

Processos de Tratamento por Membranas Sintéticas

Prof. Maurício Alves da Motta Sobrinho
DEQ - UFPE

Aspectos Gerais

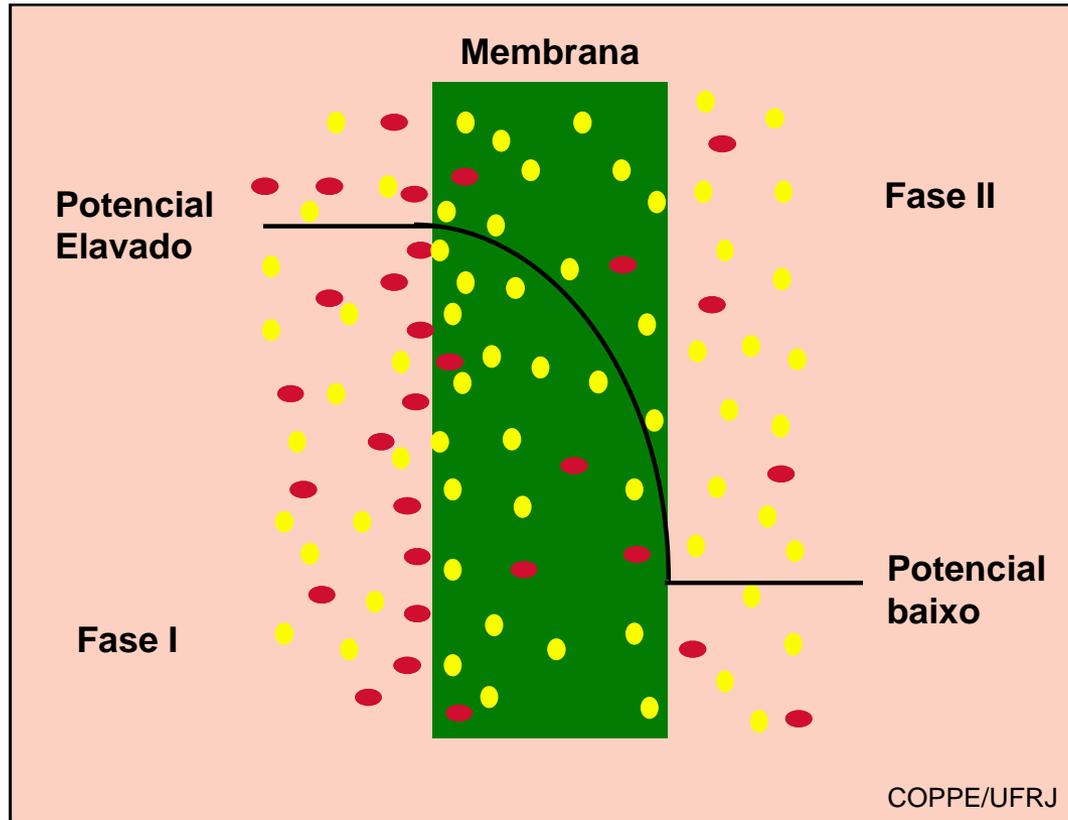
Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE

A indústria química é, fundamentalmente, uma indústria de transformação e para se chegar aos produtos finais, com as especificações desejadas, é necessário separar, concentrar e purificar as espécies químicas presentes nas diferentes correntes resultantes dessas transformações.

Este, sem dúvida, tem sido um dos maiores desafios da indústria química, desde seus primórdios.

A partir do início da década de 70, em adição aos processos clássicos de separação como, destilação, filtração, absorção, troca iônica, centrifugação, extração por solvente, cristalização e outros, surge uma nova classe de processos que utiliza membranas como barreira seletiva.

"De uma maneira geral, uma membrana é uma barreira que separa duas fases e que restringe, total ou parcialmente, o transporte de uma ou várias espécies químicas presentes nas fases".



Transporte de Diferentes Espécies Através de uma Membrana

ECONOMIA DE ENERGIA

Os processos de separação por membranas, em sua grande maioria, promovem a separação sem que ocorra mudança de fase. Seu desenvolvimento coincide com a crise energética dos anos 70, devido ao elevado preço do petróleo na época.

SELETIVIDADE

Em algumas aplicações estes processos se apresentam como a única alternativa técnica de separação. No entanto, na maioria dos casos, processos híbridos, envolvendo processos clássicos e processos com membranas.

SEPARAÇÃO DE TERMOLÁBEIS

Como, via de regra, os processos com membranas são operados a temperatura ambiente eles podem ser aplicados no fracionamento de misturas envolvendo substâncias termossensíveis.

SIMPLICIDADE DE OPERAÇÃO E DE "SCALE UP"

Ao contrário da maioria dos processos de separação, os processos com membranas apresentam, ainda, a vantagem de serem extremamente simples do ponto de vista operacional e em termos de "scale up" (sistemas modulares).

Aplicações dos PSM

Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE

ÁREA	APLICAÇÕES
BIOTECNOLOGIA E FARMACÊUTICA	Separação de substâncias termoláveis Desidratação de etanol Purificação de enzimas Fracionamento de proteínas Esterilização de meios de fermentação Bio-reatores a membranas
ALIMENTÍCIA E BEBIDAS	Concentração de leite Concentração do soro de queijo Concentração de sucos de fruta Desalcoolização de vinhos e cervejas
TRATAMENTO DE ÁGUAS	Dessalinização de águas Tratamento de esgotos municipais Desmineralização de águas p/ caldeiras Água ultrapura p/ indústria eletrônica
TRATAMENTO DE DESPEJOS INDUSTRIAIS	Separação água/óleo Recuperação de índigo e PVA - Têxtil Tratamento águas - Papel e Celulose
MEDICINA	Rim artificial - Hemodiálise Pulmão artificial - Oxigenadores Esterilização de soluções injetáveis



(lugar onde filtra o sangue) Capilar





Morfologia das Membranas



Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE

De um modo geral as membranas podem ser classificadas em duas grandes categorias: **densas e porosas**.

As características da superfície da membrana que esta em contato com a solução problema é que vão definir tratar-se de uma membrana porosa ou densa.

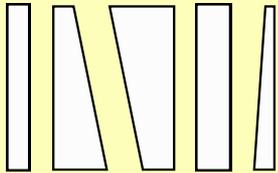
Tanto as membranas densas como as porosas podem ser isotrópicas ou anisotrópicas, ou seja, podem ou não apresentar as mesmas características morfológicas ao longo de sua espessura.

As membranas anisotrópicas se caracterizam por uma região superior muito fina (1m), mais fechada (com poros ou não), chamada de "pele", suportada em uma estrutura porosa.

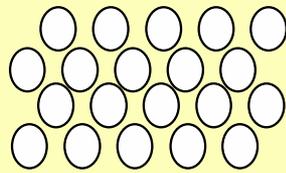
Quando ambas as regiões são constituídas por um único material a membrana é do tipo anisotrópica integral. Caso materiais diferentes sejam empregados no preparo de cada região a membrana será do tipo anisotrópica composta.

Membranas Isotrópicas (simétricas)

porosa



porosa

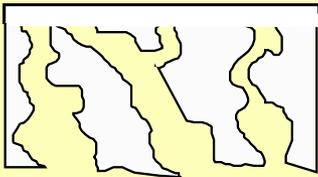


densa

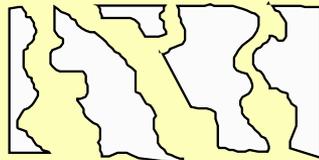


Membranas Anisotrópicas (assimétrica)

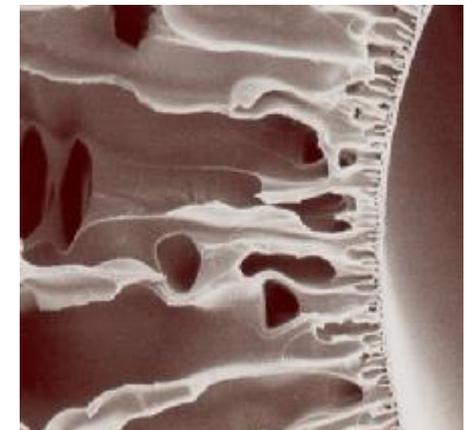
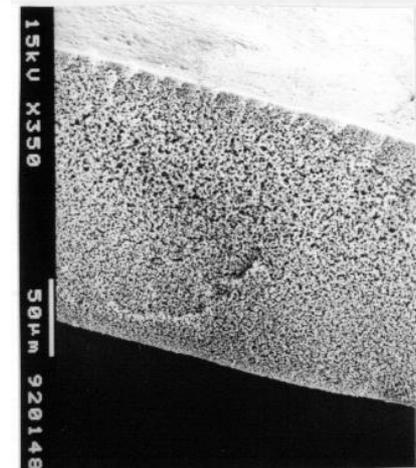
densa (integral)



porosa



densa (composta)



Representação Esquemática da Seção Transversal dos Diferentes Tipos de Morfologia de Membranas



Caracterização das Membranas



Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE

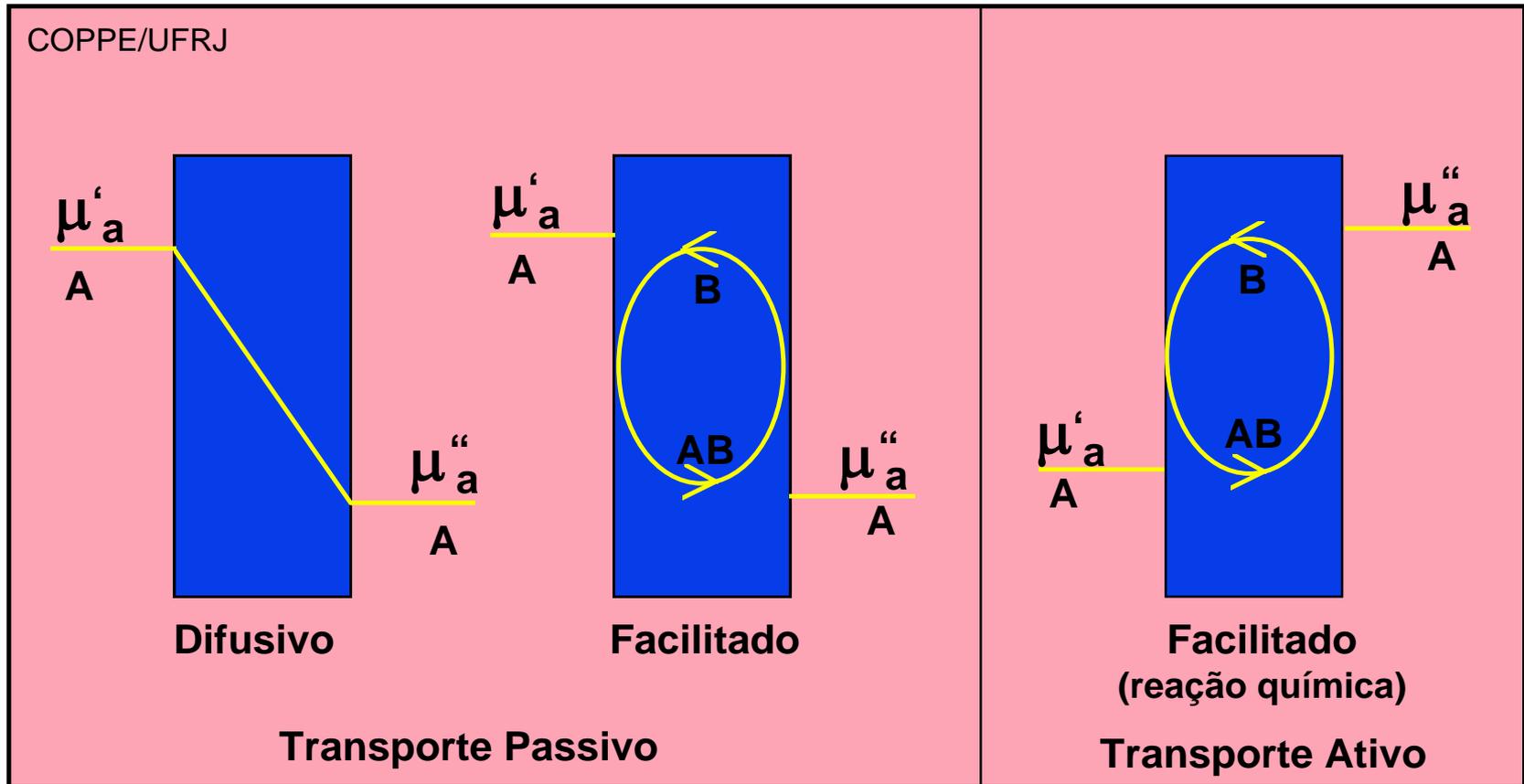
Dois tipos de parâmetros são normalmente empregados para se caracterizar membranas: parâmetros de **natureza morfológica** e parâmetros relativos as suas **propriedades de transporte**.

