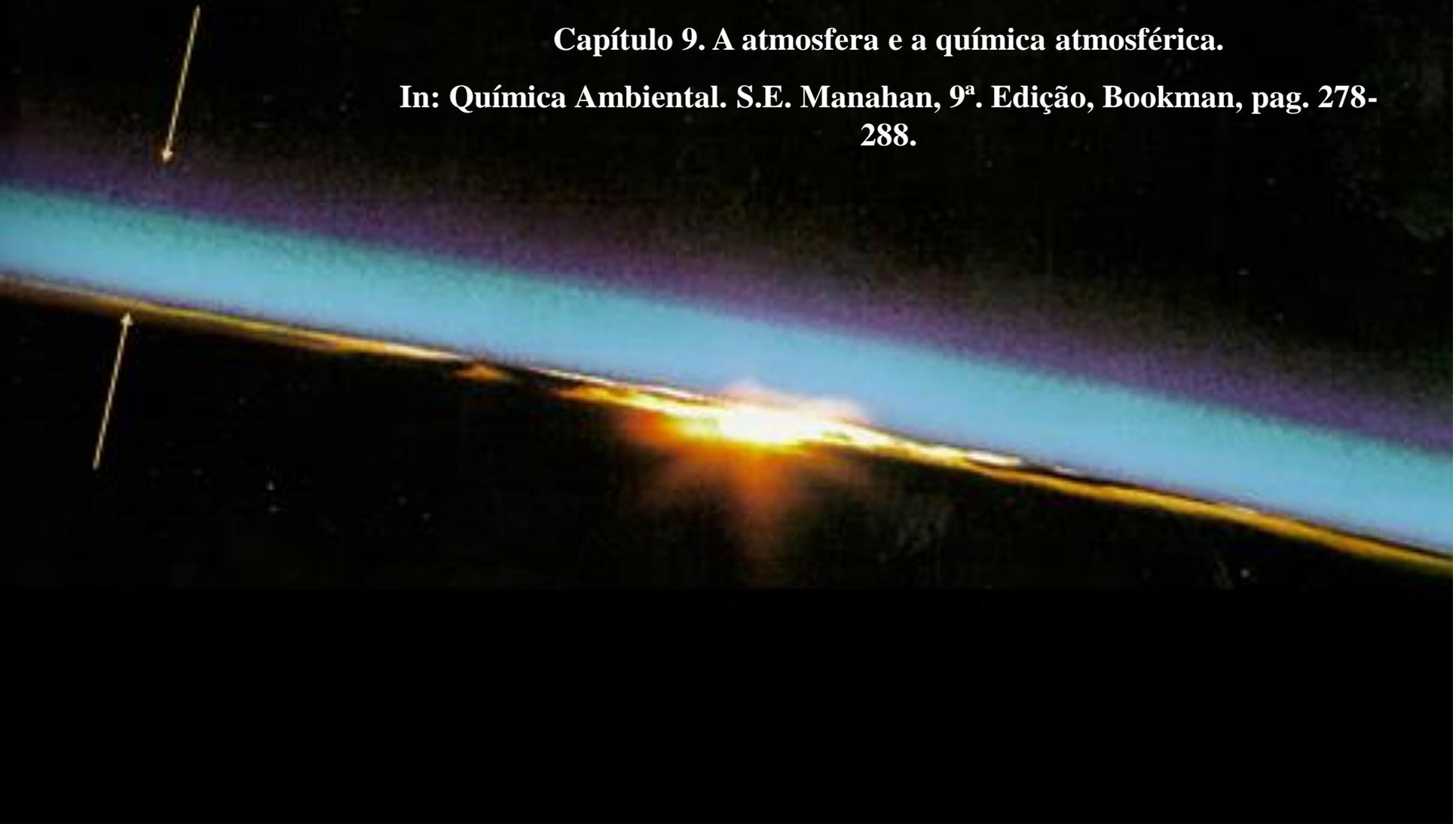


# COMPOSIÇÃO DA ATMOSFERA

## LEITURAS

Capítulo 9. A atmosfera e a química atmosférica.

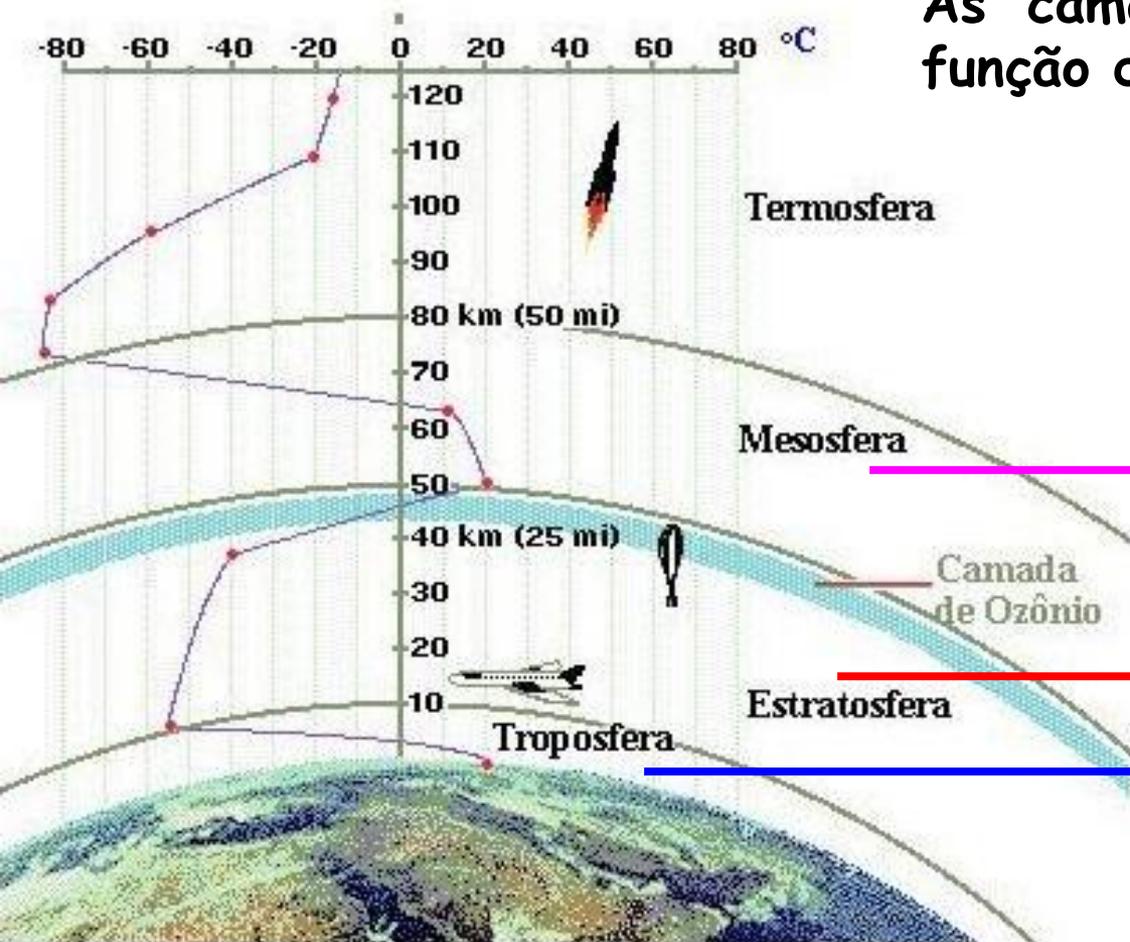
In: Química Ambiental. S.E. Manahan, 9ª. Edição, Bookman, pag. 278-288.



