

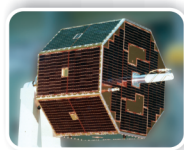
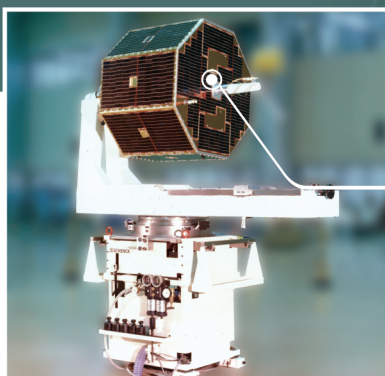
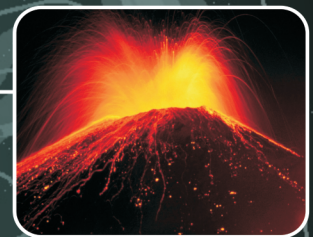
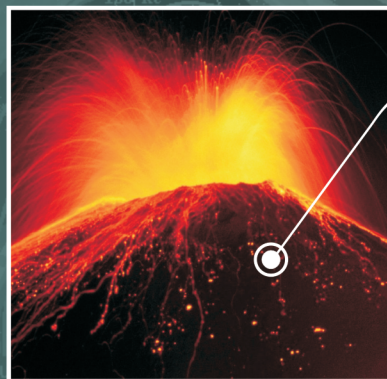
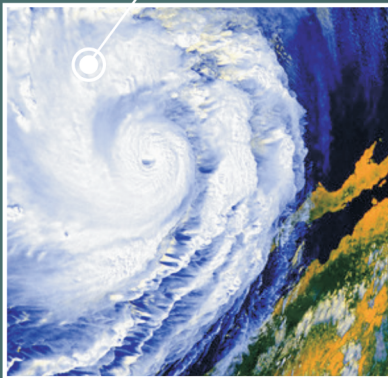
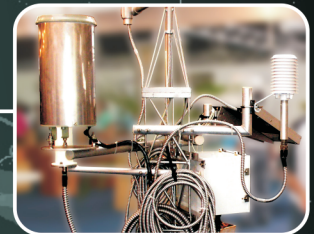
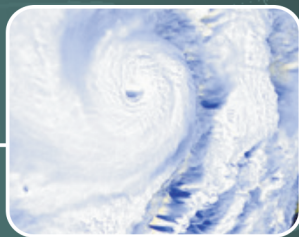
# AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA



## FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES

CURSO ASTRONÁUTICA  
E CIÊNCIAS DO ESPAÇO

Edição 2007



## METEOROLOGIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS

*Gilvan Sampaio de Oliveira (CPTEC/INPE)  
Giovanni Dolif Neto (CPTEC/INPE)  
Helio Camargo Júnior (CPTEC/INPE)  
José Carlos Figueiredo (UNESP/SP)  
Marcos Barbosa Sanches (CPTEC/INPE)*



Ministério da  
Educação

Ministério da  
Ciência e Tecnologia



**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT)  
AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA (AEB)  
PROGRAMA AEB ESCOLA**

**Formação Continuada de Professores  
Curso Astronáutica e Ciências do Espaço  
Módulo Meteorologia e Ciências Ambientais**

**Autores:**

**Gilvan Sampaio de Oliveira** é Tecnologista e Pesquisador do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC, do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Mestre em Meteorologia pelo INPE. Doutorando em Meteorologia pelo INPE. Professor Mestre no Centro Universitário Salesiano de São Paulo – UNISAL. Auto do livro “O El Niño e Você – o fenômeno climático”. Foi membro do Corpo Editorial da Revista Climanálise e do boletim INFOCLIMA, com diversas publicações de artigos científicos internacionais e nacionais. Principais linhas de pesquisa: Interação Biosfera-Atmosfera, Modelagem Climática, Previsão climática, Estudos de Fenômenos Climáticos, Estudos do Clima, Mudanças Climáticas.

**Giovanni Dolif Neto** é bacharel em Meteorologia pela Universidade de São Paulo - USP (2000); Mestre em Meteorologia (Eventos Extremos de Chuva em SP) – pela USP (2003). Foi previsor de tempo na empresa SOMAR Meteorologia em São Paulo. Previsor de tempo no Grupo de Previsão de Tempo do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos CPTEC do INPE/MCT onde interage de perto com o público e com a mídia.

**Helio Camargo Junior** é graduado em Física pela UNESP (1995), Mestre em Meteorologia pelo INPE (1998) com especialidade em estimativa de chuva utilizando satélites meteorológicos. Trabalha desde agosto de 1997 no Grupo Operacional de Previsão Climática, do qual é o atual responsável. Tem experiência na participação de fóruns de Previsão Sazonal de Clima no Brasil e no Sudeste da América do Sul. Participou e foi instrutor de workshops de previsão climática e aplicações na Universidade de Oklahoma, EUA.

**José Carlos Figueiredo** é graduado em Meteorologia pela Universidade Federal da Paraíba (1981), mestre em Agronomia (Agricultura) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2000) e doutor em Agronomia (Agricultura) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2005). Atualmente é professor adjunto da Faculdade de Ciências Econômicas de Bauru - ITE/Meteorologista da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Meteorologia Sinótica, atuando principalmente nos seguintes temas: Climatologia com radar meteorológico, Modelo de Área Limitada - MAL, Prognóstico de temperatura utilizando o stepwise, Meteorologia Aeronáutica, Mudanças climáticas regional, envolvendo temperatura, umidade, jatos em baix, wind speed, velocidade do vento e chuva. Desenvolve projetos de extensão envolvendo a ciência Meteorológicas com os estudantes do Ensino Fundamental e Médio das redes municipais e estaduais.

**Marcos Barbosa Sanches** é bacharel em Meteorologia pela USP (1997), Mestre em Meteorologia pelo INPE (2002) com especialidade em chuvas de verão no Sudeste do Brasil. Desenvolve atividades operacionais em previsão de tempo e clima na Divisão de Operações do CPTEC/INPE. Grande experiência em divulgação na mídia televisiva e representante do CREA junto à Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais - FUNCATE. Foi gerente de operação meteorológica da Divisão de Operações do CPTEC/INPE.



## SUMÁRIO

---

- 3** Introdução
- 9** Construindo um anemômetro
- 15** Construindo um pluviômetro
- 21** Como se formam as brisas
- 25** O que é uma frente fria?
- 29** Pressão e densidade do ar
- 33** Fazendo seu próprio El-Niño





## INTRODUÇÃO

---

Gilvan Sampaio de Oliveira  
CPTEC/INPE  
Giovanni Dolif Neto  
CPTEC/INPE  
Helio Camargo Júnior  
CPTEC/INPE  
José Carlos Figueiredo  
UNESP/SP  
Marcos Barbosa Sanches  
CPTEC/INPE

### **Tempo e suas aplicações**

A meteorologia, ciência que estuda a atmosfera, tem alcançado cada vez mais proeminência nacional e internacional.

Suas previsões podem impactar o desenvolvimento, redução de perdas relacionadas com agricultura, transporte, turismo, geração de energia, etc.

Seus prognósticos dão suporte para a mitigação dos desastres ambientais, salvaguarda e melhoramento da qualidade de vida da população, na segurança e Defesa Civil.

Seus avanços científicos permitem vislumbrar pesquisas em cenários climáticos para as próximas décadas que apóiam ações governamentais estratégicas.

