

Matéria Condensada Mole

Aula 6

James Moraes de Almeida



MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

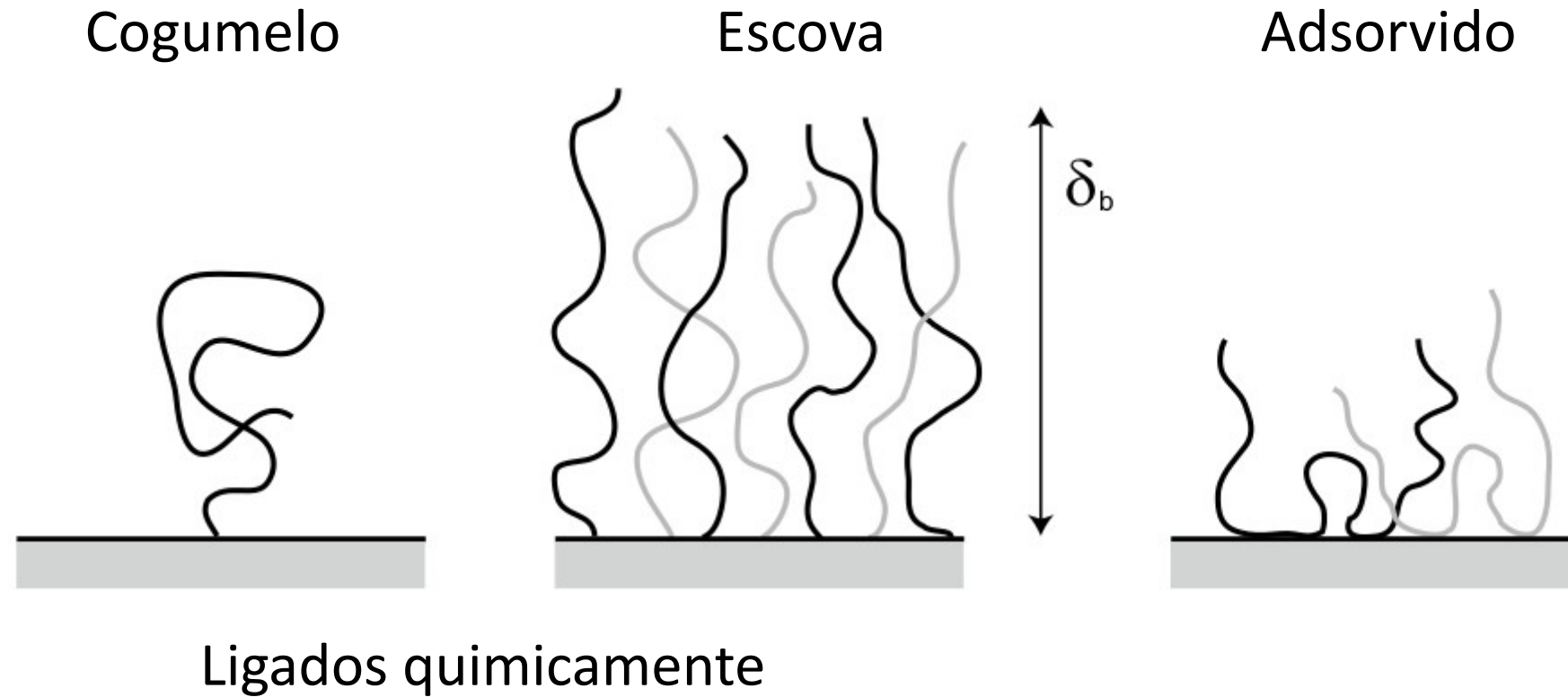


Coloides

- Bibliografia:
 - Colloids and the Depletion Interaction, 2nd edition.
 - Henk N. W. Lekkerkerker
 - Remco Tuinier
 - Mark Vis
 - Springer, Open Access.