# Camadas da atmosfera

A atmosfera é composta de camadas

As camadas são classificadas em função da temperatura da altitude

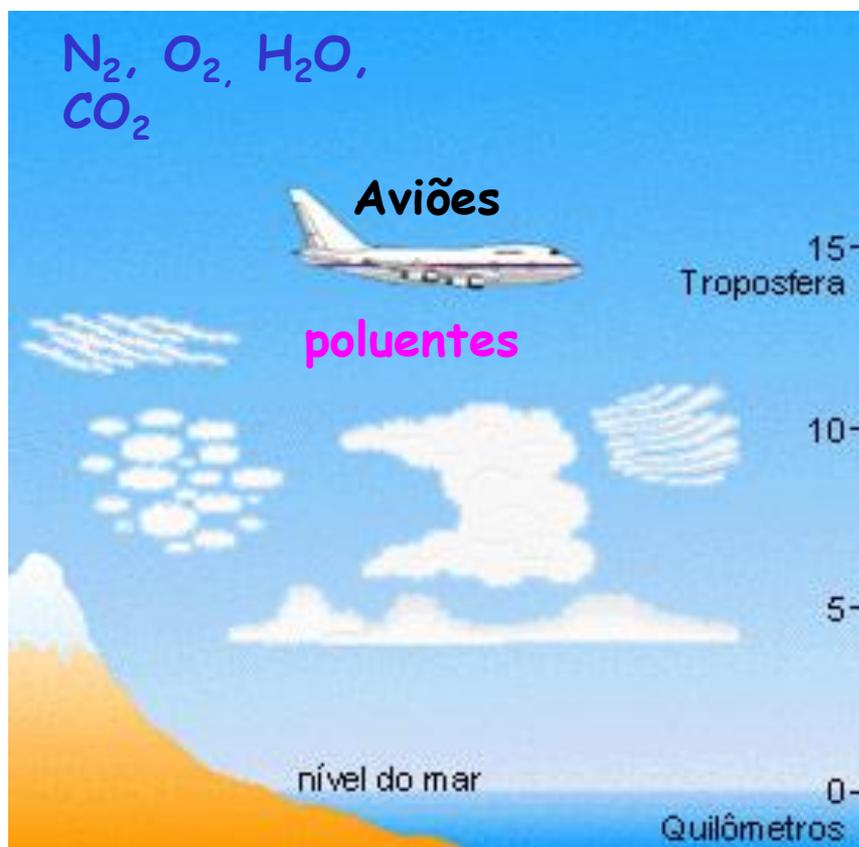


Temperatura diminui com aumento da altitude

Temperatura aumenta com aumento da altitude

Temperatura diminui com aumento da altitude

# Troposfera



Estende-se do nível do mar até cerca de 16 Km de altitude

contato direto com a superfície terrestre e seres vivos

⇒ elementos essenciais

onde ocorre os fenômenos como chuva, neve, vento, calor

⇒ camada mais estudada devido a concentração dos poluentes

circulação de aviões e balões tripulados

# Estratosfera

## Importância da estratosfera

Camada de ozônio

funciona como um escudo solar natural

Concentração de ozônio é expressa em unidades Dobson e equivale a uma espessura 0,001 cm

1 atm 0 °C

Presença de vento constante mas estável

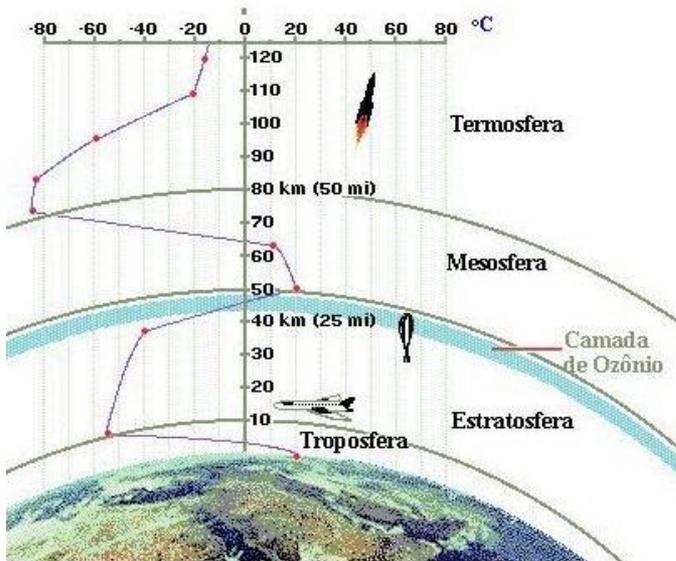


# Mesosfera

50 km ( $-2^{\circ}\text{C}$ ) a 85 km ( $-92^{\circ}\text{C}$ )

Abaixamento de temperatura :

- Ausência da absorção de rad.
- Falta de espécies químicas que absorvem
- Radiação absorvida antes na camada anterior



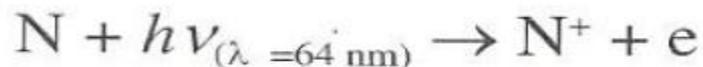
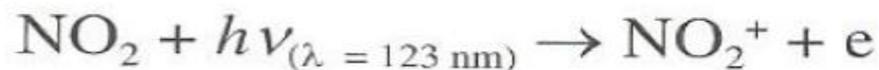
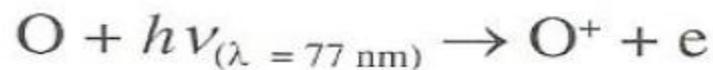
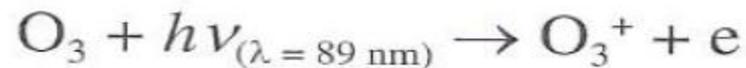
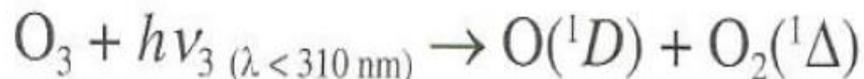
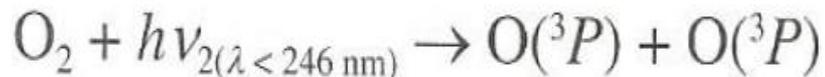
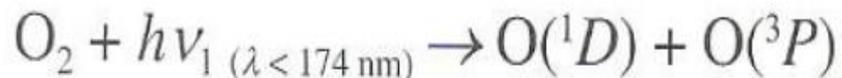
# Termosfera

---

85km (-92°C) a 500 Km (1200°C)

Temperatura elevada pela interação da radiação eletromagnética mais energética (comprimentos mais curtos ( $\lambda < 100$  nm) com as espécies químicas

Reações fotoquímicas de ionização:



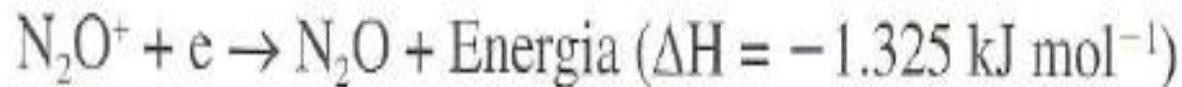
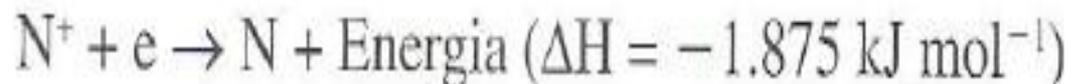
**Reações endotérmicas**