No caso de **membranas porosas** características como a distribuição de tamanho de poros, porosidade superficial e espessura representam parâmetros morfológicos relevantes.

Para **membranas densas**, as características físico-químicas do polímero utilizado bem como a espessura do filme polimérico são parâmetros importantes.

No caso de **membranas compostas** as características do suporte poroso também devem ser incluídas.

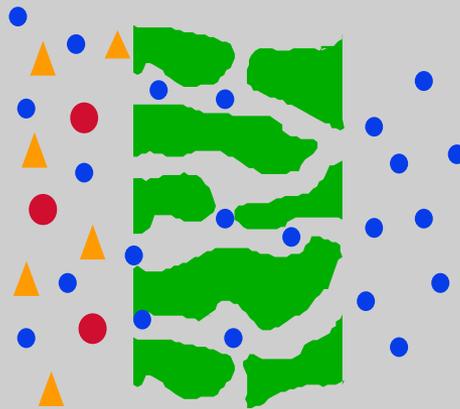
Independente da tipo de membrana **propriedades de transporte** como permeabilidade a gases e líquidos bem como a sua capacidade seletiva são utilizadas como parâmetros característicos.



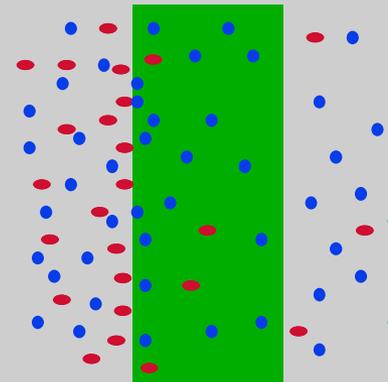
Transporte

Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE

Transporte em Membranas

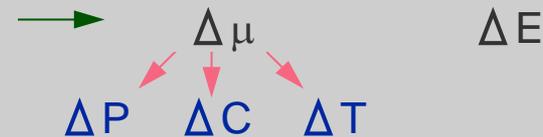


Membrana Porosa
(Transporte convectivo
ou/e difusivo)



Membrana Densa
(Transporte difusivo)

Força Motriz para o Transporte →



COPPE/ UFRJ

Principais PSM

Prof. Maurício Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE

PROCESSO	FORÇA MOTRIZ	MATERIAL RETIDO	MATERIAL QUE PERMEIA	APLICAÇÕES
MICROFILTRAÇÃO (MF)	P (0,5 - 2 atm)	Material em Suspensão, Bactérias PM 500.000 (0,01µm)	Água e sólidos dissolvidos	Esterilização Bacteriana Clarificação de Vinhos e Cervejas Concentração de Células Oxigenação de Sangue
ULTRAFILTRAÇÃO (UF)	P (1-7 atm)	Coloides, Macromoléculas PM > 5000	Água (Solvente) Sais soluveis de baixo PM	Fracionamento e concentração de Proteínas Recuperação de pigmentos Recuperação de óleos
NANOFILTRAÇÃO (NF)	P (5-25 atm)	Moléculas de peso molecular médio 500 < PM < 2000	Água, sais e moléculas de baixo peso molecular	Purificação de enzimas Bioreatores a membrana
OSMOSE INVERSA (OI)	P (15-80 atm)	Todo material solúvel ou em suspensão	Água (Solvente)	Dessalinização de águas Concentração de suco de frutas Desmineralização de águas
DIÁLISE (D)	C	Moléculas de PM 5000	Ions e orgânicos de baixo peso molecular	Hemodiálise - Rim Artificial Recuperação de NaOH
ELETRODIÁLISE (ED)	V	Macromoléculas e Compostos não iônicos	Ions	Concentração de soluções salinas Purificação de águas
PERMEAÇÃO DE GASES (PG)	PC	Gás menos permeável	Gás mais permeável	Recuperação de hidrogênio Separação CO ₂ /CH ₄ Fracionamento do Ar
PERVAPORAÇÃO (PV)	Pressão de vapor	Líquido menos Permeável	Líquido mais permeável	Desidratação de álcoois Eliminação de VOC da água

Faixas de Aplicação

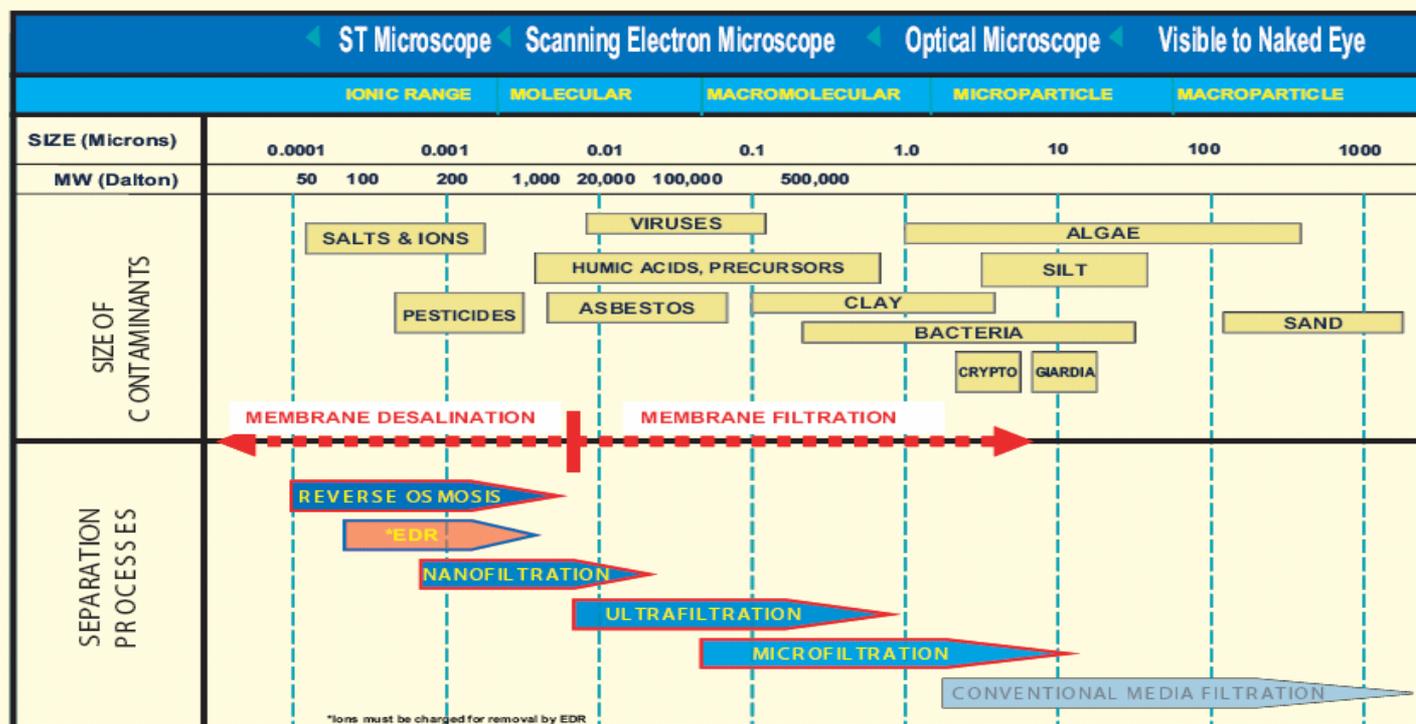
Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE



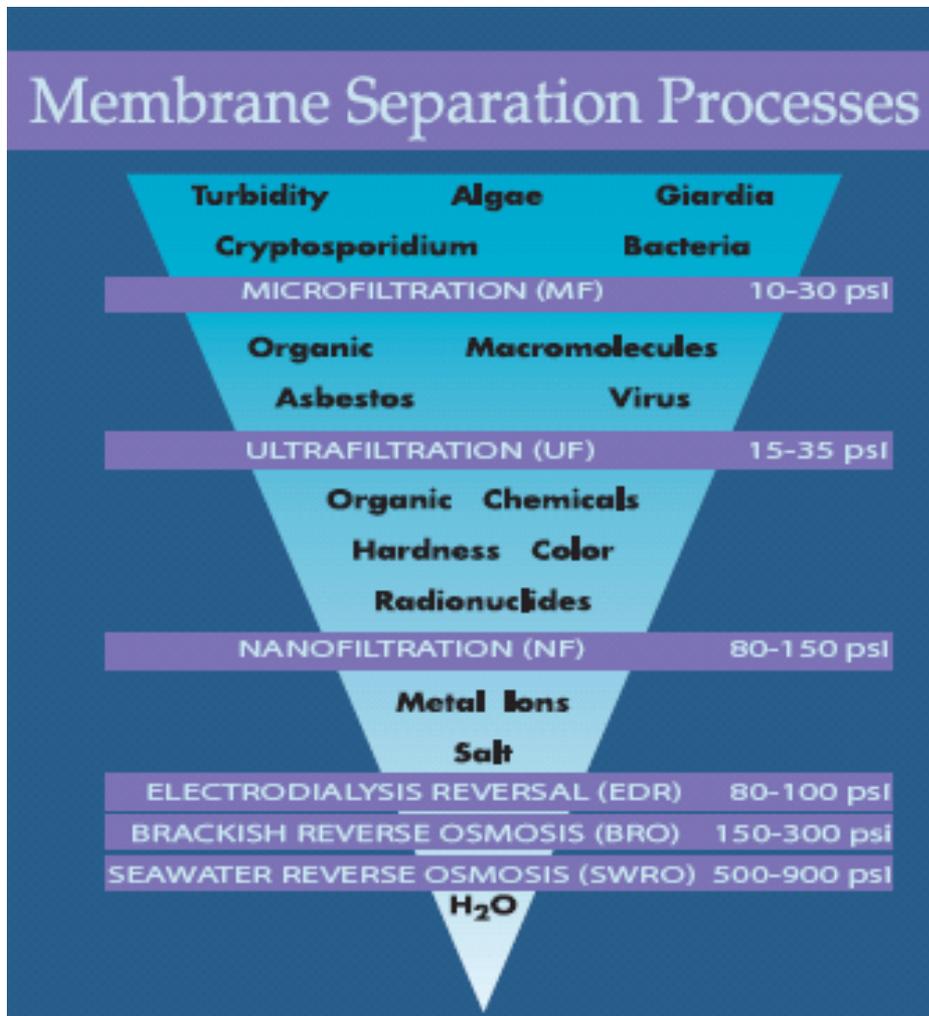
America's Authority in Membrane Treatment

Improving America's Waters Through Membrane Filtration and Desalting

Membrane Separation Processes Relative to Contaminant Size



American Membrane Technology Association 2409 SE Dixie Hwy., Stuart, FL 34996 Ph: 772-463-0820 Fax: 772-463-0860
 Email: admin@amtaorg.com Web: www.amtaorg.com

