

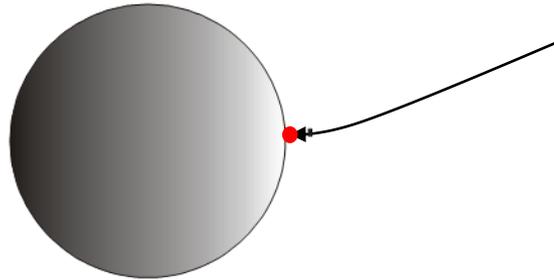


METMAT

CINÉTICA DAS REAÇÕES QUÍMICAS

REAÇÕES SÓLIDO-GÁS

MODELO DA ESFERA DIMINUINDO DE TAMANHO



• Controle por:

- Transporte de massa na camada gasosa

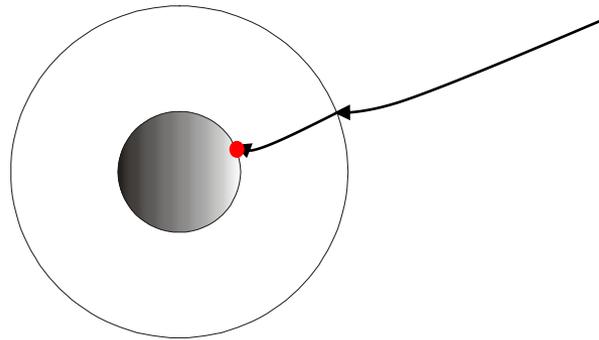
- Reação química na interface

$$k_{cin} = \frac{4 \cdot D_{Ag} \cdot b \cdot C_{Ag}}{\rho_{MB} \cdot r_o^2}$$

$$k_{cin}^{RQ} = \frac{b \cdot k^{RQ} \cdot C_{Ag}}{\rho_{MB} \cdot r_o}$$

REAÇÕES SÓLIDO-GÁS

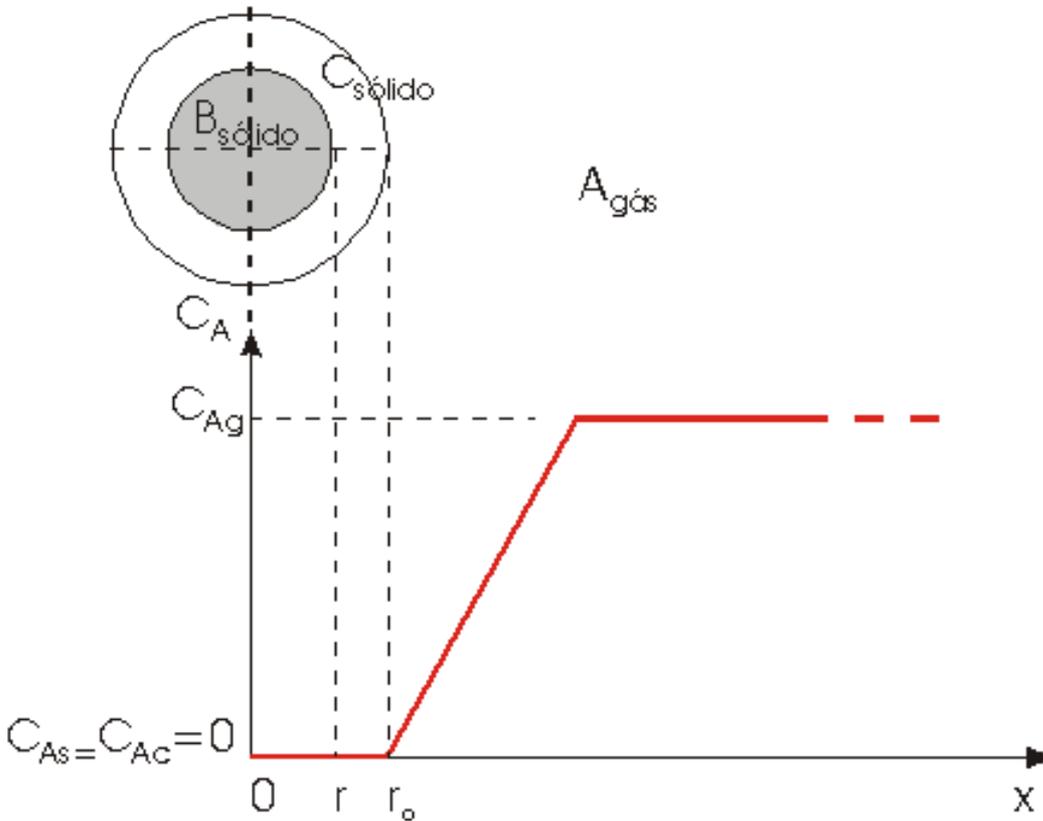
MODELO DO NÚCLEO NÃO REAGIDO (ou da CAMADA DE CINZA)



