

# SISTEMAS PRODUTORES DE TEMPO

**11**  
aula

## **META**

Compreender a dinâmica do clima, produzida e perturbada por tipos de tempo especiais.

## **OBJETIVOS**

Ao final da aula, o aluno deverá: explicar os sistemas de massas de ar; esclarecer o significado e o mecanismo das frentes; apresentar os sistemas perturbados do tempo; e iniciar a explicação do clima local.

## **PRÉ-REQUISITOS**

O aluno tem que conhecer os mecanismos de circulação, equilíbrio e fluxo do ar que nos envolve (aulas 08, 09 e 10).



**C**aro aluno ou querida aluna: sistemas produtores de tempo são sistemas de circulação acompanhados por padrões e tipos característicos de tempo. Estes sistemas causam as variações diárias e semanais no tempo e são muitas vezes mencionados como sendo *perturbações atmosféricas* ou meteorológicas.

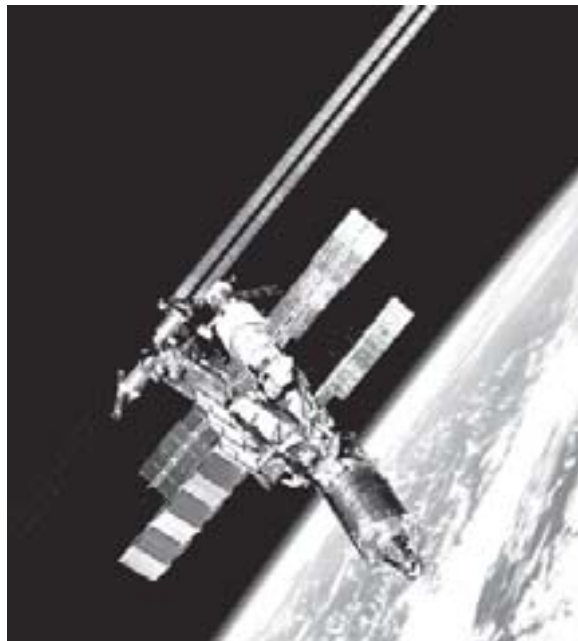
### INTRODUÇÃO

Essas perturbações são caracterizadas por extensas ondas, turbilhões ou vórtices de ar, inseridos na circulação geral da atmosfera, tais como os ciclones e anticiclones das latitudes médias. Também os ciclones tropicais e as monções surgem como um agrupamento de nuvens e podem influenciar o clima local. É muito característico nos limites terra-mar. Exemplos de perturbação atmosférica são os distúrbios de leste e os vórtices ciclônicos, que têm relações estreitas com o **Dipolo do Atlântico**.

As massas de ar e as frentes são reconhecidas e materializadas pelas imagens de satélites. A maior parte das depressões de latitudes médias é de origem frontal. As depressões que não são frontais são menos comuns e abrangem a depressão de ar polar, a térmica e a de sotavento.

#### Dipolo do Atlântico

Dipolo do Atlântico: diferença entre a anomalia da Temperatura da Superfície do Mar-TSM, na Bacia do Oceano Atlântico Norte e Oceano Atlântico Sul, que é desfavorável às chuvas, causam anos secos ou muito secos no NEB. O fenômeno *La Niña* (resfriamento anômalo das águas do Oceano Pacífico)



(Fonte: <http://imagens.kboing.com.br>)

Uma massa de ar pode ser definida como um grande corpo horizontal e homogêneo, deslocando-se como uma entidade reconhecível, possuindo tanto origem tropical quanto polar. Uma massa de ar pode sofrer modificações térmicas ou dinâmicas ao deixar sua área de origem.

A modificação térmica resulta da influência das características térmicas da superfície sobre a qual se encontra a massa de ar em seu deslocamento. A modificação dinâmica origina-se das relações da massa de ar com anticiclones e depressões próximas.

As massas de ar originam-se em áreas onde existem condições que favoreçam o desenvolvimento de vastos corpos de ar horizontais e uniformes:

- Tais áreas são geralmente extensas e fisicamente homogêneas. Áreas de terreno irregular ou áreas onde a terra e a água estão justapostas são inconvenientes.

