

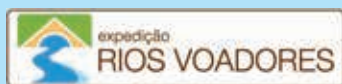
# Os rios voadores, a Amazônia e o clima brasileiro

Um guia didático para explicar aos seus alunos  
o que são os rios voadores e por que eles têm tudo  
a ver com a preservação da Amazônia por sua importante contribuição  
para as chuvas que irrigam gratuitamente nossas plantações





Há muita água sobre nossas cabeças .....	6
Amazônia, berço das águas .....	9
A floresta faz chover .....	11
O Brasil é campeão das chuvas .....	12
Como funciona o Projeto Rios Voadores .....	17
Por dentro do site .....	20
Rios voadores em sala de aula .....	22



**Projeto Rios Voadores**  
SHIS QI23, CL, Bloco A, sala 106  
Lago Sul, Brasília - DF CEP: 71660-800  
Tel. (61) 3248-6427

**E-mail:** base@brasildasaguas.com.br  
**Site:** www.riosvoadores.com.br

**Conteúdo:** Gérard Moss e Margi Moss  
**Colaboração:** Enéas Salati, Pedro Dias,  
Antonio Donato Nobre  
**Fotos:** Gérard Moss, Margi Moss,  
Tiago Iatesta  
**Foto da capa:** Margi Moss



**Diretor Geral**  
Peter Milko

**Editor:** Ricardo Prado  
**Divisão Educacional**  
**Gerente:** Rosângela Delage  
**Colaboradores de Conteúdo:**  
Caio Augusto Magalhães  
e Sueli Angelo Furlan

**Assistentes:**  
Luciane Sodré e Rosi Barreto  
**Apoio:** Allan de Amorim Campos

**Diretora de Arte:** Walkyria Garotti  
**Chefe de Arte:** Diogo Franco do Nascimento  
**Produção Editorial:** Marli Garcia  
**Infográficos:** Sandro Falsetti  
**Produção Gráfica:** Mauro de Melo Jucá

**Correspondência:** Av. Arruda Botelho, 684  
5º andar – CEP: 05466-000 – São Paulo - SP  
Tel. (11) 3022-5599 – Fax. (11) 3022-3751  
educacao@edhorizonte.com.br

www.edhorizonte.com.br

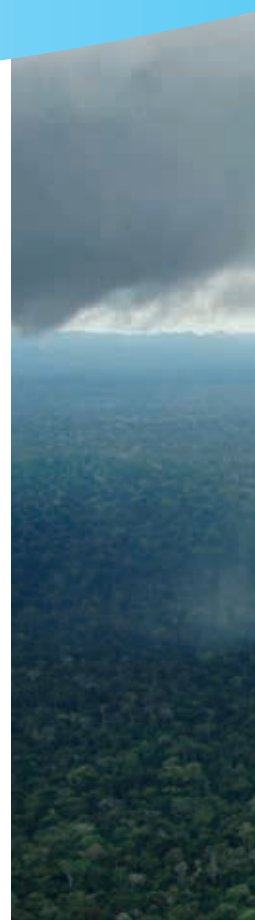
# Apresentação

Um dia, voando sobre a Floresta Amazônica, o aviador Gérard Moss foi apresentado ao fenômeno que gera um “rio voador”. Ele ainda nem sabia da existência de rios atmosféricos, nem que fossem tão importantes para o clima do Brasil. Muito menos desconfiava que, anos mais tarde, estaria ele próprio à procura de outros rios voadores como aquele. “Estávamos no extremo oeste do Acre, voando próximo à Serra do Divisor, e havia muitas nuvens com chuvas esparsas na região. Foi então que vi, pela primeira vez, a floresta funcionando como recicladora de umidade. Logo após a passagem de uma chuva, a floresta começava a devolver a umidade para a atmosfera. Nós víamos as pequenas nuvens saindo como bafo de vapor entre as copas das árvores. Em contraste, essas nuvenzinhas nunca vi surgindo das pastagens que têm substituído as florestas.”

Mais tarde, em 2006, Moss participava de um simpósio que reuniu ambientalistas e pesquisadores quando ouviu o pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), professor Antonio Donato Nobre, descrever exatamente aquele fenômeno que ele presenciara voando sobre a floresta. O cientista explicava a importância da umidade proveniente do Atlântico para o clima da própria floresta e das demais regiões do país.

Como tudo o que é capaz de voar interessa ao aviador-ambientalista Gérard Moss, o experiente piloto vislumbrou um modo de ajudar os cientistas a compreenderem melhor o fenômeno. Ele “navegaria” nesses rios atmosféricos com seu avião monomotor Sertanejo, da Embraer, coletando dados e amostras de vapor.

Com o patrocínio da Petrobras por meio do Programa Petrobras Socioambiental, Moss e a equipe de pesquisadores coletaram cente-



O aviador e ambientalista Gérard Moss a bordo de seu monomotor



nas de amostras de água dos rios voadores, que foram estudadas no Centro de Energia Nuclear na Agricultura, da Universidade de São Paulo (CENA-USP), sob a responsabilidade do professor Marcelo Moreira. A coordenação-geral da parte científica do trabalho está a cargo de Enéas Salati, professor aposentado do Departamento de Física e Meteorologia da Esalq/USP e cientista pioneiro na descoberta da importância da floresta para a reciclagem da água atmosférica na Amazônia.

Cumpridos os primeiros anos de estudo, e confirmando o papel e a importância dos rios voadores, o projeto passa à fase educacional. Nosso objetivo com esta publicação é que professores e professoras se tornem conhecedores e divulgadores de um alerta importante: as atividades produtivas em grande parte do Brasil, que dependem da

chuva copiosa oriunda, entre outros fatores, dos rios voadores, podem estar ameaçadas se continuar o desmatamento, com a transformação de milhares de hectares em pastos e campos de cultivo.

Uma mudança como essa pode afetar a vida de todos, mesmo daqueles que vivem em outras regiões, a milhares de quilômetros da floresta. É só seguir adiante para saber como e porque mexer na floresta pode afetar o clima do Brasil todo.

No fim da publicação, você também encontrará algumas orientações pedagógicas, especialmente elaboradas pela equipe de educadores da Editora Horizonte, para debater o assunto com os alunos em sala de aula. Nós apostamos que, depois de abordar os rios voadores em sala de aula, dificilmente seus alunos olharão para o céu da mesma maneira!

**Chuva sobre a Amazônia: da região sai uma parte considerável de umidade para o resto do país**

# Há muita água sobre nossas cabeças



Os rios voadores carregam tanta água quanto os rios terrestres

Os “rios voadores” são cursos de água atmosféricos, invisíveis, formados por vapor de água, muitas vezes acompanhados por nuvens, propelidos pelos ventos. Perto da linha do Equador, são os ventos alíseos que sopram de leste para oeste e que trazem a umidade evaporada do Oceano Atlântico em direção ao continente sul-americano (veja infográfico ao lado).

A chuva que cai sobre a Floresta Amazônica logo é evaporada pelo calor do sol tropical e pela ação da evapotranspiração das árvores. Dessa forma, o ar é sempre recarregado com mais umidade, que continua sendo transportada rumo ao oeste para cair novamente como chuva mais adiante.

Ao encontrar a barreira natural formada pela Cordilheira dos Andes, as massas de ar ainda carregadas de vapor de água são for-

çadas rumo ao sul e trazem a umidade para outras regiões do país. Essa umidade, eventualmente, se transforma em chuva. É essa ação de transporte de enormes quantidades de vapor de água pelas correntes de ar que recebe o nome de rios voadores.

A expressão foi difundida no Brasil na década de 1990 pelo pesquisador do clima José Marengo, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Esse conceito de rios aéreos, uma analogia aos rios terrestres, surge para simplificar o nome científico: Jatós de Baixos Níveis da América do Sul.

O Projeto Rios Voadores colocou uma lupa nesse processo, voando junto com os ventos e coletando amostras de vapor, em busca de conhecer melhor esse fenômeno tão importante para o clima do nosso país.

## Ventos alíseos, nossos velhos conhecidos



REPRODUÇÃO

A umidade que paira sobre os oceanos, produto da evaporação da água do mar, é levada aos continentes por correntes aéreas que obedecem quase sempre o mesmo traçado. No caso do Brasil, são os ventos alíseos os responsáveis pelo transporte desse gigantesco volume de água.

Os ventos alíseos também tiveram um papel importante no passado. São esses mesmos ventos que, na época do descobrimento do Brasil, trouxeram a esquadra de Pedro Álvares Cabral.

# O caminho dos rios voadores

**3** Essa umidade avança em sentido oeste até atingir a Cordilheira dos Andes. Durante essa trajetória, o vapor de água sofre uma recirculação ao passar sobre a floresta.

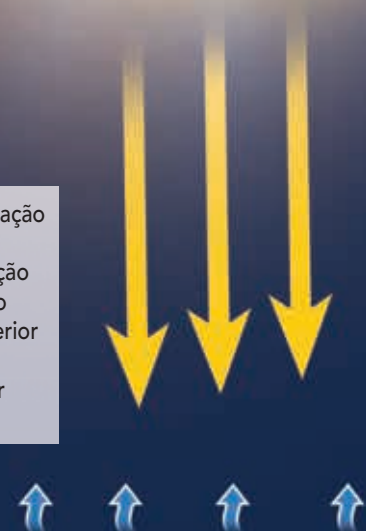
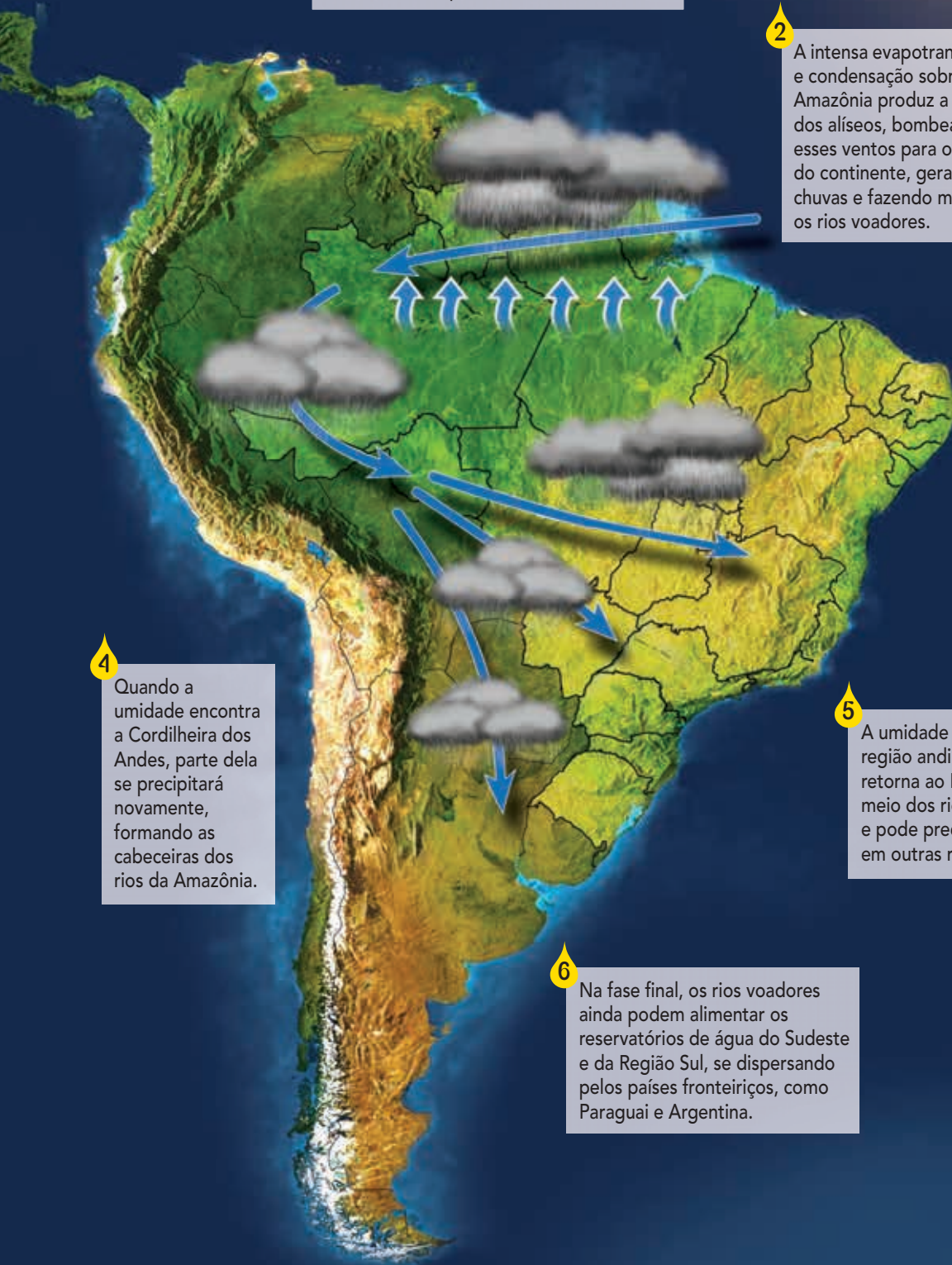
**2** A intensa evapotranspiração e condensação sobre a Amazônia produz a sucção dos alíseos, bombeando esses ventos para o interior do continente, gerando chuvas e fazendo mover os rios voadores.

