanças climáticas. Além disso, é importante considerar a interação entre os serviços ditos

oceânicos e continentais, bem como

a relação de dependência entre eles, já que

o papel dos oceanos excede seus limites e influencia processos



que ocorrem nos continentes, como pluviosidade e inundações.

Considerando apenas os ambientes costeiros e oceânicos, pode-se estabelecer uma relação entre estes serviços e a qualidade ambiental. Nossa sociedade utiliza amplamente os serviços ecossistêmicos oceânicos e os impacta simultaneamente nesse processo. HALPERN *et al.* (2012) desenvolveram um Índice de Saúde dos Oceanos que considera dez aspectos da relação entre oceanos e sociedade, tais como: oportunidades de pesca artesanal, estocagem de carbono, proteção costeira, turismo, atividades econômicas e de subsistência, biodiversidade, qualidade da água, entre outros.

Globalmente, há uma preocupação com a situação atual e as tendências da qualidade dos oceanos, expressa pelo “Processo Regular de Avaliação Global

Integrada do Ambiente Marinho, incluindo Aspectos Socioeconômicos”<sup>2</sup>, sob a responsabilidade da Assembleia Geral das Nações Unidas, mas que está longe de um entendimento amplo e de uma proposta objetiva e unificada.

### Ações humanas, mudanças climáticas e oceanos: muito além do aumento do nível do mar

A previsão do que pode acontecer com os oceanos em função das mudanças climáticas depende do levantamento de informações consistentes sobre a relação entre as ações humanas, os oceanos, os ecossistemas e a atmosfera e da análise dos cenários das causas que desencadeiam mudanças nestas relações. Entretanto, uma avaliação mais precisa da magnitude e abrangência destas alterações é dificultada pela carência de dados sobre o funcionamento dos ecossistemas costeiros e oceânicos em larga escala temporal e espacial (TURRA *et al.*, 2013), especialmente no Atlântico Sul (MILOSLAVICH *et al.*, 2011). Em termos qualitativos é possível avaliar os impactos derivados das mudanças climáticas utilizando-se estruturas analíticas consolidadas como DPSWR (do inglês, drivers, pressures, state, welfare impact e response; em português, causas, pressões, estado, impacto no bem-estar humano e resposta) (COOPER, 2013).

A raiz desta discussão, entendida como “causa” no modelo acima, é a emissão de gases de efeito estufa, como gás carbônico (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e fluorados. Estes gases são derivados, por exemplo, da queima de

combustíveis fósseis, florestas e resíduos sólidos e de atividades agropecuárias e industriais. O gás carbônico corresponde à maior parte das emissões e, juntamente com os demais gases, leva a uma retenção da energia solar e a um consequente aquecimento da atmosfera. Este aquecimento possui um efeito direto sobre as calotas polares e topos de cordilheiras, promovendo o degelo e aumentando a quantidade de água no mar. Considerando a interação entre oceanos e atmosfera, há troca de calor entre estes compartimentos, que leva ao aquecimento da água do mar, tanto na superfície quanto em camadas mais profundas. Este aquecimento promove uma expansão do volume da água, que contribui para o aumento do nível do mar.

A elevação do nível do mar, por si só, traz consequências negativas para a região costeira. A primeira delas é a intensificação de processos erosivos que levam ao recuo da linha de costa. Embora este processo já tenha ocorrido em outros momentos recentes da história do planeta, sendo acompanhado pela migração dos habitats costeiros, como praias e manguezais, ao interior do continente, atualmente há fatores que influenciam esta dinâmica. Os processos de ocupação costeira reduzem a capacidade de adaptação da linha de costa, uma vez que impedem o deslocamento e a realocação destes ambientes. Assim, ao mesmo tempo em que a erosão compromete e

A elevação do nível do mar intensifica os processos erosivos que levam ao recuo da linha de costa.

<sup>2</sup> <http://www.worldoceanassessment.org/>

causa a supressão, ou eliminação desses habitats, impactando a biodiversidade e os serviços associados a eles, como proteção da costa contra tempestades e inundações, a própria ocupação humana também é afetada, tanto pela perda de território, quanto pelas maiores magnitudes e frequências desses eventos oceanográficos, cujas consequências passam a ser mais severas, principalmente em planícies costeiras de baixa altitude que sofrem com as inundações.

Outros impactos podem ser decorrentes da elevação do nível do mar, como salinização de estuários e a entrada de água do mar em zonas de água doce. À medida que o nível do mar sobe, ele cria mais resistência para o fluxo dos rios ou avança em direção ao continente alterando a salinidade e causando impactos na biota que não está adaptada a tolerar estas condições.

O mesmo raciocínio pode ser aplicado às águas subterrâneas. No subsolo da zona costeira o lençol freático é composto por duas regiões: uma composta por água doce e outra, mais próxima à costa, por água salgada. O fluxo contínuo de água doce em direção ao mar mantém a relação entre elas em equilíbrio, o qual pode ser alterado no caso da redução deste fluxo, causada por déficit hídrico no continente, que também pode ser reflexo das mudanças climáticas, ou, no caso de aumento do fluxo de água do mar, causado pela elevação do nível do mar.

*Além de controlar o fluxo de água, usinas hidrelétricas tendem a reduzir o aporte de sedimento para o mar, afetando o balanço sedimentar e podendo agravar os processos de erosão costeira.*

Como estes reservatórios de água superficial e subterrânea são utilizados para diversas atividades humanas, como consumo e irrigação, esta possível consequência das mudanças climáticas poderia levar a um agravamento do desabastecimento de água nestas regiões. Neste contexto,

mesmo atividades humanas distantes da costa, como uso indiscriminado de água ou mesmo o controle de seu fluxo por usinas hidrelétricas, podem agravar esta situação e devem, portanto, ser consideradas nas estratégias de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. De fato, além de controlar o fluxo de água, usinas hidrelétricas tendem a reduzir o aporte de sedimento para o mar, afetando o balanço sedimentar e podendo agravar os processos de erosão costeira.

Por outro lado, a retirada de mata ciliar e más práticas de manejo do solo podem intensificar processos erosivos que podem ocasionar assoreamento em desembocaduras de rios, agravando as inundações citadas anteriormente.

Em uma escala mais global, além do degelo provocar a consequente entrada de água doce e ocasionar o aumento do nível do mar, ele também altera a salinidade que pode ter um efeito nas características das correntes marítimas, como dimensão, profundidade e direção. Essas alterações, associadas a modificações nas próprias massas de ar causadas pelo aquecimento da atmosfera (MARENGO *et al.*, 2010), levam a alterações climáticas mais regionalizadas modificando a

temperatura, chuvas, ventos e frequência e magnitude de eventos extremos, como tempestades e ressacas marinhas, que interagem com a elevação do nível do mar como abordado acima. Assim, além da necessidade de considerar a interação entre continente e oceano, os efeitos sinérgicos, ou combinados, de diferentes consequências das mudanças climáticas devem ser investigados, pois podem ser mais intensos que os efeitos isolados destas alterações.

### Impactos do aquecimento global sobre a biodiversidade marinha e seus reflexos diretos sobre os serviços ecossistêmicos

O aumento da temperatura do ar e da água afeta diretamente os organismos, tanto da região entremarés, quanto do infralitoral<sup>3</sup>. Picos de temperatura do ar e insolação podem não ser tolerados por animais e algas presentes no entremarés, que deixam de ocorrer em determinados locais. Um outro exemplo do possível efeito deste aquecimento está relacionado ao mecanismo de determinação do sexo em tartarugas marinhas. O sexo é dependente da temperatura de incubação nos ninhos, que no caso das tartarugas marinhas são feitos em praias arenosas, com os ovos enterrados na areia seca da praia.

Temperaturas mais altas tendem a produzir mais fêmeas (MROSOVSKY *et al.*, 1999), podendo alterar a relação entre machos e fêmeas e trazendo consequências para a biologia reprodutiva das espécies de tartaruga. Embora na água a temperatura varie menos, o seu aquecimento

pode levar a reduções metabólicas que podem influenciar espécies menos tolerantes que outras. O aumento da temperatura pode reduzir a fotossíntese em algumas algas marinhas, que crescem menos, reduzindo o alimento disponível a herbívoros e gerando consequências em diversos níveis da cadeia alimentar. Por outro lado, o aumento da temperatura permite que espécies tropicais e subtropicais que não toleram baixas temperaturas alterem sua área de ocorrência, ampliando suas distribuições geográficas em direção às maiores latitudes.

O efeito das mudanças climáticas nos organismos pode ser visualizado em outras situações. O aumento ou a redução de pluviosidade tem um efeito na salinidade, tanto das regiões estuarinas como também nas suas áreas de influência, afetando o padrão de distribuição de espécies em função de sua tolerância à água doce ou salgada. O aumento de pluviosidade e do carreamento de sedimento em suspensão para o mar pode ainda afetar a penetração de luminosidade, que reduz o crescimento de corais, algas e gramas marinhas. Ventos são importantes estruturadores de comunidades de praias arenosas e dunas e a mudança nos seus regimes pode afetar tanto processos físicos, como o balanço sedimentar e as respostas da biota.

Por fim, o aumento da frequência e



<sup>3</sup> Os termos: região entremarés e infralitoral estão presentes no Glossário.

magnitude de eventos extremos, traduzidos no aumento da energia de ondas que atingem a costa, podem levar à remoção de organismos fixos em costões rochosos e recifes de coral, amplificando, também, processos erosivos em praias. Além destes impactos, viver em ambientes mais energéticos demanda um gasto metabólico maior com a sustentação do corpo, para os organismos marinhos. Essa energia é desviada de outras funções, como crescimento e reprodução, impactando de outra forma as populações que vivem nestes ambientes.

Os impactos mencionados acima podem atuar, tanto na degradação, quanto na redução ou supressão de habitats. Um exemplo claro de como este processo pode atuar é o que ocorre em praias arenosas que, ao sofrerem processos erosivos em diferentes graus, têm sua área reduzida ou totalmente eliminada. Com a redução da área disponível para a biota, processos competitivos podem ser intensificados, mas também há um efeito na própria quantidade absoluta de organismos que podem ocupar esse ambiente alterado. À medida que praias são erodidas há uma tendência de aumento da inclinação e do tamanho do grão de areia na região entremarés, fatores que afetam negativamente a fauna. Em situações extremas, com a completa erosão da faixa entremarés e do pós-praia (área de areia seca na parte superior das praias), os organismos exclusivos destes compartimentos são extintos localmente, comprometendo a biodiversidade local,

os serviços prestados e inclusive as trocas gênicas entre populações localizadas ao longo da costa.

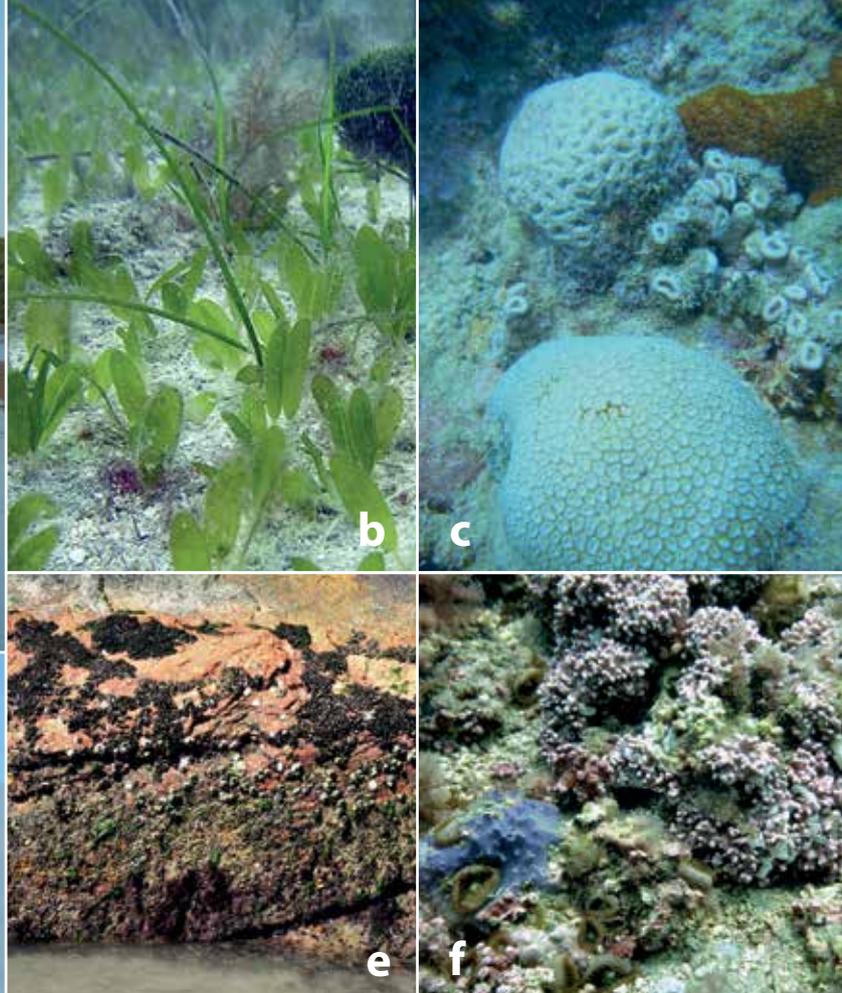
De fato, manguezais, pradarias marinhas, bancos de rodólitos, praias arenosas, costões rochosos e recifes de coral (**Figura 1**), dentre outros habitats costeiros<sup>4</sup>, ocorrem em manchas, funcionando como ilhas, uma vez que não necessariamente há uma continuidade destes ambientes ao longo de toda a costa. Assim, populações de organismos bentônicos (que vivem associados ao fundo e que normalmente não tem deslocamento ativo na coluna da água) ficam isoladas umas das outras, podendo conectar-se apenas através de suas larvas planctônicas que se dispersam pelas correntes.

Dependendo da espécie, da estratégia reprodutiva, da duração do desenvolvimento larval e das correntes, a eliminação de um determinado ambiente e de uma dada população pode reduzir ou eliminar o fluxo gênico entre populações vizinhas, comprometendo sua variabilidade genética e, inclusive, sua própria capacidade de adaptar-se às mudanças ambientais.

A mudança na ocorrência das espécies leva a alterações na composição e estrutura das comunidades e no funcionamento dos ecossistemas que podem levar a perdas de benefícios para a sociedade. A chegada de espécies de predadores em uma região pode fazer com que haja competição com organismos já existentes e o aumento da pressão de predação sobre as presas em comum. No

---

4 Para mais informações sobre a Biodiversidade Marinha e Habitats Costeiros, acesse o website da exposição Vida, Mar e Muita História pra Contar: A Origem da Biodiversidade nos Oceanos: <http://www.usp.br/cbm/expovida>



**Figura 1.** Hábitats costeiros que podem ser afetados pelas Mudanças Climáticas.

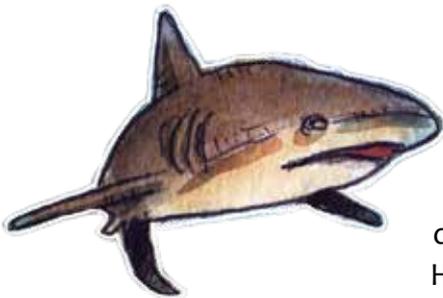
- (a) Manguezal (Foto: Lorena Bonno Bissoli);
- (b) Banco de gramas marinhas (Foto: Joel C. Creed);
- (c) Banco de rodolitos (Foto: Marina Nasri Sissini);
- (d) Praia arenosa (Foto: Mârcia Regina Denadai);
- (e) Costão rochoso (Foto: Leandro Inoe Coelho);
- (f) Recife de coral (Foto: Ruy K. P. Kikuchi).

caso de espécies de interesse econômico, a alteração de distribuição geográfica traz impactos diretos sobre as economias locais, com o recurso se tornando escasso em um determinado local e mais abundante em outro. Ainda em relação à pesca, a perda de produção primária em ambientes como manguezais, pradarias marinhas, banco de rodolitos e mesmo no fitoplâncton pode ter um efeito importante ao longo da cadeia alimentar, reduzindo os estoques pesqueiros e, com isso, comprometendo a segurança alimentar das comunidades que dependem destes recursos.

### Mudanças climáticas e sequestro de carbono: a acidificação dos oceanos

Um outro impacto causado pelas mudanças climáticas está relacionado ao aumento de gás carbônico na atmosfera e na sua capacidade de dissolução na água do mar.

A capacidade do oceano de absorver  $\text{CO}_2$  da atmosfera é regulada por dois tipos de processos, denominados bomba física e bomba biológica. A bomba física está relacionada à solubilidade do  $\text{CO}_2$  na água do mar. Uma vez dissolvido, o  $\text{CO}_2$  reage com a água para formar ácido



carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) que se transforma em íons  $\text{H}^+$  e  $\text{HCO}_3^-$ . Em uma situação de equilíbrio, os íons  $\text{H}^+$  em excesso reagem com os íons carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) para formar bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), evitando assim a acidificação da água. A bomba biológica ocorre depois dessa dissolução e diz respeito à assimilação do gás durante a “produção primária” marinha (fotossíntese) e ao transporte dos detritos produzidos pelo fitoplâncton para o oceano profundo. Dessa forma, a bomba biológica possibilita que o  $\text{CO}_2$  seja absorvido da atmosfera. A integração entre os mecanismos da bomba física e a bomba biológica permite que os oceanos moderem os impactos do clima na vida terrestre. Sem a interação entre a atmosfera e o oceano a concentração de  $\text{CO}_2$  na atmosfera seria muito mais elevada que a atual.

Com o aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  na atmosfera, a dissolução desse gás na superfície marinha também aumenta. Desde a industrialização, o oceano vem absorvendo cada vez mais  $\text{CO}_2$ . O acréscimo de  $\text{CO}_2$  na água do mar aumenta as concentrações de  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{H}^+$  e diminui a concentração de  $\text{CO}_3^{2-}$  e, conseqüentemente, o pH, promovendo o processo denominado acidificação. Estimativas indicam uma redução de 0,1 unidade no pH dos oceanos em comparação com valores da era pré-industrial, passando de 8,2 para 8,1, e que até o final do século XXI pode ocorrer uma possível queda de até 0,4 unidades. Portanto, o cenário futuro previsto para os oceanos, mantidos os atuais níveis de

emissão de  $\text{CO}_2$ , é extremamente preocupante, principalmente devido à falta de informações para ampla compreensão de seus efeitos.

Outro dado importante a considerar nesse cenário é que o aumento da acidificação oceânica dependerá da relação entre a quantidade de  $\text{CO}_2$  lançado na atmosfera e o período de tempo ao longo do qual serão feitas essas emissões (ZEEBE *et al.* 2008). Por exemplo, se em um período de 250 anos for emitido 1 trilhão de toneladas de carbono, o pH diminuirá aproximadamente em 0,25 unidade e terá o valor médio igual a  $7.75 \pm 0.3$ . Isso corresponderia a um aumento de 78% na concentração de íons  $\text{H}^+$ .

