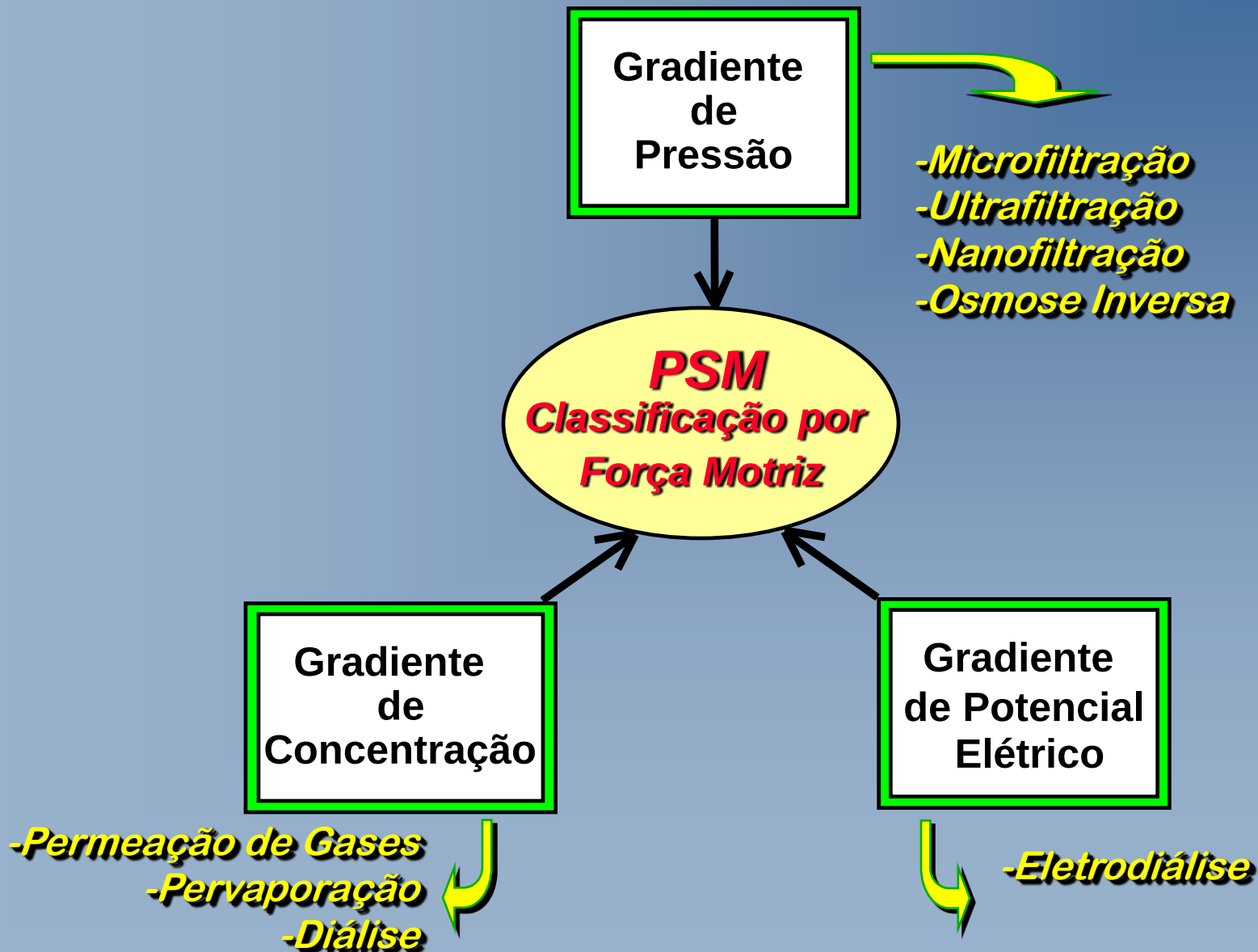
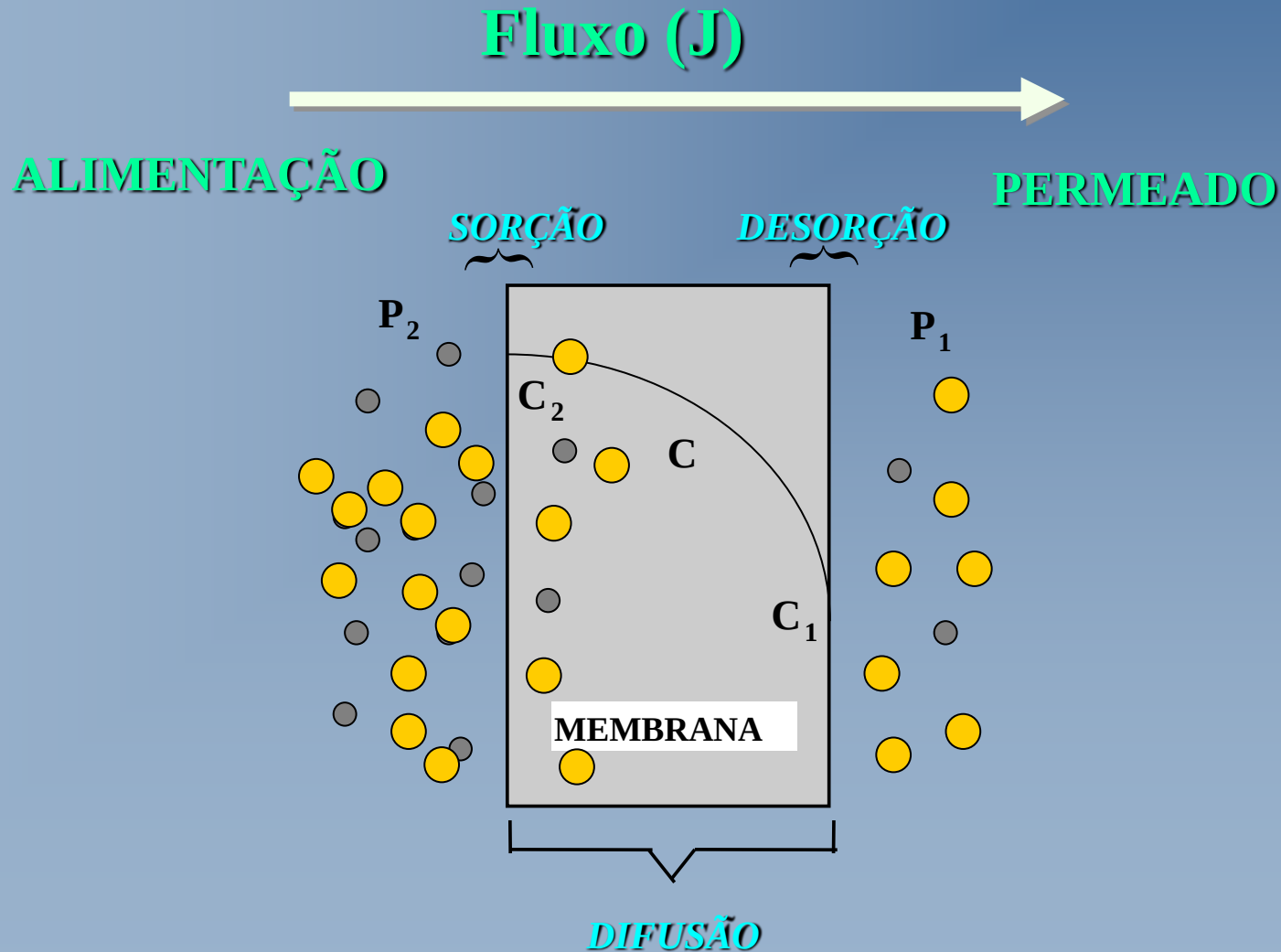


Didaticamente os PSM são divididos em três categorias, em função da natureza da força motriz empregada:



Processos cuja a força motriz é o gradiente de Concentração

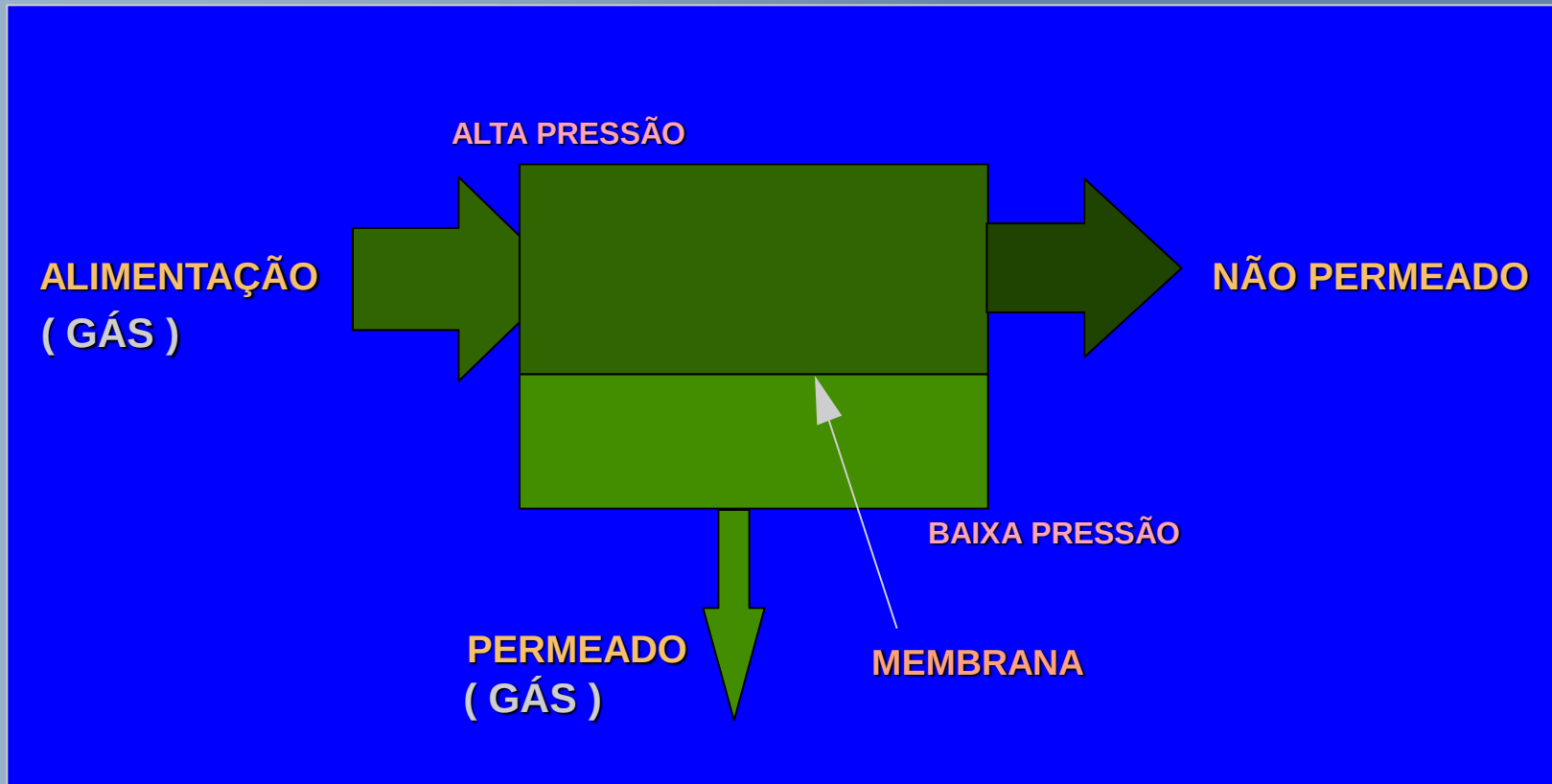
Princípios: Permeação de Gases e Pervaporação