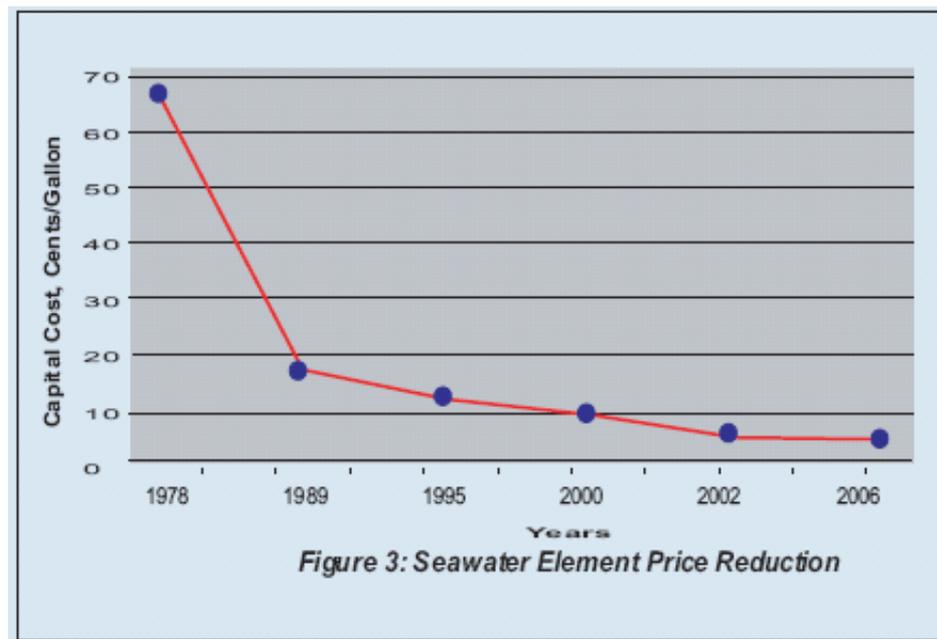
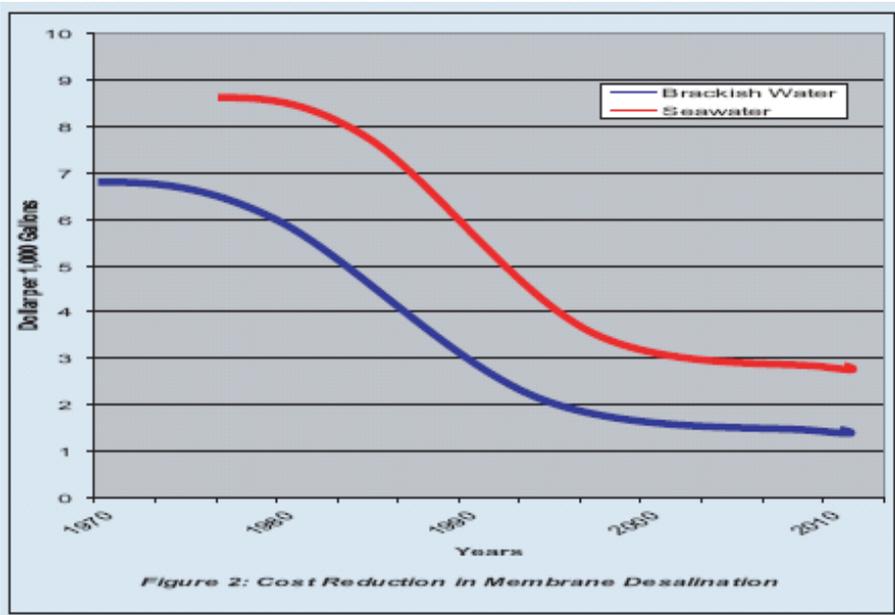


Planta de O.I.



Planta de Eletrodialise

Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE



Processos Comerciais

Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE

1. Processos cuja Força Motriz é o **Gradiente de Pressão**

Microfiltração
Ultrafiltração
Nanofiltração
Osmose Inversa

2. Processos cuja Força Motriz é o **Gradiente de Concentração**

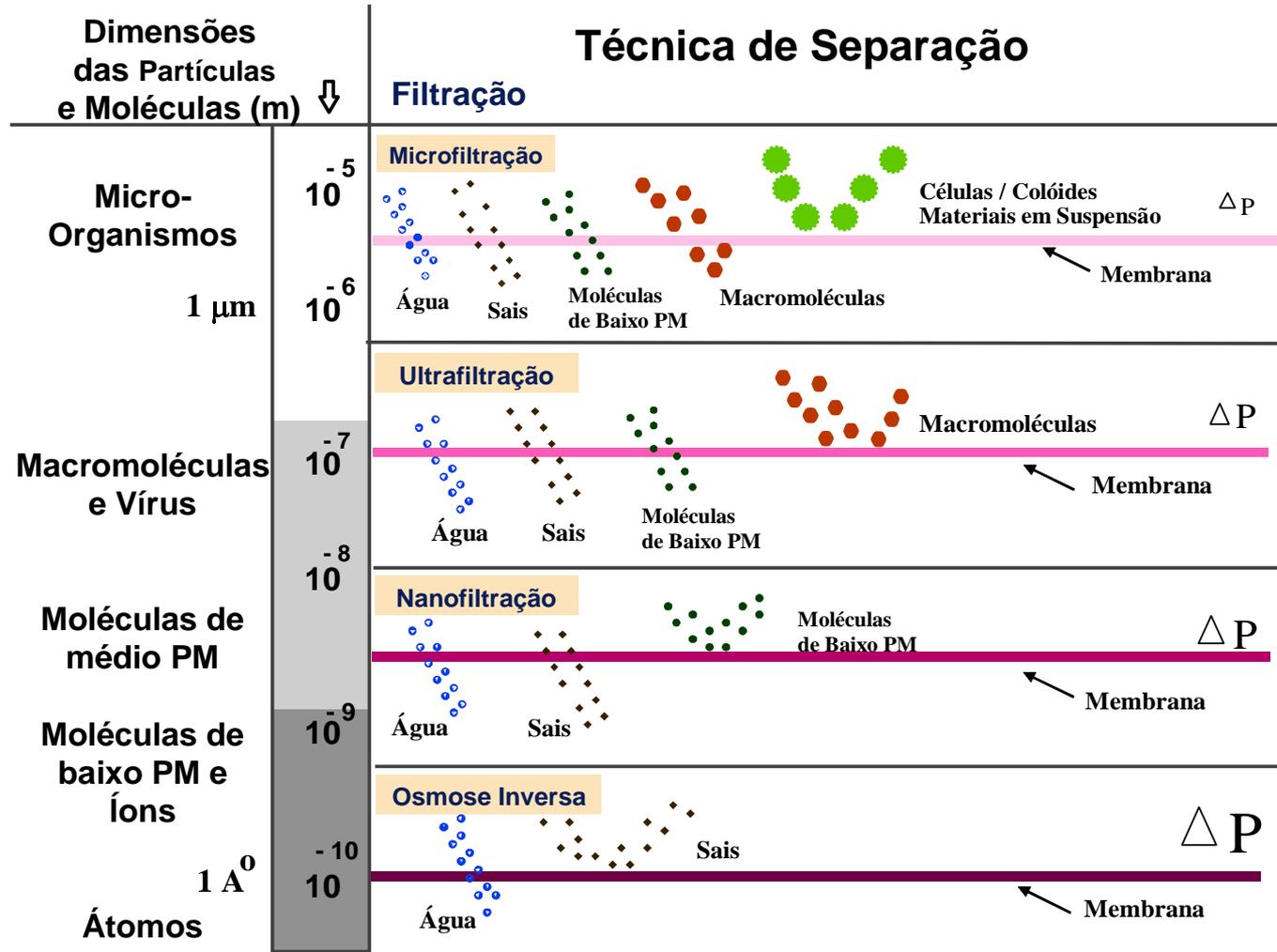
Pervaporação
Permeação de Gases
Diálise

3. Processos cuja Força Motriz é o **Gradiente de Potencial Elétrico.**

Eletrodiálise

Gradiente de Pressão

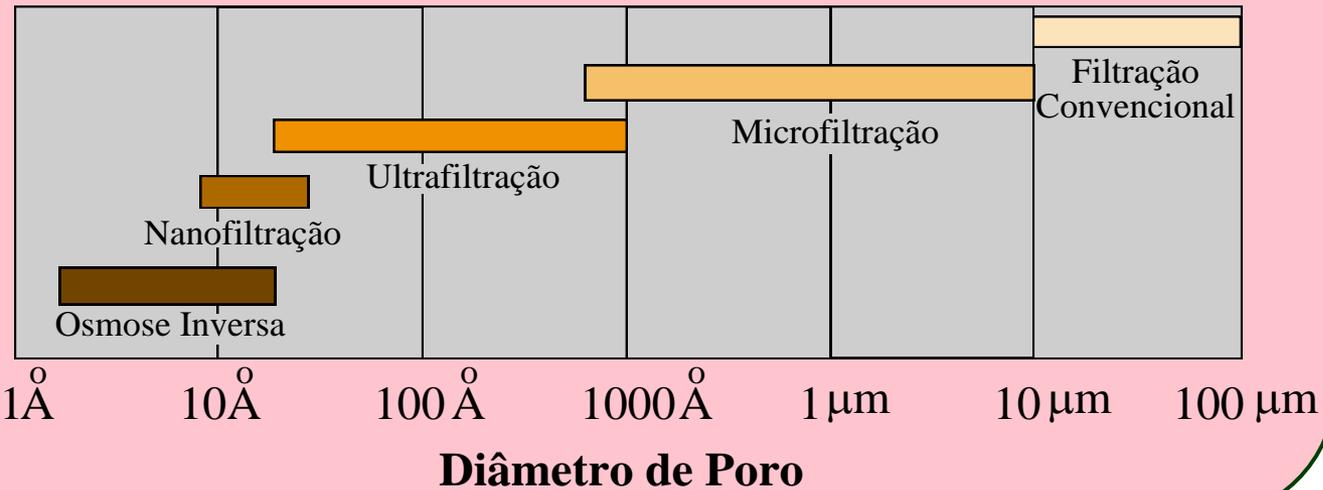
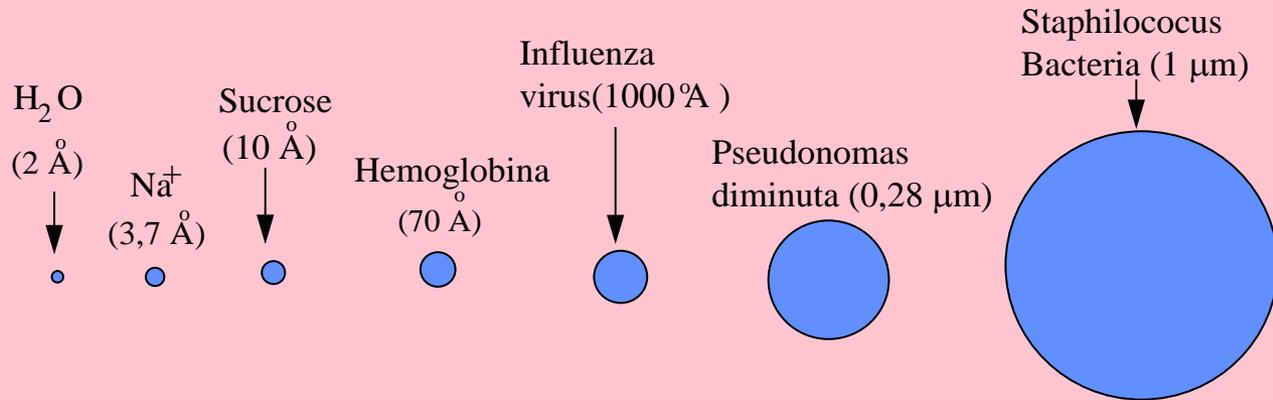
Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE



Gradiente de Pressão

Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE

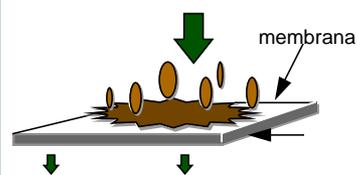
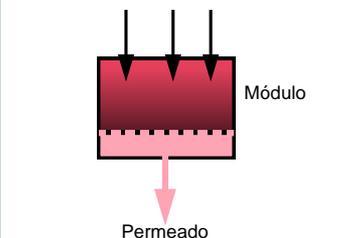
Diâmetro de Poros de Membranas de MF, UF, NF e OI



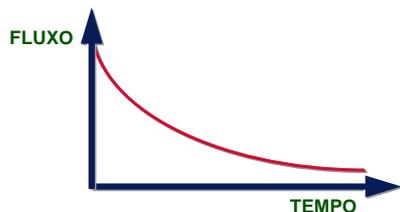
Filtração Convencional x Fluxo Cruzado

Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE

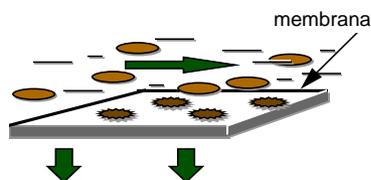
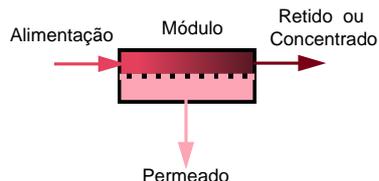
FILTRAÇÃO CONVENCIONAL "Dead End Filtration"



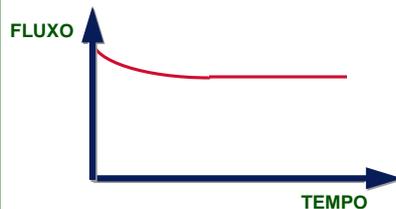
FILTRAÇÃO CONVENCIONAL



FILTRAÇÃO TANGENCIAL "Cross-Flow Filtration"