**1** Na faixa equatorial do Oceano Atlântico ocorre intensa evaporação. É lá que o vento carrega-se de umidade.

**4** Quando a umidade encontra a Cordilheira dos Andes, parte dela se precipitará novamente, formando as cabeceiras dos rios da Amazônia.

**5** A umidade que atinge a região andina em parte retorna ao Brasil por meio dos rios voadores e pode precipitar em outras regiões.

**6** Na fase final, os rios voadores ainda podem alimentar os reservatórios de água do Sudeste e da Região Sul, se dispersando pelos países fronteiriços, como Paraguai e Argentina.



# A floresta como prestadora de serviços ambientais

Serviço ambiental ou ecossistêmico é um conceito novo que exprime o papel exercido por um determinado conjunto de organismos ou bioma para o funcionamento equilibrado do meio ambiente, o que beneficia a vida de todos os seres. Processos naturais, como o de purificação da água e a absorção de gás carbônico e liberação de oxigênio, realizada pela fotossíntese das plantas, são exemplos de serviços feitos “de graça” pela natureza e que são essenciais para a manutenção da vida tal como a conhecemos.

Além do ar puro e da água limpa, a riqueza da biodiversidade é outra grande fonte de valores que um determinado bioma oferece, na forma de alimentos, fibras ou remédios naturais. A continuidade desses serviços depende, diretamente, da preservação e integridade do bioma, pois, se ele se modifica, seja por ação natural ou do homem, seu papel no sistema também pode ser alterado.

A Floresta Amazônica, por exemplo, pres-

ta um serviço ambiental preciosíssimo para o país ao sugar para dentro do continente os ventos umedecidos pelo oceano, alimentando os rios voadores com umidade e distribuindo-a para o resto do país. Mesmo utilizando muito das águas que caem nas chuvas torrenciais, abastecidas e mantidas pelos rios voadores, a floresta “cede” de volta para a atmosfera uma quantidade impressionante de umidade pela transpiração das árvores. Esse vapor, transportado para as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, irrigam as lavouras dessas áreas com chuvas.

Além disso, a água evaporada que vem da Amazônia também será usada para o consumo urbano, já que parte dela infiltrará no solo, suprimindo os mananciais e terminando nos lagos e rios que abastecem as grandes cidades da região mais populosa do Brasil. Até o funcionamento das principais usinas hidrelétricas depende, em grande medida, dos caudais de água trazida pelos rios voadores.

**A Floresta Amazônica presta serviços ambientais muito importantes para o resto do Brasil**



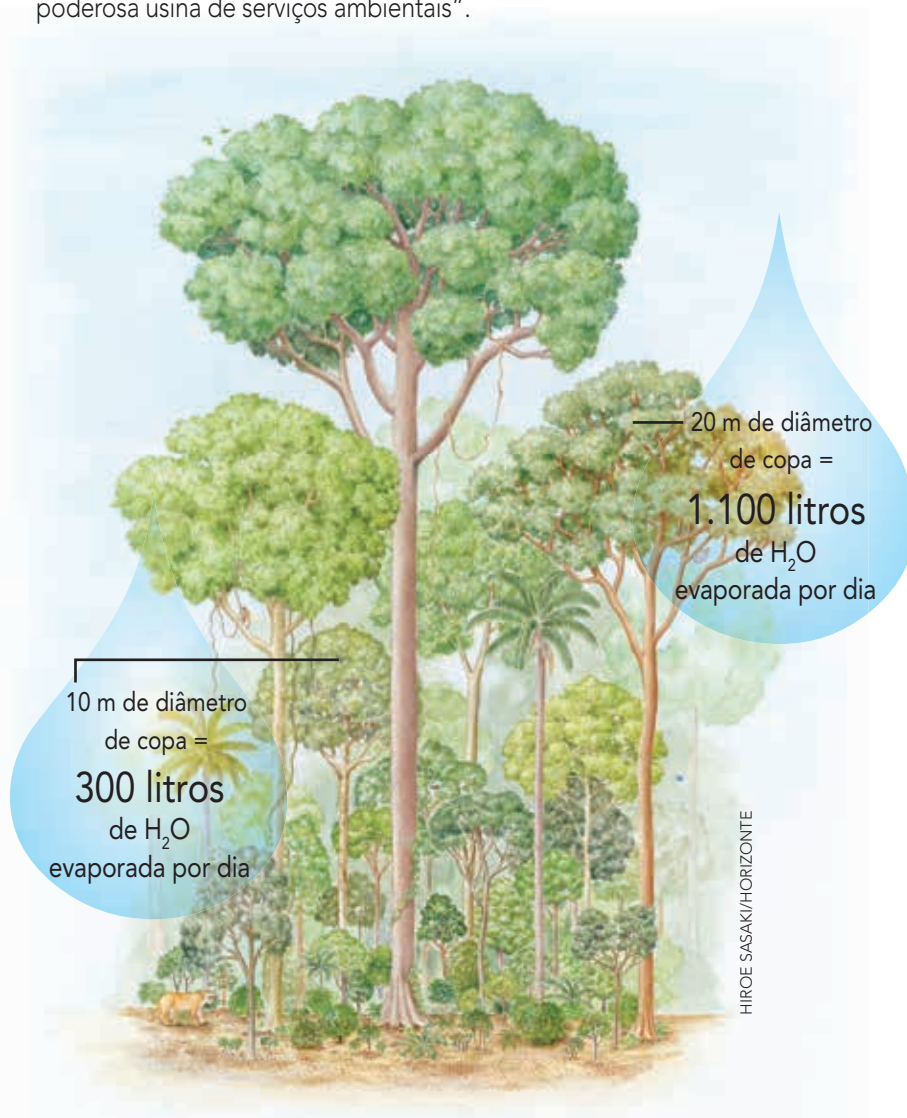


# Amazônia, berço das águas

Você sabia que uma árvore de grande porte pode bombear do solo para a atmosfera de 300 até 1.000 litros (ou mais) de água em um único dia? Só para efeito de comparação, a média de consumo diário, no Brasil, é de 132 litros por habitante. Para calcular a transpiração total das árvores (estima-se que existam 600 bilhões delas, com diâmetro de tronco acima de 10 cm na Amazônia), o professor Antonio Nobre, juntamente com a pesquisadora em hidrologia do INPE, Adriana Cuartas, partiram de uma estimativa conservadora para a evapotranspiração diária de 3,6 mm (água evaporada correspondendo à espessura de 3,6 mm de água em uma lâmina d'água cobrindo toda a região). Isso significa que 3,6 litros de água por metro quadrado, na forma de vapor, são emitidos diariamente pela floresta. Em outras palavras, uma árvore de 10 metros de diâmetro de copa, ocupando uma área de 83 m<sup>2</sup> no dossel da floresta, lança sozinha na atmosfera 300 litros de água em um único dia! Já uma árvore mais frondosa, com cerca de 20 metros de copa, bombeia mais de 1.100 litros para a atmosfera no mesmo período.

Como a parte da floresta que permanece intocada é bem conhecida por estudos de imagens de satélite, representando hoje cerca de 5,5 milhões de quilômetros quadrados, esses cientistas conseguiram calcular a quantidade total de água que a Floresta Amazônica cede para a atmosfera por meio da evapotranspiração das árvores em um dia. Trata-se de um número astronômico: 20 trilhões de litros por dia. Ou 20 bilhões de toneladas de água! Para efeito de comparação: o rio Amazonas, o mais caudaloso do planeta, responsável por um quinto da água doce que os mares recebem, despeja diariamente no Oceano Atlântico 17 bilhões de toneladas.

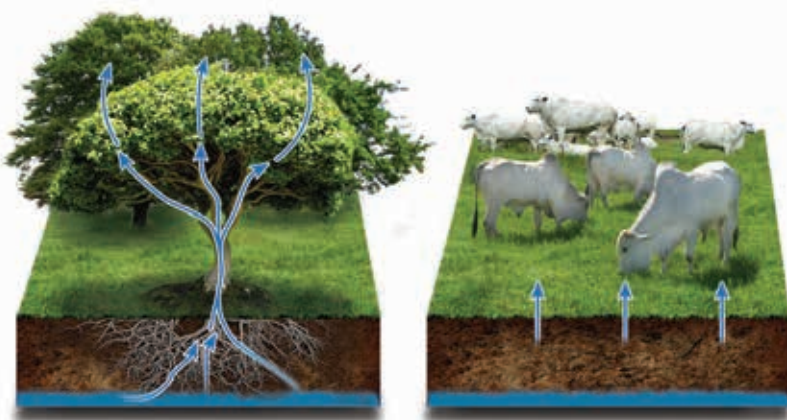
Ou seja, a Amazônia é um sistema de refrigeração para país nenhum botar defeito, funcionando como uma bomba d'água de proporções gigantescas. Tudo isso graças à poderosa evapotranspiração das plantas e à condensação da água nas nuvens, produzindo chuvas copiosas e propelindo os rios voadores, fazendo rodar o ciclo hidrológico (veja infográfico nas páginas 14 e 15). Ou, nas palavras do professor Antonio Nobre, "a Amazônia é uma poderosa usina de serviços ambientais".



# Mais serviços ambientais da Amazônia

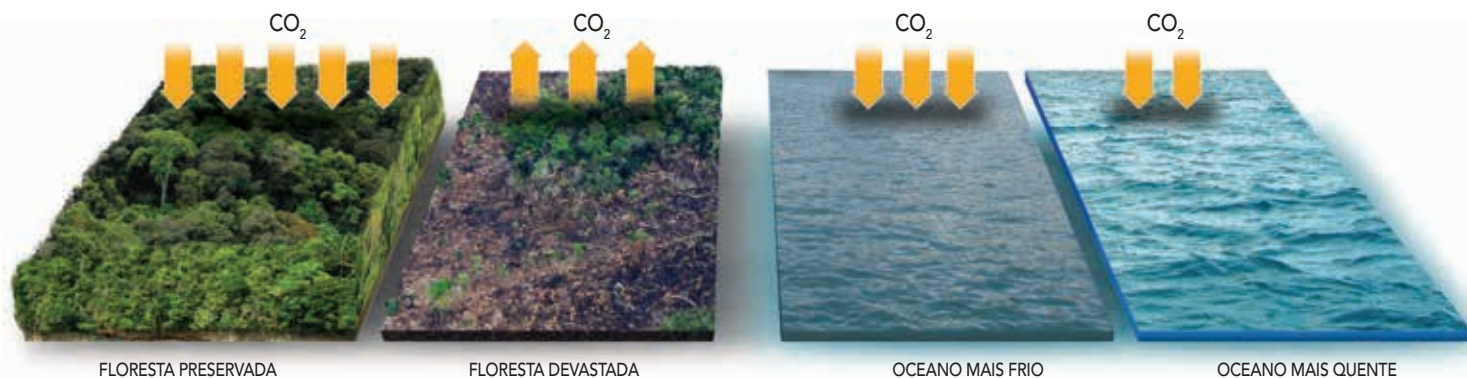
Além de lançar grandes quantidades de vapor de água que serão utilizadas em outros ambientes, a evapotranspiração das plantas da Amazônia é muito importante para a manutenção do clima porque utiliza a energia solar para que a água volte à atmosfera. Para evaporar um grama de água é necessário em torno de 500 calorias. Com isso, uma enorme quantidade de calor irradiado pelo sol é absorvida pela floresta durante o processo de evapotranspiração, o que ajuda a manter as temperaturas mais baixas.