PERMEAÇÃO DE GASES

FORÇA MOTRIZ $\rightarrow \Delta P_i \rightarrow \Delta C_i$

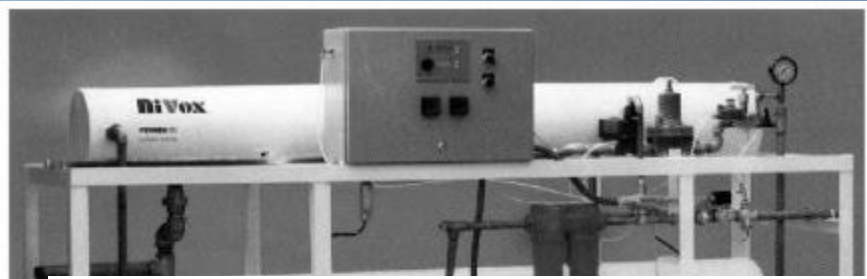
TRANSPORTE SORÇÃO / DIFUSÃO



APLICAÇÕES

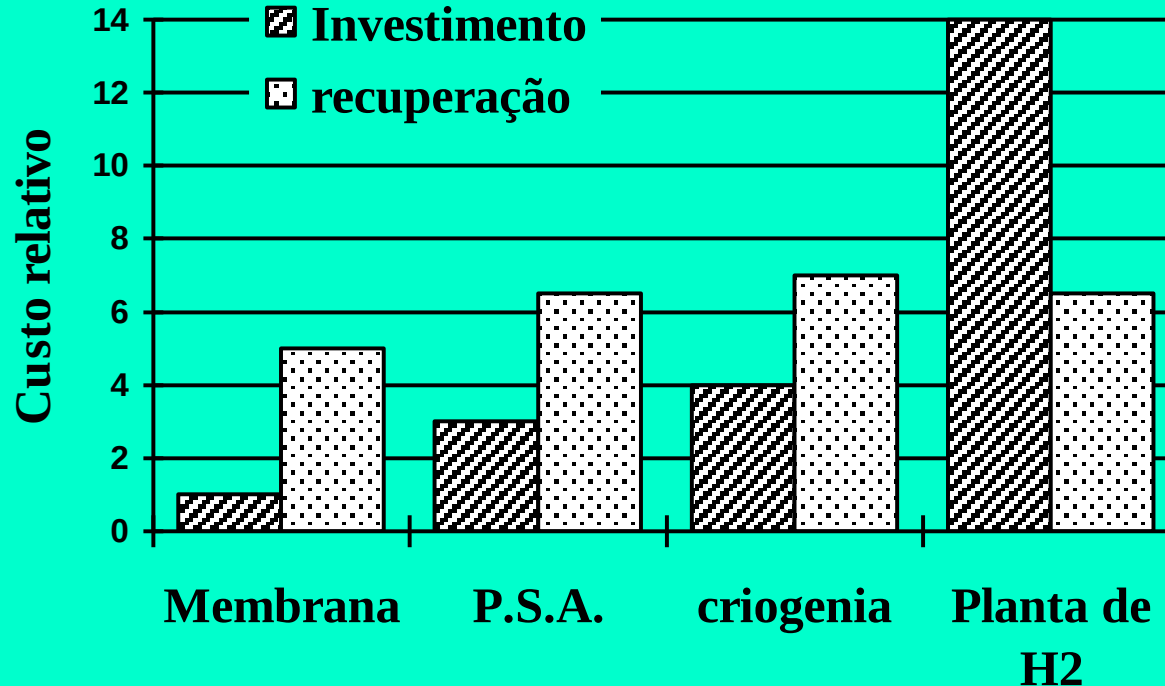
- **Recuperação de Hidrogênio na síntese de Amônia**
- **Separação de CO_2/CH_4**
- **Concentração de Hélio a partir de gás natural**
- **Tratamento de gases de aterro sanitário**
- **Recuperação de hidrocarbonetos**

Unidades de recuperação de H_2



(b) Unidades de PG para recuperação de hidrogênio.
Unidades de permeação de gás.

Comparação de Custos



Viabilidade Econômica basicamente depende de três propriedades:

- a seletividade aos gases a serem separados*
- a permeabilidade*
- o tempo de vida da membrana.*

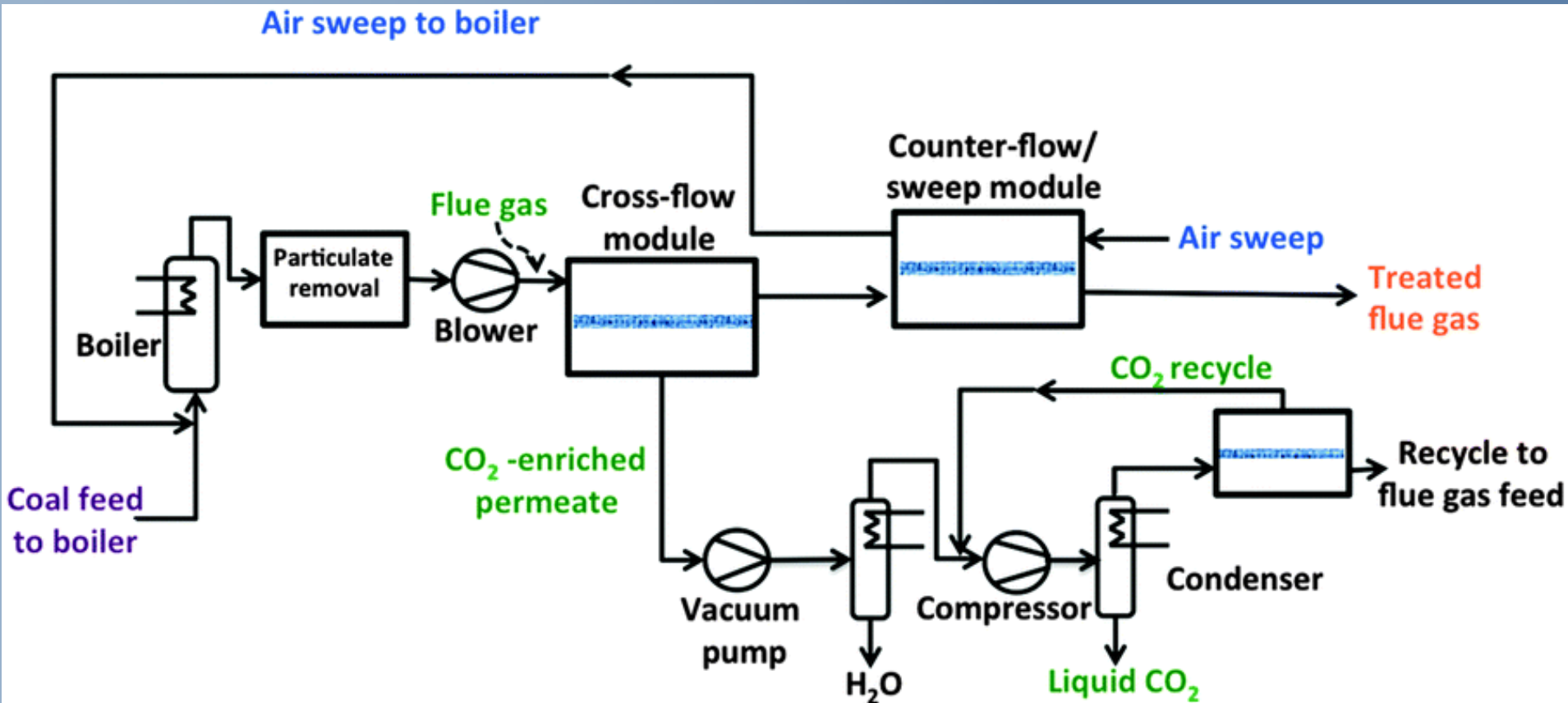
Exemplo de Aplicação de Permeação de Gases

TÍTULO:

↗ E Uso de membranas de matriz mista organo-metálica: Uma solução para a captura altamente eficiente de CO₂.

AUTORES:

↗ Beatriz S., Coronas J., Gascon I., et al.



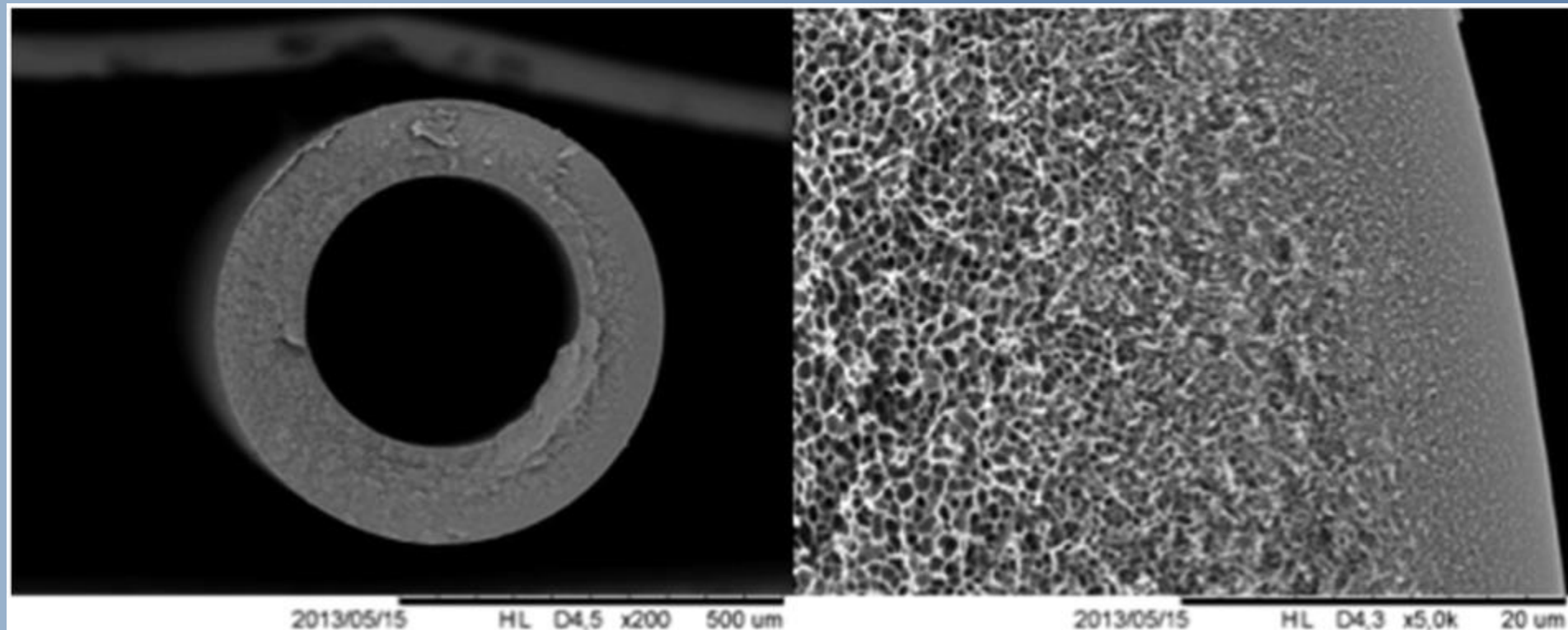
Exemplo de Aplicação de Permeação de Gases

TÍTULO:

↗ **E** Uso de membranas de matriz mista organo-metálica: Uma solução para a captura altamente eficiente de CO_2 .