- Deve haver, também, em tais áreas, suficiente estagnação da circulação atmosférica para permitir que a massa de ar adquira a umidade e as propriedades térmicas da superfície adjacente. Da mesma forma, áreas com o fluxo de ar predominantemente convergente não podem servir como regiões de origem de massas de ar.

As principais áreas produtoras de massas de ar no mundo, são:

1. As planícies árticas, cobertas de neve, da América do Norte, Europa e Ásia;
2. Os oceanos subtropicais e tropicais;
3. O deserto do Saara na África;
4. Os interiores continentais da Ásia, Europa e América do Norte.

Podemos, então, classificar as massas de ar segundo sua região de origem e segundo a natureza da sua região de origem. Assim, se um grande volume forma-se numa alta pressão subtropical, possuirá temperaturas mais elevadas do que uma massa de ar originada nas altas pressões polares. Neste caso, temos massas de ar quentes e frias, respectivamente. Se as massas de ar quentes tiverem natu-

### MASSAS DE AR

reza continental, serão quentes e secas; mas, se o anticiclone original estiver sobre os oceanos as massas serão quentes e úmidas.

Quanto mais tempo uma massa de ar permanece em sua área de origem, antes de se deslocar, mais afetada ela será pelas suas características. À medida que uma massa de ar se afasta de sua região de origem ela se modifica e é influenciada pela natureza da superfície sobre a qual ela se move. Se a superfície é mais fria que o ar sobre ela, a massa de ar será esfriada por baixo e tenderá a ficar estável. Se a superfície é mais quente que a massa de ar, haverá um impulso vertical ascendente, a taxa de queda da temperatura aumentará (resfriamento adiabático - descompressão por ascendência) e a massa de ar ficará relativamente instável. Pode haver, também, um aumento ou uma diminuição na umidade como resultado de modificação térmica, isto porque variará a capacidade higrométrica.

### Classificação Básica das Massas de Ar

| GRUPO PRINCIPAL                           | SUBGRUPO                        | REGIÃO DE ORIGEM   | PROPRIEDADES ORIGINAIS  |
|---|---------------------------------|--|---|
| Polar (P) – incluindo a Ártica (A)        | Polar Marítima (Pa, Pp e Pi)    | Oceanos, além da latitude de 50°, em ambos os hemisférios.   | Fria, úmida e instável.   |
|   | Polar Continental (Pc)          | 1. Continentes em torno do Círculo Ártico<br>2. Antártica  | Fria, seca e muito estável.   |
| Tropical (T) – incluindo a equatorial (E) | Tropical Marítima (Ta, Tp e Ti) | Oceanos dos trópicos e subtropicais  | Quente e úmida; estável na porção leste do oceano, mas instável na porção oeste |
|   | Tropical Continental (Tc)       | Desertos de baixa latitude, particularmente o Saara e os desertos australianos e na planície central da Am. Do Sul | Quente, muito seca e bastante estável.  |
|   | Equatorial (a, p)               |  |   |
|   | Equatorial continental (Ec)     |  |   |

Pode-se observar que, enquanto as áreas tropicais são afetadas por duas ou três massas de ar, as médias e altas latitudes são afetadas por três ou mais massas de ar. As massas de ar nas áreas

extratropicais apresentam propriedades muito contrastantes, ao contrário das massas de ar tropicais que têm características térmicas mais ou menos semelhantes e só diferem significativamente em seu teor de umidade. O tempo nas médias e altas latitudes é mais variável que o tempo nos trópicos.

### DEPRESSÕES FRONTAIS - FRENTES

As depressões frontais desenvolvem-se somente onde as massas de ar de propriedades diferentes existem para estimular a *frontogênese* (formação ou intensificação das frentes). As frentes são zonas-limites que separam massas de ar de propriedades diferentes.

Três condições devem se verificar para a *frontogênese*:

- Devem existir duas massas de ar adjacentes, de temperaturas diferentes;
- Em segundo lugar, deve haver uma circulação atmosférica com um forte fluxo convergente para transportar as massas de ar uma em direção à outra;
- Por fim, deve haver uma suficiente força de *Coriolis* para garantir que o ar quente não permaneça sobre o ar frio. Não havendo essas condições, as frentes se enfraquecem e desaparecem (um processo conhecido como *frontólise*).

A *frontogênese* é mais freqüente e intensa no inverno que no verão. O período de existência de uma frente é de aproximadamente 4 a 7 dias. As frentes se movem à razão de 50 a 80 km/h.

