

PHA 3418 – TECNOLOGIA DE SEPARAÇÃO POR MEMBRANAS PARA TRATAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES

Aula 1 – Introdução, definições básicas e necessidade de aplicação

Prof.: José Carlos Mierzwa
mierzwa@usp.br

OBJETIVOS DO CURSO

- Apresentar os principais conceitos associados aos processos de separação por membranas para o tratamento de água efluentes, incluindo:
 - Evolução histórica e tecnológica dos processos de separação por membranas;
 - Classificação dos processos de separação por membranas em função das características das membranas e parâmetros de operação;

OBJETIVOS (CONT.)

- Aplicações e limitações dos processos de separação por membranas para tratamento de água e efluentes;
- Bases para o desenvolvimento de projetos de sistemas de separação por membranas;
- Dimensionamento de sistemas de separação por membranas;
- Custos de implantação e operação de sistemas de separação por membranas.

BIBLIOGRAFIA

• **BÁSICAS:**

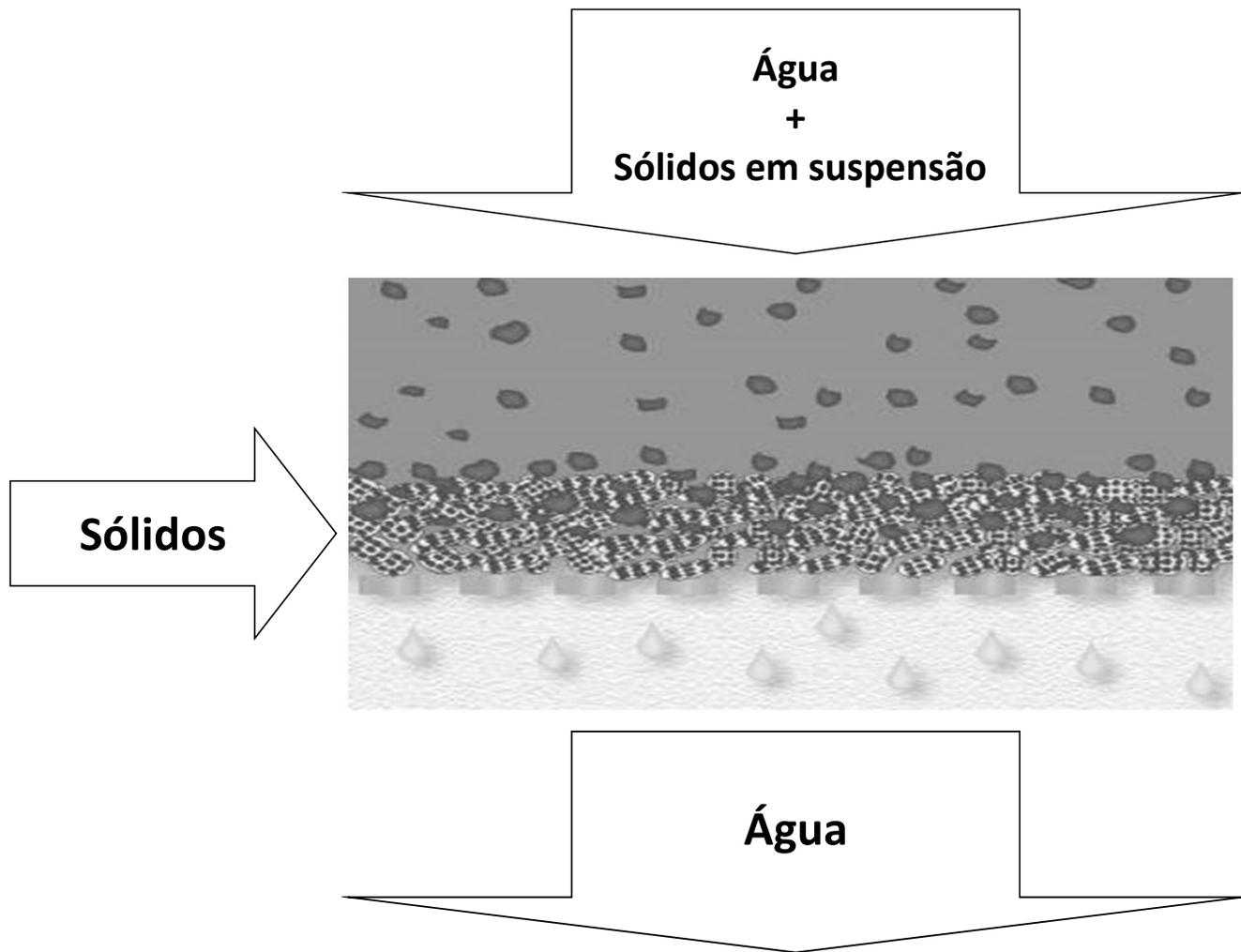
- 1 – Klaus-Viktor Peinemman, Suzana Pereira Nunes (Editors). *Membranes for water treatment*, Weinheim: Wiley-VHC, 2010, 237 p.
- 2 – Simon Judd, Claire Judd (Editors). *The MBR book: principles and applications of membrane bioreactors for water and wastewater treatment*. Oxford: Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2011, Burlington, MA. 519 p.
- 3 – American Water Works Association Research Foundation; Lyonnaise de Eaux; Water Research Commission of South Africa. *Water Treatment Membrane Processes*. McGraw-Hill. 1996.
- 4 – Munir Cheryan. *Ultrafiltration and Microfiltration Handbook*. Second Edition. CRC Press. Expanded Edition. 1998. 552p.