AUTORES:

↗ **Beatriz S., Coronas J., Gascon I., et al.**



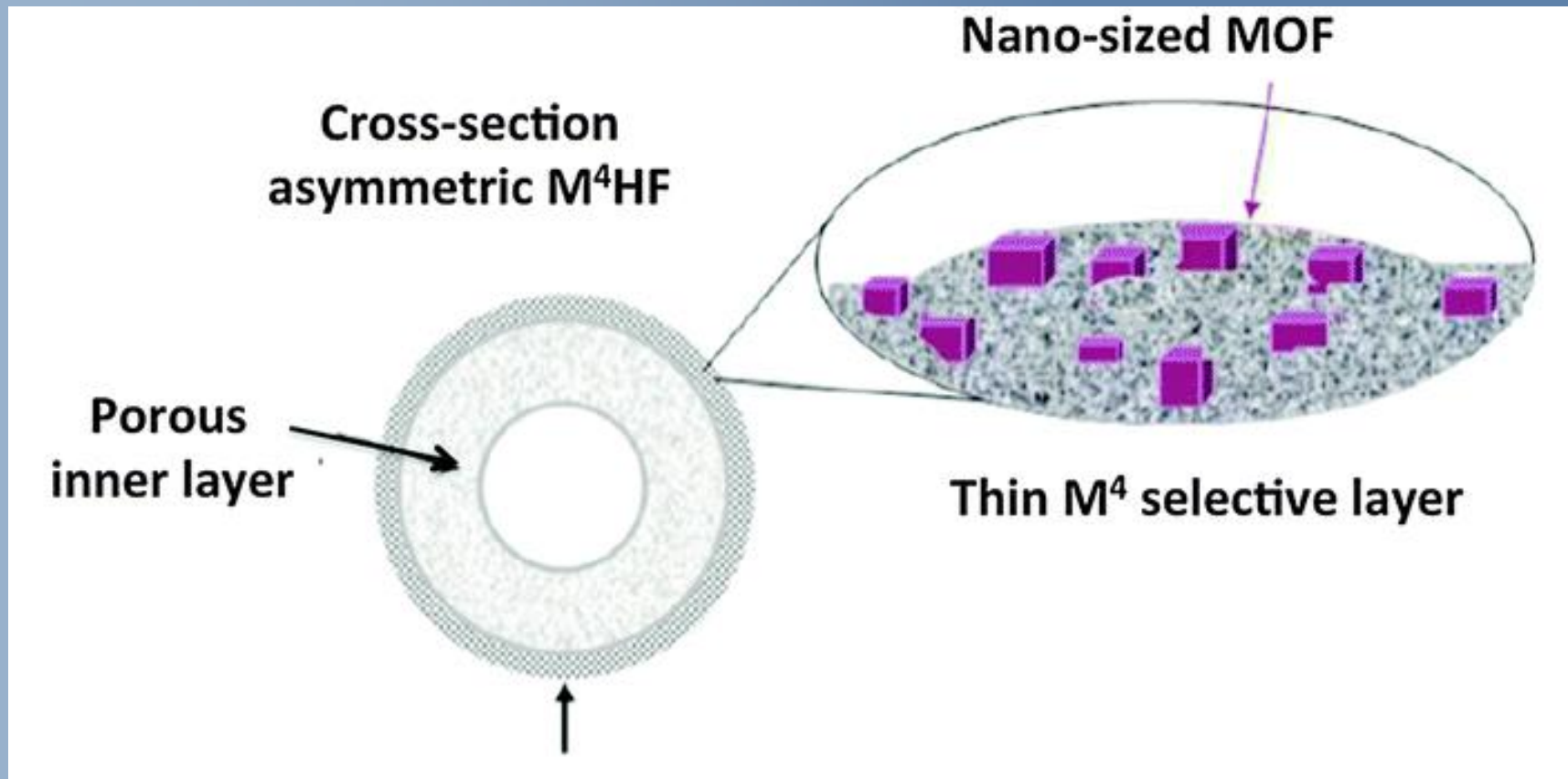
Exemplo de Aplicação de Permeação de Gases

TÍTULO:

↳ **Uso de membranas de matriz mista organo-metálica: Uma solução para a captura altamente eficiente de CO_2 .**

AUTORES:

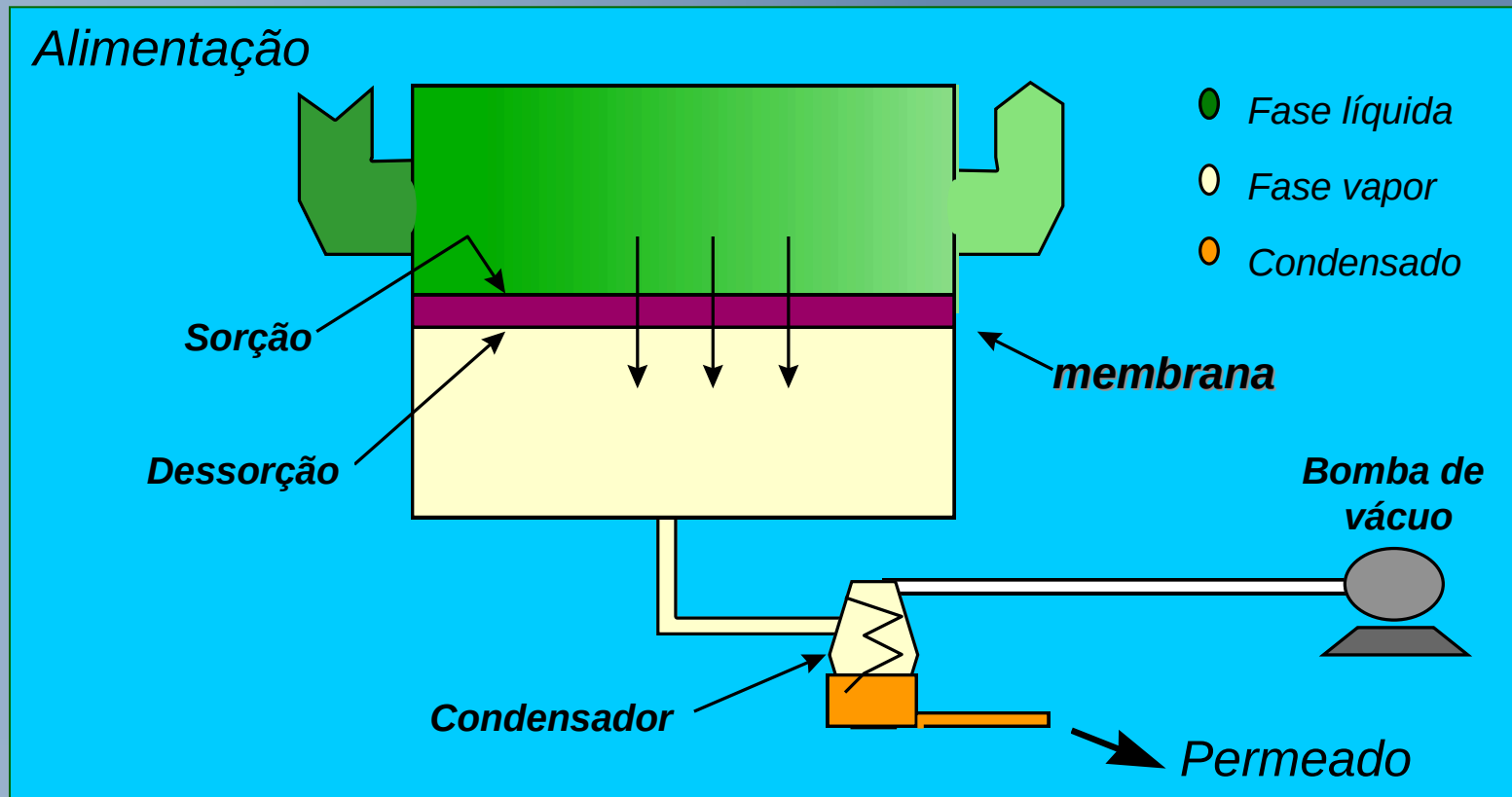
↳ **Beatriz S., Coronas J., Gascon I., et al.**