A zona frontal da Terra situa-se entre os paralelos de 30° e 60° em ambos os hemisférios. As principais áreas de *frontólise* são a Islândia e as ilhas Aleutas.

As frentes geralmente não ocorrem como unidades separadas, mas em grupos de três ou quatro. Numa mesma área podem passar até quatro depressões frontais, num período de 48 horas ou menos. Nas áreas extratropicais há uma variabilidade no tempo, particularmente no inverno, quando há frentes mais fortes e mais numerosas do que no verão.

O movimento de uma frente pode ser dificultado pelo desenvolvimento de anticiclones estáveis e estacionários, conhecidos como *anticiclones bloqueadores*. As frentes são forçadas a se mover em torno de tais altas bloqueadoras. A localização de uma alta bloqueadora é de importância meteorológica, uma vez que pode desviar a trajetória das depressões ou fazê-las estagnar sobre uma dada área. As áreas mais conhecidas estão na Escandinávia e Islândia.

Há dois tipos principais de frentes: a frente quente e a frente fria (Figura 8.1). A frente quente é aquela cujo deslocamento se efetua da massa de ar mais quente para a mais fria, de modo que em um ponto determinado o ar quente tende a substituir o ar mais frio. Por sua vez, a frente fria corresponde a uma cunha de ar relativamente frio que age sob uma massa de ar quente que é assim levantada (Garcez e Alvarez, 1988).

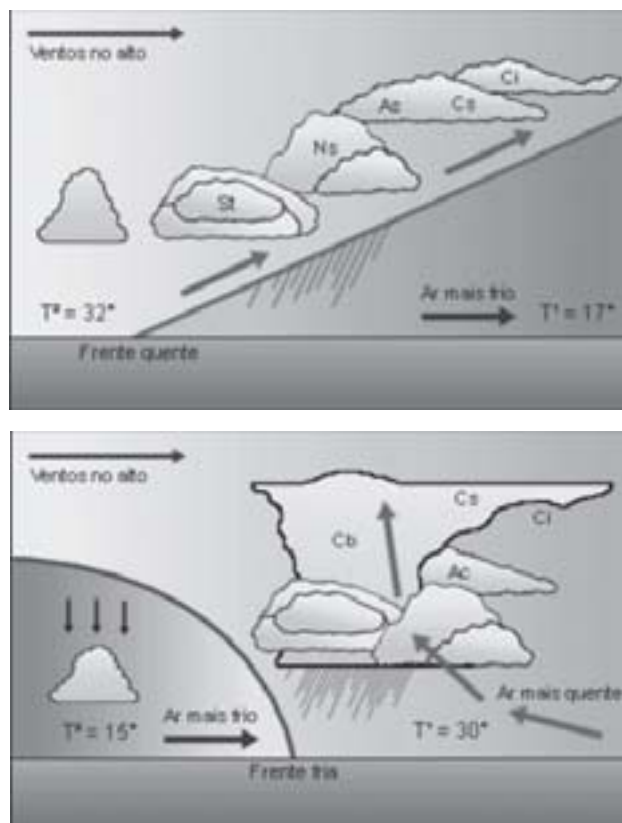


Figura. Corte transversal de uma frente quente (a) e de uma frente fria (b) (Fonte: <http://www.brasgreco.com>).

## DEPRESSÕES NÃO FRONTAIS DEPRESSÕES TÉRMICAS OU PELICULARES

Formam-se como resultado de intenso e prolongado aquecimento solar da terra. O aquecimento causa uma expansão geral do ar e um fluxo ascendente para os níveis elevados, provocando a queda da pressão ao nível do solo. Atingem sua máxima profundidade à tarde e podem desaparecer completamente à noite. Não causam tempo ruim generalizado, a não ser que o ar esteja muito úmido. Nos desertos quentes, as depressões térmicas resultam em ventos convectivos quentes e secos. Nas latitudes médias elas estão sempre associadas a trovoadas, principalmente no verão. Não se deslocam e não sobrevivem ao tempo frio.

## DEPRESSÃO DE AR POLAR

Desenvolve-se completamente no ar instável e ocorre principalmente no inverno, com duração de um a dois dias. Traz chuvas, tempo instável, mas sem áreas marcadamente chuvosas.