Outro mecanismo importante, formado pela interação da floresta com a umidade dos oceanos, chamado de bomba biótica de umidade, foi descoberto em 2006 por dois cientistas russos, A. Makarieva e V. Gorshkov. Eles descobriram que a evaporação intensa na floresta, associada à condensação igualmente intensa das nuvens, cria zonas de baixa pressão sobre a Amazônia que tendem a deslocar o ar úmido do mar em direção ao continente, já que as correntes aéreas fluem de uma zona de alta pressão atmosférica em direção a outra de baixa pressão. Se essa zona de baixa pressão perder cobertura vegetal, tenderia a puxar menos umidade do oceano.



## A evaporação na floresta e no pasto

Em anos com chuvas normais, a evapotranspiração na floresta pode variar, na média, entre 3,6 a 4,2 mm/dia, enquanto na pastagem entre 1 e 2 mm/dia. Porém, durante o pico das secas sazonais e especialmente nas grandes secas climáticas, a floresta exerce uma função vital para a manutenção das chuvas e dos rios voadores: continua transpirando copiosas quantidades de água. Diferentemente das gramíneas nas pastagens, com suas raízes rasas que rapidamente esgotam a água do solo superficial, as árvores centenárias têm raízes que vão a dezenas de metros de profundidade buscar água no imenso aquífero subterrâneo.



## O “sequestro de carbono”, na floresta e no mar

Tanto a superfície do mar quanto a floresta tropical possuem a capacidade de absorver o gás carbônico da atmosfera. É um mecanismo conhecido como “sequestro de carbono”. Só que a influência humana vem afetando esses dois ambientes. No caso dos oceanos, a elevação da temperatura média diminui a capacidade de o mar absorver o  $\text{CO}_2$  (acima, à direita). No caso do desmatamento, enquanto a floresta intacta tem um papel fundamental no sequestro do carbono, a floresta

degradada perde progressivamente essa capacidade (acima, à esquerda), até se tornar emissora de carbono durante um período de seca, por exemplo. Em 2010, houve a pior seca da história da Amazônia, suplantando a de 2005: esses dois anos também tiveram recordes de alta temperatura. Segundo a agência americana National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2000-2010 foi a década mais quente desde que começaram os registros.



## A floresta faz chover

**O**que acontecerá se a Floresta Amazônica continuar sendo derrubada para dar lugar a pastos e áreas desmatadas, como vem acontecendo desde a década de 1980? Qual será o efeito a longo prazo sobre os rios voadores e, por consequência, sobre o clima do país?

Sem a Floresta Amazônica, ou com sua sensível diminuição, o regime de chuvas no resto do país pode ser alterado drasticamente.

Uma das descobertas recentes mais espetaculares sobre os serviços ambientais prestados pela Floresta Amazônica foi a de que ela faz chover. A descoberta foi realizada no âmbito do projeto LBA (Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia), um experimento científico internacional liderado pelo Brasil. O LBA foi iniciado em 1998 e já soma 156 projetos de pesquisa desenvolvidos por 281 instituições nacionais e estrangeiras.

O pesquisador Antonio Nobre explica a relação encontrada entre a floresta e as chu-

vas: “Gotas precisam de alguma coisa sólida para se formarem, e isso é fácil de perceber quando se tira uma garrafa de refrigerante da geladeira e formam-se gotinhas em volta. A floresta também emite vapores orgânicos para a atmosfera, e esses condensam no ar como poeira higroscópica que funciona como eficiente semente de nuvens”. Só que esse serviço ambiental prestado pela Amazônia não acontece se essas partículas orgânicas forem produzidas em quantidade muito elevada, como nas queimadas, uma das consequências diretas do desmatamento. É por isso que, quando a floresta começa a ficar muito seca, como em 2005 e 2010, e o fogo entra por ela, causa um estrago imenso. “As grandes árvores da Amazônia não têm a mesma resistência ao fogo que as espécies típicas do cerrado. Um fogo bobo mata as árvores porque queima suas raízes superficiais de nutrição, e aquela floresta está condenada”, relata Nobre.

**Os vapores orgânicos da floresta funcionam como “sementes de chuva”**



# O Brasil é campeão das chuvas

Esta plantação de cana no interior de São Paulo está no caminho dos rios voadores

Nosso país é privilegiado em termos de ocorrências de chuva. E deve seu atual papel de destaque como um grande exportador de produtos agrícolas ao fato de que,

por aqui, cai mais chuva do que em qualquer outro país do mundo (veja quadro).

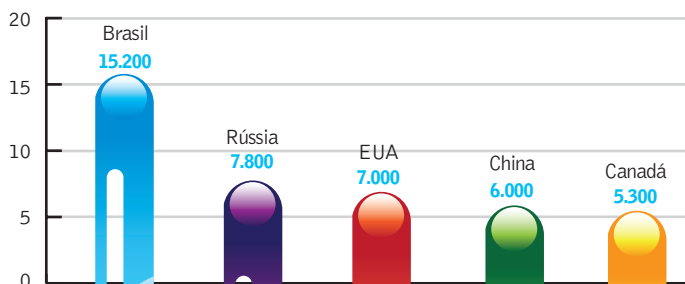
Nosso título de campeão das chuvas deve-se ao fato de possuímos a maior floresta tropical do mundo, que, ao propelar e suprir os rios voadores, fornece o vapor de água que chega em outras regiões do país ao sul da Amazônia. Ao encontrar uma frente fria, por exemplo, essas massas de ar úmido podem se transformar em chuva. Atravessando a Amazônia, uma molécula de água precipita, em média, 2,8 vezes entre Belém e Rio Branco.

Trazida para outras regiões, essa umidade reciclada ajuda a transformar o Centro-Oeste, Sudeste e Sul no celeiro agrícola do país. A chuva que cai alimenta rios importantes, como o Paraná e o Tietê, nos quais imensas hidrelétricas fornecem a energia da qual dependem as indústrias nacionais. No quadrilátero que vai de Cuiabá a Buenos Ai-



Veja abaixo a quantidade de água de chuva que cai, por ano, nos 5 maiores países do mundo

Quilômetros cúbicos/ano



Fonte: Tyndall Centre for Climate Change Research

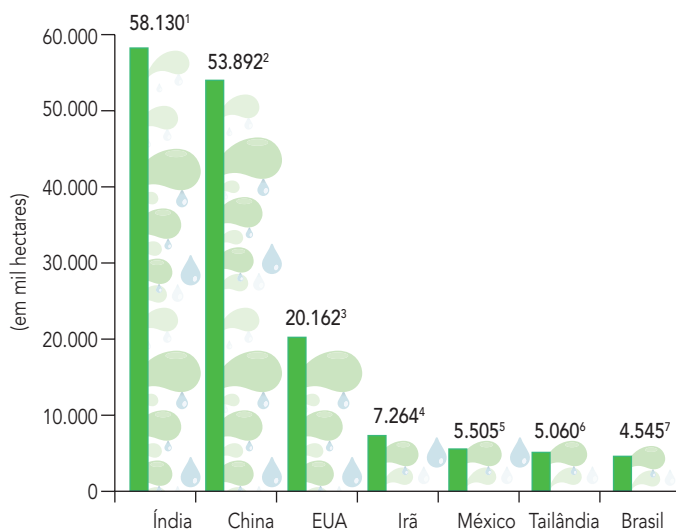
res e de São Paulo à Cordilheira dos Andes, é produzida 70% da riqueza do continente.

Grande parte das terras cultivadas no Brasil depende da permanência do regime de chuvas para continuar produzindo – e essas chuvas precisam dos rios voadores, entre outros elementos, para o seu transporte.

Comparado com outros gigantes da produção agrícola e pecuária, o Brasil possui apenas 5% de suas terras produtivas dotadas de alguma forma de irrigação mecanizada (veja gráfico ao lado). Nos outros 95%, de onde sai 84% da produção agrícola, os plantios se beneficiam da grande quantidade de chuva que se precipita no Brasil.

Com isso, nossa agricultura depende menos de caros sistemas mecanizados de irrigação do que outros países, o que reflete em significativa vantagem competitiva na exportação de commodities agrícolas.

## Quem precisa de irrigação



Dados referentes aos anos: 1. 2001; 2. 2006; 3. 1989; 4. 1993; 5. 1997; 6. 2007; 7. 2006

Fonte: Aquastat/FAO, 2010



Barreira natural dos ventos úmidos

## O papel dos Andes no clima brasileiro

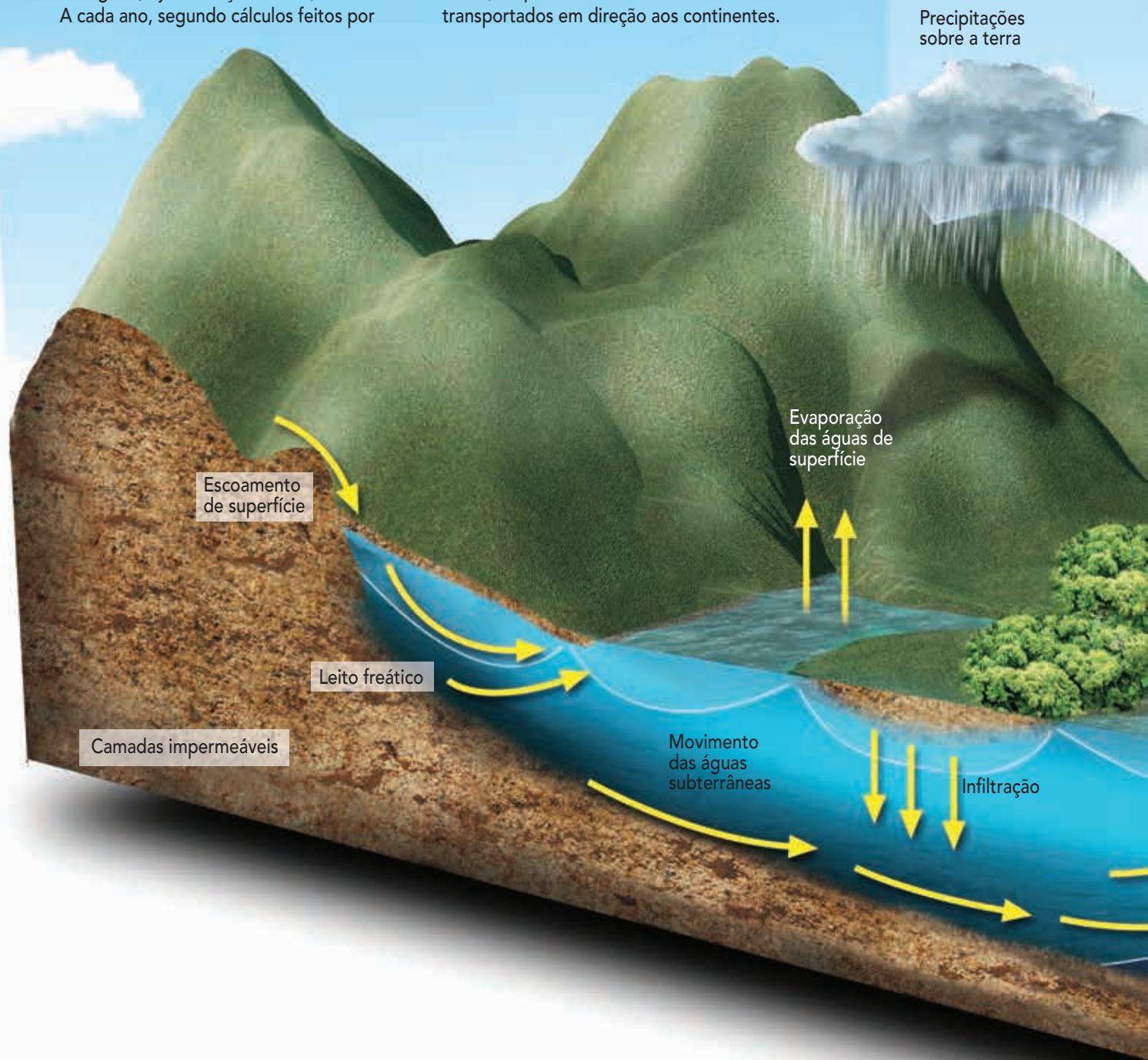
O regime de chuvas no Brasil se deve muito a um acidente geográfico localizado fora do país. A Cordilheira dos Andes, uma barreira com altura média de 4.000 metros que atravessa o continente sulamericano de norte a sul, cria um paredão que bloqueia e desvia o caminho dos ventos alísios. Quando as massas de ar carregadas de umidade, boa parte dela proveniente da evapotranspiração da floresta, chegam nos Andes, elas se precipitam parcialmente nas encostas leste, formando as cabeceiras dos rios da Amazônia. As correntes aéreas ainda carregadas de vapor de água procuram outro rumo, partindo em direção ao sul. É por isso que se diz que o Acre é onde o vento faz a curva. "Se não existissem os Andes, nós teríamos um clima muito mais seco no Brasil central. Basta ver os outros continentes que estão na mesma latitude que a nossa, como a Austrália: lá, a maior parte do território é um deserto", explica Pedro Leite da Silva Dias, diretor do Laboratório Nacional de Computação Científica, um dos especialistas em clima que integra a equipe de pesquisadores envolvida no projeto.

