

## PROPAGAÇÃO DE CALOR

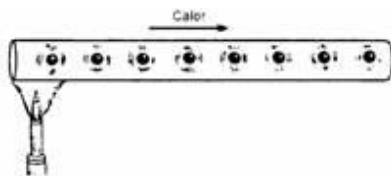
Em física **propagação de calor** é a transição de energia térmica de um corpo mais quente para um corpo mais frio. Em outras palavras, é a troca de energia calorífica entre dois sistemas a temperaturas diferentes.

Quando um corpo, por exemplo, um objeto sólido ou um fluido, está a uma temperatura diferente da de outro corpo, a transferência de energia térmica, também conhecida como fluxo de calor ou troca térmica, ocorre de tal maneira que os corpos alcancem o equilíbrio térmico; o que significa que se encontram a mesma temperatura, a lei zero da termodinâmica. Quando ocorre transferência de energia térmica de um corpo para outro, a propagação se faz do corpo de maior temperatura para o de menor (do mais quente para o mais frio), como descrito pela segunda lei da termodinâmica ou o chamado enunciado Clausius. Quando existe uma diferença de temperatura entre dois objetos em proximidade um do outro, a transferência de calor não pode ser detida; só pode ser feita mais lentamente (não existe material isolante perfeito).

Essa transmissão de calor pode ocorrer de três formas: **condução, convecção e irradiação**.

### Condução

Para explicar a propagação de calor por condução, vamos pegar um exemplo bem simples: imaginem uma barra de ferro em temperatura ambiente, segure-a em uma de suas pontas, aproxime a outra a uma chama de fogo. A barra não ficará quente de uma vez, irá aquecer primeiro a ponta mais próxima da chama **havendo** com isso, transferência de calor da região mais quente para a mais fria.



Essa transferência de calor ocorre por contato direto das partículas da matéria. Ou seja, as partículas vão colidindo entre si, transferindo o calor de um ponto para o outro. A transferência de energia pode ser primariamente por impacto elástico como em fluidos e por difusão de elétrons livres como predominante em metais ou vibração de fônons como predominante em isoladores. Em outras palavras, calor é transferido por condução quando átomos adjacentes vibram um contra o outro, ou quando elétrons movem-se de um átomo a outro. A condução é maior em sólidos, onde uma rede de relações espaciais relativamente fixa entre átomos ajuda a transferir energia entre eles por vibração.

Metais (Ex. cobre, platina, ouro, etc) são normalmente os melhores condutores de energia térmica. Isto é devido à forma que os metais são quimicamente ligados: ligações metálicas (em oposição a covalentes ou iônicas) tendo elétrons de livre movimento os quais são hábeis em transferir energia térmica rapidamente através do metal.

A medida que a densidade diminui, decresce a condutividade. Portanto, fluidos (e especialmente gases) são menos condutores. Isto é devido as grandes distâncias entre átomos em um gás: menos colisões entre átomos significa menos condução.

**O processo de transmissão de calor por condução tem como características:**

**1-Não ocorre no vácuo.**

**2-Há transmissão de energia sem propagação de matéria.**

**3-Quanto mais próximas as partículas, mais rápida a propagação. A condução ocorre principalmente nos sólidos.**

## Fluxo de calor ( $\phi$ )

Para que se possa quantificar a condução de calor, devemos antes definir o que é fluxo de calor.

Pegando o exemplo anterior da barra aquecida, podemos notar que quanto maior a quantidade de energia transmitida, maior o fluxo de energia(calor) através da mesma.

Da mesma forma, é fácil perceber que quanto menor o tempo de transmissão desta energia, maior o fluxo de calor através da barra. desta forma , deduzimos que o fluxo de calor indica a quantidade de energia transmitida ao longo do material ou do meio em certo intervalo de tempo. Sendo assim temos :

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t}$$

No sistema internacional a unidade de fluxo de calor é o Watt (W), que corresponde a Joule por segundo, embora também sejam muito usada a unidade caloria/segundo (cal/s) e seus múltiplos: caloria/minuto (cal/min) e quilocaloria/segundo (kcal/s).

