

# Física da Chaminé

Gases queimados são liberados na atmosfera (Temperatura  $T_{Ar}$ ) por meio de uma chaminé alta com área de seção  $A$  e altura  $h$ . Matéria sólida é queimada no forno à temperatura  $T_{Fumaça}$ . O volume de gases produzidos por unidade de tempo no forno é  $B$ .

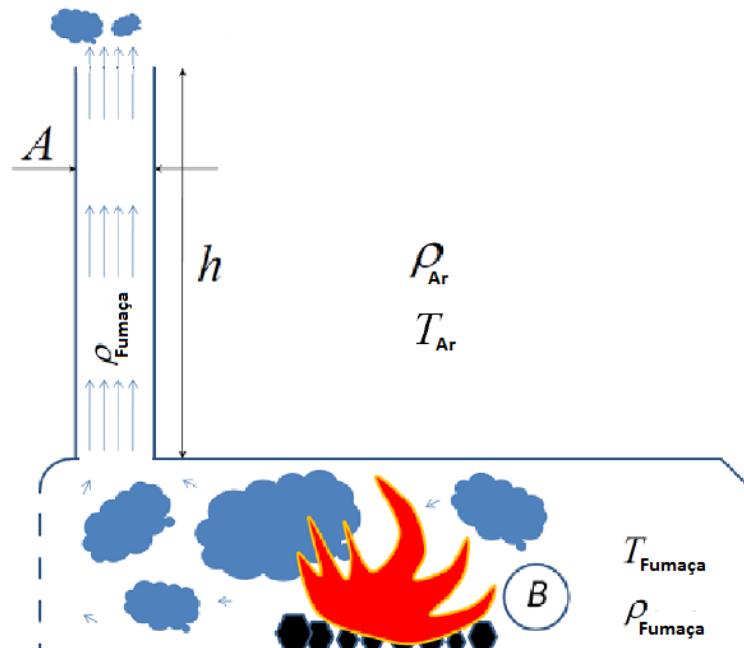
Considere que:

- A velocidade dos gases no forno é pequena e pode ser desprezada;
- A densidade dos gases (Fumaça) não difere da do ar à mesma temperatura e pressão;
- Enquanto no forno, os gases podem ser tratados como ideais;
- A pressão do ar varia com a altura de acordo com a lei hidrostática; A variação da densidade do ar com a altura é desprezível;
- O escoamento dos gases atende à equação de Bernoulli que afirma que a seguinte quantidade é conservada em todos os pontos do escoamento:

$$\frac{1}{2}\rho V^2 + \rho g z + p = \text{constante}$$

onde  $\rho$  é densidade;  $V$  é velocidade e  $p$  é pressão;

- A variação da densidade do gás é desprezível ao longo da chaminé.

