

Fenómenos de Transferência I

Objectivos : Compreender os princípios físicos básicos envolvidos nos fenómenos de transporte de momento e de calor e a sua expressão matemática. Aplicar estes conhecimentos no dimensionamento de unidades de equipamento utilizadas na indústria química e bioquímica.

Carga Horária Semanal: 4h (2 x 2 h) TP

Material obrigatório ns TP: enunciado dos exercícios, máquina de calcular,

Bibliografia:

- 1) S. Foust, L. A Wenzel, C. W. Clump, L. Maus, L. B. Andersen, “Principles of Unit Operations”, John Wiley & Sons, Inc.
- 2) J. M Coulson & J. F. Richardson, “Tecnologia Química”, Volume I , Fundação Calouste Gulbenkian
- 3) R. S. Brodkey and H. C. Hershey, “Transport Phenomena - A Unified Approach”, 2nd Ed. – McGraw Hill, 1989.
- 4) Acetatos com a matéria teórica postos à disposição dos alunos


Docente: Margarida Cardoso: Gab 322; margarida.cardoso@fct.unl.pt

Princípios de Engenharia Química e Bioquímica e Operações Unitárias

Indústria Química/ Bioquímica

produção de um ou mais bens de consumo ou produtos com determinadas especificações e quantidades.

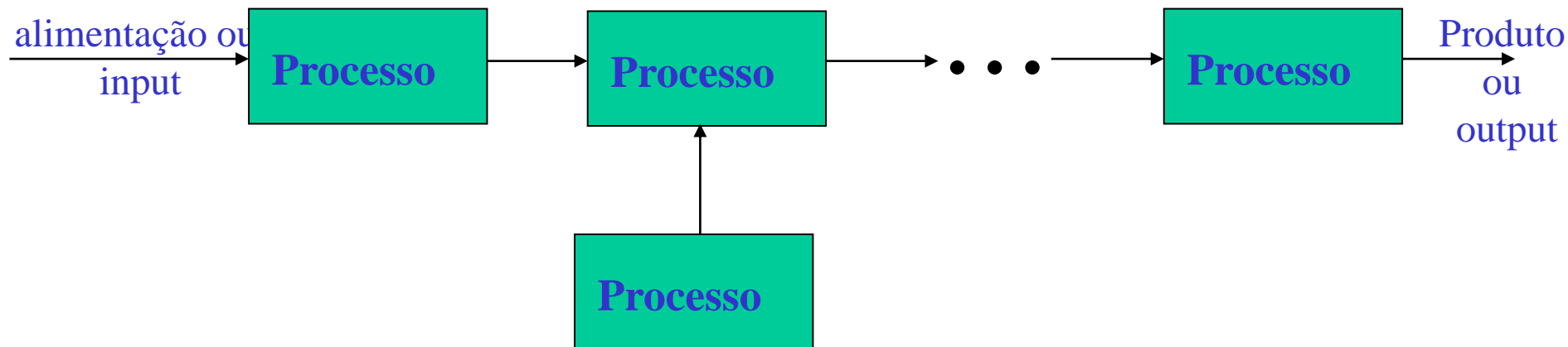
Processo químico- é a transformação de uma dada matéria prima em um ou mais bens de consumo ou produto, envolvendo uma série de etapas que envolvem alteração na composição química e/ou alterações físicas no material.

Processo complexo  sequência de passos individuais simples em série ou em paralelo
Cada passo pode ser estudado individualmente:
r. químicas ou mudanças físicas

a sequência de passos varia conforme o processo mas os princípios destes passos são independentes do material e das características do sistema -
operações unitárias.