## Lei de Fourier

A lei de Fourier, como o próprio nome indica, foi estabelecida em 1811 pelo matemático e físico francês Jean Baptiste Joseph, mais conhecido por barão de Fourier. Este publicou uma teoria de propagação do calor, onde introduziu as séries trigonométricas (séries de Fourier). A lei de Fourier constitui uma lei empírica, isto é, estabelecida a partir da experiência e descreve a teoria da condutibilidade calorífica em regimes de temperaturas estacionárias e variáveis e resolve diversos problemas: como a condução de calor através de parede, barra, esfera, entre outros.

Imagine que voce queira determinar o fluxo de calor através de uma barra, onde as extremidades estão a temperaturas diferentes.

Experimentalmente é possível verificar que o fluxo de calor é:

Diretamente proporcional à área da secção da barra que une os dois corpos(A);

Diretamente proporcional à diferença de temperatura entre os dois corpos( $\Delta T$ );

Inversamente proporcional ao comprimento da barra que une os corpos(L) ou, a espessura(E)

Unindo essas três verificações e introduzindo uma constante de proporcionalidade, podemos escrever a seguinte equação:

$$\Phi = KA \frac{T_2 - T_1}{L} \quad \text{ou} \quad \Phi = KA \frac{T_2 - T_1}{E}$$

Onde K é uma constante característica do material que constitui a barra e é denominada de **condutividade térmica**. Quanto maior o valor dessa constante, maior é o fluxo de calor que a barra conduz.

### Questão resolvida

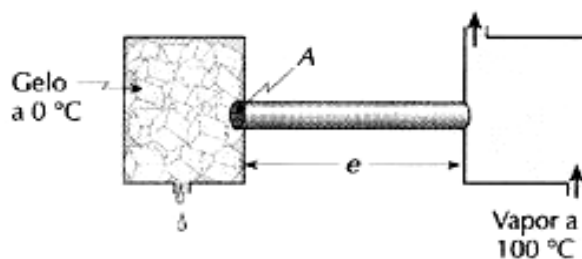
1-Uma barra de alumínio ( $K = 0,5\text{cal/s.cm.}^\circ\text{C}$ ) está em contato, numa extremidade, com gelo em fusão e, na outra, com vapor de água em ebulição sob pressão normal. Seu comprimento é 25cm, e a seção transversal tem  $5\text{cm}^2$  de área. Sendo a barra isolada lateralmente e dados os calores latentes de fusão do gelo e de vaporização da água ( $L_f = 80\text{cal/g}$ ;  $L_v = 540\text{cal/g}$ ), determine a massa do gelo que se funde em meia hora.

#### Solução:

Dados:  $e = 25\text{cm}$ ;  $A = 5\text{cm}^2$ ;  $K = 0,5\text{cal/s.cm.}^\circ\text{C}$

O fluxo de calor que atravessa a barra é igual a:

$$\Phi = \frac{KA \cdot (\theta_2 - \theta_1)}{e} = \frac{0,5 \cdot 5 \cdot (100 - 0)}{25} \Rightarrow \Phi = 10\text{cal/s}$$



Em meia hora, isto é, em  $\Delta t = 1800\text{s}$ , a quantidade de calor recebida pelo gelo e perdida pelo vapor será:

$$Q = \Phi \cdot \Delta t \rightarrow Q = 10 \cdot 1800\text{cal}$$

Recebendo essa quantidade de calor, o gelo sofre fusão. A massa que se funde será dada por:

$$Q = m \cdot L_f \Rightarrow m = \frac{Q}{L_f}$$

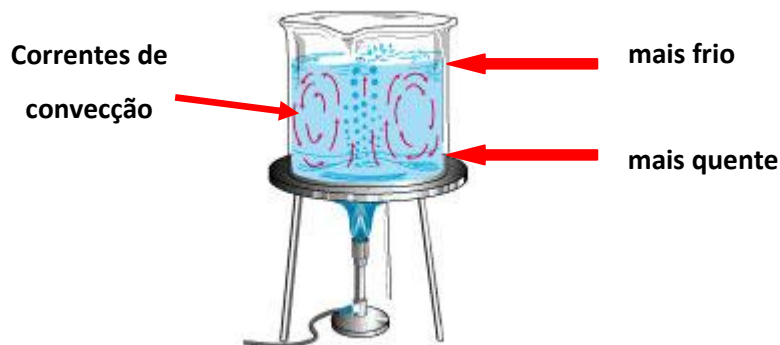
Como  $L_f = 80\text{cal/g}$ , vem:

$$m = \frac{18000}{80} \Rightarrow m = 33,3\text{g}$$

## Convecção

Convecção é a forma de transmissão do calor que ocorre principalmente nos fluidos (líquidos e gases) pela diferença de densidade. Diferentemente da condução onde o calor é transmitido de átomo a átomo sucessivamente, na convecção a propagação do calor se dá através do movimento do fluido envolvendo transporte de matéria.

A descrição e explicação desse processo é simples: quando uma certa massa de um fluido é aquecida suas moléculas passam a mover-se mais rapidamente, afastando-se, em média, uma das outras. Como o volume ocupado por essa massa fluida aumenta a mesma torna-se menos densa. A tendência dessa massa menos densa no interior do fluido como um todo é sofrer um movimento de ascensão ocupando o lugar das massas do fluido que estão a uma temperatura inferior. A parte do fluido mais fria (mais densa) move-se para baixo tomando o lugar que antes era ocupado pela parte do fluido anteriormente aquecido. Esse processo se repete inúmeras vezes enquanto o aquecimento é mantido dando origem as chamadas correntes de convecção. São as correntes de convecção que mantêm o fluido em circulação. Este processo está ilustrado na figura abaixo.



Fenômenos naturais como as **brisas marítima e terrestre, ventos** e as **correntes oceânicas** podem ser explicados através da convecção.

**O processo de transmissão de calor por convecção tem como características:**

- 1-Não ocorre no vácuo.**
- 2-Há transmissão de energia com propagação de matéria.**
- 3-Ocorre nos fluidos por diferença de densidade.**

### Você Sabia?

Num ambiente de microgravidade, não há convecção: os gases e líquidos quando são aquecidos não sobem e ao serem resfriados não descem. Quando se acende uma vela, a chama tem uma forma hemisférica, com um núcleo amarelo brilhante. A falta de um fluxo ascendente de ar faz com que a propagação do calor para baixo seja maior ocorrendo unicamente por condução. Após poucos minutos toda a vela derrete. A chama não desaparece e a cera derretida forma uma bola líquida que rodopia em torno do pavio, depositando-se sobre o suporte.

## Irradiação

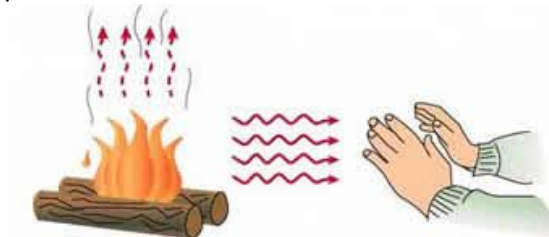
A irradiação ou radiação pode ser considerado o processo mais importante de propagação de calor, pois é através dele que o calor do Sol chega até a Terra. Sem esse processo não haveria vida na Terra.

A irradiação de calor ocorre através de ondas eletromagnéticas, chamadas ondas de calor ou calor radiante.

Enquanto a condução e a convecção ocorrem somente em meios materiais, a irradiação ocorre também no vácuo. As ondas de calor provenientes do Sol, atravessam uma grande distância, no vácuo, até chegar à Terra e transferir a ela o calor vindo do Sol.

Além do calor irradiado pelo Sol, vários outros exemplos cotidianos estão relacionados com a irradiação térmica.