Se as emissões de  $\text{CO}_2$  para a atmosfera se estabilizassem aos níveis atuais, essa diminuição ocorreria em cerca de 140 anos. Entretanto, o aumento das emissões nos últimos anos tem sugerido cenários mais perturbadores. As projeções indicam que essa acidificação aconteceria nos próximos 50 anos. Nessa trajetória, em alguns séculos, chegaríamos a um valor de pH oceânico menor que em qualquer período dos últimos 300 milhões de anos!

As conseqüências da acidificação dos oceanos nos organismos marinhos dependem de suas características metabólicas e estruturais, níveis de atividade e aspectos do ciclo de vida. Estudos sobre os efeitos da acidificação foram realizados em diversos grupos de organismos marinhos revelando impactos no metabolismo, crescimento e calcificação, expressão gênica, sistema imunológico e estrutura da comunidade, que poderiam produzir efeitos devastadores na cadeia alimentar e nos ecossistemas. Alterações

em funções fisiológicas fundamentais, como respiração e no sistema nervoso, além de mudanças comportamentais, são motivos de grande preocupação para os cientistas (WIDDICOMBE e SPICER, 2008). Os organismos potencialmente mais sensíveis são os que possuem esqueletos calcários (compostos por calcita ou aragonita), já que em pH mais baixo, a produção do esqueleto pode ser severamente comprometida pela dificuldade em se depositar carbonato de cálcio. As estruturas calcárias expostas à água também podem ser dissolvidas, reduzindo a capacidade de sustentação e proteção do organismo. Reduções no crescimento e aumento das taxas de erosão das colônias de corais já são observadas em recifes tropicais em todo o mundo, incluindo a costa brasileira.

Outros animais bentônicos afetados seriam moluscos (ostras, mexilhões, etc.), equinodermos (ouriços e estrelas-do-mar) e crustáceos (camarões, caranguejos, siris, lagostas, etc.), todos de importância fundamental para os ecossistemas costeiros e muitos de interesse comercial. A magnitude dos impactos ambientais e econômicos não pode sequer ser estimada com precisão com o conhecimento disponível no momento. Os corais de profundidade, por exemplo, são berçário para muito organismos de mar profundo e começaram a ser estudados apenas há poucas décadas. Mas, com a

taxa atual de acidificação, é possível que causemos seu desaparecimento antes mesmo de conhecermos integralmente sua importância. Estimativas indicam que 70% desses corais podem ser eliminados até o final do século.

A grande preocupação é que a acidificação ocorre a uma alta velocidade e os organismos demandam tempo para adaptarem-se. Embora as evidências experimentais sobre os efeitos da acidificação dos oceanos sobre os organismos marinhos sejam obtidas a partir de experimentos que, geralmente, alteram de forma abrupta as condições e que não consideram a possibilidade de aclimação ou adaptação dos organismos marinhos em caso de mudança gradual, é importante ressaltar que seja qual for a resposta das diferentes espécies às mudanças causadas pela acidificação, ela vai refletir-se na abundância de suas populações e na estrutura de suas comunidades. Ou seja, é verdade que é possível que, a médio e longo prazos,

ocorra seleção de espécies ou indivíduos mais resistentes a valores de pH mais baixo. Mas, de qualquer forma, os efeitos da acidificação dos oceanos, mesmo que afetando mais diretamente os organismos calcificadores, ampliar-se-iam para toda a vida marinha, na superfície e no oceano profundo, afetando também a capacidade do oceano de sequestrar CO<sub>2</sub> atmosférico.

*Estudos sobre os efeitos da acidificação foram realizados em diversos grupos de organismos marinhos revelando impactos no metabolismo, crescimento e calcificação, expressão gênica, sistema imunológico e estrutura da comunidade, que poderiam produzir efeitos devastadores na cadeia alimentar e nos ecossistemas.*

Nesse contexto, criar oportunidades para que o fenômeno natural de adaptação aconteça é uma das bases das estratégias de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. A criação e a gestão adequada de Áreas Marinhas Protegidas, por exemplo, são formas de possibilitar condições para as populações naturais terem variabilidade genética e garantirem ou ampliarem sua capacidade de adaptação, sem serem largamente afetadas por outros agentes impactantes.

É importante acrescentar, que o aumento da temperatura e a acidificação dos oceanos estão operando sobre ecossistemas que já vêm sendo afetados por impactos das mais variadas formas e magnitudes, como a poluição marinha, os aterros e a sobrepesca, que diminuem sua resiliência, ou seja, a capacidade de um dado ecossistema recuperar-se após ser impactado. Assim, os efeitos sinérgicos dos impactos locais com os globais podem trazer consequências mais

*A criação e a gestão adequada de Áreas Marinhas Protegidas, por exemplo, é uma forma de possibilitar condições para as populações naturais terem variabilidade genética e garantirem ou ampliarem sua capacidade de adaptação.*

drásticas do que as previstas. Neste sentido, é fundamental que ações feitas para reduzir os impactos locais e globais ocorram paralelamente e que os ambientes marinhos sejam monitorados para que se possa entender quais mudanças estão de fato acontecendo e de que forma estão impactando os ecossistemas e a sociedade (ReBentos<sup>5</sup>).

Uma estratégia proposta pela comunidade científica em 2008 é atuar para que as negociações internacionais relacionadas às mudanças climáticas evoluam de modo a considerar o CO<sub>2</sub>, não apenas como um gás do efeito estufa, mas também um ácido poluente, cujas emissões devem ser controladas, para evitar a acidificação dos oceanos.

Apesar dos cenários dramáticos, que já estão impactando vários ecossistemas e que foram projetados por vários estudos, permanece a esperança de que façamos as escolhas certas como indivíduos e como sociedade. 



5 [www.rebentos.org](http://www.rebentos.org): Dentre as iniciativas existentes, pode-se citar a Rede de Monitoramento de Hábitats Bentônicos Costeiros (ReBentos), que pretende estimular a geração de séries temporais de longa duração para o acompanhamento dessas mudanças, visando orientar os tomadores de decisão para a busca da sustentabilidade do ambiente marinho e das atividades humanas que dele dependem.

### Referências Bibliográficas

COOPER, P. Methodological and Ideological Options Socio-ecological accounting: DPSWR, a modified DPSIR framework, and its application to marine ecosystems. **Ecological Economics**, 94: 106–115, 2013.

COSTANZA, R. *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, 387 (6630): 253–260, 1997.

COSTANZA, R. *et al.* Changes in the global value of ecosystem services. **Global Environmental Change**, 26: 152-158, 2014.

HALPERN B. S. *et al.* An index to assess the health and benefits of the global ocean. **Nature**, 488, 615–620, 2012.

MARENGO, J. A. *et al.* Future change of climate in South America in the late twenty-first century: intercomparison of scenarios from three regional climate models. **Climate Dynamics**, 35: 1073–1097, 2010.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends: Findings of the Condition and Trends** Working Group (Millennium Ecosystem Assessment Series). Island Press, 2nd Edition, 948 p., 2005.

MILOSLAVICH, P. *et al.* Marine biodiversity in the Atlantic and Pacific Coasts of South America: knowledge and gaps. **PLoS ONE**, 6, e14631, 2011.

MROSOVSKY, N.; BAPTISTOTTE, C.; GODFREY, M.H. Validation of incubation duration as an index of the sex ratio of hatchling sea turtles. **Canadian Journal of Zoology**, 77, 831-835, 1999.

TURRA, A. *et al.* Global environmental changes: setting priorities for Latin American coastal habitats. **Global Change Biology** (Print), 19(7): 1965-1969, 2013.

WIDDICOMBE, S.; SPICER, J. I. Predicting the impact of ocean acidification on benthic biodiversity: What can animal physiology tell us? **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 366 (1–2): 187–197, 2008.

ZEEBE, R. E *et al.* Carbon emissions and acidification. **Science**, 321: 51-52, 2008.

# Produção e Consumo

PARTE III

## Capítulo 1

# Resíduos sólidos e as mudanças climáticas

Gina Rizpah Besen e Edson Grandisoli



A sociedade do século XXI está vivenciando o aquecimento acelerado do planeta e o desafio de buscar formas de conter e reverter este processo. Este aquecimento é consequência do aumento da emissão de vários gases, conhecidos como gases de efeito estufa (GEEs), na atmosfera do planeta, em especial, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Esta rápida elevação das temperaturas médias no planeta, apontada nos estudos do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), tem relação direta com as mudanças no clima e está comprovadamente relacionada à interferência das ações humanas.

As mudanças do clima vêm causando impactos negativos nos sistemas naturais e atingem a todos, mas principalmente as pessoas mais vulneráveis de baixa renda.

A forma de enfrentar estes impactos depende de transformações profundas nos padrões de produção e de consumo construídos pela nossa sociedade nas últimas décadas. Isto implica em mudar sistemas de produção da indústria e de venda do comércio, mudar as atitudes individuais e coletivas na relação com o ambiente, adotar novo estilo de vida, romper com velhos hábitos de desperdício, valorizar o durável e mudar valores no uso dos recursos naturais e fontes de energia, entre outros. Para tanto, será necessário reduzir o uso insustentável dos recursos naturais, qualificar a **produção**, o **consumo** e o **descarte**, recuperando ao máximo os resíduos e destinando de forma adequada os rejeitos.

De qualquer forma, é importante notar que todos estes são desafios de ordem coletiva e políticos focados nas mudanças de hábitos, quebra de antigos paradigmas e construção de uma nova cultura baseada em novas formas de agir e pensar.

### As cadeias produtivas

**Cadeia Produtiva** é o conjunto de atividades que se articulam progressivamente, desde os insumos básicos até o produto final, incluindo distribuição e comercialização, constituindo-se em segmentos (elos) de uma corrente.

Em todas as etapas das cadeias produtivas, na extração dos recursos naturais, durante o processo produtivo, e após o consumo são

*Cadeia produtiva é uma sucessão de operações de transformação da matéria-prima básica até o produto final ao consumidor. A matéria-prima básica é aquela que dá origem as demais para obtenção do produto final. Por exemplo, a partir do minério de ferro se produz o aço que produz o carro.*

gerados **resíduos** de forma contínua e, muitas vezes, excessiva.

No entanto, a maioria dos bens e produtos são colocados no mercado e seu valor não reflete todo o impacto que causaram durante sua produção. Além disso, não há também a preocupação com o que irá acontecer com eles após o consumo ou o uso. Um exemplo é o caso

dos milhares de aparelhos eletroeletrônicos que a cada dia são produzidos e descartados de forma cada vez mais rápida.

Apesar desse modelo muitas vezes parecer insubstituível, já existem propostas alternativas que vale a pena serem conhecidas. Uma delas se chama do berço ao berço.

### **Do berço ao berço**

*Na natureza, todo resíduo orgânico é aproveitado rapidamente por organismos decompositores, em especial, bactérias e fungos. O processo de decomposição é fundamental, pois garante que nutrientes inorgânicos retornem ao ambiente, onde poderão ser novamente aproveitados pelas plantas, retornando às teias alimentares.*

*A ideia de lixo, enquanto aquilo que não serve para nada, não existe nos ambientes naturais. Tudo é resíduo e pode ser aproveitado e reaproveitado em um ciclo infinito, ou seja, a natureza opera de forma circular.*

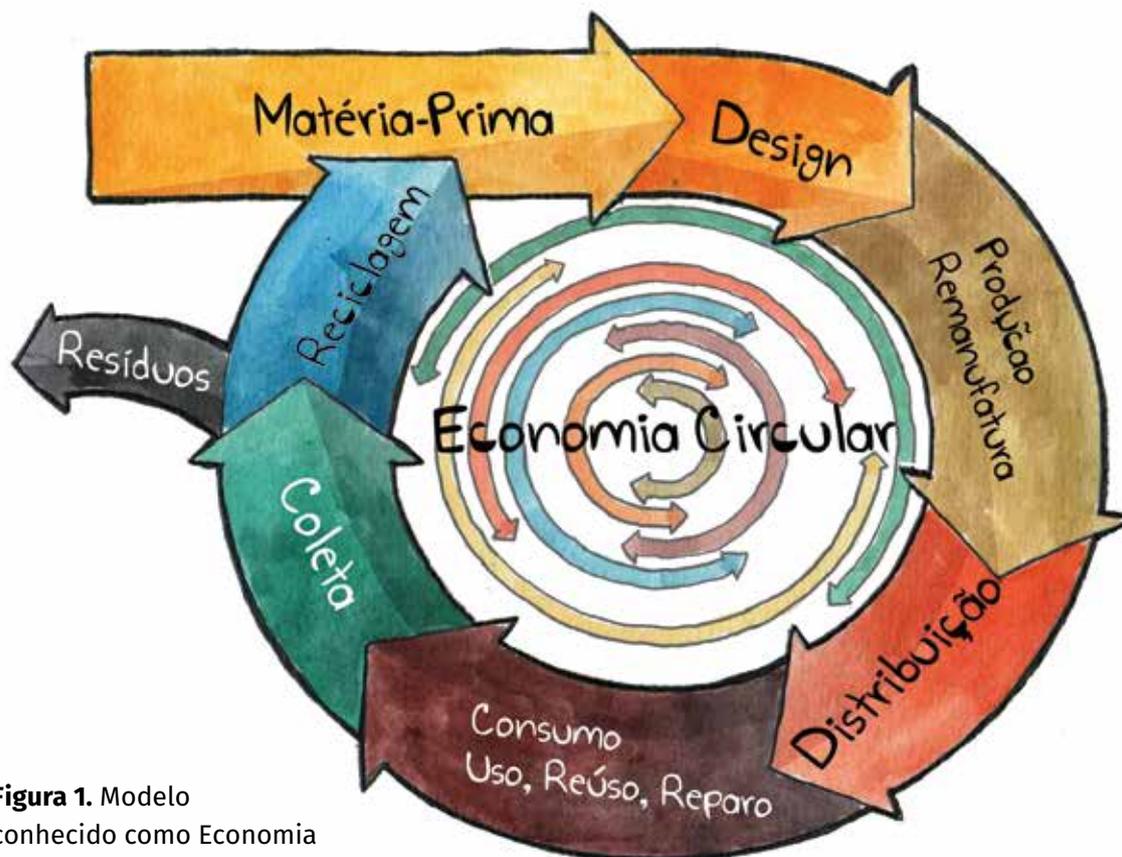
*Por outro lado, a lógica de produção e consumo de bens criada pelo ser humano foge quase que totalmente de uma lógica circular, baseada no aproveitamento e reaproveitamento dos recursos. A produção e consumo de bens seguem uma lógica linear, ou seja, boa parte dos recursos utilizados acaba virando lixo. Além de consumir os recursos de forma predatória, esse modelo linear tem levado ao esgotamento de lixões e aterros sanitários cada vez mais rápido, além de contribuir diretamente com o aumento da quantidade de gases estufa na atmosfera e com a contaminação do solo e os cursos de água, só para citar alguns exemplos.*

*Como forma de repensar esse processo de produção e consumo, poluidor e predatório, o químico alemão Michael Braungart e o arquiteto americano Bill McDonough criaram um modelo chamado “do berço ao berço” (“Cradle to cradle”, em Inglês).*

*De acordo com esse novo modelo, todos os materiais utilizados nos processos industriais e comerciais devem ser de alguma forma recuperados e reaproveitados, como acontece em um sistema natural. Assim, se elimina a ideia de lixo em uma cadeia produtiva e de consumo.*

Nessa nova lógica de uma Economia Circular (**Figura 1**), não há descarte: tudo o que sobra pode e deve ser reutilizado, criando um fluxo de materiais que se transformam e são reincorporados aos processos produtivos e de consumo.

O conceito “Do berço ao berço” pode parecer simples e óbvio, mas os desafios para se mudar os meios de produção atual para padrões sustentáveis são enormes. Não se trata simplesmente de reciclar os materiais, mas de mudar a forma como produzimos, consumimos, descartamos. Isto implica no uso de fontes alternativas de energia – menos emissoras e impactantes –, na escolha do tipo de material utilizado nas linhas de produção, no aproveitamento dos resíduos e também no tratamento da água que retorna ao ambiente após o processo de produção. Assim, é possível conciliar produção, saúde e qualidade ambiental.



**Figura 1.** Modelo conhecido como Economia Circular, no qual as matérias-primas podem ser aproveitadas e reaproveitadas.

Apesar de novos modelos estarem surgindo, a produção de resíduos em escala mundial tem crescido vertiginosamente nas últimas décadas. O que fazer, afinal, com tantos resíduos?

### Consumo sustentável, reciclagem e as mudanças climáticas

Um consumo de qualidade depende das escolhas que fazemos, desde não consumir até consumir bens e produtos de qualidade e duráveis evitando o supérfluo e o desperdício.

Após o consumo de qualquer produto, alimento, ou insumo, e antes do descarte, é possível o máximo aproveitamento, a separação correta para as coletas seletivas (que podem ser nas casas, escolas, empresas e instituições) e o encaminhamento para a reciclagem.

O processo de reciclagem das embalagens após o consumo, por exemplo, reduz a extração de recursos naturais, uso de água, energia e também ajuda na redução da emissão de gases de efeito estufa.

Um estudo do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2010) mostra como é significativa a redução da emissão de gases de efeito estufa com a coleta seletiva e o encaminhamento das embalagens para a reciclagem (**Tabela 1**).

Um consumo de qualidade depende das escolhas que fazemos, desde não consumir até consumir bens e produtos de qualidade e duráveis evitando o supérfluo e o desperdício.

Embora o principal gás de efeito estufa seja o CO<sub>2</sub>, o metano (CH<sub>4</sub>) também é um gás de efeito estufa e contribui 20 vezes mais que o CO<sub>2</sub> para o aquecimento global. O segundo Inventário de Emissões do Brasil mostrou que, em 2010, as emissões de **gás metano** foram estimadas em 18,1 Tg, sendo o Setor de Agropecuária responsável por 70% das emissões totais, seguido pelo Setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas, com 17%, e pelas emissões do Setor de Tratamento de Resíduos, com 10% (BRASIL, 2010).

O manejo de rebanhos é responsável por uma média de 19% das emissões de gás metano (CH<sub>4</sub>), o segundo principal gás causador de efeito estufa, e a queima de biomassa contribui com 8% a 10% das emissões na região da Amazônia brasileira. A estimativa é da bióloga Luana Basso, em pesquisa para o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen), entidade associada à USP.

Tonelada reciclada	Gás de efeito estufa evitado (em toneladas equivalentes de CO <sub>2</sub> )
Aço	1,44
Alumínio	5,08
Celulose-papel	0,27
Plástico	1,53
Vidro	0,25

**Tabela 1.** Fonte: IPEA. Pesquisa sobre pagamento por serviços ambientais urbanos para a gestão de resíduos sólidos, 2010.