# Termosfera

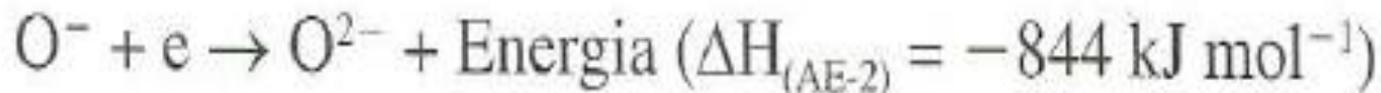
---

Após a ionização, dois tipos de reações químicas:

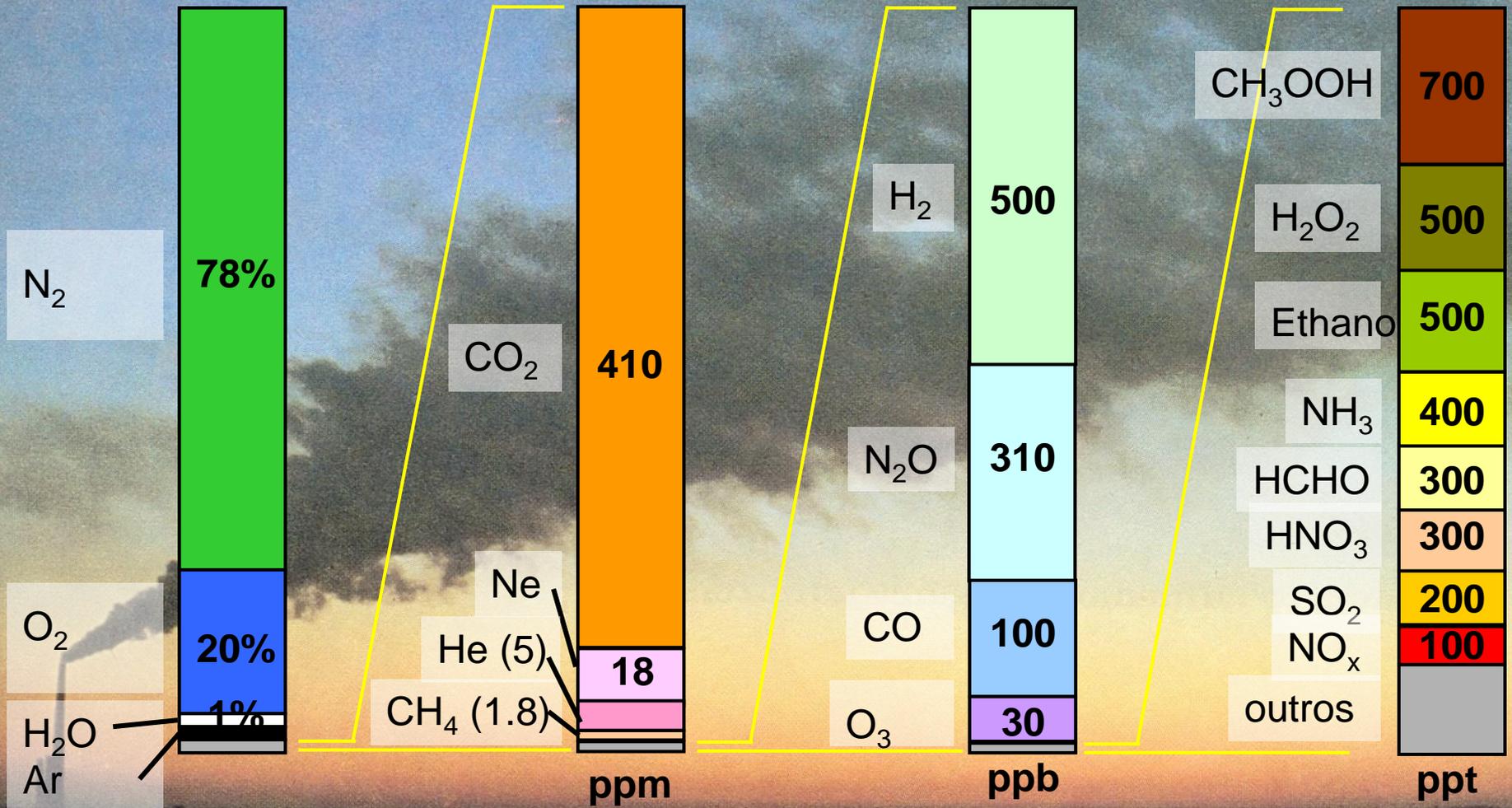
a) Os íons podem reabsorver os elétrons e liberar energia térmica



b) Elétrons ligam-se aos átomos dissociados, liberando energia



# Composição da atmosfera



# Gases traços

Table 9.1 Atmospheric Trace gases in dry air near ground level.

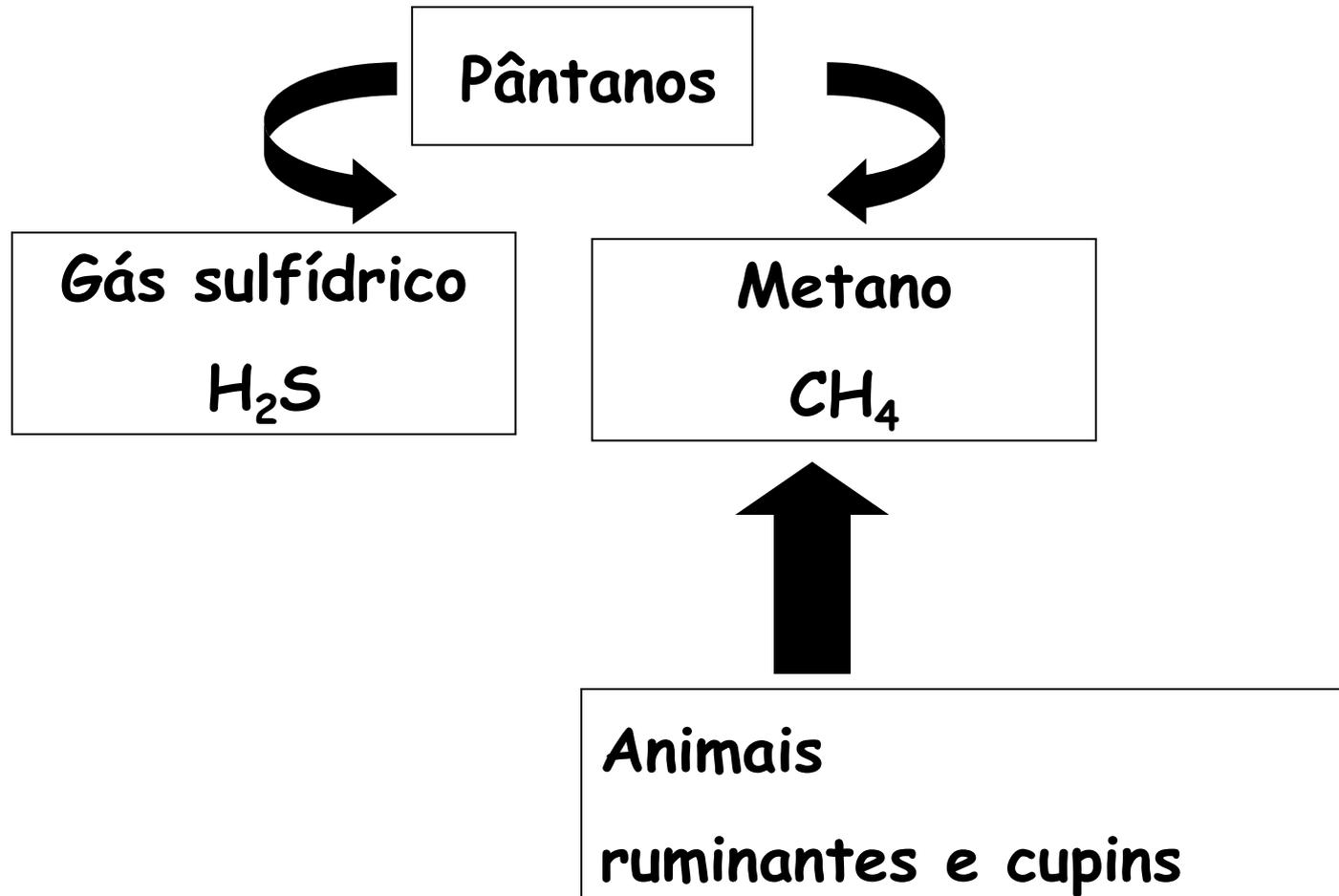
In: Environmental  
Chemistry - S. E.  
Manahan