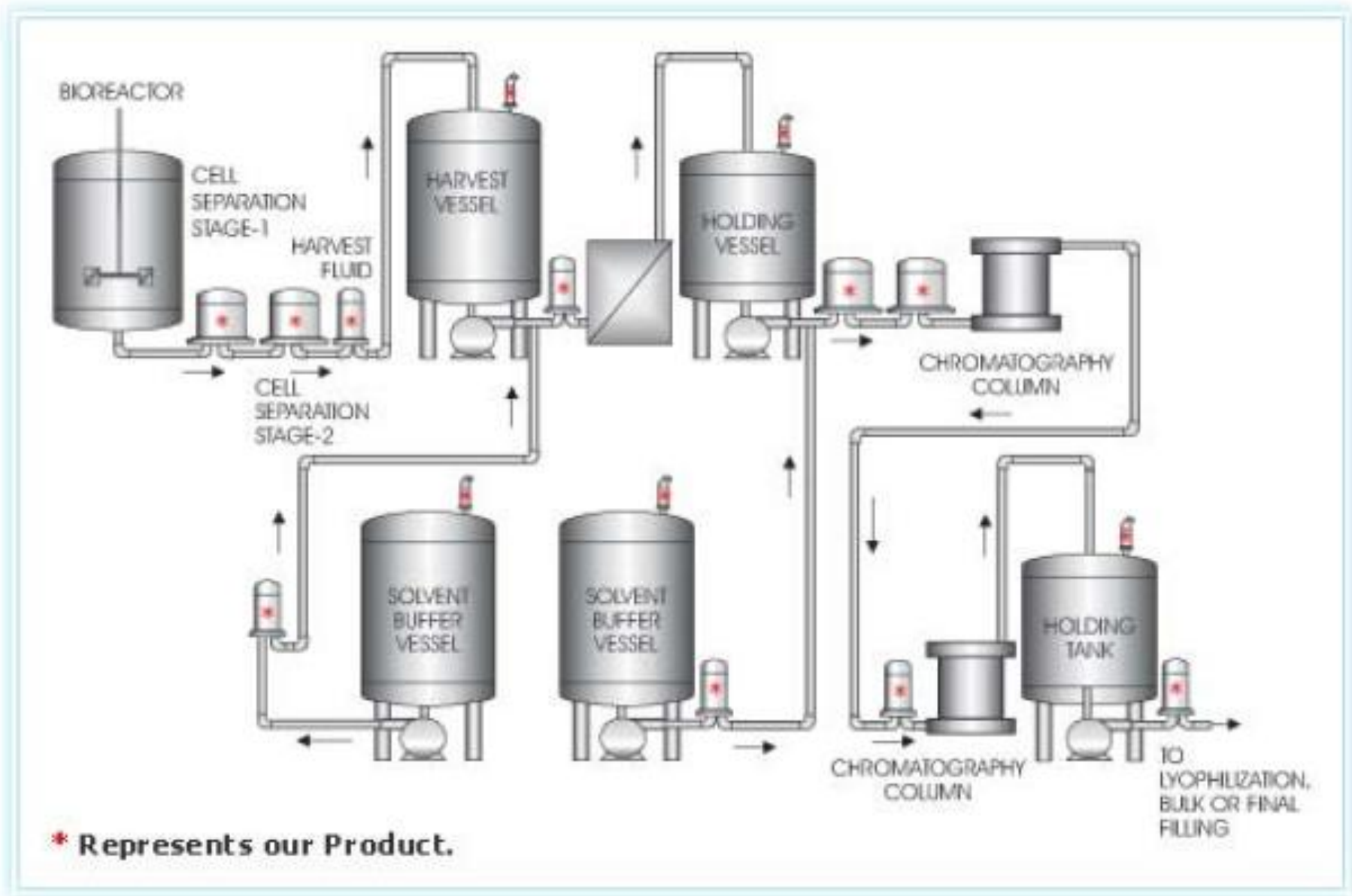
Diagrama de blocos ou flowsheet: em que cada processo ou operação é representada por um bloco.

Os blocos estão ligados por linhas que correspondem às correntes de entrada ou saída.



Design do processo inclui

- flowsheet (E.Q escolhe passos, ordem dos passos
- respectivas variáveis operacionais (ex: Temp, Pressão, caudais, etc.)
- dimensionamento do equipamento: especificações das unidades processuais (ex: reactores, equipamento de separação, etc)



Processo químico = $\left\{ \text{alguns passos químicos} \right\} + \left\{ \text{maior n}^\circ \text{ de op. separação/purificação} \right\}$



Engº processo: + ligado às mudanças físicas

Operação unitária : passos onde ocorrem essencialmente mudanças físicas:
podem tb ocorrer r. químicas mas de menor latitude
(resultam da alteração das props físicas)

Exs de operações unitárias:

destilação, humidificação, absorção gasosa, sedimentação, centrifugação, filtração.
Mais recentemente: permuta iónica, adsorção, difusão gasosa, fluidização, cromatografia.