*Um importante passo com relação aos resíduos no Brasil foi tomado em 2010 com a aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Ela marca uma nova forma de olhar e tratar nossos resíduos.*

Nos aterros sanitários e lixões, o metano é produzido a partir da decomposição da matéria orgânica sendo que mais da metade das 180.000 toneladas anuais de resíduos coletados no país são constituídos de sobras de alimentos e papel usados. Os resíduos orgânicos podem ser compostados, produzir adubo e biofertilizante, ou gerar energia, e os recicláveis podem retornar à cadeia produtiva, promovendo um círculo virtuoso do berço ao berço.

Para que isto aconteça é necessário tomar decisões, mudar comportamentos, criar estruturas e incentivos e cobrar dos governantes que se faça o mesmo em todas esferas de governo.

Um importante passo com relação aos resíduos no Brasil foi tomado em 2010 com a aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Ela marca uma nova forma de olhar e tratar nossos resíduos.

Entre as principais características da PNRS estão:

- ✓ Não existe mais a palavra lixo e sim resíduos e rejeitos;
- ✓ Instituição da Responsabilidade compartilhada;
- ✓ Rejeitos podem tornar-se resíduos;
- ✓ Erradicação de lixões;
- ✓ Contratação de organizações de catadores de materiais recicláveis na prestação do serviço de coleta seletiva;
- ✓ Disposição apenas de rejeitos em aterros sanitários.

Municípios, empresas e a população tiveram 4 anos desde a aprovação da nova PNRS para se adaptarem às novas regras. Apesar disso, pouco foi efetivamente realizado.

As disposições da PNRS, quando implantadas, terão certamente impacto positivo sobre a emissão de gases de efeito estufa e a contribuição do Brasil para as mudanças climáticas.

Novamente, neste caso, é necessário que governo, população, setor produtivo e de comércio façam sua parte de forma orquestrada, assumindo responsabilidades e adequando-se a novos padrões de desenvolvimento de produtos, descarte adequado e reaproveitamento de materiais. É importante que cada setor e indivíduo faça sua parte. E você? Já está colaborando nesse sentido? 

### Referências Bibliográficas

BASSO, L. S. **Determinação da emissão de metano da bacia amazônica.** Tese de doutorado. IPEN, 2014.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.** – Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. TAMAIO I. **Educação ambiental & Mudanças climáticas: diálogo necessário num mundo em transição.** Parâmetros e diretrizes para a Política Nacional de Educação Ambiental no contexto das Mudanças Climáticas causadas pela ação humana. Serie Educativa. Brasília. DF, 2013.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato20072010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20072010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em: 11 jul. 2013.

BORBA, M. P.; BESEN, G. R.; OTERO P. **Livro de Resíduos Sólidos e atividades Educativas.** 2 edição. Coleção Consumo Sustentável e Ação. São Paulo: 5 Elementos Instituto de Educação e Pesquisa Ambiental, 2012.

BRAUNGART, M. e MCDONOUGH, W. **Cradle to cradle: criar e reciclar ilimitadamente.** São Paulo: Editora Gustavo Gili, 2014.

IPCC **Fifth Assessment Report: Climate Change** 2013 (AR5). [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data.shtml](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data.shtml)

IPCC, 2014: Summary for policymakers. In: **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.** Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.

IPEA. **Pesquisa sobre pagamento por serviços ambientais urbanos para gestão de resíduos sólidos.** Relatório de pesquisa. Diretoria de Estudos e Políticas regionais, urbanas e ambientais (Dirur). Brasília, 2010.

# Riscos e Desastres: Presente e Futuro

PARTE IV

## Capítulo 1

# Eventos extremos de tempo e clima e desastres naturais

Simone Erotildes Teleginski Ferraz,  
Michelle Simões Reboita e Tércio Ambrizzi



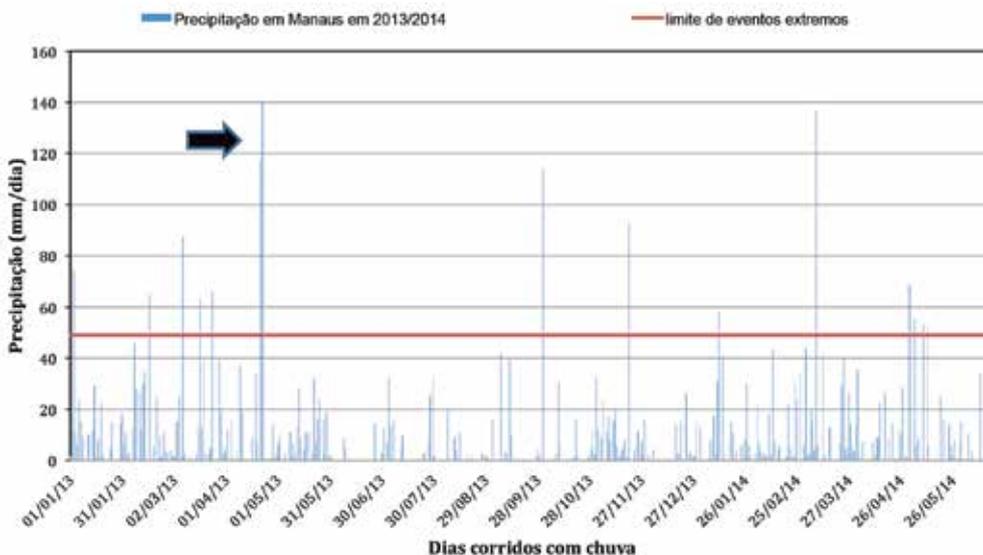
A palavra “extremo”, segundo o dicionário Houaiss de Língua Portuguesa, significa “aquele que se manifesta com alto grau de intensidade, anormal, muito grave”. Em Meteorologia, os extremos estão associados a fenômenos que ocorrem com pouca frequência, mas que, geralmente, causam impactos negativos à sociedade.

Nos últimos anos, temos notado o aumento de diferentes **eventos extremos** relacionados ao **tempo** e ao **clima** em distintas regiões do planeta, o que tem preocupado os cientistas, os governantes e a sociedade civil de maneira geral. Esses eventos podem afetar seriamente a vida de uma grande quantidade de pessoas e é vital conhecer bem seus motivos e consequências, a fim de tomarmos medidas para prevenir e enfrentar essas situações, como vimos na Parte I.

### Eventos extremos de tempo

Em geral, um “evento extremo de **tempo**” é um fenômeno atmosférico que ocorre com pouca frequência. Por exemplo, a ocorrência de 60 mm de chuva no período de um dia é um evento extremo em muitas localidades do Brasil. O conceito de evento extremo torna-se claro na **Figura 1**, que mostra dados diários de chuva, entre 2013 e 2014, observados na estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), na cidade de Manaus.

Ao definirmos um valor para a divisão entre eventos normais e extremos (linha vermelha), todos os dias com chuva superior a esse valor podem ser considerados como extremos. A seta no gráfico, por exemplo, indica um dia particularmente chuvoso em Manaus. Ele ocorreu em abril de 2013, com um acumulado de 257 mm em 2 dias.



**Figura 1.** Dias com chuva na cidade de Manaus nos anos de 2013 e 2014. A linha vermelha representa um valor limite entre eventos normais de chuva e eventos extremos.

O limiar que delimita a ocorrência de extremos (linha vermelha) pode ser obtido por diferentes metodologias. Por exemplo, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2012) sugere o uso do percentil de 95% da série temporal de dados. Para facilitar o entendimento do que é o percentil, imagine 100 dados de totais diários de precipitação dispostos em ordem crescente. O dado que está no percentil 90 é aquele que ocupa a posição 90 na fileira, já um dado que está no percentil 95 é aquele que ocupa a posição 95. Dados que se encontrem acima do percentil 95 indicam um evento extremo de precipitação, correspondendo, portanto, a um valor extremo.

### Eventos extremos de clima

Um “evento extremo **climático**” ocorre devido à sucessão de eventos extremos de tempo. Por exemplo, se no verão de uma determinada localidade ocorrer, durante vários dias consecutivos, eventos extremos chuvosos, a chuva total daquele

*Desastres naturais são a ocorrência de fenômenos naturais que atingem áreas habitadas pelo homem, causando-lhe danos.*

verão será maior do que a média registrada nos outros anos, caracterizando um extremo climático.

Os eventos de extremos climáticos podem ser chuvosos, e causar enchentes; secos, pela falta de chuva, como ocorreu na região Sudeste do Brasil no verão de 2013/2014 (CARDOZO et al., 2014); de temperaturas mais elevadas, conhecidos como ondas de calor, como o que ocorreu no verão de 2014 no Sul e Sudeste do Brasil e de temperaturas mais baixas, conhecidos como ondas de frio, como a que ocorreu no inverno de 2013, causando neve em mais de 80 cidades do Sul do Brasil (**Figura 2**), entre outros.

Os eventos extremos, tanto de tempo quanto de clima, podem ser responsáveis por muitos desastres naturais. O estudo de TOMINAGA (2012) define **desastres naturais** como “a ocorrência de fenômenos naturais que atingem áreas habitadas pelo homem, causando-lhe danos”.

Na sequência, serão mencionados alguns eventos extremos de tempo e



Foto: Erikson M. G. de Oliveira

**Figura 2.** Ocorrência de neve na cidade de São Joaquim (SC) no inverno de 2013.

*O Banco de Dados Internacional de Desastres utiliza pelo menos um dos seguintes critérios objetivos para definição de desastres: 10 ou mais mortes, 100 ou mais pessoas afetadas, declaração de estado de emergência ou pedido de auxílio internacional (GUHA-SAPIR et al., 2013).*

clima que causaram desastres naturais no Brasil nos últimos anos.

### Eventos extremos associados a tornados e ciclones extratropicais

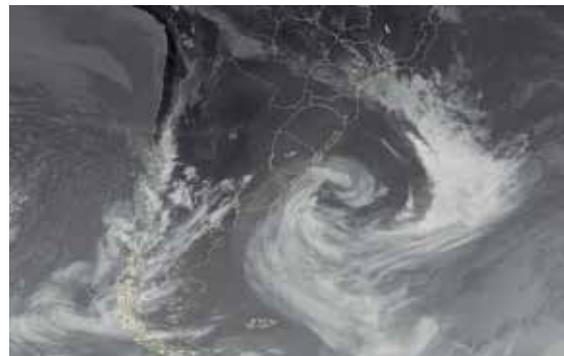
Eventos extremos de ventos fortes e grande quantidade de chuva podem ser ocasionados por **tornados** e **ciclones extratropicais**.

Os **tornados** possuem a forma de um grande funil estendendo-se da base de uma nuvem de tempestade até o solo. O diâmetro dos tornados, em geral, é inferior a 1 km e a intensidade dos ventos produzidos é classificada numa escala variando de F0 (com ventos inferiores a 117 km/h) até F5 (com ventos acima de 420 km/h).

Um exemplo desse fenômeno ocorreu no Município de Tubarão, em Santa Catarina, no dia 18 de fevereiro de 2008. Um tornado de categoria F1, isto é, com ventos de cerca de 150 km/hora, atuou no Município por quase 20 minutos causando o destelhamento de casas e quebra de árvores, como mostra a reportagem do Jornal Nacional publicada em <https://www.youtube.com/watch?v=iu-aGNLS1gg>.

Outro fenômeno atmosférico que pode causar ventos fortes e chuvas são os

**ciclones extratropicais (Figura 3)**. Como eles possuem grandes dimensões (diâmetro, em média, de 3.000 km), só são observados por meio de imagens de satélite, ao contrário de um tornado que pode ser visualizado pelos habitantes da região atingida. O nome extratropical aparece em função desses ciclones ocorrerem em latitudes mais distantes dos trópicos. Os ciclones extratropicais alteram o tempo das regiões onde atuam gerando ventos fortes, mudanças na temperatura e chuva.

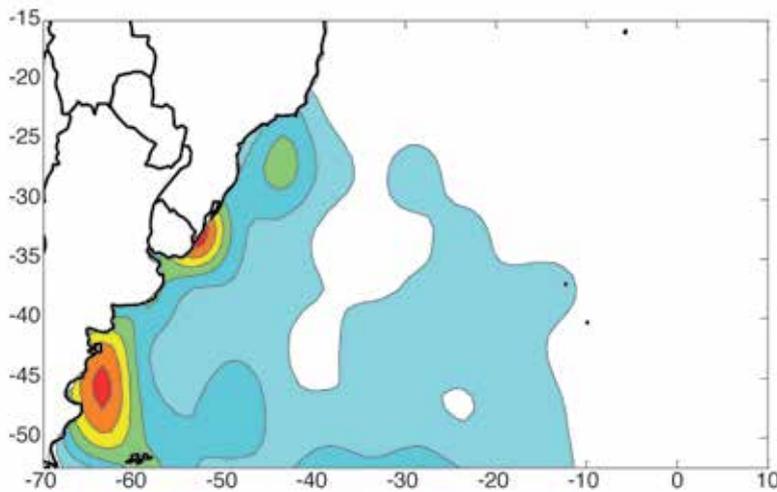


**Figura 3.** Exemplo de um ciclone extratropical ocorrido no oceano Atlântico Sudoeste em 30 de junho de 2009.

Fonte: CPTEC-INPE.

De acordo com REBOITA et al. (2010), a costa Leste da América do Sul possui três regiões favoráveis ao desenvolvimento de ciclones extratropicais: (1) a costa Sul/Sudeste do Brasil, (2) o extremo Sul do Rio Grande do Sul e Uruguai e (3) o Sudeste da Argentina (**Figura 4**).

Se quiser saber mais sobre  
tornados veja o vídeo:  
[http://iptv.usp.br/portal/video.  
action?idItem=3737](http://iptv.usp.br/portal/video.action?idItem=3737)



**Figura 4.** Localização das regiões propícias à formação de ciclones extratropicais na costa Leste da América do Sul.

Adaptado de REBOITA *et al.* (2010).

Eventos extremos chuvosos são causados por fenômenos atmosféricos como tornados, ciclones extratropicais, frentes frias, tempestades severas, entre outros.

Portanto, é de se esperar que esses sistemas causem eventos extremos ao longo do leste do continente sul-americano.

Um caso documentado de ciclone extratropical foi o que ocorreu no litoral do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (**Figura 5**) na primeira semana de maio de 2008 (REBOITA *et al.*, 2009). Esse sistema causou muitos prejuízos econômicos devido à queda de árvores, alagamentos e desabamentos.

### Eventos extremos chuvosos

Eventos extremos chuvosos são causados por fenômenos atmosféricos como tornados, ciclones extratropicais, frentes frias, tempestades severas, entre outros. Na região Sudeste do Brasil é comum no verão a ocorrência de tempestades severas e muitas delas contribuem para eventos extremos.

Vale salientar que as chuvas intensas também colaboram para a elevação do nível de água dos rios. A **Figura 6** mostra que, com a ocorrência de chuvas intensas, o nível de um rio pode sair da

situação normal, passar pelo nível de enchente, quando o nível do rio não ultrapassa a cota máxima, e chegar ao nível de inundação, quando a água excede ao nível do rio (AMARAL E GUTJAHR, 2012), afetando, muitas vezes, moradias que são construídas próximas a ele.



**Figura 5.** Imagem do satélite GOES-10, no dia 5 de maio de 2008, às 9 horas local, mostrando nebulosidade (banda de nuvens com forma de vírgula) associada a um ciclone.

Fonte: [http://satellite.cptec.inpe.br/repositorio6/goes10/web/ams\\_col\\_baixa/2008/05/S11615726\\_200805051200.jpg](http://satellite.cptec.inpe.br/repositorio6/goes10/web/ams_col_baixa/2008/05/S11615726_200805051200.jpg)



**Figura 6.** Representação esquemática de enchente e inundação.

Fonte: Baseado em AMARAL e GUTJAHR (2012).

Um exemplo de inundação foi a que ocorreu em junho de 2014 na cidade de Blumenau, Santa Catarina, como pode ser observado na **Figura 7**.

É importante lembrar que, segundo o novo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651 e suas alterações), algumas áreas chamadas APPS são protegidas. Nessas áreas só é possível o desmatamento total ou parcial da vegetação com autorização do governo federal e, mesmo assim, quando for para a execução



Foto: Gustavo Frasson Verardo

**Figura 7.** Inundação na cidade de Blumenau em junho de 2014. O rio atingiu 10 metros acima do nível normal. Neste evento 100 ruas foram alagadas em Blumenau.

de atividades de utilidade pública ou de interesse social.

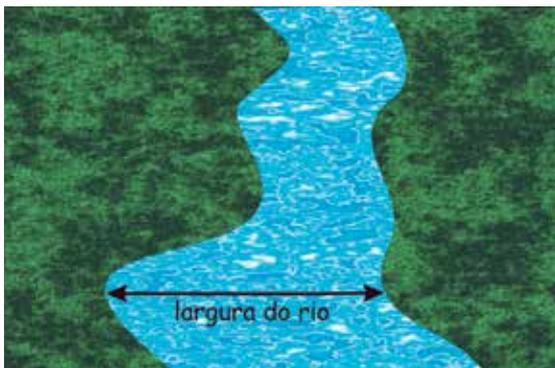
*Com a ocorrência de chuvas intensas, o nível de um rio pode sair da situação normal, ocasionando enchentes e inundações.*

*“A chuva forte que desabou na Ilha Grande na noite de 31 de dezembro de 2009 impediu a queima de fogos na Pousada Sankay, na Praia do Bananal, mas não estragou a festa de réveillon... Às 3h40m do dia 1º de janeiro de 2010, a encosta atrás do hotel desabou. Toneladas de terra e pedras soterraram as instalações, matando 31 pessoas. Sete casas nas vizinhanças também sumiram no deslizamento. No continente, a chuva fez mais estragos. Parte do Morro da Carioca, no centro de Angra dos Reis, veio abaixo. Outras 22 pessoas morreram. Nos dois últimos dias de 2009, 220 bilhões de litros de água caíram na região, um volume que daria para encher 116 mil piscinas olímpicas. A chuva do réveillon encontrou um território já encharcado e o resultado foi uma sequência de deslizamentos. Somente na Rio-Santos, 64 encostas desabaram, interditando a rodovia.”*

Fonte: Acervo do Jornal O Globo, consultado em: <http://acervo.oglobo.globo.com/rio-de-historias/na-virada-do-ano-temporal-cao-53-mortes-em-angra-dos-reis-9244851>

*Artigo 3º da Lei 12.651/2012: “Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.”*

O tamanho da APP varia de acordo com a largura do rio, conforme ilustrado na **Figura 8**.



Largura (em metros)	Tamanho da APP (em metros)
10	30
10 a 50	50
50 a 200	100
200 a 600	200

**Figura 8.** Tamanho das APPs segundo o Código Florestal Brasileiro. Baseado no artigo 4º da Lei 12651/2012.

Outro problema com chuvas fortes e/ou duradouras são os alagamentos das cidades em virtude da cobertura superficial por concreto que impede a entrada (infiltração) da água no solo. Na cidade

de São Paulo, esse é um problema bastante comum e gera muitos transtornos no trânsito. Estes episódios aparecem com frequência nos jornais da cidade de São Paulo, particularmente no verão, quando temos grandes volumes de água durante as chuvas e o escoamento pelas “bocas de lobo” fica comprometido devido ao seu pequeno tamanho e também a entupimentos em função de lixo jogado nas ruas.

