

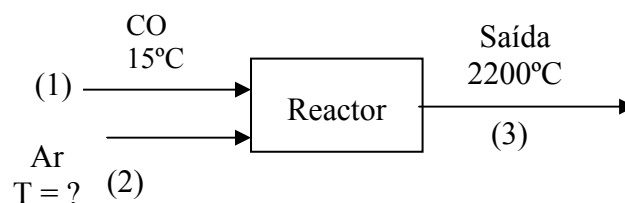
Caso 2.10

Numa câmara de combustão, perfeitamente isolada, queima-se monóxido de carbono com ar seco e pré-aquecido, obtendo-se uma mistura gasosa praticamente isenta de oxigénio livre e em que a proporção molar CO : CO₂ é de 3 : 2.

Sabendo que o combustível (CO), é alimentado à câmara de combustão a 15°C e que a temperatura real de chama é de 2200°C, calcular:

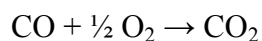
- a) A composição da mistura gasosa resultante da combustão.
- b) A temperatura de pré-aquecimento do ar. (R: \cong 1110 -1170 °C)

Este problema pode ser descrito pelo seguinte esquema:



A – Composição da mistura gasosa resultante da combustão

Balço de massa



Como Base de cálculo será melhor escolher-se 50 moles de CO na corrente (1).

Segunda a reacção, se entram 50 moles de CO em (1) saem 50 moles de CO + CO₂ em (3). Como a razão CO / CO₂ = 3 / 2 virá 30 moles de CO e 20 moles de CO₂:

Mole/h	1	2	3
CO	50		30
CO ₂			20
O ₂		10	
N ₂		37,619	37,619
Total	50	47,619	87,619

A composição vem:

$$\text{CO} = 30 / 87,93 = 34,24 \%$$

$$\text{CO}_2 = 20 / 87,93 = 22,83 \%$$

$$\text{N}_2 = 37,619 / 87,93 = 42,93 \%$$

B – Temperatura de pré-aquecimento do ar.

Balanço entálpico

Estado de referência: 25°C, gases (g), P_T

$$\Delta H_1 + \Delta H_2 = \Delta H_3 + Q_R^0$$

$$\bar{C}_p^{15,25^\circ\text{C}}_{\text{CO}} = 6,94 \text{ cal/mole K}$$

$$\Delta H_1 = 50 \times 6,94 \times (15 - 25) = -3,47 \times 10^3 \text{ cal}$$

$$\bar{C}_p^{25,2200^\circ\text{C}}_{\text{CO}} = 8,127 \text{ cal/mole K}$$

$$\bar{C}_p^{25,2200^\circ\text{C}}_{\text{CO}_2} = 13,24 \text{ cal/mole K}$$

$$\bar{C}_p^{25,2200^\circ\text{C}}_{\text{N}_2} = 8,054 \text{ cal/mole K}$$

$$\Delta H_3 = (30 \times 8,127 + 20 \times 13,24 + 37,619 \times 8,054) \times (220 - 25) = 1,76522 \times 10^6 \text{ cal}$$

$$\Delta H_{\text{CO}}^0 = -67,6361 \text{ kcal/mole}$$

$$Q_R^0 = 20 \times (-67,6361 \times 10^3) = -1,35272 \times 10^6 \text{ cal}$$

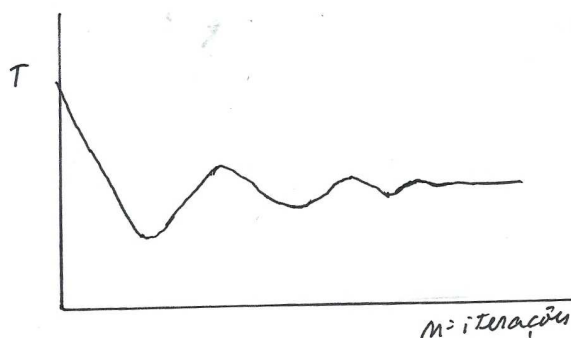
Substituindo-se:

$$-3,47 \times 10^3 + \Delta H_2 = 1,76522 \times 10^6 - 1,35272 \times 10^6$$

$$\text{Vem } \Delta H_2 = 4,15968 \times 10^5 \text{ cal} = 47,619 \times \bar{C}_p \text{ ar} \times (T - 25)$$

Agora é necessário calcular-se a temperatura em (2) a partir do ΔH_2 . A melhor maneira de efectuarmos este cálculo é recorrer-se a um método iterativo.

Efectuando-se o método iterativo verifica-se que a convergência é sinusoidal, tal como se descreve na figura abaixo:



Quando se parte de um T_1 alto obtém-se um T_2 baixo e, como a figura mostra, o valor correcto de T está entre T_1 e T_2 . Obviamente se partíssemos de um T_1 baixo obteríamos um T_2 alto.

Conhecendo-se este facto podemos seguir uma estratégia que minimiza o cálculo, pois recorrendo-se apenas a \bar{C}_p da tabela da página II.28 evitamos a necessidade de resolução de integrais.

Assim, em vez de se efectuar um Processo iterativo habitual, como aprenderam em Matemática Computacional, vamos usar um Processo iterativo modificado, para minimização do cálculo.

Processo iterativo:

1º iteração $\rightarrow T_1 = 1100^\circ\text{C}$

\bar{C}_p do ar de 25°C a 1100°C (página II-28) = $7,66 \text{ cal/mole K}$ \rightarrow vem $T_2 = 1165,4^\circ\text{C}$

2º iteração $\rightarrow T_3 = 1200^\circ\text{C}$

\bar{C}_p do ar de 25°C a 1200°C (página II-28) = $7,719 \text{ cal/mole K}$ \rightarrow vem $T_4 = 1156,7^\circ\text{C}$

Assim a temperatura correcta está na intersecção dos intervalos $[1100 - 1165,4]$ e $[1156,7 - 1200]$ ou seja está no intervalo $[1156,7 - 1165,4]$. Temos um intervalo de $8,7^\circ\text{C}$ o que é aceitável como resposta (incerteza $< 0,75\%$).

Nota: se fizéssemos mais iterações teríamos que recorrer aos polinómios da Página II-26 e obtinha-se $T = 1162,3^\circ\text{C}$