# Entendendo o ciclo hidrológico

A quantidade de água existente no planeta foi calculada pelo hidrogeólogo russo Igor Shiklomanov, para um estudo da ONU, como sendo 1,4 bilhão de  $\text{km}^3$ . Essa quantidade não sofre grandes alterações desde o surgimento da vida por aqui, já que a água está sempre se renovando em seu ciclo, chamado de ciclo hidrológico (veja ilustração abaixo).

A cada ano, segundo cálculos feitos por

Shiklomanov, o volume de água evaporado dos oceanos chega a 505 mil  $\text{km}^3$ , o equivalente a uma redução do nível do mar de 1,4 metro, se toda a evaporação acontecesse em um único dia. Desse gigantesco volume, cerca de 458 mil  $\text{km}^3$ , o equivalente a 95% do total, retorna aos oceanos na forma de chuva, enquanto cerca de 60 mil  $\text{km}^3$  são transportados em direção aos continentes.

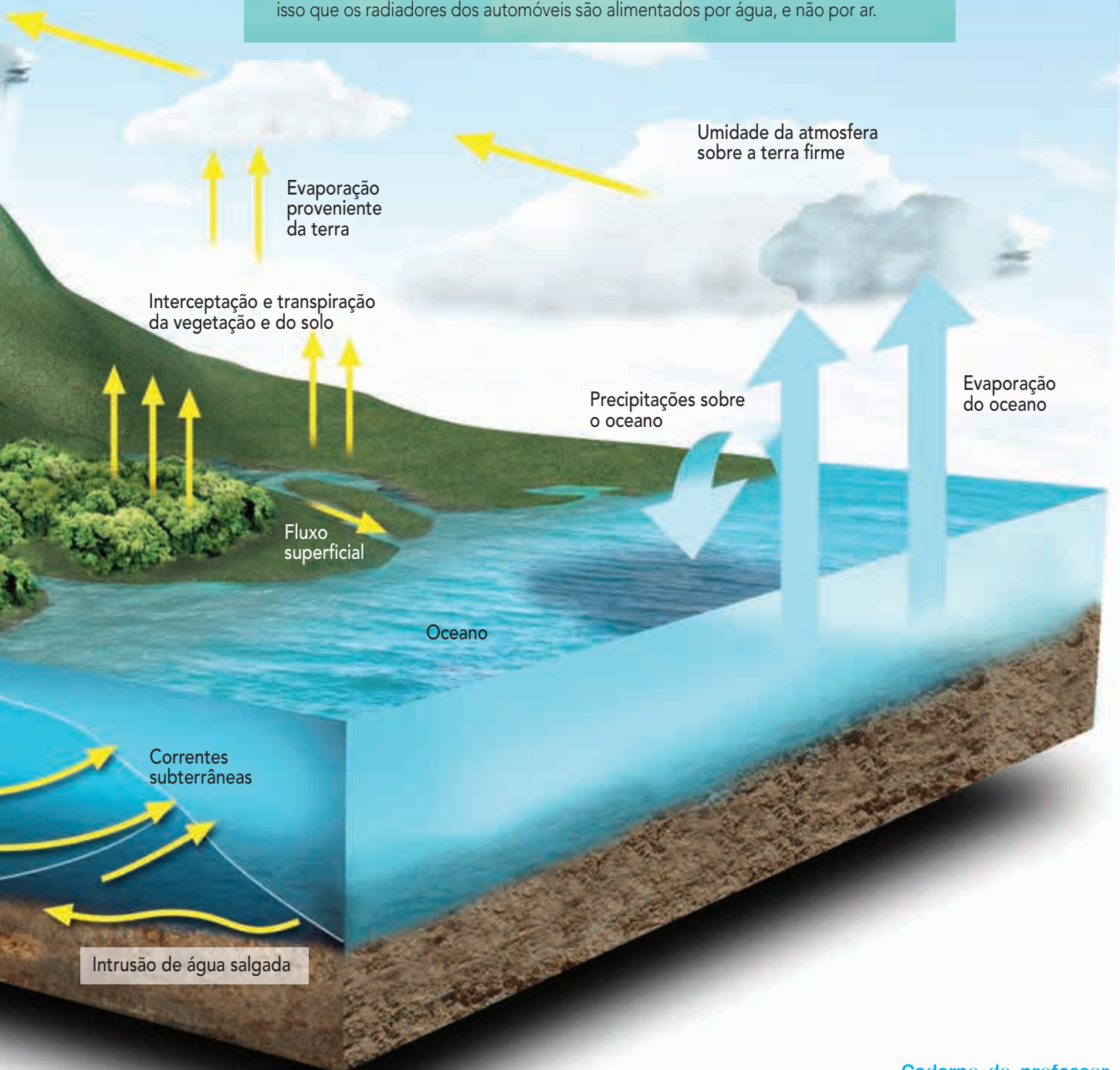


## A água como reguladora da temperatura terrestre



A vida na Terra só se tornou possível porque aqui existe água em abundância. Se ela não existisse, a variação na temperatura do nosso planeta seria semelhante à de Marte. No planeta vermelho, em um só dia e em pleno Equador, a temperatura oscila entre 22 graus no dia e 73 graus negativos à noite! Por aqui, as variações raramente são superiores a 10 graus. Pode-se dizer, então, que o milagre da vida acontece porque o planeta Terra é, na verdade, o planeta água.

A água tem essa capacidade extraordinária de regular a temperatura do planeta porque, dentre todos os líquidos conhecidos, é o que precisa de maior quantidade de calor para elevar em 1 grau sua temperatura. Graças a essa característica, a água é capaz de armazenar calor e manter sua temperatura por muito mais tempo. É por isso que os radiadores dos automóveis são alimentados por água, e não por ar.



# A savanização da Amazônia



ANDRÉ PESSOA/HORIZONTE

A troca da floresta pelo pasto implica no empobrecimento do solo, na diminuição da umidade e na quantidade de água disponível

O IPCC faz uma previsão sombria sobre a Amazônia: se o desmatamento não for interrompido, será inevitável que aconteça uma gradual transformação da floresta em savana, alterando o regime de chuvas e trazendo prejuízos incalculáveis para a rica biodiversidade da região.

Outra consequência do desmatamento da Amazônia é que a quantidade de água absorvida pela superfície da terra diminui nas áreas sem cobertura vegetal, provocando problemas como o empobrecimento do solo e a erosão, pois sem árvores a água corre, em vez de impregnar as plantas e o solo, como acontece na mata pouco alterada.

As áreas desmatadas, que se transformam em savanas como o nosso cerrado, não fornecem tanta umidade para a atmosfera quanto as áreas de floresta tropical. Cerca de 20% da mata em torno da região do Arco do Desmatamento, também chamado de Arco de Fogo, já se encontra em processo de savanização, que pode se tornar irreversível.

A perda de cobertura vegetal, principalmente nos estados de Pará, Mato Grosso e Rondônia, vem provocando a elevação da temperatura em cidades próximas ao Arco do Desmatamento, como Cuiabá ou Porto Velho.

Dessa forma, quando trocamos a floresta em pé, capaz de prestar todos esses serviços ambientais para o nosso país, por pastos ou plantios, mesmo que esses gerem riqueza imediata com a exportação de carne ou soja, a longo prazo essa troca pode ser desvantajosa para o país, pois outros tipos de cobertura vegetal não oferecem os serviços essenciais que a floresta é capaz de produzir.

## Desmatamento na Amazônia

- Limite da área da Amazônia Legal
- Área de desmatamento da Floresta Amazônica conhecida como Arco de Fogo ou Arco do Desmatamento



Fonte: Greenpeace, 2011.





O balão de ar quente possibilita a coleta de amostras em baixa altitude

## Como funciona o Projeto Rios Voadores

As amostras de vapor de água eram coletadas em voos sobre o Oceano Atlântico, acima da Amazônia e em outras regiões do país. Por um filtro instalado em uma janela da aeronave, o ar externo é sugado para dentro do avião. Canalizado para tubos de ensaio inseridos em um recipiente refrigerado por uma "sopa" borbulhante de gelo seco amassado, à temperatura de 78 graus negativos, o vapor condensa e forma gotas de água nos tubos logo após a coleta.

Imediatamente lacrados, os tubos com amostras eram enviados ao laboratório do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, da Universidade de São Paulo (CENA-USP), para análise e interpretação.

O que os cientistas queriam era identificar a origem, a dinâmica e o deslocamento das massas de ar e de vapor de água dos rios voadores, usando para isso o que se chama de uma "assinatura isotópica", cuja interpretação se complementa às informações meteorológicas fornecidas pelo CPTEC/INPE, outra instituição parceira do Projeto Rios Voadores.

Em 2011 e 2012, além de usar a aeronave, a equipe usou um balão de ar quente para coletar amostras em altitudes mais baixas, na altura da copa das árvores.

### Objetivos do projeto

- Caracterizar a origem do vapor de água por meio da análise isotópica das amostras coletadas por avião e balão de ar quente.
- Seguir e monitorar a trajetória dos rios voadores, procurando entender as consequências do desmatamento e das queimadas na Amazônia sobre o balanço hídrico do país e sua participação no panorama das mudanças climáticas.
- Divulgar para a população em geral a valiosa contribuição da Floresta Amazônica para abastecer os recursos hídricos brasileiros.
- Conscientizar e valorizar a preservação da Amazônia como essencial para as atividades econômicas do país, da agricultura à indústria, como também para a qualidade de vida da população.
- Preparar professores das redes públicas de ensino em vários estados diferentes com oficinas e material didático para inclusão do tema em sala de aula.



# Coletando amostras de água

**Monomotor usado como principal instrumento de coleta do projeto**

A coordenação científica do Projeto Rios Voadores é do agrônomo Enéas Salati, professor aposentado do Departamento de Física e Meteorologia da Esalq/USP. Salati foi autor de um estudo fundamental sobre o ciclo hidrológico da Amazônia nos anos 1970 e desde essa época estuda, por meio de técnicas isotópicas (*veja quadro na próxima página*), o fluxo de vapor de água que entra e sai da região Amazônica.

O trabalho pioneiro de Salati revelou que 44% desse fluxo de umidade que penetra a Amazônia, vindo do mar, condiciona o clima da América do Sul, atingindo as regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste do Brasil. Foi dele a proposta de coletar amostras de vapor de água para, por meio da análise isotópica, ampliar o conhecimento sobre os rios voadores.

Na primeira fase do projeto, realizada entre 2007 e 2009, foram coletadas 500 amostras de vapor de água de várias regiões do Brasil, em 12 campanhas em diversas regiões do

país. Em agosto de 2010, foi feito o primeiro voo de coleta da segunda fase, realizado em plena seca, para fins comparativos.