| Gas or species                               | Volume percent <sup>1</sup>          | Major sources                             |
|--|--------------------------------------|---|
| CH <sub>4</sub>                              | 1.6 x 10 <sup>-4</sup>               | Biogenic <sup>2</sup>                     |
| CO   | ~1.2 x 10 <sup>-3</sup>              | Photochemical, anthropogenic <sup>4</sup> |
| N <sub>2</sub> O                             | 3 x 10 <sup>-5</sup>                 | Biogenic                                  |
| NO <sub>x</sub> <sup>5</sup>                 | 10 <sup>-10</sup> -10 <sup>-6</sup>  | Photochemical, lightning, anthropogenic   |
| HNO <sub>3</sub>                             | 10 <sup>-9</sup> -10 <sup>-7</sup>   | Photochemical                             |
| NH <sub>3</sub>                              | 10 <sup>-8</sup> -10 <sup>-7</sup>   | Biogenic                                  |
| H <sub>2</sub>                               | 5 x 10 <sup>-5</sup>                 | Biogenic, photochemical                   |
| H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>                | 10 <sup>-8</sup> -10 <sup>-6</sup>   | Photochemical                             |
| HO· <sup>6</sup>                             | 10 <sup>-13</sup> -10 <sup>-10</sup> | Photochemical                             |
| HO <sub>2</sub> · <sup>6</sup>               | 10 <sup>-11</sup> -10 <sup>-9</sup>  | Photochemical                             |
| H <sub>2</sub> CO                            | 10 <sup>-8</sup> -10 <sup>-7</sup>   | Photochemical                             |
| CS <sub>2</sub>                              | 10 <sup>-9</sup> -10 <sup>-8</sup>   | Anthropogenic, biogenic                   |
| OCS  | 10 <sup>-8</sup>                     | Anthropogenic, biogenic, photochemical    |
| SO <sub>2</sub>                              | ~2 x 10 <sup>-8</sup>                | Anthropogenic, photochemical, volcanic    |
| I <sub>2</sub>                               | 0-trace                              | —   |
| CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub> <sup>7</sup> | 2.8 x 10 <sup>-5</sup>               | Anthropogenic                             |
| H <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub> <sup>8</sup> | ~1 x 10 <sup>-8</sup>                | Anthropogenic                             |

# Fontes de compostos naturais

---

Atividade biológica de decomposição anaeróbica de matéria orgânica



# Compostos Naturais

Vegetação

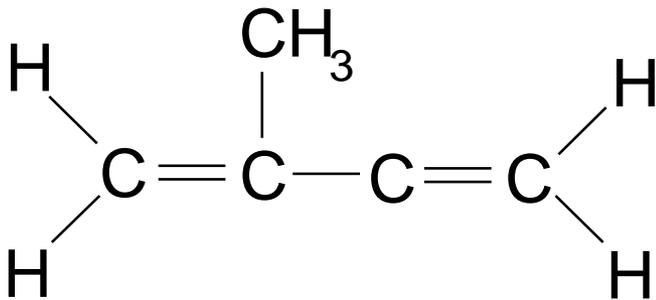
→ é a fonte mais importante

Hidrocarbonetos

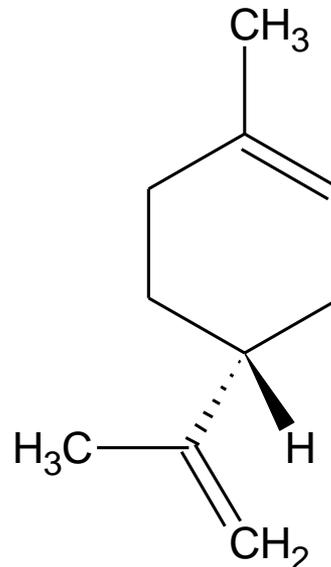
terpenos

A maioria dos HC emitidos  
pelas plantas

eucaliptos



Isopreno



Limoneno

# Composição da atmosfera

Comparando-se a atmosfera da Terra a planetas **sem vida**, verifica-se que nossa atmosfera é completamente diferente

| Gases                          | Composição da atmosfera |                |       |                  |
|--------------------------------|-------------------------|----------------|-------|------------------|
|                                | Vênus                   | Terra sem vida | Marte | Terra atualmente |
| CO <sub>2</sub>                | 98%                     | 98%            | 95%   | 0,03%            |
| N <sub>2</sub>                 | 1,9%                    | 1,9%           | 2,7%  | 79%              |
| O <sub>2</sub>                 | traço                   | traço          | 0,13% | 21%              |
| Argônio                        | 0,1%                    | 0,1%           | 2%    | 1%               |
| Temperatura da superfície (°C) | 477                     | 290 ± 50       | -53   | 13               |

Comparação entre atual atmosfera com a de eras passadas

# Teoria de Gaia

---

Vida é responsável por criar e manter as condições ambientais do planeta



← seres vivos possuem a capacidade de mudar e transformar o planeta

→ condições ideais para a sustentação da vida presente

Ciclos naturais garantem um fluxo contínuo de consumo e reposição

atmosfera possui capacidade depuradora

# Outros componentes da atmosfera

Atmosfera não é composta apenas por gases

porção sólida

porção líquida

**Material particulado  
em suspensão**

**sólida**

**Poeira, pólen e  
microorganismos**

**líquida**

**Gotículas resultantes  
da condensação do  
vapor d'água**

**Nuvens, neblina e chuvas**

# Poluição Atmosférica

---

**Poluição atmosférica** consiste de gases, líquidos ou sólidos presentes na atmosfera, em níveis significativos, que causam danos ao homem, animais, vegetais e materiais.