- Controle por:
 - Transporte de massa na camada gasosa
 - Transporte de massa na camada de produto
 - Reação química na interface

MODELO DO NÚCLEO NÃO REAGIDO

Controle por TM no gás



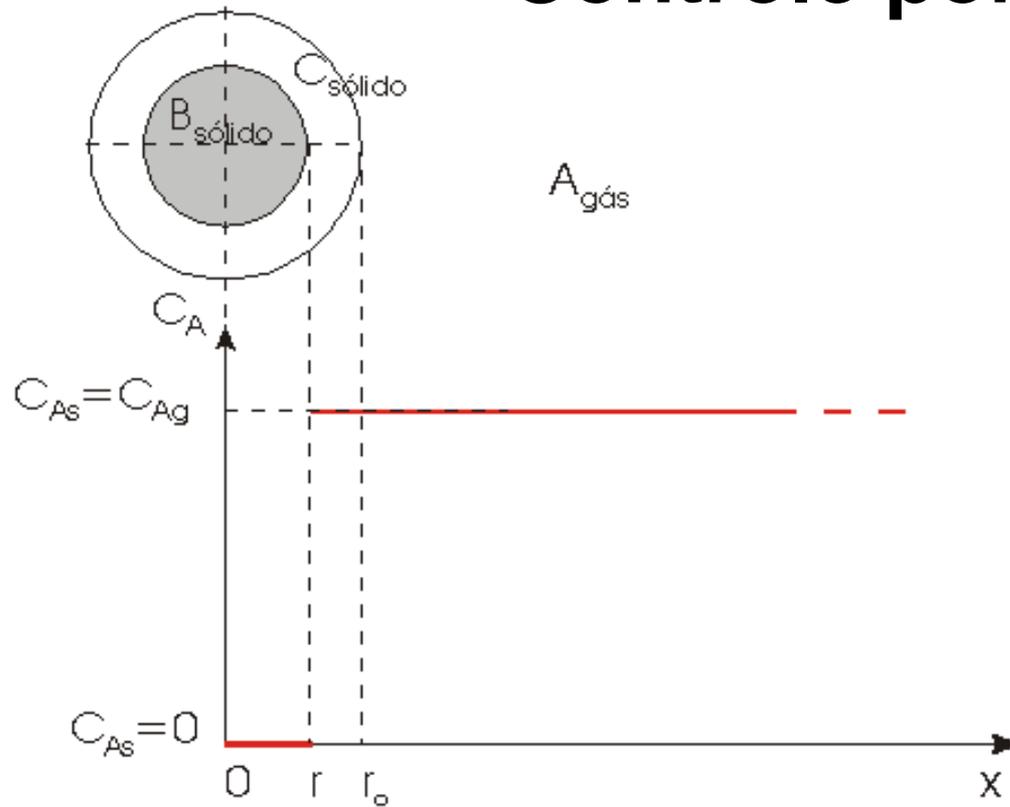
$$\alpha = k_{cin}^{TMg} \cdot t$$

$$k_{cin} = \frac{3 \cdot b \cdot k_g^{TM} \cdot C_{Ag}}{\rho_{MB} \cdot r_o}$$

$$\tau = \frac{\rho_{MB} \cdot r_o}{3 \cdot b \cdot k_g^{TM} \cdot C_{Ag}} = \frac{1}{k_{cin}}$$

