

Matéria Condensada Mole

Aula 5

James Moraes de Almeida



MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

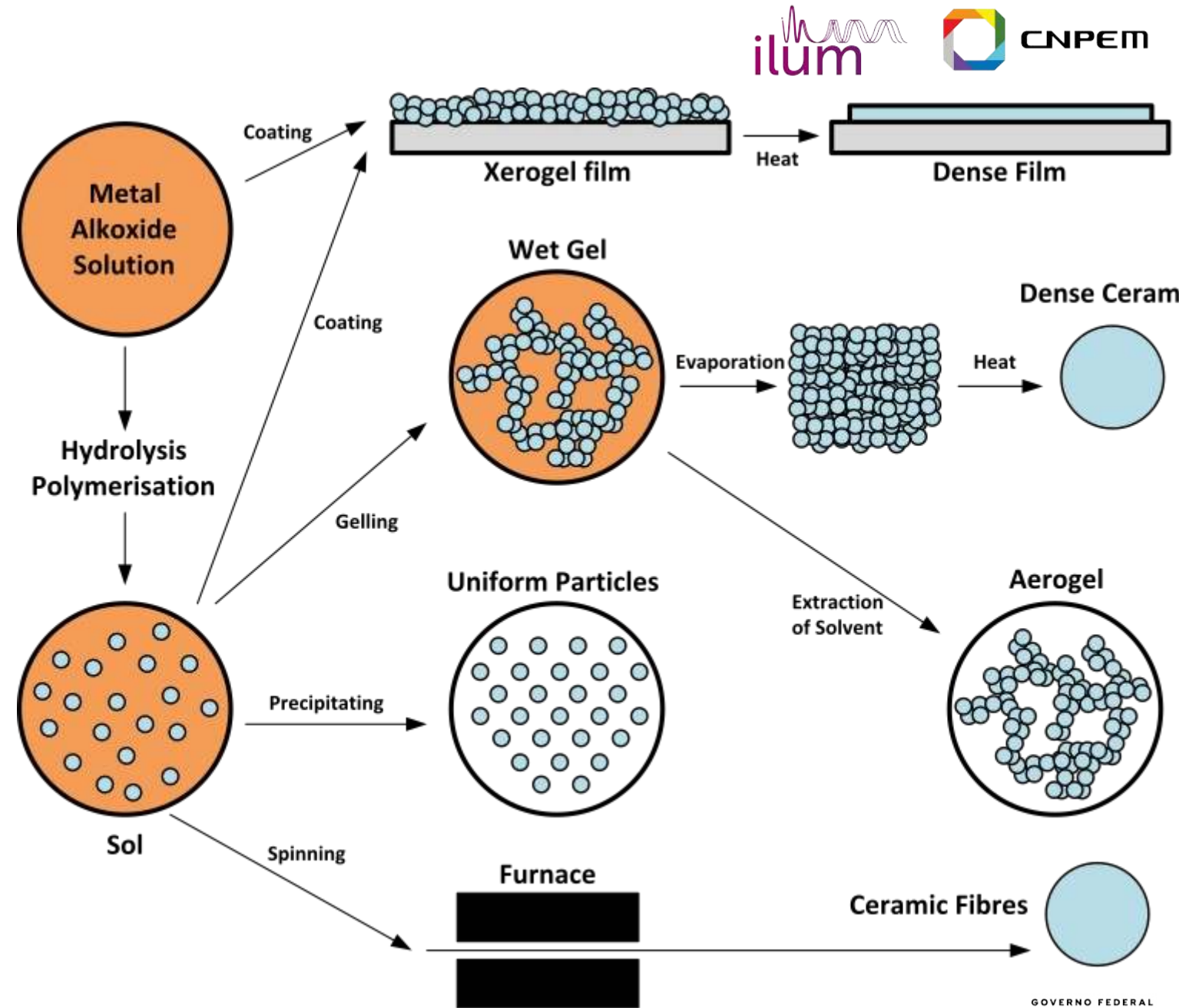


Coloides

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

Coloides

- O que são coloides?
- Partículas dispersas.
- Que partículas?
- Dispersas em que?



Coloides

- O que são coloides?
- Partículas dispersas.
 - Que partículas?
 - Dispersas em que?

Fase Contínua	Fase Dispersa	Nome descritivo
Gás	Líquido	Neblina, aerosol
Gás	Sólido	Fumaça, aerosol.
Líquido	Gás	Espuma
Líquido	Líquido	Emulsão
Líquido	Sólido	Sol, gel, suspensão
Sólido	Gás	Espuma sólida
Sólido	Líquido	Gel, emulsão sólida
Sólido	Sólido	Liga

Principles of Colloid and Surface Chemistry, 3rd edition.
Paul C. Hiemenz and Raj Rajagopalan

Coloides

- O que são coloides?
- De acordo com a IUPAC:
 - Um estado de subdivisão, implicando que as moléculas ou partículas polimoleculares dispersas em um meio tem pelo menos em uma direção a dimensão aproximadamente entre 1 nm e 1 μm , ou descontinuidades em um sistema são encontradas em distâncias dessa ordem.
 - Na literatura se referem a coloides como substâncias dispersas em líquido ou gás.

Coloides

- O que são coloides?
- Suas partículas se movimento de acordo com o movimento Browniano.
- Isso é verdade quando o comprimento de sedimentação é maior que o raio coloidal.

- $l_{\text{sed}} = \frac{kT}{m^*g}$

- m^* é a massa do sobrenadante: $m^* = \left(\frac{4}{3}\right) \pi \Delta \rho R^3$
 - O limite máximo para o raio coloidal seria em $l_{\text{sed}} \approx R$
 - Para 300 K e $\Delta \rho = 100 \text{ kg/m}^3$, calcule o raio coloidal.

Coloides

- O que são coloides?
- Suas partículas se movimento de acordo com o movimento Browniano.
- Isso é verdade quando o comprimento de sedimentação é maior que o raio coloidal.
- O limite máximo para o raio coloidal seria em $l_{\text{sed}} \approx R$
 - $R \approx 1 \mu m$

- Como as partículas do coloide interagem?
 - Modelo de “grande átomo”, de Onsager, McMillan e Mayer.
 - O solvente é um *background*.
 - Como átomos esféricos interagem?
 - Lennard-Jones.
 - Teremos diagramas de fase análogos.
 - No entanto, outras coisas afetam as interações:
 - Tipo do solvente, eletrólitos, polímeros, superfície, ...