Mas também fluxo de fluídos, transferência de calor, agitação e mistura, etc.

1) Balanços de massa e balanços de energia (IEQB)

Informação de quantidades/caudais de todas as correntes que entram e saem em cada etapa

2) Dimensionamento do equipamento

Princípios das ciências físicas: essencialmente química e física

1) perceber o que se passa quimicamente em todas as reacções
(normalmente já bem definidas)

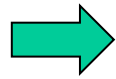
2) perceber as alterações físicas relacionadas com a preparação e a purificação: aplicação de princípios de física e de química-física a passos envolvendo alterações das prop. físicas: vaporização, condensação, cristalização, etc.



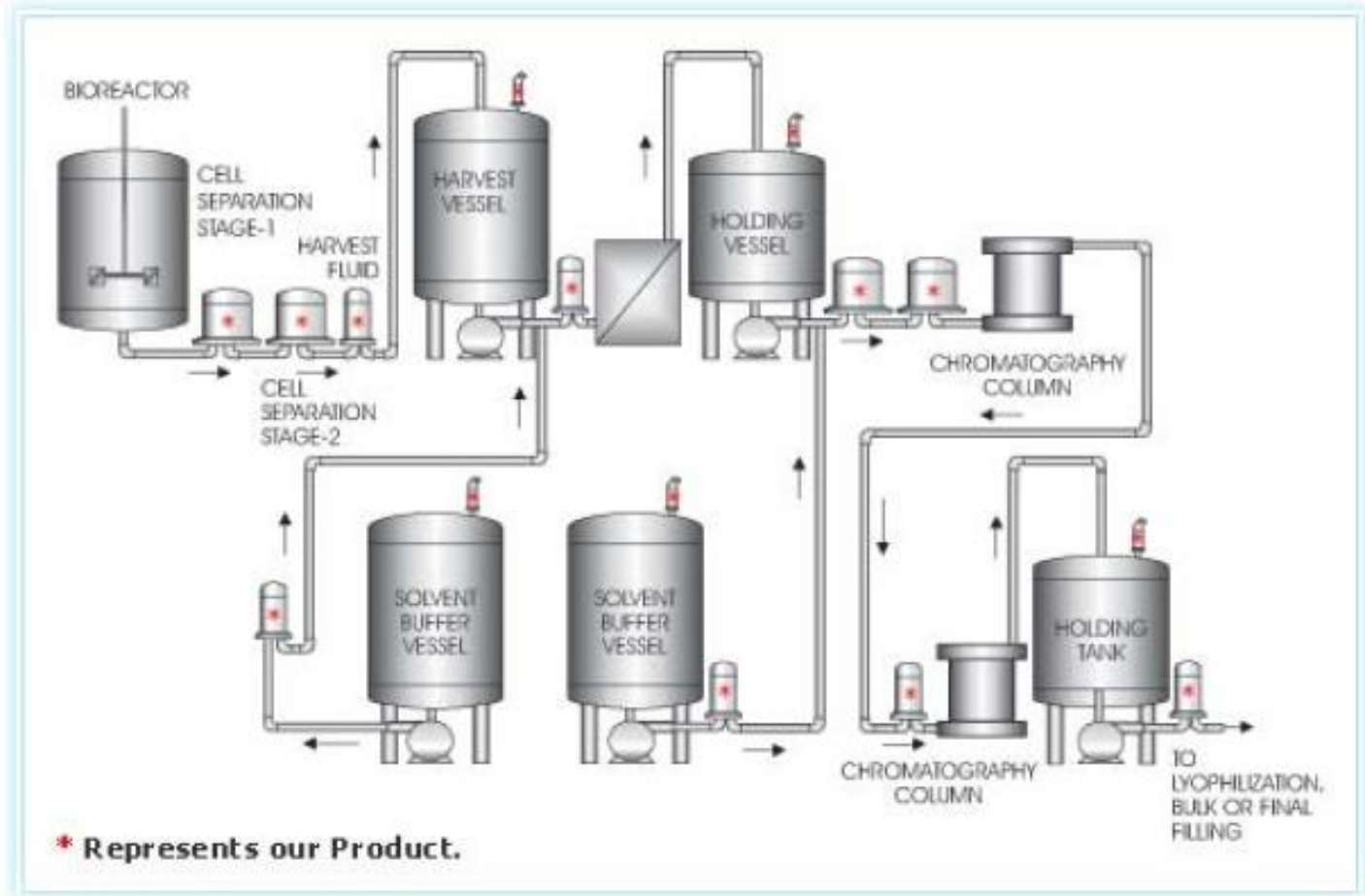
Instalação Industrial: + Eng^a mecânica e materiais e Eng^o Civil