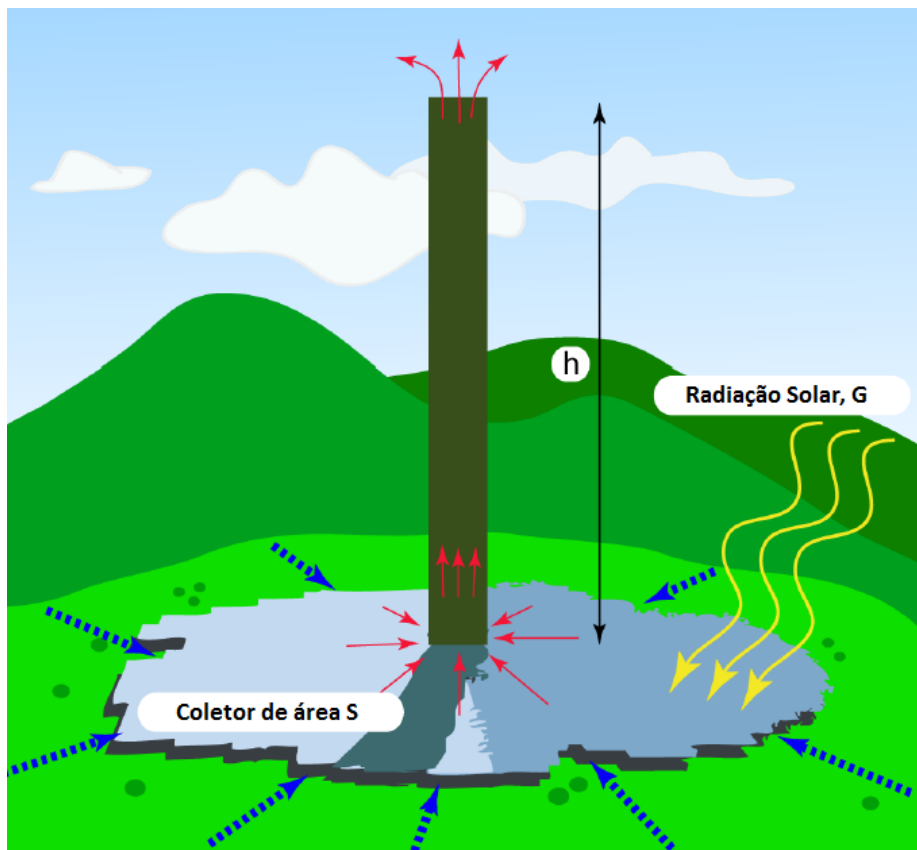


- Qual é a altura mínima necessária da chaminé para que ela funcione eficientemente, de tal forma que ela possa liberar todo o gás produzido para a atmosfera? Expresse sua resposta em função de  $B$ ,  $A$ ,  $T_{Ar}$ ,  $g=9,81 \text{ m/s}^2$ , e de  $\Delta T = T_{Fumaça} - T_{Ar}$ .
- Assuma que duas chaminés são construídas para o mesmo uso. Suas áreas de seção são idênticas, mas elas são projetadas para trabalhar em diferentes regiões do mundo: uma em regiões frias, projetada para trabalhar em uma temperatura da atmosfera de  $-30^\circ\text{C}$  e a outra, em regiões quentes, projetada para temperatura da atmosfera de  $30^\circ\text{C}$ . A temperatura no forno é de  $400^\circ\text{C}$ . Foi calculado que a altura da chaminé projetada para as regiões frias é de  $100\text{m}$ . Qual a altura da outra chaminé?

- c) Como a velocidade dos gases varia ao longo da chaminé? Faça um gráfico assumindo que a área de seção da chaminé não varia ao percorrer toda sua altura. Indique o ponto onde os gases entram na chaminé.

## Usina Chaminé Solar

O escoamento de gases em uma chaminé pode ser usado para construir um tipo particular de usina solar de geração de eletricidade (chaminé solar). O Sol aquece o ar sob o coletor de área  $S$ , cuja periferia é aberta para permitir a entrada de ar. À medida que o ar aquecido sobe pela chaminé (setas vermelhas) novo ar frio da vizinhança entra no coletor (setas azuis tracejadas) permitindo um escoamento contínuo do ar através da usina. O escoamento do ar através da chaminé movimenta uma turbina proporcionando a produção de energia elétrica. A energia da radiação solar por unidade de tempo e por unidade de área horizontal do coletor é  $G$ . Assumindo que toda esta energia é usada para aquecer o ar no coletor (a capacidade térmica mássica do ar é  $c$ , e podemos desprezar sua variação com a temperatura). Nós definimos a eficiência da chaminé solar como a razão da energia cinética do escoamento do ar e a energia solar absorvida no aquecimento do ar antes dele entrar na chaminé.



- a) Qual é a eficiência da usina solar?  
b) Faça um diagrama mostrando como a eficiência da chaminé varia com o comprimento.

# Protótipo Espanhol

---

Uma usina semelhante à descrita acima foi construída em Manzanares, Espanha. A chaminé tem uma altura de 197 m e raio de 5m. O coletor é circular com diâmetro de 244m. O calor específico do ar sob condições típicas de operação da chaminé solar é 1012 J/kg K, A densidade do ar quente é cerca de 0,9 kg/m<sup>3</sup>, e a temperatura da atmosfera é normalmente de  $T_{AR} = 295$  K. Em Manzanares, a potência solar por unidade de área horizontal é normalmente 150 W/m<sup>2</sup> durante um dia ensolarado.

- a) Qual é a eficiência desta usina protótipo?
- b) Quanta potência pode ser produzida na usina?
- c) Quanta energia poderá a usina produzir em um dia ensolarado?
- d) De quanto é o aumento da temperatura do ar desde a vizinhança (ar frio) até ele entrar na chaminé (ar quente)?
- e) Qual é a vazão em massa através do sistema?