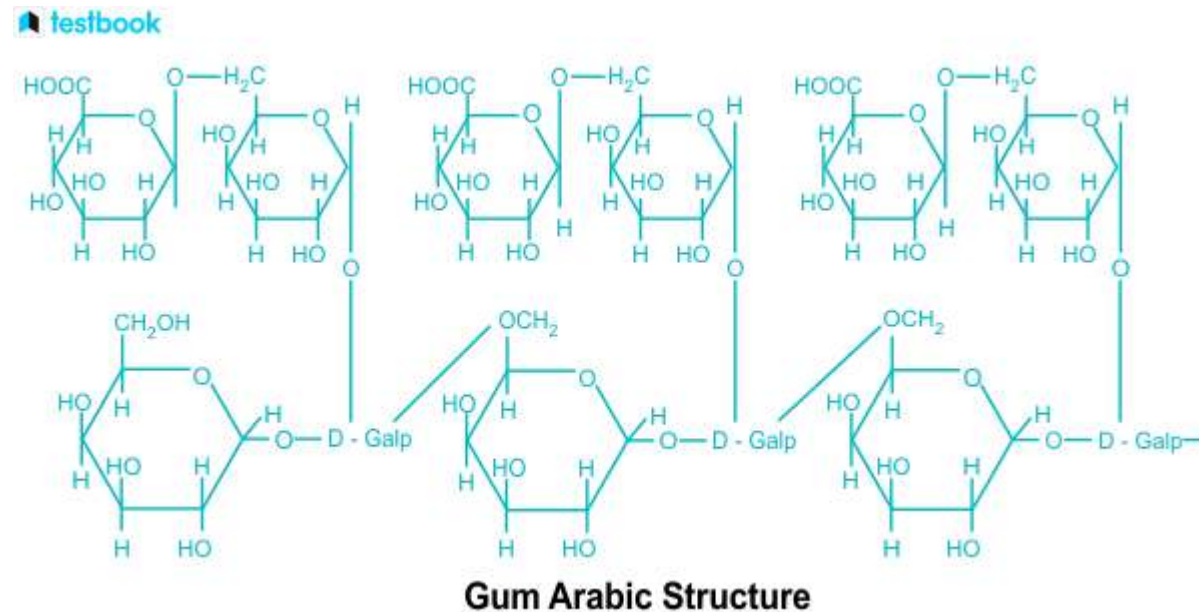
Coloides

- Exemplos de coloides:
 - Emulsões: Maionese.
 - Espumas: Creme de barbear/depilar.
 - Soluções de surfactantes: Shampoo.
 - Dispersões poliméricas: Tinta.



Coloides

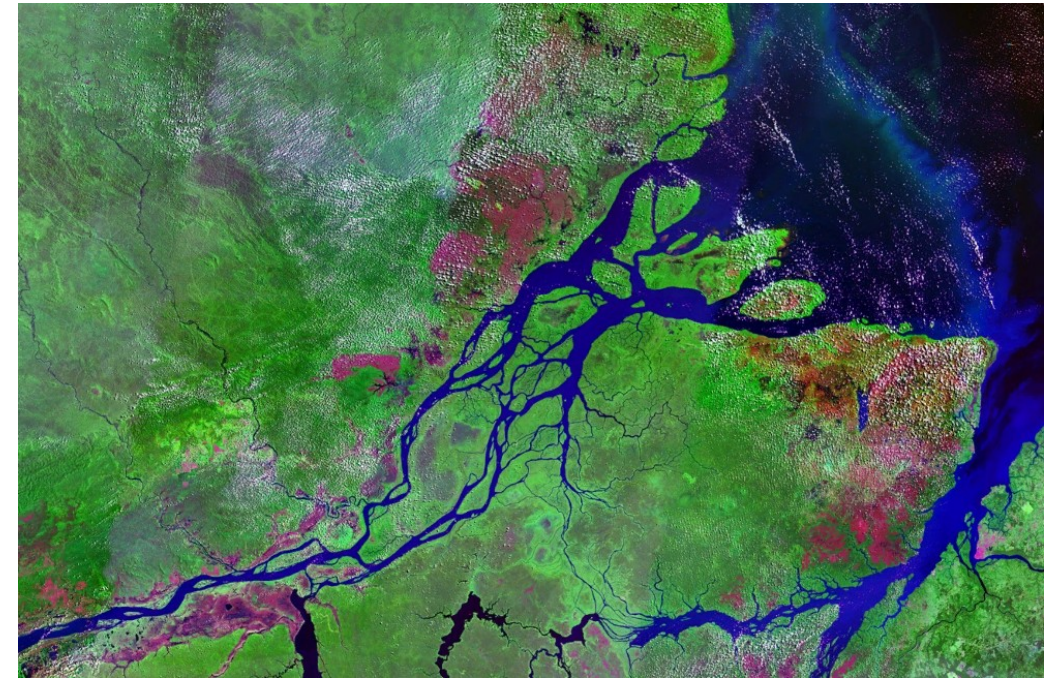
- Exemplos de coloides:
- Egípcios usaram estabilização de coloides 3400 A.C.
- Fuligem (carbono), era misturada com água e goma arábica.



- Estabilização polimérica de coloide.

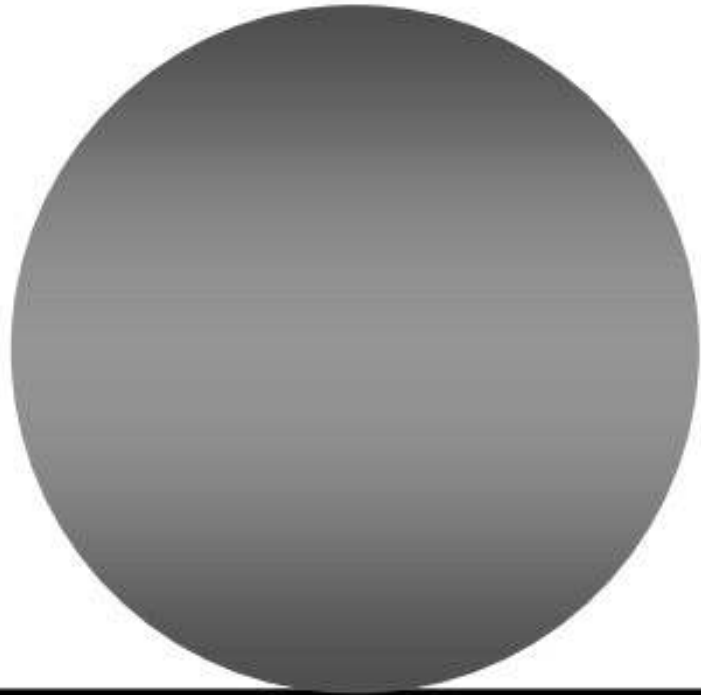
Coloides

- Exemplos de coloides:
- Instabilidade coloidal em delta de rios.
- A argila (coloide), fica instável devido ao sal do mar.