FILTRAÇÃO COM ESCOAMENTO TANGENCIAL

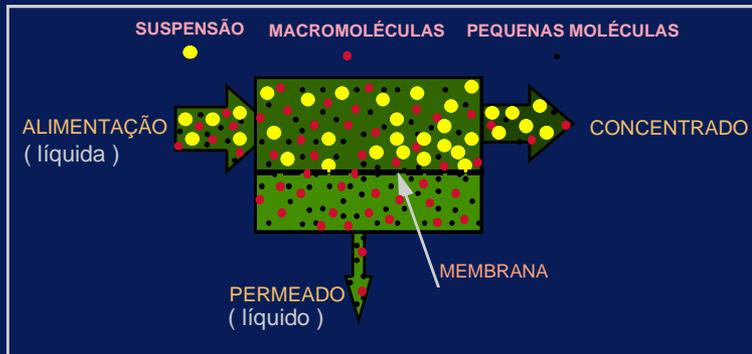


Uma das principais características dos processos de separação com membranas é que eles podem se operados em **fluxo cruzado** ("cross flow filtration") além da **operação clássica** do tipo "dead end filtration". Na operação do tipo "dead end" uma solução ou suspensão é pressionada contra a membrana. O permeado passa pela membrana e soluto ou materiais em suspensão são retidos, **acumulando-se na interface membrana/solução**, no fenômeno chamado polarização de concentração. No caso da microfiltração, da mesma maneira que na filtração clássica, ocorre a formação de uma torta. Trata-se de um modo de operação fundamentalmente transiente, uma vez que a polarização aumenta sempre. Na **filtração de fluxo cruzado a solução escoia paralelamente a superfície da membrana enquanto o permeado é transportado transversalmente a mesma**. Neste caso é possível operar o sistema nas condições de regime estabelecido de transferência de massa

MICROFILTRAÇÃO

FORÇA MOTRIZ $\Rightarrow \Delta P$ (< 2 bar)

TRANSPORTE CONVECTIVO



APLICAÇÕES

- Esterilização de Águas
- Filtração de Mostos Fermentados
- Filtração de Vinhos e Cervejas

Utiliza membranas porosas com poros na faixa entre 0,1 e 10 μ m (100 e 10000 nm)

As pressões transmembrana são pequenas, não ultrapassando **3 bar**

Os maiores mercados da microfiltração são: esterilização de líquidos e gases; aplicações na medicina (**hemodiálise**); aplicações na biotecnologia e na purificação de fluidos.

Para operar o sistema em:

- "**dead end flow**" a concentração de sólidos que deve ser $< 0,1\%$
- para concentração elevadas ($> 0,5\%$) de material em suspensão deve-se utilizar o sistema de **filtração tangencial**.

As membranas de ultrafiltração apresentam poros na faixa entre 1 e 100 nm

Aas diferenças de pressão transmembrana variam na faixa de 2 a 10 bar

Os fluxos permeados em UF estão, em geral, na faixa de 150 a 250 L/h.m².

Fluxos permeados bem menores podem ser obtidos em função do nível de **polarização de concentração** e de **"fouling"** a que fica submetida a membrana, em função da natureza da solução a ser tratada e das condições de operação do sistema

Tendo em vista que as membranas de ultrafiltração apresentam uma distribuição de tamanho de poros elas podem reter de maneira distinta, solutos de pesos moleculares diferentes

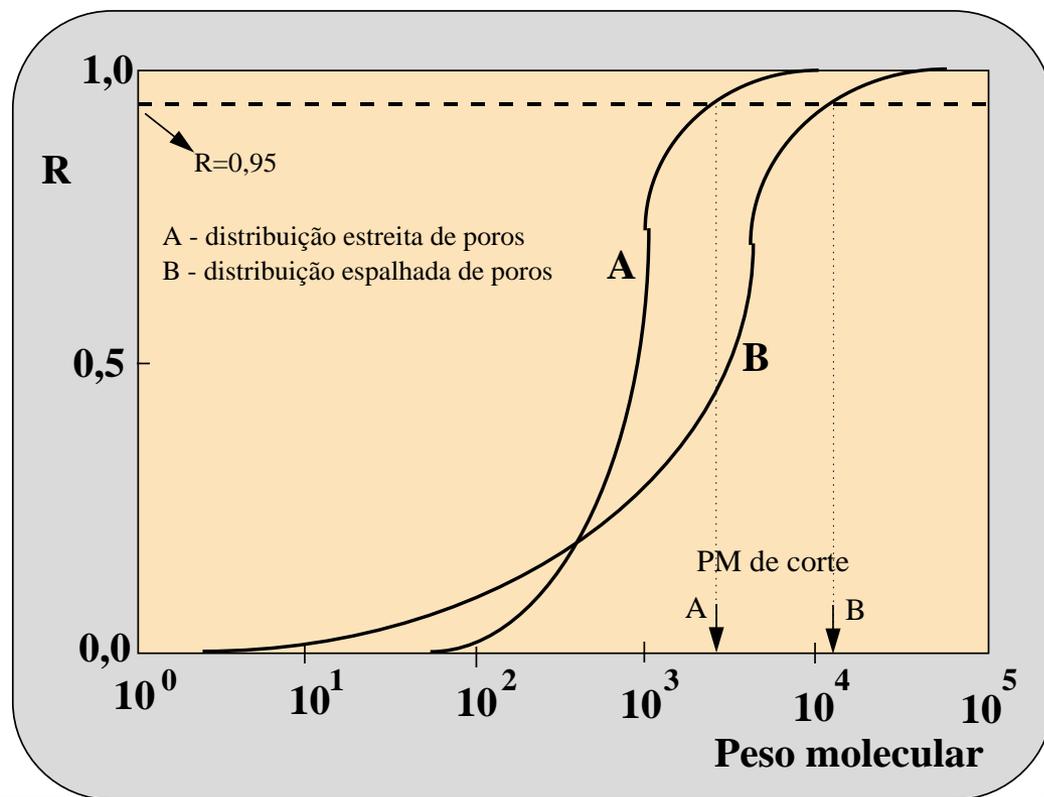
O Coeficiente de rejeição, R, de uma membrana para um dado soluto é definido pela relação:

$$R = 1 - \frac{C_p}{C_0}$$

As membranas de ultrafiltração são caracterizadas através da chamada **curva de corte**, que relaciona o coeficiente de rejeição em função do peso molecular do soluto

O "cutt off" de uma membrana é definido como sendo o valor do peso molecular para o qual a membrana apresenta um coeficiente de rejeição de 95%.

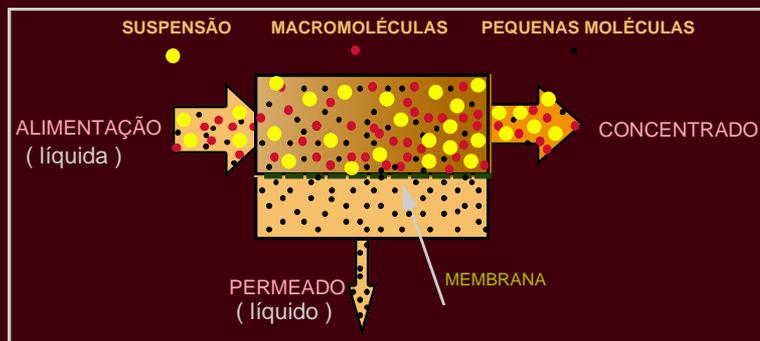
Assim uma membrana de corte 15.000 (membrana B) é aquela capaz de rejeitar 95% das moléculas presentes em uma solução de um soluto de peso molecular 15.000 Daltons.



ULTRAFILTRAÇÃO

FORÇA MOTRIZ $\Rightarrow \Delta P$ (< 10 bar)

TRANSPORTE CONVECTIVO



APLICAÇÕES

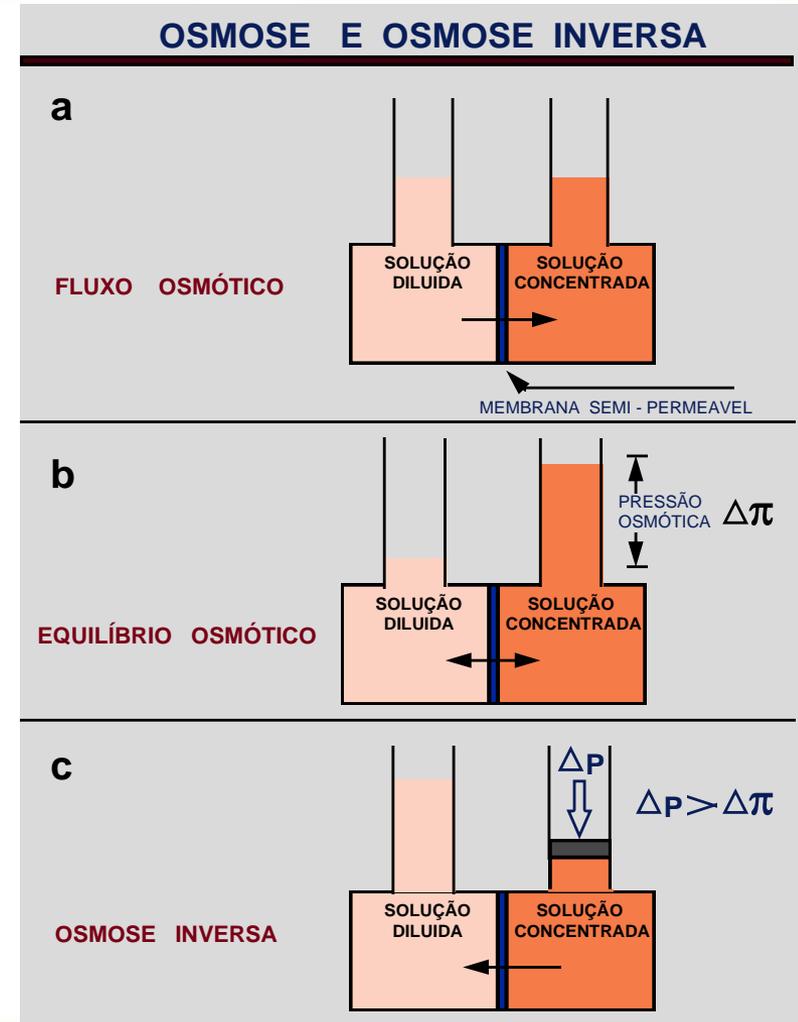
- Concentração de Leite e de Soro de Leite
- Concentração e Purificação de Proteínas e Enzimas
- Recuperação de Corantes e Pigmentos

Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE

Quando uma solução de um determinado soluto é separada do solvente puro ou de uma solução de menor concentração, através de uma membrana semi permeável (membrana permeável ao solvente e impermeável ao soluto), haverá um fluxo de solvente no sentido solução pura ou solução diluída para solução concentrada.

Isso ocorre pois a presença do soluto ocasiona uma queda no potencial químico do solvente na solução, provocando um gradiente de potencial química entre os dois lados da membrana.

Ao se aplicar pelo lado da solução mais concentrada uma diferença de pressão entre as duas soluções, $\Delta P > \Delta \pi$, o potencial químico do solvente na solução concentrada será maior do que o potencial químico do solvente puro ou do solvente na solução mais diluída. A consequência é uma inversão no sentido do fluxo osmótico, ou seja, o solvente escoar do lado da solução concentrada para o lado do solvente puro.



Como o potencial químico também é função da pressão (aumenta com o aumento da pressão), pode-se chegar a uma situação onde a queda do potencial químico do solvente, devido a presença do soluto é equivalente ao aumento de potencial químico devido ao aumento de pressão do sistema. Nesta situação não haverá mais força motriz para o transporte preferencial do solvente no sentido solvente puro/solução ou solução diluída/solução concentrada.

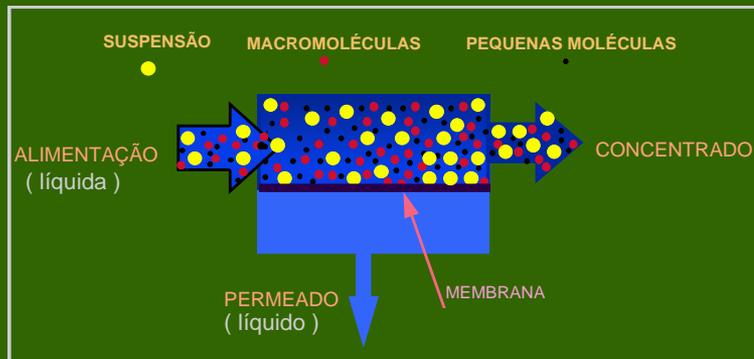
Diz-se, então, que o equilíbrio osmótico foi atingido e, a diferença de pressão entre os dois lados da membrana, necessária para tanto, é definida como sendo a diferença de pressão osmótica, $\Delta\pi$, entre as duas soluções.

O potencial químico é uma função da concentração, temperatura e pressão, ou seja: . Por outro lado , o potencial químico de um componente numa solução é expresso por: , onde μ_i^0 é o potencial químico do solvente puro na temperatura do sistema e a_i a atividade do componente i na solução.