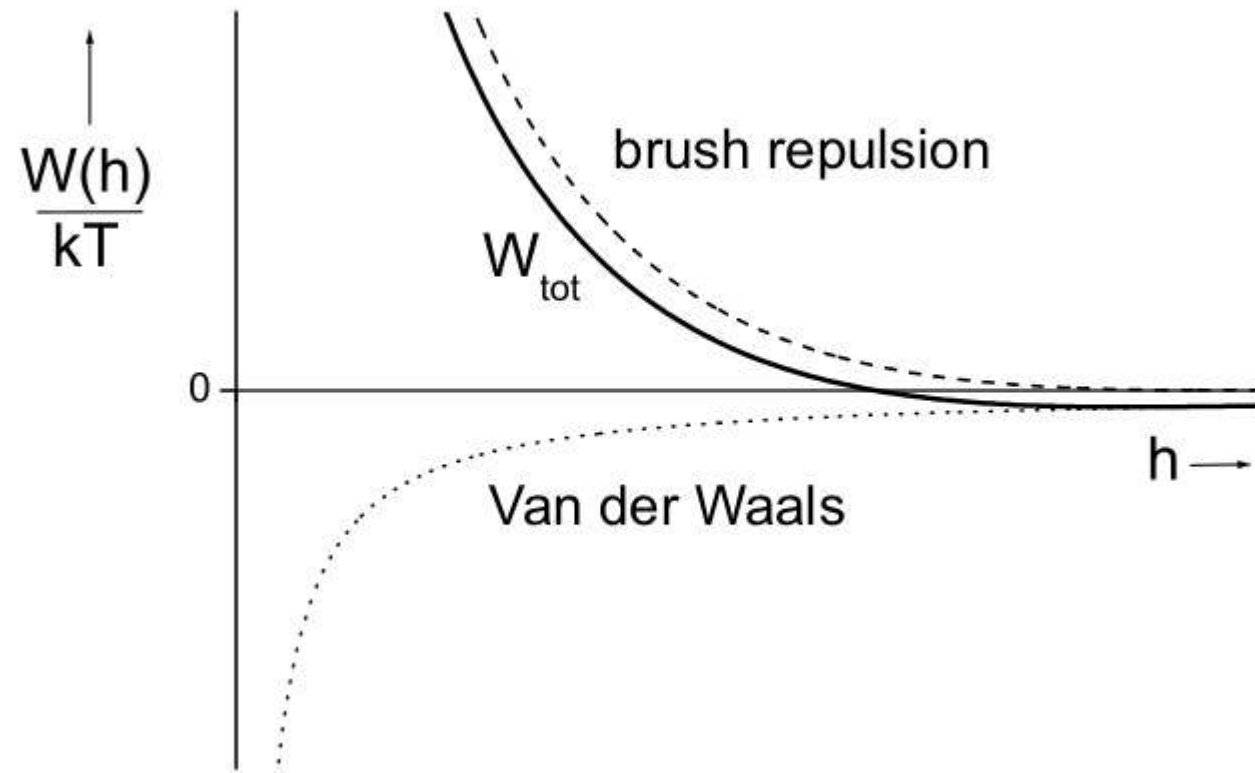
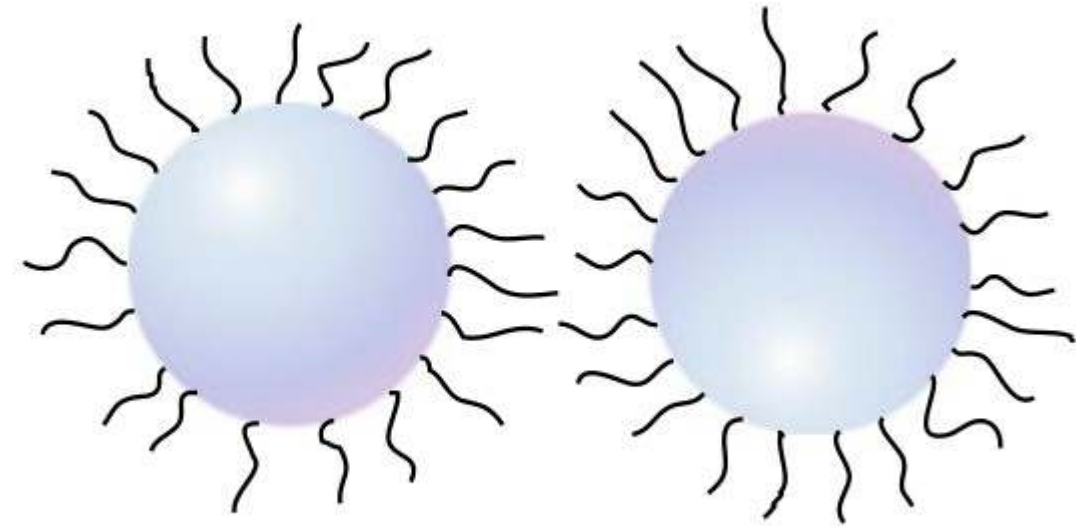
Coloides - Influência de Polímeros

- Como se comportam os coloides com polímeros ligados?



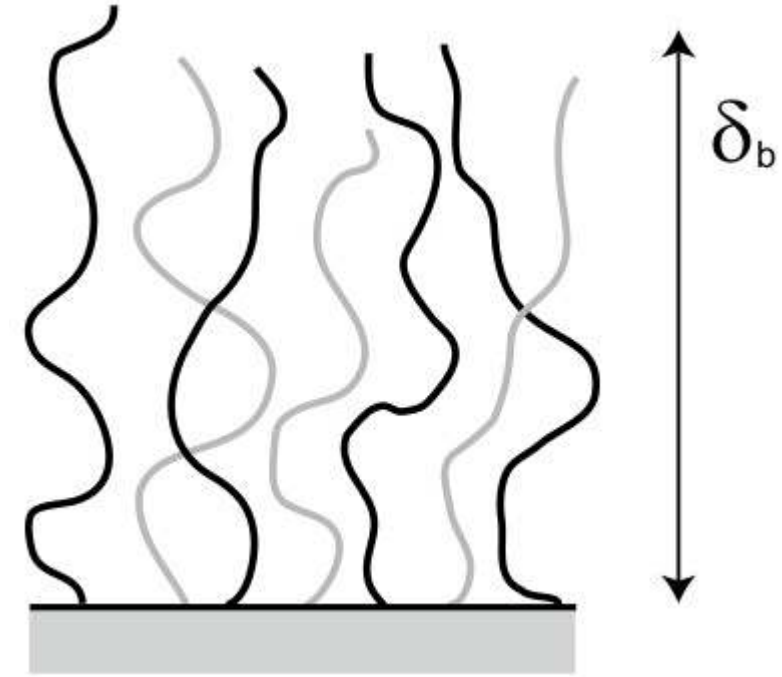
Coloides - Influência de Polímeros

- Repulsão de escova.
- Para partículas sem carga.



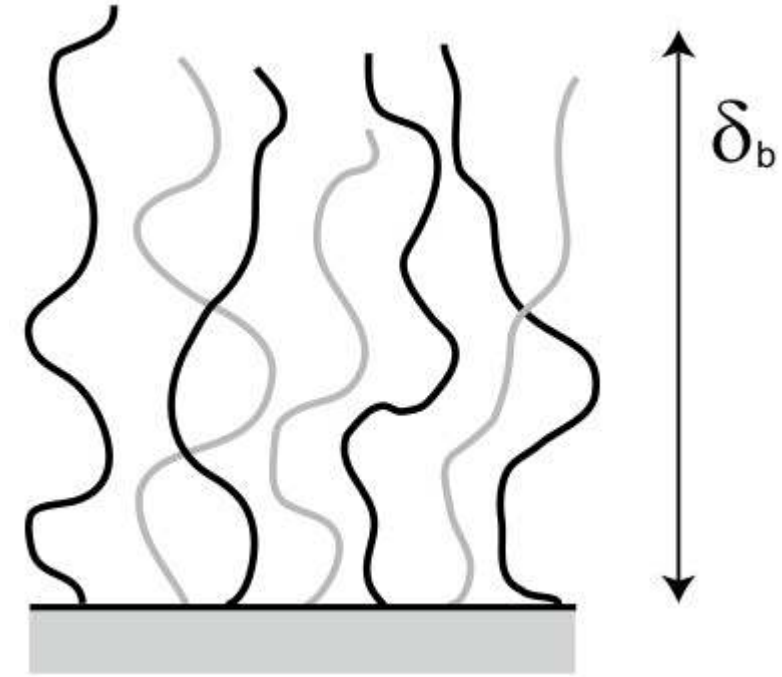
Coloides - Influência de Polímeros

- Repulsão de escova.
- Tem dois termos:
 - Repulsão osmótica.
 - Fator de estiramento.
- Teoria de Alexander-De Gennes.
 - Escovas de largura .
 - Escala com .
 - M é o comprimento da cadeia e σ a densidade de ancoragem.