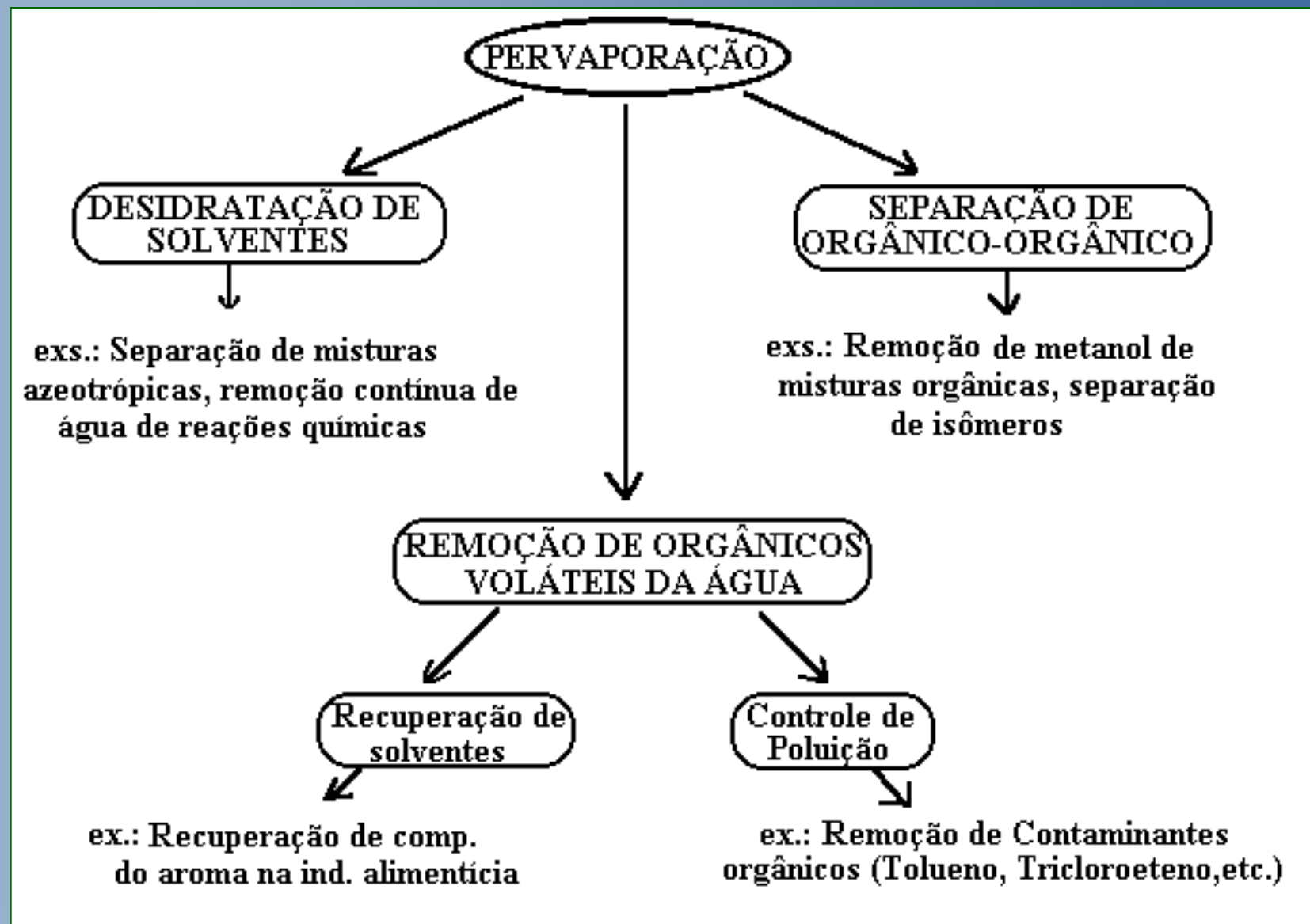
PERVAPORAÇÃO

FORÇA MOTRIZ $\rightarrow \Delta P_i \rightarrow \Delta C_i$

TRANSPORTE SORÇÃO / DIFUSÃO

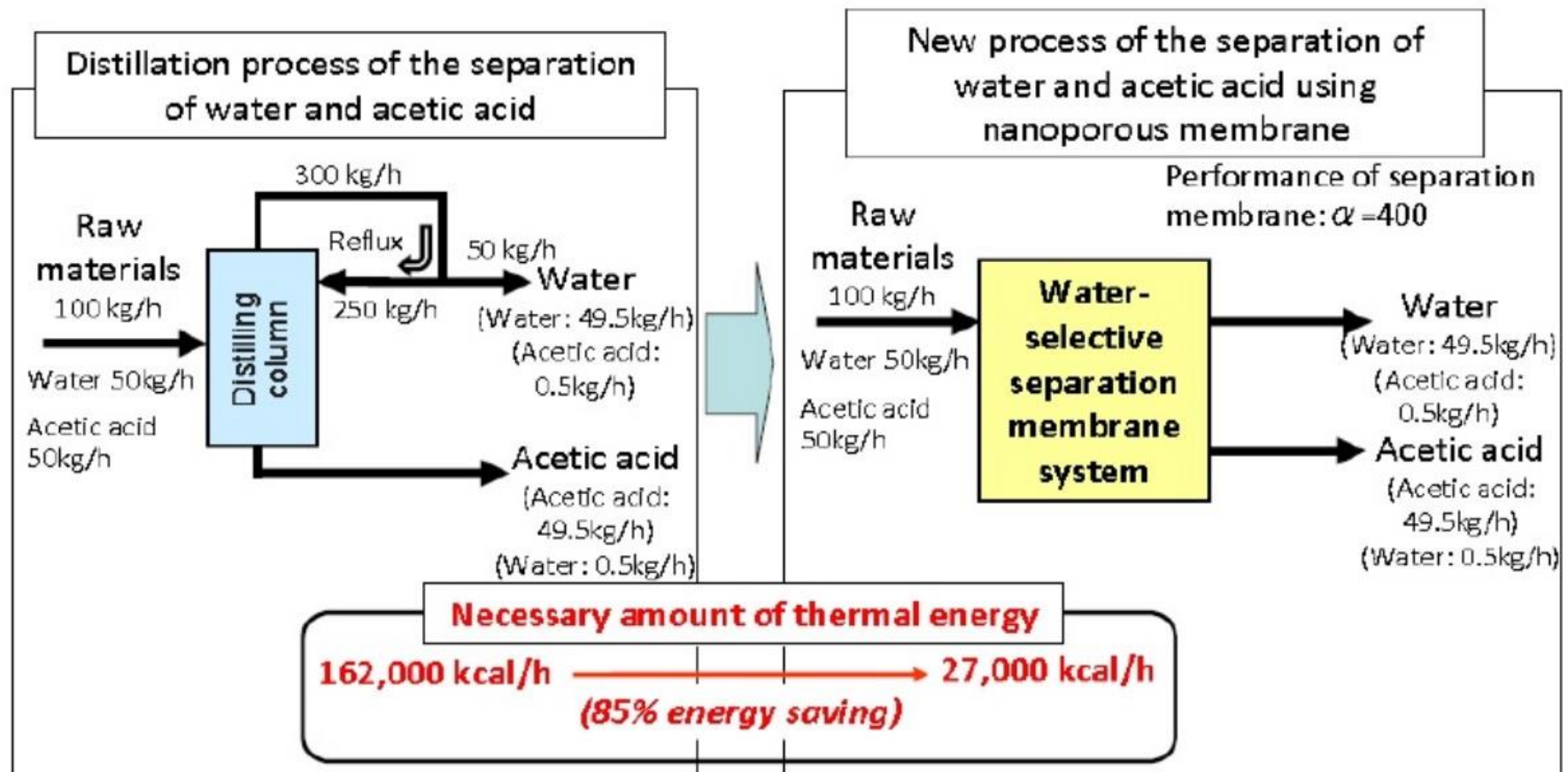


APLICAÇÕES



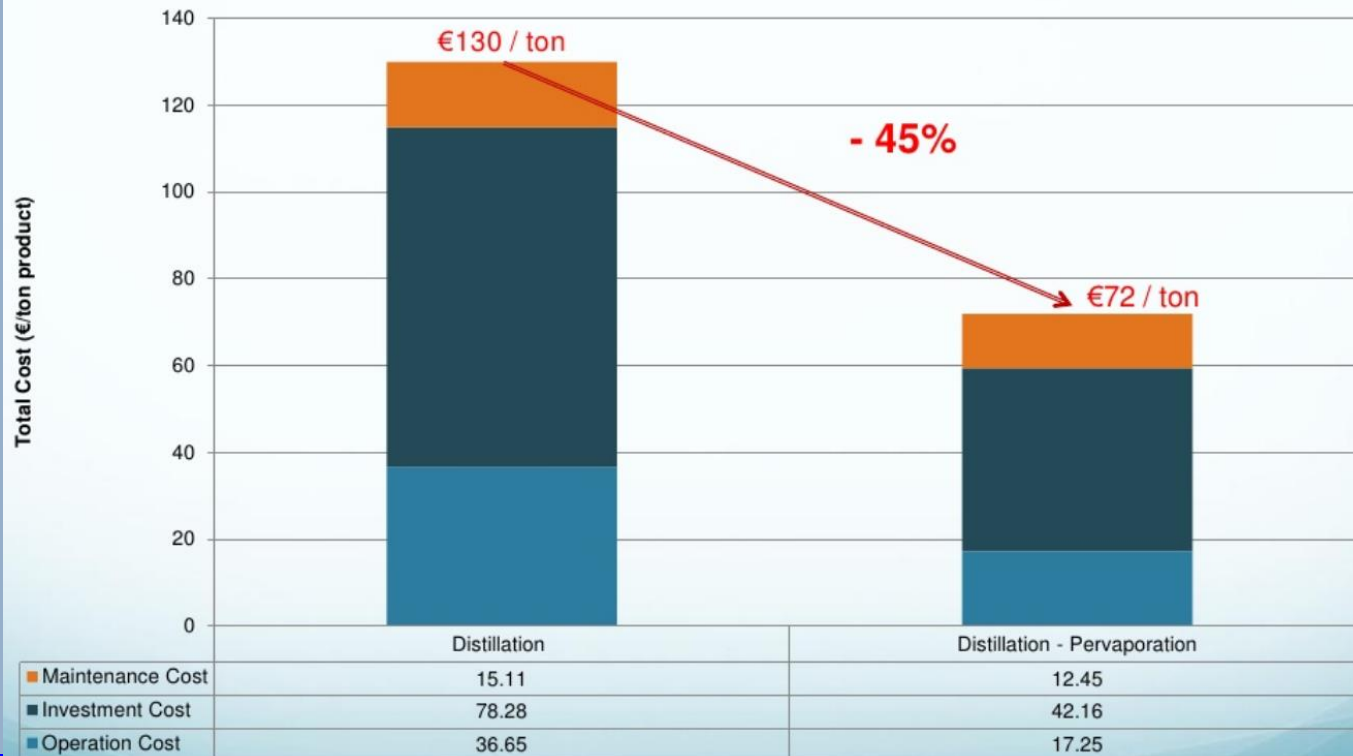
Comparação de Consumo Energético

Pervaporação e Destilação



Comparação de Custos – Pervaporação e Destilação

Lower Cost of Hybrid Process



Obs.:

Source: Economic comparison between azeotropic distillation and different hybrid systems combining distillation with pervaporation for the dehydration of isopropanol, Elsevier,

- Pervaporação apresenta condições mais brandas de operação;
- Menor custo do sistema;
- Único processo com membrana em que ocorre a mudança de fase entre a alimentação e o permeado.

Exemplos de Aplicação de Pervaporação

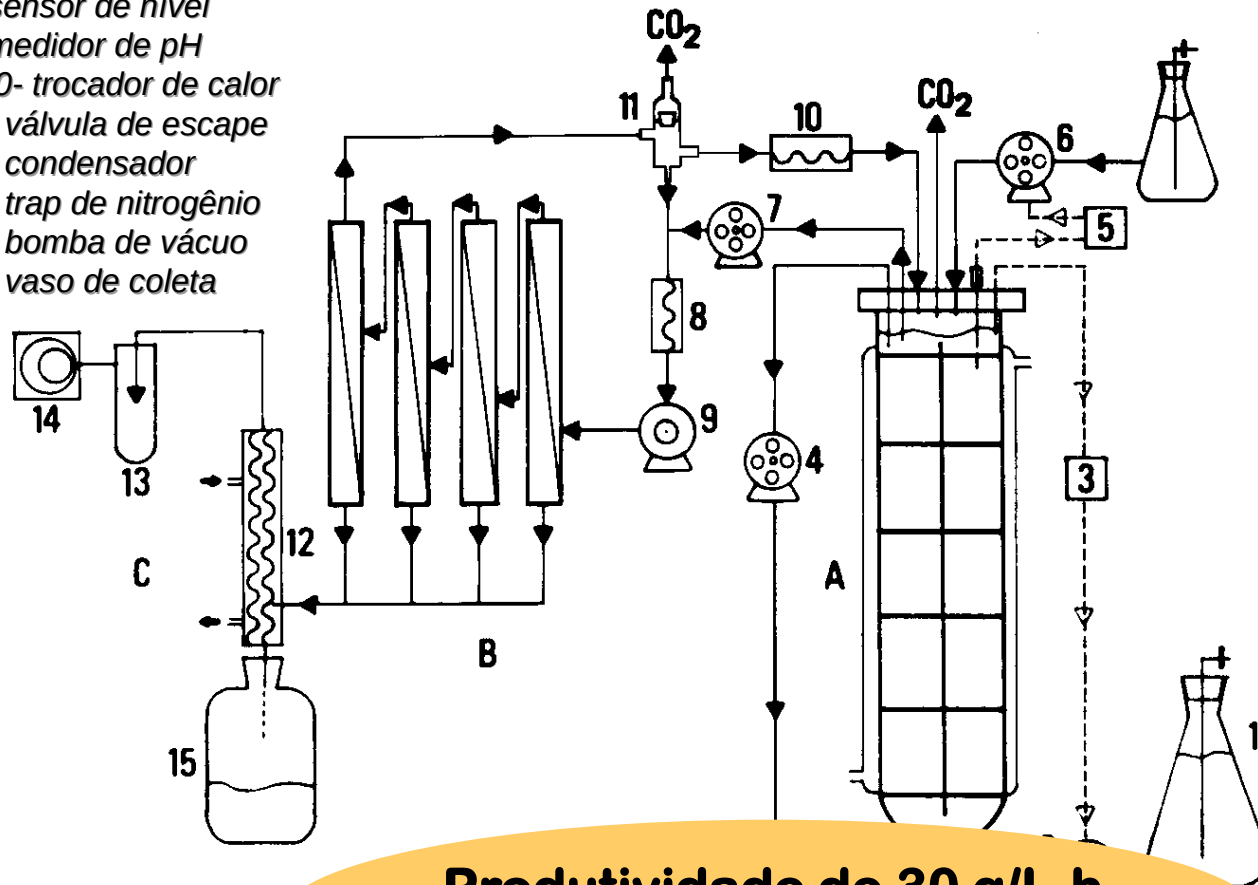
TÍTULO:

Uso de pervaporação na produção de etanol por *Saccharomyces cerevisiae* imobilizada.

AUTORES:

SHABTAI et al. (1991).

- 1- reservatório de meio
- 2,4,6,7,9- bombas
- 3- sensor de nível
- 5- medidor de pH
- 8,10- trocador de calor
- 11- válvula de escape
- 12- condensador
- 13- trap de nitrogênio
- 14- bomba de vácuo
- 15- vaso de coleta



Resultado:

Produtividade de 30 g/L.h
Fluxos de 2 a 4 L/(m².h)