OSMOSE INVERSA

FORÇA MOTRIZ $\Rightarrow \Delta P (< 80 \text{ bar})$

TRANSPORTE "DIFUSIVO"



APLICAÇÕES

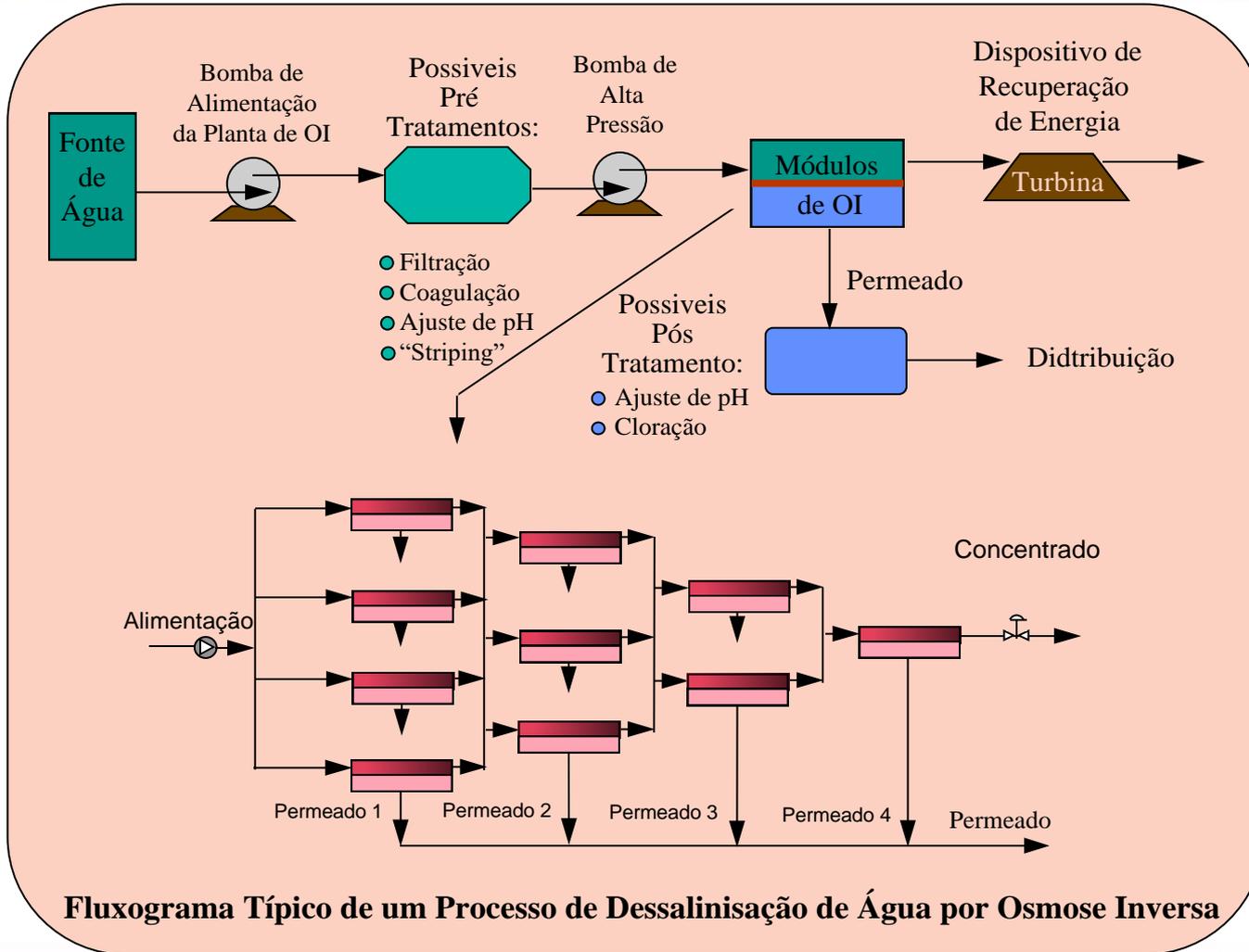
- Dessalinização de Águas Marinhas e Salobras
- Concentração de Suco de Frutas
- Produção de Água Ultra Pura
- Concentração d Antibióticos

a Oi tem sido utilizada na dessalinização de águas, no tratamento de águas, na produção de água ultrapura, no tratamento de águas duras, na indústria alimentícia e em muitas outras aplicações.

A Oi pode também ser usada em combinação com a ultrafiltração, pervaporação, destilação e outros processos clássicos de separação, nos chamados processos híbridos de separação, mais eficientes do que cada uma dessas técnicas isoladamente.

Osmose Inversa

Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE



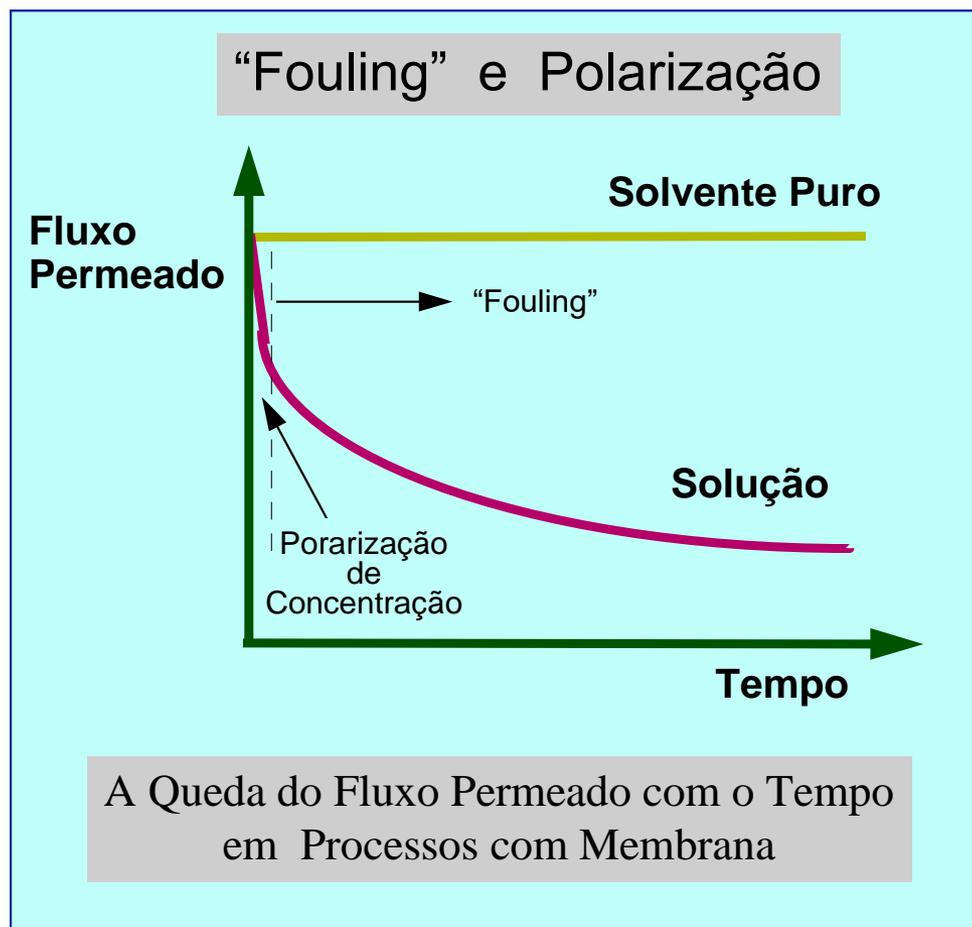


"Fouling" & Polarização de Concentração



Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE

Na operação de sistemas de separação com membranas, em particular nos casos para ultra e microfiltração, observa-se uma queda no fluxo permeado com o tempo. Este fenômeno, transiente, normalmente é acompanhado por um decréscimo na rejeição do soluto. A estabilização do fluxo permeado, se ocorrer, pode demorar de alguns minutos até vários dias. Este comportamento do fluxo permeado com o tempo é atribuído a polarização de concentração e a uma série de outros fenômenos, conhecidos, em seu conjunto, como "**fouling**".





"Fouling" & Polarização de Concentração



Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE

Na maioria dos casos o que se observa é um decréscimo contínuo do fluxo permeado com o tempo, indicando que outros fenômenos devem estar ocorrendo além da **simples e inevitável polarização de concentração**.

Dentre eles devem ser destacados os seguintes:

Adsorção das moléculas de soluto na superfície da membrana ou/e no interior de seus poros.

Entupimento de poros por moléculas ou partículas em suspensão. Trata-se da ação mecânica de bloqueamento de poros, que pode ocorrer tanto na superfície da membrana como no seu interior, dependendo de sua morfologia.

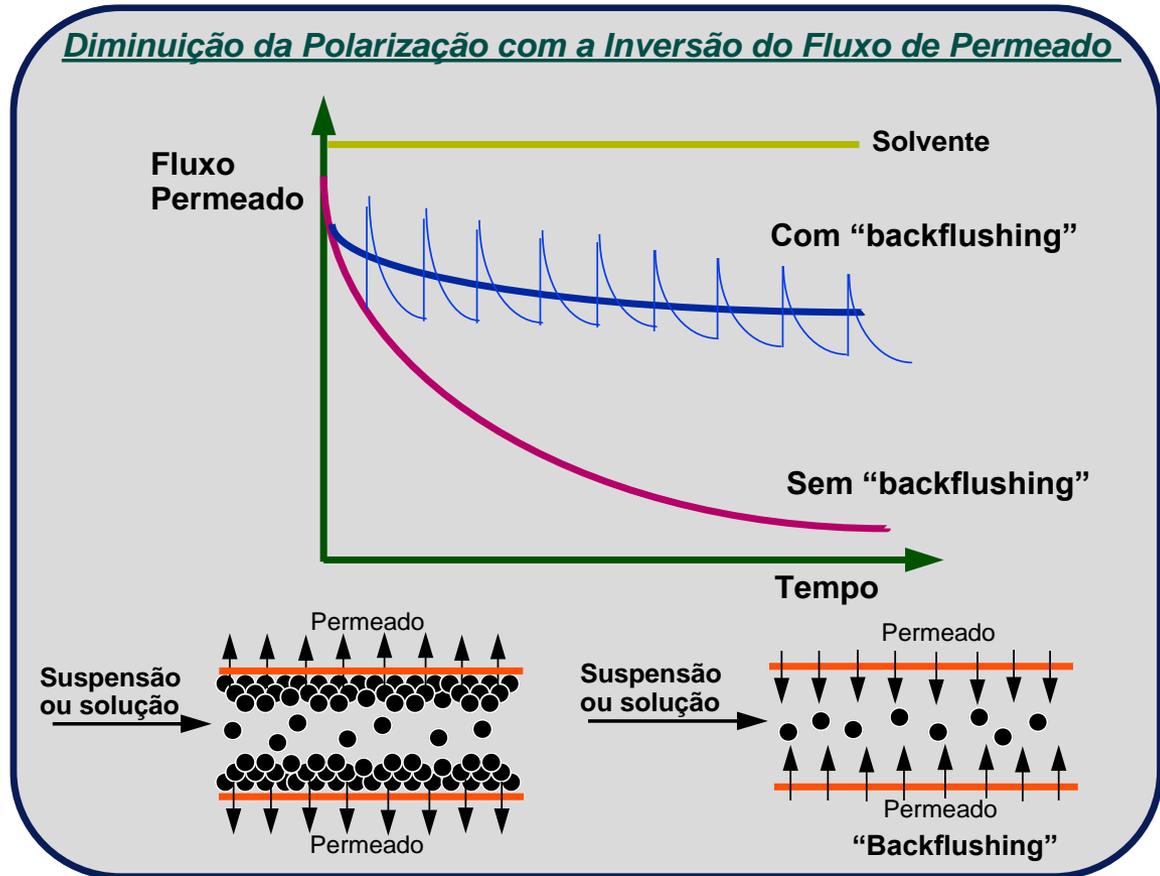
Depósito de material em suspensão sobre a superfície da membrana com formação de uma espécie de torta.

“Fouling” & Polarização de Concentração

Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE

Técnicas de operação desses sistemas que resultam em recuperação, ao menos parcial, do fluxo permeado. A mais comum é o "backflushing" que é a inversão, por um intervalo curto de tempo, do sentido do fluxo permeado.