INTEGRAÇÃO DAS OPERAÇÕES UNITÁRIAS

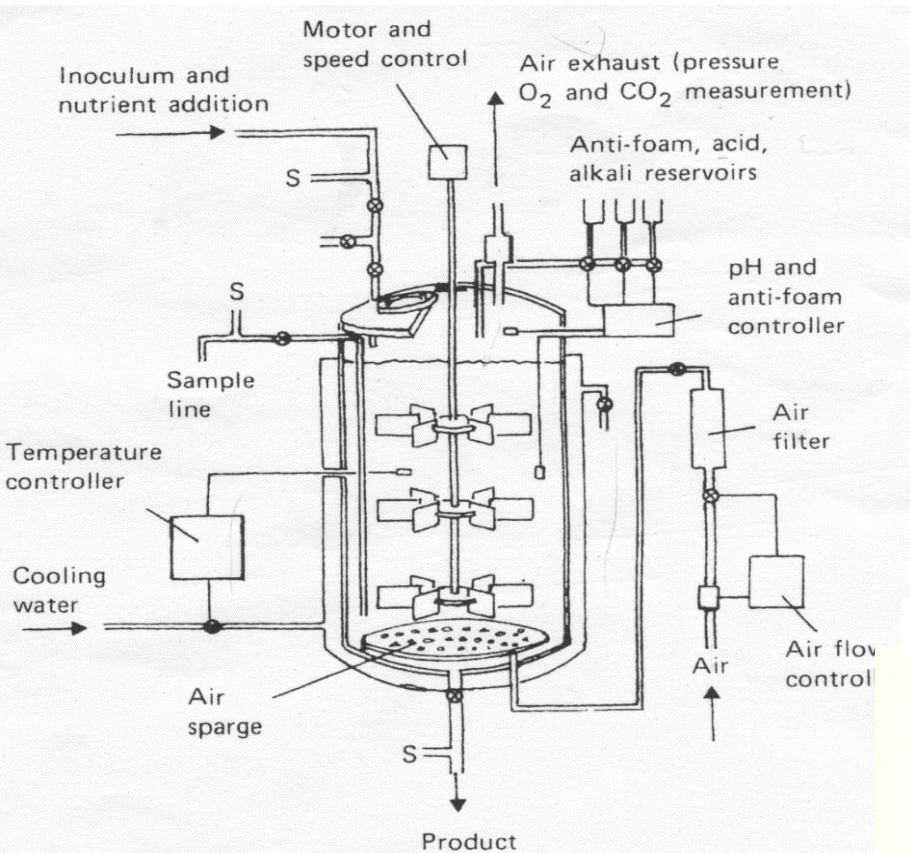
O. U. envolvem
transferência ou
transporte de



Massa
Calor
Quantidade de movimento (m.v)



Transferência de Calor, Massa e Quantidade de movimento (m.v)



Passos envolvidos no transporte de O₂ em sistemas biológicos:

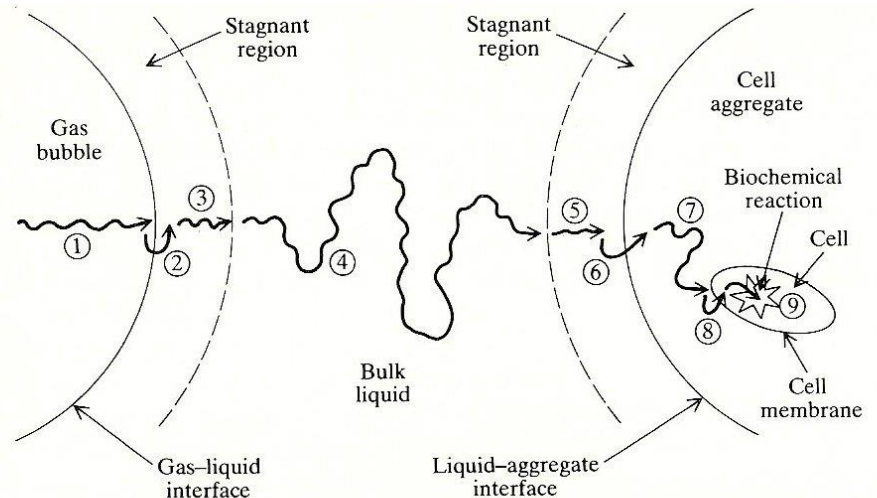
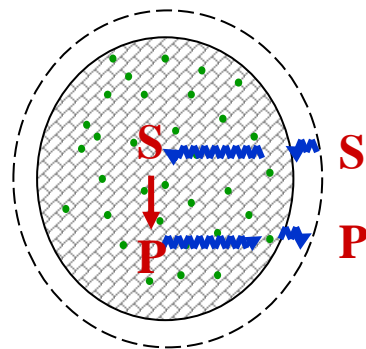
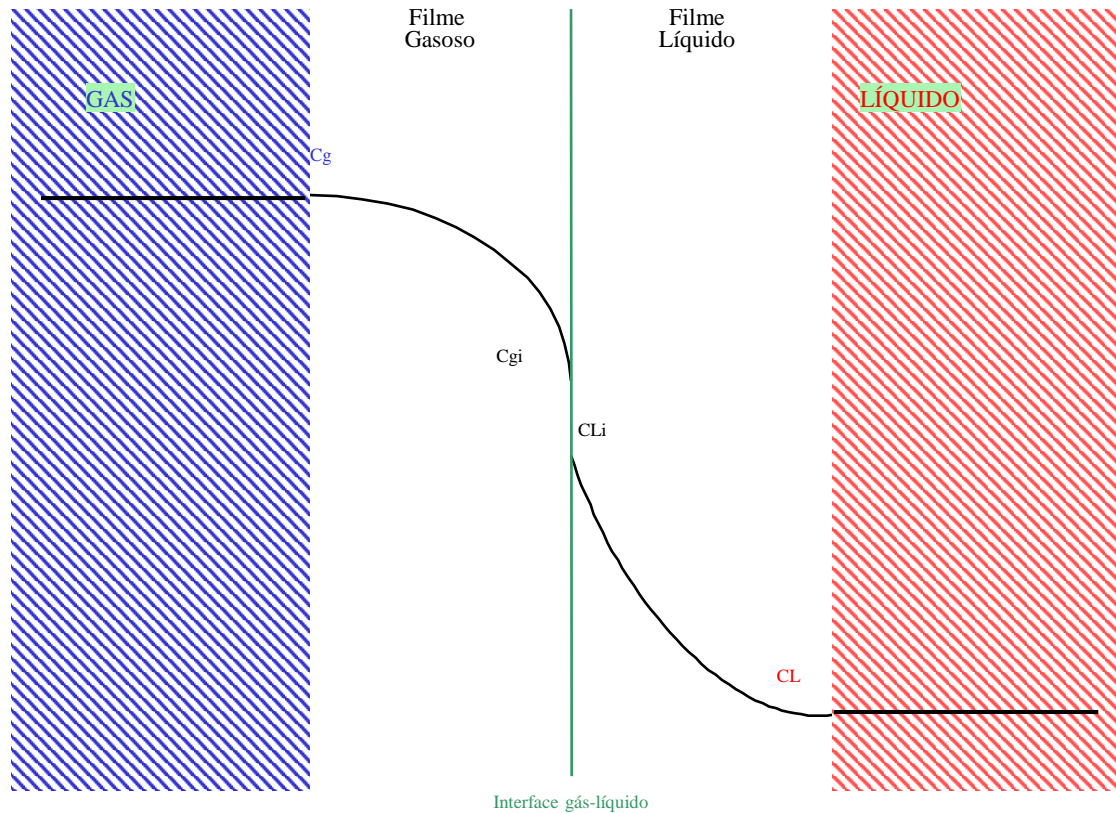


Figure 8.1 Schematic diagram of steps involved in transport of oxygen from a gas bubble to inside cell.