Se não houvesse movimento de rotação, a Terra receberia mais radiação solar na região equatorial e quase nenhuma nas regiões polares. Com isto haveria apenas a circulação equador-polos. Mas devido à rotação da Terra, a atmosfera que é um fluído, se movimenta também, criando células de circulação, do equador para os pólos, distribuindo o calor. Devido à rotação da Terra, a Força de Coriolis aparece para desviar a parcela para esquerda (direita) no hemisfério sul (norte). Todo este processo determina na formação de circulações horárias e anti-horárias, ou seja, regiões de baixa e alta pressão.

São estes os principais movimentos da Terra, rotação responsável pelos dias e noite e a translação responsáveis pelas estações do ano (primavera, verão, outono e inverno).

A nossa atmosfera é composta por diversos tipos de gases que se acumulam, principalmente, nos baixos níveis da atmosfera. A coloração azul da atmosfera está associada aos gases que absorvem, em maior quantidade, nesta faixa do espectro.

Perguntar se o ar tem peso também formula uma prática experiência: “O ar tem peso?”

Pelo fato da atmosfera ser um fluido em movimento, circulações globais e locais podem ser verificadas. Na circulação local destaca-se a brisa Mar-Terra, que ocorre devido à diferença de temperatura entre este mar e o continente. O ciclo hidrológico é outro destaque.

Existem na atmosfera diversos tipos de nuvens que auxiliam o meteorologista a antever e diagnosticar fatos. Nuvens baixas identificam nevoeiros, nuvens de alto desenvolvimento vertical identificam pancadas de chuvas. Para diferentes tipos de chuvas existem diferentes denominações. Para medir a chuva é utilizado um instrumento chamado pluviômetro e a unidade de referência é o milímetro de chuva.

Os fotometeoros são fenômenos ópticos derivados de situações particulares entre a atmosfera e a emissão da luz solar, tais como o arco-íris (dependente de água líquida na atmosfera) e o halo (dependente de cristais de gelo na atmosfera).

O deslocamento de diferentes tipos de massa de ar (frio/quente e seca/úmido) está associado ao desenvolvimento de frentes frias, ciclones extratropicais/tropicais, furacões e tornados.

Os furacões são fenômenos que se formam exclusivamente em águas dos oceanos, pois precisam da água quente do mar para se desenvolverem. Possuem milhares de quilômetros de diâmetro, atingem velocidade de até 250 Km/h e quando adentram o continente, perdem sua intensidade. Possuem nomes tais como ciclones e tufões, dependendo de seu local de formação no globo terrestre.

Os tornados são fenômenos de escala de dezenas de metros, sua força pode superar os 500 Km/h, sua formação pode ser tanto na terra como em águas. Quando se forma na água é dado o nome de tromba d'água.

Quando as frentes frias estão associadas a massas de ar frio intenso, ocorre a formação de geada, que é o congelamento da água próxima à superfície "a geada não cai, ela se forma".

Se esta massa estiver com muita umidade, pode ocorrer a formação e a precipitação de neve.

Para melhor interpretação da atmosfera, o meteorologista utiliza os mais diversos instrumentos. Termômetros, barômetros, pluviômetros são alguns exemplos.

Na falta de instrumentos, diferentes escalas são utilizadas como uma aproximação, por exemplo, a escala de vento Beaufort.

Com a tecnologia, se criou instrumento de medição automática que permite o monitoramento em regiões inóspitas, como florestas fechadas. Este instrumento é conhecido como plataforma automática de coletas de dados, estas informações são transmitidas para o satélite que retransmite para o INPE em Cuiabá (MT).

Os satélites meteorológicos também são de extrema importância para identificação e monitoramento intensos de fenômenos atmosféricos.

Mesmo com esta infinidade de processos e instrumentos que auxiliam os meteorologistas no monitoramento de sistemas meteorológicos, as previsões não passavam de 24 horas com algum acerto. Com o advento de supercomputadores e modelo matemáticos houve um grande salto tecnológico, permitindo previsões desde horas de antecedência até 10 ou 15 dias à frente.

A relação quantidade/qualidade dos dados, que são inseridos nos modelos matemáticos, está intimamente associada ao sucesso do prognóstico e emissões de avisos meteorológicos.

O monitoramento constante é também uma realidade do meteorologista, para certificação dos avisos emitidos e também para informar e divulgar algum extremo meteorológico que está prestes a ocorrer.

Mas mesmo com toda a tecnologia empregada, existem limitações e fatores que influenciam no sucesso da previsão, tais como: sistema de observação e sistemas de desenvolvimento rápido.

Produtos afins também são utilizados pelo meteorologista para melhor informar a sociedade, tais como: previsões de ondas, radiação ultra-violeta e dispersão de fumaças.

## **Clima, previsão climática e mudanças climáticas**

Já estudamos os fenômenos de tempo, descrevemos os instrumentos meteorológicos utilizados para diagnosticar a atmosfera e o supercomputador que auxiliou na modernização e aumento de previsibilidade.

É importante também ter a clara noção da diferença entre TEMPO e CLIMA.

Tempo – Estado instantâneo da atmosfera; Previsão de tempo – Prevê as condições atmosféricas desde as próximas horas até 7 a 10 dias, tais como: entrada de frentes frias, queda de temperatura, formação de geadas, tempestades.

Clima – Estado médio da atmosfera; Previsão climática – Prevê as condições atmosféricas médias para os próximos 3 a 4 meses, tais como; se as chuvas durante todo o trimestre será acima ou abaixo da média, bem como a temperatura, se o El Niño/La Niña aparecerá/intensificará.

Um dos grandes fenômenos climáticos, o El Niño, está associado ao comportamento da temperatura das águas do oceano pacífico em torno da linha do equador. O El Niño representa o aquecimento anormal destas águas com reflexos na atmosfera global, determinando em aumento ou na diminuição de chuvas em diversas regiões do globo. No Brasil o maior impacto conhecido é a diminuição das chuvas na Região Nordeste e o aumento na Região Sul. Vale salientar que este é um fenômeno natural, o homem não interfere no seu surgimento ou desaparecimento.

A previsão climática é uma ciência recente, não passando de 20 anos de pesquisa, a previsão de tempo que tem aproximadamente 60 anos. Sempre deve ser ressaltado que: **O estado médio da atmosfera é previsível para**

**aquelas regiões onde as variações climáticas sazonais são controladas pelas lentas variações das temperaturas da superfície dos oceanos tropicais.** Com isto algumas regiões do planeta possuem previamente baixa previsibilidade. Isto não é uma limitação computacional, isto é uma realidade natural. No Brasil as Regiões Centro-Oeste e Sudeste possuem esta baixa previsibilidade.

Os modelos matemáticos utilizados para realizar previsões climáticas possuem a temperatura da superfície do mar como a principal informação. Para melhor prever os cenários dos próximos três meses, utiliza-se a técnica conhecida como “previsão por conjunto”. Nesta técnica simulamos as situações futuras não só uma vez, mas várias, pois a médias destas várias previsões nos dá uma previsibilidade mais acurada do que uma só previsão.

Hoje os dois principais órgãos de meteorologia, CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos) e o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), realizam mensalmente uma reunião onde se discute as tendências climáticas para os próximos três meses e se elabora uma previsão de consenso.

Mudanças climáticas, preocupação de grandes governos mundiais, é tema muito discutido mundialmente. Vários desastres e calamidades estão sendo associados ao aquecimento global. O pesquisador do CPTEC/INPE, Dr. José Antônio Marengo menciona uma frase que mostra esta realidade:

“Não é uma “moda”, é uma realidade com a qual a sociedade tem que conviver, entender e se adaptar!”