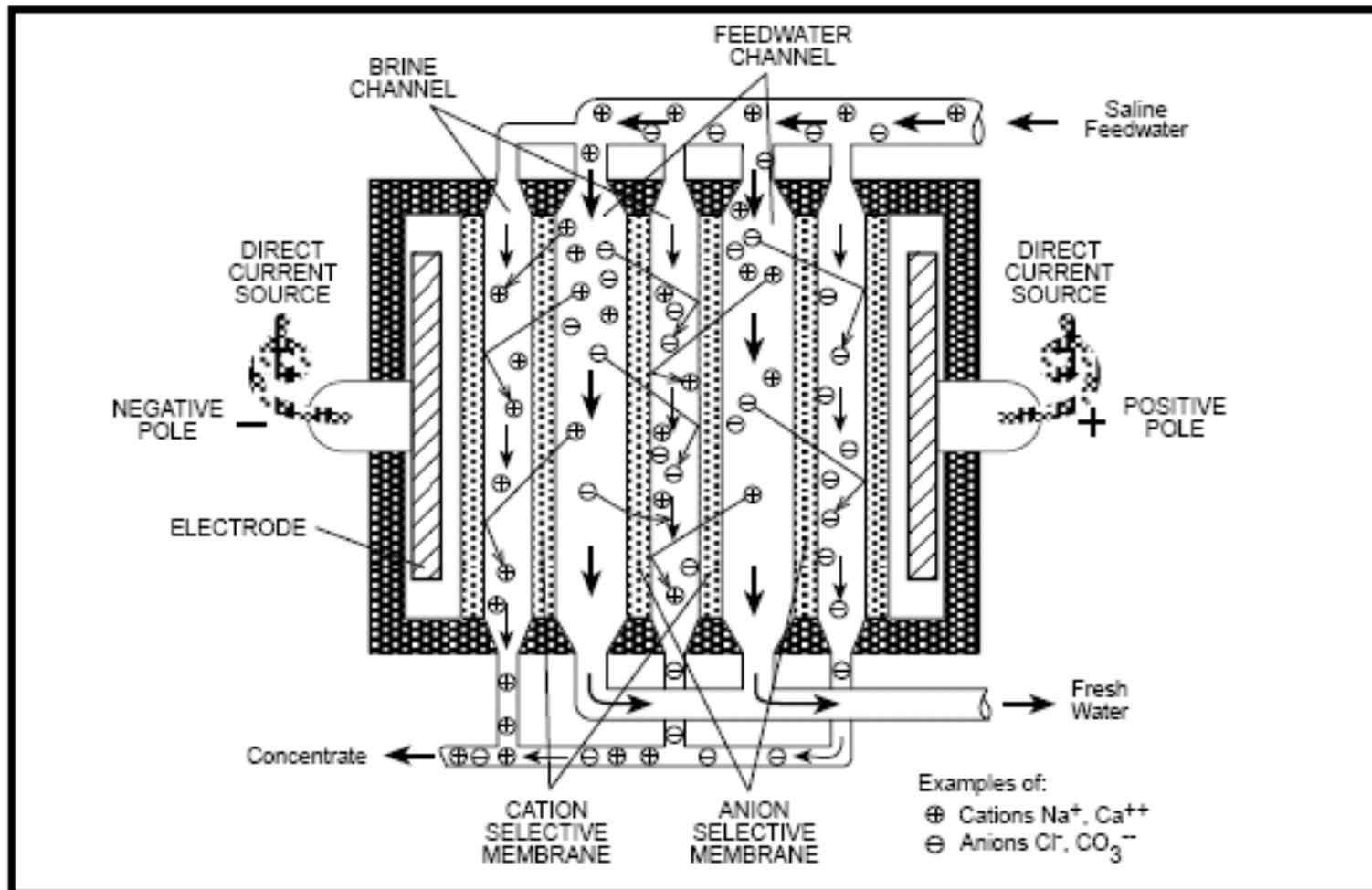
. Mais recentemente novas técnicas estão sendo introduzidas como a variação da pressão transmembrana em alta frequência e a operação de sistemas em condições de baixa polarização.



Potencial Eléctrico

Eletrodiálise

Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE

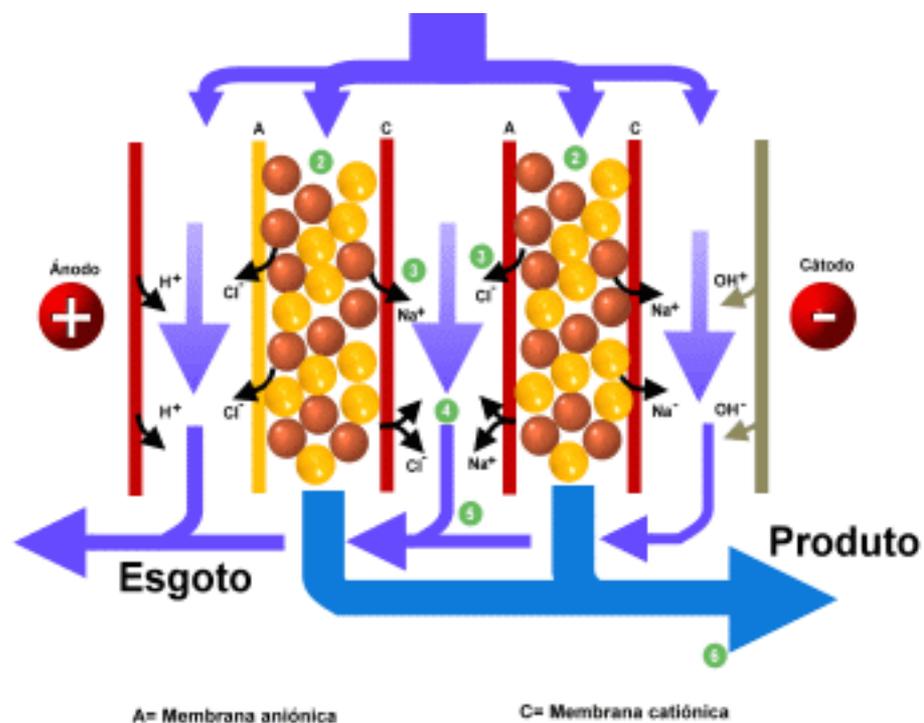


Movement of ions in the electrodesalination process

USAID

Eletrodiálise

Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE

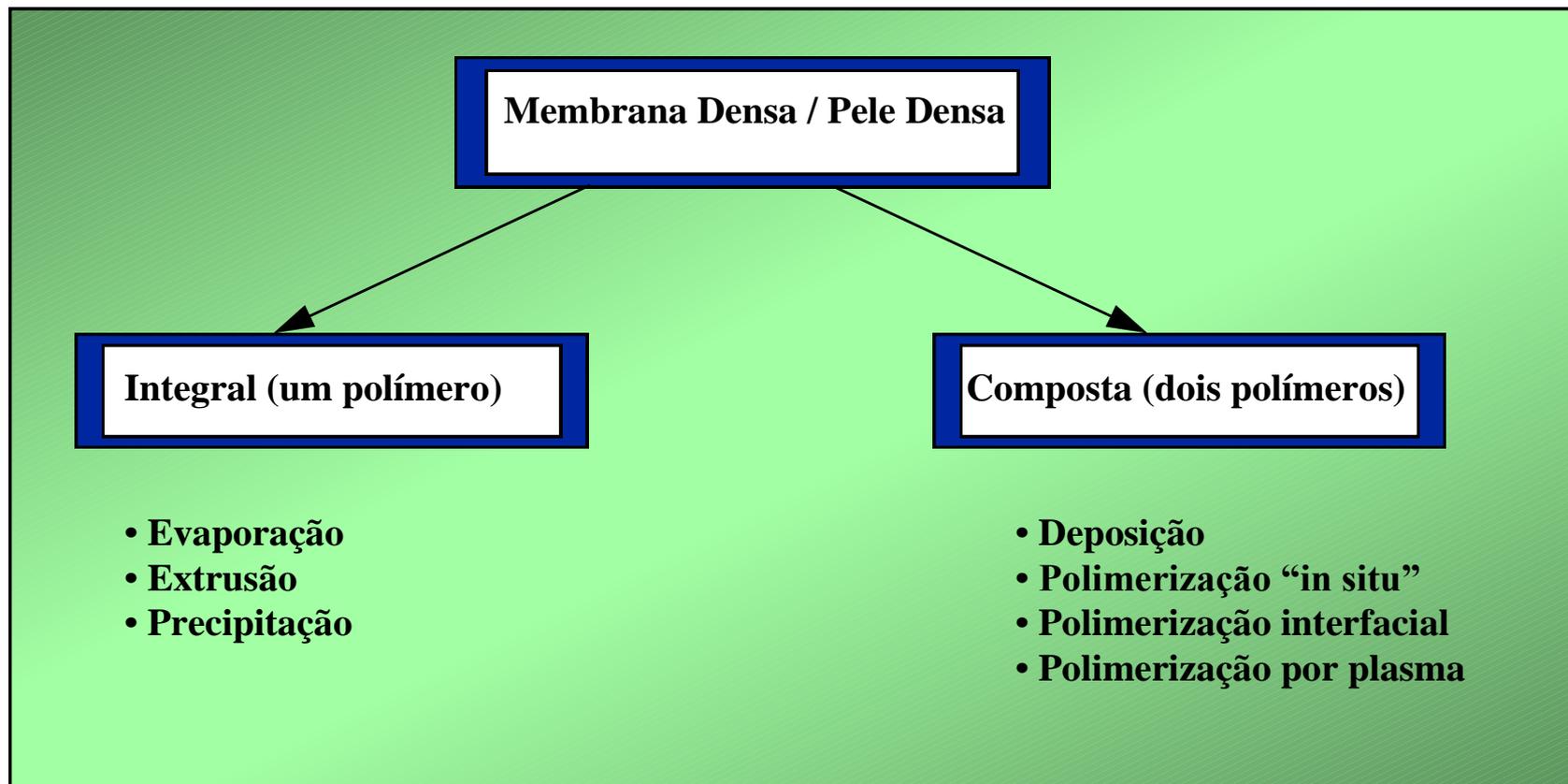


Fabricação de Membranas

Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE

diversas técnicas podem ser utilizadas para a obtenção de membranas microporosas ou densas.

	Técnica	Poros	Aplicação
Membrana Microporosa	sinterização	0,1 - 50 μm	meios agressivos
	estiramento	0,1 - 1 μm	meios agressivos
	irradiação	0,02 - 10 μm	técnicas analíticas
	precipitação	10 nm - 5 μm	diálise, MF, UF



Geometria dos Módulos

Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE

As membranas podem ser preparadas em configurações diversas, como tubular, planas e fibras ocas, dependendo do processo de separação a que se destinam.

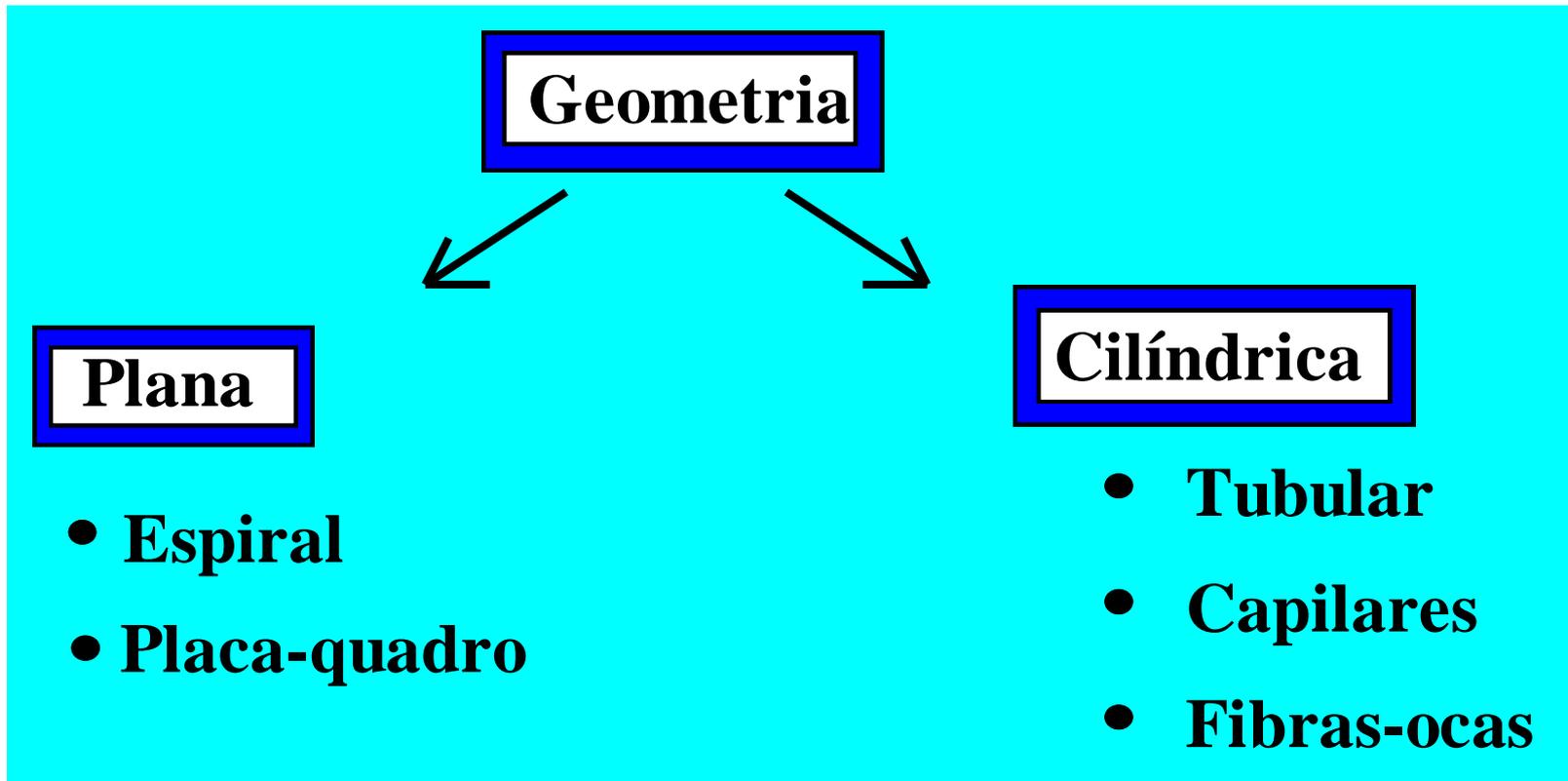
Os principais aspectos a serem considerados na seleção da geometria adequada são as variáveis do processo e as características da mistura a ser fracionada.