Ex: contacto de Ar com um líquido



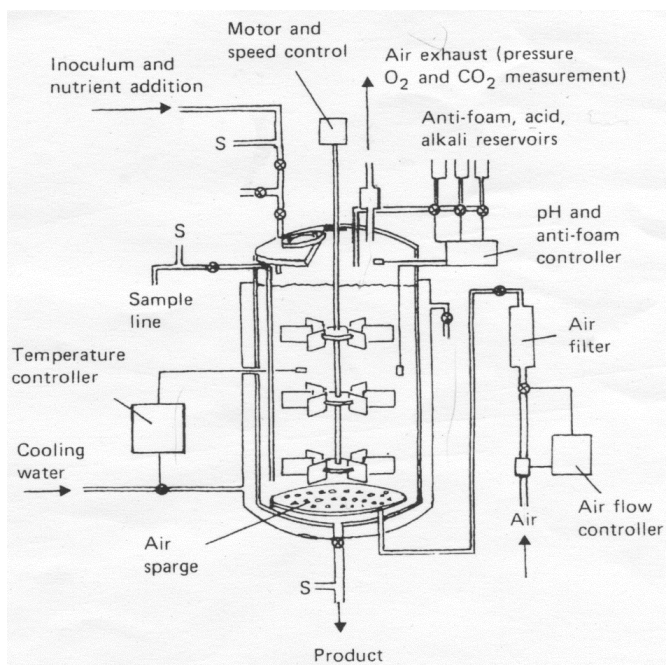
CLi – conc. no filme líquido
junto interface
 C_{gi} – conc. no filme gasoso
junto à interface