É importante ressaltar que a existência do CO<sub>2</sub> na atmosfera é uma necessidade existencial para a vida no planeta, pois serve como um “cobertor” mantendo a temperatura média global em torno de 15°C positivos.

Outro fato interessante são as medições do comportamento da temperatura nas eras geológicas, observa-se que houve grandes variações, inclusive estima-se que eram até maiores das que vivemos hoje. Então perguntas se levantam: Até que ponto a interferência do homem é real. Qual o incremento que o homem tem dado para mudar o clima no planeta?

O IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) mencionou, em 2001, que:

É pouco provável que o aquecimento observado durante os últimos 100 anos seja consequência de variabilidade natural de clima somente, segundo avaliações de modelos climáticos. Evidências da influência humana aparecem substancialmente numa série de técnicas de análise e de detecção, e conclui-se que o aquecimento observado durante os últimos 50 anos deve-se ao aumento na concentração de gases de efeito estufa na atmosfera devido a atividades humanas.

Existem diversos fenômenos naturais que o homem não tem nenhuma interferência, tais como vulcões, ciclones e El Niño. Fenômenos que podem interferir no clima, chegando a alterar uma estação do ano.



Dentre as causas antropogênicas (ou criadas pelo homem) destacam-se a grande emissão de gases poluidores, as ilhas de calor em grandes centros urbanos, chuva ácida e efeito estufa, todos estes tem cooperado para o aumento da temperatura global.

Encontros mundiais, como a ECO-92 realizada no Rio de Janeiro, impulsiona a sociedade científica e governamental para avaliar os impactos e medidas a serem tomadas. Dela surgem diversos pontos polêmicos, a conservação de florestas tropicais, o aumento da temperatura global, relações entre países industrializados e não industrializados no seu consumo e emissão de poluentes.

A camada de ozônio, nos altos níveis da atmosfera, tem sua relevância primordial no nosso “escudo” contra a emissão de radiação ultravioleta, que é altamente nocivo para a pele humana. Estudos têm mostrado que após medidas drásticas e proibição de gases tipo cloro-fluor-carbonetos (CFCs) a destruição diminuiu drasticamente.

Uma dúvida que surge quando se fala do aumento de gases na atmosfera é se não haveria um resfriamento generalizado, pois a camada impediria a emissão de radiação solar. Mas o fenômeno natural de inversão térmica, agregado a emissão de poluentes, impulsiona ainda mais o aumento da temperatura. Nos últimos anos tem se observado um aumento generalizado da temperatura global. Diversas localidades comprovam esta tendência. Cenários climáticos futuros mostram panoramas nada animadores para a agricultura, por exemplo.

A emissão de CO<sub>2</sub> tem sido um dos grandes temas de discussão sobre cenários climáticos futuros. Desde a revolução industrial o aumento da emissão de CO<sub>2</sub> tem sido observado. Protocolos como o de Kioto, são tentativas para a diminuição dessa emissão. Cenários climáticos mostram condições pouco satisfatórias para o conforto e a existência de vida.

O desmatamento e as conseqüentes queimadas desenfreadas são fatores que colaboram em muito, para condições cada vez mais preocupantes no Brasil e no mundo.

Desertificação já esta sendo observada também aqui no Brasil. Hoje o País possui o triste recorde mundial de ser o que mais queima com valores acima de 62.000 focos de queimada em um mês. O satélite capta como queimada um foco do tamanho mínimo de um campo de futebol.

A chuva, diferentemente da temperatura, tem tido diferentes comportamentos no globo. Observações mostram um aumento de episódios de chuvas com volume maior e mais intensas na Argentina. Em outros lugares a redução das chuvas tem colaborado também para a diminuição do volume de rios. Os cenários climáticos futuros têm mostrado para o Brasil situações extremamente preocupantes.

O conseqüente aumento do volume de chuvas em algumas regiões, agregado ao aumento generalizado da temperatura, possui como efeito direto o degelo e o aumento do nível do mar.

Registros têm comprovado esta situação em diversos pontos do planeta. E simulações propõem situações delicadas para diversas regiões costeiras em todo o globo.

Além de simulações de cenários climáticos têm-se especulado as possíveis conseqüências dadas estas situações.

Diversas observações têm comprovado que as mudanças climáticas já estão acontecendo, o que sugere medidas governamentais de conscientização, implantações de políticas públicas, aprofundamento de estudos.

Mas mesmo com todas estas possíveis medidas, ficam cenas que colocam uma realidade de que o futuro já começou.



## CONSTRUINDO UM ANEMÔMETRO

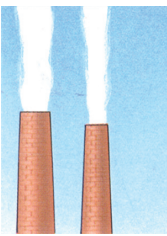
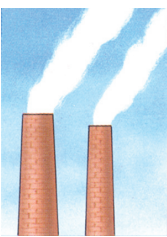
Marcos Barbosa Sanches e  
Helio Camargo Júnior  
CPTEC/INPE

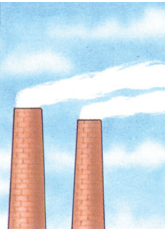






### Apresentação

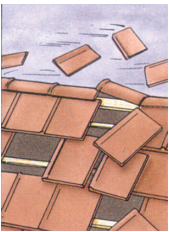

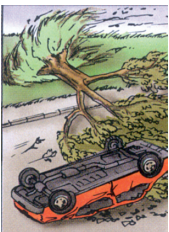
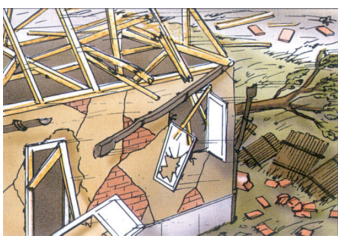
O movimento horizontal das parcelas de ar em relação à superfície terrestre é definido como vento. O vento também aparece quando massas de ar se deslocam seguindo o princípio físico simples, onde um fluido (como o ar) sujeito à ação da gravidade se move das áreas de alta densidade (alta pressão à superfície)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

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

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

	FORÇA	DESIGNAÇÃO	VELOCIDADE	ASPECTO DO MAR	INFLUÊNCIA EM TERRA
	0	Calma	0 – 0.5 Km/h	Espelhado	A fumaça sobe verticalmente.
	I	Vento brando e fresco, Viração	2 – 6 Km/h	Mar encrespado com pequenas rugas, com aparência de escamas.	A direção do vento é indicada pela fumaça.

	FORÇA	DESIGNAÇÃO	VELOCIDADE	ASPECTO DO MAR	INFLUÊNCIA EM TERRA
	2	Brisa leve	7 – 12 km/h	Ligeiras ondulações de 30cm com cristas, mas sem arrebentação.	Sente-se o vento no rosto, movem-se as folhas das árvores.
	3	Brisa fraca	13 – 18 km/h	Grandes ondulações de 60cm com princípio de arrebentação.	As folhas das árvores se agitam e as bandeiras desfraldam.
	4	Brisa moderada	19 – 26 km/h	Pequenas vagas, mais longas de 1,5m.	Poeira e pequenos papéis soltos são levantados. Movem-se os galhos das árvores.
	5	Brisa forte	27 – 35 km/h	Vagas moderadas de forma longa e uns 2,4m.	Movem-se as pequenas árvores.
	6	Vento fresco	36 – 44 km/h	Grandes vagas de até 3,6m. Muitas cristas brancas.	Assobios na fiação. Movem-se os maiores galhos das árvores. Guarda-chuva usado com dificuldade.
	7	Vento forte	45 – 54 km/h	Mar grosso. Vagas de até 4,8m de altura. Espuma branca de arrebentação.	Movem-se as grandes árvores. É difícil andar contra o vento.
	8	Ventania	55 – 65 km/h	Vagalhões regulares de 6 a 7,5m de altura.	Quebram-se os galhos das árvores. É difícil andar contra o vento.