Com isso, o projeto buscava examinar não apenas a interação dos ventos, da umidade, da chuva em certo dia e local, mas permitir cruzamentos de informações para saber, por exemplo, quais eram os ventos predominantes nos dias que antecederam a coleta ou qual foi a quantidade de água precipitável em cima de determinada cidade.

O projeto gera novos produtos voltados aos estados inseridos nas ações educacionais. No site do projeto é possível saber a origem do vapor de água que se encontra acima de determinadas cidades, se veio diretamente do oceano ou via Amazônia, por exemplo. Também mostra o balanço hídrico-atmosférico, que quantifica o vapor de água que entra e sai da região e identifica se vem da evapotranspiração local ou se provém de outra região.

# O segredo da molécula de água

Você já sabe que toda molécula de água é formada por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio. Mas, talvez, não saiba que na natureza existem diferentes tipos de átomos de oxigênio, bem como de hidrogênio. São os chamados isótopos.

No processo de evaporação da água e na sua condensação para formar as nuvens existe uma variação nas concentrações desses isótopos, ou seja, uma “assinatura” que depende da origem da água e dos processos que ela sofreu.

Graças aos recursos do projeto provenientes da Petrobras, a Universidade de São Paulo conseguiu importar um espectrômetro de massas, equipamento similar ao utilizado pela Agência Internacional de Energia Atômica, que permite analisar muitas amostras em pouco tempo, sem comprometer a precisão do estudo. Esse equipamento ajudará os pesquisadores do Centro de Energia Nu-



clear na Agricultura (CENA), do campus da USP de Piracicaba, a montar uma base de dados cada vez mais confiável para que se possa entender o fenômeno dos rios voadores e, principalmente, as ameaças decorrentes da diminuição da superfície coberta pela floresta provocada pela troca das árvores por pastos e zonas de plantio.

**Cristais de água se formam em volta do tubo resfriado a 78 graus negativos**

## O que é uma assinatura isotópica

Isótopos são átomos que no seu núcleo possuem o mesmo número de prótons, porém diferentes números de nêutrons. O oxigênio que encontramos na natureza apresenta três diferentes isótopos estáveis,  $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$  e  $^{18}\text{O}$ , e em seus núcleos sempre encontram-se oito prótons, enquanto o número de nêutrons se diferencia sendo oito, nove e dez, respectivamente.

As moléculas de água formadas por dois átomos de  $^1\text{H}$  e um átomo de  $^{16}\text{O}$  terá massa molecular 18 e tem propriedades físico-químicas diferentes do que aquelas moléculas formadas por dois átomos de  $^1\text{H}$  e um átomo de  $^{18}\text{O}$  que têm massa molecular 20. Essas moléculas têm propriedades diferentes no ciclo hidrológico quando evaporam ou se condensam.

A água do solo que é absorvida pelas plantas tem assinaturas isotópicas que dependem da “história” do vapor de água que deu origem às chuvas na região considerada. As plantas absorvem a água do solo e pela transpiração liberam o vapor de água para o ar com a mesma composição isotópica da água do solo. Ou seja, a água transpirada pelas plantas tem uma composição

isotópica que depende da “história” do vapor de água que deu origem às chuvas nesse local.

Esse processo de condensação e precipitação acontece ao longo da trajetória do ar que vai de Leste para Oeste na Amazônia. Dessa forma a composição isotópica da chuva em qualquer região dependerá da “história” do vapor de água ao longo dessa trajetória.

Como se condensam preferencialmente as moléculas mais pesadas (massa molecular 20), o vapor residual fica enriquecido nas moléculas mais leves (massa molecular 18).

Desta forma, as precipitações ficam com uma “assinatura isotópica” que é diferente da água do mar e que reflete a “sua história”, ou seja, o número de vezes que ela recicla, desde a formação por evaporação da água do mar até o local onde se precipitam.

Quando são analisadas as composições isotópicas das chuvas na região amazônica, verifica-se que existe uma forte recirculação do vapor de água na atmosfera da bacia amazônica, e que uma parte do vapor de água que entra sai da região na forma de vapor.

# Por dentro do site



**H**á muitas informações úteis no site do Projeto ([www.riosvoadores.com.br](http://www.riosvoadores.com.br)) e algumas ferramentas de trabalho para usar com a turma em classe.

No campo "mapas meteorológicos", por exemplo, é possível acompanhar a trajetória de diversos rios voadores ao longo de ciclos, em diversas datas e períodos de tempo. Ou descobrir como se calcula o balanço hidrológico de duas grandes áreas de interesse do projeto: a região Amazônica e o Centro-Oeste brasileiro. Essas taxas são atualizadas

diariamente e, assim, seus alunos compreenderão facilmente quando o balanço está positivo (entra mais água na região do que sai) ou negativo (nesse caso, a região "cede" água para outras). E as trajetórias dos rios voadores podem ser acompanhadas por períodos e cidades.

No site do projeto também foi criada uma seção educacional para fornecer informações úteis aos alunos e algumas ferramentas de trabalho para os professores usarem com suas turmas em sala de aula.

## Outros sites relacionados ao tema

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos: [www.cptec.inpe.br](http://www.cptec.inpe.br)

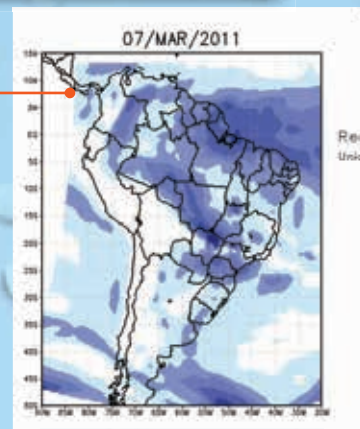
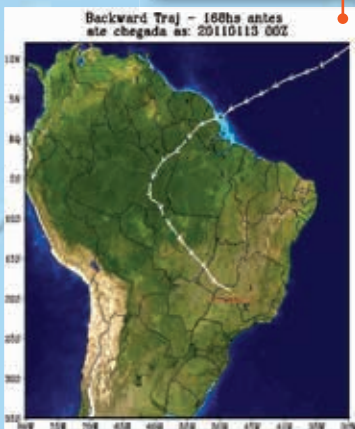
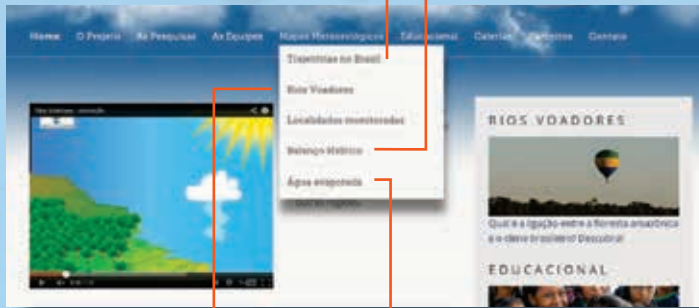
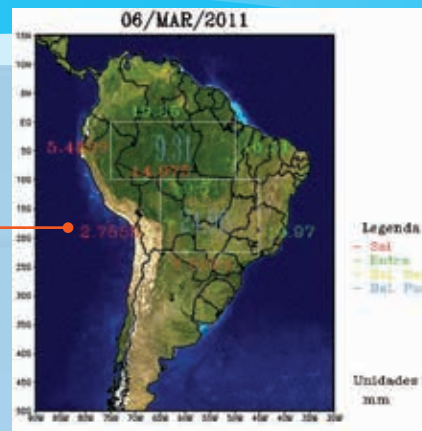
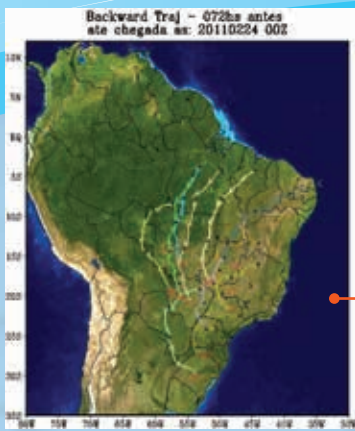
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: [www.inpe.br](http://www.inpe.br)

INPA - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia: [www.inpa.gov.br](http://www.inpa.gov.br)

LBA - Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia: [lba.inpa.gov.br/lba/](http://lba.inpa.gov.br/lba/)

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia: [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)

ANA - Agência Nacional de Águas: [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)



## A Floresta Amazônica e o clima

O papel da região Amazônica no clima global ainda está sendo investigado pela ciência, mas estudos feitos nos últimos dez anos revelam que as interações naturais da floresta com a atmosfera são importantes para a regulação de chuvas e do ciclo hidrológico em toda a América do Sul.

O Projeto Rios Voadores é mais uma iniciativa educacional para que os brasileiros conheçam cada vez mais a sua grande floresta, um patrimônio

imensurável de riquezas, seja de biodiversidade, água ou de serviços ambientais. E o conhecimento é o primeiro e mais importante passo a ser dado para a formação da consciência, entre as futuras gerações, da importância de preservarmos a Amazônia para o Brasil e para o mundo.

Veja, a seguir, algumas orientações didáticas sobre como trabalhar o tema dos rios voadores em sala de aula.

## Atividade 1

# Saiba como funciona uma estação meteorológica

**Disciplinas:** Geografia, Arte, Língua Portuguesa e Ciências.

**Objetivos:** Conscientizar sobre a importância da coleta de dados meteorológicos e sobre a previsão de tempo; construir uma estação meteorológica com materiais simples; fazer observações e coletas de dados; construir tabelas, gráficos e relatórios; visitar uma estação meteorológica.

**Materiais necessários:** Tesoura, canudo, cartolina, garrafas PET, fita adesiva, canetas e jornais.

### 1ª etapa

#### Conhecimento prévio

Reunir os alunos numa roda e conversar sobre o assunto, explorando o conhecimento prévio deles. Perguntar: O tempo (meteorológico) e o clima são a mesma coisa? Qual a diferença entre eles? Qual a importância da previsão meteorológica? Como é feita essa previsão? Quais os instrumentos necessários para coletar dados? Pode-se indicar o site do CPTEC/INPE (<http://www.cptec.inpe.br/>) para que pesquisem quando tiverem oportunidade de acessar o computador ou jornais.

### 2ª etapa

#### Montando uma estação meteorológica

A partir das observações feitas e dúvidas levantadas, perguntar aos alunos quais os instrumentos que pensam ser necessários para a coleta de dados e previsão de tempo. Solicite ao grupo que pesquise sobre cada instrumento:

VINICIUS ROGERIO DA ROCHA/ESTACAO JAG-USP

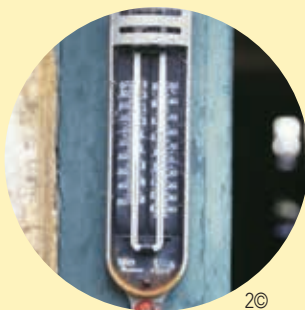


Estação meteorológica em São Paulo: previsões para o campo e para a cidade

Para que serve? Como funciona? Peça para pesquisar se existe um modelo que eles possam confeccionar. Ou, se preferir, veja nas próximas páginas como construir equipamentos caseiros.

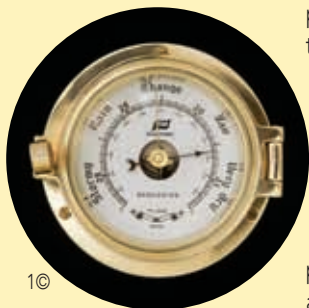
### Termômetro de máximo e mínimo

– é usado para medir as temperaturas máxima e mínima do dia. É um tubo em forma de U com a dobra preenchida com mercúrio. Uma extremidade é completamente preenchida com álcool e a outra é parcialmente preenchida com álcool. O líquido termométrico é álcool, cuja expansão e contração permitem que a mudança na temperatura seja registrada.



2©

**Barômetro** – é usado para medir a pressão atmosférica. Ele pode ser do tipo coluna de mercúrio ou do tipo aneróide (metálico). O ar aplica uma pressão com seu peso. Quanto maior a pressão do ar, mais comprida fica a coluna de mercúrio. Assim, a pressão pode ser calculada, multiplicando-se o peso da coluna de mercúrio pela densidade do mercúrio e pela aceleração da gravidade.