O calor de uma fogueira ou de uma lareira chega a uma pessoa por meio da irradiação. Os alimentos assam nos fornos convencionais graças ao calor irradiado pela chama. As lâmpadas comuns, além de emitirem a luz visível, irradiam quantidade considerável de calor infravermelho. Em granjas, os pintinhos são mantidos aquecidos por meio de lâmpadas que permanecem acesas dia e noite.



De um modo geral podemos dizer que, em diferentes quantidades, todos os corpos emitem energia radiante devido a sua temperatura. Estas radiações, ao serem absorvidas por outro corpo, provocam, nele, uma elevação de temperatura.

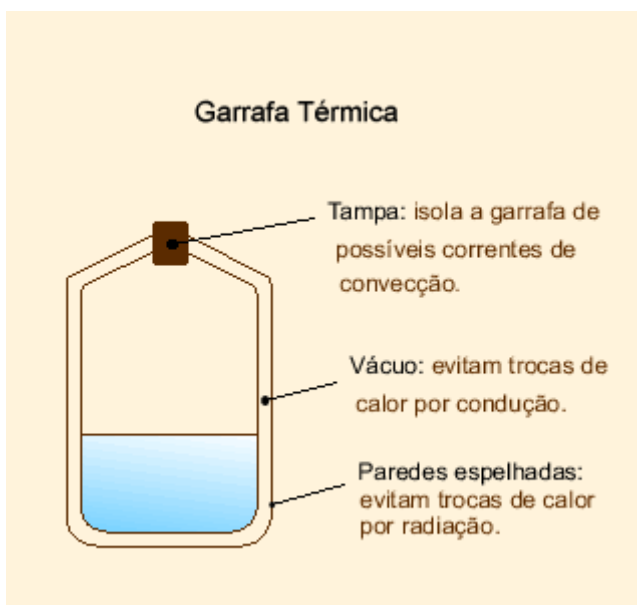
Quando uma pessoa está próxima de um corpo aquecido, em geral, recebe calor pelos três processos: condução, convecção e irradiação. Quanto maior for a temperatura do corpo aquecido, maior será a quantidade de calor transmitida por radiação.

## Leitura complementar

### Como funciona a garrafa térmica?

Os objetos espelhados – superfícies de metal, por exemplo – refletem muito bem o calor. Um revestimento metálico permite evitar troca de calor por irradiação.

Cobertores e agasalhos de alumínio são usados para evitar perda de calor corporal, como no caso de atletas que executaram grande esforço físico ou de pessoas que sofreram acidente grave e estão com o corpo mais frio do que o normal. Algumas roupas contra fogo usadas por bombeiros têm um revestimento externo de metal que reflete o calor irradiado pelas chamas.



As garrafas térmicas possuem vários isolamentos, inclusive revestimentos espelhados, para evitar a troca de calor entre interior e exterior. Esses diversos isolamentos, que aparecem na figura acima, permitem conservar os líquidos quentes ou gelados por mais tempo.

## 1. O que se entende por efeito estufa?



Durante o dia, parte da energia solar é captada pela superfície da Terra e absorvida, outra parte é irradiada para a atmosfera. Os gases naturais que existem na atmosfera funcionam como uma capa protetora que impede a dispersão total desse calor para o espaço exterior, evitando que durante o período noturno se perca calor. E como tal, o planeta permanece quente.

O processo que cria o efeito estufa é natural e é responsável pelo aquecimento do planeta. Certos gases, como o dióxido de carbono, criam uma espécie de telhado, como o de uma estufa, sobre a Terra - daí o nome do fenômeno -, deixando a luz do Sol entrar e não deixando o calor sair.

Se não existisse efeito de estufa, a temperatura da superfície terrestre seria, em média, cerca de 34°C mais fria do que é hoje.

O efeito de estufa gerado pela natureza é, portanto, não apenas benéfico, mas imprescindível para a manutenção da vida sobre a Terra. Se a composição dos gases raros for alterada, para mais ou para menos, o equilíbrio térmico da Terra sofrerá conjuntamente.