### Eventos extremos secos

Muitas vezes, distúrbios na atmosfera em escala global podem afetar os sistemas atmosféricos descritos anteriormente como os ciclones extratropicais, frentes frias e tempestades severas, podendo ocasionar períodos secos ou muito úmidos.

De acordo com várias fontes literárias ou da mídia, o Rio Grande do Sul, no verão de 2012, teve a seca mais severa dos últimos 60 anos. Este período de estiagem também foi documentado por SOUSA JÚNIOR *et al.* (2012) e REBOITA e KRUSCHE (2013). Períodos de secas causam muitos prejuízos econômicos tanto para o setor agrícola quanto para o abastecimento de reservatórios e geração de energia elétrica.

No verão de 2013/2014, as chuvas foram bem abaixo do esperado no Estado de São Paulo e, desta forma, afetaram o abastecimento de água para a população e também os reservatórios hidrelétricos da região.

### Eventos extremos e as mudanças climáticas

Pesquisas recentes publicadas no IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate*

*Change. Climate Change 2013: The Physical Science Basis*) vêm alertando que a atmosfera está aquecendo. Estes estudos apontam que o aumento da temperatura do ar pode estar relacionado ao aumento de Gases de Efeito Estufa como o Dióxido de Carbono – CO<sub>2</sub> e outros (veja o Relatório do IPCC para mais informações) e, desta forma, ocasionando uma mudança no clima. Sendo assim, várias publicações na literatura vêm mostrando que as mudanças climáticas têm afetado a frequência e a intensidade de eventos extremos meteorológicos e climáticos em algumas regiões de globo, onde alguns dos eventos já citados aqui, podem tornar-se cada vez mais intensos e corriqueiros. É dever do cidadão, dos governantes, enfim, de todos nós, buscarmos maneiras de melhor nos adaptarmos a estas mudanças, evitando que elas afetem de maneira tão destrutiva a sociedade como um todo. ☁



### Referências Bibliográficas

AMARAL, R.; GUTJAHR, M. R. **Cadernos de Educação Ambiental (nº 8): Desastres Naturais**. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Geológico, 2012.

CARDOZO, A. B. *et al.* Padrão Sinótico da Atmosfera na América do Sul e Adjacências nos Verões de 2013 e 2014. In: **1º Seminário de Recursos Naturais da Unifei**, jun. 2014.

CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Presidência da República do Brasil.

GUHA-SAPIR, D.; HOYOIS, P.; BELOW R. **Annual Disaster Statistical Review 2012: The numbers and trends**. Université Catholique de Louvain, 2013.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). **Working Group I: The Scientific Basis**, 2012 Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/518.htm>>. Acesso em: 01 jun. 2014.

REBOITA, M. S. *et al.* Análise de um Ciclone Semi-Estacionária Costa Sul do Brasil Associado a Bloqueio Atmosférico. **Revista Brasileira de Meteorologia** (Impresso), 24, 407-422, 2009.

REBOITA, M. S. *et al.* South Atlantic Ocean Cyclogenesis Climatology Simulated by Regional Climate Model (RegCM3). **Climate Dynamics**, 35, 10.1007/s00382-009-0668-7, 1331-1347, 2010.

REBOITA, M. S.; N.KRUSCHE. Teleconnection Patterns related to Dry Years in the Extreme South of Brazil. In: **UNCCD 2nd Scientific Conference**, 2013, Bonn. UNCCD 2nd Scientific Conference.

SOUSA JÚNIOR, M. A. *et al.* Estiagem na Região Sul do Brasil-Characterização por Meio de Imagens EVI/MODIS. In: **Congresso Brasileiro sobre Desastres Naturais**, 14 a 17 de maio de 2012, Rio Claro, SP, 2012.

TOMINAGA, L. K. Desastres Naturais: Por que ocorrem? In: **Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir**. Orgs. L. K. Tominaga, J. Santoro, R. do Amaral. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Geológico, 2012.

### Sites visitados:

<http://acervo.oglobo.globo.com/rio-de-historias/na-virada-do-ano-temporal-causa-53-mortes-em-angra-dos-reis-9244851>

<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2014-03/chuva-forte-causa-alagamentos-em-sao-paulo-e-dificulta-o-transito>

<http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2013/01/mare-sobe-e-pode-causar-novos-alagamentos-em-angra-dos-reis-rj.html>

<http://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2012-05-30/apos-maior-seca-dos-ultimos-60-anos-rio-grande-do-sul-tem-previsao-de-chuva-nos-proximos-dias>

<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/1209901-angra-tem-em-3-dias-mais-chuva-que-todo-mes-de-janeiro-de-2012.shtml>

<http://www.vvale.com.br/geral/especial-populacao-revive-dores-da-enchente/>

## Capítulo 2

# Mudanças climáticas e impactos na saúde

Leandro Luiz Giatti, Renata Ferraz de Toledo e  
Fabio Luiz Teixeira Gonçalves



As consequências das mudanças climáticas globais para a saúde das populações humanas podem ocorrer de diversas maneiras, sejam elas por meio de **efeitos diretos** ou **efeitos indiretos**.

Por exemplo, quando ocorrem **ondas de calor** que elevam os níveis de mortalidade ou quando há inúmeras vítimas de **enchentes** – ambas associadas à variabilidade climática – temos claramente a constatação de efeitos diretos sobre as populações. Quando a elevação da temperatura média anual e da pluviosidade, em diferentes regiões, favorecem a proliferação de **mosquitos transmissores de doenças** ou quando a variabilidade climática afeta a produção agrícola gerando casos de **subnutrição** de determinadas populações, temos efeitos indiretos.

É importante ressaltar que a forma como as populações são afetadas pelas mudanças do clima dependem do seu grau de **vulnerabilidade**, conceito já trabalhado na Parte 1 desta publicação. Recordando, a vulnerabilidade pode ser compreendida como a forma como determinados grupos populacionais podem estar expostos aos riscos, de maneira condicionada por fatores ambientais, sociais e culturais. A vulnerabilidade também pode caracterizar-se de modo diferenciado nos territórios, como em uma determinada cidade ou país, ou ao longo do tempo, em que os efeitos indiretos das mudanças climáticas podem combinar-se, oferecendo maiores riscos às pessoas.

Uma população é vulnerável quando estiver exposta aos efeitos de determinados riscos sem a possibilidade de **mitigá-los**, ou seja, de reduzir suas consequências. Essa impossibilidade pode ter origem sociocultural (populações que não tem acesso às informações ou excluídas de processos educacionais, mobilizadores), econômica (populações que não possuem o suporte financeiro para eventuais mudanças), geográfica (populações que possuem limitações físicas/geográficas para mudanças) e até mesmo fisiológica (grupos que, por determinadas características físicas, podem sofrer um maior impacto quando sujeitos às mudanças), sendo que, muito comumente, um fator está relacionado ao outro.

*A vulnerabilidade pode ser compreendida como a forma como determinados grupos populacionais podem estar expostos aos riscos, de maneira condicionada por fatores ambientais, sociais e culturais.*

### Vulnerabilidade, mudanças climáticas e saúde

Para entender a vulnerabilidade podemos pensar em alguns exemplos:

1. Os moradores de uma favela que se desenvolveu em uma cidade em área de alta declividade são mais vulneráveis ao risco de

um deslizamento de terra, que pode ocorrer por causa de uma chuva intensa, acarretando um desastre com efeitos diretos à saúde, como fraturas, asfixia, parada respiratória, entre outros, além da possibilidade de óbito;

2. Idosos são mais suscetíveis aos efeitos de ondas de calor;
3. Populações de países em situação de guerra em que há grande quantidade de refugiados vivendo em condições precárias podem ser mais vulneráveis às epidemias causadas por doenças sensíveis ao clima, ou seja, doenças cuja disseminação pode ser influenciada por condições climáticas.

A vulnerabilidade, portanto, é uma condição em que se elevam os riscos aos efeitos das mudanças climáticas sobre a saúde das populações. A vulnerabilidade é chave para o desencadeamento das piores consequências do clima sobre a saúde, seja na forma de efeitos diretos, como por meio de efeitos indiretos. Há combinações de fatores de grande importância para se configurarem quadros de elevada vulnerabilidade: pobreza, exclusão social, ocupação de áreas de

A vulnerabilidade é chave para o desencadeamento das piores consequências do clima sobre a saúde, seja na forma de efeitos diretos, como por meio de efeitos indiretos.

risco, rápida urbanização com profundas desigualdades sociais.

Podemos, desse modo, constatar que a vulnerabilidade é um traço marcante dos países em desenvolvimento como o Brasil.

Porém, a vulnerabilidade não ocorre apenas em

países em desenvolvimento ou entre populações profundamente marcadas pela pobreza e exclusão social. Por exemplo, o furacão Katrina afetou mais de 500 mil pessoas, deixando 1.600 mortos além de mais de 1.000 desaparecidas em New Orleans nos Estados Unidos, em 2005. Em 2003, uma onda de calor matou mais de 70.000 pessoas na Europa, sendo que quase 15.000 das mortes ocorreram apenas na França. Essas e outras situações mostram como diferentes formas de vulnerabilidade também podem elevar os riscos de consequências das mudanças climáticas em países desenvolvidos da Europa e dos Estados Unidos.

#### Em resumo:

*As condições climáticas podem afetar a saúde humana por efeitos diretos ou indiretos. Mas a vulnerabilidade é um elemento chave que condiciona a forma como grupos populacionais encontram-se sobre maior risco de sofrerem essas consequências, isso pode constituir-se por conta de fatores ambientais, sociais, culturais e em distintas maneiras no território e ao longo do tempo.*

De um modo amplo, considera-se que as mudanças climáticas globais não trarão novos problemas à saúde, na verdade o que pode ocorrer é a amplificação de problemas já existentes, ou seja, o agravamento destes, especialmente em correspondência com os quadros de elevada vulnerabilidade. A

variabilidade climática e a maior frequência e intensidade de eventos climáticos extremos (tema trabalhado no capítulo anterior), como chuvas muito intensas, tempestades, inundações e secas prolongadas, podem, portanto, piorar os problemas de saúde que já são enfrentados por grandes parcelas de populações ao redor do planeta.

### Efeitos da variabilidade do clima sobre a saúde

Mas vamos categorizar um pouco melhor as possibilidades das mudanças climáticas relacionarem-se com a saúde. Primeiramente, enquanto efeito evidentemente direto, a elevação da temperatura em períodos prolongados acarreta uma redução na eficiência termorregulatória nos seres humanos, de forma que os mecanismos associados a este processo respondem de forma mais lenta e menos eficaz às condições ambientais externas. Sendo assim, situações termicamente estressantes (caracterizadas por temperaturas muito elevadas ou muito baixas), normalmente afetam mais pessoas idosas do que jovens. Esse mecanismo de perda da eficiência termorregulatória está relacionado ao grande número de idosos que vão a óbito nas ocorrências de ondas de calor, como na Europa em 2003.

Mas a condição de vulnerabilidade aos efeitos das elevadas temperaturas vai além da questão dos idosos. Os grandes centros urbanos tendem a formar ilhas de calor, que são áreas frequentemente centrais em que, por condição de excesso

*A variabilidade climática e a maior frequência e intensidade de eventos climáticos extremos podem piorar os problemas de saúde que já são enfrentados por grandes parcelas de populações ao redor do planeta.*

de pavimentação e de concentração de edificações com pouca presença de áreas verdes, apresentam maiores temperaturas do que no restante do espaço urbano. Além de haver essas áreas com tendência a maior aquecimento, também a poluição atmosférica dos grandes centros urbanos, resultante das emissões dos veículos, constitui

outro fator de estresse que se associa negativamente ao calor, elevando os riscos de consequências à saúde.

As doenças infecciosas representam também uma importante categoria de efeitos das mudanças climáticas à saúde. Tratam-se de doenças causadas por agentes biológicos, como vírus e bactérias. Por exemplo, elevadas temperaturas associadas a aumento de pluviosidade pode contribuir para a proliferação de mosquitos transmissores de doenças como malária e dengue. Isso pode interferir diretamente na ocorrência de epidemias dessas doenças com elevados números de casos e elevada mortalidade. Além disso, a variabilidade climática pode fazer com que doenças como dengue e malária venham a ocorrer em regiões onde não ocorriam antes por estarem “protegidas” por condições climáticas mais amenas.

*Os grandes centros urbanos tendem a formar ilhas de calor, que são áreas frequentemente centrais em que, por condição de excesso de pavimentação e de concentração de edificações com pouca presença de áreas verdes, apresentam maiores temperaturas do que no restante do espaço urbano.*

O cólera e outras doenças diarreicas, que podem acarretar quadros críticos de saúde são passíveis de ocorrer na forma de surtos e epidemias sobre populações que tenham sofrido algum desastre como deslizamentos de terras e inundações. O colapso nos sistemas de abastecimento de água e de esgotos em decorrência desses desastres, assim como a consequência de grupos populacionais desabrigados incide em um contexto de elevada vulnerabilidade a essas doenças. Mesmo não havendo condições de desastres, fatores climáticos, como calor e umidade, podem favorecer a transmissão de doenças diarreicas de origem hídrica.

A elevação da temperatura associada a quadro de baixa umidade pode favorecer a disseminação de meningite meningocócica, um grave problema de saúde pública no continente africano.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), ao redor do mundo as doenças sensíveis ao clima representam um sério quadro de prejuízos: as doenças diarreicas matam mais de 2 milhões de pessoas anualmente; a malária, mata quase um milhão ao ano; a meningite mata milhares de pessoas ao ano, causa incapacidades e prejuízos econômicos; e a dengue afeta cerca de 50 milhões de pessoas a cada ano ao redor do mundo.

### Buscando soluções para os desafios do clima e saúde

Os desastres climáticos e suas consequências são uma categoria de eventos que afetam inúmeros contingentes populacionais todos os anos. A OMS afirma que, em 2011, 332 desastres naturais foram registrados em 101 países, causando mais de 30.770 mortes e afetando mais de 244 milhões de pessoas. De fato, as estatísticas de que dispomos para medir as consequências desses desastres não são suficientes, pois não há registros devidamente detalhados para indicar o quanto milhões de pessoas sofrem de sequelas, doenças e incapacidades de longo prazo geradas nesses eventos. Do mesmo modo, não há registros para os traumas emocionais gerados e as consequências dessas circunstâncias.

Quanto à vulnerabilidade a desastres, considera-se que nos últimos 30 anos a proporção de população mundial vivendo em locais sujeitos às inundações elevou-se em 114%. No mesmo período a proporção de habitantes vivendo em áreas sujeitas a ciclones cresceu 192%. Essa característica de elevação da vulnerabilidade, muitas vezes associada ao crescimento populacional e à urbanização, sem o devido planejamento, constitui um quadro em que as

#### Em resumo:

*Algumas doenças infecciosas são sensíveis ao clima, dentre elas destacam-se malária, dengue, meningite meningocócica e as doenças diarreicas de origem hídrica. Estas doenças afetam milhões de pessoas mundialmente todos os anos e a ocorrência das mesmas pode intensificar-se com as mudanças climáticas globais.*

consequências das mudanças climáticas na saúde humana sobrepõem-se.

Mas como buscar alternativas para a redução da vulnerabilidade às mudanças climáticas e suas consequências? Políticas públicas que sejam capazes de focar conjuntamente medidas de mitigação e adaptação podem representar importantes ganhos para toda a sociedade, reduzindo os riscos à saúde. Por exemplo, uma cidade adota um modelo de mitigação a partir da redução da emissão de gases de efeito estufa priorizando o transporte coletivo, controlan-

do a eficiência dos veículos automotores, oferecendo ciclovias como meio de transporte e aumentando a oferta de áreas verdes.

Junto a tudo isso, ocorre a possibilidade de reduzir-se a emissão de gases de efeito estufa ao mesmo tempo em que se reduz a poluição atmosférica, melhorando o microclima com a oferta de verde urbano e reduzindo a vulnerabilidade aos efeitos diretos do aquecimento no meio urbano. Essa é uma condição que permite avançar em um contexto de adaptação urbana aos efeitos das mudanças climáticas. ☁



#### Referência Bibliográfica

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Atlas of health and climate.** Geneva: WHO, WMO; 2012. Available from: [http://www.wmo.int/ebooks/WHO/Atlas\\_EN\\_web.pdf](http://www.wmo.int/ebooks/WHO/Atlas_EN_web.pdf).

# Sociedade, Respostas Inovadoras e Protagonismo

PARTE V

## Capítulo 1

# A divulgação da ciência na era digital

Ana Paula Freire





Estamos vivendo a era da “sociedade em rede”, caracterizada por tecnologias avançadas que viabilizam uma conectividade permanente. Nessa estrutura de sociedade, a comunicação móvel interfere no cotidiano, nas relações interpessoais e na conexão direta entre usuários e serviços. Segundo Castells (2007), os intercâmbios constantes de textos, sons e imagens são a base dessa comunicação, na medida em que estendem a lógica da rede a práticas sociais e múltiplos campos de atividades. Significa dizer que, nessa lógica, vários pontos estão interligados entre si, sem sujeição a centros fixos; ao contrário, estão em todos os lugares e contextos.

No curto espaço de tempo desde o surgimento da Internet até hoje, tem-se buscado formas diferenciadas de lidar com o novo cenário de uma cultura mediada pelas tecnologias de informação. Nessa perspectiva, faz-se necessária a adequação de instituições e práticas à nova ordem digital. Todavia, se, por um lado, essa nova ordem pode estimular interações globais para a construção de uma cidadania responsável, por outro, pulveriza informações nem sempre confiáveis. O campo científico, em particular, é um dos mais sensíveis – para o bem e para o mal – na era da cibercultura.

Em outras palavras, não é possível mais ignorar o impacto das tecnologias de informação à vida humana, muito menos à vida em sociedade. A grande questão é que o mundo digital prioriza a liquidez, a rapidez e a simplificação dos conteúdos informativos, já o método científico pressupõe rigor no tratamento das informações, considerável nível de detalhamento e, na maioria das vezes, um tempo que não acompanha a fluidez do lastro revolucionário da Internet. Onde, então, o conhecimento científico situa-se nesse ambiente *just-in-time on-line* que orienta a conexão entre as pessoas em escala global?

A grande questão é que o mundo digital prioriza a liquidez, a rapidez e a simplificação dos conteúdos informativos.

### Divulgação científica e o papel das redes

Falar de ciência para o público leigo já não é tarefa fácil. E torna-se ainda mais difícil quando o ambiente é pulverizado. Para muitos estudiosos da comunicação, o conceito de interação parece ser chave. Entretanto, essa interação não se revela somente no sentido restrito de interlocução (entre pessoas), mas em uma perspectiva da ciência integrar-se ao próprio meio, de modo a expor o seu caráter público.