MODELO DO NÚCLEO NÃO REAGIDO

Controle por RQ na interface



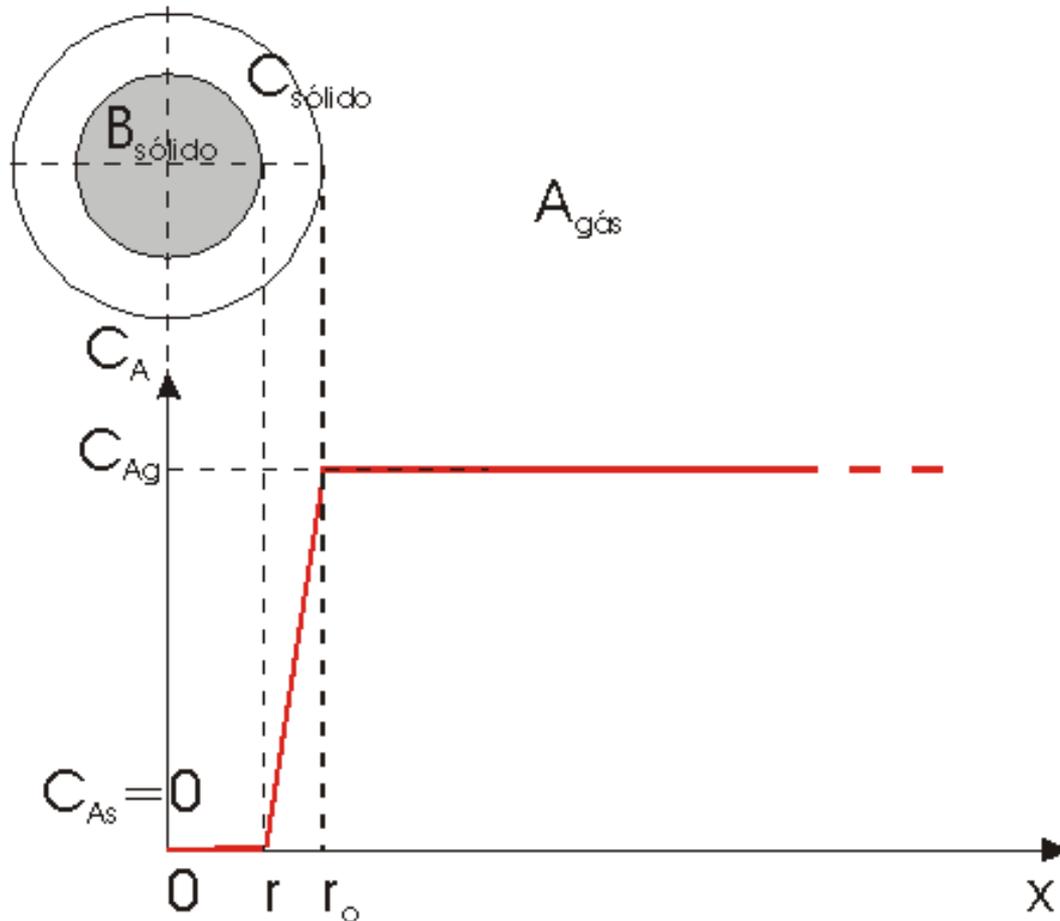
$$1 - (1 - \alpha)^{1/3} = k_{cin}^{RQ} \cdot t$$