Coloides

- Exemplos de coloides:
 - Leite: Miscelas de caseína.
Fat droplet (~2000nm)



Casein micelle (~200nm)



Whey proteins (~15nm)

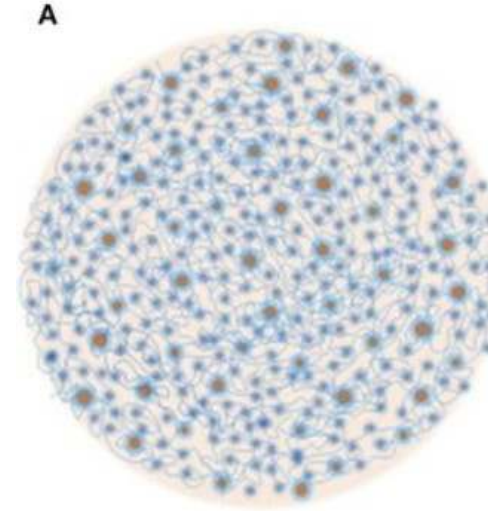
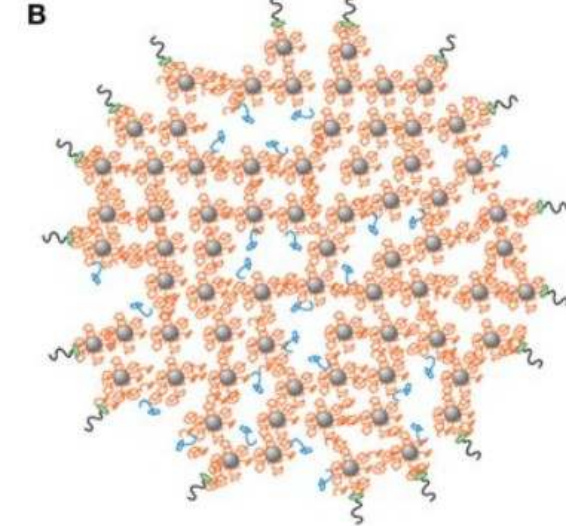
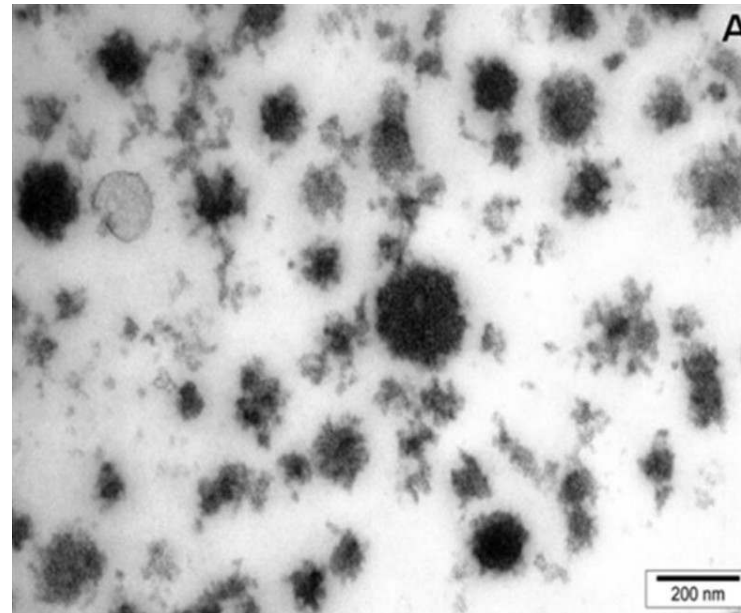
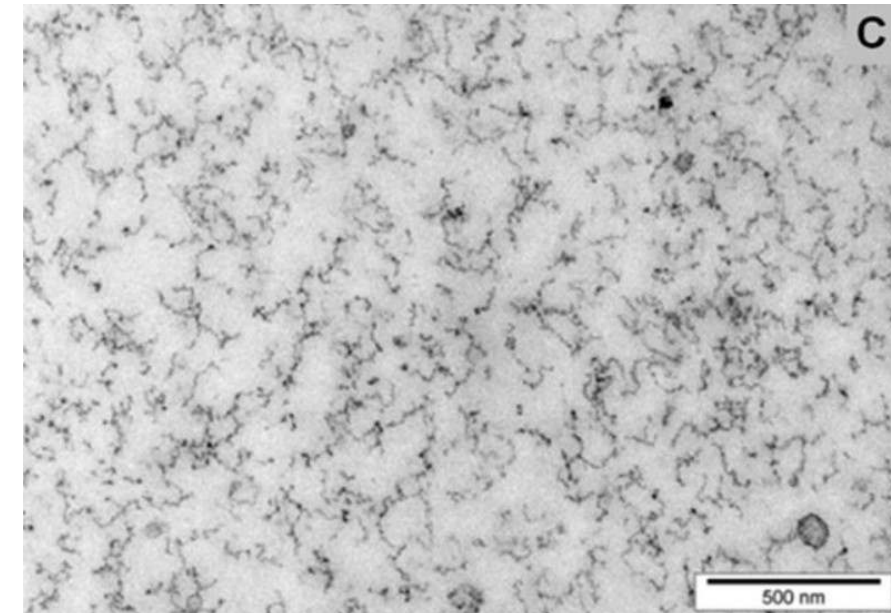


Lactose (~1nm)