## 2. Como se explica o fenômeno?

O clima tem evoluído ao longo dos tempos, sendo a sua evolução natural, no entanto nos últimos tempos o Homem é o grande responsável uma vez que a população mundial tem vindo a aumentar e conseqüentemente, registrou-se um aumento de 25 % de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera.

Este aumento deve-se especialmente à combustão de combustíveis fósseis, a desflorestação, ao número crescente de indústrias e ao consumismo desmesurado.

O efeito estufa provoca um desequilíbrio no sistema natural da Terra pelo que é urgente se reduzirem as emissões dos gases prejudiciais e propor alternativas.

### 3. Quais os gases responsáveis?

Gases de estufa	Principais causas
<b>Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)</b>	Combustão de combustíveis fósseis: petróleo, gás natural, carvão, desflorestação (libertam CO <sub>2</sub> quando queimadas ou cortadas). O CO <sub>2</sub> é responsável por cerca de 64% do efeito estufa. Diariamente são enviados cerca de 6 mil milhões de toneladas de CO <sub>2</sub> para a atmosfera. Tem um tempo de duração de 50 a 200 anos.
<b>Clorofluorcarbono (CFC)</b>	São usados em sprays, motores de aviões, plásticos e solventes utilizados na indústria eletrônica. Responsável pela destruição da camada de ozono. Também é responsável por cerca de 10% do efeito estufa. O tempo de duração é de 50 a 1700 anos.
<b>Metano (CH<sub>4</sub>)</b>	Produzido por campos de arroz, pelo gado e pelas lixeiras. É responsável por cerca de 19 % do efeito estufa. Tem um tempo de duração de 15 anos.
<b>Ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>)</b>	Produzido pela combustão da madeira e de combustíveis fósseis, pela decomposição de fertilizantes químicos e por micróbios. É responsável por cerca de 6% do efeito estufa.
<b>Ozono (O<sub>3</sub>)</b>	É originado através da poluição dos solos provocada pelas fábricas, refinarias de petróleo e veículos automóveis

### 4. Quais as principais fontes dos gases com efeito de estufa?

Os gases responsáveis pelo aquecimento global da Terra encontram-se na combustão de combustíveis fósseis, como o petróleo e seus derivados, e nas cidades cerca de 40 % deve-se à queima de gasolina e de óleo a diesel, fato que se traduz pelo número de veículos automóveis que aí circulam.

Os veículos automóveis são responsáveis pela libertação de monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de azoto (NO<sub>x</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), derivados de chumbo e hidrocarbonetos.

As indústrias também são responsáveis por este fenômeno uma vez que emitem enxofre, chumbo e outros materiais pesados, bem como resíduos sólidos que ficam suspensos no ar, por sua vez a concentração de oxigênio vai sendo cada vez menor o que vai provocar doenças graves no sistema nervoso, cancro, problemas respiratórios.

Quanto à agricultura, as substâncias são originadas a partir do cultivo de arroz, agricultura, queima de resíduos agrícolas e de florestas, entre outras fontes.

A incineração de resíduos e a deposição de resíduos sólidos nas terras constituem outras fontes de gases com efeito de estufa

A ação do ser humano na natureza tem feito aumentar a quantidade de dióxido de carbono na atmosfera, através de uma queima intensa e descontrolada de combustíveis fósseis e do desflorestamento. A derrubada de árvores provoca o aumento da quantidade de dióxido de carbono na atmosfera pela queima e também por decomposição natural. Além disso, as árvores aspiram dióxido de carbono e produzem oxigênio. Uma menor quantidade de árvores significa também menos dióxido de carbono sendo absorvido.





## **5.Efeitos provocados por este fenômeno**

### **Meio Ambiente**

As conseqüências do efeito de estufa serão sentidas tanto a nível global como a nível regional, afetando um pouco por toda parte os vários países. O aquecimento global poderá levar à ocorrência de variações climáticas tais como: alteração na precipitação, subida do nível dos oceanos (degelos), ondas de calor. Assim é natural registrar-se um aumento de situações de cheias que conseqüentemente irá aumentar os índices de mortalidade no planeta Terra.