1©

**Biruta ou cata-vento** – são instrumentos usados para saber a direção do vento. A biruta é um saco longo, como um coador de café, aberto nos dois lados. A direção do vento é indicada pela posição da biruta. É um instrumento usado nos aeroportos para guiar os pilotos, pois os aviões sobem e descem sempre contra a direção de onde vem o vento.



3©

**Pluviômetro** – é usado para recolher e medir, em milímetros lineares, a quantidade de líquidos ou sólidos (chuva, neve, granizo) precipitados durante um determinado tempo e local.



4©

### 3ª etapa Coleta de dados

Defina um período para a coleta de dados diários (uma/duas vezes; semanas/mês). Solicitar que montem uma tabela para anotação dos dados. Pedir para observar a previsão de tempo para aquele dia. Anotar na tabela se a previsão de tempo foi confirmada. Conversar com os alunos se essa periodicidade é suficiente para prever o tempo.

### 4ª etapa Trabalhando os dados

Com os dados obtidos nas tabelas, pedir aos alunos para montarem algumas informações na forma gráfica (discutir quais dados são mais bem representados e quais as formas de gráfico mais adequadas para essa representação). Discuta com a turma sobre a facilidade de leitura de um dado a partir da leitura de um gráfico.

Estimular o grupo para apresentar um relatório que contenha: introdução, objetivos, materiais e procedimentos metodológicos utilizados, resultados, conclusão e bibliografia. Os resultados da coleta de dados feita pelos alunos devem ser compartilhados com o grupo.

### 5ª etapa Visita a uma estação meteorológica

Verificar se existe uma estação meteorológica no município ou próximo à escola. Se houver, proponha a visita. Pedir aos alunos para comparar com a estação que fizeram na escola. Conversar sobre a precisão dos dados coletados por eles e os dados da estação meteorológica.

## Atividade 1 (cont.)

# Uma estação meteorológica na sua escola

### 1ª etapa

### Construindo um barômetro com a turma

#### Material necessário:

Cola, tesoura sem ponta, durex colorido ou fita adesiva, três lápis, garrafa PET pequena, massa de modelar, tigela pequena, corante ou tinta e pincel.

#### Modo fazer:

▶ Cole os três lápis na garrafa de plástico pequena com pedaços de durex; as pontas dos lápis devem ficar acima do gargalo (boca) da garrafa (**imagem 1**).

▶ Utilizando a garrafa como molde, pressione três pedaços de massa de modelar contra o fundo da tigela, para servirem de suporte aos lápis (**imagem 2**).

▶ Encha a tigela e a garrafa com água até o meio. Junte gotas e corante ou tinta com um pincel (**imagem 3**).

▶ Tape a boca da garrafa com a mão. Vire-a ao contrário, com a boca para baixo e cole-a na água que está na tigela (**imagem 4**).

▶ Tire a mão da boca da garrafa. Mantendo a garrafa em posição perpendicular, pressione o lápis firmemente contra a massa de modelar (**imagem 5**).

▶ Corte pequenas tiras de durex colorido e cole-as em dos lados da garrafa para fazer uma escala (**imagem 6**).

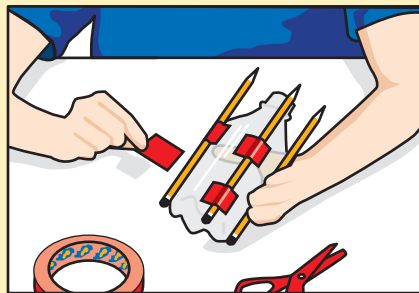


Imagem 1

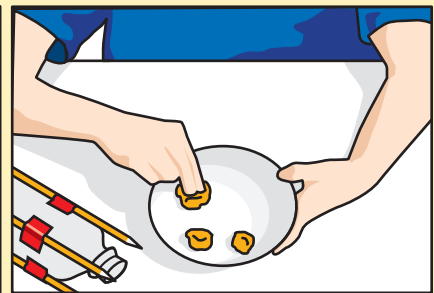


Imagem 2

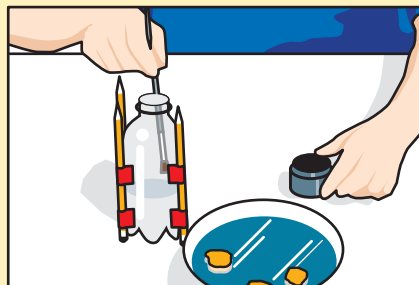


Imagem 3

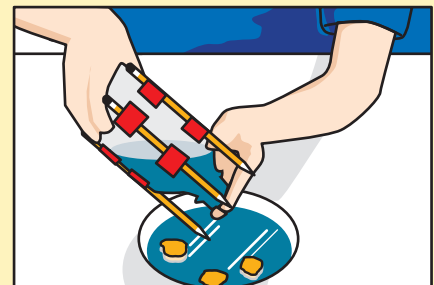


Imagem 4

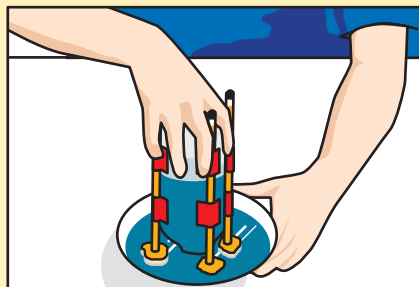


Imagem 5

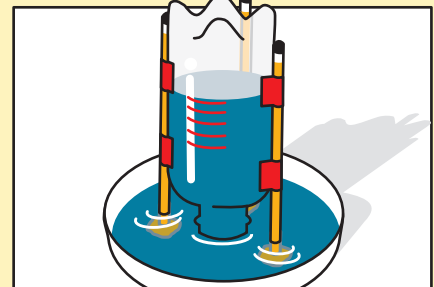


Imagem 6

#### Como funciona o barômetro

O barômetro é um aparelho que mede a pressão atmosférica. O ar faz pressão na água que está dentro da garrafa. Quando a pressão atmosférica aumenta, o ar comprime mais a água, fazendo com que a água da garrafa suba na escala. Quando a pressão atmosférica diminui, o nível da água na garrafa desce igualmente.

O nível da água só subirá ou descerá ligeiramente, por isso é preciso verificar a escala com muita atenção.



## 2ª etapa

### Construindo um pluviômetro

#### Material necessário:

Garrafa PET grande, tesoura, cola, durex colorido ou fita adesiva.

#### Modo fazer:

▶ Corte um quarto do topo da garrafa plástica grande, utilizando uma tesoura (**imagem 1**).

▶ Ponha o topo da garrafa voltado para baixo na base da mesma, para que funcione como um funil. Cole as bordas uma à outra (**imagem 2**).

▶ Corte pequenas tiras de durex colorido. Cole-as em um dos lados da garrafa com intervalos de cerca de 1 centímetro, para servir de escala (**imagem 3**).

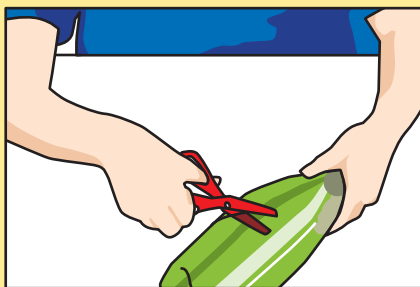


Imagem 1



Imagem 2



Imagem 3

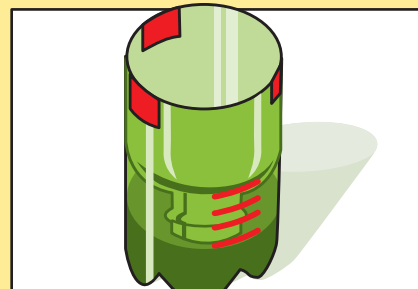


Imagem 4

#### Controle da precipitação atmosférica

Quando chover, verifique todos os dias a subida da água na escala, que deve ser anotada em milímetros. Após registrar, esvazie o pluviômetro.

## 3ª etapa

### Como fazer uma biruta

#### Material necessário:

Arame maleável, papel crepom, tesoura, cola, vara de bambu de 30 centímetros.

#### Modo fazer:

▶ Pegue a folha de crepom, que deve ser aberta no chão e fechada com cola, pelo comprimento (**imagem 1**).

▶ Depois, faça tiras de crepom, que devem ser coladas em uma das pontas.

▶ Molde uma argola de arame de 15 centímetros de diâmetro. Nela vão ser amarrados quatro pedaços de barbante, de 20 centímetros cada um, que depois serão presos em um único nó (**imagem 2**).

▶ Ajude seus alunos a colocar o anel na ponta do cano, dobrando o papel e passando cola.

▶ Prenda a vareta na ponta que une os barbantes (**imagem 3**).

Está pronta a biruta.

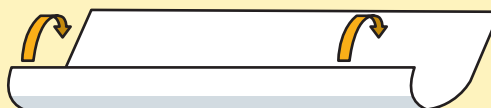


Imagem 1

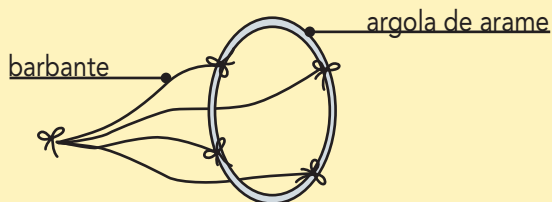


Imagem 2

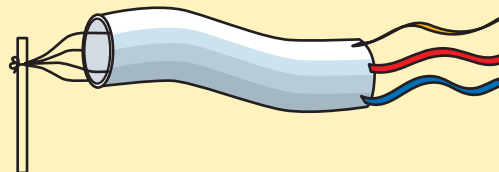


Imagem 3

## Atividade 2

# Aprenda a observar as nuvens



GEORGE D. LEFPP/CORBIS/LATINSTOCK

**Disciplinas:** Geografia, Arte e Ciências.

**Objetivos:** Aprender a identificar os diferentes tipos de nuvens e o que representam para o clima; busca e coleta de informação em diferentes meios (eletrônicos, livros, jornais); estimular o uso da tecnologia a serviço do aprendizado.

**Materiais necessários:** Máquina fotográfica ou aparelho celular com câmera, jornais, computador, Caderno do professor "Os rios voadores, a Amazônia e o clima brasileiro", imagens de satélite, mapa do Brasil.

### 1ª etapa

#### Conhecimento prévio

Conversar com os alunos sobre o que são nuvens e como são formadas. Propor a leitura compartilhada do texto a partir da página 6. Introduzir curiosidades como temperatura interna nas nuvens e relacionar os tipos de nuvens com os eventos climáticos.

### 2ª etapa

#### Observação de nuvens

Pedir para que os alunos fotografem nuvens com suas câmeras fotográficas ou celulares. Na impossibilidade de contarem com esses equipamentos, eles podem também desenhar. Com as imagens em mãos, o professor deve estimular os alunos a procurarem em sites específicos da internet ou livros os diferentes tipos de nuvens, despertando a curiosidade deles e relacionando o significado delas com aspectos climatológicos (veja quadro na pág. 28).

### 3ª etapa

#### Montagem de uma apresentação

Organizar em grupos os alunos com os mesmos tipos de nuvens. Selecionar suas melhores fotos e montar um cartaz para apresentação. Na apresentação, os alunos explicam

Cirrostratus



LAURENT LAVEDER/SPL/ISTOCK

### Altostratus

suas conclusões e curiosidades a respeito do assunto. A sala pode votar nas imagens mais bonitas ou curiosas que foram mostradas.

#### 4ª etapa Nuvens sobre o Brasil

Como etapa complementar, mostrar aos alunos imagens de satélite do Brasil com diferentes coberturas de nuvens e, se possível, em diferentes estações do ano. Estimular os alunos a observarem a cobertura de nuvens em diferentes momentos. O que significa o deslocamento dessas nuvens? Como ocorre a distribuição da umidade no país? Identificar com eles a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS),

a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e as frentes frias. Discuta com os alunos em que época do ano ocorre a atuação de cada uma das massas de ar e qual a localização nas determinadas épocas.