Processamento de Maçã: Suco Clarificado e Recuperação de Aromas

Utilizando Processos com Membranas

112

S. Álvarez et al. / Journal of Food Engineering 46 (2000) 109–125

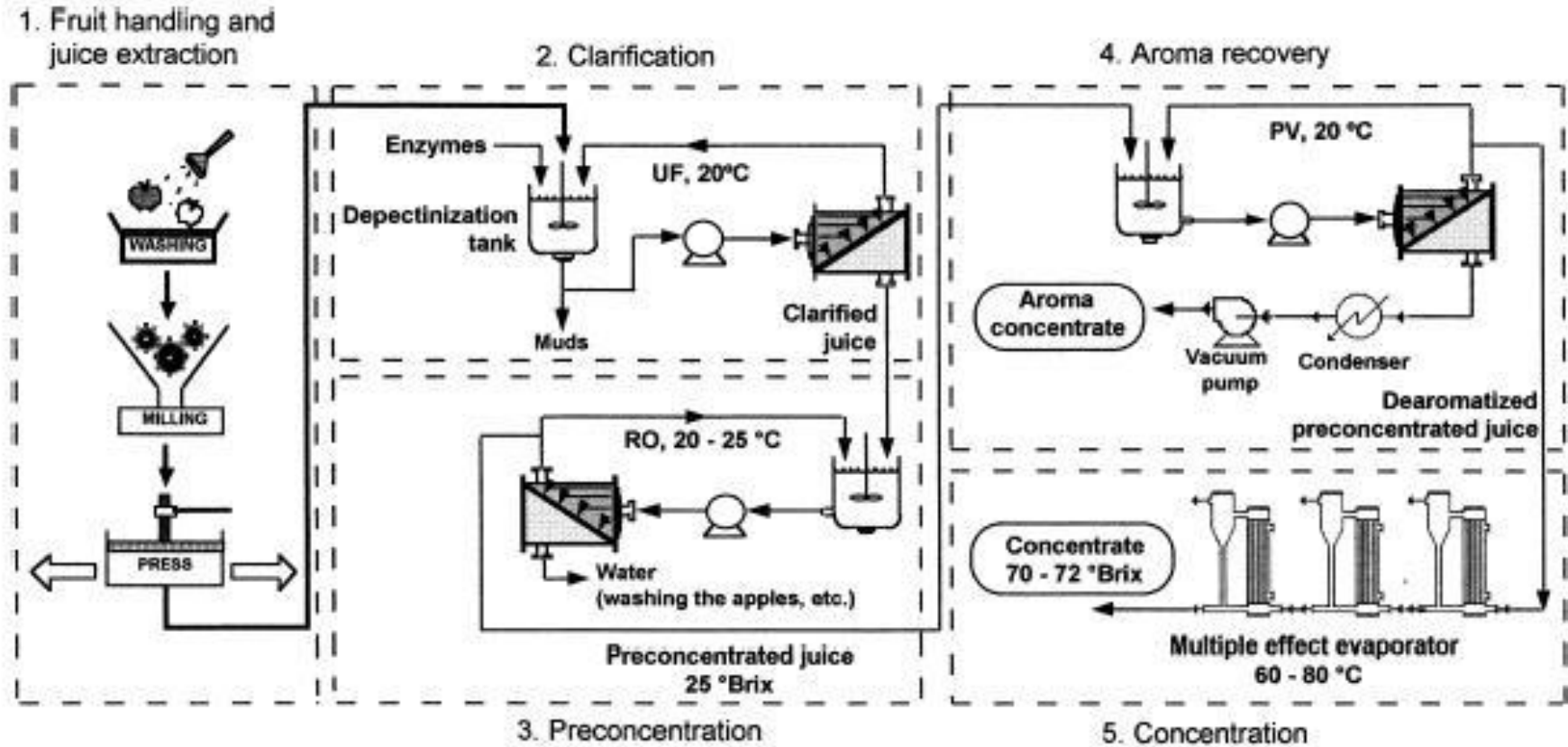


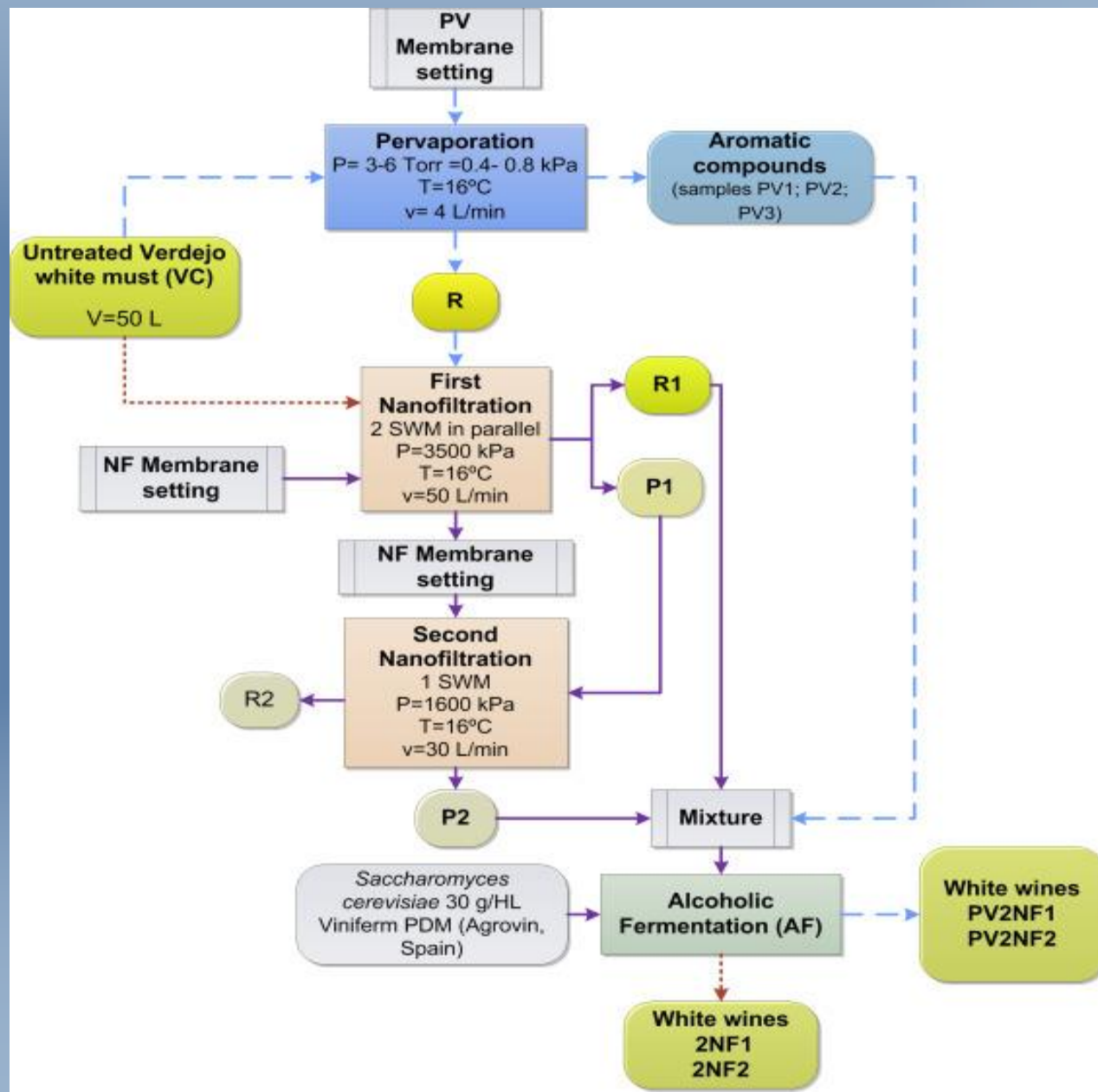
Fig. 2. Integrated membrane process for the production of apple juice concentrate and apple juice aroma.

TÍTULO:

Aplicação de processos de membrana de pervaporação e Nanofiltração para a elaboração de vinhos brancos de baixo teor alcoólico

AUTORES:

SALGADO M. et al. (2017).