Uma profunda alteração do clima terá uma influência desastrosa nas sociedades afetando a produção agrícola e as reservas de água, dando origem a alterações econômicas e sociais.

A maior parte dos gases de estufa tem fontes naturais, além das fontes antropogênicas, contudo existem potentes mecanismos naturais para removê-los da atmosfera. Porém, o contínuo crescimento das concentrações destes gases na atmosfera dão origem a que, mais gases sejam emitidos do que removidos em cada ano.

Tem havido um aumento considerável de 25% de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Os níveis de CO<sub>2</sub> variam consoante a estação, sendo esta variação mais pronunciada no hemisfério norte, visto que apresenta uma maior superfície terrestre, do que no hemisfério sul. Este facto ocorre devido às interações que ocorrem entre a vegetação e a atmosfera.

### **Saúde**

De acordo com alguns cientistas, um aumento consecutivo da temperatura à superfície da Terra, provoca uma alteração climática o que leva a um aumento de ondas de calor, cheias e conseqüentemente do aumento no número de doenças infecciosas através da proliferação de pestes.

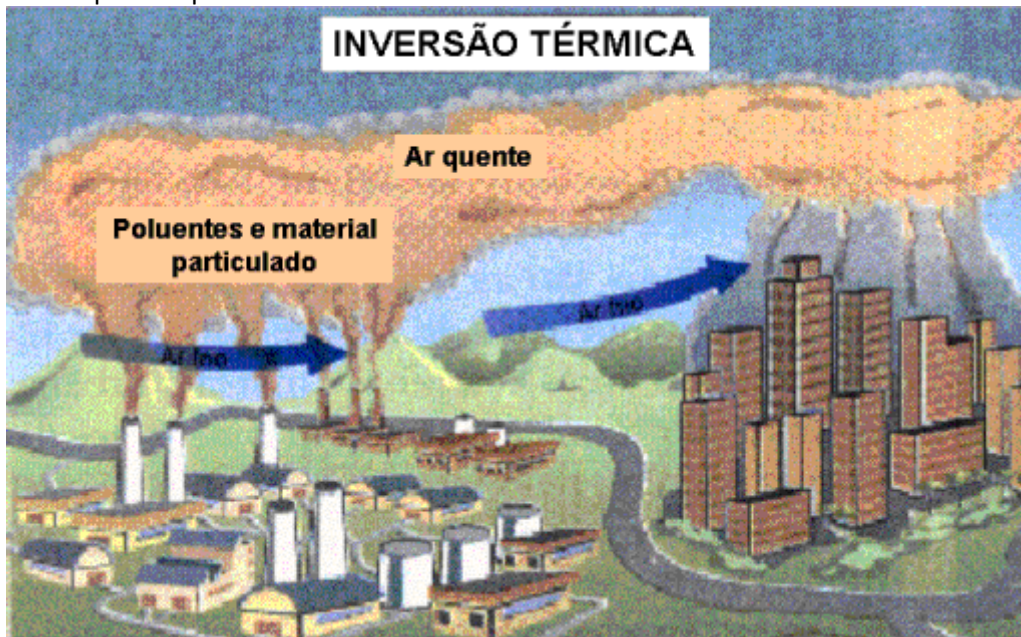
Um caso bastante atual refere-se ao fenômeno do El Niño, um aumento de temperatura no sistema oceânico, que deu origem a uma onda quente por todo o mundo. Como resultado direto, verificou-se uma deslocação dos mosquitos responsáveis pela propagação da malária e febre amarela para regiões temperadas a altitudes mais elevadas, atacando os grupos de pessoas mais vulneráveis da sociedade.

A variação climática irá provavelmente aumentar a freqüência de dias de intenso calor, o que representa um aumento do número de mortes.