	FORÇA	DESIGNAÇÃO	VELOCIDADE	ASPECTO DO MAR	INFLUÊNCIA EM TERRA
	9	Ventania forte	66 – 77 km/h	Vagalhões de 7,5m com faixas de espuma densa. O mar rola.	Danos nas partes salientes das árvores. Impossível andar contra o vento.
	10	Tempestade	78 – 90km/h	Grandes vagalhões de 9 a 12 m. O vento arranca as faixas de espuma. A superfície do mar fica toda branca. A visibilidade é afetada.	Arranca árvores e causa danos na estrutura dos prédios.
	11	Tempestade violenta	91 – 104 km/h	Vagalhões excepcionalmente grandes de até 13,5m. A visibilidade é muito afetada. Navios de tamanho médio somem no cavado das ondas.	Muito raramente observado em terra.
	12	Furacão	105 ou mais km/h	Mar todo de espuma. Espuma e respingos saturam o ar. A visibilidade é seriamente afetada.	Grandes estragos.

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

## Objetivos

Construir um medidor de intensidade de vento chamado anemômetro.

Utilizar uma escala que permite conhecer a intensidade aproximada do vento.

## Sugestão de Problematização

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

## Materiais

- Régua de 30cm
- Tesoura pequena
- Transferidor
- Capa de caneta esferográfica
- Caneta ponta porosa
- Cola líquida
- Massa de modelar
- Papel Cartolina cor laranja e vermelha
- Canudinho de beber
- Vareta de madeira de fazer pipa



Figura 1. Lista de materiais.

## Procedimentos

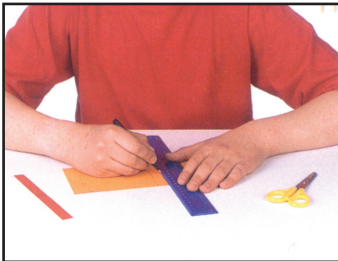


Figura 2. Procedimentos 1, 2 e 3.

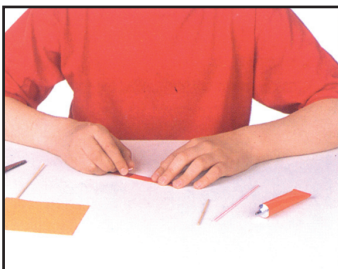


Figura 4. Procedimentos 6 e 7.

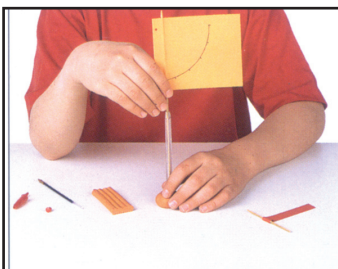


Figura 6. Procedimentos 9 e 10.

1. Corte uma tira de cartolina vermelha (17 x 1 cm).
2. Corte a cartolina laranja com o tamanho: 10 x 24 cm.
3. Trace duas retas um pouco distantes do centro na cartolina laranja.
4. Sobre a linha traçada cole a vareta de madeira.
5. Dobre a cartolina maior e cole a extremidade.
6. No centro da tira vermelha cole o canudinho.
7. Dobre e cole a extremidade da tira vermelha.
8. Com transferidor desenhe na cartolina vermelha um arco de 90° e divida-o em intervalos de 15°.
9. Modele a massa no formato de peso de papel e insira a capa de caneta esferográfica na massa.
10. Na outra extremidade da capa de caneta insira a vareta de madeira.
11. Na cartolina laranja perfure a extremidade superior e insira o canudinho.

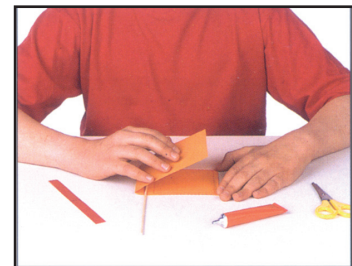


Figura 3. Procedimentos 4 e 5.



Figura 5. Procedimento 8.



Figura 7. Procedimento 11.

## Orientações complementares

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

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

## Possíveis desdobramentos

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

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

Estimule os alunos a fazerem uma pesquisa sobre o poder energético do vento (energia eólica).

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

## Referência para as ilustrações

ALLABY, Michael. **How the weather works**. Pleasantville: Reader's Digest Book, pg. 59, July 1995.







# CONSTRUINDO UM PLUVIÔMETRO

---

José Carlos Figueiredo  
UNESP/SP  
Colaboração de Kátia Chagas  
Lucio - AEB

## Apresentação

O pluviômetro foi o primeiro instrumento meteorológico que se tem notícia, inventado por Aristóteles (384-322 a.C). A informação quantificada da chuva é de grande importância, não só para a ciência meteorológica, mas também para toda a sociedade, uma vez que essas informações demonstram quadros de natureza tecnológica e ambiental, imprescindíveis em qualquer atividade humana.

A oficina construindo um PLUVIPET tem como objetivo elaborar um instrumento meteorológico denominado pluviômetro, de baixo custo e fácil de fazer, aproveitando material descartável (garrafa PET).

Após a conclusão do experimento, poderão ser coletados dados diários da quantidade de chuva que cai na localidade de maneira que se possa compor um “banco de dados” de informações que podem ser comparadas com as informações dos centros de meteorologia oficiais.

## Objetivos

- Confeccionar um instrumento conhecido e utilizado mundialmente, servindo-se de material de baixo custo, entendendo a importância do instrumento que está sendo feito, noções de tempo, espaço e geometria.
- Coletar dados meteorológicos e comparar com dados de centros de meteorologia, explorando assim conceitos de estatística e climatologia.

## Sugestão de Problematização

Como medir a quantidade de chuva de uma localidade sem aparelhos sofisticados?

## Materiais

- Tesoura
- Estilete
- Régua
- Caneta
- Copo de medida (qualquer tipo: mamadeira, copo de liquidificador, etc.)
- Papel *contact* transparente
- Papel A4
- Duas garrafas PET (2litros)

## Procedimentos

### I. Como fazer um PLUVIPET

#### I.1. Construindo o suporte do PLUVIPET utilizando a primeira garrafa.

- a. Meça 20 cm de altura da garrafa, da base em direção ao gargalo e marque a medida.
- b. Corte o local marcado no sentido transversal.
- c. Coloque algumas pedras para o suporte resistir ao vento.



Figura 1. Procedimento I.1.a.



Figura 2. Procedimento I.1.b.



Figura 3. Procedimento I.1.c.

#### I.2. Construindo o coletor do PLUVIPET utilizando a segunda garrafa.

- a. Meça 20 cm de altura da garrafa, do gargalo para a base e marque a medida.
- b. Corte o local marcado no sentido transversal.
- c. Encaixe o coletor no suporte e o PLUVIPET estará pronto.



Figura 4. Procedimento I.2.a.



Figura 5. Procedimento I.2.b.