Coloides - Influência de Polímeros

- Teoria de Alexander-De Gennes.
- Para a pressão em duas placas paralelas com escovas será aproximadamente:



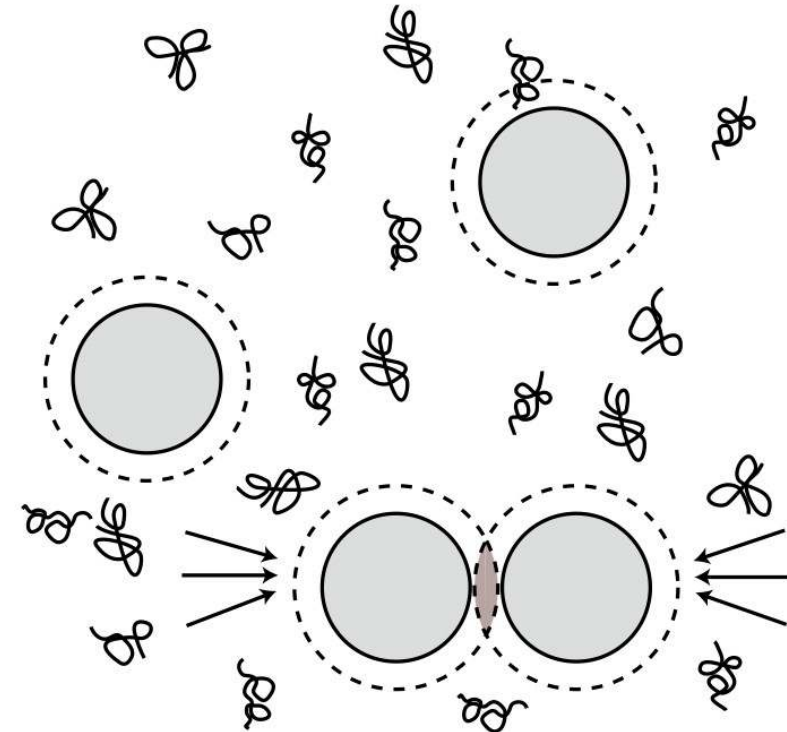
- Para

Repulsão osmótica	Energia elástica
----------------------	---------------------

 a repulsão domina.

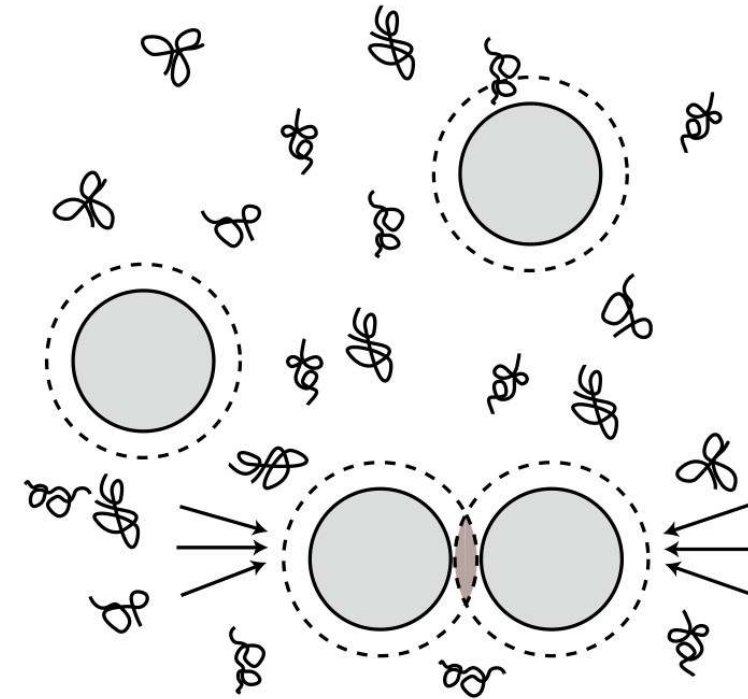
Coloides - Influência de Polímeros

- Camada de depleção.
- Vamos analisar o caso de polímeros não ligados.
- Quando há sobreposição das camadas de depleção, mais volume fica disponível para os polímeros.
- A energia livre dos polímeros é minimizada.