Ler com eles da página 4 à 11 do Caderno do professor “Os rios voadores, a Amazônia e o clima brasileiro”. Propor uma reflexão sobre os diversos temas abordados, questionando: Qual a relação entre a posição econômica que o Brasil se encontra e as distribuições de chuva? Qual a relação entre a produção de alimentos (e energia) e o desmatamento na Amazônia? Identificar num mapa as regiões mais devastadas. Quais medidas podem ser tomadas para solucionar o problema?

## Tipos de nuvens

As nuvens são divididas conforme a altitude e o formato. As nuvens baixas nas regiões tropicais, como o Brasil, não ultrapassam 2 quilômetros de altura em relação ao solo. Já as nuvens de média altitude atingem entre 2 e 7 quilômetros de altitude. Acima dessa, são as chamadas nuvens altas.

**Cumuloninbos:** são aquelas de desenvolvimento vertical, com aparência semelhante a uma bigorna. São nuvens que provocam chuvas fortes, trovoadas e granizo, chegando a alcançar altura de até 10 quilômetros. Elas costumam ser evitadas pelos aviões.

**Cumulos:** são conhecidas como nuvens de “bom tempo” e costumam formar grupos pequenos. Também entre as nuvens baixas existem as chamadas de **Stratus** e **Nimbostratus**, que têm aparência mais diluídas e são responsáveis pela chuva rala, névoas e nevoeiros.

As nuvens de média altitude estão situadas entre 2 e 7 quilômetros de altitude. Existem a **Alto cumulus** e a **Alto stratus**, que repetem os padrões granuloso e estratificado das nuvens de baixas altitudes. Essa família é responsável pelas chuvas fracas e pelas coroas que costumam formar um halo em torno da Lua.

As nuvens altas, que se localizam a mais de 7 quilômetros, são divididas em **Cirrocumulus**, que são nuvens altas com aparência fibrosa e granulosa, e **Cirrostratus**, de aparência estratificada.



SIMON EUGSTER

Cumuloninbos



HEKO JÄGLE, D-NEUSS

Cumulos



SIMON EUGSTER

Nimbostratus



ISTOCKPHOTO

Alto cumulos

## Atividade 3

# Realizando um trabalho de campo

**Disciplinas:** Geografia, História, e Ciências Naturais.

**Objetivos:** Distinguir ambiente urbano e rural, suas diferenças e importância para a sociedade; relacionar leituras, observações, experimentações e registros; reconhecer a necessidade de preservar o ambiente em sua região.

**Materiais necessários:** Máquina fotográfica ou aparelho celular com câmera, jornais, computador, Caderno do professor "Os rios voadores, a Amazônia e o clima brasileiro", cartolinas, canetas coloridas e imagens de satélite.

### 1ª etapa

#### A importância das sensações

Iniciar uma conversa com a turma sobre as sensações que sentimos quando há mudança no tempo. Perguntar sobre o que acontece se uma pessoa sair sem agasalho em um dia aparentemente quente e, de repente, chega uma frente fria. Perguntar aos alunos se alguém já passou por uma situação preocupante ou engraçada em relação ao tempo.

Se possível, leve a turma a um local aberto e marque um período para que sintam o ambiente em volta. Ao retornar à sala, questionar quais as sensações que sentiram: se estava calor/frio, se estava chovendo/garoando/seco, se havia vento, sua direção e força e como estavam as nuvens.

Perguntar qual dos alunos costuma consultar a previsão de tempo antes de sair de casa e quais são os dados mais importantes que ela contém. Incentive-os a pensar como são coletados esses dados e quais instrumentos necessários.



POUL A. SOUDERS/CORBIS/LATINSTOCK

Seus alunos consultam a previsão do tempo?



### Chuva desaba sobre Ribeirão Preto (SP), no interior de São Paulo

Discutir com os alunos que é possível usar nossa capacidade sensorial para obter informações do ambiente externo e que os instrumentos servem para mostrar de maneira mais precisa ou confirmar as informações sensoriais que recebemos. Os recursos instrumentais são necessários, dependendo da hipótese de investigação.

#### 2ª etapa Preparação para o trabalho de campo

Propor uma saída a campo com o objetivo de promover uma comparação entre uma área urbana e uma rural, com vegetação abundante. Fazer um levantamento das hipóteses dos alunos a respeito do que poderá ser observado e listá-las. Fazer um levantamento dos instrumentos necessários para alguma medição e quais (informe-se com antecedência se há condições de obtê-los). Lembrá-los da necessidade de anotar os principais aspectos vistos.

## Saindo a campo

O propósito de um trabalho de campo é a educação por meio da observação, pesquisa não experimental ou prover os estudantes de experiências fora de suas atividades cotidianas. O objetivo desse trabalho é observar o objeto de estudo em seu estado natural e, possivelmente, coletar amostras (ou dados).

#### 3ª etapa A atividade de campo – comparação entre um ambiente urbano e uma área verde preservada

Na área urbana descrever como o espaço é organizado: se as ruas são asfaltadas e organizadas; se existem praças e espaços verdes suficientes; descrever a presença de prédios, casas, comércio e o movimento das pessoas. Na área verde preservada, descrever aspectos de como ocorre a organização vegetal, presença de fauna, presença de pessoas e seus movimentos. Em ambos os casos, descrever como é o clima local: quente/frio, úmido/seco, como está o vento e sua direção, relatar a existência de nuvens e sua distribuição. Quais outras observações poderão ser feitas para que o objetivo seja cumprido?

Caso seja possível e necessário, fazer medições nos locais visitados.

#### 4ª etapa Apresentando os resultados do trabalho de campo

A divulgação pode ser feita por meio de um relatório, apresentação ou cartaz. Orientar para que os dois ambientes analisados sejam comparados quanto aos aspectos físicos que os diferenciam, seguindo o objetivo proposto em sala. Foi verificada diferença no clima local? Se sim, por quê? O que pode ser feito para mitigar esses efeitos? A conclusão dos resultados pode ser apresentada às outras turmas da escola sob a forma de seminário, previamente agendado com os outros professores.

## Atividade 4

# A origem de nossa chuva, onde chove e quanto chove

**Disciplinas:** Geografia, Matemática, Português e Ciências.

**Objetivos:** Aprender a decifrar uma imagem de satélite, climogramas e desenvolver a capacidade de observação, pesquisa e percepção sensorial de variáveis do clima.

**Materiais necessários:** Caderno do professor “Os rios voadores, a Amazônia e o clima brasileiro” e imagens de satélite.

### 1ª etapa

#### Observação de imagens de satélite

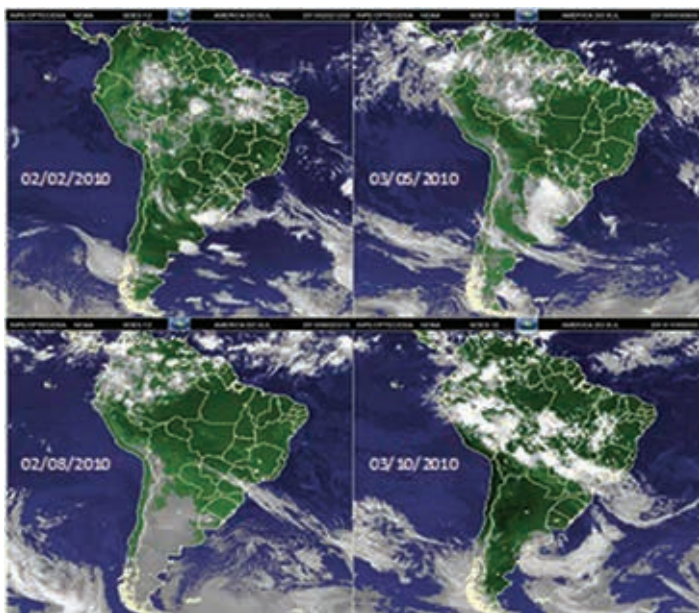
A imagem do Satélite GOES -12 mostrada abaixo foi retirada do site do Cptec/INPE ([www.cptec.inpe.br](http://www.cptec.inpe.br)) no dia 28/02/2011, bem como os dois textos que se seguem.

“1. Na imagem de satélite das 06:00h (horário de Brasília) do dia 28/02/2011, observam-se muitas nuvens carregadas sobre áreas das Regiões Norte, Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste. Esta nebulosidade é formada devido ao calor, alta umidade e ventos em altitude. Entre o nordeste de SC e o PR, a nebulosidade é reforçada pela convergência de umidade provocada por uma frente fria no oceano.

2. Na segunda-feira (28/02) a Zona de Convergência do Atlântico Sul deixará o dia com muitas nuvens e chuva entre SP, RJ, sul do ES, centro-sul de MG e MS. Em algumas áreas ocorrerá chuva forte, com chance para acumulados significativos. O dia será nublado e com pancadas de chuva entre MT, oeste e sul de GO, grande parte da Região Norte, MA, CE e oeste do RN. Os ventos que vêm do mar deixarão o dia com muitas nuvens e com chuva fraca entre o litoral norte do RS e leste do PR. Haverá sol e variação de nebulosidade no norte do ES, nordeste de MG, leste dos estados da BA, SE, AL e PE, apenas no Recôncavo Baiano a umidade do mar provoca chuva fraca e isolada. Sol e poucas nuvens apenas na metade sul do RS e entre o leste de RR, noroeste do PA e oeste do AP. Nas outras áreas, haverá sol e pancadas de chuva por causa do calor. As temperaturas estarão mais baixas em grande parte do Sudeste.”

A partir da análise da imagem e dos dois textos fornecidos, pedir aos alunos para localizarem os principais conjuntos de nuvens atuantes nas condições climáticas daquele dia. Relacionar os locais citados no segundo texto com a cobertura de nuvem mostrada na imagem. Qual a relação entre eles?

Refletir com os alunos: Nas imagens de satélite, sempre que são mostradas nuvens, é garantia de que vai chover? Ou não? Por quê? Explicar que toda análise e previsão estão sujeitas a erros de avaliação e porcentagem de



Estimule a leitura de mapas meteorológicos



### Sistema de coleta de amostras a bordo do avião Sertanejo

acerto. Propor que os alunos façam o mesmo com uma imagem do dia em que o estudo foi realizado. Observar o que difere e o que se assemelha entre uma imagem e outra (e a previsão do tempo)? Localizar onde se encontra a Cordilheira dos Andes e discutir sua utilidade para a distribuição da umidade no país (leia texto sobre esse tema na página 13).

### 2ª etapa Chuvvas e climogramas

As imagens de satélite da página 31 mostram quatro diferentes situações climáticas ao longo de 2010. Verificar as datas e relacionar as imagens com os climogramas mostrados na página seguinte, relacionando-os com os eventos climáticos que ocorreram ao longo do ano no país.

### 3ª etapa Isótopos na previsão do tempo

Uma das formas que os pesquisadores do Projeto Rios Voadores encontraram para saber se a umidade formada

## Origem das chuvas

Propor a leitura da página 6 à 16 do Caderno do professor "Os rios voadores, a Amazônia e o clima brasileiro", e conversar sobre quais são as principais formas de entrada de água na atmosfera. Analisar a origem da água de chuva e relacionar com a evapotranspiração intensa que ocorre quando os rios voadores chegam até a floresta.

na Amazônia pode alcançar as regiões Sul e Sudeste, caracterizando assim os rios voadores, é pela análise de isótopos estáveis de oxigênio, seguindo a "assinatura isotópica" das águas analisadas. A água da chuva apresentará uma variação nas concentrações dos isótopos de oxigênio, ficando mais leve: precipitam preferencialmente as moléculas mais pesadas. Dessa forma, as concentrações dos isótopos dão uma ideia da história do vapor de água desde a sua origem por evaporação dos oceanos e dos processos nos continentes, incluindo a transpiração das plantas e a evaporação da superfície livre de água. Dizemos que a molécula de água tem uma "assinatura" que depende da sua origem e dos processos que ocorreram desde a sua formação até a precipitação.