## Histórico da poluição atmosférica

**61 a.C.** relatos sobre a péssima qualidade do ar em Roma

- Fuligem
- fumaça
- vapores

# Histórico da poluição atmosférica

## Séculos XVIII e XIX Revolução industrial

Invenção da máquina a vapor

⇒ queima grandes quantidades de carvão, lenha e óleo combustível

**consequência:** atmosfera tornou-se insalubre com grande quantidade de fuligem e compostos de enxofre

## Séculos XX

Nasce a grande grupo de poluidores do ar

Veículos automotores

**Em resumo** a história da poluição está relacionada

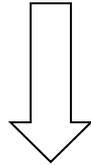
⇒ combustíveis

⇒ industrialização

⇒ civilização

# Episódios críticos de poluição do ar

Século XX : vários eventos com conseqüências graves



A poluição do ar é vista como uma “ameaça grave à saúde pública”

Esses eventos são denominados de **episódios críticos de poluição do ar**

**Bélgica 1930** uma névoa cobriu zona industrial

**Sintomas:** tosse, dores no peito, irritação os olhos e mucosas, dificuldade de respirar

# Episódios críticos de poluição do ar

---

**Duração:** 5 dias

**Óbitos:** 60 pessoas

**Causa:** mistura de poluentes e alta umidade do ar

**Estados Unidos 1948** 43% da população apresentavam:

**Sintomas:** irritação os olhos e mucosas das vias respiratórias

**Duração:** 5 dias

**Óbitos:** 20 pessoas

**Causa:** presença de material particulado e compostos de enxofre

# Episódios críticos de poluição do ar

**Inglaterra 1952** “névoa negra”

**Sintomas:** problemas pulmonares ou circulatórios

**Duração:** 4 dias

**Óbitos:** 4000 pessoas

**Causa:** ação combinada de partículas em suspensão de dióxido de enxofre



# *Ciência hoje volume 28 número 163 (2000)*

---

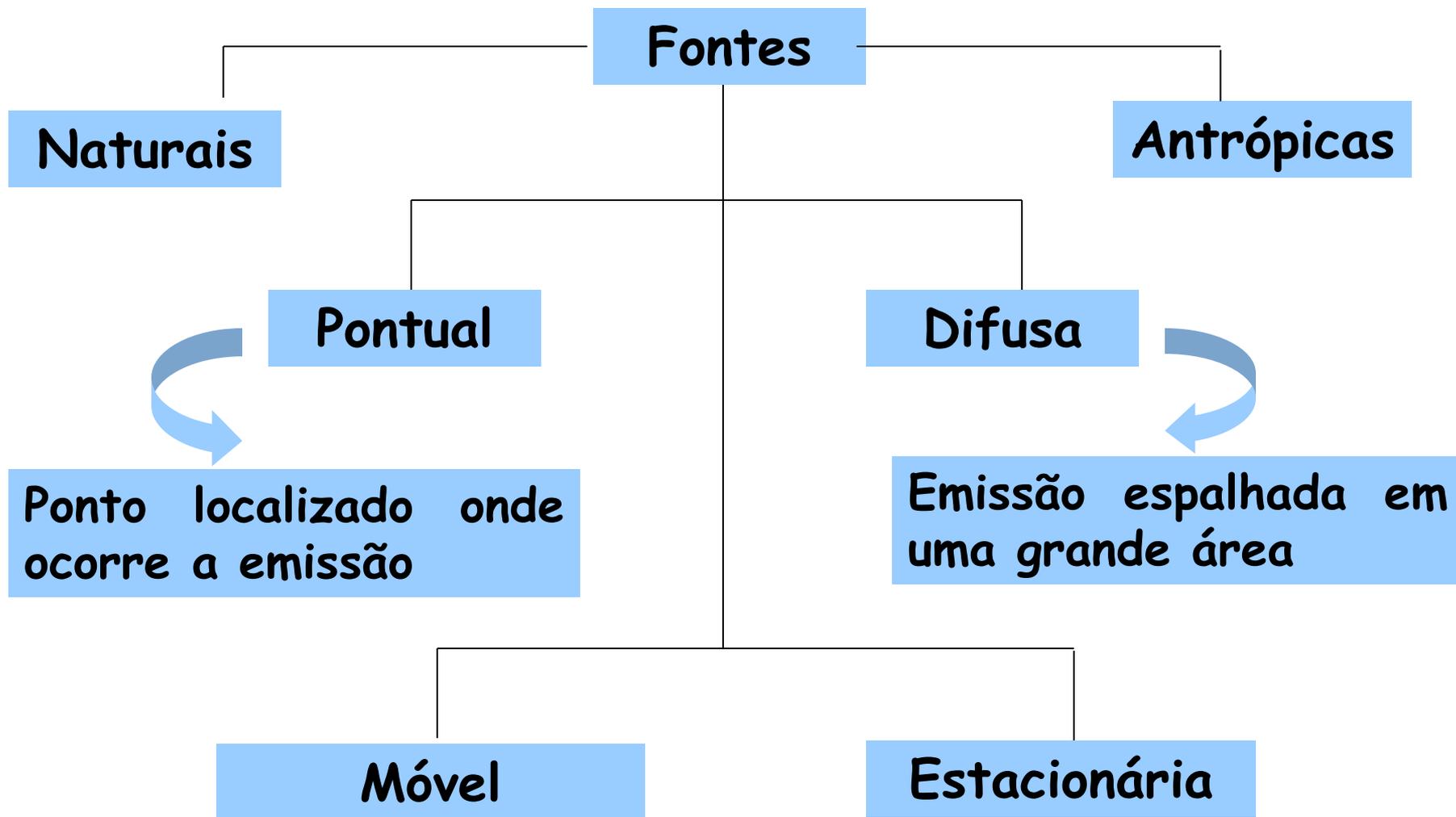
## Saldiva

- relacionar a poluição a graves problemas de saúde
- crises cardíacas e abortos espontâneos
- experimento com ratos
- após um dia poluído ocorre um aumento:
  - 12% na taxa de mortalidade
  - 30% problemas respiratórios
  - 10% internações com problemas cardiovasculares