Figura 6. Procedimento I.2.c.

## 2. Como quantificar a água coletada em milímetros.

Cada um pode procurar a solução. O importante é saber que a área de captação influenciará no resultado. A chave do problema está em conhecer a área do círculo que forma o coletor, bem como, o fator de conversão de “ml” para “mm”.

**Uma solução para o problema:  $\text{área} = \text{ml} \times 10000 / (\pi \times R^2)$**

Como em média os diâmetros as garrafas PET = 10cm, se você tiver um copo que tenha a marcação em “ml” (mililitros), tais como: um copo de liquidificador ou de suco, mamadeira, etc., é só despejar a água do Pluviômetro em um desses recipientes, ler o valor em ml e multiplicar por 0,1273 ou **área = ml x 0,1273**.

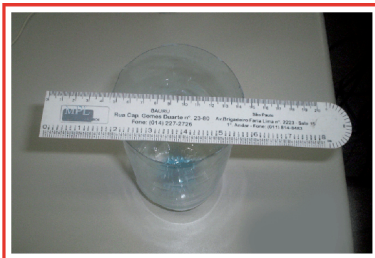


Figura 7

Ou seja, 20ml (lido em um copo de de liquidificador ou outro instrumento de medida) multiplicado por 0,1273 é igual a 2,5mm de chuva. Lembrando que 1 mm + 1 L d’água por m<sup>2</sup>, implica dizer que choveu 25 litros d’água em 1m<sup>2</sup>.

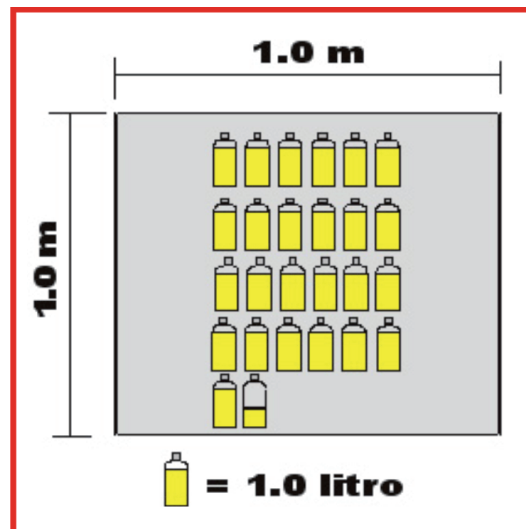


Figura 8

## Possíveis desdobramentos

É possível sugerir outras atividades depois que a planilha estiver preenchida, como por exemplo, analisar os dados obtidos:

- Qual o maior valor coletado em determinado mês?
- Quantos dias sem chuva?
- Quantos dias com chuva?
- Qual a diferença entre a média climatológica e o total que ocorreu naquele mês?

O professor pode ainda propor uma semana da ciência com foco nas questões climáticas.

## ANEXO I - Tabela de registro das coletas

DIA	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
(1) Soma total do mês												
Recorde (maior Valor)												
(2) Média de Brasília												
Anomalia=Diferença (2)-(1)												

ANOMALIA  
 Se diferença for ANOMALIA **positiva**, choveu acima da média  
 Se ANOMALIA **negativa**, abaixo da média  
 Se for ANOMALIA **zero**, choveu igual à média

## ANEXO 2 - Tabela de conversão

ml (PLUVIPET)	mm (chuva)
5	0,6
10	1,3
15	1,9
20	2,5
25	3,2
30	3,8
35	4,5
40	5,1
45	5,7
50	6,4
55	7,0
60	7,6
65	8,3
70	8,9
75	9,5
80	10,2
85	10,8
90	11,5
95	12,1
100	12,7
105	13,4
110	14,0
115	14,6
120	15,3
125	15,9
130	16,5
135	17,2
140	17,8
145	18,5
150	19,1
155	19,7
160	20,4
165	21,0
170	21,6
175	22,3
180	22,9
185	23,6
190	24,2
195	24,8
200	25,5

ml (PLUVIPET)	mm (chuva)
205	26,1
210	26,7
215	27,4
220	28,0
225	28,6
230	29,3
235	29,9
240	30,6
245	31,2
250	31,8
255	32,5
260	33,1
265	33,7
270	34,4
275	35,0
280	35,6
285	36,3
290	36,9
295	37,6
300	38,2
305	38,8
310	39,5
315	40,1
320	40,7
325	41,4
330	42,0
335	42,6
340	43,3
345	43,9
350	44,6
355	45,2
360	45,8
365	46,5
370	47,1
375	47,7
380	48,4
385	49,0
390	49,6
395	50,3
400	50,9





## COMO SE FORMAM AS BRISAS

---

Gilvan Sampaio de Oliveira  
CPTEC/INPE

### **Apresentação**

As circulações locais são circulações de ar induzidas termicamente pelos processos de superfície em regiões heterogêneas. Essas circulações podem ser as convencionais, ou seja, surgem em virtude de aquecimento diferencial, como a circulação de brisa marítima, terrestre, vale-montanha, lacustre, ou as não convencionais como as induzidas por diferenças em umidade de solo ou vegetação. As brisas (marítimas, terrestres, lacustres, de vegetação, de vale-montanha) têm grande influência no clima em diversas partes do globo. Por exemplo, próximo à costa, num dia quente, com vento fraco, há maior aquecimento da areia e do solo do que sobre a água do mar. Isto porque a água tem capacidade calorífica maior que materiais como areia e solo, e para aquecê-la é necessário maior quantidade de calor. Este aquecimento diferencial gera diferença regional de pressão atmosférica, ficando o ar mais quente sobre o continente com pressão relativamente mais baixa do que o ar mais frio sobre o mar. Esta diferença de pressão induz à formação de uma brisa da região de pressão mais alta (mar) para a região de pressão mais baixa (continente) que é a chamada brisa marítima. Esta brisa surge para equilibrar as diferenças de temperatura e pressão entre as duas regiões. Durante a noite ocorre o contrário: o continente esfria rapidamente, enquanto a água do mar esfria mais lentamente; com isso, a temperatura estará mais quente no mar do que no continente e, portanto, o ar sobre o continente estará com pressão relativamente mais alta do que o ar sobre o mar; isto irá gerar uma brisa da região de pressão mais alta (continente) para a região de pressão mais baixa (mar), que é a chamada brisa terrestre.

Com esta atividade, os alunos perceberão o deslocamento do ar (brisa) através da fumaça do incenso. A partir do entendimento destes conceitos, os alunos também entenderão porque as massas de ar se deslocam dos pólos em direção do Equador, em ambos os Hemisférios.

## Objetivo

O objetivo desta atividade é apresentar como se dá a formação de brisas.

## Sugestão de Problematização

Por que existe vento? Como será o deslocamento do ar, da região mais fria para a mais quente ou o contrário? Se aumentar a diferença de temperatura a intensidade do vento irá aumentar?

## Materiais

- Dez cubos de gelo
- Um quilograma de areia fina
- Duas vasilhas de vidro de aproximadamente 30 cm cada
- Uma cartolina de cor verde, azul ou vermelha
- Uma fita adesiva
- Um incenso
- Uma caixa de fósforos
- Uma tesoura

## Procedimentos

1. Preencher com areia uma das vasilhas e a outra com gelo.
2. Pegar a cartolina e colocá-la em forma de painel em torno das vasilhas.
3. Acender o incenso e colocá-lo entre as duas vasilhas. Irá verificar a fumaça se deslocando da vasilha com gelo para a vasilha com areia.