## DEPRESSÕES DE SOTAVENTO

São associadas a altas cadeias montanhosas. Quando uma massa de ar é forçada a ultrapassar uma barreira montanhosa, podem-se desenvolver talvegues de ondas a sotavento, por causa da tendência para a convergência e para a curvatura ciclônica. Ocorrem mais freqüentemente no inverno.

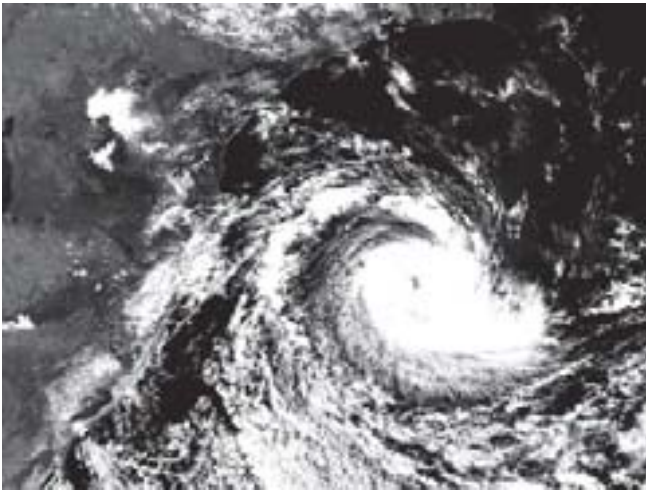
## PERTURBAÇÕES ATMOSFÉRICAS

Segundo Vasconcelos (2000), um dos principais trabalhos sobre a ação dos *distúrbios de leste* é o de Yamazaki e Rao (1977) que, utilizando diagramas longitude-tempo feitos a partir de imagens de satélite, verificaram que bandas de nebulosidade associadas a esse

sistema propagavam-se da África, sobre o Oceano Atlântico, em direção à costa brasileira, na faixa latitudinal de 5° a 15° S, as quais eram vistas, principalmente, nos meses de inverno no Hemisfério Sul (HS). Estes autores mencionaram, ainda, que, em muitos casos, esses distúrbios oriundos da África conseguiram penetrar um pouco continente adentro, auxiliados pela circulação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul

(ASAS).

O *Vórtice Ciclônico* em Altos Níveis (VCAN) é um sistema de escalas caracterizado por uma baixa pressão que se forma na alta troposfera, podendo estender-se até à média troposfera, dependendo da instabilidade da atmosfera. Esse sistema possui uma circulação ciclônica fechada, com centro mais frio que sua superfície. Na quase to-



(Fonte: <http://www.popa.com.br/>)

talidade dos casos, com circulação presente na alta e média troposfera, sua estrutura surge, inicialmente, na alta troposfera e se estende gradualmente para baixo, tendo o seu centro inclinado verticalmente na direção do ar frio. Na maioria dos casos, os VCANS no Nordeste da América do Sul e áreas oceânicas adjacentes formam-se ou intensificam-se quando um sistema frontal austral se aproxima.

De certa forma, a manutenção e a intensidade do VCAN ocorre pela transformação de energia potencial em energia cinética, através da liberação de calor latente na sua periferia, auxiliada pelo escoamento do sistema frontal. Seus efeitos sobre a precipitação do Nordeste do Brasil (NEB) são evidentes, principalmente quando se originam próximos à costa leste da América do Sul. O movimento aleatório faz com que haja variabilidade das áreas afetadas pela precipitação a ele associada, como também das áreas afetadas pelos movimentos subsidentes localizados no seu centro.



Subsidência – Dicionário Houaiss - Movimento descendente de uma massa de ar na atmosfera, geralmente com transferência de suas características.

Quando o VCAN adentra o Nordeste do Brasil, parte da região experimenta nebulosidade e chuvas (periferia) e parte tem céu claro decorrente dos movimentos subsistentes existentes no seu centro.

A fim de bem entender os mecanismos atmosféricos atuantes, e fornecer subsídios para o monitoramento e para a previsão climática da estação chuvosa no semi-árido nordestino, a Revista Brasileira de Meteorologia, publicada pela SBMET – Sociedade Brasileira de Meteorologia, em seus números recentes, reportam ao padrão DIPOLLO, como modo de variabilidade oceano-atmosfera de grande escala dominante sobre a Bacia do Atlântico Tropical.