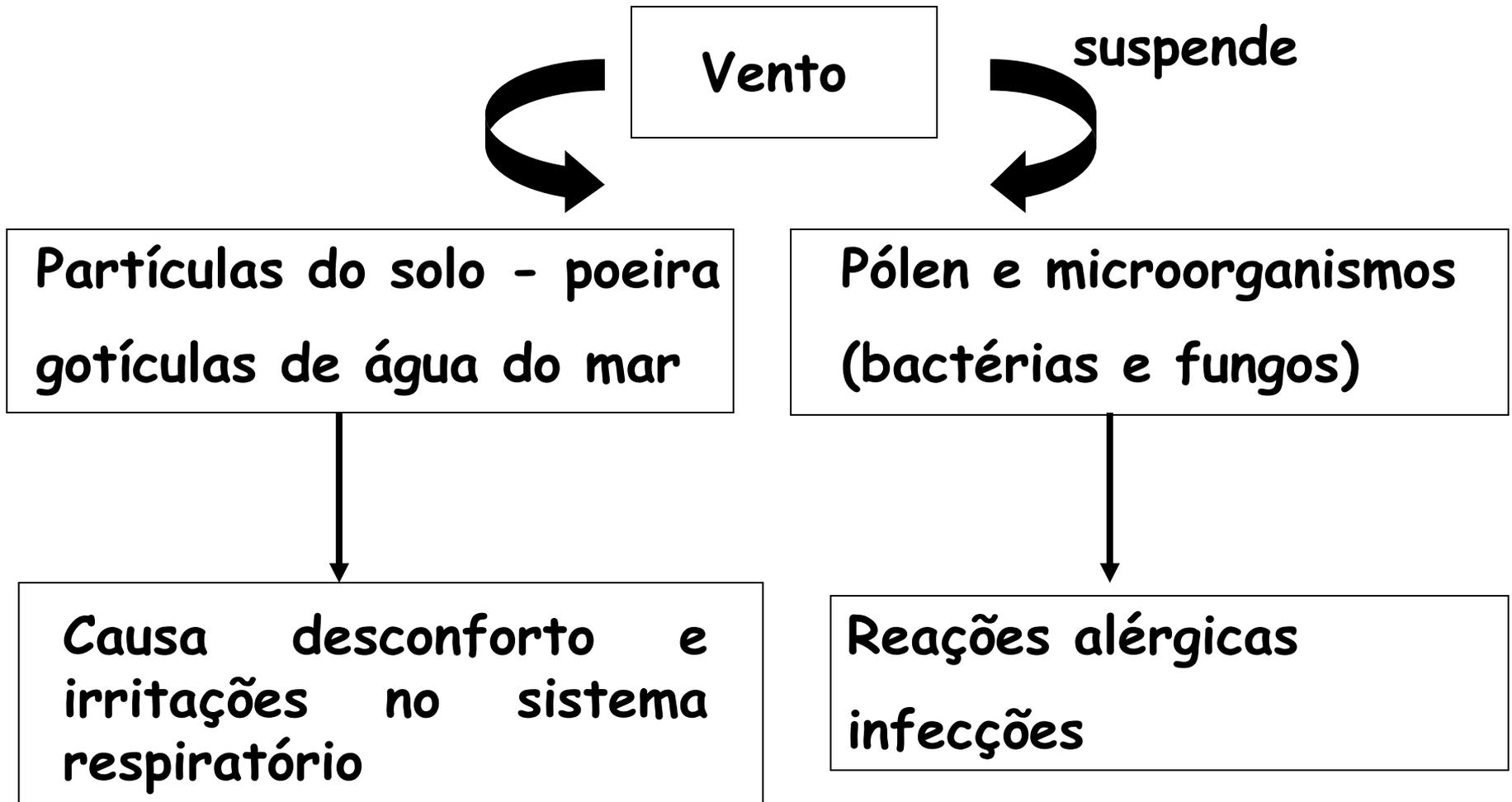
# Fontes de emissões

---



# Fontes Naturais

---



Curiosidades: Pode apresentar riscos reais: tempestades de areia  
Oceano Atlântico nuvens de poeira que dificultam a navegação

# Fontes Naturais

---



**Gases tóxicos compostos de enxofre**

**Partículas em suspensão - cinzas**

Caso mais famoso foi Vesúvio- soterramento da cidade com cinzas

Grande quantidade de cinzas

mortes foram ocasionadas por gases tóxicos

# Acidentes naturais - Lago Nyos

---

## Lago Nyos



Lago formado em cratera vulcânica

localização: República dos Camarões- África

Início da noite em Agosto de 1986

nuvem de gás vinda do lago espalhou-se pela cidade com velocidade de 72 Km/h

em 1 hora: 1700 pessoas e 8000 animais. Depois de 2 dias: chegada do exército e investigações sobre o acidente

Relato do sobreviventes

# Lago Nyos

---

Grande rumor vindo do lago

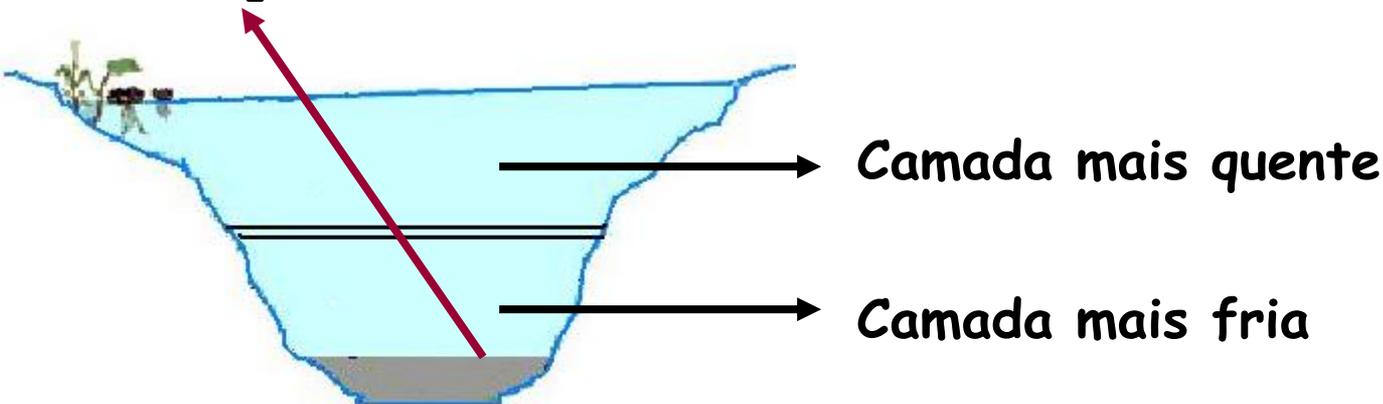
elevação de 25 m do nível de suas águas

Hipótese: imensa bolha de  $\text{CO}_2$  despreendeu-se subitamente do fundo do lago

causas: perturbação das camadas (terremoto, deslizamentos de terra e rajada de ventos).