No mundo virtual, o controle sobre como a informação (científica) circula é e provavelmente sempre será limitado, como de resto com tudo o que circula nas redes. Mas é preciso compromisso e engajamento das fontes – no caso, os cientistas –, e, em grande medida, de jornalistas e demais divulgadores de ciência, de modo a garantir minimamente conteúdos confiáveis.

Assim como as inter-relações, a ciência também vive um momento de reconfiguração. O cientista passa a ter um papel essencial na divulgação de suas pesquisas que, afinal, envolvem recursos públicos. Ou seja, a divulgação da ciência, nas mais variadas esferas, acompanha esse momento de virada da sociedade em rede, e a própria ciência deixa de ser um *locus* privilegiado que tem como objetivo apenas “ensinar” ou “transmitir resultados”, passando, agora, a mobilizar e engajar o cidadão.

Por sua vez, a natureza da pesquisa ampliou-se, e hoje há muitos estudos com vertente no empreendedorismo nas instituições de pesquisa, em diferentes áreas do conhecimento.

### Redes e as mudanças climáticas globais

A reconfiguração no modo da sociedade relacionar-se, cada vez mais conectada, impõe senso de oportunidade para quem pretende difundir suas ideias. Na ciência, não poderia ser diferente. Uma das questões científicas de maior importância na atualidade e com grande repercussão no âmbito da própria

*A própria ciência deixa de ser um locus privilegiado que tem como objetivo apenas “ensinar” ou “transmitir resultados”, passando, agora, a mobilizar e engajar o cidadão.*

comunidade científica e dela para a sociedade é a das mudanças climáticas globais. Na última década, a preocupação com o clima do planeta passou a fazer parte do cotidiano das pessoas,

seja pela mídia, seja por campanhas institucionais ou governamentais.

É compreensível o grande interesse, por exemplo, da nossa mídia, afinal, na última década, o Brasil definitivamente consolidou um papel de liderança no cenário internacional, no âmbito das políticas econômicas e ambientais para as mudanças climáticas. A ciência do clima avançou muito em nível global, e vale ressaltar que também nesse aspecto o nosso país protagoniza relevantes resultados científicos, com importantes repercussões na esfera política e nas práticas sociais.

Não é por acaso que, diariamente, ouve-se falar na TV, nas rádios e nos jornais que a temperatura da Terra está aumentando e que as consequências disso para a vida do planeta não serão nada agradáveis. Não existe mais dúvidas, por parte dos cientistas, de que o clima do nosso planeta já está mudando, e que somos os principais responsáveis por essas alterações. O problema é que, via de regra, a mídia tradicional divulga informações científicas de maneira espetacularizada ou sensacionalista. Exemplo disso foi a cobertura do Quarto Relatório de Avaliação (AR-4), do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, da sigla em inglês), divulgado em 03 de fevereiro de 2007.

Nesse documento, o IPCC afirma, “com mais de 90% de confiança”, que a responsabilidade humana no aquecimento global em curso é “inequívoca”. Mas o que o IPCC apontou como “inequívoco”, a mídia divulgou como “irreversível”. Observou-se, nessa cobertura, um movimento interpretativo sem precedentes no jornalismo sobre ciência e meio ambiente. A mídia brasileira não se limitou a repercutir os dados tais quais foram divulgados pelo Painel da ONU. Em vez disso, “previu” um cenário “catastrófico” para o futuro da Terra. As matérias foram ilustradas com fotos ou infográficos mostrando destruição por catástrofes naturais, o planeta queimando, o mar invadindo cidades, etc., conforme mostram as figuras abaixo.

### Mobilizar para legitimar

Não há outra maneira senão pela mídia (e aqui não falamos apenas da mídia tra-

*Muitas vezes a mídia tradicional divulga informações científicas de maneira espetacularizada ou sensacionalista.*

dicional) de mobilizar diferentes segmentos da sociedade e diversas nações para enfrentar as mudanças climáticas globais. Parece

haver um consenso de que é premente debater e adotar um conjunto de medidas com vistas a mitigar o aquecimento do planeta. A dificuldade está em como fazer isso. É uma questão complexa, pois envolve mudar culturas, entendendo-se cultura de forma bem ampla, abrangendo todos os hábitos culturais. Mas, para envolver o cidadão comum, no seu dia a dia, com pequenas ações, a ciência precisa chegar a todos. Essa interlocução com a sociedade, entretanto, carece de engajamento de todas as partes envolvidas.

Seja como for, a divulgação da ciência é estratégica e fundamental na perspectiva de contribuir para melhor compreensão da importância do conhecimento científico e tecnológico por parte da população em geral. Nesse contexto, as redes



**Figura 1.** Imagens jornais

Créditos: Reprodução da Capa dos jornais *Folha de S. Paulo* e *O Globo*, de 03 de fevereiro de 2007. Página dupla do *Jornal do Brasil*, de 04 de março de 2007.

sociais, por exemplo, são um meio atrativo e fértil para debates e para chamar a sociedade à responsabilidade. Daí porque a necessidade de mais e melhor qualidade das informações sobre ciência, seus progressos e seus riscos. Trata-se de uma responsabilidade social.

Obviamente, defender o uso das redes como coadjuvante no processo de divulgação da ciência não significa minimizar o papel dos ambientes formais e não formais, como a escola, os centros de pesquisa, etc. Apenas entendemos que, com o mundo conectado, o “movimento” da informação científica não tem limites, nem no âmbito espacial, nem na qualidade do que é veiculado. Nessa perspectiva, as redes sociais cumprem o papel de servir não apenas como meio, mas, também, como fonte de informações.

O campo científico, em geral, e o das mudanças climáticas globais, em particular, não podem abrir mão desse canal. Porque as redes sociais possibilitam alcançar a população de forma mais abrangente e, em certo sentido, mais democrática. Estamos falando de um fenômeno comunicacional que, se bem

Parece haver um consenso de que é premente debater e adotar um conjunto de medidas com vistas a mitigar o aquecimento do planeta. A dificuldade está em como fazer isso.

aproveitado, é capaz de promover novas percepções e práticas sociais, podendo formar cidadãos cada vez mais críticos preocupados com as decisões da sociedade.

À medida que a ciência é cada vez mais demandada a alcançar todos os públicos, esses também são chamados a desenvolver letramento científico para localizarem-se como *sujeito* do mundo da informação. Convém salientar que são muitos os benefícios dessa articulação pelas redes. Para a ciência, é importante porque quanto o maior conhecimento, maior o reconhecimento; para os indivíduos, porque saber sobre o que lhe afeta aumenta o seu empoderamento; por fim, para a governança, porque a opinião pública convencida justifica os investimentos (benefício socioeconômico) e outras medidas em geral (legislação, metas, etc.). Ganham a democracia e a sociedade como um todo.

Quanto mais conhece-se sobre as mudanças climáticas globais e outros temas ligados à vida de todos, maior será a possibilidade de acordos globais para minimizar impactos e promover o desenvolvimento sustentável. 

### Referência Bibliográfica

CASTELLS, Manuel. **A sociedade em rede**. São Paulo: Paz e Terra, 1999. v. 1.

FREIRE, A. P. **O futuro da terra: discursos inconvenientes**. 2013. 313 f. Tese (Doutorado em Linguística) – Instituto de Estudos da Linguagem (IEL) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP. 2013.

## Capítulo 2

# Apoio ao ensino – métodos e ferramentas de aprendizagem social

Edson Grandisoli, Renata Ferraz de Toledo e  
Roberta de Assis Maia



Toda a amplitude e transversalidade do tema das mudanças climáticas globais, muitas vezes, dificulta a realização de um recorte pedagógico que seja produtivo e capaz de abordar, de forma competente, um pouco de sua complexidade, a fim não somente de informar, mas de tornar os indivíduos agentes de mudança no seu dia a dia.

Dessa forma, apresentamos, nesse capítulo, quatro atividades que podem colaborar na abordagem das mudanças climáticas em sala de aula e fora dela.

As atividades são apenas sugestões, caminhos para um fazer mais aprofundado e inovador. Sintam-se à vontade para modificar, ampliar, reduzir e adequar da melhor forma possível cada atividade à realidade de sua instituição e de seus estudantes, mas sem perder de vista a importância do trabalho interdisciplinar focado na complexidade.

Bom trabalho!

## ATIVIDADE 1

### **Biomapa e mapa-falante: estratégias participativas de diagnóstico e intervenção**

*Renata Ferraz de Toledo*

O Biomapa e o Mapa-Falante são técnicas (estratégias metodológicas), de caráter participativo, desenvolvidas em situações de diagnóstico, planejamento e gestão. Caracterizam-se como uma representação gráfica das condições socioambientais de determinada localidade, construída a partir da “leitura” que os participantes têm do local onde vivem, trabalham ou atuam, combinando, portanto, conhecimento popular e informações técnicas. Dessa forma, possibilitam a identificação de problemas, demandas e sonhos, além de orientar a busca de soluções e alternativas a partir do reconhecimento das causas e efeitos desses problemas. Assim, ao serem desenvolvidas de forma participativa, dialógica e reflexiva essas estratégias contribuem para o processo de intervenção socioeducativa e para o compartilhamento de responsabilidades (TOLEDO E PELICIONI, 2009; PELICIONI *et al.*, 2012).

Para a abordagem do tema das mudanças climáticas sugere-se a construção de um Biomapa, representando o caminho percorrido pelos alunos e professores entre a escola e seus domicílios, bem como demais áreas de abrangência; e de um Mapa-Falante representando o entorno da escola, a partir da identificação dos principais problemas socioambientais e da percepção dos participantes sobre a realidade local.

## 1.1. Biomapa – “De casa para escola, da escola pra casa”

### Desenvolvimento

Após devidos esclarecimentos sobre os objetivos dessa atividade, os participantes são orientados a providenciar e trazer para a escola, em data previamente agendada, fotos ou anotações feitas ao longo do percurso realizado por eles entre a escola e seus domicílios, procurando-se destacar aspectos que julgam interferir na problemática em torno das mudanças climáticas, tais como: recursos hídricos (disponibilidade e qualidade); arborização urbana e biodiversidade; locais de produção, distribuição e comercialização de alimentos; espaços de lazer; fontes de emissão de poluentes atmosféricos; serviços de saneamento ou a ausência ou ineficiência destes; áreas de ocupação desordenada; área de risco (erosão, alagamentos, etc.).

Os participantes podem ou não ser orientados previamente sobre esses aspectos a serem observados. Vale ressaltar que o Biomapa pode também ser desenvolvido sem a utilização de fotos, apenas por meio de desenhos, sendo que essas decisões ficam a critério do moderador/professor.

A atividade se inicia com a apresentação de um mapa/planta da área de interesse a ser “mapeada” pelo grupo. Após cuidadosa observação, os participantes, divididos em grupos de cerca de 5 pessoas, são convidados a identificar no mapa os diferentes trajetos por eles percorridos entre a escola e seus domicílios. Em seguida, de forma coletiva, busca-se identificar vias de acesso, serviços e equipamentos públicos disponíveis, áreas

de degradação socioambiental, entre outros aspectos de interesse em torno da problemática das mudanças climáticas, seguindo-se a uma reflexão crítica sobre aquela realidade, sempre com vistas a sua transformação.

Lembra-se aqui que muitos destes aspectos não estarão presentes no mapa/planta original, devendo estes ser desenhados ou representados com uso de fotos ou desenhos.

### Duração

Para o desenvolvimento desta atividade sugere-se a utilização de pelo menos duas aulas de 50 minutos. Esclarece-se, porém, que o Biomapa é um material dinâmico, podendo sofrer alterações no decorrer de outras aulas, sempre que o professor julgar importante, já que os participantes podem ter, ao longo desse processo, novas “leituras” daquela realidade.

### Materiais necessários

- 1 mapa/planta da área de interesse em tamanho ampliado e cópias dela, dependendo da qualidade de grupos a serem formados;
- Canetas hidrocores, lápis de cor, giz de cera;
- Caneta, lápis, borracha, apontador, régua;
- Cola, tesoura, fita crepe;
- Máquina fotográfica.

## 1.2. Mapa-Falante - “A escola e seu entorno”

### Desenvolvimento

Para representar a escola e o entorno desta, por meio da construção de mapas-falantes, inicialmente serão formados

pequenos grupos de até 5 integrantes. Cada subgrupo será então orientado a desenhar coletivamente em uma cartolina a escola e seu entorno, mapeando e indicando aspectos socioambientais, tanto positivos, como negativos que julgam interferir na problemática em torno das mudanças climáticas. Ao término dos desenhos, estes deverão ser apresentados para os demais participantes por um representante de cada subgrupo, o que justifica este nome Mapa-Falante, ou seja, o desenho ganhará “voz”, e uma discussão deverá então ser estimulada pelo moderador/professor, para o reconhecimento e estabelecimento de situações de causa e efeito entre os aspectos representados nos Mapas e questões relacionadas à vulnerabilidade socioambiental e o tema das mudanças climáticas. Recomenda-se ainda chamar a atenção dos participantes para as responsabilidades individuais e coletivas na busca conjunta de soluções para os problemas, ou seja, “afinal, o que isso tem a ver comigo?”.

### Duração

Para o desenvolvimento desta atividade sugere-se a utilização de pelo menos duas aulas de 50 minutos. Esclarece-se, porém, que o Mapa-Falante é um material dinâmico, podendo sofrer alterações no decorrer de outras aulas, sempre que o professor julgar importante, já que os participantes podem ter, ao longo desse processo, novas “leituras” daquela realidade.

### Materiais necessários

- Folhas de cartolina e/ou de papel craft;
- Canetas hidrocores, lápis de cor, giz de cera;

- Caneta, lápis, borracha, apontador, régua;
- Cola, tesoura, fita crepe.

## ATIVIDADE 2

### Jogo de papéis: a complexidade nas relações em torno das mudanças climáticas

*Edson Grandisoli*

O **Jogo de Papéis** é uma atividade na qual os “jogadores” devem interpretar um personagem dentro de um cenário ou ambiente. Essa abordagem permite que os participantes se coloquem em situações reais de tomada de decisão, estimulando, dessa forma, a pesquisa, a aquisição de conhecimento, a escuta e poder de argumentação, a observação e, em última análise, a empatia.

O objetivo do Jogo de Papéis é estimular o diálogo entre todas as partes envolvidas da forma mais democrática e séria possível, buscando um acordo para a questão apresentada (MONTEIRO, GRANDISOLI e MONTEIRO, 2014)

Para a abordagem do tema das **mudanças climáticas** sugere-se que cada “jogador” represente um país (real ou fictício) que deve assumir um posicionamento diante das causas e consequências de suas escolhas para o agravamento e/ou enfrentamento dos desafios impostos pelas mudanças climáticas.

### Mudanças climáticas globais - interesses, desafios e soluções

#### Preparação

Cada grupo de estudantes deve realizar uma pesquisa sobre os posicionamentos

assumidos por diferentes países (desenvolvidos e em desenvolvimento) com relação aos seus direitos e deveres relacionados à produção de gases estufa e às mudanças climáticas globais. Realize esta pesquisa utilizando livros e a internet, buscando informações sobre as principais convenções, reuniões e documentos já produzidos sobre o tema (como o Protocolo de Kyoto e as Conferências das Partes (COPs), por exemplo).

Cada grupo deve escolher um país (real ou fictício) e defender seu posicionamento frente aos desafios da mudança climática global.

Para facilitar seu trabalho de pesquisa e definição de seu papel, procure responder as seguintes questões (adaptado de MONTEIRO, GRANDISOLI e MONTEIRO, 2014).

- ✓ Quem sou eu e o que eu faço?
- ✓ Quais as coisas que mais valorizo?

- ✓ Quais são meus objetivos enquanto nação?
- ✓ Como eu colaboro com a questão das mudanças climáticas?
- ✓ Como eu agravo as consequências das mudanças climáticas?
- ✓ De que eu abriria mão?
- ✓ De que eu não abriria mão?

### Promoção do diálogo

Cada grupo deve falar somente na sua vez e expor seus pontos de vista. Todo diálogo deve ser realizado de forma respeitosa, dando oportunidade para que todos ouçam e possam ser ouvidos de forma organizada. Para isso, o papel do mediador é fundamental. Nesse caso, sugiro que o professor (ou professores) assumam o papel de mediador das falas.

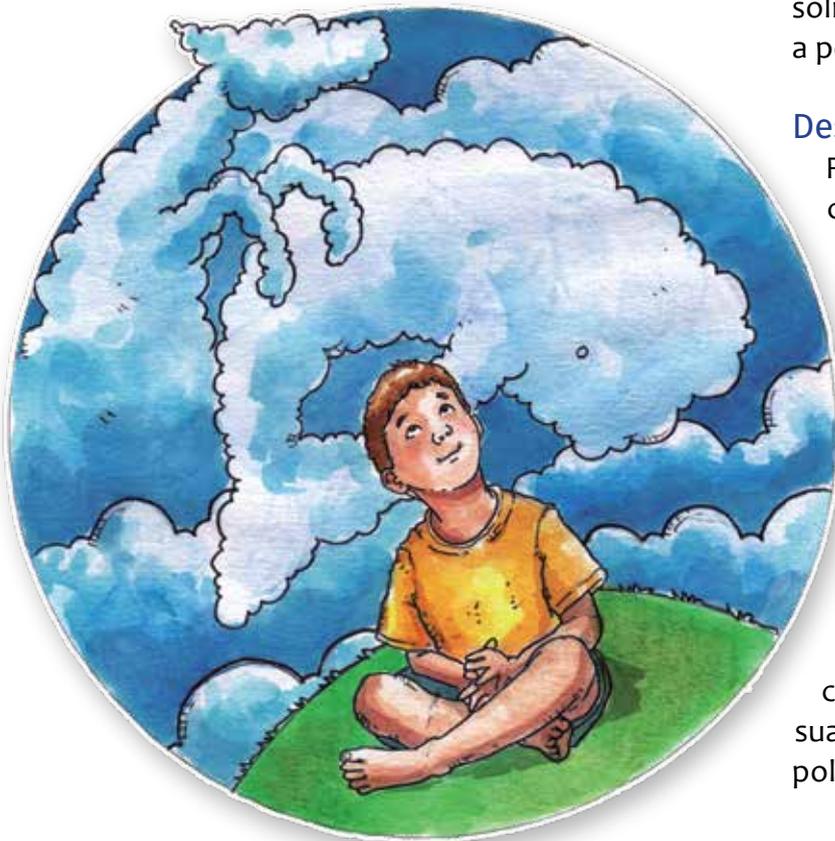
O mediador deve manter a ordem das falas, estipular um tempo para cada uma delas e, se cabível, fazer provocações ou solicitar maiores esclarecimentos sobre a posição de cada “jogador”.

### Desenvolvimento

Faça anotações sobre o que você concorda ou discorda sobre o posicionamento de outros “jogadores” (países) e observe atentamente expressões corporais e se aquilo que está sendo dito faz sentido dentro da realidade mundial e de sua realidade enquanto país.