Figura 1. Procedimento 1.



Figura 2. Procedimento 2.



Figura 3. Procedimento 3.

## Orientações complementares

Como as circulações convencionais surgem em virtude do aquecimento diferencial, podemos pensar que no planeta Terra há aquecimento diferencial, uma vez que a região mais próxima do equador é mais quente do que os pólos. Este grande contraste de temperatura cria uma circulação térmica



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

### **Possíveis desdobramentos**

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

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

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

### **Referência para as ilustrações**

ALLABY, Michael. **How the weather works**. Pleasantville: Reader's Digest Book, pg. 65, July 1995.





## O QUE É UMA FRENTE FRIA?

---

Gilvan Sampaio de Oliveira e  
Giovanni Dolif  
CPTEC/INPE

### Apresentação

Vilhelm Firman Koren Bjerknes (1862-1951) foi um meteorologista norueguês e professor de matemática da Universidade de Oslo que descobriu a existência de distintas massas de ar que não se misturavam. Bjerknes chamou a fronteira entre essas duas massas de ar de frente, ou seja, frente é a fronteira que separa duas massas de ar com características diferentes.

Massas de ar não se misturam se sua densidade é diferente. Em geral, massas de ar têm densidade diferente quando uma é mais fria que a outra. Não é possível ver o limite entre as massas de ar. Esse limite é uma frente. Eventualmente as densidades e temperaturas dessas duas massas de ar se igualam, mas isso leva bastante tempo e então a frente se dissipa.

Quando a massa de ar frio está se deslocando em direção à massa de ar quente, a frente então é chamada de frente fria. Quando a massa de ar quente está se deslocando em direção à massa de ar frio a frente é chamada de frente quente. Quando não há deslocamento da frente, esta é então chamada de frente estacionária. Quando essas massas de ar se movimentam uma em direção à outra uma desliza por cima da outra. A massa de ar menos densa e, por isso, mais leve, sobe e desliza por cima do ar mais frio e mais pesado. A zona frontal apresenta uma inclinação típica mostrando o ar frio descendo e o ar quente subindo. Em média, ocasiona nebulosidade na região adjacente e redução de temperaturas na sua retaguarda. As frentes frias são parte fundamental dos regimes de precipitação e temperatura de grande parte do Brasil. Este sistema meteorológico atua durante todo o ano sobre o País com frequências maiores nas latitudes mais altas e menores nas latitudes mais baixas. Estes sistemas se deslocam a partir do sul do País em direção ao equador com propagação típica de sudoeste para nordeste. Durante o período de inverno, na retaguarda da frente fria, a presença da massa de ar frio pode determinar um forte declínio de temperatura e geadas, principalmente na Região Sul, sul do Mato Grosso do Sul e regiões serranas da Região Sudeste. Ocasionalmente pode ocorrer queda de neve nas Serras

Gaúcha e Catarinense. Durante as demais estações do ano, sobretudo na primavera e no verão, a entrada de frentes frias geralmente está associada à ocorrência de chuva.

## Objetivos

Entender o que é uma frente fria e mostrar como e por que massas de ar com características diferentes não se misturam.

## Sugestão de Problematização

O que será que acontece se misturarmos dois líquidos com temperaturas diferentes? Qual ficará na parte de cima, o mais quente ou o mais frio? Eles vão se misturar ou vão ficar separados?

## Materiais

- Um frasco de vidro
- Uma jarra com água fria
- Um vidro de corante de alimento
- Um conta-gotas
- Um termômetro de laboratório

## Procedimentos

1. Preencher a metade do frasco de vidro com água fria e colocar na geladeira. Preencher a jarra com água quente e colocar o corante com o conta-gotas.
2. Despejar lentamente a água quente da jarra dentro do frasco de vidro inclinando o frasco.
3. Utilizar o termômetro para medir a diferença de temperatura entre os dois volumes de água e na região de separação (frente). OBS: a região frontal apresenta uma rápida variação de temperatura.

Experimentar colocar o dedo para sentir a diferença de temperatura.

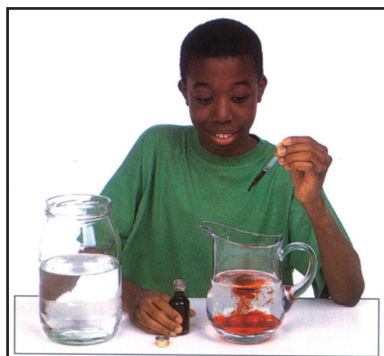


Figura 1. Procedimento 1.

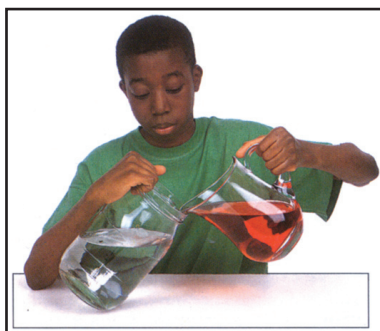


Figura 2. Procedimento 2.

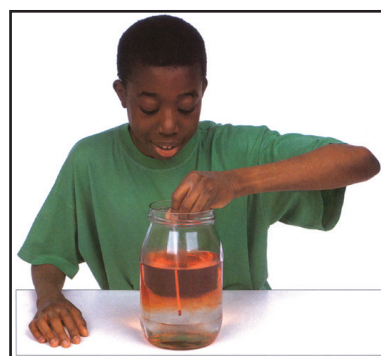


Figura 3. Procedimento 3.

## Orientações complementares

Note que a água mais quente ficará acima da água mais fria. Na atmosfera, a massa de ar menos densa e, por isso, mais leve, sobe e desliza por cima do ar mais frio e mais pesado. A zona frontal apresenta uma inclinação típica mostrando o ar frio descendo e o ar quente subindo. No processo de levantamento, o ar próximo à superfície da Terra é empurrado para cima por outra massa de ar. Quando o ar sobe na atmosfera o suficiente para atingir seu ponto de saturação, a umidade condensa formando partículas de água e, portanto, as nuvens. No caso de uma frente fria, há o levantamento do ar quente sobre a massa de ar frio. Este levantamento provoca a formação de nuvens e posteriormente de chuva. Por isso, quando vemos uma frente fria chegando, observamos um aumento da nebulosidade e depois a ocorrência de chuva.

## Possíveis desdobramentos

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

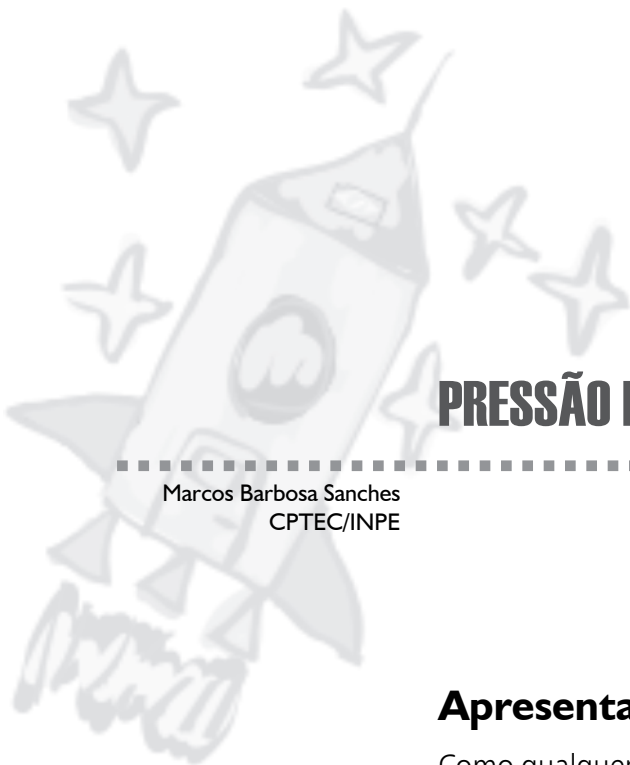
- acompanhar as previsões de tempo na televisão e verificar a mudança da nebulosidade quando há a chegada de uma frente fria;
- ler sobre a formação de tempestades e raios.