$$k_{cin}^{RQ} = \frac{b \cdot k^{RQ} \cdot C_{Ag}}{\rho_{MB} \cdot r_0}$$

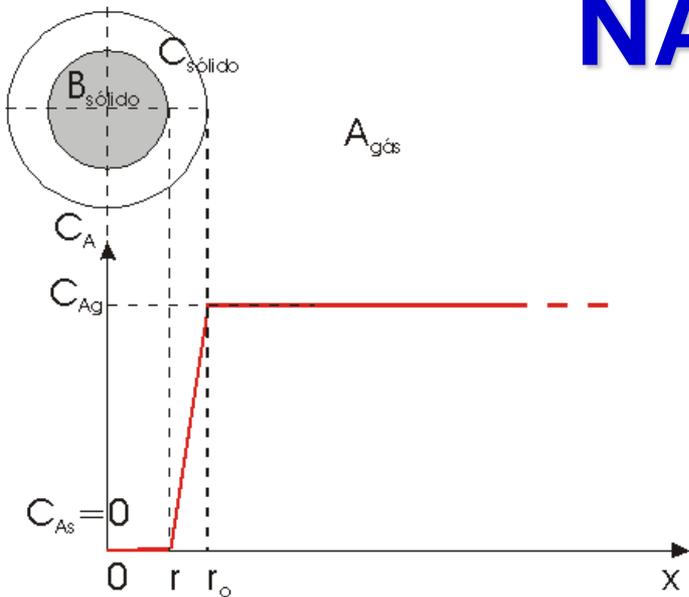
$$\tau = \frac{\rho_{MB} \cdot r_0}{b \cdot k^{RQ} \cdot C_{Ag}} = \frac{1}{k_{cin}^{RQ}}$$

MODELO DO NÚCLEO NÃO REAGIDO

Controle por TM no produto



MODELO DO NÚCLEO NÃO REAGIDO



$$J_A = -\frac{dn_A}{S \cdot dt} = D \cdot \frac{\partial C_A}{\partial r} \Rightarrow$$

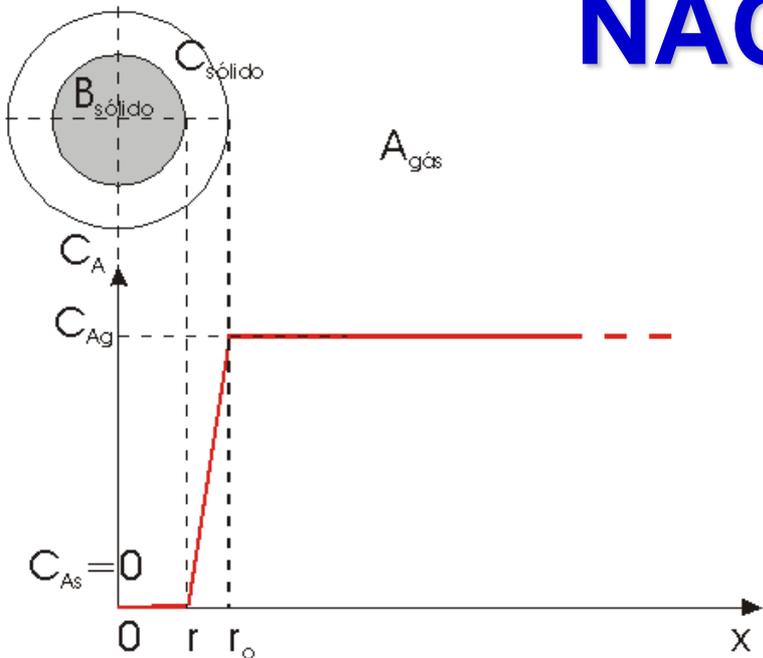
$$-\frac{dn_A}{dt} = S \cdot D \cdot \frac{\partial C_A}{\partial r} = 4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot D \cdot \frac{dC_A}{dr} \Rightarrow$$

$$-\frac{dn_A}{dt} \int_{r_0}^r \frac{dr}{r^2} = 4 \cdot \pi \cdot D \cdot \int_{C_{As}=C_{Ag}}^{C_{Ag}=0} dC_A \Rightarrow -\frac{dn_A}{dt} \cdot \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_0} \right) = 4 \cdot \pi \cdot D \cdot C_{Ag} \Rightarrow$$

$$-\frac{4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot dr \cdot \rho_{MB}}{b \cdot dt} \cdot \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_0} \right) = 4 \cdot \pi \cdot D \cdot C_{Ag} \Rightarrow \int_{r_0}^r -r^2 \cdot \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_0} \right) \cdot dr = \frac{b \cdot D \cdot C_{Ag}}{\rho_{MB}} \cdot \int_0^t dt$$