Coloides - Influência de Polímeros

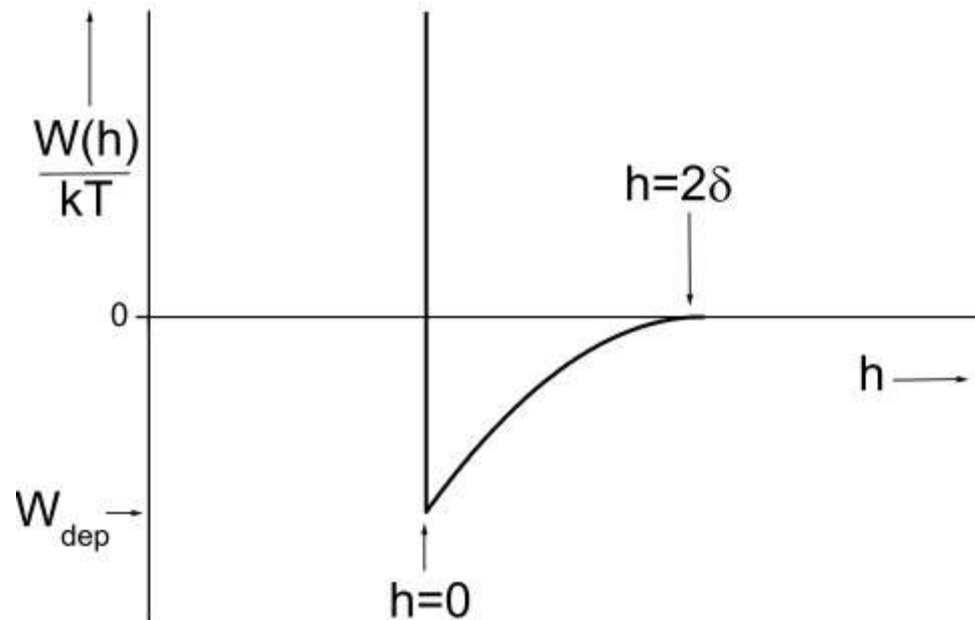
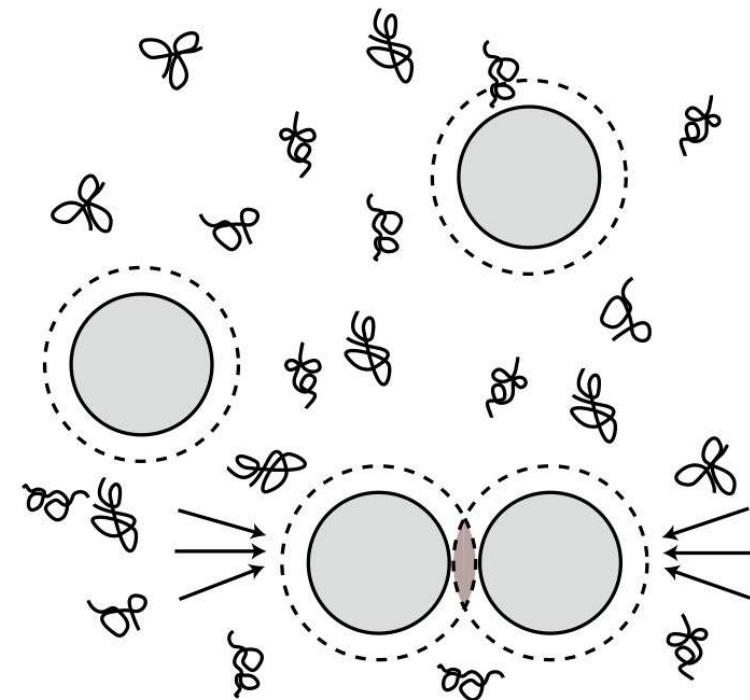
- Camada de depleção.
- O potencial de depleção é dado por:
$$W_{\text{dep}}(h) = \begin{cases} \infty & h < 0, \\ -P V_{\text{ov}}(h) & 0 \leq h \leq 2\delta, \\ 0 & h \geq 2\delta, \end{cases}$$
- Sendo:
 - , a pressão osmótica ideal.
 - é a densidade numérica de bulk dos polímeros.
 - , é o volume de sobreposição.
- Esse potencial é chamado de AOV - Asakura-Oosawa-Vrij.



Coloides - Influência de Polímeros

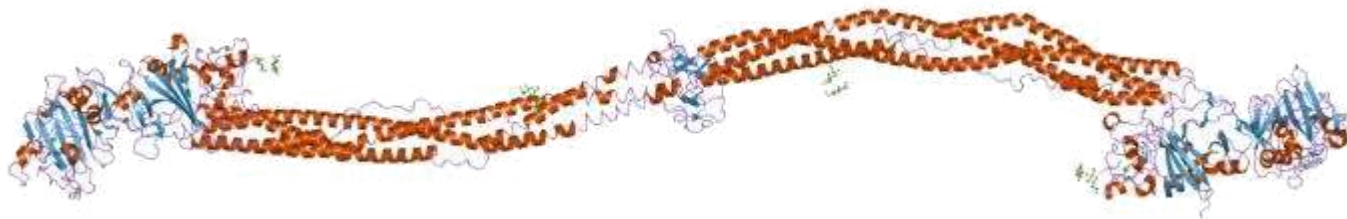
- Camada de depleção.
- O potencial de depleção $\Delta \Omega V$ é dado por:

$$W_{\text{dep}}(h) = \begin{cases} \infty & h < 0, \\ -P V_{\text{ov}}(h) & 0 \leq h \leq 2\delta, \\ 0 & h \geq 2\delta, \end{cases}$$



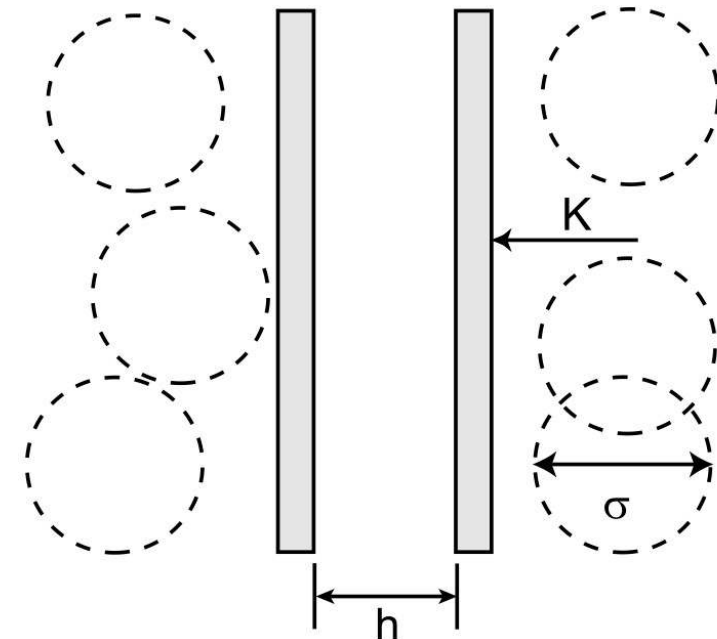
Coloides - Influência de Polímeros

- Vamos usar um exemplo prático.
- Hemoglobina.
 - Tem diâmetro de $6.6 \mu\text{m}$ e altura de $2 \mu\text{m}$.
 - Elas podem coagular.
 - Sangue sadio tem uma taxa de sedimentação de 1-3 mm/h.
 - Com alguma doença severa, pode chegar a 100 mm/h.
 - A coagulação tende a ocorrer com concentrações mais altas de proteínas do soro sanguíneo.