$[O_2]$ elevada

$[O_2]$ baixa



Fluxo de massa

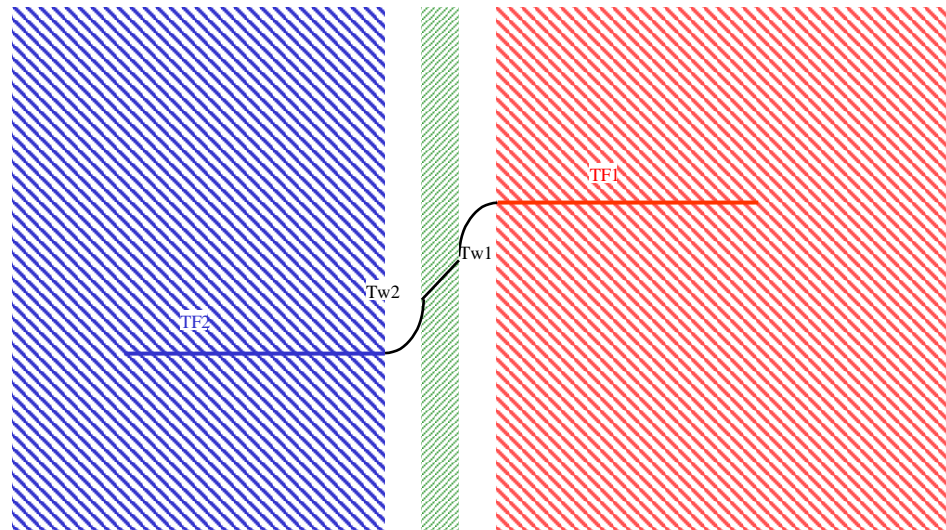


Ex: troca de calor entre fluido quente e fluido frio através de uma parede

Fluido Frio (água de refrigera

Parede

Fluido Quente (meio de fermenta



TF1 – temp do fluido 1

Tw1 – temp da parede no lado 1

Tw2 – temp da parede no lado 2

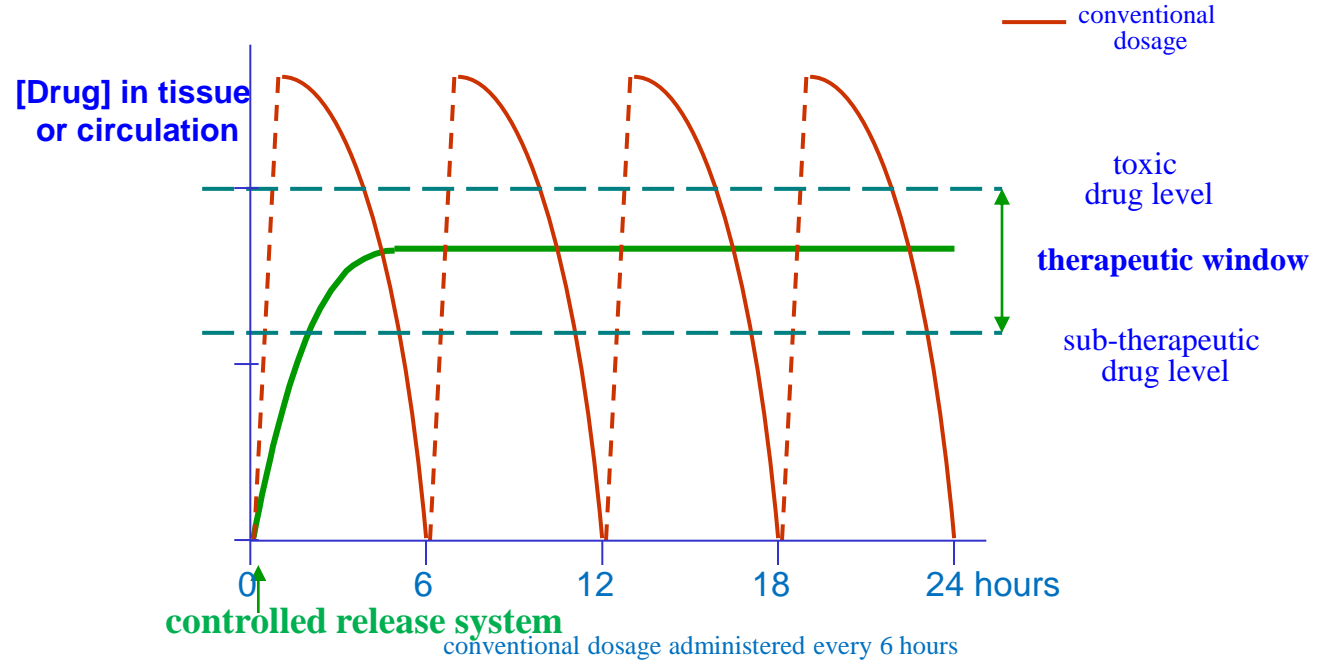
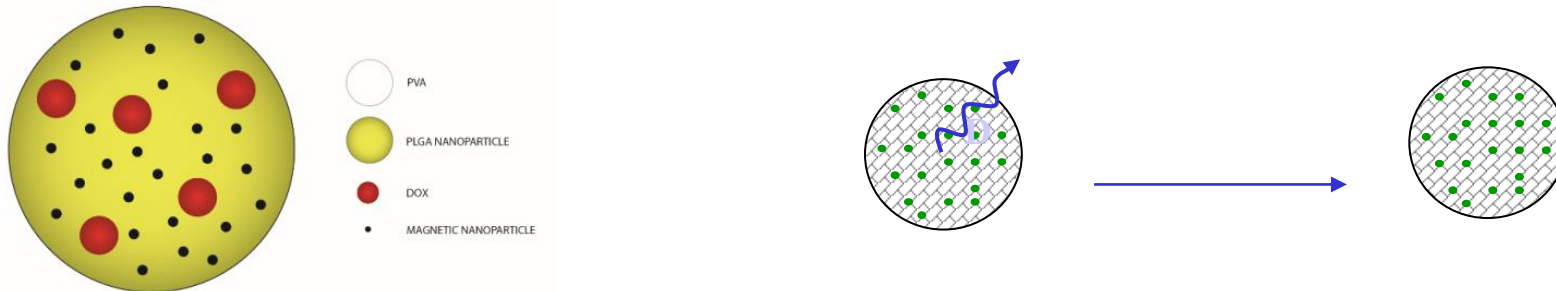
TF2 – temp do fluido 2

[en. térmica] baixa

[en. térmica] elevada

Fluxo de calor

Desenvolvimento de sistemas de libertação controlada de fármacos



SEPARAÇÕES (T massa e calor)

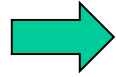
a separação de um constituinte de uma solução ou de uma mistura homogênea exige **transferência preferencial** do constituinte para uma segunda fase que possa ser fisicamente separável da mistura residual

ex: extração por solventes, só possível entre 2 solventes imiscíveis

ex: secagem de um produto. Transferência de água para uma corrente de ar.