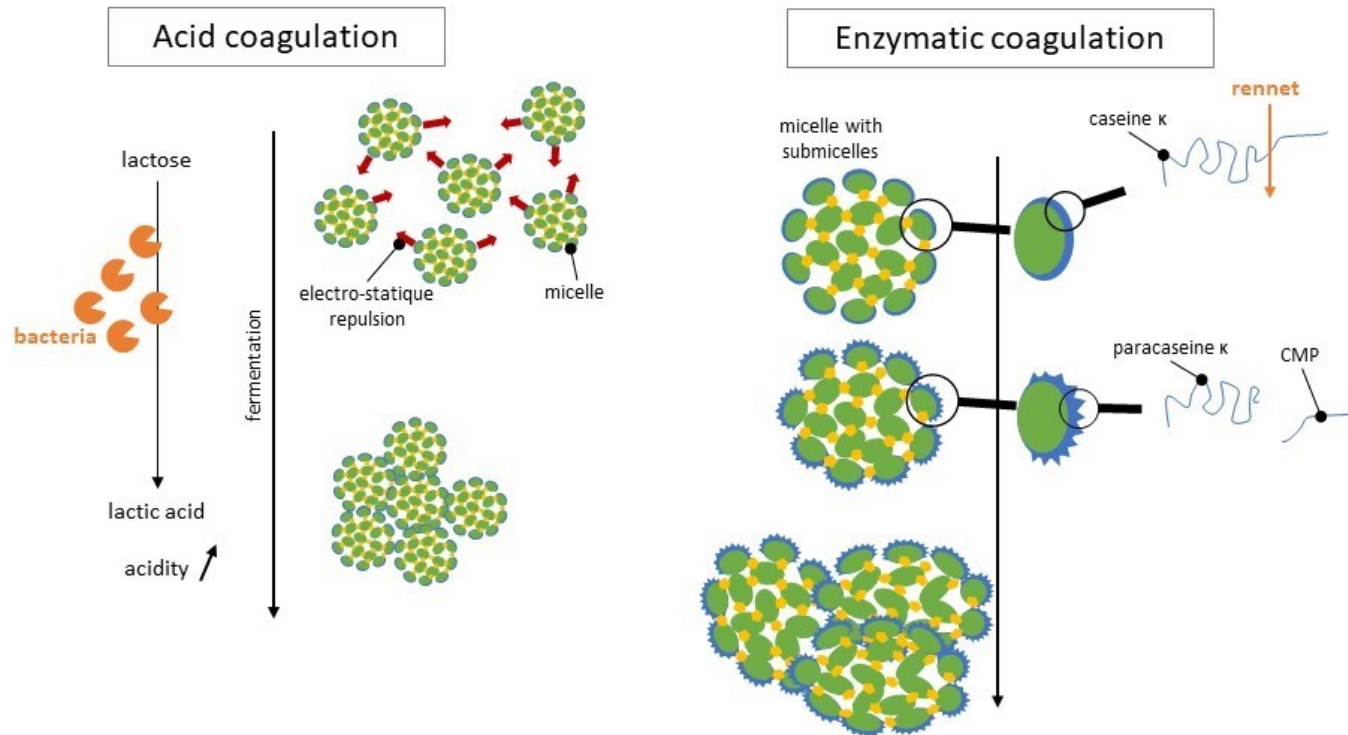
Coloides

- Exemplos de coloides:
 - Leite: Miscelas de caseína.
 - Estabilizadas pelos seus “cabelos”.
 - Caseína- κ



Coloides

- Exemplos de coloides:
 - Leite: Miscelas de caseína.
 - Coagulação do leite:



Coloides

- Interações coloidais.
 - Competição entre van der Waals e dupla camada elétrica.
 - Teoria DLVO.
 - Derjaguin e Landau.
 - Verwey e Overbeek.

Coloides

- Interações coloidais.
 - van der Waals para átomos:
 - $W(r) = -\frac{C}{r^6}$
 - $C = \frac{3}{4} \bar{E} \left(\frac{\alpha_p}{4\pi\epsilon_0} \right)^2$
 - $\bar{E}$ é a energia de excitação eletrônica média.
 - α_p é a polarizabilidade.
 - ϵ_0 é a permissividade elétrica do vácuo.

Coloides

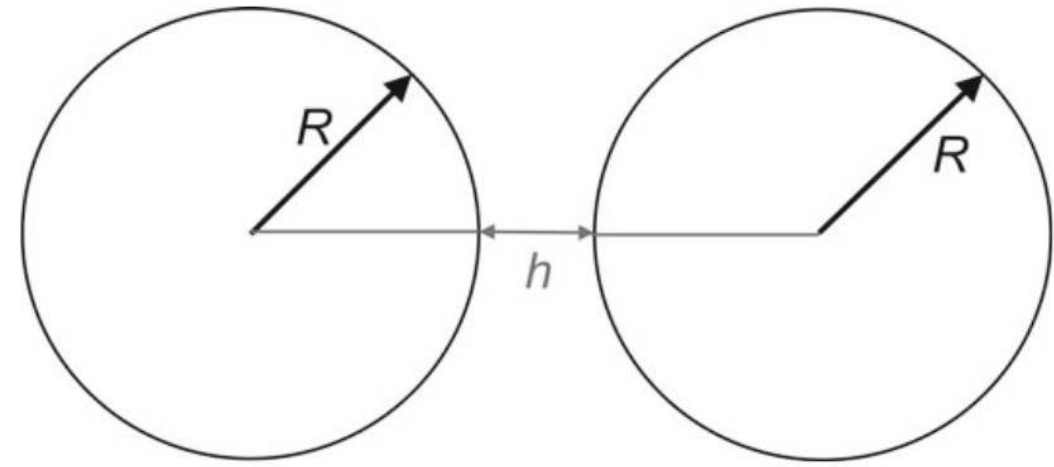
- Interações coloidais.
- van der Waals para partículas coloidais:

- $W(h) = -\frac{A}{r^6} f\left(\frac{h}{R}\right)$

- $f\left(\frac{h}{R}\right) = \frac{2R^2}{h^2+4Rh} + \frac{2R^2}{h^2+4Rh+4R^2} + \ln\left(\frac{h^2+4Rh}{h^2+4Rh+4R^2}\right)$

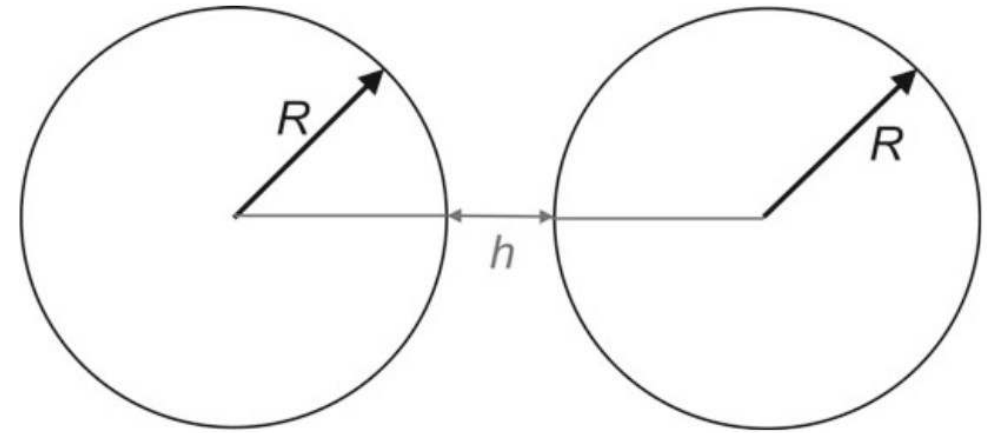
- $A = C\pi^2 n^2$; constante de Hamaker.