\Rightarrow

MODELO DO NÚCLEO NÃO REAGIDO



$$t = \frac{\rho_{M_B} \cdot r_0^2}{6 \cdot b \cdot D \cdot C_{Ag}} x \left[1 - 3 \cdot \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 + 2 \cdot \left(\frac{r}{r_0}\right)^3 \right]$$

$$1 - 3 \cdot (1 - \alpha)^{2/3} + 2 \cdot (1 - \alpha) = \frac{6 \cdot b \cdot D \cdot C_{Ag}}{\rho_{M_B} \cdot r_0^2} \cdot t$$

ou

$$1 - 3 \cdot (1 - \alpha)^{2/3} + 2 \cdot (1 - \alpha) = k_{cin}^{TMp} \cdot t$$

Equação de Ginstling-Brounshein

$$k_{cin} = \frac{6 \cdot b \cdot D \cdot C_{Ag}}{\rho_{M_B} \cdot r_0^2}$$

$$\tau = \frac{\rho_{M_B} \cdot r_0^2}{6 \cdot b \cdot D \cdot C_{Ag}} = \frac{1}{k_{cin}}$$

EXERCÍCIO

- Uma carga sólida consistindo de 20% de partículas com raio de 1 mm, 30% de partículas de 2 mm e 50% de partículas de 4 mm é alimentada num reator tubular rotativo. A carga reage com um gás de composição uniforme resultando em um produto sólido e não friável. Experiências mostraram que a conversão pode ser razoavelmente representada pelo modelo do núcleo não reagido com controle por transporte de massa na camada de produto e que o tempo para a conversão completa de partículas de 4 mm é de 4 horas. Encontre o tempo de residência no forno tubular para: **[95]**
 - a) 75% de conversão;
 - b) 100% de conversão.

EXERCÍCIO

b) 100% de conversão.

É razoável imaginar que as partículas menores reagirão completamente antes das maiores, ou seja, o tempo total de conversão será determinado pelas partículas de 4 mm. Isto significa que o tempo total de conversão da mistura será de **4 h.**

a) 75% de conversão;

Neste caso há pelo menos duas formas de resolução: uma por tentativa erro e outra utilizando o solver do excel. Vamos resolver por tentativa e erro. Assim:

1ª tentativa: 100% de reação das partículas de 1mm.

EXERCÍCIO

Determine o mecanismo de controle cinético e calcule o tempo necessário para queimar completamente partículas de grafite de 10 mm de raio em um gás contendo 8% de CO_2 a 900°C . Para determinar o mecanismo controlador foram realizadas três experiências: aumento da temperatura, variação do tamanho de partícula inicial e agitação do gás. Verificou-se que a primeira influenciou muito pouco a velocidade de reação mas a segunda e a terceira influenciaram fortemente. Dados $k^{\text{RQ}}=30 \text{ cm/s}$, $D_{\text{COg}}=30 \text{ cm}^2/\text{s}$). Faça as hipóteses necessárias. Dados: $\rho_{\text{grafite}}=2,2 \text{ g/cm}^3$

$$1 - (1 - \alpha)^{2/3} = \frac{4 \cdot D_{Ag} \cdot b \cdot C_{Ag}}{\rho_{M_B} \cdot r_o^2} \cdot t$$

$$\tau = \frac{\rho_{M_B} \cdot r_o^2}{4 \cdot D_{Ag} \cdot b \cdot C_{Ag}}$$

$$\tau = \frac{0,1833 \cdot 1^2}{4 \cdot 30 \cdot 1,8,32 \times 10^{-7}}$$

$$\tau = 1835,9 \text{ s} \equiv 30,6 \text{ min}$$