Que tal se os alunos fizerem uma apresentação dos materiais na feira de Ciências da escola e em outras turmas?

## Referência para as ilustrações

ALLABY, Michael. **How the weather works**. Pleasantville: Reader's Digest Book, pg. 77, July 1995.





## PRESSÃO E DENSIDADE DO AR

---

Marcos Barbosa Sanches  
CPTEC/INPE

### Apresentação

Como qualquer substância, o ar tem o seu próprio peso. A atmosfera tem mais de 600 km de espessura e o peso de todo esse ar pressiona a superfície da Terra. Essa força para baixo exercida pelo peso do ar é chamada de pressão. Esta pressão é chamada pressão atmosférica e sua unidade de medida é o hectopascal. A pressão atmosférica não é constante, podendo variar no espaço e no tempo e depende também da densidade do ar. Em regiões onde a coluna de ar é densa, a pressão atmosférica na superfície é alta. Já em regiões onde a coluna de ar é rarefeita, a pressão atmosférica na superfície é baixa. Por exemplo, ao nível do mar, onde a massa atmosférica é grande, a pressão atmosférica é maior do que a registrada em uma região montanhosa na mesma latitude. Com isso concluímos que a pressão atmosférica varia com a altitude. Outro fato relevante é que 50% do total da massa atmosférica está concentrada nos primeiros 5km. O calor faz as moléculas do ar se afastarem e assim, o torna menos denso enquanto o resfriamento do ar tem o efeito contrário, tornando o ar mais denso e mais pesado. Dessa forma, massas de ar de temperaturas diferentes têm densidades (pesos) diferentes e por isso exercem também um valor de pressão diferente. O ar se movimenta de regiões com alta pressão para regiões com baixa pressão.

### Objetivos

- Demonstrar que o ar tem peso e densidade e exerce pressão.
- Demonstrar os efeitos das mudanças de temperatura na pressão do ar.

### Sugestão de Problematização

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

## Materiais

### Experimento 1

- Balão inflável
- Garrafa de refrigerante de 2 litros



Figura 1. Experimento 1.

### Experimento 2

- Balão inflável
- Garrafa de refrigerante de 2 litros
- Uma jarra de água morna
- Uma bacia de plástico de tamanho médio



Figura 2. Experimento 2.

## Procedimentos

### Experimento 1

1. Aperte a garrafa e coloque o balão dentro da garrafa. Prenda a boca do balão na boca da garrafa.
2. Solte as laterais da garrafa e o balão irá inflar à medida em que a garrafa encher. Se apertar a garrafa de novo então o balão irá murchar novamente.



Figura 3. Experimento 1, procedimento 1.



Figura 4. Experimento 1, procedimento 2.

### Experimento 2

1. Coloque a garrafa de plástico no congelador por cerca de uma hora. Ao retirar do congelador coloque o balão inflável na boca da garrafa com a parte inflável para fora da garrafa.
2. Preencha a bacia com água morna e coloque a garrafa dentro. As densidades diferentes determinam a contração ou expansão da bexiga.



Figura 5. Experimento 2, procedimento 1.



Figura 6. Experimento 2, procedimento 2.



## Orientações complementares

Um paralelo que podemos traçar para entender melhor a relação, diferença de pressão e vento, é o seu mecanismo de respiração. Quando você inala, sua caixa torácica expande, movimentando costelas e expandindo o diafragma. A pressão do ar dentro dos seus pulmões é menor que a pressão fora do seu corpo, então o fluxo do ar é como o vento, que sopra de uma região de alta pressão para uma região de baixa pressão, que são seus pulmões.

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

## Possíveis desdobramentos

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

Aplicabilidade da pressão atmosférica na meteorologia.

## Referência para as ilustrações

ALLABY, Michael. **How the weather works**. Pleasantville: Reader's Digest Book, p. 24 e 25, July 1995.





## FAZENDO SEU PRÓPRIO EL-NIÑO

---

Gilvan Sampaio de Oliveira  
CPTEC/INPE  
O El Niño e Você - o fenômeno climático

### Apresentação

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

El Niño representa o aquecimento anormal das águas superficiais e sub-superficiais do Oceano Pacífico Equatorial. A palavra El Niño é derivada do espanhol, e refere-se à presença de águas quentes que todos os anos aparecem na costa norte do Peru na época de Natal. Os pescadores do Peru e do Equador chamaram esta presença de águas mais quentes de Corriente de El Niño em referência ao Niño Jesus ou Menino Jesus. Na atualidade, as anomalias do sistema climático que são mundialmente conhecidas como El Niño e La Niña representam uma alteração do sistema oceano-atmosfera no Oceano Pacífico tropical, e têm conseqüências no tempo, no clima e no planeta. Nesta definição, considera-se não somente a presença das águas quentes da corrente El Niño mas também as mudanças na atmosfera próxima à superfície do oceano, com o enfraquecimento dos ventos alísios (que sopram de leste para oeste) na região equatorial. Com o aquecimento do oceano e com o enfraquecimento dos ventos, começam a ser observadas mudanças da circulação da atmosfera nos níveis baixos e altos, determinando mudanças nos padrões de transporte de umidade, e, portanto, variações na distribuição das chuvas em regiões tropicais e de latitudes médias e altas. Em algumas regiões do globo também são observado aumento, ou queda, de temperatura.

### Objetivos

Mostrar os efeitos do fenômeno. Para um melhor entendimento simularemos o que acontece com a atmosfera quando a água começa a ser aquecida no Oceano Pacífico. Essa mudança gera uma circulação totalmente diferenciada na atmosfera com grandes transtornos e modificações no clima em vários pontos do planeta.

## Sugestão de Problematização

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

### Materiais

- Corante de alimentos, ou óleo de cozinha
- Água
- Régua
- Recipiente desobstruído (aquário) - tom claro

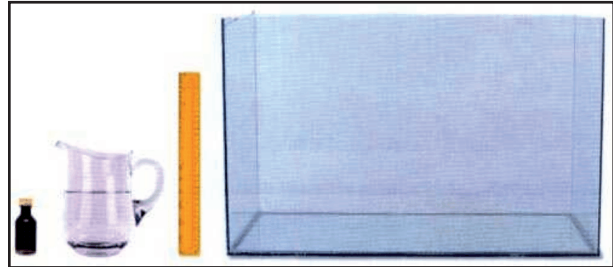


Figura 1. Materiais necessário.

### Procedimentos

1. Encha o recipiente com água fria, deixando 10 cm para encher. Coloque no "jarro" ou outro recipiente água morna da torneira com o corante de alimentos e despeje no recipiente.
2. Use a régua para medir a espessura da camada de água colorida e morna, de uma extremidade a outra do recipiente. A medida deverá ser a mesma nas duas extremidades.
3. Peça para seu amigo assoprar ou então colocar um ventilador, que mova a água colorida para uma extremidade. Para fazer seu El Niño, peça que seu amigo pare de assoprar de modo que a água morna flua de uma extremidade a outra.