- n é a densidade numérica de átomos/moléculas nas partículas coloidais.



Coloides

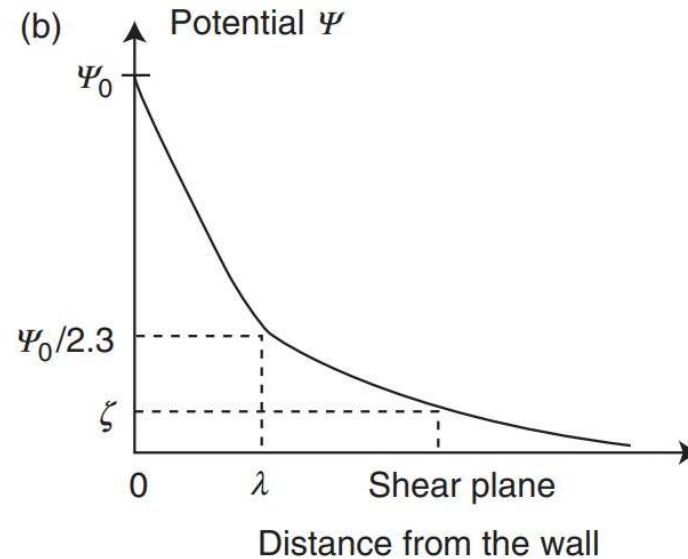
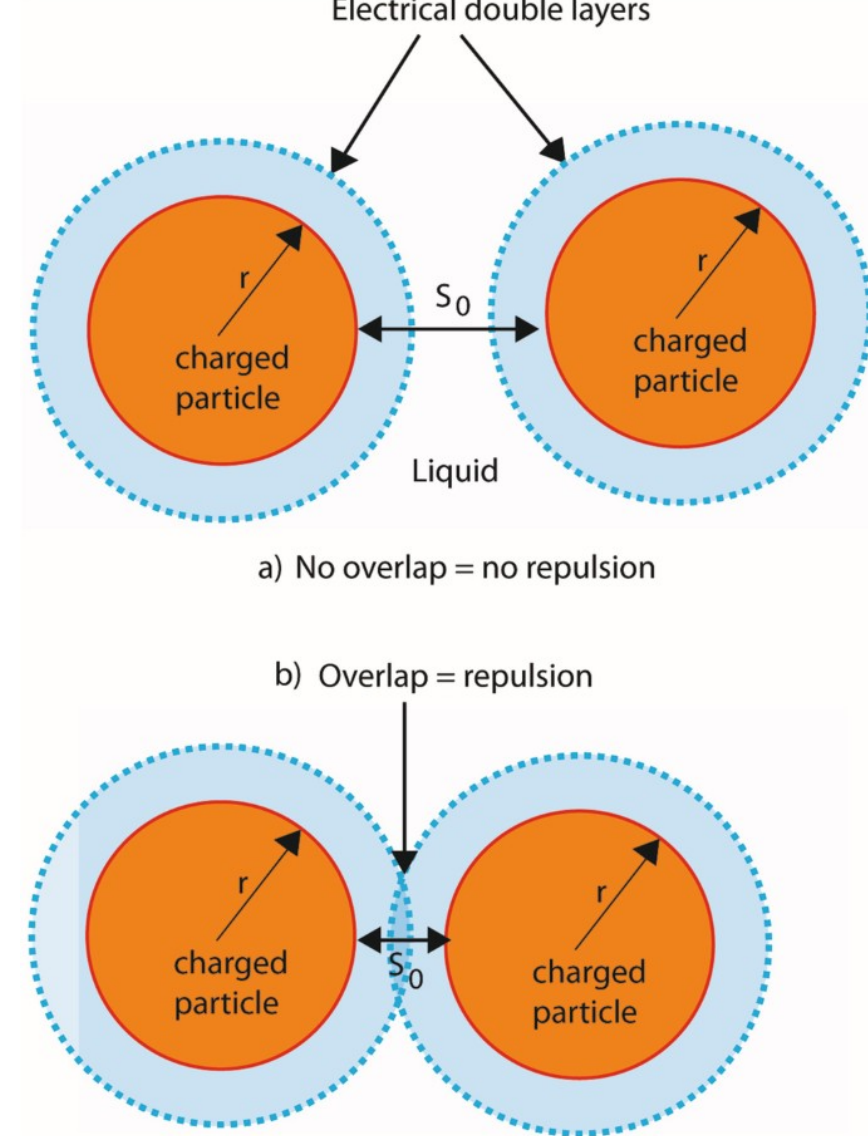
- Interações coloidais.
 - van der Waals para partículas coloidais:
 - Para h pequeno:
 - $W(h) \approx -\frac{AR}{12h}$



Coloides

- Interações coloidais.
- Dupla camada elétrica.
- Repulsão de sobreposição:
- Comprimento de Debye:

$$\lambda_D = \sqrt{\frac{1}{8\pi\lambda_B n_s}}$$



Coloides

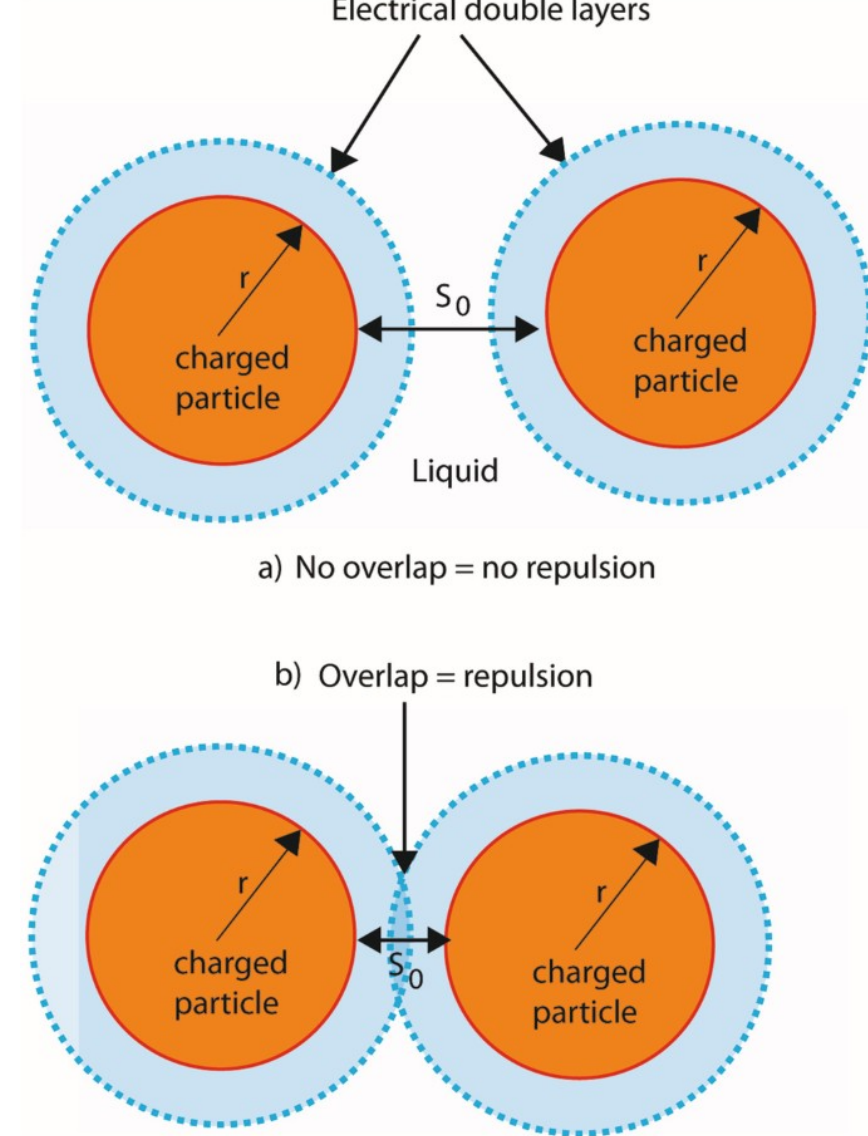
- Interações coloidais.
- Dupla camada elétrica.
- Repulsão de sobreposição:
- Comprimento de Debye:

$$\lambda_D = \sqrt{\frac{1}{8\pi\lambda_B n_s}}$$

- n_s é a densidade numérica de sal.

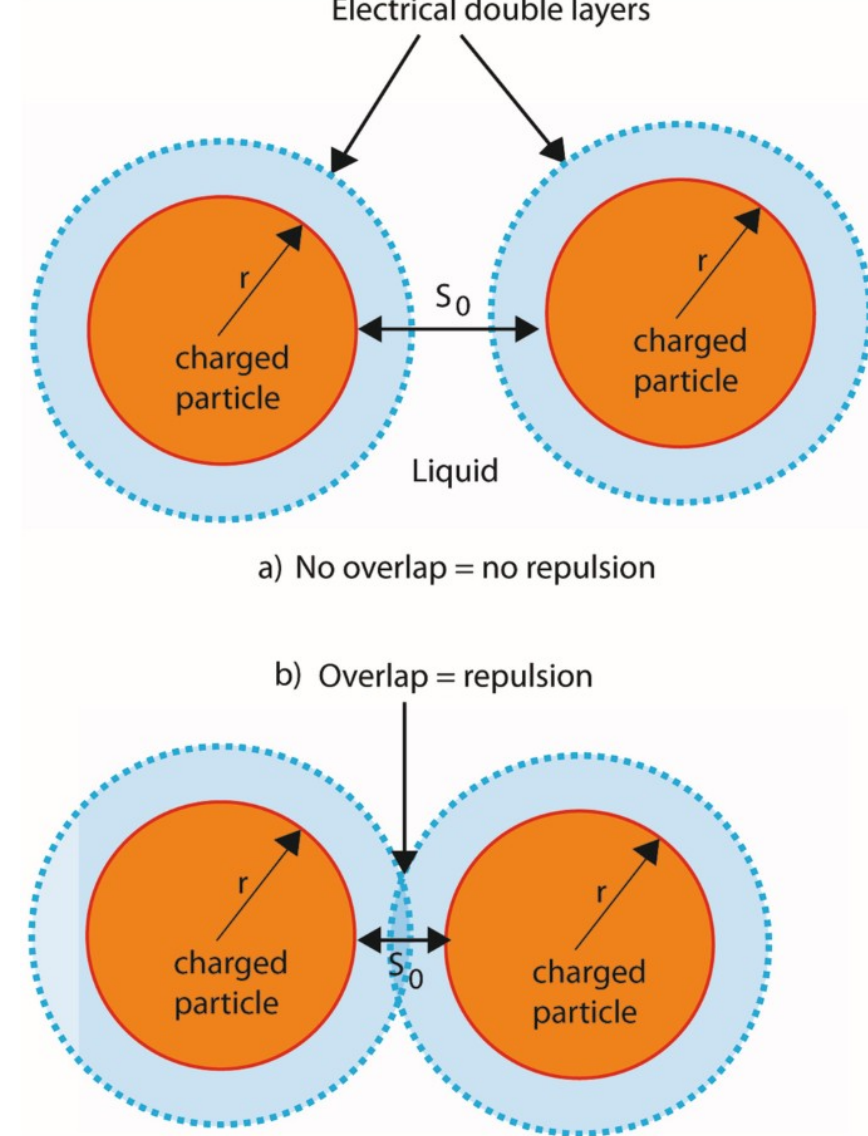
- $\lambda_B = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r k_B T}$; comprimento de Bjerrum.

- Quando a energia potencial entre dois elétrons é $k_B T$



Coloides

- Interações coloidais.
- Dupla camada elétrica.
 - Repulsão de sobreposição:
 - Comprimento de Debye:
 - Para água a temperatura ambiente:
 - $\lambda_B \approx 0.7 \text{ nm}$
 - $\lambda_D = \frac{0.3}{\sqrt{c_s}}$
 - Sendo c_s a concentração de sal em mol/L.