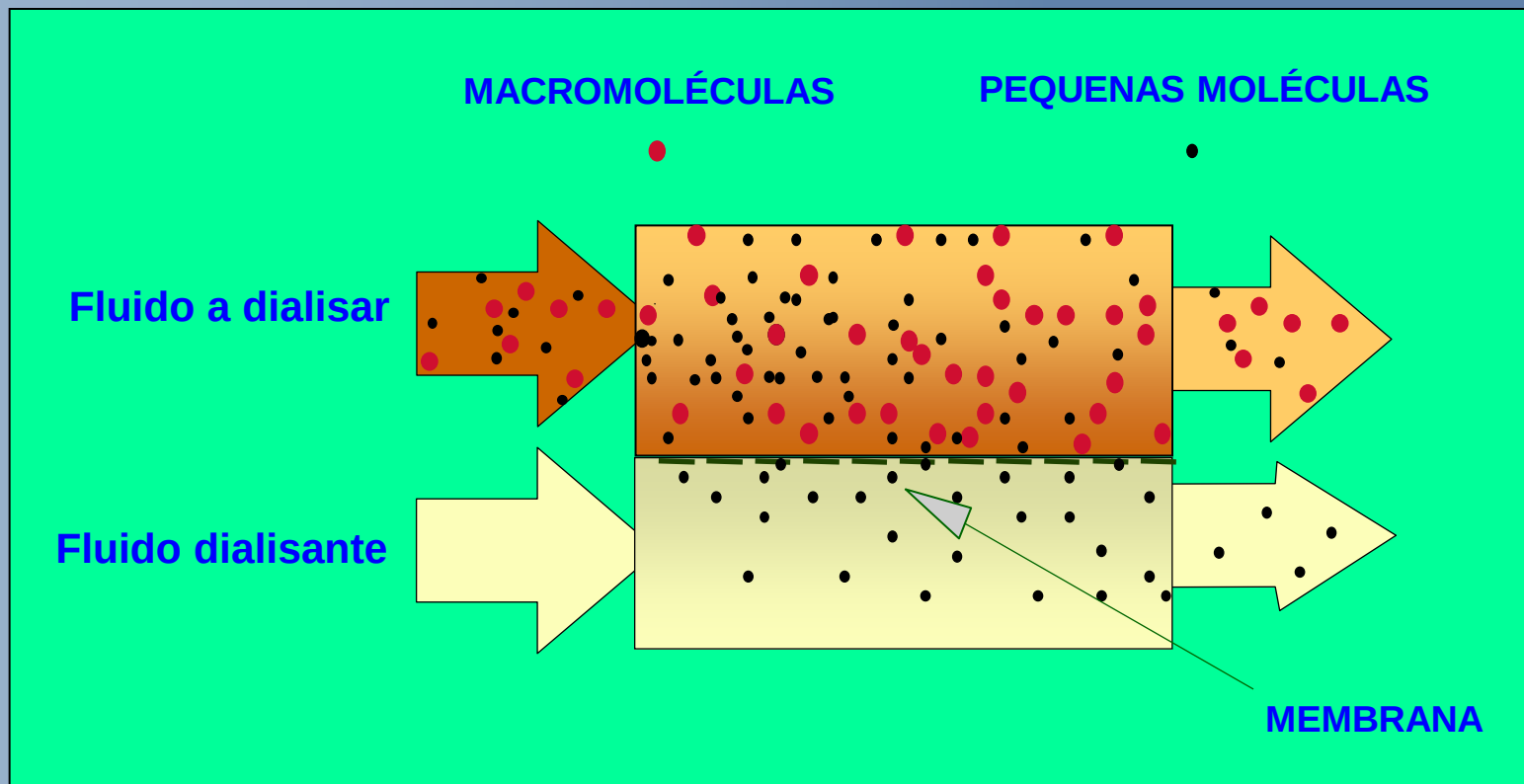
DIÁLISE

FORÇA MOTRIZ $\rightarrow \Delta C$

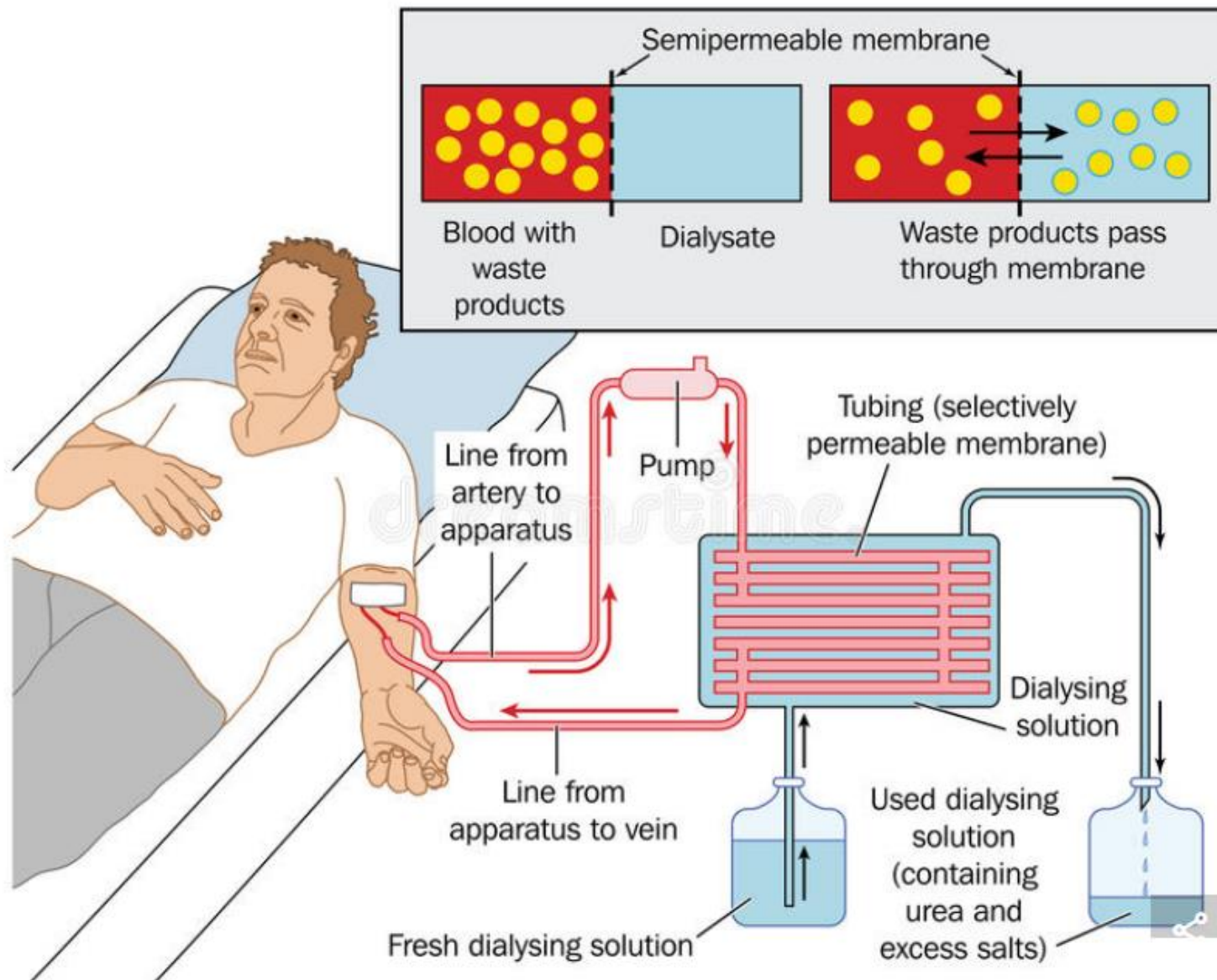
TRANSPORTE DIFUSIVO DO SOLUTO

$\Delta P = 0$

TRANSPORTE OSMÓTICO DO SOLVENTE



DIÁLISE



DIÁLISE



APLICAÇÕES

➤ **Purificação do Sangue – Hemodiálise (rim artificial)**

➤ **Recuperação de NaOH durante a produção de viscose**

➤ **Remoção de etanol a partir da cerveja**

➤ **Fermentações contínuas**

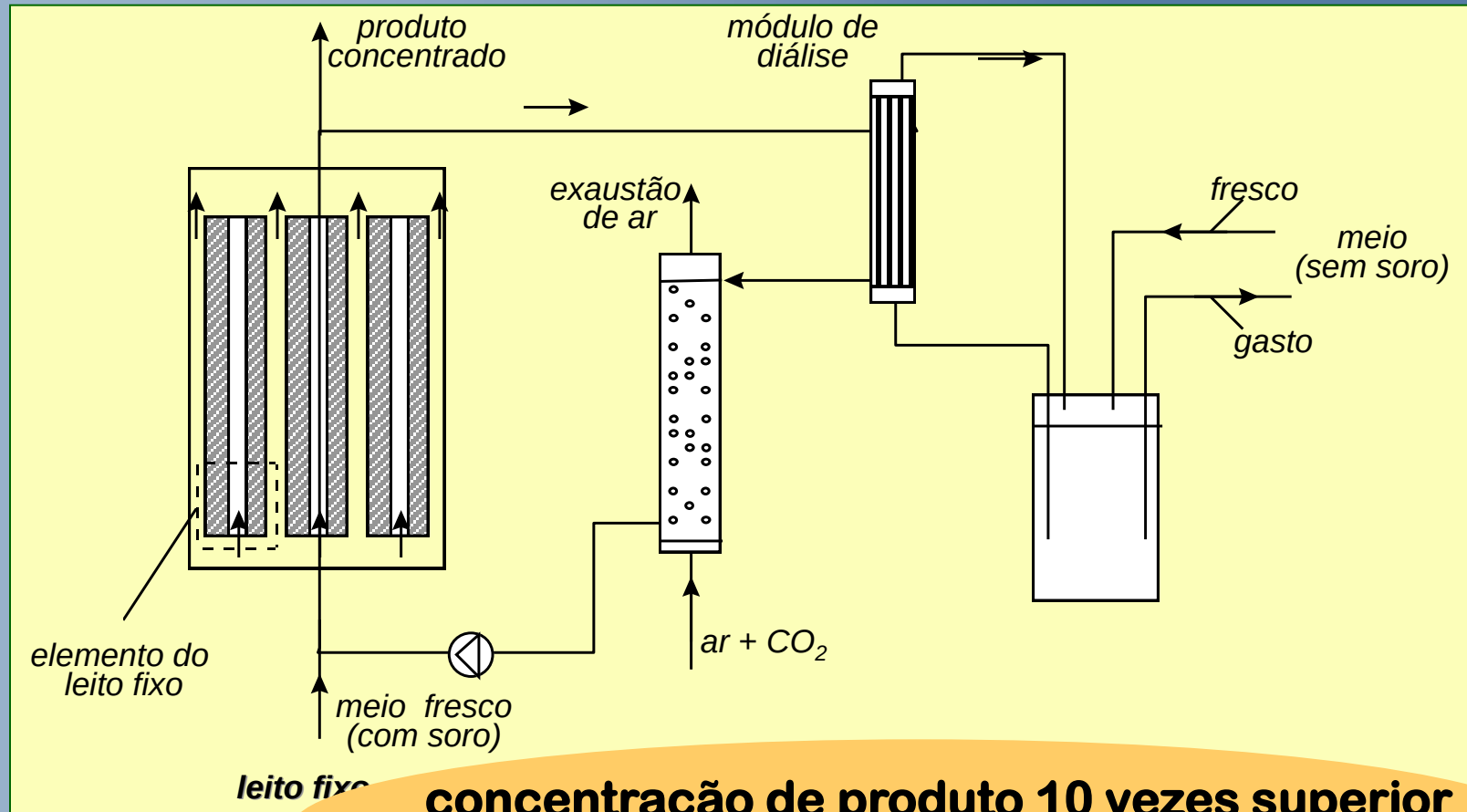
Exemplo de Aplicação de Diálise

TÍTULO:

➤ Produção de anticorpos monoclonais através cultivo contínuo de células animais imobilizadas.

AUTORES:

➤ BOLMANN et al.



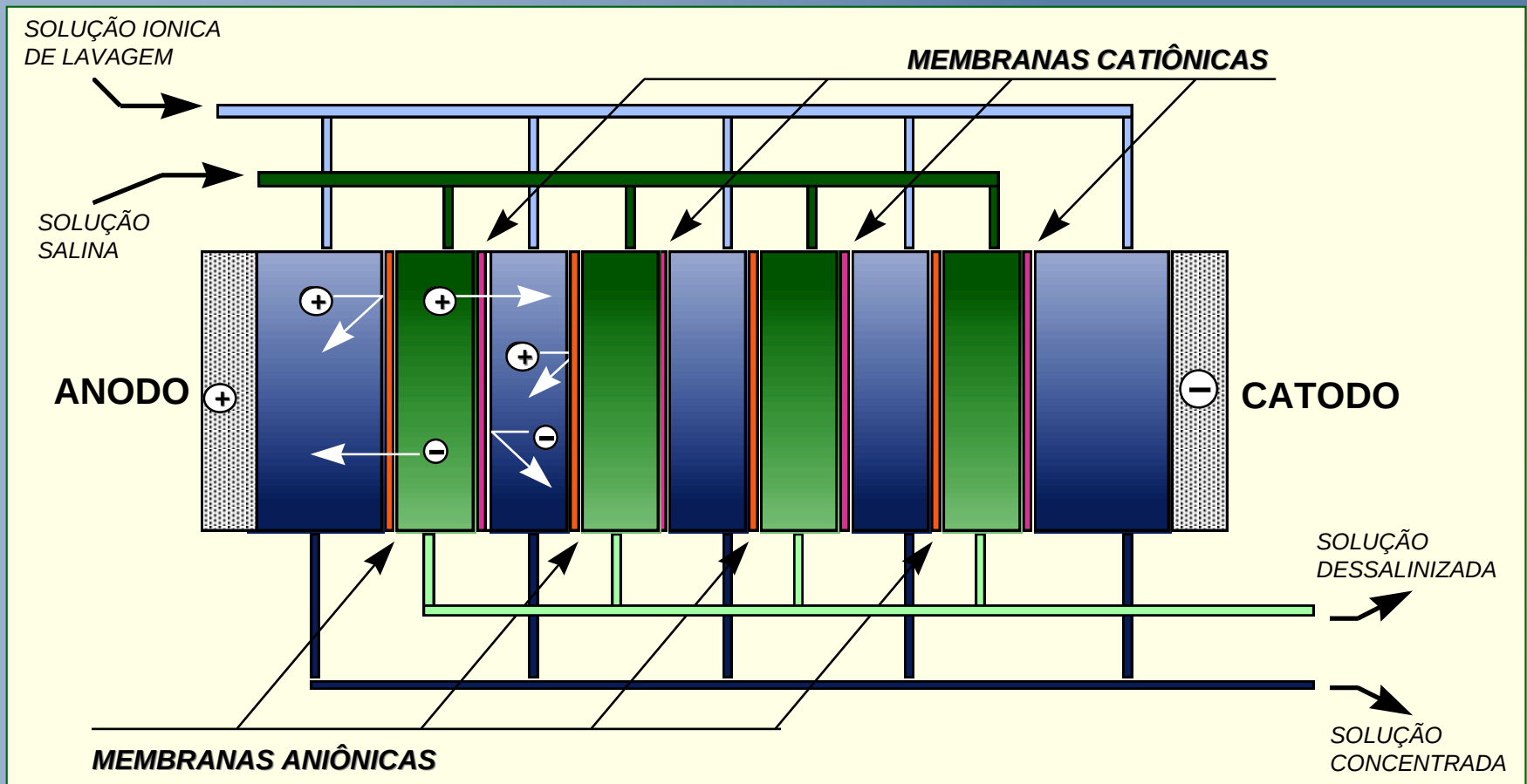
Resultados:

**concentração de produto 10 vezes superior
operação estável por 77 dias**

ELETRODIÁLISE

FORÇA MOTRIZ $\rightarrow \Delta E$

TRANSPORTE DIFUSIVO DOS ÍONS



APLICAÇÕES

- **Dessalinização de água**
- **Dessalinização na indústria de alimentos e de fármacos**
- **Separação de aminoácidos**
- **Produção de cloro gasoso e hidróxido de sódio (processo cloro-álcali)**
- **Produção de hidróxido de sódio e ácido sulfúrico**

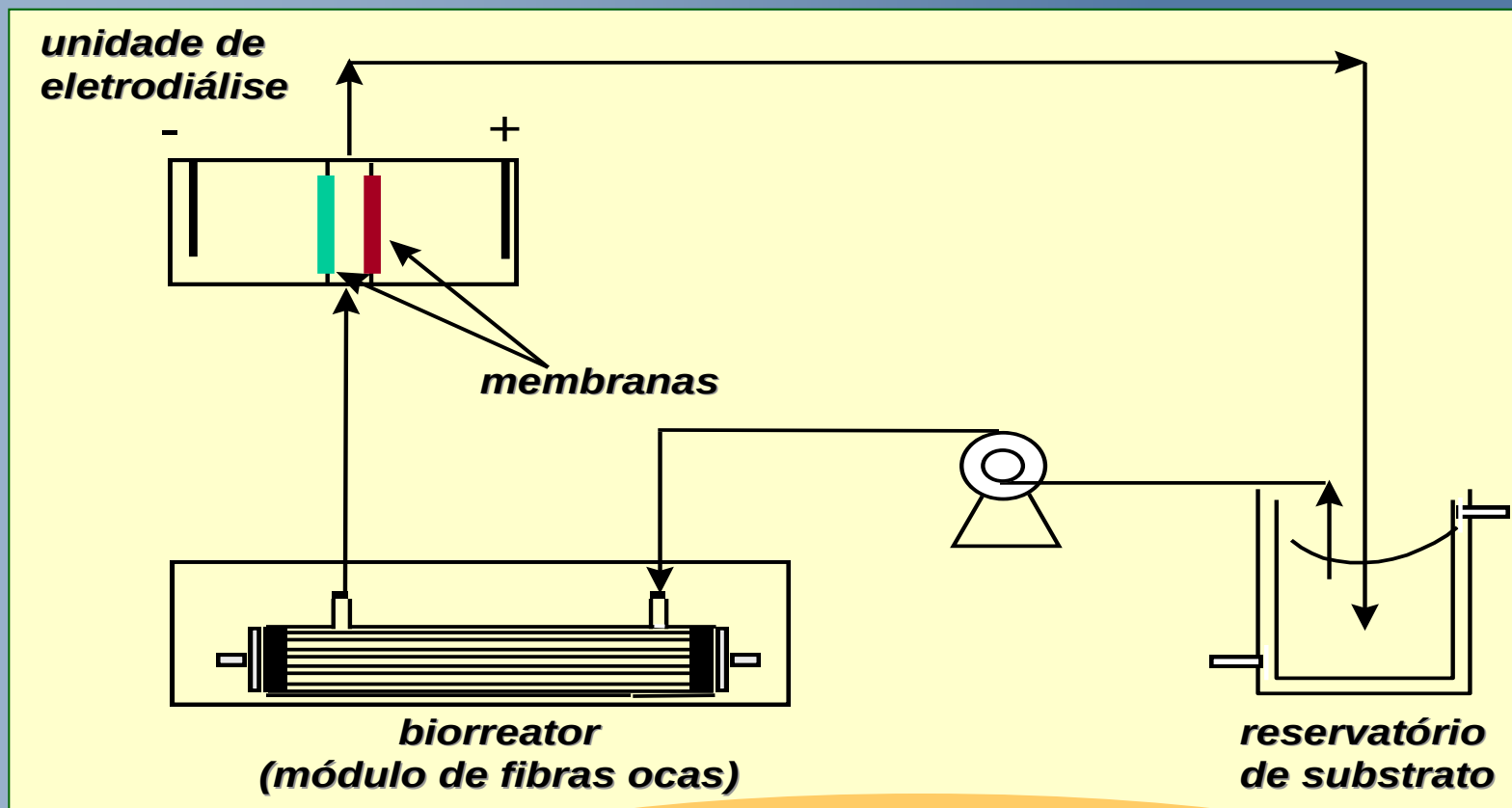
Exemplo de Aplicação de Eletrodiálise

TÍTULO:

➤ Produção de sorbitol e ácido glicônico utilizando células *Zimomonas mobilis* imobilizadas em módulo de fibras ocas acoplado a um módulo de eletrodiálise .