#### 1ª rodada

Na rodada inicial, cada país terá a chance de apresentar seu posicionamento frente às mudanças climáticas globais levando em consideração suas políticas dentro dos campos social, político, econômico e ambiental. Essa



apresentação pode ser simplesmente falada ou fazer uso de projeções, cartazes, documentos, etc.

Obs. Vale lembrar que existe um grupo de indivíduos conhecidos como negociantistas. Pesquise sobre eles.

### 2ª rodada

Após essa rodada inicial, haverá uma sequência de comentários de cada país sobre os posicionamentos assumidos pelos demais. Podem ser observações genéricas ou críticas diretas, sempre lembrando que estamos em um processo de escuta e diálogo, não de debate.

DEBATE	DIÁLOGO
<i>Posicionamento de certeza, defesa de convicções, tentativas de convencer que seu ponto de vista é o certo, ataques aos outros.</i>	<i>Troca na qual as pessoas falam e ouvem aberta e respeitosamente. Apresentação de argumentos, certezas e incertezas e busca de entendimento.</i>
<i>O clima pode ser ameaçador, e ainda com ataques e interrupções pelas partes, permitidos pelos mediadores.</i>	<i>O mediador propõe, obtém acordo e executa regras básicas e claras para aumentar a segurança e promover a conversa respeitosa.</i>
<i>Os participantes podem ouvir a fim de refutar os dados apresentados pelo outro lado e para expor a lógica falha de seus argumentos.</i>	<i>Os participantes ouvem para entender e obter conhecimento das convicções e preocupações dos outros.</i>

(Fonte: Adaptado de BESEN e BELLENZANI, 2013).

### 3ª rodada

Cada país que desejar pode pedir a palavra e se posicionar frente às observações e/ou críticas dos demais participantes. Valem lembrar que estamos procurando um consenso, então, todos devem manter mão de algumas de suas posições a abrir mão de outras (caso concordem).

Ao longo de cada uma delas, pontos concordantes e discordantes entre os países devem ser anotados na lousa pelo mediador, a fim de construir um quadro síntese dos diálogos e negociações.

### Duração

Não há limites para o número de rodadas e aulas a serem utilizadas. Tudo depende da disponibilidade do curso ou atividade.

### Fechamento

No final, procurem responder em grupo:

- ✓ Quais os consensos alcançados?
- ✓ Quais as faltas de consenso?
- ✓ Em que pontos os diálogos devem avançar mais considerando a realidade de cada país?
- ✓ Em que campos as negociações são mais difíceis? Ambiental, social, político ou econômico? Por quê?

### Materiais necessários

Todo material utilizado dependerá de como os países gostariam de se apresentar. Dessa forma, o jogo de papéis se torna uma boa estratégia para diversas ocasiões e situações.

### ATIVIDADE 3 - Roteiro

#### Mudanças climáticas e o futuro dos oceanos

##### *Oceanos, equilíbrio climático da Terra e biodiversidade*

Roberta de Assis Maia

O litoral brasileiro é um dos mais extensos do mundo, com aproximadamente 8 mil km. Mais da metade da população brasileira vive numa faixa até 200 km do mar, e a densidade demográfica média da zona costeira é cinco vezes maior que a média nacional. Outros tantos brasileiros visitam os ambientes costeiros como turistas ou veranistas. A pressão resultante da ocupação humana e da crescente exploração dos recursos naturais para atividades produtivas coloca em risco os serviços ecossistêmicos da costa brasileira e sua rica biodiversidade. Entretanto, embora a maioria dos brasileiros reconheça a preservação do ambiente marinho como algo importante, consi-

dera que isso não deve ser um limitador na utilização de recursos naturais para o desenvolvimento econômico. Além disso, para a maioria dos brasileiros, a preservação das florestas e poluição do ar são mais importantes que o cuidado com o mar e as praias, que são mais lembrados como fonte de alimentos e de lazer (COSTA e OLIVEIRA, 2012).

No contexto das mudanças climáticas, a necessidade de conscientização sobre os oceanos torna-se ainda mais crítica, pois, muito além de fonte de recursos naturais, é emergencial que seja reconhecida a importância dos oceanos como um elo fundamental no sistema que suporta o equilíbrio climático e a vida na Terra (ITO, 2009 e TURRA, 2009).

As relações existentes entre as mudanças climáticas, os oceanos e a biodiversidade oferecem oportunidades para articular conhecimentos provenientes de disciplinas escolares diferentes em um contexto compartilhado, permitindo abordar interconexões com assuntos globais que perpassam as ciências natu-

rais e sociais. É um amplo rol de opções. Por onde começar? Como abordar?

As neurociências e a psicologia social e ambiental fornecem algumas dicas:

É fundamental dialogar com os interesses e curiosidades dos jovens, para engajá-los em algum tema ou ação.

Use sempre as informações científicas



disponíveis com honestidade e esperança, a respeito dos riscos que estamos enfrentando (HOFFMAN, 2015).

O contato com a Natureza é essencial para o desenvolvimento do amor pela Natureza (biofilia), e, portanto, para aprender sobre como a Natureza funciona e para reconhecer causas de degradação ambiental e agir por sua recuperação (FROMM, 1964; BALMFORD, 2002). Além disso, favorece a criatividade e o raciocínio científico (MAIA e PERES, 2012; GEMAEL *et al.*, 2013), habilidades úteis para compreender e intervir em cenários de complexidade e incerteza.”

Ações e estudos em educação para a conservação biológica em espaços naturais e museus<sup>1</sup> ligados à biodiversidade são convergentes com a teoria da Biofilia (FALK *et al.*, 2007; MAIA *et al.*, 2008; MAIA e MIGOTTO, 2011; PATRICK e TUNNICLIFFE, 2013; PERES, 2014).

As atividades do roteiro “Mudanças climáticas e o futuro dos oceanos” foram desenhadas a partir desses fundamentos e seu objetivo conjunto é favorecer a aprendizagem sobre o delicado equilíbrio entre os oceanos, a vida e o clima na Terra. Nessa perspectiva pedagógica, é importante proporcionar contato com a biodiversidade marinha, incluindo, se possível, visitas à praia e/ou a espaços como centros de biologia marinha, aquários e museus oceanográficos.

### Faixa etária:

O tema relaciona-se a alguns conteúdos do Ensino Fundamental Ciclo II e ao Ensino Médio. É importante que você, professor, decida se deve ou não aprofundar alguns dos conceitos sugeridos, de acordo com a maturidade dos alunos.

### Disciplinas escolares diretamente envolvidas:

Ciências no Ciclo II do Ensino Fundamental. Biologia, química e física no Ensino Médio.

### Duração:

É interessante que você disponha pelo menos uma aula (50 min) para cada uma das atividades descritas.

### Materiais de apoio:

Além das informações disponíveis nos capítulos deste livro, você pode utilizar os recursos a seguir para realizar as 4 atividades que seguem (3.1 a 3.4).

### Para a atividade “Memórias de água e sal”

Website da Exposição Vida, Mar e Muita História pra Contar: A Origem da Biodiversidade nos oceanos (MAIA *et al.*, 2008): [www.usp.br/cbm/expovida](http://www.usp.br/cbm/expovida)

### Para a atividade “Oceanos, equilíbrio climático da Terra e biodiversidade”

---

<sup>1</sup> Conforme o *International Council of Museums* (<http://icom.museum/>): “**Museus** são instituições não lucrativas, que servem permanentemente à sociedade e a seu desenvolvimento, abertas ao público, que adquirem, conservam, pesquisam, comunicam e exibem, com propósitos de estudo, educação e deleite, evidências materiais dos povos e de seu ambiente, acervos tangíveis e intangíveis.” Exemplos de museus: monumentos e sítios arqueológicos; zoológicos, jardins e hortos botânicos; aquários; viveiros; centros de Ciência; planetários; galerias; centros culturais, etc.

Vídeos Educacionais do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE). Disponíveis para download gratuito em: <http://videoseducacionais.cptec.inpe.br/>. Canal “INPEvideoseduc”, no Youtube:

- “Ciclo do Carbono” (2min). Veja também os detalhes da animação: “ciclo do carbono terrestre” (2min) e “ciclo do carbono marinho” (2min).
- “Carbono e Vida” (8min44).
- Artigo “O Papel do Oceano nas Mudanças Climáticas Globais” (CAMPOS, 2015). Disponível em: [www.revistas.usp.br/revusp/article/view/99184](http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/99184).

### Para a atividade “Efeito estufa, CO<sub>2</sub>, aquecimento global e os oceanos”

Vídeos Educacionais do CPTEC/INPE. Disponíveis para download gratuito em: <http://videoseducacionais.cptec.inpe.br/>. Canal “INPEvideoseduc”, no Youtube:

- “Efeito Estufa” (2min).
- “Mudanças Ambientais Globais” (2min).
- “Mudanças Climáticas Antropogênicas” (2min).
- “Impactos no Brasil” (2min).
- Canal “Coral Vivo”, no Youtube. Vídeo “Coral Vivo trata do aquecimento global e corais brasileiros” (5min): [www.youtube.com/watch?v=mzMELsm6h18](http://www.youtube.com/watch?v=mzMELsm6h18).

### Para a atividade “CO<sub>2</sub>, acidificação dos oceanos e biodiversidade marinha”

- Vídeo “Acidificação dos oceanos: ligando ciência, política, indústria e o público”, do Plymouth Marine Lab (em inglês, com legenda em português).

Disponível no Canal “Plymouth Marine Laboratory”, no Youtube (12min.)

### Para todas as atividades do roteiro “Mudanças climáticas e o futuro dos oceanos”:

- Website do Instituto Oceanográfico da USP: [www.io.usp.br](http://www.io.usp.br).
- Website do Centro de Biologia Marinha da USP: [www.usp.br/cbm](http://www.usp.br/cbm).

## ATIVIDADES

### 3.1. Memórias de água e sal:

**Objetivo:** Resgatar e (re)construir memórias relacionadas ao ambiente marinho. Para estudantes que nunca tiveram contato com o mar, incentive e valorize a imaginação.

#### Desenvolvimento:

1. Converse com os estudantes a respeito da relação deles com o mar, ou da que gostariam de ter se tivessem oportunidade: Qual a última vez que esteve em contato com o mar? Com que frequência vou ou gostaria de ir à praia? O que eu mais gosto ou gostaria de fazer na praia? Incentive-os a refletirem: Como a biodiversidade marinha está presente em minhas *Memórias de Água e Sal*? Como eu gostaria que a biodiversidade marinha estivesse presente em minhas *Memórias de Água e Sal*? Compartilhe também suas vivências e/ou imaginação com eles.
2. Se possível, solicite aos alunos que tragam fotografias e recordações que representem suas respectivas *Memórias de Água e Sal*, ou, caso nunca tenham tido contato com o mar, que

descrevam como gostariam que fossem suas *Memórias de Água e Sal*. Proporcione um momento para que esta troca de experiências possa ser compartilhada entre todos com tranquilidade.

3. A partir dos interesses e curiosidades do grupo sobre a biodiversidade marinha e sobre a relação desta com o oceano e com a humanidade, planeje uma visita à praia e/ou a um centro de ciências ou museu de biologia marinha ou oceanografia. Ao visitar um espaço como esse, é importante que você conheça previamente ou obtenha a maior quantidade de informações possíveis sobre o lugar. Também é útil definir antecipadamente até 3 objetivos claros e focados de aprendizagem, mas tendo abertura para incorporar novos interesses que surgirem na interação com o espaço. Após a visita, favoreça a troca de experiências a respeito do que vocês aprenderam e das perguntas e novas ideias que surgiram.

#### Conteúdos relacionados:

- ✓ Os oceanos abrigam a maior parte da biodiversidade de todo o planeta, com ecossistemas únicos, que contém formas de vida dos mais variados tamanhos e formatos e que habitam desde a superfície até o mar profundo. Aborde algumas dessas formas de vida e as relações entre elas, os oceanos e os seres humanos, de acordo com o interesse dos alunos.

### 3.2. Oceanos, o equilíbrio climático da Terra e biodiversidade

**Objetivo:** Reconhecer que os oceanos são um elo fundamental no processo

pelo qual a vida na Terra é moldada pelo clima, depende dele e o afeta.

**Desenvolvimento:** Provoque os alunos com as perguntas: Qual a relação entre os oceanos e atmosfera? Entre os oceanos e clima? Entre os oceanos, atmosfera, clima e biodiversidade marinha? As perguntas podem ser discutidas em pequenos grupos ou com a classe toda. Incentive-os a retomarem informações da atividade 1. Utilize vídeos e textos sugeridos nos materiais de apoio, ou outros que você conheça, para organizar a troca e construção de informações. É interessante exibir os vídeos.

#### Conteúdos relacionados:

- ✓ O clima da Terra é influenciado por interações entre o sol, os oceanos, a atmosfera, as nuvens, o gelo, a terra e a vida. O clima varia de região para região como resultado de diferenças locais nessas interações.
- ✓ Os oceanos absorvem grandes quantidades de energia solar e redistribuem calor e vapor de água por todo o planeta através das correntes oceânicas e circulação atmosférica, sendo parte fundamental dos ciclos de energia e de água na Terra. É como se os oceanos fossem o sistema circulatório da Terra, absorvendo e redistribuindo calor em torno do globo e umedecendo a superfície do planeta.
- ✓ A quantidade de energia solar absorvida ou irradiada pela Terra é modulada pela atmosfera e depende de sua composição. Gases de efeito estufa ocorrem naturalmente na atmosfera em pequenas quantidades, aprisionando

parte da energia térmica do sol que incide sobre a Terra e mantendo-a aquecida. O principal deles é o  $\text{CO}_2$  (dióxido de carbono ou gás carbônico). (Deixe detalhes sobre o efeito estufa para serem melhor explorados na atividade seguinte).

- ✓ A quantidade de gases de efeito estufa na atmosfera é controlada por ciclos biogeoquímicos que continuamente movem esses componentes entre o oceano, a terra, a vida e os reservatórios da atmosfera.
- ✓ O oceano é o principal reservatório de  $\text{CO}_2$  na Terra. A capacidade do oceano de absorver  $\text{CO}_2$  da atmosfera é regulada por dois tipos de processos: A bomba física e a bomba biológica. A integração entre os mecanismos da bomba física e da bomba biológica permite que os oceanos moderem os impactos do clima na vida terrestre. Sem a interação entre a atmosfera e o oceano a concentração de  $\text{CO}_2$  na atmosfera seria muito mais elevada que a atual.

### 3.3. Efeito estufa, $\text{CO}_2$ , aquecimento global e os oceanos

**Objetivo:** Ilustrar a capacidade do  $\text{CO}_2$  de absorver calor, em uma atividade experimental. Favorecer a compreensão a respeito da correlação entre o aumento de  $\text{CO}_2$  na atmosfera pelas ações humanas e o aquecimento global. Estabelecer correlações entre o aquecimento global e a capacidade dos oceanos em sequestrar carbono atmosférico.

#### **Materiais:**

- Vinagre de cozinha.
- Bicarbonato de sódio.
- Bexigas (balões) de festa, tamanho 6.
- Uma garrafa PET de 600 ml.
- Termômetros: 4 para cada grupo de 4-5 estudantes.
- Duas garrafas de vidro transparentes, com boca de pequeno diâmetro (onde caiba a boca da bexiga). Pode ser de qualquer tipo. O importante é que sejam idênticas.
- Luz do sol (bancada/mesa ensolarada próxima a uma janela, por exemplo) ou uma lâmpada ou luminária incandescente.
- Caso você não tenha materiais suficientes para formar grupos, você pode fazer uma demonstração dialogada.

#### **Desenvolvimento:**

1. Retome com os alunos o que é o efeito estufa e aproveite para aprofundar explicações sobre o fenômeno. Pergunte se eles já viram ou estiverem dentro de uma estufa de vegetação. Se eles não conhecem uma estufa, você pode perguntar se já estiveram dentro de um carro que ficou estacionado em sol pleno por muito tempo. Por que o ar do interior de uma estufa ou do interior de um carro estacionado no “sol quente” é mais quente do que o ar que está do lado de fora? A energia térmica proveniente do sol passa através do vidro e fica retida dentro da estufa, aquecendo o ar presente em seu interior, que fica muito mais quente do que do lado de fora. Convide os alunos para fazer um experimento que ilustra a capacidade do  $\text{CO}_2$ , um gás de efeito estufa, de absorver calor (radiação infravermelha). A atmosfera age como um cobertor: aquece a Terra, mantendo o calor concentrado próximo à superfície.

2. Inicie o experimento colocando 2 termômetros dentro de cada garrafa de vidro e deixe-as reservadas.
3. Coloque 100 ml de vinagre na garrafa PET pequena e 4 colheres de chá de bicarbonato de sódio dentro de uma bexiga vazia.
4. Prenda a boca da bexiga na boca da garrafa e, lentamente, faça com que todo o bicarbonato que está dentro da bexiga caia dentro da garrafa. O contato do bicarbonato com o vinagre vai resultar em uma reação química, na qual um dos produtos é o  $\text{CO}_2$ . A bexiga irá inflar com o  $\text{CO}_2$ .
5. Retire cuidadosamente a bexiga, evitando que esvazie.
6. Cuidadosamente prenda a boca da bexiga na boca de uma das garrafas de vidro e pressione a bexiga, forçando a entrada do  $\text{CO}_2$  para dentro da garrafa.
7. Faça um nó na bexiga (próximo da boca), ou amarre-a com um cordão, de forma que a garrafa fique vedada, com o  $\text{CO}_2$  em seu interior.
8. Tampe a outra garrafa de vidro (que estará com gases na concentração natural da atmosfera) e ponha ambas expostas à luz solar ou bem próximas a uma lâmpada incandescente de 100W.
9. Peça aos alunos que anotem as temperaturas marcadas pelos termômetros que estão dentro das garrafas a cada 20 minutos. (50 min. são suficientes para observar diferenças entre as duas garrafas, note que essa diferença é muito variável dependendo da intensidade da fonte luminosa, da temperatura ambiente, da espessura das garrafas, da quantidade de  $\text{CO}_2$  que você conseguiu transferir para a garrafa, etc.).
10. Enquanto aguardam, conversem sobre os resultados esperados e exiba os vídeos sugeridos como materiais de apoio. Dialoguem a respeito.
11. Após o tempo de observação, conversem sobre os resultados obtidos. Foi observada alguma diferença entre a temperatura da garrafa cheia de ar “normal” e a garrafa cheia com  $\text{CO}_2$ ? Por quê? Estimule os alunos a compartilhar o que eles sabem e o que estão aprendendo sobre o efeito estufa.
12. Retome o diálogo sobre os vídeos assistidos e incentive-os a estabelecerem correlações entre o aquecimento global intensificado pelas ações humanas e o papel dos oceanos na regulação do clima da Terra. Como o aquecimento global pode afetar a capacidade dos oceanos sequestrarem carbono e regularem o clima terrestre? Aproveite o momento para retomar e aprofundar tópicos relacionados à atividade 2. Faça um levantamento de ideias prévias sobre acidificação oceânica para desenvolver o assunto na atividade 4.