INTEGRAÇÃO DAS OPERAÇÕES UNITÁRIAS

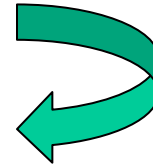
O. U. envolvem
transferência ou
transporte de



Massa

Calor

Quantidade de movimento ($m.v$)



**É fundamental conhecer a
velocidade de transferência de cada
uma destas propriedades: FTI**

Estes processos estão relacionados entre si: transferência de calor ligada à T. quantidade de movimento e à T. Massa; T.massa ligada à T.de calor e à T. quantidade de movimento, etc.

ALGUNS CONCEITOS BÁSICOS DE TRANSPORTE

transferência de uma propriedade (massa, calor ou momento) dá-se quando se contactam 2 substâncias ou fases que não estão em equilíbrio

Equilíbrio Para todas as combinações de fases existe uma condição para a qual o intercambio de propriedades é nulo (usualmente o μ^o e energia), ie, na qual a alteração líquida de propriedades é nula

A diferença entre a situação existente e a que existiria se houvesse equilíbrio = **Força motriz ou força propulsora do transporte**



alteração do sistema no sentido do equilíbrio

Força motriz: é a diferença entre a condição existente e a condição de equilíbrio, para que tende. Pode ser expressa em termos de concentração das várias propriedades das substâncias

No equilíbrio

Calor: temperatura = nas 2 fases

Energia eléctrica: en. eléctrica de condensador de V alto para condensador de V baixo até que voltagem = nos 2.

Massa: μ° componente = nas 2 fases mas expressões de μ° complexas

usa-se concentrações. Mas no equilíbrio a [componente] não é igual nas 2 fases

Força motriz ou força propulsora 

**alteração no sentido do equilíbrio:
velocidade da alteração é \propto F.M (FTI)**



**Dimensionamento do
equipamento**

Em Eng^a química: 3 propriedades envolvidas em transporte:

Massa

Calor Regiões + concentradas → Regiões - concentradas

Momento

$$\frac{d\Gamma}{dt} = \frac{\Delta F}{R}$$

Ex: aplicação a T calor:

Fase I

Fase II

T1

T2



parede

q : calor transferido /tempo = velocidade de transferência de calor

$$q = \frac{d\Gamma}{dt} = \frac{\Delta T}{R} = \frac{kcal}{min}$$

R depende da fase I, da fase II e da parede

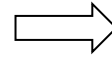
$$T1 > T2$$

1) qto $\Delta T > 0 \Rightarrow q > 0$ (ie a velocidade de transporte)

2) qdo $\Delta T = 0 \Rightarrow q = 0$

FORMA DE CONTACTO ENTRE AS FASES: Operação em co-corrente e em contra-corrente

operações de transferência de material ou energia entre fases ou correntes



Contacto entre as fases ou correntes para permitir as alterações em energia ou material no sentido do equilíbrio

contacto

- **Co-corrente**: as 2 correntes circulam no mesmo sentido: o limite de transferência é determinado pelas condições de equilíbrio que serão atingidas entre as duas correntes
- **Contra-corrente**: as 2 correntes circulam em sentidos opostos: a capacidade de transferência é muito maior, mais usada pois permite maior transferência de uma propriedade

Processo em co-corrente:



Processo em contra-corrente:



Classificação dos processos químicos

Quanto à entrada e saída de produtos:

Processo descontínuo (batch): durante o processo não há trocas de massa com as fronteiras do sistema. 1º) carregar os reagentes, 2º) processá-los, 3º) remover a mistura reaccional. É um estado não estacionário ou transiente = condições variam com t

+ 1 variável (t)

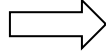
+ difíceis de estudar

Processo contínuo: há entrada e saída de massa durante o processo, condições não são ctes em todo o sistema mas não variam com t em cada ponto: t não é uma variável (excepto períodos de arranque e paragem). Estado estacionário.

Quanto ao tempo de operação:

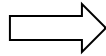
- **Estado estacionário:** as condições operacionais (Temp, Volume, Pressão, Composição, etc) não variam com o tempo
- **Estado transiente:** as condições operacionais variam com t

Operação em contínuo:
estacionária, c/ mínimo
de perturbações e paragens



+ económica: tem > produtividade
< custos unitários

Operação em pequena escala ou
necessidade de paragens frequentes
Para limpezas, reparações, etc.



operação em batch