AUTORES:

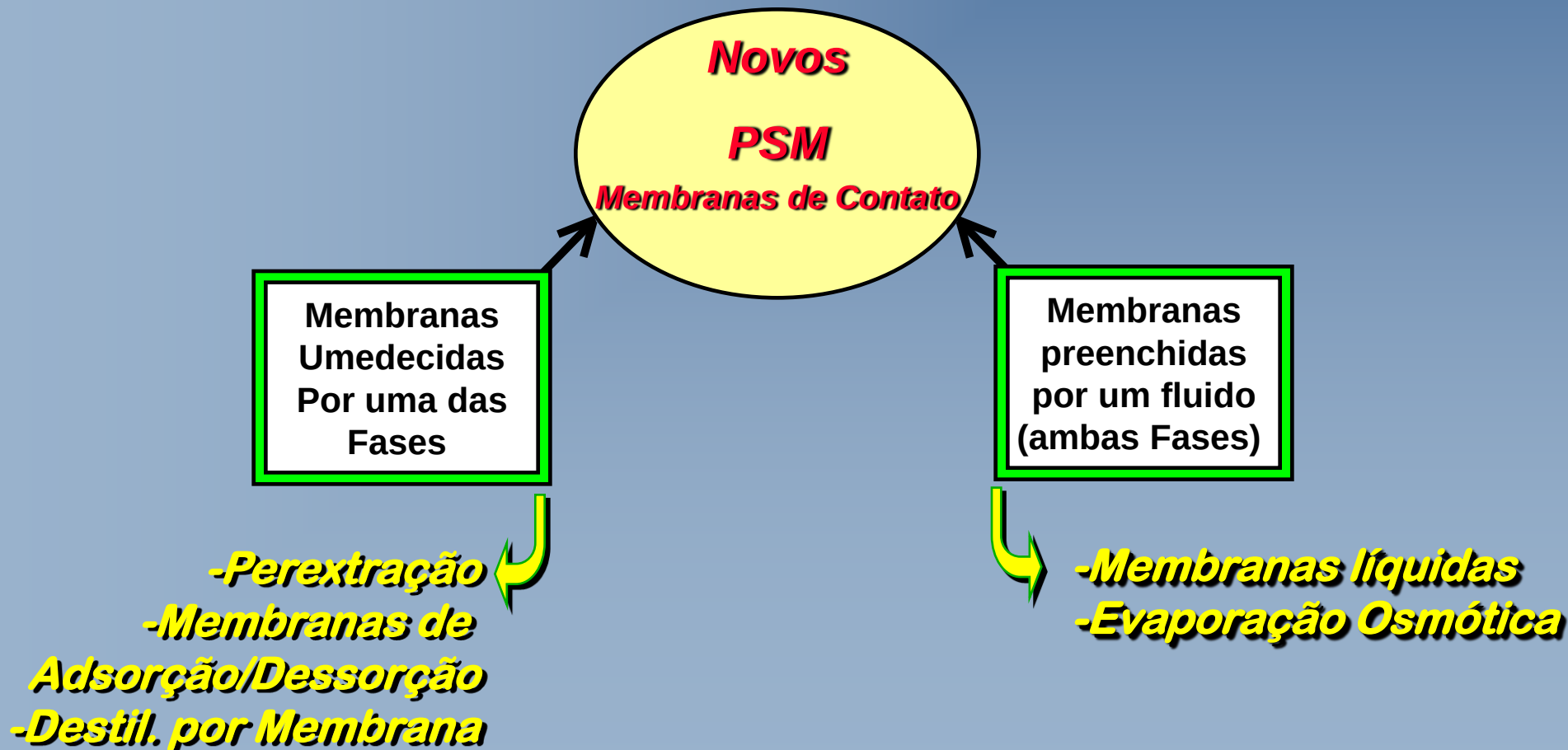
➤ FERRAZ et al.



Resultados: Maior estabilidade a imobilização
operação estável por mais de 60 horas

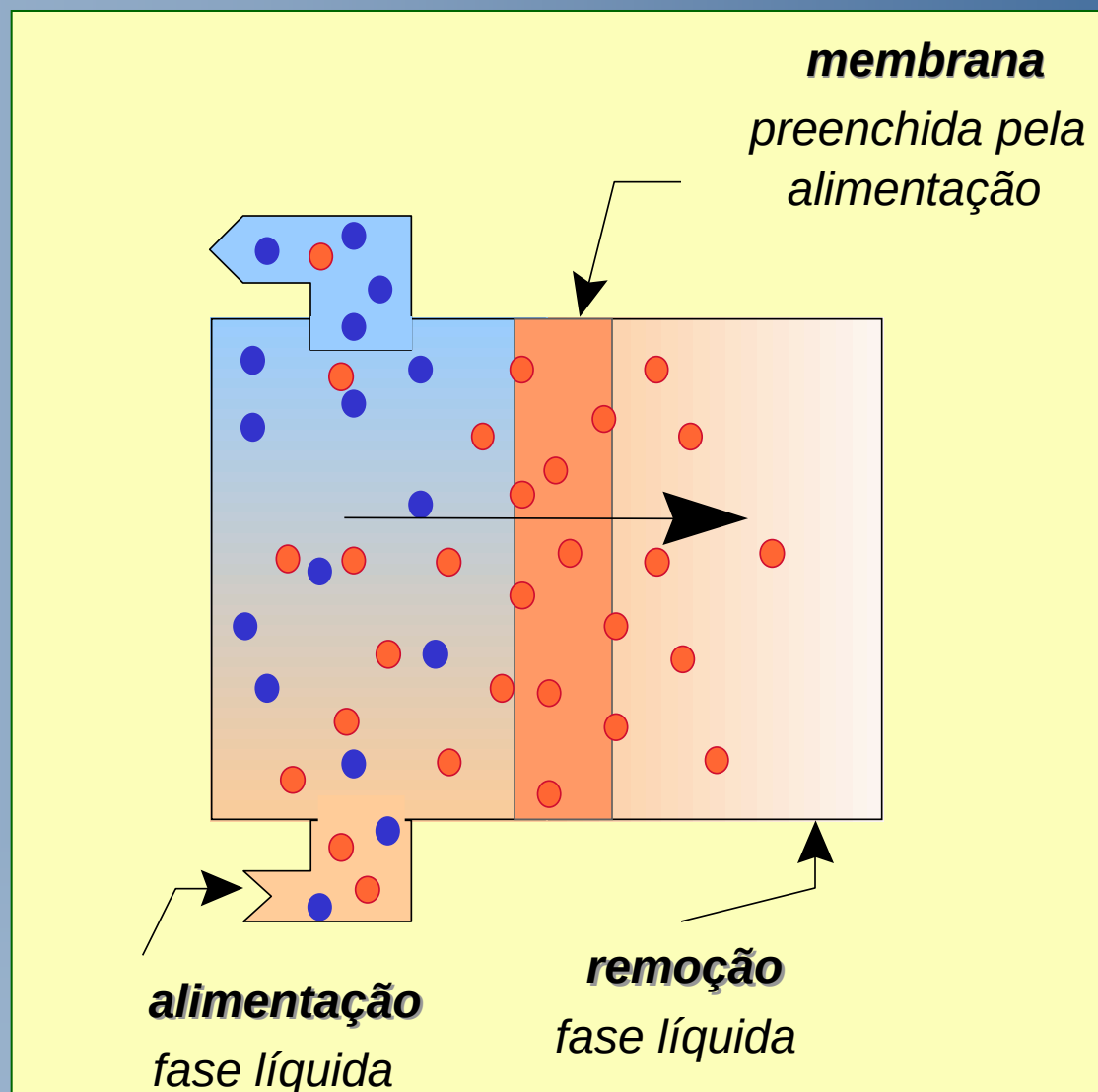
Novos Processos de Separação por Membranas

*Didaticamente estas novas técnicas por ser sumarizadas como
Membranas de Contato (Membrane Contactors) :*