#### Conteúdos relacionados:

- ✓ Um gás de efeito estufa é qualquer gás presente na atmosfera que absorve e emite radiação infravermelha. Quando a energia térmica de ondas curtas proveniente do sol aquece a superfície da Terra, energia térmica de ondas longas é emitida de volta à atmosfera e ao espaço. Os gases de efeito estufa absorvem parte dessa energia e a “aprisionam” próxima à superfície da Terra. Menos energia é perdida para o espaço, e a Terra se mantém aquecida. Assim acontece o fenômeno natural do efeito estufa.

- ✓ Sem o efeito estufa **natural**, a Terra seria excessivamente fria e muitos organismos não poderiam sobreviver. Na ausência da atmosfera, a Terra seria semelhante à da Lua, onde a temperatura de equilíbrio varia de 116°C durante o dia a -173°C à noite, com valor médio da ordem de -27,5°C. É graças ao efeito estufa natural que a temperatura média na Terra é de 14°C.
- ✓ A quantidade de energia solar absorvida ou irradiada pela Terra é modulada pela atmosfera e depende de sua composição. Os gases de efeito estufa, como vapor de água, dióxido de carbono, e metano, ocorrem naturalmente, em pequenas quantidades, e absorvem e liberam energia de modo mais eficiente que outros gases, abundantes na atmosfera, como oxigênio e nitrogênio. Pequenas quantidades no aumento da concentração de CO<sub>2</sub> têm um grande efeito no sistema climático. (Estimule os alunos a nomearem alguns gases de efeito estufa e reconhecerem algumas de suas fontes).
- ✓ Atividades humanas, principalmente a queima de combustíveis fósseis e a mudança dos padrões de ocupação do solo, estão contribuindo para o aumento das concentrações de alguns destes gases, amplificando o efeito estufa natural de modo descontrolado.
- ✓ O oceano contribui decisivamente na remoção da maior parte do carbono lançado pelo homem na atmosfera. Entretanto, estudos evidenciam que a capacidade de absorção de gás carbônico pelo oceano vem se reduzindo em consequência do aquecimento global. Além do aumento do volume de água (na forma líquida), um dos efeitos do

aumento da temperatura no oceano é sua acidificação, reduzindo sua capacidade de absorver e reter o carbono. Essa redução da eficiência do oceano em absorver o carbono da atmosfera pode desencadear um processo de retroalimentação positiva, aumentando ainda mais a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

### 3.4. Aquecimento global, acidificação dos oceanos e a biodiversidade marinha

**Objetivo Geral:** Favorecer a compreensão a respeito da correlação entre o aumento de CO<sub>2</sub> na atmosfera e o processo de acidificação dos oceanos. Comparar a variação de pH de uma solução de pH neutro após ser exposta a uma concentração elevada de CO<sub>2</sub>. Dialogar sobre os efeitos da acidificação oceânica em organismos marinhos com esqueletos e conchas compostas por carbonato de cálcio. Correlacionar a acidificação oceânica a outras pressões exercidas pelas atividades humanas sobre os oceanos, a biodiversidade e o clima. Dialogar sobre soluções.

#### Objetivos Específicos:

- ✓ Observar o efeito do CO<sub>2</sub> sobre o pH de um líquido através de uma atividade experimental.
- ✓ Observar o efeito da acidificação sobre estruturas calcárias (compostas por carbonato de cálcio).
- ✓ Discutir efeitos de atividades humanas e emissão de CO<sub>2</sub> sobre a biodiversidade marinha.

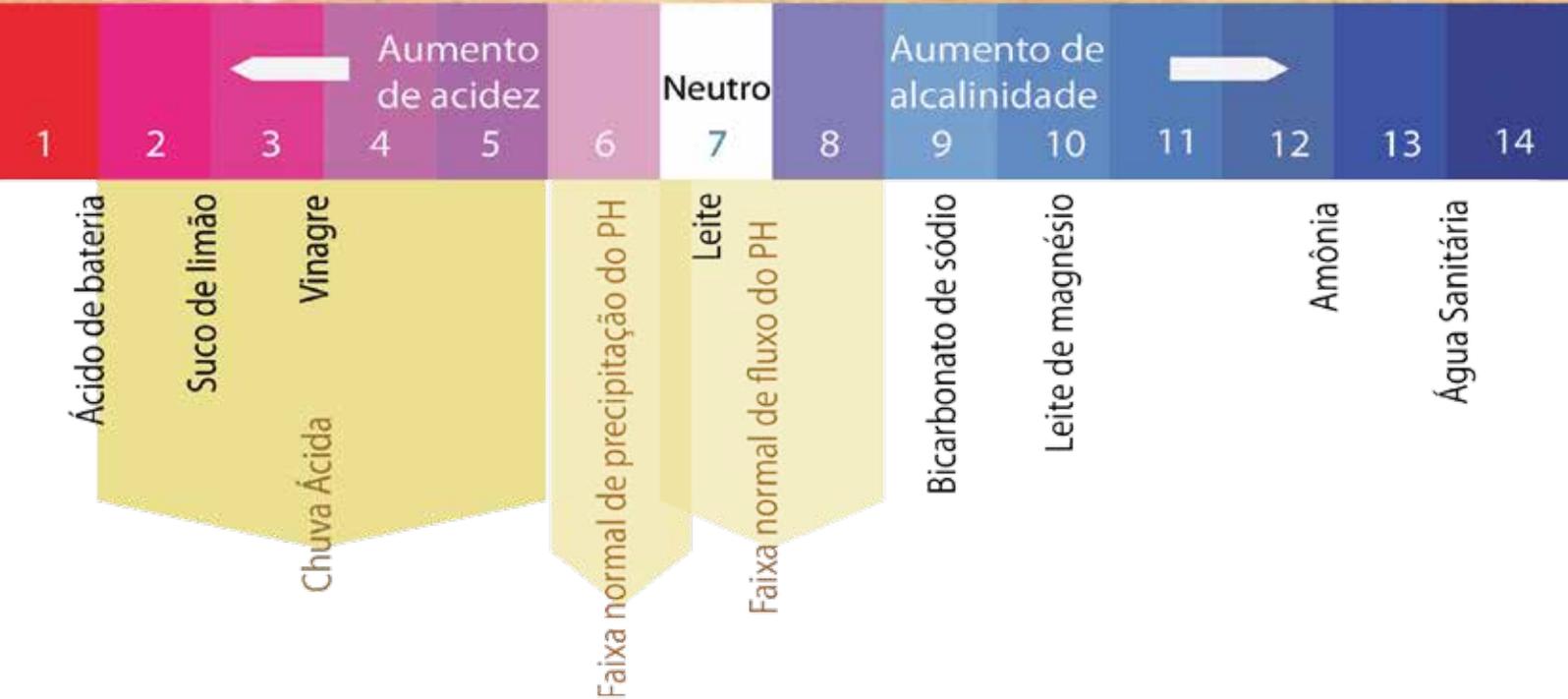
#### Materiais:

- Vinagre de cozinha ou suco de limão

- Bicarbonato de sódio
- Cerca de  $\frac{1}{4}$  de repolho roxo
- 4 copos de vidro (por grupo)
- 1 frasco/jarra de vidro com capacidade para 1500 ml
- Canudos (do tipo grosso), pelo menos 1 por aluno
- Filme de PVC
- Dois bastões de giz

### Desenvolvimento:

1. Em 500 ml de água, ferva, por cerca de 5 min., 250g (1 copo americano cheio) de repolho roxo, cru, picado. Coe após esfriar. Você obterá um líquido roxo de cor intensa. (Esta solução pode ser preparada na véspera e armazenada em geladeira. Mas deve ser utilizada à temperatura ambiente). Acrescente 700 ml de água a esse “chá” de repolho roxo. Reserve 600 ml para cada grupo.
2. Para cada grupo de 4 alunos: coloque aproximadamente 150 ml do “chá” de repolho roxo nos 3 copos vazios. Vocês irão preparar uma escala de cores de acordo com o pH dos líquidos. Adicione algumas gotas de vinagre ou suco de limão em um dos copos, até a solução adquirir uma cor rosada. No segundo copo, adicione duas colheres de sopa de bicarbonato de sódio e mexa bem até que o bicarbonato se dissolva completamente, a solução irá adquirir uma cor azul-esverdeada.
3. Está pronta sua escala de pH: A coloração rosada é indicadora de que a solução é ácida (copo com solução de repolho + vinagre). A coloração arroxeada é indicadora de que a solução é neutra (copo que contém apenas a solução de repolho). A coloração azul-esverdeada indicará que a solução é básica (copo que contém a solução de repolho + bicarbonato de sódio).
4. Após o preparo dessa escala visual, acrescente 150 ml do “chá” de repolho roxo no quarto copo. Coloque um canudo no copo e tampe com o filme de PVC, procurando não deixar espaços por onde o ar possa sair.
5. Oriente os alunos a soprarem ativamente pelo canudo durante cerca de 10 min.
6. Dialoguem sobre o que se espera que aconteça na solução. O ar liberado pela respiração é rico em  $\text{CO}_2$ . Este  $\text{CO}_2$  irá reagir com a água formando o ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), fazendo com que a solução fique com a coloração mais rosada, mais próxima da solução mais ácida.
7. Após observar a relação entre o aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  na água e diminuição de seu pH (ou seja, aumento de sua acidez), faça um segundo experimento para ilustrar o efeito da acidificação sobre os organismos marinhos que possuem conchas ou esqueletos calcários.
8. Coloque um bastão de giz no copo com a solução rosada (ácida) e outro na solução arroxeada (neutra). Tampe os copos com o filme de PVC.
9. Oriente os alunos a observarem e acompanharem ao longo de algumas horas o que acontece com o giz submerso (você pode optar por checar o resultado no dia seguinte, caso tenha apenas uma aula de 50 min. por dia).
10. Conversem sobre os resultados esperados (o giz na solução mais ácida, irá se dissolver). Utilize o que aconteceu ao giz para ilustrar o efeito da acidificação oceânica sobre a biodiversidade marinha. O giz é formado por carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), assim como as



conchas de moluscos e o esqueleto dos corais. Em contato com a solução ácida, uma reação química leva à dissolução da estrutura calcária<sup>2</sup> e sais de cálcio que se dissolvem na água. (Para o ensino médio, é interessante detalhar as reações químicas envolvidas).

- Exiba vídeos sugeridos nos materiais de apoio. Converse com os alunos sobre como a velocidade com que as atividades humanas que promovem a liberação de  $\text{CO}_2$  estão modificando a atmosfera, desregulando o clima terrestre, e causando um processo acelerado de acidificação dos oceanos. Incentive-os a resgatarem também outras formas de poluição e degradação a que estão sujeitos os oceanos no presente. Dialo-

guem sobre o quanto esse conjunto de pressões já está impactando a biodiversidade marinha e pode impactar ainda mais a médio e longo prazo, causando, globalmente, enormes prejuízos econômicos, ecológicos e climáticos.

- Conversem também sobre a resiliência da vida e capacidade de adaptação da biodiversidade marinha. Dialoguem a respeito de estratégias para proteger os oceanos e a biodiversidade marinha da acidificação e outras pressões causadas por ações humanas (sobrepesca, poluição química e orgânica). O que essas pressões têm em comum? Como se relacionam também à degradação de outros ecossistemas e à degradação das sociedades humanas?

O que podemos fazer como indivíduos?  
O que podemos fazer como escola? O que podemos fazer como sociedade?

### Conteúdos relacionados:

- ✓ Cerca de 7,5 bilhões de toneladas de carbono são lançadas na atmosfera pelas atividades humanas por ano. Em torno de 22 milhões de toneladas são absorvidas pelos oceanos diariamente. Esse excesso de CO<sub>2</sub> nos oceanos desencadeia uma série de reações químicas na água que tornam o oceano mais ácido. Esse processo é denominado de acidificação dos oceanos.
- ✓ Não se tratam de oceanos que são ácidos para a pele das pessoas, mas essa acidez é suficiente para afetar a capacidade de diversos organismos marinhos de construir suas partes duras. Estes organismos gastam energia e tempo construindo suas conchas e esqueletos. Num ambiente mais ácido, eles gastam mais tempo para construí-los e crescem mais devagar. Muitos desses organismos são a base da cadeia alimentar.
- ✓ Estudos evidenciam que a acidificação está sendo 100 vezes mais rápida do que a última vez que o CO<sub>2</sub> atmosférico aumentou significativamente, no fim da última glaciação a 20.000 anos atrás, e está acontecendo 10 vezes mais rápido do que a acidificação que precedeu a extinção de muitas espécies marinhas a 55 milhões de anos atrás (maior evento de acidificação dos oceanos desde a extinção dos dinossauros a 65 milhões de anos). O registro geológico evidencia que os oceanos levaram mais de 100 mil anos para se recuperar daquele evento de acidificação e extinção.
- ✓ As espécies poderão se adaptar tão rapidamente? Estudos sobre isso são muito recentes, mas sugerem que a adaptação seja possível em populações onde há grande diversidade genética. Assim, identificar e proteger áreas que abrigam diversidade genética é urgente.
- ✓ Muitos estudos sobre soluções para o excesso de CO<sub>2</sub> já lançado na atmosfera, sugerem que tanto em termos de custos quanto de riscos, ao invés de tentar neutralizar os efeitos que já estão em curso na atmosfera e oceanos, é melhor investir para transformar radicalmente nossa matriz energética e prevenir que mais CO<sub>2</sub> seja liberado no meio ambiente.
- ✓ Além de escolhas e ações individuais, nosso engajamento com escolhas e ações coletivas são fundamentais. É fundamental exercer a cidadania diariamente, questionando e buscando formas de intervir junto a tomadores de decisão. 

### Referências Bibliográficas

#### Atividade 1

PELICIONI, Andréa F. *et al.* Pesquisa Científica: Características e Contribuições para a Promoção da Saúde. In: PELICIONI, M.C.F; MIALHE, F. L, orgs. **Educação e Promoção da Saúde: Teoria e Prática**. São Paulo, Santos, 2012. p. 83-98.

TOLEDO, R. F., PELICIONI, M.C.F. A Educação Ambiental e a Construção de Mapas-falantes em Processo de Pesquisa-ação em Comunidade Indígena na Amazônia. **Interacções**

11, Universidade de Lisboa, Portugal, p.193-213, 2009. Disponível em: <http://revistas.rcaap.pt/interaccoes/article/view/382>.

### Atividade 2

BESSEN, G. R.; BELLENZANI, M. L. Negociação e mediação de conflitos em Áreas de Proteção Ambiental – APAs. In: JACOBI, P. R. **Aprendizagem Social e Unidades de Conservação: Aprender juntos para cuidar dos recursos naturais**. São Paulo: IEE/PROCAM, 2013. 96p.

MONTEIRO, B.; GRANDISOLI, E.; MONTEIRO, F. **E se o ar acabar?** – 1ª ed. – São Paulo: Evoluir Cultural, 2014. – (Coleção o mundo que queremos)

### Atividade 3

BALMFORD, A.; CLEGG; COULSON; L. T., and TAYLOR, J. Why conservationists should heed Pokémon. **Science** 295:2367, 2002.

CAMPOS, E. J. D. O Papel do Oceano nas Mudanças Climáticas Globais. **Revista USP** n.º 103, 2015.  
COSTA, L. P. (coord.) e OLIVEIRA, L. L. (prep.). **O Brasil e o mar no século XXI: Relatório aos tomadores de decisão do País**. Centro de Excelência para o Mar Brasileiro, 2. ed., rev. e ampl. Niterói, RJ : Base de Hidrografia da Marinha em Niterói, 2012.

FALK, J. H. *et al.* **Why zoos & aquariums matter: assessing the impact of a visit**. Silver Spring, MD, American Association of Zoos & Aquariums, 2007.

FROMM, E. *The heart of man*. New York, NY: Harper e Row, 1964.

GEMAEL, M. K., PERES, P. M. S. e MAIA, R. A. A energia criativa natural. In: **Website Natureza Com Ciência: Educação para a Criatividade e para a Sustentabilidade**. Maia, R. A. e Peres, P. M. S. 2013. Disponível em: [http://www.naturezacomciencia.com.br/blog\\_A\\_energia\\_criativa\\_natural.html](http://www.naturezacomciencia.com.br/blog_A_energia_criativa_natural.html)

HOFFMAN, A. J. How culture shapes the climate change debate. Stanford University Press, California, 2015. p. 110.

ITO, R.G. Acidez em alta, riscos crescentes. In: **Scientific American Brasil**. Mudanças climáticas e desafios ambientais. Vol. 1. Oceanos: Origens, transformações e o futuro. Editora Duetto, São Paulo, 2009. p. 32-39.

MAIA R. A. e MIGOTTO, A. E. Plankton observation as an educational tool for the awareness on the marine environmental importance in the face of global changes. **Plankton 2011: Biodiversity & Global Change Symposium**. Plymouth, England, UK, 2011.

MAIA, R. A., OLIVEIRA, O. M. P. e MIGOTTO, A. E. (Orgs.) **Exposição Vida, Mar e Muita História pra Contar: A Origem da Biodiversidade nos Oceanos**. CEBIMar/USP, São Sebastião, SP, 2008. Website: <http://www.usp.br/cbm/expovida>

MAIA, R. A. e PERES, P. M. S. 2012. **Sustentabilidade: de gente pequena pra gente grande**. Organização Mundial de Educação Pré-Escolar, Santo André. 66p. ISBN: 97885-64451-01-8.

PATRICK, G. P. e TUNNICLIFFE, S. D. Zoo Talk. Springer, London, 2013. p. 214. DOI: 10.1007/978-94-007-4863-7.

PERES, P. M. S. O mar como sala de aula. In: **Vida Marinha de Santa Catarina**, Lindner A. Editora UFSC, Florianópolis, 2014. p. 132. Disponível em: [http://biodiversidade.ufsc.br/ebook/Livro\\_Web\\_2.pdf](http://biodiversidade.ufsc.br/ebook/Livro_Web_2.pdf).

TURRA, A. Conhecer para preservar. In: **Scientific American Brasil**. Mudanças climáticas e desafios ambientais. Vol. 1. Oceanos: Origens, transformações e o futuro. Editora Duetto, São Paulo, 2009. p. 62-69.

**Antrópico** – Termo usado em Ecologia que se refere a tudo aquilo que resulta da atuação humana.

**Bancos de rodolitos** – Conjunto de rochas calcárias formadas exclusivamente pela ação de algas do grupo das Rhodophyta. Similares aos recifes de coral (criados essencialmente pela ação de um grupo específico de animais).

**Biodiversidade** – É a variedade de vida na Terra. Abrange toda a variedade de espécies de flora, fauna e micro-organismos; as funções ecológicas desempenhadas por estes organismos nos ecossistemas; e as comunidades, habitats e ecossistemas formados por eles; compreendendo, a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas. (Convenção Diversidade Biológica, MMA, Brasil)

**Biomassa** – Quantidade de organismos vivos presentes num dado momento numa determinada área, e que pode ser expressa em peso ou volume. Geralmente é expressa em unidades de energia (Joules/m<sup>2</sup>) ou matéria orgânica seca (toneladas/hectare).