Membranas na forma de fibras ocas têm recebido grande atenção durante os últimos anos devido às vantagens oferecidas por esta geometria. Uma de suas principais vantagens é o fato de que a relação entre a área de permeação (área superficial da membrana) e o volume do módulo é muito superior à das demais geometrias. Uma relação elevada entre a área de permeação e o volume do módulo representa uma melhor utilização do espaço e uma redução no custo de equipamento.

Uma outra vantagem que as fibras ocas oferecem é serem auto suportadas, o que reduz o custo de produção do módulo de permeação. Por outro lado, a possibilidade de entupimento do orifício interno das fibras (quando a alimentação é por dentro das fibras e contém material em suspensão) e a espessura da parede das fibras relativamente grande (para evitar colapso à gradientes de pressão elevados), são as principais desvantagens desta geometria.

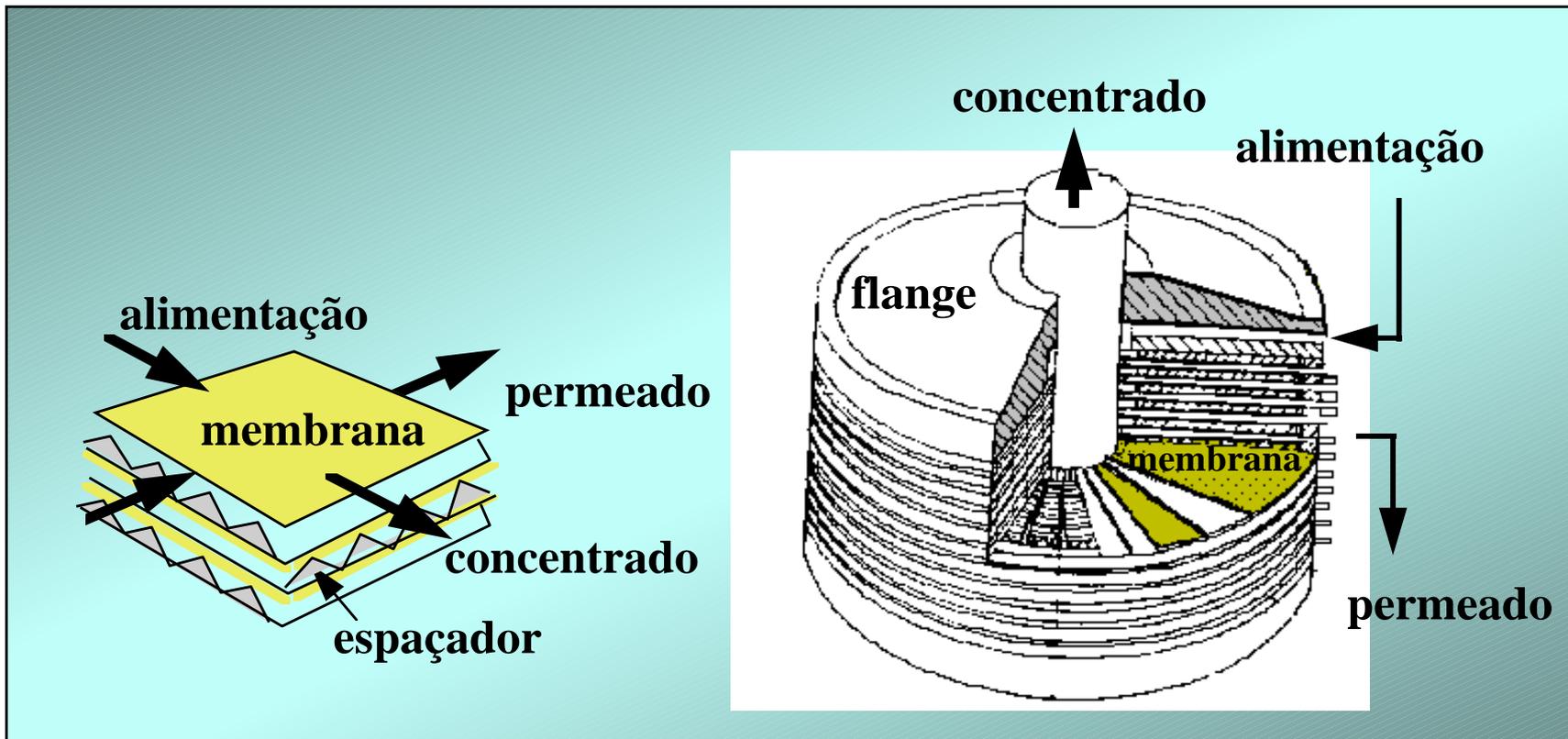
Geometria dos Módulos

Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE



Geometria Plana

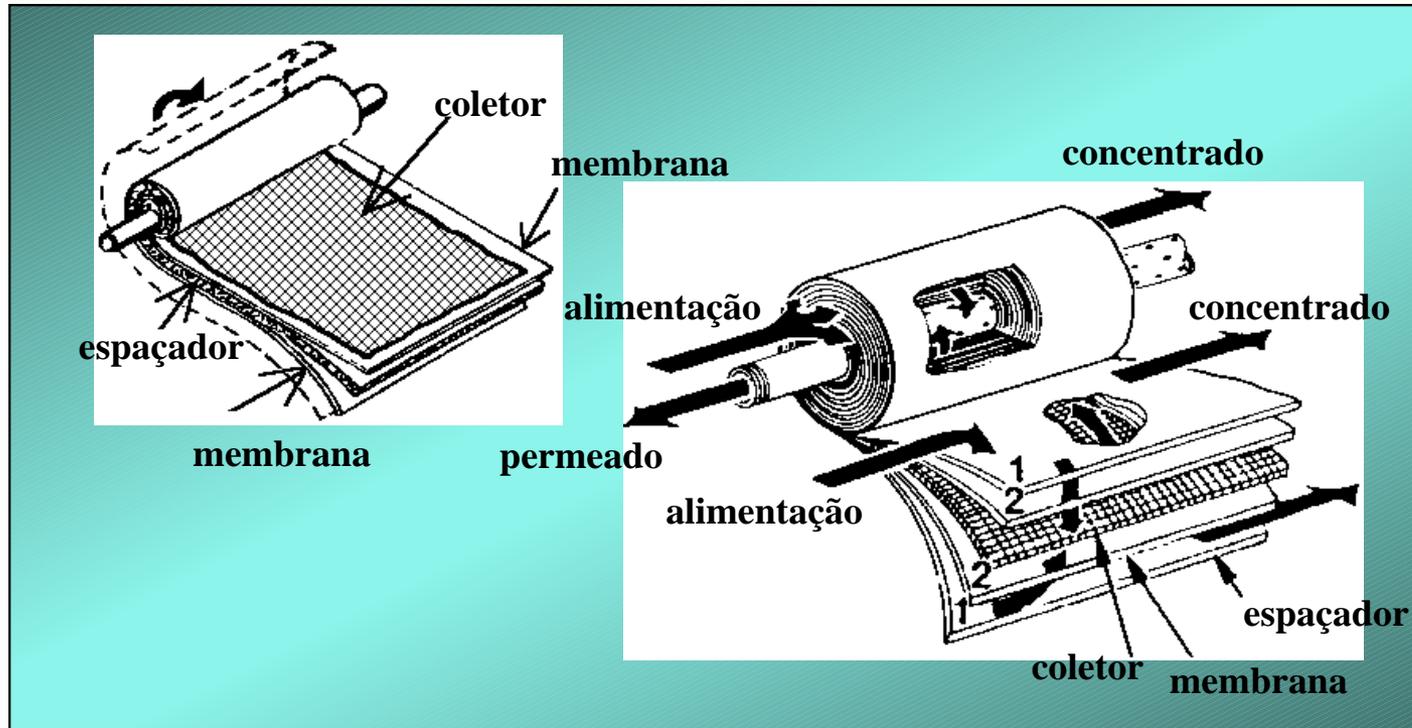
Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE



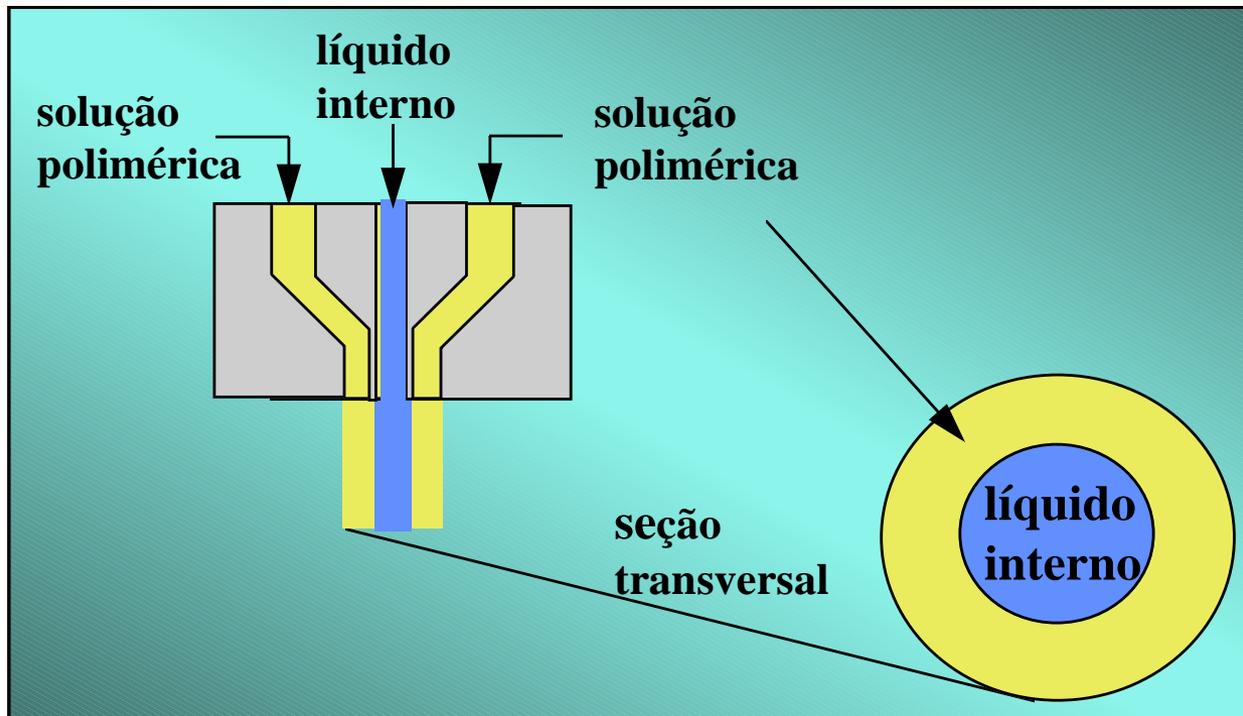
O suporte fornece resistência mecânica a membrana quando submetida a diferenças de pressão elevadas. A alimentação ocorre simultaneamente a todas membranas, sendo o concentrado (solução que não permeou) retirado por um duto central.