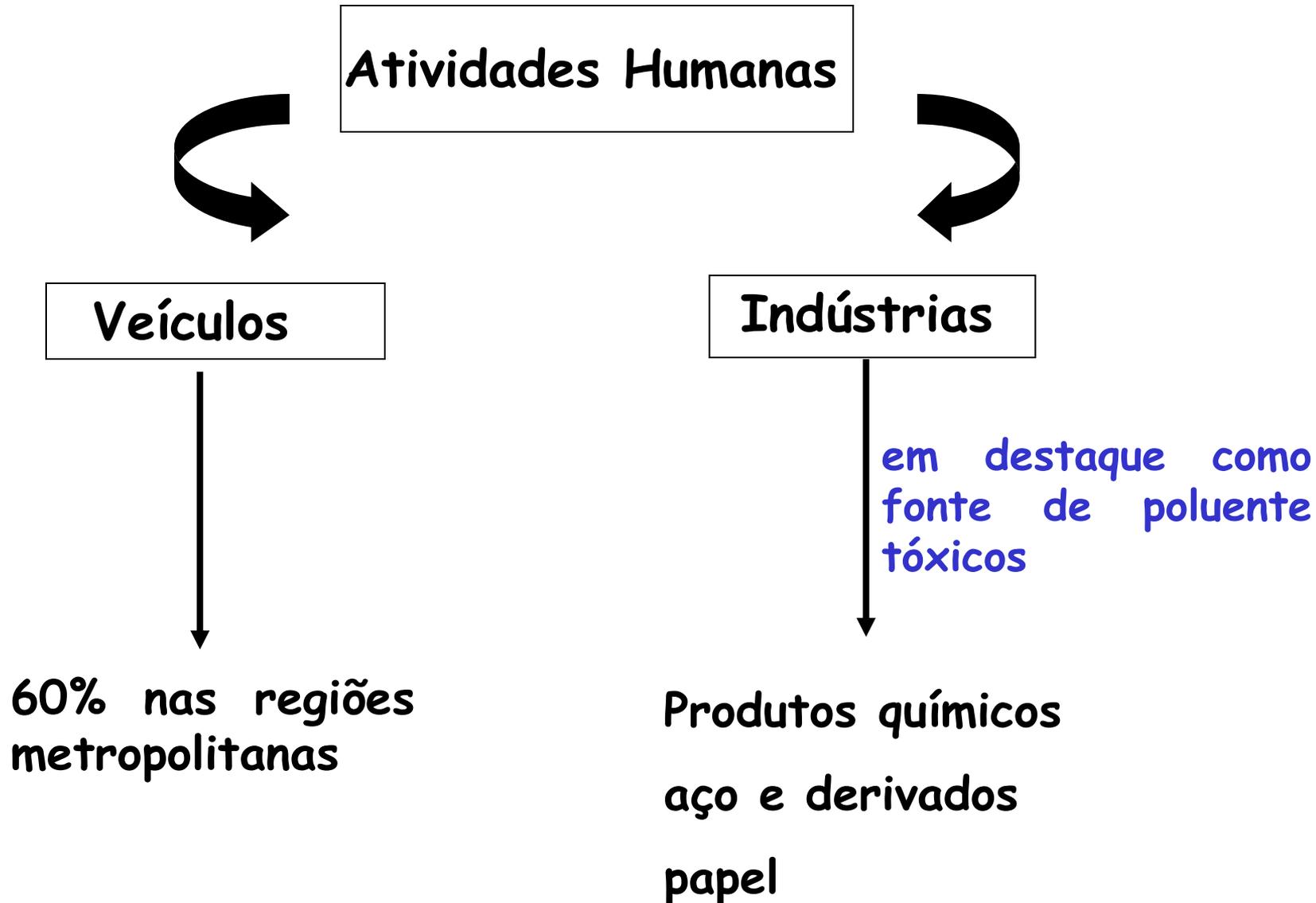
300 milhões de metros cúbicos  
de  $\text{CO}_2$

**Estratificação**



# Fontes antrópicas

---



# POLUENTES

- Substância presente em maior concentração que a natural como resultado da atividade humana e que cause um efeito no ambiente.



**In: Environmental Chemistry, Stanley and Manahan, 8th edition**

# Classificação dos poluentes

---

**Poluentes**

```
graph TD; Poluentes[Poluentes] --> primarios[primários]; Poluentes --> secundarios[secundários]; primarios --> primarios_desc[Compostos emitidos diretamente para atmosfera]; secundarios --> secundarios_desc[Compostos gerados na atmosfera por reações químicas];
```

**primários**

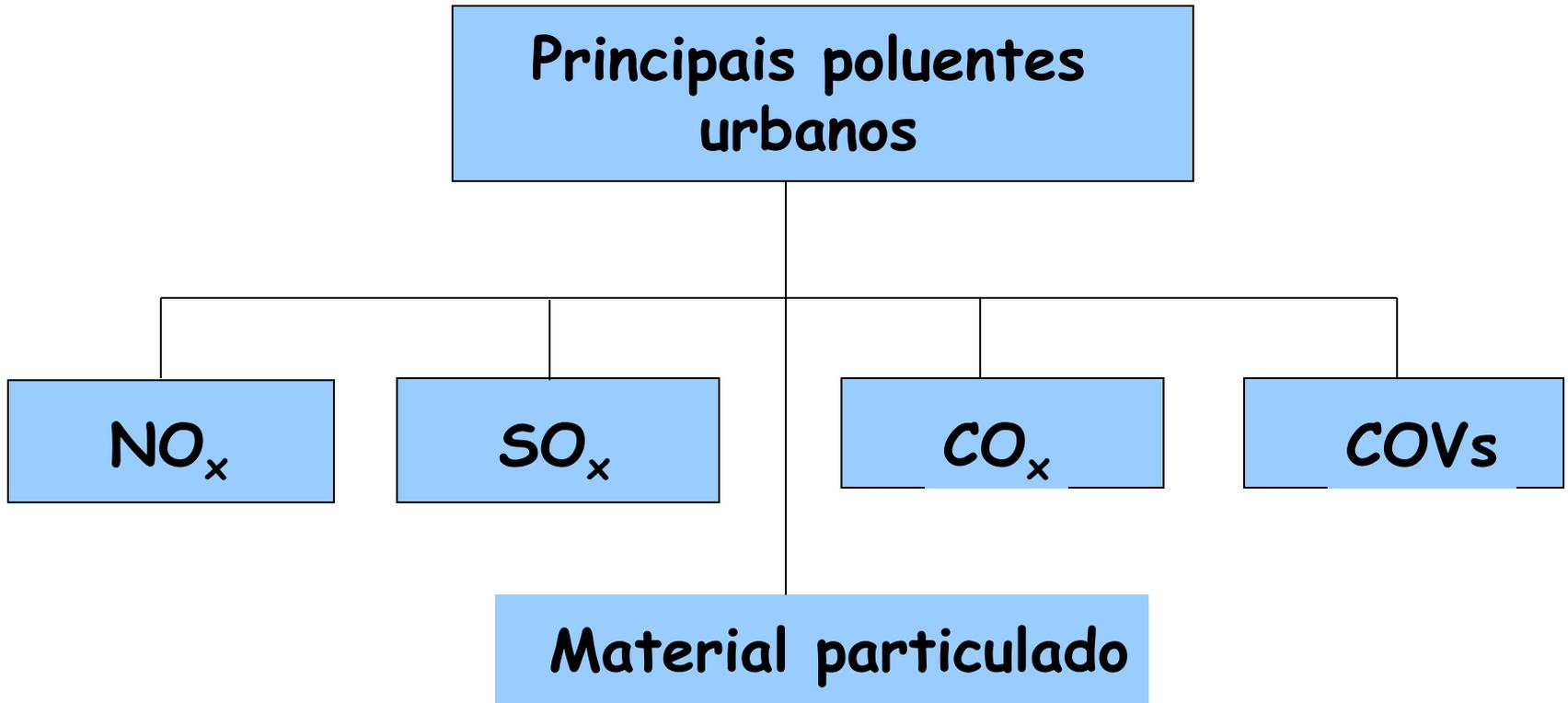
**Compostos emitidos  
diretamente para  
atmosfera**

**secundários**

**Compostos gerados  
na atmosfera por  
reações químicas**

# Poluentes primários

---





**FIGURE 3.2** Wildfires are an important source of emissions to the atmosphere, for example, this photo of smoke from wildfires burning in the Angeles National Forest filling the sky behind the Los Angeles skyline on Monday, June 20, 2016. SOURCE: Associated Press.

# Padrões de qualidade do ar

- ***Primários:*** concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. Podem ser entendidos como níveis máximos de conc. de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo.
- ***Secundários:*** conc. das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim com danos à fauna e à flora, aos materiais. Níveis desejados de conc. Meta de longo prazo.
- **Objetivo:** criar uma base para uma política de prevenção da degradação da qualidade do ar. Aplicados em : áreas de preservação (parques, estâncias turísticas, etc.)