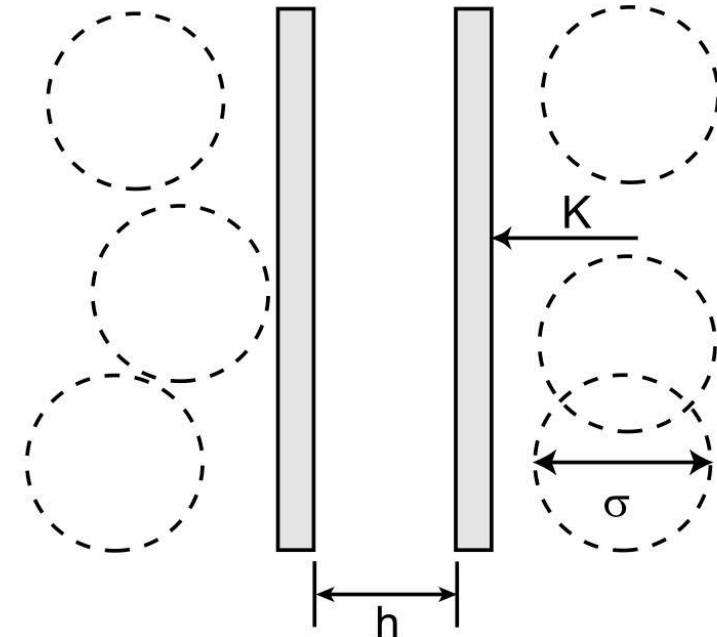
Coloides - Influência de Polímeros

- Vamos olhar mais a fundo essa interação de depleção.
- Para duas placas paralelas com esferas:
 - A força por unidade de área é:
 - A diferença entre a pressão osmótica entre as placas e fora das placas.
 - é dado pela lei de van't Hoff.
 - Se :
 - Então:



Coloides - Influência de Polímeros

- Vamos olhar mais a fundo essa interação de depleção.
- Para duas placas paralelas com esferas:
 - A força por unidade de área é:
 - A diferença entre a pressão osmótica entre as placas e fora das placas.
 - é dado pela lei de van't Hoff.
 - Se :
 - , pois as esferas não podem entrar.
 - Então:



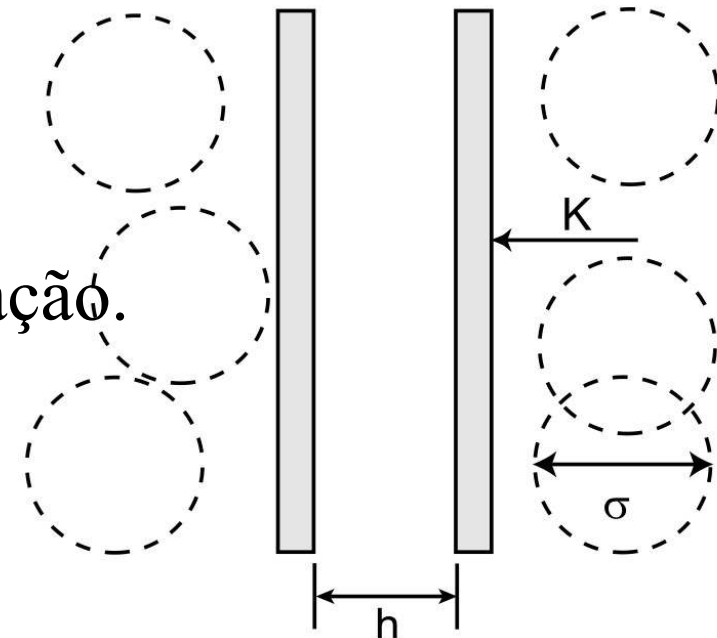
Coloides - Influência de Polímeros

- Vamos olhar mais a fundo essa interação de depleção.
- Para duas placas paralelas com esferas:
 - A força por unidade de área é:
 - A diferença entre a pressão osmótica entre as placas e fora das placas.

$$K(h) = \begin{cases} -n_b kT & h < \sigma, \\ 0 & h \geq \sigma. \end{cases}$$

- Como .
- Integrando de ∞ a h nos dá o potencial de interação.

$$W(h) = \begin{cases} -n_b kT(\sigma - h) & h < \sigma, \\ 0 & h \geq \sigma. \end{cases}$$



Coloides - Influência de Polímeros

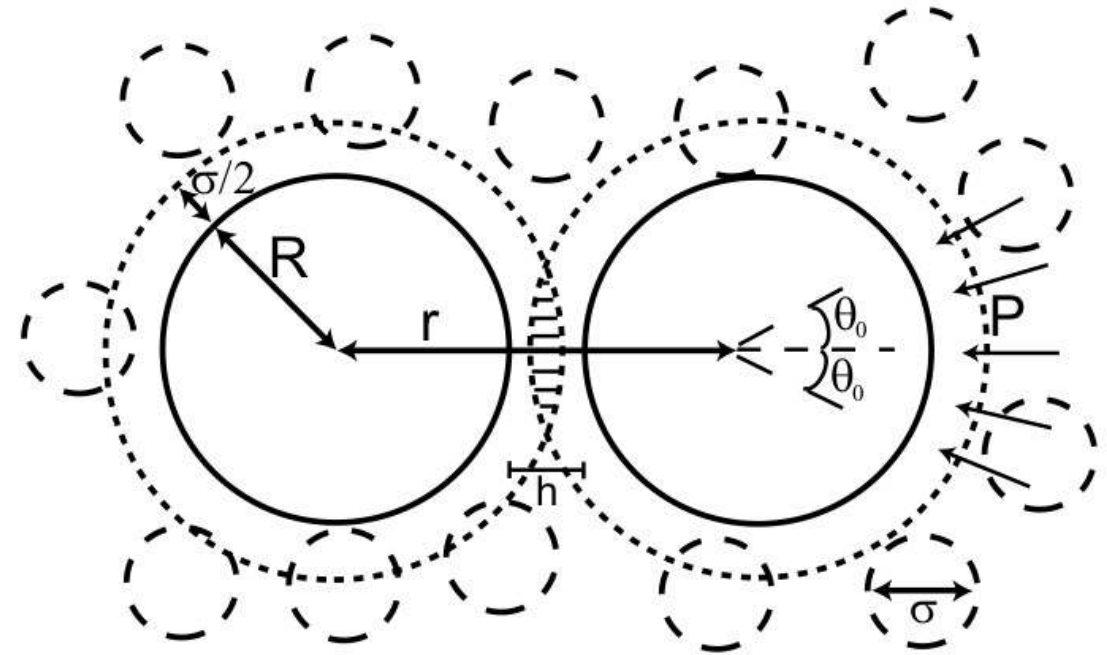
- Vamos olhar mais a fundo essa interação de depleção.
- E para duas esferas?

$$W_s(r) = \begin{cases} -n_b kT V_{ov}(r) & 2R \leq r < 2R_d \\ 0 & r \geq 2R_d \end{cases}$$

- Com:

$$V_{ov}(h) = \frac{\pi}{6} (\sigma - h)^2 (3R + \sigma + h/2)$$

- Se :
- ; para



Coloides - Influência de Polímeros

- Mas e os polímeros professor?
- Podemos, grosseiramente falar que os polímeros tem um diâmetro que é seu raio de giro.
 - Raio de giro?
 - Para esfera sólida:
 - Para esfera oca:

Quanto mais externa a massa, maior o raio de giro.