**Fonte :<http://www.rudzerhost.com/ambiente/images/efeitoestufa2>.**

## INVERSÃO TÉRMICA

Fenômeno meteorológico que ocorre principalmente em metrópoles e principais centros urbanos. As radiações solares aquecem o solo e o calor que fica retido no mesmo se irradia, aquecendo as camadas mais baixas da atmosfera. Essas camadas, já que estão quentes, ficam menos densas e tendem a subir, formando correntes de convecção do ar. Os poluentes mais quentes que o ar (portanto, menos densos), sobem e irão dispersar-se nas camadas mais altas da atmosfera. Esse é o fenômeno normal. Mas quando há duas massas de ar diferentes, o ar quente passa sobre o ar frio, ficando assim acima dele. Por ser mais denso, o ar frio que ficou embaixo não sobe e o ar quente que ficou em cima do frio não desce, por ser menos denso. Na interseção do ar quente e frio, forma-se uma capa que não deixa que os gases poluentes e tóxicos passem para as camadas mais altas da atmosfera.



A isso se dá o nome de **Inversão Térmica**. Assim, esses gases se dispersam na troposfera, criando uma névoa sobre a cidade ou município. Essa névoa é composta de gases tóxicos e poluentes, que são prejudiciais à saúde.

Ocorre geralmente nos dias frios do inverno, onde a formação de frentes frias é maior. Quando há deslocamento horizontal dos ventos, a camada de ar frio é carregada e o ar quente desce, assim acabando com a inversão térmica.



### Principais poluentes do ar

Poluente	Principal Fonte	Comentários
Monóxido de Carbono (CO)	Escape dos veículos motorizados; alguns processos industriais.	Limite máximo suportado: 10 mg/m <sup>3</sup> em 8 h (9 ppm); 40 mg/m <sup>3</sup> numa 1 h (35 ppm)
Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )	Centrais termoeléctricas a petróleo ou carvão; fábricas de ácido sulfúrico	Limite máximo suportado: 80 mg/m <sup>3</sup> num ano (0,03 ppm); 365 mg/m <sup>3</sup> em 24 h (0,14 ppm)
Partículas em suspensão	Escape dos veículos motorizados; processos industriais; centrais termoeléctricas; reacção dos gases poluentes na atmosfera	Limite máximo suportado: 75 mg/m <sup>3</sup> num ano; 260 mg/m <sup>3</sup> em 24 h; compostas de carbono, nitratos, sulfatos, e vários metais como o chumbo, cobre, ferro
Chumbo (Pb)	Escape dos veículos motorizados; centrais termoeléctricas; fábricas de baterias	Limite máximo suportado: 1,5 mg/m <sup>3</sup> em 3 meses; sendo a maioria do chumbo contida em partículas suspensão.
Óxidos de nitrogénio (NO, NO <sub>2</sub> )	Escape dos veículos motorizados; centrais termoeléctricas; fábricas de fertilizantes, de explosivos ou de ácido nítrico	Limite máximo suportado: 100 mg/m <sup>3</sup> num ano (0,05 ppm)- para o NO <sub>2</sub> ; reage com Hidrocarbonos e luz solar para formar oxidantes fotoquímicos
Oxidantes fotoquímicos- Ozônio (O <sub>3</sub> )	Formados na atmosfera devido a reacção de Óxidos de nitrogénio, Hidrocarbonos e luz solar	Limite máximo suportado: 235 mg/m <sup>3</sup> numa hora (0,12 ppm)
Etano, Etileno, Propano, Butano, Acetileno, Pentano	Escape dos veículos motorizados; evaporação de solventes; processos industriais; lixos sólidos; utilização de combustíveis	Reagem com Óxidos de nitrogénio e com a luz solar para formar oxidantes fotoquímicos
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	Todas as combustões	São perigosos para a saúde quando em concentrações superiores a 5000 ppm em 2-8 h; os níveis atmosféricos aumentaram de cerca de 280 ppm, há um século atrás, para 350 ppm actualmente, algo que pode estar a contribuir para o Efeito de Estufa

**Os problemas de saúde causados pela inversão térmica são, entre outros: pneumonia, bronquite, enfisemas, agravamento das doenças cardíacas, mal-estar, irritação dos olhos...**

Fonte: <http://library.thinkquest.org/C0126481/inverterm.html>