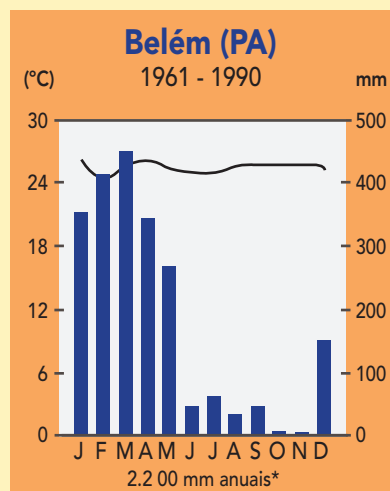
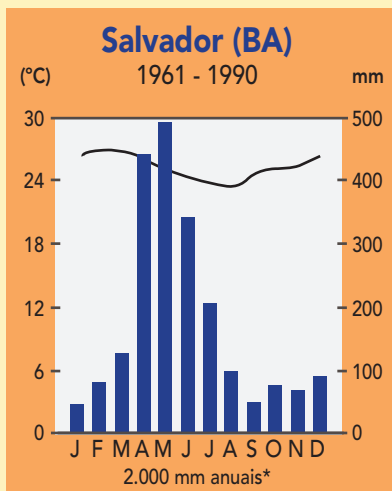
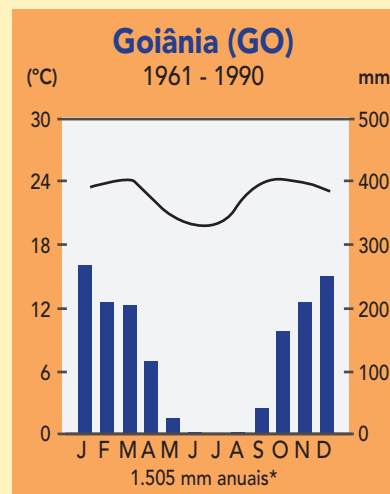
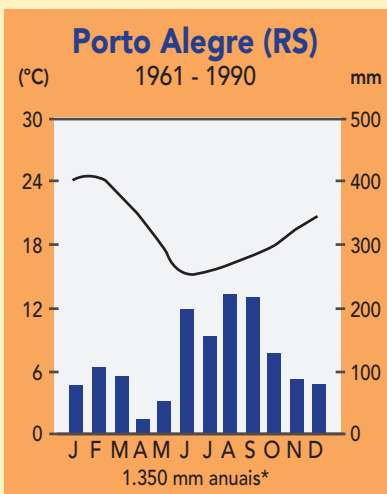
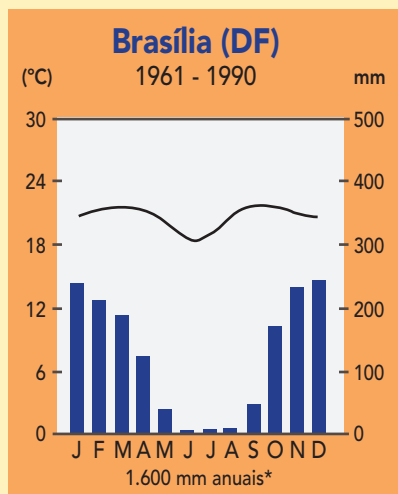


#### 4ª etapa

### Saiba como construir o climograma da sua região

Relacionar, junto aos alunos, as maiores e menores precipitações registradas nos climogramas abaixo, com a distribuição de nuvens e eventos climáticos verificados ao longo do ano e discutir por que ocorreram essas diferenças. Questionar os alunos sobre o que ocorre para que haja diferenças nas precipitações de Porto Alegre, Salvador, Brasília, Goiânia e Belém. Propor que pesquisem os dados necessários para produzir um climograma da sua região, analisando e identificando as diferenças que ocorrem ao longo do ano e os sistemas atmosféricos que atuam na região.

## Climogramas em cinco cidades brasileiras



Adaptado de: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/html/clima.php>.

# Glossário

**Analogia:** relação ou ponto de semelhança, criado mentalmente, entre coisas ou seres diferentes.

**Bioma:** amplo conjunto de ecossistemas terrestres caracterizados por tipos fisionômicos semelhantes de vegetação, com diferentes tipos climáticos. É o conjunto de condições ecológicas, de ordem climática e característica de vegetação: o grande ecossistema com fauna, flora e clima próprios.

**Biodiversidade:** representa o conjunto de espécies animais e vegetais viventes. Termo que se refere à variedade de genótipos, espécies, populações, comunidades, ecossistemas e processos ecológicos existentes em uma determinada região.

**Desmatamento:** destruição, corte e abate indiscriminado de matas e florestas, para comercialização e madeira, utilização de terrenos para agricultura, pecuária, urbanização, qualquer obra de engenharia ou atividade econômica.

**Evapotranspiração:** processo conjugado de transferência da água da superfície para a atmosfera, por evaporação direta mais transpiração pelas plantas.

**Isótopo:** diz-se de um ou cada um de dois ou mais átomos de um mesmo elemento cujo núcleo atômico possui o mesmo número de prótons, mas número de nêutrons diferentes.

**Mitigar:** tornar-se mais brando, mais suave, menos intenso, aliviar, suavizar, aplacar.

**Quilômetro cúbico (km<sup>3</sup>):** medida equivalente a mil vezes mil vezes mil metros, ou seja, 1 bilhão de metros cúbicos ou, ainda, 1 trilhão de litros.

**Savanização:** processo de transformação de um rico e massivo bioma úmido de floresta num bioma mais seco e mais pobre em biomassa, com formação vegetal mista composta de extrato baixo e contínuo de gramíneas e subarbustos, com maior ou menor número de pequenas árvores espalhadas. A savana é a região tropical ou subtropical que representa esse tipo de vegetação sujeita a longos períodos de seca onde são comuns os incêndios.

## Bibliografia

REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia (organização e coordenação científica). *Águas Doces no Brasil – Capital Ecológico, Uso e Conservação*. Editora Escrituras, São Paulo, 2006.

CLARKE, Robin; KING, Jannet. *O Atlas da Água – o Mapeamento Completo do Recurso mais Precioso do Planeta*. Publifolha, São Paulo, 2005.

BEAUREGARD, Diane Costa de. SAIRIGNÉ, Catherine de. *A Água, da Nascente ao Oceano*. Melhoramento, São Paulo, 1996.

HARDY, Ralph; WRIGHT, Peter; GRIBBIN, John; KINGTON, John. *El Libro del Clima*. Madri, 1986.

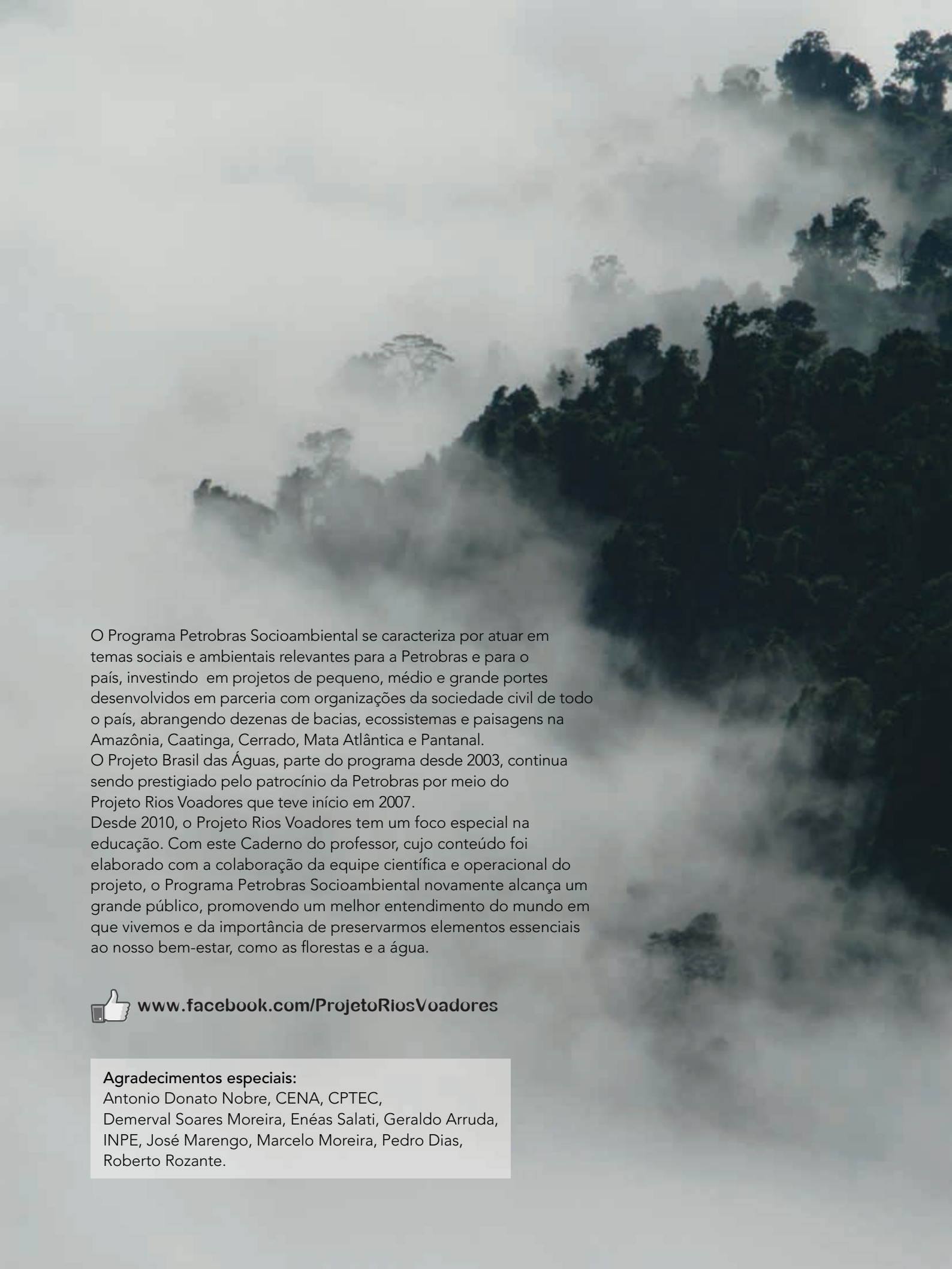
ARTAXO, Paulo (e outros). *Química Atmosférica na Amazônia: a Floresta e as Emissões de Queimadas Controlando a Composição da Atmosfera Amazônica*. Revista Acta Amazonica, vol. 35(2), 2005: 185-196.

SOUZA FILHO, José Danilo da Costa (e outros). *Mecanismos de Controle da Variação Sazonal da Transpiração de uma Floresta Tropical no Nordeste da Amazônia*. Revista Acta Amazonica, vol. 35(2), 2005: 223-229.

MAKARIEVA, A. M; GORSHKOV, V. G. *Biotic Pump of Atmospheric Moisture as Driver of the Hydrological Cycle on Land*, in Hydrology and Earth Sciences Discussions, 3, 2621-2673, 2006.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha. *Uso Inteligente da Água*. Escrituras, São Paulo, 2004.

BRANCO, Samuel Murgel. *Água – Origem, Uso e Preservação*. Moderna, São Paulo, 2003.



O Programa Petrobras Socioambiental se caracteriza por atuar em temas sociais e ambientais relevantes para a Petrobras e para o país, investindo em projetos de pequeno, médio e grande portes desenvolvidos em parceria com organizações da sociedade civil de todo o país, abrangendo dezenas de bacias, ecossistemas e paisagens na Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal. O Projeto Brasil das Águas, parte do programa desde 2003, continua sendo prestigiado pelo patrocínio da Petrobras por meio do Projeto Rios Voadores que teve início em 2007. Desde 2010, o Projeto Rios Voadores tem um foco especial na educação. Com este Caderno do professor, cujo conteúdo foi elaborado com a colaboração da equipe científica e operacional do projeto, o Programa Petrobras Socioambiental novamente alcança um grande público, promovendo um melhor entendimento do mundo em que vivemos e da importância de preservarmos elementos essenciais ao nosso bem-estar, como as florestas e a água.



[www.facebook.com/ProjetoRiosVoadores](https://www.facebook.com/ProjetoRiosVoadores)

**Agradecimentos especiais:**

Antonio Donato Nobre, CENA, CPTEC,  
Demerval Soares Moreira, Enéas Salati, Geraldo Arruda,  
INPE, José Marengo, Marcelo Moreira, Pedro Dias,  
Roberto Rozante.

Iniciativa



Patrocínio Master



Parcerias e apoio



[www.riosvoadores.com.br](http://www.riosvoadores.com.br)