Coloides

- Interações coloidais.
 - Dupla camada elétrica.
 - Repulsão de sobreposição:

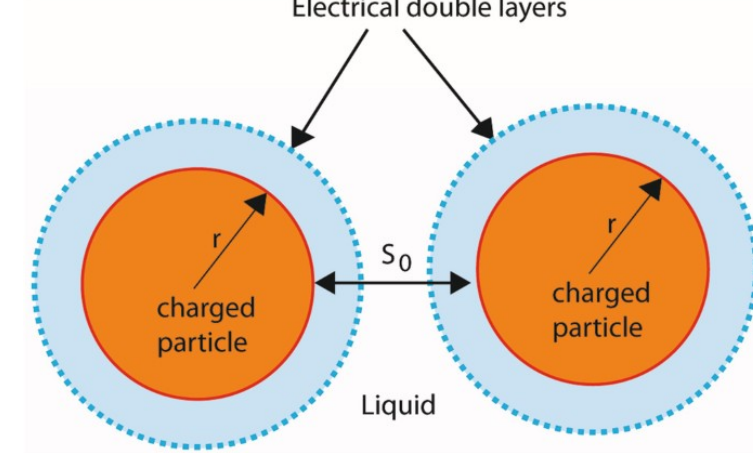
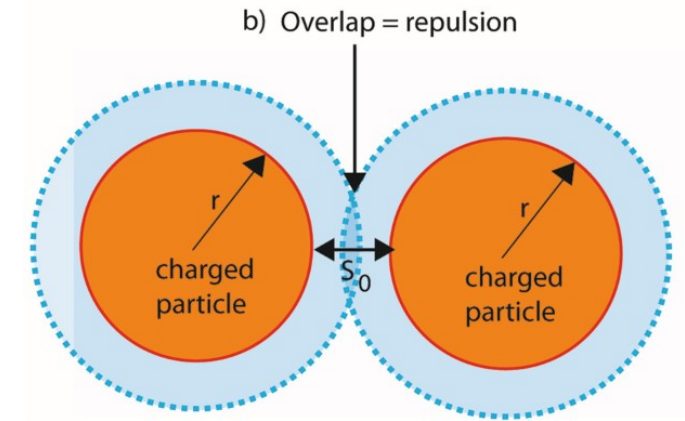
- Se $\lambda_D \ll R$:

- $$W_{DR}(h) = B \frac{R}{\lambda_B} \exp\left(-\frac{h}{\lambda_D}\right)$$

- Sendo $\frac{B}{k_B T} = \frac{8p_c^2}{(1+q_c)^2}$

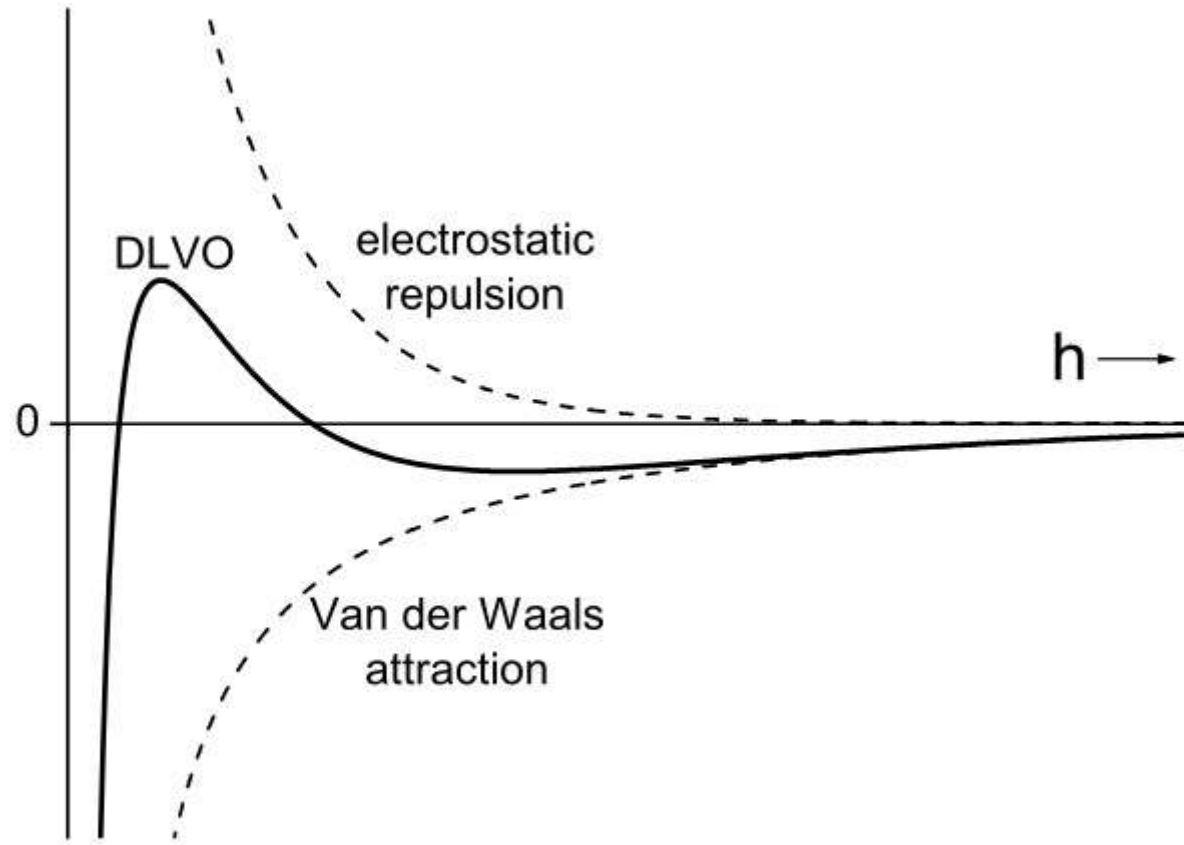
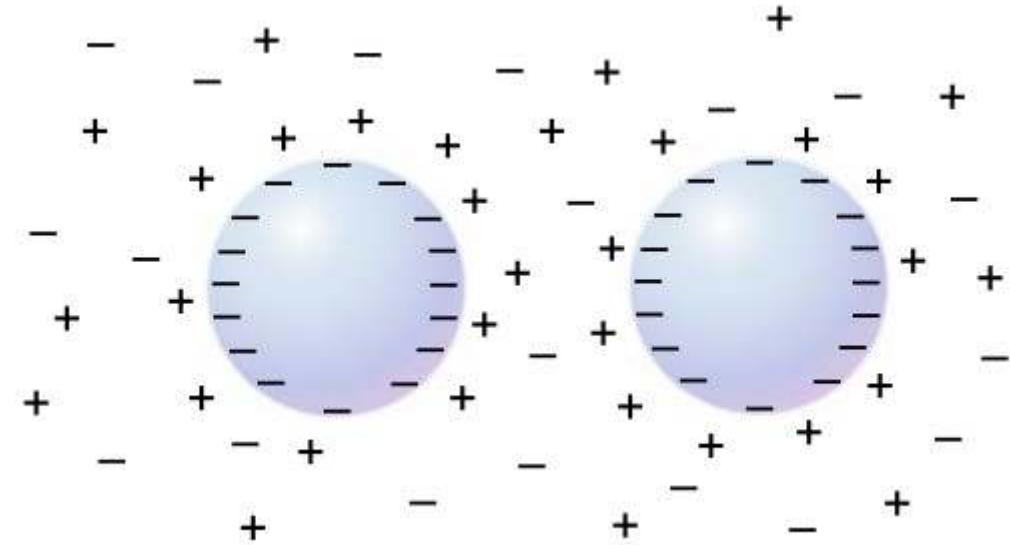
- Com $p_c = 2\pi\lambda_D\lambda_B|\sigma_c/e|$ e $q_c = \sqrt{1 + p_c^2}$

- Onde p_c é o número de cargas elementares e em uma superfície de área $2\pi\lambda_D\lambda_B$.
 - σ_c é a densidade de carga superficial das partículas.