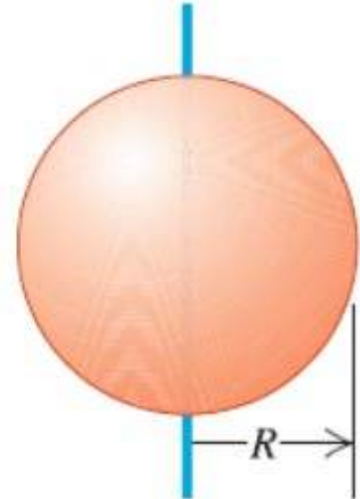
Esfera
sólida

$$I = \frac{2}{5}MR^2$$



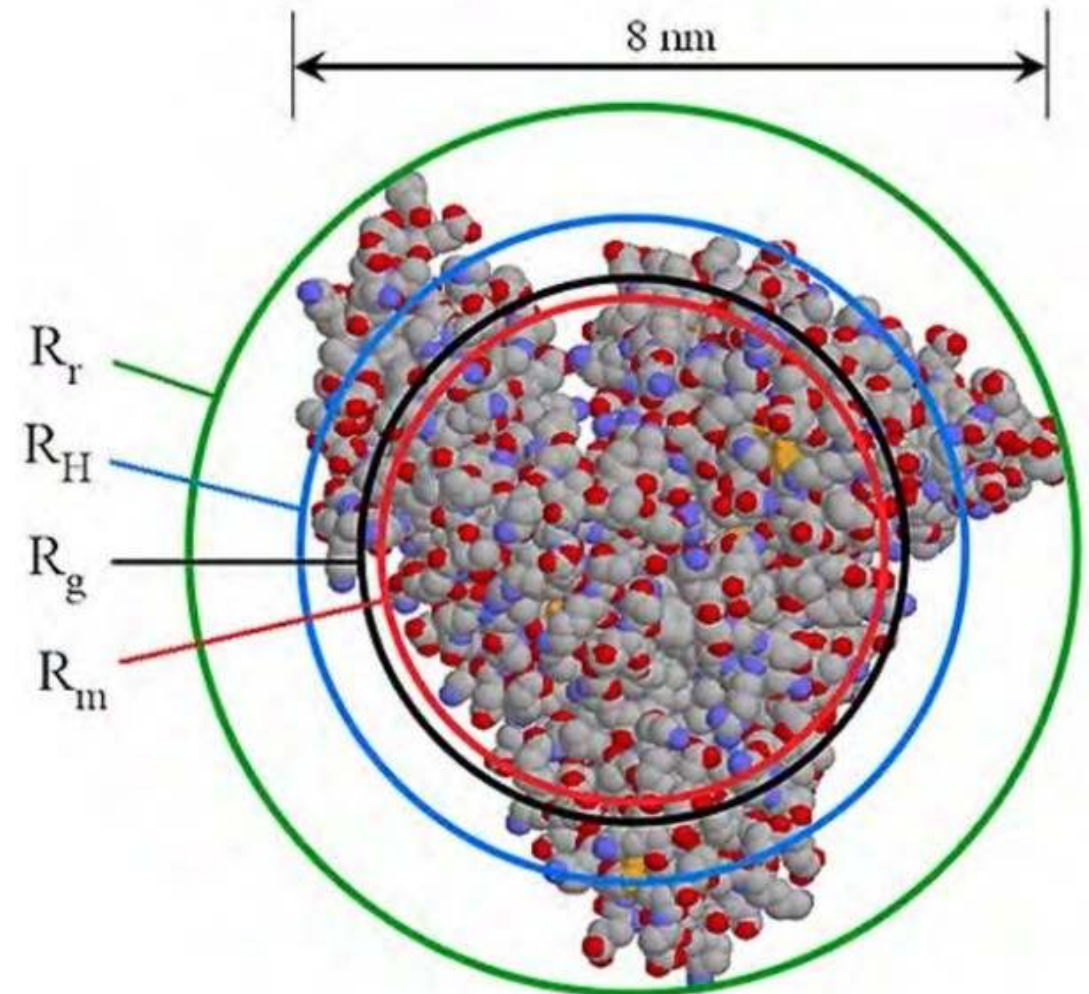
Esfera
oca

$$I = \frac{2}{3}MR^2$$



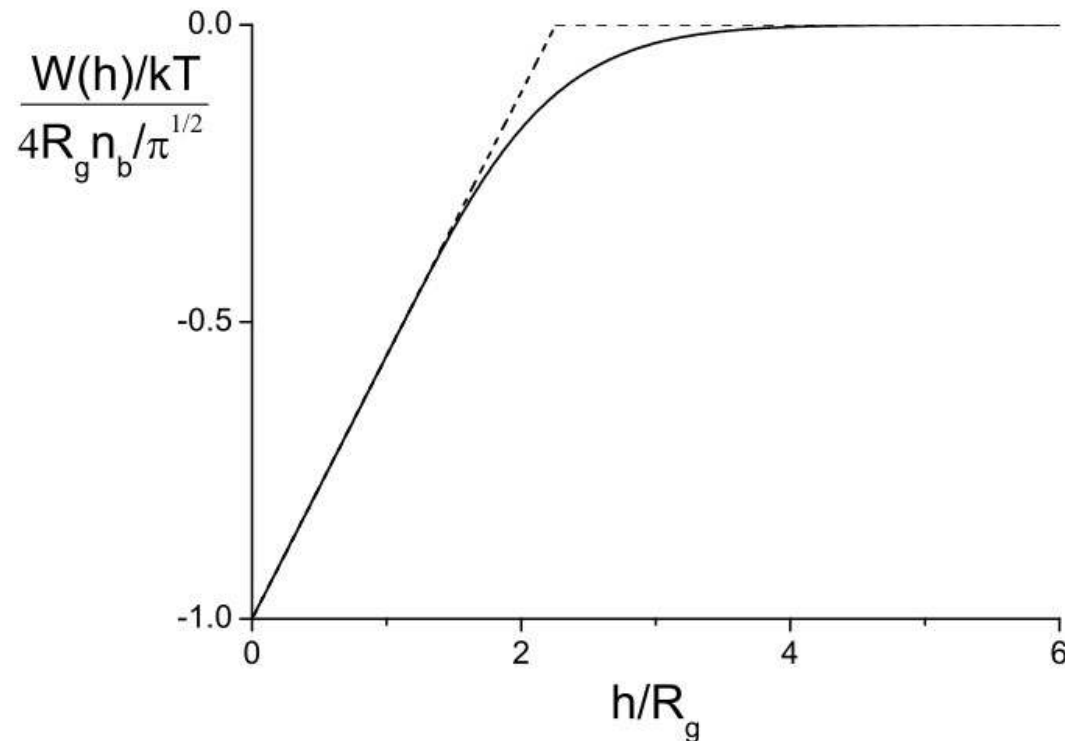
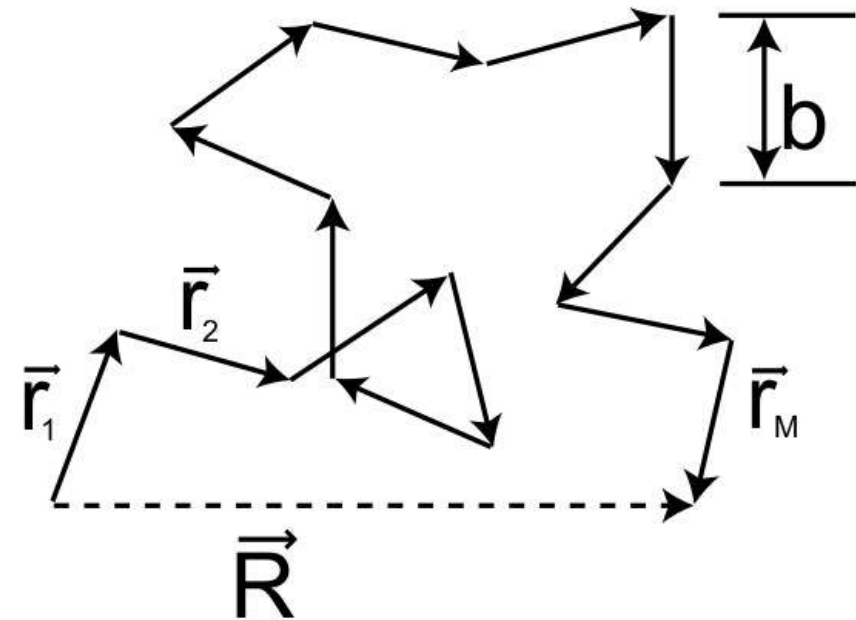
Coloides - Influência de Polímeros

- Mas e os polímeros professor?