Figura 2. Piscina com água, e no jarro água morna com o corante de alimento ou, então, somente óleo.



Figura 3. Régua medindo as extremidades do recipiente.



Figura 4. Veja seu El Niño montado.

## Orientações Complementares

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

Talvez a melhor maneira de se referir ao fenômeno El Niño seja pelo uso da terminologia mais técnica, que inclui as características oceânicas-atmosféricas, associadas ao aquecimento anormal do oceano Pacífico Tropical. O ENOS, ou El Niño Oscilação Sul representa de forma mais genérica um fenômeno de interação

atmosfera-oceano, associado a alterações dos padrões normais da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial, entre a Costa Peruana e o Pacífico oeste, próximo à Austrália.

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

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

### Algumas observações:

Evento de El Niño e La Niña tem uma tendência a se alternar cada 3-7 anos. Porém, de um evento ao seguinte o intervalo pode mudar de 1 a 10 anos; as intensidades dos eventos variam bastante de caso a caso. O El Niño mais intenso desde a existência de “observações” de TSM ocorreu em 1982-83 e 1997-98.

Algumas vezes, os eventos El Niño e La Niña tendem a ser intercalado por condições normais. Como funciona a atmosfera durante uma situação normal e durante uma situação de El Niño?: El Niño resulta de uma interação entre a superfície do mar e a baixa atmosfera sobre o Oceano Pacífico tropical. O início e o fim do El Niño são determinados pela dinâmica do sistema oceano-atmosfera, e a explicação física do processo é complicada.

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

- Imagine uma piscina (obviamente com água dentro), num dia ensolarado;
- Coloque numa das bordas da piscina um grande ventilador, de modo que este seja da largura da piscina;
- Ligue o ventilador;
- O vento irá gerar turbulência na água da piscina;
- Com o passar do tempo, você observará um represamento da água no lado da piscina oposto ao ventilador e até um desnível, ou seja, o nível da água próximo ao ventilador será menor que do lado oposto a ele, e isto ocorre porque o vento está “empurrando” as águas quentes superficiais para o outro lado, expondo águas mais frias das partes mais profundas da piscina.

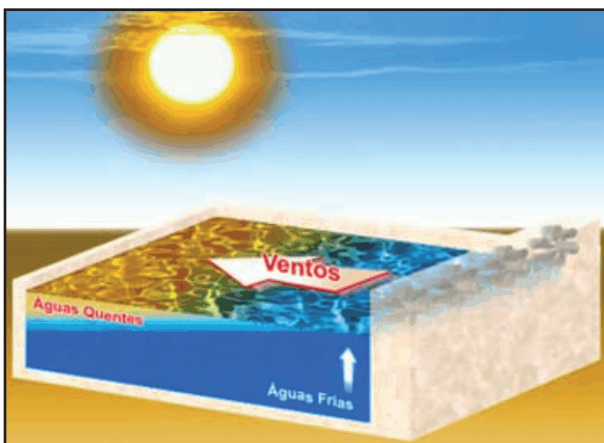


Figura 5

É exatamente isso que ocorre no Oceano Pacífico sem a presença do El Niño, ou seja, é esse o padrão de circulação que é observado. O ventilador faz o papel dos ventos alísios e a piscina, é claro, do Oceano Pacífico Equatorial. Águas mais quentes são observadas no Oceano Pacífico Equatorial Oeste. Junto à costa oeste da América do Sul, as águas do Pacífico são um pouco mais frias.

Com isso, no Pacífico Oeste, devido às águas do Oceano serem mais quentes, há mais evaporação. Havendo evaporação, há a formação de nuvens numa grande área. Para que haja a formação de nuvens o ar teve que subir. O contrário, em regiões com o ar vindo dos altos níveis da troposfera (região da atmosfera entre a superfície e cerca de 15 km de altura) para os baixos níveis raramente há a formação de nuvens de chuva. Mas até onde e para onde vai este ar?

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

A abaixo mostra a célula de circulação de Walker, bem como o padrão de circulação em todo o Pacífico Equatorial em anos normais, ou seja, sem a presença do fenômeno El Niño. Outro ponto importante é que os ventos alísios, junto à costa da América do Sul, favorecem um mecanismo chamado pelos oceanógrafos de ressurgência, que seria o afloramento de águas mais profundas do oceano. Estas águas mais frias têm mais oxigênio dissolvido e vêm carregadas de nutrientes e microrganismos vindos de maiores profundidades do mar, que vão servir de alimento para os peixes daquela região. Não é por acaso que a costa oeste da América do Sul é uma das regiões mais piscosas do mundo. O que surge também é uma cadeia alimentar, pois os pássaros que vivem naquela região se alimentam dos peixes, que por sua vez se alimentam dos microrganismos e nutrientes daquela região.

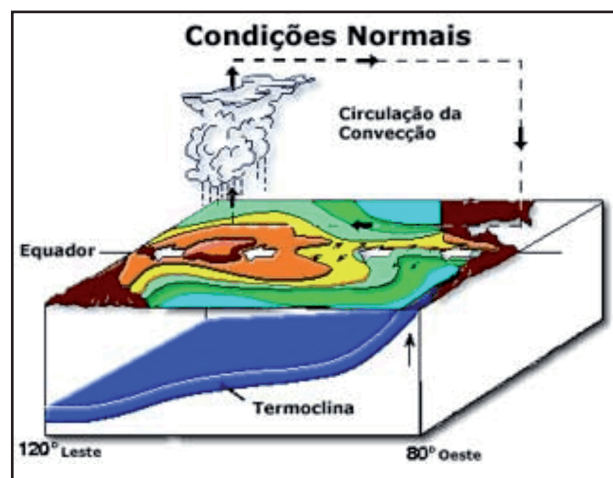


Figura 6. Circulação observada no Oceano Pacífico Equatorial em anos sem a presença do El Niño ou La Niña, ou seja, anos normais. A célula de circulação com movimentos ascendentes no Pacífico Central/Ocidental e movimentos descendentes no oeste da América do Sul e com ventos de leste para oeste próximos à superfície (ventos alísios, setas brancas) e de oeste para leste em altos níveis da troposfera é a chamada célula de Walker. No Oceano Pacífico, pode-se ver a região com águas mais quentes representadas pelas cores avermelhadas e mais frias pelas cores azuladas. Pode-se ver também a inclinação da termoclina, mais rasa junto à costa oeste da América do Sul e mais profunda no Pacífico Ocidental. Figura gentilmente cedida pelo Dr. Michael McPhaden do Pacific Marine Environmental Laboratory (PMEL)/NOAA, Seattle, Washington, EUA.

## **Referência bibliográfica**

**How the weather works (100 ways parents and kids can share the secrets of the atmosphere)**, Michael Allaby, Reader's Digest







# AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA



## INSTITUIÇÕES PARCEIRAS

Apoio:

Realização:



Ministério da  
Educação



Ministério da  
Ciência e Tecnologia



### AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA

Programa AEB Escola

SPO - Área 5 - Quadra 3 - Bloco Q - Salas 3 a 7 - CEP: 70610-200 Brasília DF

Fone: (61) 3411-5678 | 3411-5517 - Fax: (61) 3411-5505 | 3411-5131 | aebescola@aeb.gov.br

www.aeb.gov.br