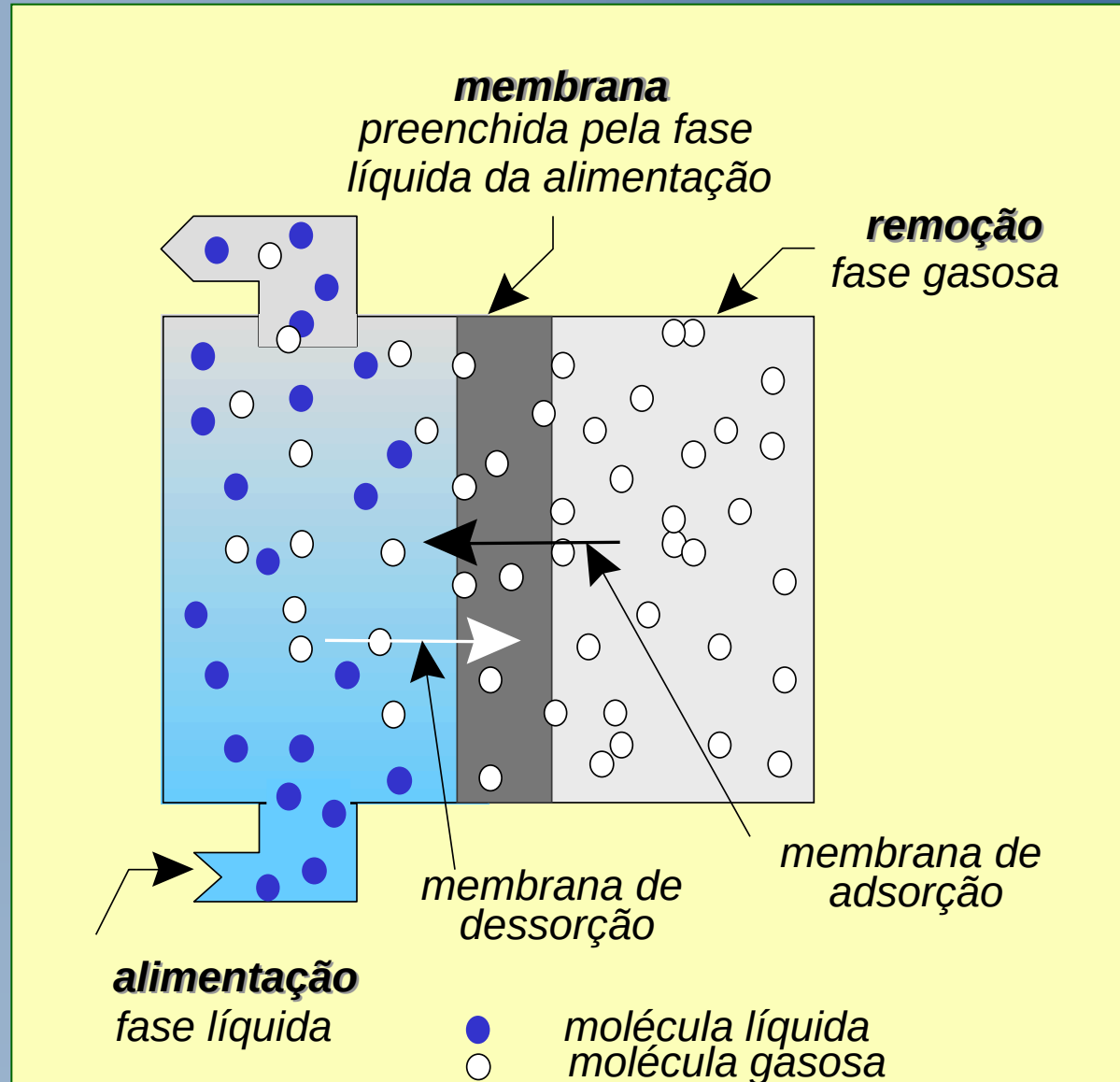


1) PEREXTRAÇÃO

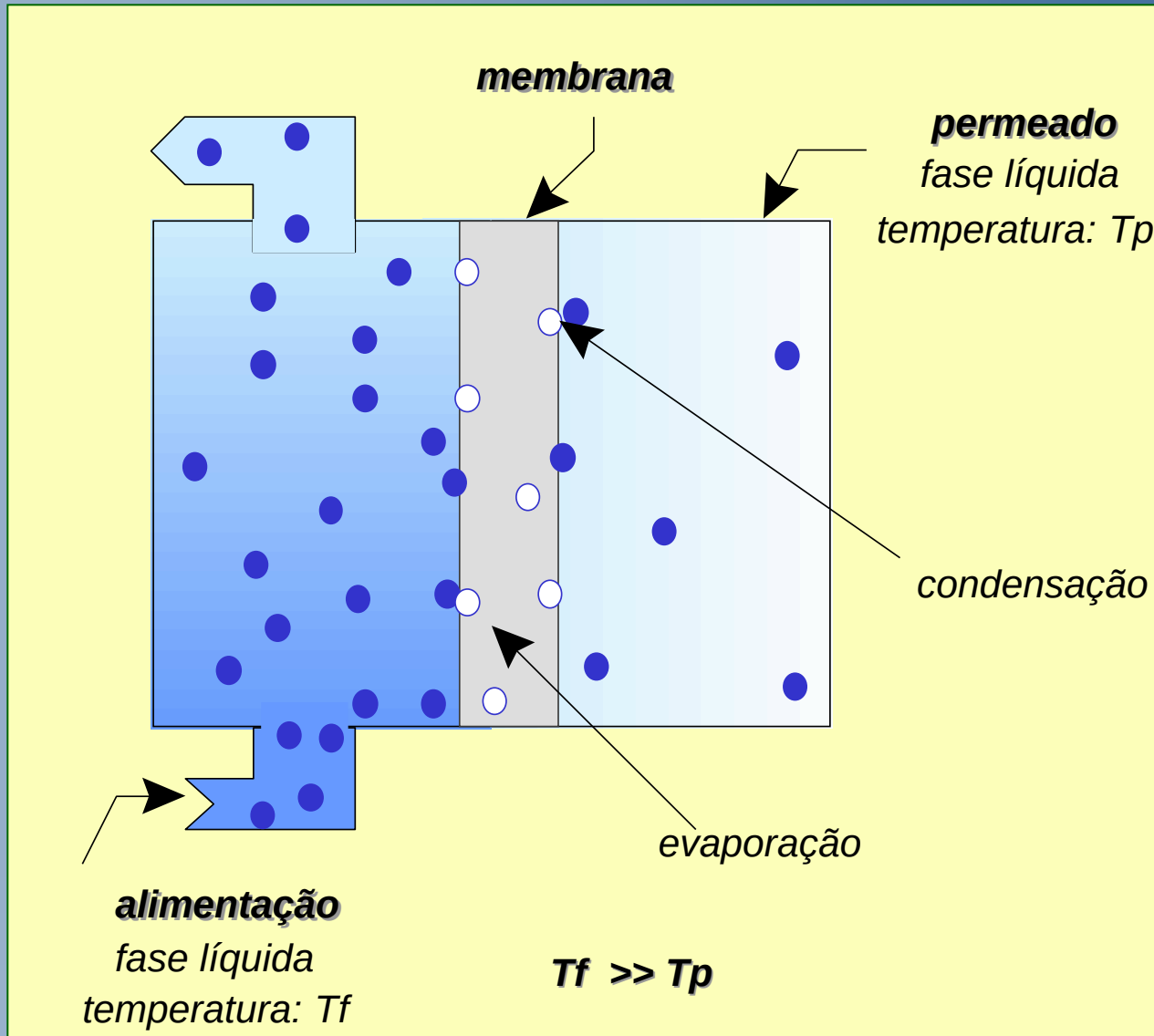
Equivalente a Extração Líquido-Líquido



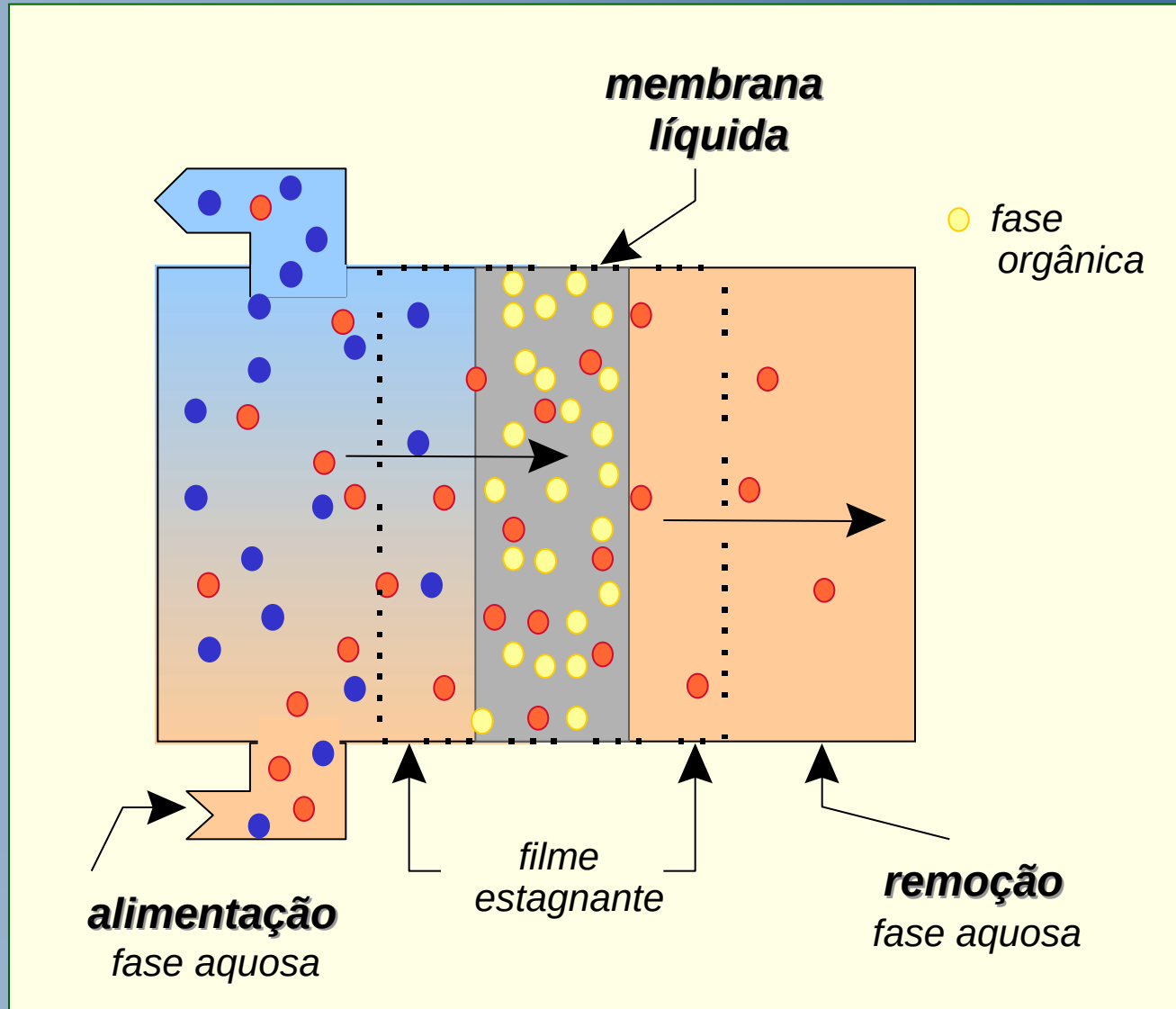
2) MEMBRANA DE ADSORÇÃO OU DESSORÇÃO



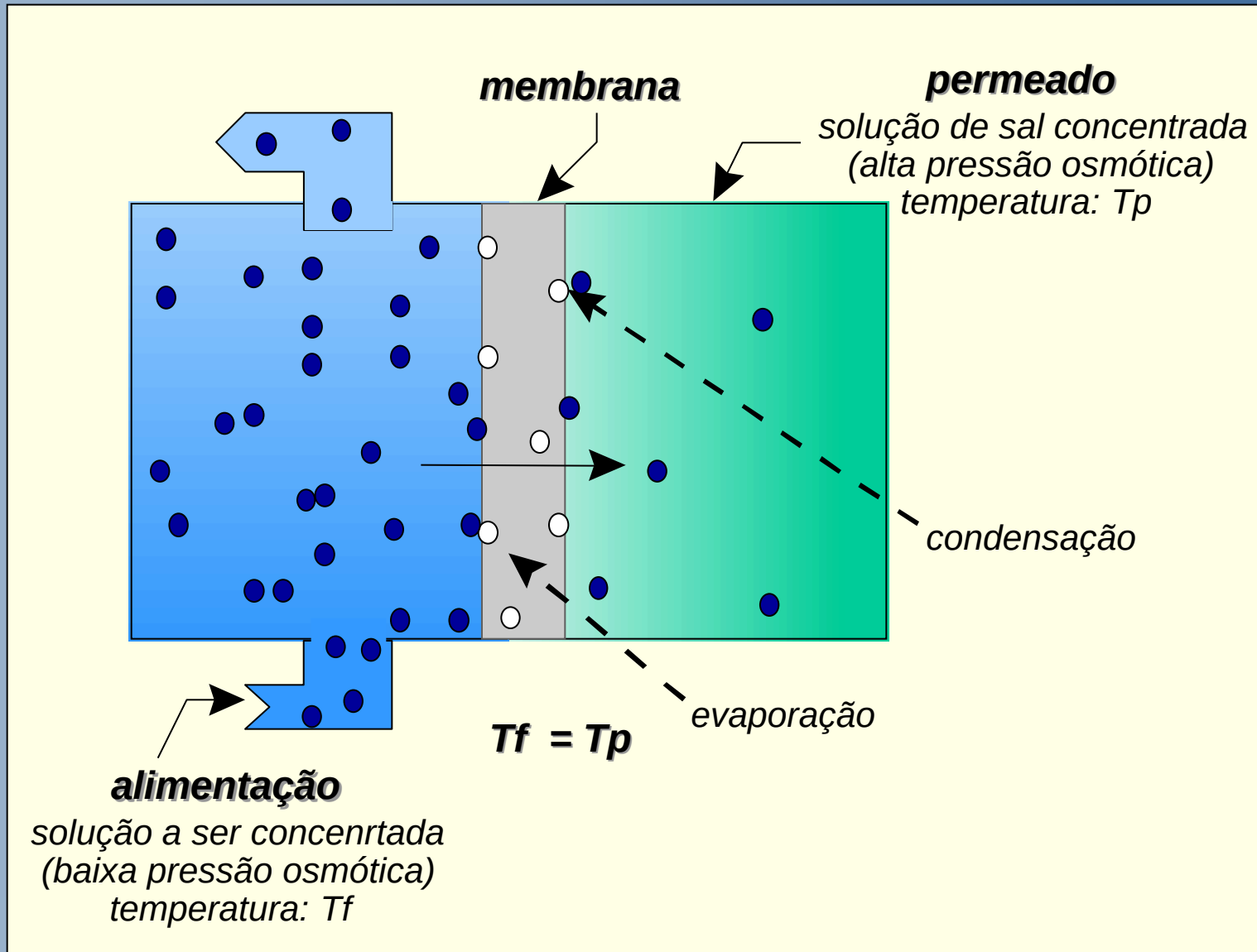
3) DESTILAÇÃO POR MEMBRANA



4) MEMBRANA LÍQUIDA SUPORTADA



5) EVAPORAÇÃO OSMÓTICA



FIM