**Bioma** – Conjunto de ecossistemas com diversidade biológica e clima próprios, constituído pelo agrupamento de tipos fisionômicos semelhantes de vegetação, contíguos e identificáveis em escala regional, com condições geoclimáticas similares e história compartilhada de mudanças. Principais biomas brasileiros: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal. Como a vegetação é um dos componentes mais importantes da biota de um bioma, seu estado de conservação e de continuidade definem a existência ou não de habitats para as espécies, a manutenção de serviços ambientais e o fornecimento de bens essenciais à sobrevivência de populações humanas. (Sistema Nacional de Informações Florestais, SNIF, MMA, Brasil)

**Biomapa e Mapa-Falante** – Estratégia socio-educativa desenvolvida por meio de representações gráficas de determinada realidade, construídas coletivamente por participantes envolvidos diretamente nesta realidade e, sob a qual, se quer conhecer e intervir.

**Biota** – É parte viva de um ecossistema, ou seja, é o conjunto de seres vivos que vivem um determinado ambiente ecológico, e em estreita

correspondência com as características físicas, químicas e biológicas deste ambiente.

**Cibercultura** – Cultura originada a partir do uso da rede de computadores, por meio de comunicação virtual. É também o estudo de fenômenos sociais associados à internet e outras novas formas de comunicação em redes digitais.

**Climatologia** – Ciência que estuda o clima.

**Combustíveis fósseis** – Fontes de energia, como petróleo, carvão ou gás natural, que são derivados de matéria viva que existiu durante um período de tempo geológico anterior.

**Conectividade** – Na área da informática, trata-se da capacidade ou possibilidade (que tem um computador, dispositivo, sistema operacional, programa, etc.) de operar em um ambiente de rede. Capacidade de conectar-se à internet.

**Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima** – Durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento ocorrida no Rio de Janeiro em 1992, foi criada a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC). Sob o princípio da precaução, os países signatários comprometeram-se a elaborar uma estratégia global “para proteger o sistema climático para gerações presentes e futuras”. A Convenção estabeleceu como seu objetivo principal estabilizar as concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera em um nível que impeça uma interferência humana perigosa no sistema climático. Para tanto, foram definidos compromissos e obrigações para todos os países (denominados Partes da Convenção), e, levando em consideração o princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas, foram determinados compromissos específicos para os países desenvolvidos.

**Corresponsabilização** – A responsabilidade partilhada recebe o nome de corresponsabilidade. Isto significa que essa responsabilidade é comum a duas ou mais pessoas, as quais partilham de uma obrigação ou de um compromisso. Para entender a noção de corresponsabilidade, em primeiro lugar, devemos conhecer o conceito de responsabilidade. Este termo evoca uma obrigação ou o cargo moral resultante de um possível erro cometido num certo assunto.

**Costões rochosos** – Formações rochosas localizadas parcialmente na região entremarés. Nesse ambiente os organismos estão sujeitos a um considerável estresse físico e apresentam, com frequência, adaptações extremas que favorecem sua fixação às rochas e evitam a perda excessiva de água por evaporação (como cracas, mexilhões e poliquetos).

**Descarbonização** – A descarbonização diz respeito à troca de combustíveis fósseis por fontes de energia renovável e ao aprimoramento da eficiência energética, de forma a reduzir para zero as emissões de gases de efeito estufa.

**Doenças infecciosas** – Doenças transmissíveis causadas por um agente patogênico, por exemplo, vírus e bactérias.

**Economia verde** – Parte da ideia de que os processos produtivos e as atividades deles decorrentes contribuam para a sustentabilidade.

**Ecosistemas** – O ecossistema é qualquer unidade que inclui todos os organismos (a comunidade biótica) em uma dada área, interagindo com o ambiente físico (ambiente não vivo, abiótico) de modo que um fluxo de energia leve a estruturas bióticas claramente definidas e à ciclagem de materiais entre componentes vivos e não vivos. Ele é mais do que uma unidade geográfica, é uma unidade de sistema funcional, com entradas e saídas, e fronteiras que podem ser tanto naturais quanto arbitrárias (ODUM, 2007).

**Efeito estufa** – É um fenômeno natural pelo qual os gases de efeito estufa presentes na atmosfera da Terra, principalmente vapor de água, retêm radiação infravermelha (calor) do sol, aquecendo a superfície da Terra. Atividades humanas, principalmente a queima de combustíveis fósseis e a mudança dos padrões de ocupação do solo, estão contribuindo para o aumento das concentrações de alguns destes gases, amplificando o efeito estufa natural de modo descontrolado.

**Eficiência termorregulatória** – Capacidade eficiente de manutenção da temperatura corporal interna, de determinados seres vivos (especialmente mamíferos e aves), dentro dos padrões ideais.

**El niño** – Evento climático natural que ocorre no Oceano Pacífico, com aquecimento anormal das suas águas, seguido pelo enfraquecimento

dos ventos alísios. Tais alterações modificam o sistema climático de distribuição das chuvas e de calor em diversas regiões do planeta.

**Epidemias** – Ocorrência, em curto período de tempo, de grande número de casos de uma doença.

**Espeleotemas** – Nome genérico de formações rochosas que ocorrem no interior de cavernas pela sedimentação e cristalização de minerais dissolvidos na água.

**Estalactites** – Formações rochosas sedimentares que se originam no teto de grutas ou cavernas, crescendo em direção ao solo. São formadas pela deposição de carbonato de cálcio trazido pela água que goteja do teto.

**Estalagmites** – Formações rochosas sedimentares que crescem a partir do solo de grutas ou cavernas, em direção ao teto. São formadas pela deposição de carbonato de cálcio trazido pela água que goteja do teto.

**Estiagem** – Estiagem ou seca é um fenômeno climático caracterizado por grandes períodos de tempo sem chuva.

**Estuários ou regiões estuarinas** – Áreas de desembocadura de rios ou lagos, sujeitas tanto à ação da água doce, durante as marés baixas, quanto da água salgada, durante as marés altas. Geralmente preenchidas por águas salobras (mistura de água doce e salgada).

**Fitoplâncton** – Organismos fotossintetizadores microscópicos que vivem na coluna d'água, sendo transportadas ao sabor das correntes.

**Fluxo** – Migração de genes entre indivíduos, espécies ou populações.

**Fluxo de carbono** – Circulação de átomos de carbono através dos ciclos biogeoquímicos da Terra: através da fotossíntese as plantas convertem o dióxido de carbono em compostos orgânicos complexos, que são consumidos por outros organismos, e, como resultado da respiração e decomposição de organismos o carbono retorna para a atmosfera como dióxido de carbono.

**Forçantes climáticas** – São fatores que externamente ou internamente contribuem para as mudanças climáticas.

**Governança Ambiental** – Governança Ambiental está relacionada com a implementação

socialmente aceitável de políticas públicas, um termo mais inclusivo que governo, por abranger a relação Sociedade, Estado, mercados, direito, instituições, políticas e ações governamentais, associadas à qualidade de vida bem estar, notadamente os aspectos relacionados com a saúde ambiental. Isto implica no estabelecimento de um sistema de regras, normas e condutas que reflitam os valores e visões de mundo daqueles indivíduos sujeitos a esse marco normativo.

**Inequívoca** – Em que não há equívoco, que não deixa dúvidas; claro, evidente.

**Infográficos** – Representações visuais / gráficas de determinada informação.

**Infraestrutura cinza** – Estruturas convencionais de armazenamento (reservatórios, bacias de retenção) e de condução (canais, tubos), usadas para gerenciar água potável e pluvial e esgoto, construídas com concreto ou metal (FOSTER, LOWE e WINKELMAN, 2011, p. 02).

**Infraestrutura verde** – Rede de áreas naturais interconectadas, como corredores verdes, parques, zonas úmidas reservas florestais e comunidades de plantas nativas, e áreas marinhas que naturalmente regulam o regime de chuvas, a temperatura, o risco de inundações e a qualidade da água, do ar e do ecossistema (UNIÃO EUROPEIA, 2009, item 11).

**Infralitoral** – Faixa da região entremarés que fica exposta somente nos picos de maré baixa.

**Jogo de Papéis** – Estratégia socioeducativa na qual os “jogadores” devem interpretar um personagem dentro de um cenário ou ambiente, permitindo que os participantes se coloquem em situações reais de tomada de decisão.

**Larvas planctônicas** – Fases iniciais no ciclo de vida de diversos animais marinhos e que habitam a coluna d’água, sendo transportadas ao sabor das correntes.

**Locus** – Palavra do latim que significa lugar, local, posição.

**Manguezais** – Bioma localizado em regiões estuarinas, composto por vegetais arbóreos resistentes ao alagamento e à alta concentração de sais no solo. A fauna associada é resistente à variações de salinidade dentro de um determinada gradiente.

**Migração** – Deslocamento temporário ou permanente de pessoas dentro de um espaço geográfico. Pode ser ocasionada por questões econômicas, religiosas, culturais, políticas e/ou naturais (enchentes, secas, terremotos, deslizamentos).

**Mudança climática antrópica** – Mudança climática provocada pelas alterações direta ou indiretamente atribuídas à atividade humana (Ex: aumento da concentração de gases de efeito estufa).

**Mudança climática natural** – Mudança climática provocada pela variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis.

**Placas tectônicas** – São gigantescos blocos em constante movimentação que integram a camada sólida externa da Terra (litosfera).

**Pós-praia** – Área de areia seca na parte superior das praias.

**Praias arenosas** – Região entremarés recoberta por sedimentos de granulação média (areia). A maioria dos organismos desse ambiente vive escondida entre os grãos de areia ou em tocas, galerias e túneis. Muitos são microscópicos. Os maiores só podem ser vistos quando a maré está baixa.

**Pradarias marinhas** – Áreas do leito marinho em águas rasas recoberto por uma espécie vegetal conhecida como grama marinha. São áreas de alimentação e refúgio para vários organismos marinhos.

**Precipitação** – Em meteorologia, significa qualquer tipo de fenômeno relacionado à queda de água do céu, seja na forma de chuva, granizo ou neve.

**Proliferação** – Efeito de proliferar. Reproduzir, aumentar, multiplicar.

**Protocolo de Kyoto** – Criado em 1997, definiu metas de redução de emissões para os países desenvolvidos, responsáveis históricos pela mudança atual do clima. Os países desenvolvidos, se comprometeram a reduzir suas emissões totais de gases de efeito estufa a, no mínimo, 5% abaixo dos níveis de 1990, no período compreendido entre 2008 e 2012 – também chamado de primeiro período de compromisso. Cada um negociou a sua meta de redução ou limitação de emissões sob o

Protocolo, em função da sua visão sobre a capacidade de atingi-la no período considerado. Para os demais países incluindo o Brasil, foram estabelecidas medidas para que o crescimento necessário de suas emissões fosse limitado pela introdução de medidas apropriadas, contando, para isso, com recursos financeiros e acesso à tecnologia dos países industrializados. O Protocolo entrou em vigor no dia 16 de fevereiro de 2005.

**Pulverizado** – Que se pulverizou. Reduzido a pó. Ou seja, que se fragmentou, se espalhou.

**Reciclagem** – Ato de tornar útil e disponível novamente, eventualmente através de um processo de transformação físico-química, material que já foi utilizado anteriormente dentro de um sistema. Materiais que seriam descartados como lixo tornam-se novamente matéria-prima para a manufatura de bens, reduzindo a extração de recursos naturais.

**Recifes de coral** – Paredões sobre o leito oceânico compostos por rochas calcárias resultantes da deposição, ao longo de diversas gerações, de carbonato de cálcio por organismos bioconstrutores, como corais, esponjas e algas. Funcionam como berçário e abrigo a muitas outras espécies.

**Região entremarés** – Toda a faixa que vai do limite máximo da maré alta ao limite mínimo da maré baixa.

**Refugiados** – Pessoa que buscou refúgio em outro país por razões de guerra, nacionalidade,

intolerância racial, religiosa, política, entre outras.

**Serviços ecossistêmicos** (ou ambientais) – São os serviços provenientes direta ou indiretamente pelos ecossistemas, fornecidos pelas Funções Ecossistêmicas, que proporcionam benefícios às necessidades humanas para o bem-estar (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT – MEA, 2005).

**Sociedade em rede** – Forma de organização social estruturada por redes de comunicação digital.

**Transversalidade** – Na área educacional refere-se à incorporação e integração de temas diversos, especialmente aqueles relacionados à prática cotidiana, ao currículo convencional e suas áreas de conhecimento. No Brasil, a partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), de 1996, foram definidos nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) alguns “temas transversais”, considerados de grande relevância para a abordagem e enfrentamento de questões da atualidade: Ética, Saúde, Meio Ambiente, Orientação Sexual, Trabalho e Consumo e Pluralidade Cultural.

**Ventos alísios** – São ventos que ocorrem em zonas tropicais durante todo o ano. Vão de zonas de alta pressão subtropical em direção a baixas pressões equatoriais, ou seja, ocorrem de nordeste para sudoeste no hemisfério norte e de sudeste para noroeste no hemisfério sul. ☁

### Referências Bibliográficas

FOSTER, J.; LOWE, A.; WINKELMAN, S. **The value of green infrastructure for urban climate adaptation**. Center for Clean Air Policy, 2011.

MEA – Millennium Ecosystem Assessment: **Ecosystems and Human Well-being: Synthesis**. Island Press, Washington, DC; 2005.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de Ecologia**. São Paulo: Thomson Learning, Tradução da 5ª ed. norte-americana, 2007.

UNIÃO EUROPEIA. Commission of the European Communities. White Paper. Adapting to climate change: towards a European framework for action, 2009. Disponível em [http://www.preventionweb.net/english/professional/publications/v.php?id=11160&utm\\_source=pw\\_search&utm\\_medium=search&utm\\_campaign=search](http://www.preventionweb.net/english/professional/publications/v.php?id=11160&utm_source=pw_search&utm_medium=search&utm_campaign=search) Acesso 09 set. 2014.

## Sobre os autores

**Adalgiza Fornaro**

Docente no Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia,  
Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG/USP).  
Contato: adalgiza.fornaro@iag.usp.br

**Alexander Turra**

Docente do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo.  
Contato: turra@usp.br

**Ana Paula Freire**

Jornalista no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN-SP),  
doutora em Linguística pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).  
Contato: anapaula@ipen.br

**Cristiano M. Chiessi**

Pesquisador e professor da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da  
Universidade de São Paulo (USP).  
Contato: chiessi@usp.br

**Denise de La Corte Bacci**

Professora do Instituto de Geociências da USP nos cursos de graduação em  
Licenciatura em Geociências e Educação Ambiental e Bacharelado em Geologia.  
Contato: bacci@usp.br

**Edson Grandisoli**

Doutorando pelo Programa de Ciência Ambiental da USP, pesquisador do  
LAPPES – USP, professor e consultor em Educação e Sustentabilidade.  
Contato: edsongrandisoli@yahoo.com

**Fabio Luiz Teixeira Gonçalves**

Professor associado do IAG da Universidade de São Paulo.  
Contato: fgoncalv@model.iag.usp.br

**Francisco William da Cruz Júnior**

Professor do Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental do  
Instituto de Geociências da USP.  
Contato: cbill@usp.br

**Gina Rizpah Besen**

Pós-doutora e bolsista CAPES no Instituto de Energia e Ambiente - IEE -  
Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental - PROCAM/USP.  
Contato: rizpah@usp.br

**Leandro Luiz Giatti**

Professor Associado no Departamento de Saúde Ambiental da  
Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.  
Contato: lgiatti@usp.br

**Luana Basso**

Pós-doutoranda na University of Leeds, UK.  
Contato: luanabasso@gmail.com

**Luciana Vanni Gatti**

Pesquisadora titular do Instituto de Pesquisas Energéticas e  
Nucleares e professor do curso de pós-graduação do IPEN/USP.  
Contato: lvgatti@gmail.com

**Maria de Fátima Andrade**

Professora Associada do Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG/USP).

Contato: maria.andrade@iag.usp.br

**Michelle Simões Reboita**

Docente do Instituto de Recursos Naturais (IRN) da Universidade Federal de Itajubá (Unifei).

Contato: mireboita@gmail.com

**Paulo Artaxo**

Professor titular do Instituto de Física da USP e coordenador do Laboratório de Física Atmosférica. É membro do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas da ONU (IPCC).

Contato: artaxo@if.usp.br

**Pedro Roberto Jacobi**

Professor titular da Faculdade de Educação e do Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental da USP.

Contato: prjacobi@gmail.com

**Renata Ferraz de Toledo**

Orientadora e Professora do Programa de Mestrado Profissional Ambiente, Saúde e Sustentabilidade da FSP/USP.

Contato: renataft@usp.br

**Roberta de Assis Maia**

Pós-doutoranda da FEUSP, pesquisadora do LAPPES-USP e GovAmb, consultora em Educação, Ciência & Sustentabilidade.

Contato: robertamaia7@gmail.com

**Simone Erotildes Teleginski Ferraz**

Professora na Universidade Federal de Santa Maria no curso de Graduação e Pós-graduação em Meteorologia.

Contato: simonetfe@gmail.com

**Sonia Maria Viggiani Coutinho**

Orientadora e Docente do Programa de Mestrado Profissional Ambiente, Saúde e Sustentabilidade da FSP/USP.

Contato: scoutinho@usp.br

**Suellyn Garcia**

Graduada do curso de Licenciatura em Geociências e Educação Ambiental pelo Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

Contato: suellyn.garcia@usp.br

**Tércio Ambrizzi**

Professor Titular do Departamento de Ciências Atmosféricas no IAG/USP. Foi revisor dos relatórios do IPCC em 2007 e 2013.

Contato: tercio.ambrizzi@iag.usp.br

**Vanessa Empinotti**

Professora da UFABC e pesquisadora associada do Centro de Estudos em Governança Ambiental, GovAmb no IEE/USP.

Contato: empinotti@gmail.com

**Viviane Francisca Borges**

Doutoranda na Universidade de São Paulo - USP pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN.

Contato: vivianefran.borges@gmail.com



**“TEMAS ATUAIS  
EM MUDANÇAS CLIMÁTICAS”**  
traz textos e atividades didáticas  
para os Ensinos Fundamental e Médio  
elaboradas por grandes espe-  
cialistas de diferentes  
áreas como Biólogos,  
Geógrafos, Sociólogos,  
Economistas, Oceanó-  
grafos, Climatologistas,  
Jornalistas e membros  
do Painel Intergover-  
namental de Mudanças  
Climáticas da ONU  
(IPCC), propiciando uma  
experiência interdisci-  
plinar atualizada, rica e  
com contexto.



Conselho Nacional de Desenvolvimento  
Científico e Tecnológico



LAG - USP