**Table 3.** Brazilian NAQS and interim targets determined in 2018.<sup>8</sup> Values determined in 1990 are also indicated<sup>4</sup>

| Pollutant         | Averaging time | Mean concentration / ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) |                   |                   |                   |                        |
|-------------------|----------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------|
|                   |                | 1990 NAQS <sup>4</sup>                        | IT-1 <sup>8</sup> | IT-2 <sup>8</sup> | IT-3 <sup>8</sup> | 2018 NAQS <sup>8</sup> |
| PM <sub>10</sub>  | annual mean    | 50  | 40                | 35                | 30                | 20                     |
|                   | 24-hour mean   | 150   | 120               | 100               | 75                | 50                     |
| PM <sub>2.5</sub> | annual mean    | –   | 20                | 17                | 15                | 10                     |
|                   | 24-hour mean   | –   | 60                | 50                | 37                | 25                     |
| O <sub>3</sub>    | 8-hour mean    | –   | 140               | 130               | 120               | 100                    |
|                   | 1-hour mean    | 160 <sup>a</sup>                              | –                 | –                 | –                 | –                      |
| NO <sub>2</sub>   | annual mean    | 100 <sup>a</sup>                              | 60                | 50                | 45                | 40                     |
|                   | 1-hour mean    | 320 <sup>a</sup>                              | 260               | 240               | 220               | 200                    |
| SO <sub>2</sub>   | 24-hour mean   | 365 <sup>a</sup>                              | 125               | 50                | 30                | 20                     |
|                   | annual mean    | 80  | 40                | 30                | 20                | –                      |
| CO                | 8-hour mean    | 9   | –                 | –                 | –                 | 9 <sup>b</sup>         |
| Pb <sup>c</sup>   | annual mean    | –   | –                 | –                 | –                 | 0.5                    |
| TPM               | 24-hour mean   | 240   | –                 | –                 | –                 | 240                    |

<sup>a</sup>Primary standard; <sup>b</sup>units in ppm; <sup>c</sup>Pb determined in total particulate matter. NAQS: National Air Quality Standards; IT-1: interim target 1; IT-2: interim target 2; IT-3: interim target 3; PM<sub>10</sub>: particles that have aerodynamic diameters less than or equal to 10  $\mu\text{m}$ ; PM<sub>2.5</sub>: particulate matter with an aerodynamic diameter less than 2.5  $\mu\text{m}$ ; annual mean: arithmetic annual mean; 1-hour mean: arithmetic 1-hour mean; 8-hour mean: maximum 8-hour mean obtained during the day; 24-hour mean: arithmetic 24-hour mean; TPM: total particulate matter.

**Table 2.** Classification of air pollutants considering the WHO expert pollutant advice<sup>11</sup>

| Group 1            | Group 2           | Group 3                    | Group 4             |
|--------------------|-------------------|----------------------------|---------------------|
| Particulate matter | cadmium           | arsenic                    | mercury             |
| Ozone              | chromium          | manganese                  | asbestos            |
| Nitrogen dioxide   | lead              | platinum                   | formaldehyde        |
| Sulfur dioxide     | benzene           | vanadium                   | styrene             |
| Carbon monoxide    | PCDDs and PCDFs   | butadiene                  | tetrachloroethylene |
|                    | PAHs <sup>a</sup> | trichloroethylene          | carbon disulfide    |
|                    |                   | acrylonitrile <sup>b</sup> | fluoride            |
|                    |                   | hydrogen sulfide           | PCBs                |
|                    |                   | vinyl chloride             | 1,2-dichloroethane  |
|                    |                   | toluene                    | dichloromethane     |
|                    |                   | nickel                     |                     |

<sup>a</sup>PAHs were assigned to group 2 taking benzo[*a*]pyrene as a reference compound; <sup>b</sup>acrylonitrile was classified in group 3 with possible reclassification to group 2. PCDDs: polychlorinated dibenzodioxins; PCDFs: polychlorinated dibenzofurans; PAHs: polycyclic aromatic hydrocarbons; PCBs: polychlorinated biphenyls.

## *Organização mundial da Saúde - OMS*

- **Valores guias para material particulado**

**MP<sub>2,5</sub>** 10  $\mu\text{g m}^{-3}$  média anual  
25  $\mu\text{g m}^{-3}$  média para 24 horas

**MP<sub>10</sub>**  
20  $\mu\text{g m}^{-3}$  média anual  
50  $\mu\text{g m}^{-3}$  média para 24 horas

# *PM health effects*

- The effects of PM on health occur at levels of exposure currently being experienced by most urban and rural populations in both developed and developing countries. Chronic exposure to particles contributes to the risk of developing cardiovascular and respiratory diseases, as well as of lung cancer. In developing countries, exposure to pollutants from indoor combustion of solid fuels on open fires or traditional stoves increases the risk of acute lower respiratory infections and associated mortality among young children; indoor air pollution from solid fuel use is also a major risk factor for chronic obstructive pulmonary disease and lung cancer among adults. The mortality in cities with high levels of pollution exceeds that observed in relatively cleaner cities by 15–20%. Even in the EU, average life expectancy is 8.6 months lower due to exposure to PM<sub>2.5</sub> produced by human activities.

# O<sub>3</sub> - *OMS*

- **Valor guia para Ozônio:**

100  $\mu\text{g m}^{-3}$  média para 8 horas

- *Health effects*  
Excessive ozone in the air can have a marked effect on human health. It can cause breathing problems, trigger asthma, reduce lung function and cause lung diseases. In Europe it is currently one of the air pollutants of most concern. Several European studies have reported that the daily mortality rises by 0.3% and that for heart diseases by 0.4 %, per 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  increase in ozone exposure.

# NO<sub>2</sub> -*OMS*

- At short-term concentrations exceeding 200 µg/m<sup>3</sup>, it is a toxic gas which causes significant inflammation of the airways.
- *Health effects*  
Epidemiological studies have shown that symptoms of bronchitis in asthmatic children increase in association with long-term exposure to NO<sub>2</sub>. Reduced lung function growth is also linked to NO<sub>2</sub> at concentrations currently measured (or observed) in cities of Europe and North America.
- **Valores guia**  
40 µg m<sup>-3</sup> média anual  
200 µg m<sup>-3</sup> media para 1 hora

# SO<sub>2</sub> - *OMS*

- **Guideline values**
- 20 µg m<sup>-3</sup> média para 24 horas  
500 µg m<sup>-3</sup> media para 10 minutos
- A SO<sub>2</sub> concentration of 500 µg m<sup>-3</sup> should not be exceeded over average periods of 10 minutes duration. Studies indicate that a proportion of people with asthma experience changes in pulmonary function and respiratory symptoms after periods of exposure to SO<sub>2</sub> as short as 10 minutes.
- *Health effects*  
SO<sub>2</sub> can affect the respiratory system and the functions of the lungs, and causes irritation of the eyes. Inflammation of the respiratory tract causes coughing, mucus secretion, aggravation of asthma and chronic bronchitis and makes people more prone to infections of the respiratory tract. Hospital admissions for cardiac disease and mortality increase on days with higher SO<sub>2</sub> levels.

# Exercícios

- Qual é a composição da atmosfera urbana, florestal, industrial ?
- Quais poluentes que os veículos emitem ?
- Por que o chumbo era adicionado à gasolina ?
- Por que foi retirado ?