- Podemos, grosseiramente falar que os polímeros tem um diâmetro que é seu raio de giro.
- Raio de giro?
- Para esfera sólida:
- Para esfera oca:



Coloides - Influência de Polímeros

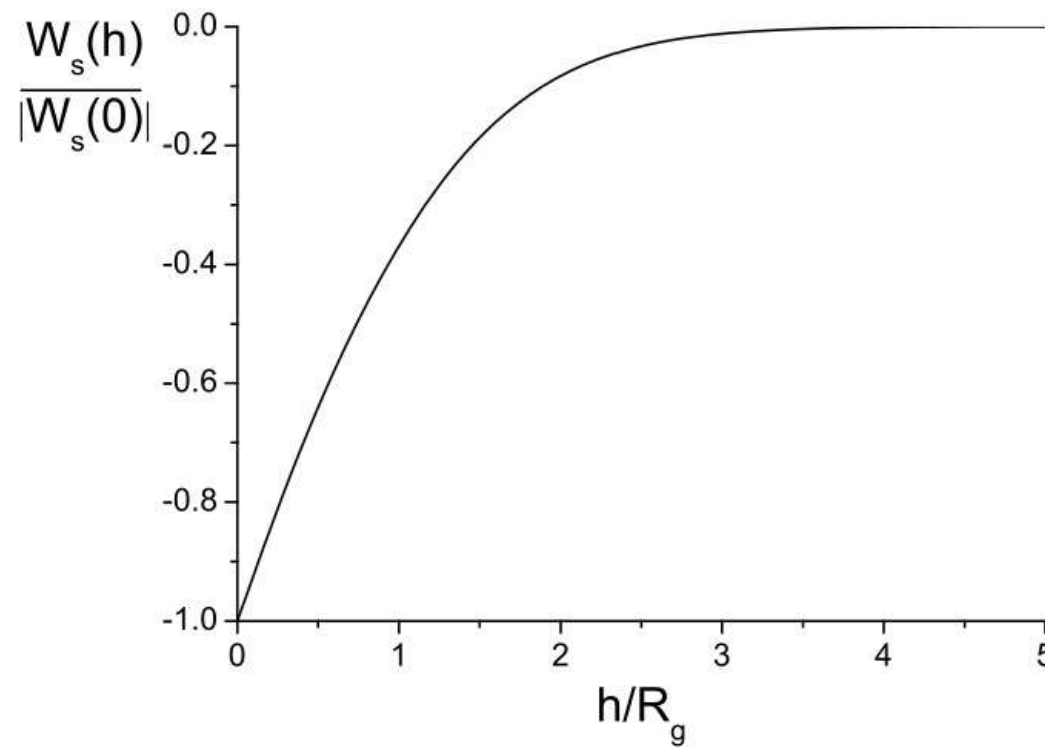
- Qual o raio de giro dos polímeros?
- Para polímeros ideais:
- Para duas placas:



Coloides - Influência de Polímeros

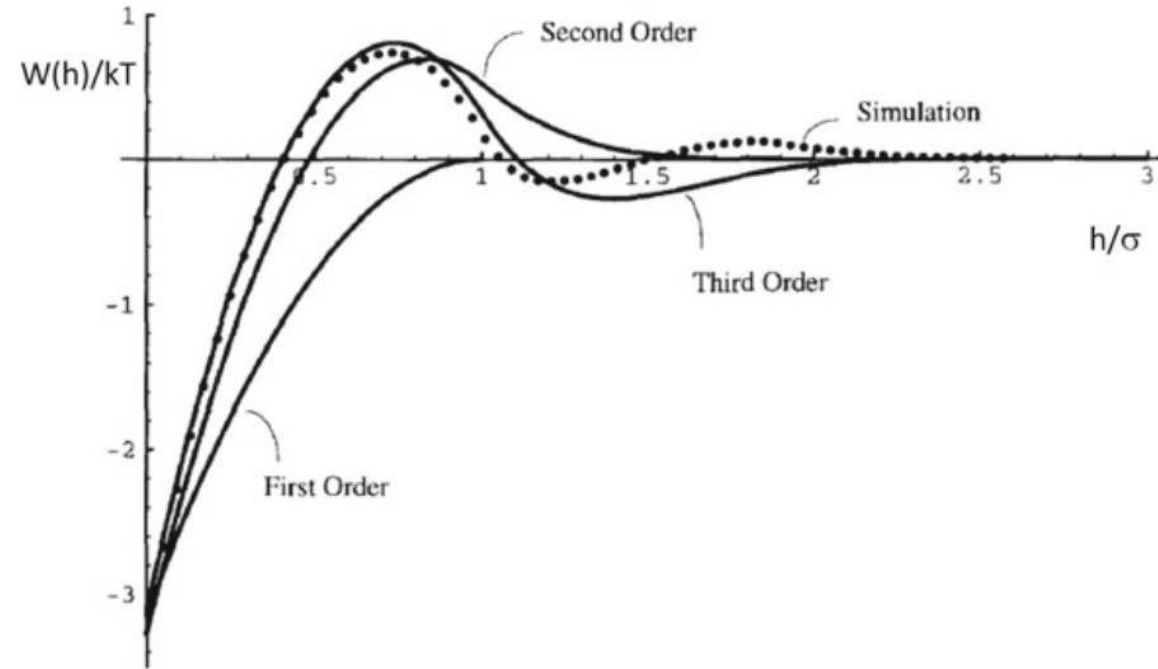
- Qual o raio de giro dos polímeros?
- Para polímeros ideais:

- Para esferas:
$$W_s(h) = -n_b k T R R_g^2 \left(4\pi \ln 2 - 4\sqrt{\pi} \frac{h}{R_g} + \frac{\pi}{2} \frac{h^2}{R_g^2} \right)$$



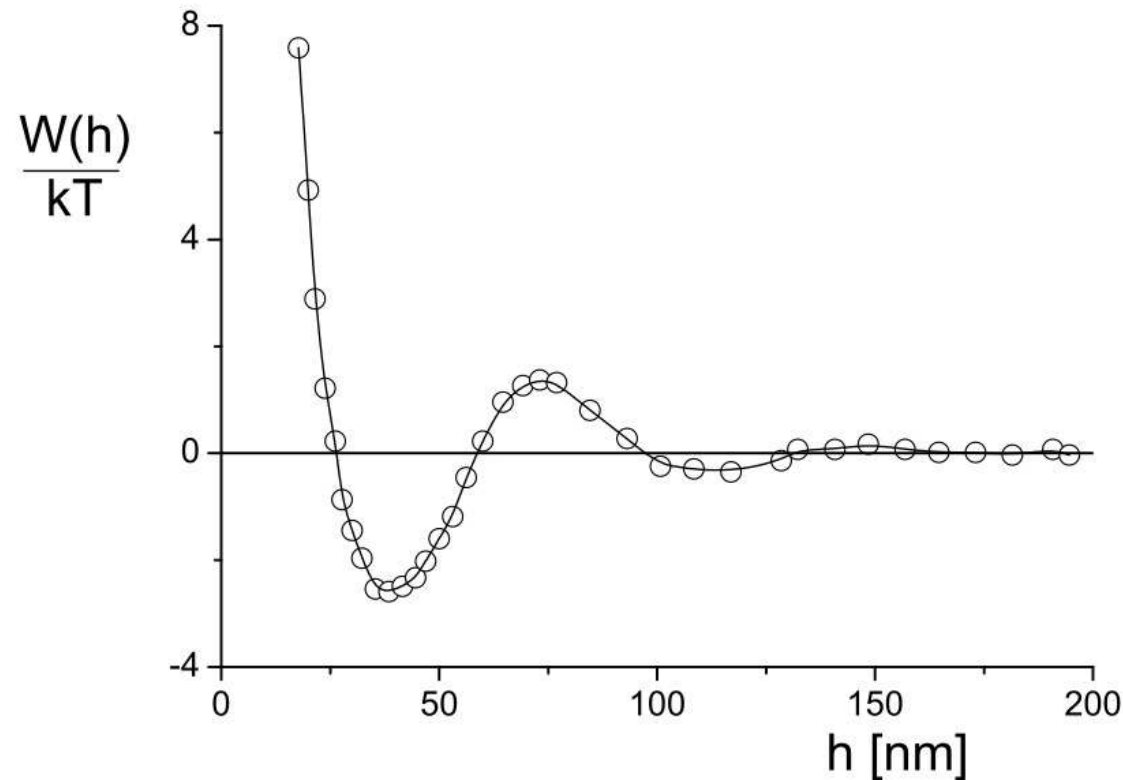
Coloides - Influência de Polímeros

- Mas, a natureza sempre é complicada...



Coloides - Influência de Polímeros

- Como medir as interações de depleção?
- Uma das maneiras é com AFM!
- Exemplo de uma placa de sílica com uma ponta de sílica esférica (2.2 μm).
 - Coloide de sílica com partículas de 11 nm (1.5% do volume).



OBRIGADO

James Moraes de Almeida
james.almeida@ilum.cnpem.br

ilum.cnpem.br



MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