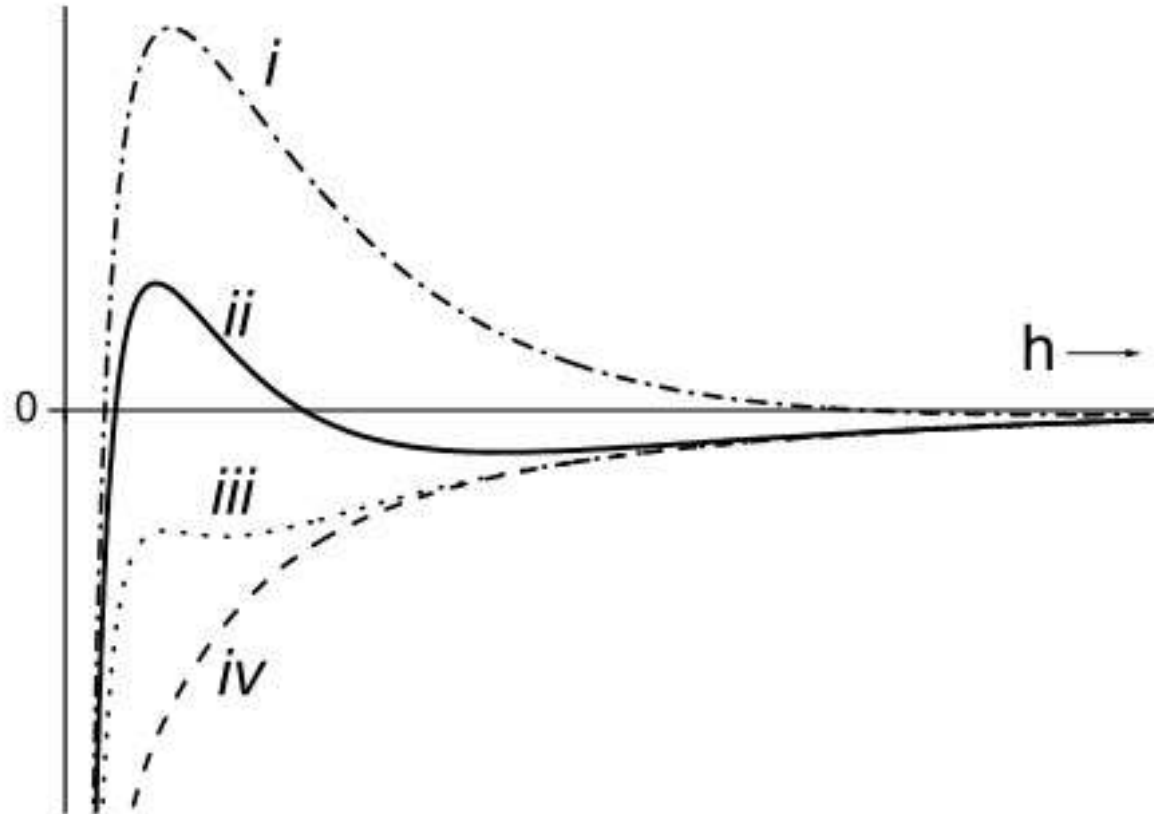
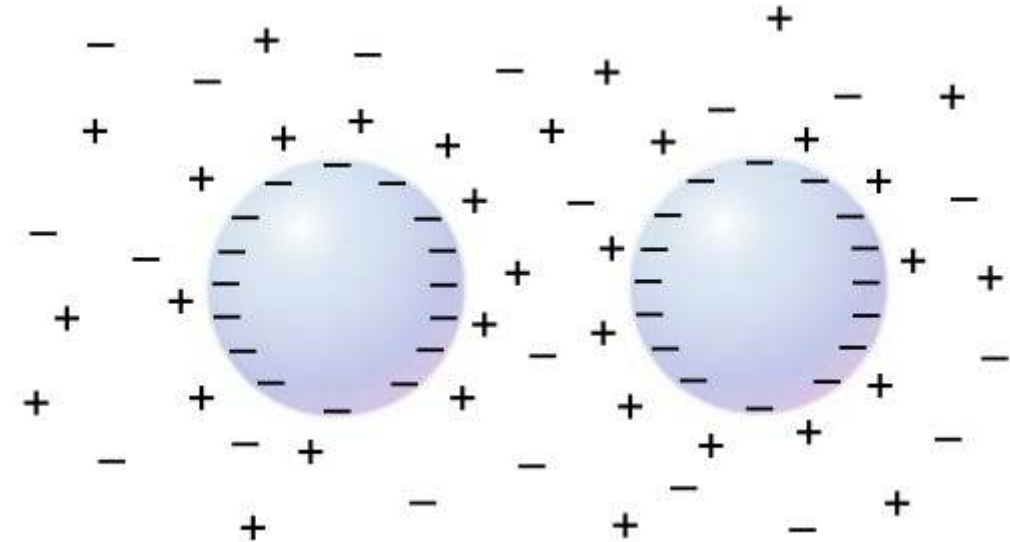
Coloides

- Interações coloidais.
 - A interação total é então:
 - $W_{DLVO} = W_{vdW} + W_{DR}$



Coloides

- Interações coloidais.
 - $W_{DLVO} = W_{vdW} + W_{DR}$
 - Se aumentamos a concentração de sal de (i) a (iv):



Coloides

- Atividade
 - Consulte o livro indicado para a aula, encontre os valores típicos das grandezas envolvidas na teoria DLVO e faça os gráficos da interação em função da distância de separação h para diferentes concentrações de sal.

OBRIGADO

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

ilum.cnpem.br



MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