O padrão DIPOLLO tem como variáveis de definição:

- a TSM – temperatura de superfície do mar;
- a PNN – pressão do nível do mar;
- cobertura fracional de nuvens – precipitação;
- componentes zonal e meridional do vento;
- fluxo de calor latente;
- saldo de radiação de onda curta e onda longa;
- distribuição mensal e sazonal da precipitação no semi-árido.

É de autoria do departamento de Meteorologia da Fundação Cearense de Meteorologia – FUNCEME, o artigo que versa sobre distribuição mensal e sazonal da precipitação no semi-árido nordestino, durante os anos de predominância de aquecimento ou de resfriamento observados em toda a bacia do Atlântico Tropical.

Segundo o artigo, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) constitui o principal sistema meteorológico indutor de chuvas no semi-árido nordestino, que tem modulado seu posicionamento conforme as fases do dipolo: chuva no padrão positivo, e, quando a fase é negativa, períodos de seca. Na fase negativa do dipolo, o gradiente térmico aponta para o hemisfério sul e as anomalias posi-

tivas de precipitação tendem a se posicionar predominantemente ao sul do equador.

Alguns trabalhos mostram a influência do Oceano Atlântico Tropical na distribuição das chuvas nas regiões tropicais do continente Sul-Americano, principalmente sobre o setor norte do Nordeste do Brasil. Estes trabalhos mostram que o El Niño, quando acontece conjuntamente com o dipolo positivo do Atlântico, associado ao dipolo negativo do Atlântico, favorável às chuvas, é normalmente responsável por anos considerados normais, chuvosos ou muito chuvosos na região. Por fim, quando as águas do Pacífico estão em condições normais e o dipolo do Atlântico é negativo, a probabilidade de se ter um ano normal ou chuvoso também é alta.

### CONCLUSÃO

**C**aro aluno ou querida aluna: os conceitos de massa de ar e de frentes têm notoriedade na imprensa, como causas de justificativas do comportamento climático padrão, ou pela ocorrência de anomalias e de seus impactos na sociedade.

### RESUMO



A compreensão dos sistemas produtores de tempo requer conhecimentos sobre o mecanismo das massas de ar e das frentes, em sua constituição e circulação, sem desvincular a ação de sistemas perturbadores da circulação geral. Neste particular, salientam-se as depressões não frontais, os vórtices ciclônicos, os distúrbios de leste e o papel do Dipolo do Atlântico, repercutindo especialmente sobre os tipos de tempo do Nordeste brasileiro. As massas de ar são classificadas segundo sua região de origem e segundo a natureza da região formadora. As frentes se formam pela proximidade de massas de ar com propriedades diferentes, e terão efeitos relacionados com o padrão da massa de ar que avança.



## ATIVIDADES

Pesquisar descrições de outros tipos de depressões frontais, de menor recorrência.

11  
aula

## REFERÊNCIAS

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. São Paulo: DIFEL, 1986.

ESTIENNE, Pierre et GODARD, Alain. **Climatologie**. Librairie Armand Colin, Paris, 1970.

FORSDYKE, A. C. **Previsão do tempo e clima**. Tradução: FERRO, Fernando de Castro. EDUSP: Edições Melhoramentos, São Paulo, 1975.

MENDONÇA, Francisco e Oliveira, Inês Moresco Danni. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007

NIMER, E. Subsídio ao plano de ação mundial para combater a desertificação. Programa das Nações Unidas Para o Meio Ambiente (PNUMA). **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, v. 42, n. 3, p. 612-627, 1980.

\_\_\_\_\_, **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

\_\_\_\_\_. Circulação atmosférica do nordeste e suas conseqüências: o fenômeno das secas. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 2, p. 3-13, 1964.

PINTO, Josefa Eliane Santana de S., AGUIAR NETTO, Antenor Oliveira de. **Clima, Geografia e Agrometeorologia: Uma Abordagem Interdisciplinar**. São Cristóvão: Editora da UFS, 2008.

VASCONCELOS, C. A. **Meio ambiente e espacialização da citricultura no município de Sairé – PE**. São Cristóvão: NPGeo/UFS, 2000 (Dissertação de Mestrado).

[http://www.brasgreco.com/weather/frentes/f\\_frias.html](http://www.brasgreco.com/weather/frentes/f_frias.html)