Módulo Espiral

Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE

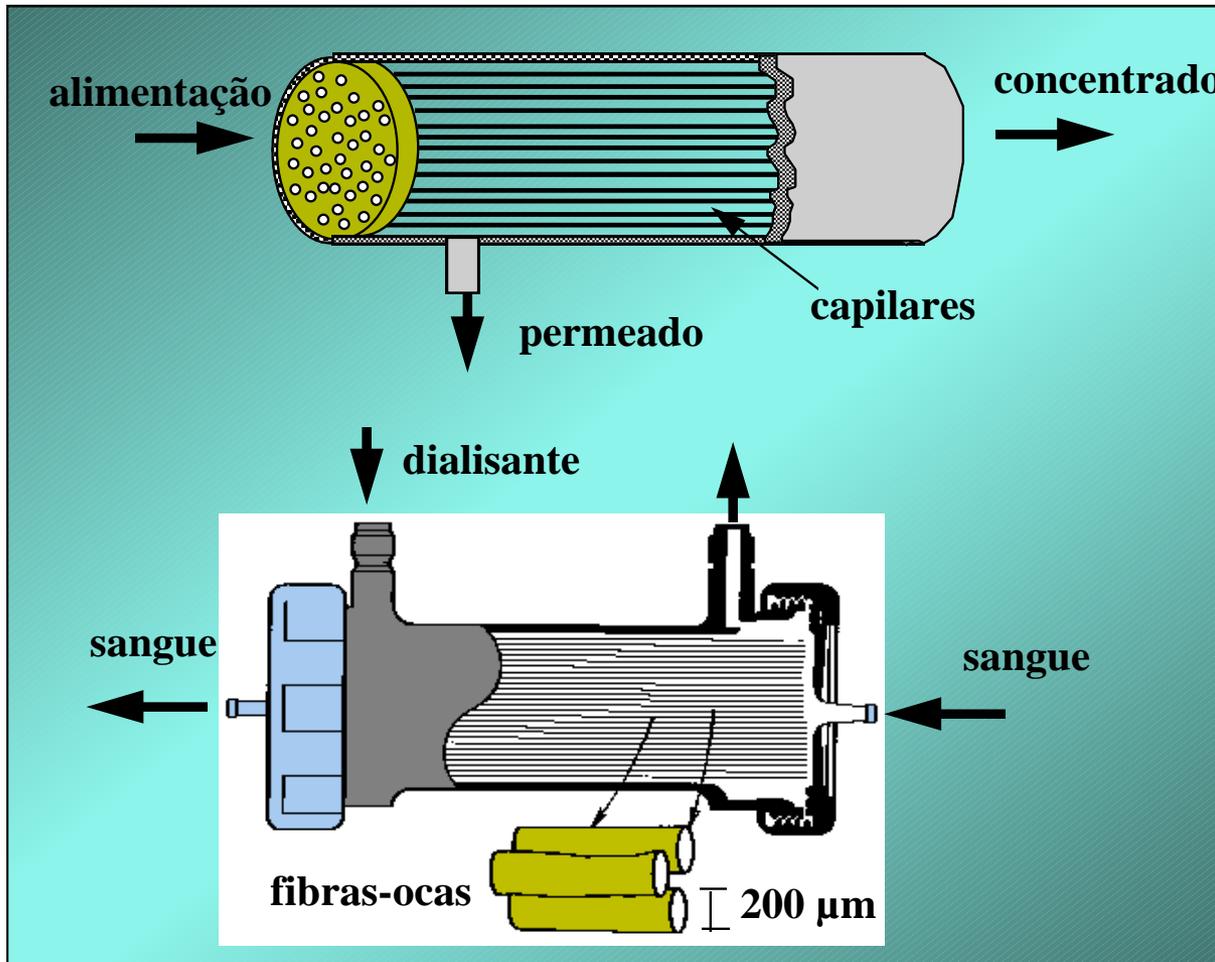


No módulo espiral utiliza-se a membrana entre dois espaçadores. Um destes serve como um canal coletor para o permeado, enquanto o outro fornece espaço para escoar a solução de alimentação e o conjunto é enrolado em torno de um duto perfurado, para o qual o permeado escoar. O conjunto é selado externamente com resina epoxi. O custo de fabricação do módulo é baixo e apresenta uma relação entre área de permeação e volume do módulo mais elevada ($800 - 1000 \text{ m}^2/\text{m}^3$).



As fibras ocas e capilares, assim como as membranas em outras geometrias, podem ser preparadas por várias técnicas, sendo que a técnica de extrusão a frio com precipitação por imersão, é a que possibilita a maior flexibilidade em termos de morfologia da membrana.

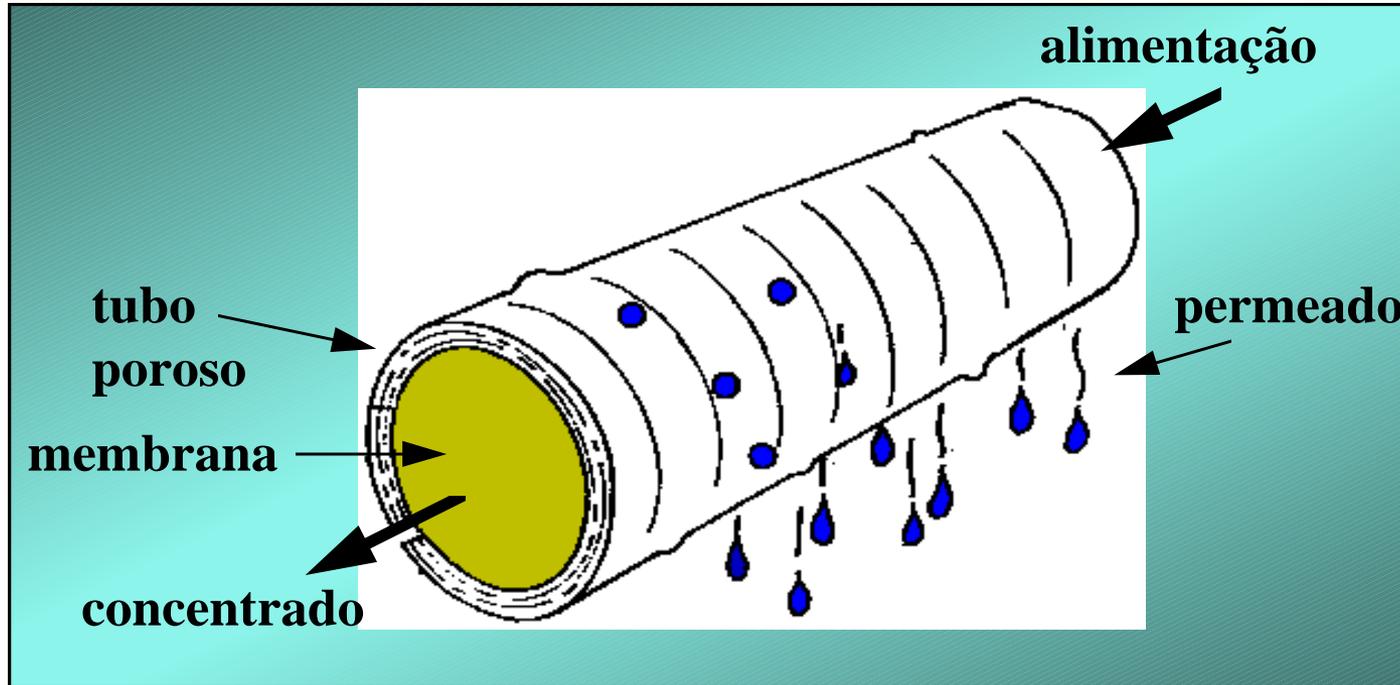
A divisão entre fibras e capilares é baseada no diâmetro, ou seja, considera-se fibra quando o diâmetro externo for inferior a 0,5 mm, e capilar na faixa de 0,5 a 3,0 mm.



A relação área/volume é elevada e depende do diâmetro da fibra/capilar, tipicamente, membranas capilares possuem relação área/volume entre 800 a 1.200 m^2/m^3 , enquanto para fibras-oca esta relação situa-se em torno de 10.000 m^2/m^3 .

Geometria Tubular

Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE



A utilização de um suporte para fornecer resistência mecânica e a baixa relação entre área de permeação e volume de equipamento ($20 - 30 \text{ m}^2/\text{m}^3$), o custo de fabricação é bem mais elevado.

Sua utilização só se justifica quando há necessidade de condições de escoamento extremamente controladas ou a alimentação contém material suspenso que poderia danificar outros tipos de módulos.

Artigo 1: Tratamento microbiológico de efluentes com processo de separação por membrana;

Artigo 2: Fabricação de queijo petit suisse por ultrafiltração de leite coagulado.

Efeito do tratamento térmico do leite no desempenho da membrana;

Artigo 3: Separation properties of high temperature reverse osmosis membranes for silica removal and boric acid recovery;

Artigo 4: Treatment of textile dye effluent using a polyamide-based nanofiltration Membrane.

Artigo	Objetivo	Membrana	Metodologia	Resultados	Conclusões
1	Estudar a viabilidade de utilização de biorreator com membrana.	Membrana polimérica porosa de ultrafiltração com espessura de 0,035 mm e composição de 18% de acetato de celulose, 40% formamida e 42% acetona	Reator biológico com membrana, mantido sob agitação magnética com um diferencial de pressão de 2,5 bar e com tempo de retenção de 9 horas; Análises: Turbidez, sólidos totais dissolvidos, sólidos voláteis suspensos, DQO, óleos e graxas,	DQO recalcitrante 0,44 demonstrando certa dificuldade de degradação biológica do efluente, com eficiência média de 51,4% resultados abaixo doses esperados; Redução da turbidez em 80% devido a ação da separação por membrana	A viabilidade do processo de biodegradação e separação por membranas, como tratamento secundário eficiências da ordem de 75 a 80% em algumas análises.
2	Avaliar a diferença de diferentes tratamentos térmicos do leite processamento de queijo petit suisse	Membrana tubular cerâmica de 0,08µm	Tratamento térmico do leite 85°C/30min e 72°C/15s, refrigeração 30°C adição de fermento; leite coagulado (pH 4,4); Gordura ultrafiltrarção, massa básica; permeado Padronização de gordura e adição de ingredientes, petit suisse	Quando o leite foi submetido ao tratamento mais intenso de 85°C/30min o tempo necessário para se atingir o fator de concentração 3,5 passou de 8,30 horas para cerca de 2 horas quando se tratou do leite à 72°C/15seg	É recomendada o tratamento térmico menos intenso seria recomendada, uma vez que diminuiria o tempo de ultrafiltração, consequentemente reduzindo os custos do processamento

Prof. Mauricio Alves da Motta Sobrinho - DEQ/UFPE

3	<p>Separação por alta temperatura utilizando o processo de separação por membrana em osmose reversa para remoção de sílica e recuperação de ácido bórico</p>	<p>Membranas de poliamida de fino-filme, para osmose inversa (tf-PA e CA, RO) de alta temperatura.</p>	<p>Pressão de alimentação de 265 psi (18,5 bar), Pressão osmótica de 70 psi (4,9 bar, 70 psi =7000ppm), Pressão líquida aplicada de 200 psi (14 bar), Temperatura do tanque de armazenamento de ácido bórico era de 45°C, o ácido bórico precipita em baixas temperaturas.</p>	<p>O aumento da temperatura resultou em um aumento das concentrações de sílica e boro, a sílica chegando em 99%, sendo a passagem do boro aumentada acompanhando a temperatura crescente do penetrante, com o aumento da temperatura aumenta o tamanho do poro;</p>	<p>A separação depende somente da concentração do boro, o fluxo penetrante foi aumentado com o aumento da temperatura e rejeição de sílica acima de 97%.</p>
4	<p>Fazer experiências com sete tinturas, em membrana e determinar os efeitos de concentração, pH e salga</p>	<p>Membrana Desal 5DK (150-300 g/mole de expansão), membrana hidrófila de fino-filme composta por uma camada ativa de poliamida</p>	<p>Dissolução de tinturas com concentração de 1g/l; Adição de NaOH e H2SO4 para fixar pH; experiências executadas dentro de uma cela Cilíndrica (300 cm³)</p>	<p>Direct Red 80, retenção de 100 %; Acido orange 10, acid red 4 e Direct yellow 8, a pH 6 desempenho ligeiramente melhor que para o Direct red 80; Para o basic Blue 3 , retenção de 100% no início</p>	<p>A membrana só não foi satisfatória para a tintura (Basic Blue 3), em particular as tinturas Direct red 80 e Direct yellow eram retidos em 100%</p>