• **COMPLEMENTARES:**

- 1 – AWWA Manual. *Microfiltration and ultrafiltration membranes for drinking water*. American Water Works Association. 2005. 257 p.
- 2 – René Peter Schneider e Milton Tomoyuki Tsutiya. *Membranas Filtrantes para o Tratamento de Água, Esgoto e Água de Reúso*. 1ª Edição. São Paulo, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2001. 234p.
- 3 – Dow Liquid Separation. Filmtec. *Reverse Osmosis Membranes – Technical Manual*, July 2005. disponível em <http://www.filmtec.com>.

INTRODUÇÃO

- Diferenças entre o processo de filtração e separação por membranas:
- Filtração:
 - Separação de um ou mais componentes de uma fase líquida ou gasosa baseada, principalmente, na diferença de tamanho;
 - Separação de partículas sólidas imiscíveis, em uma barreira porosa;
 - Toda a corrente a ser tratada atravessa o meio poroso, deixando para trás os contaminantes;
 - A força motriz que promove a separação é a pressão hidráulica.



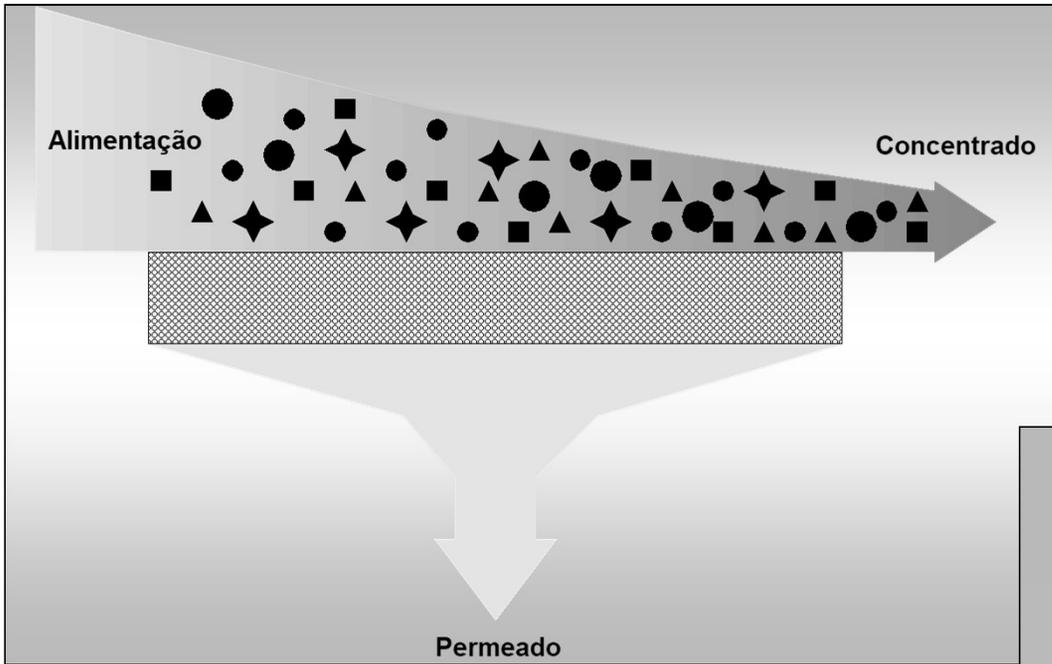
Representação do Processo convencional de Filtração

INTRODUÇÃO

- Processo de separação por membranas:
 - Pode separar sólidos imiscíveis e solutos que se encontram dissolvidos;
 - A membrana atua como uma barreira seletiva:
 - permite a passagem de determinados componentes enquanto impede a passagem de outros;

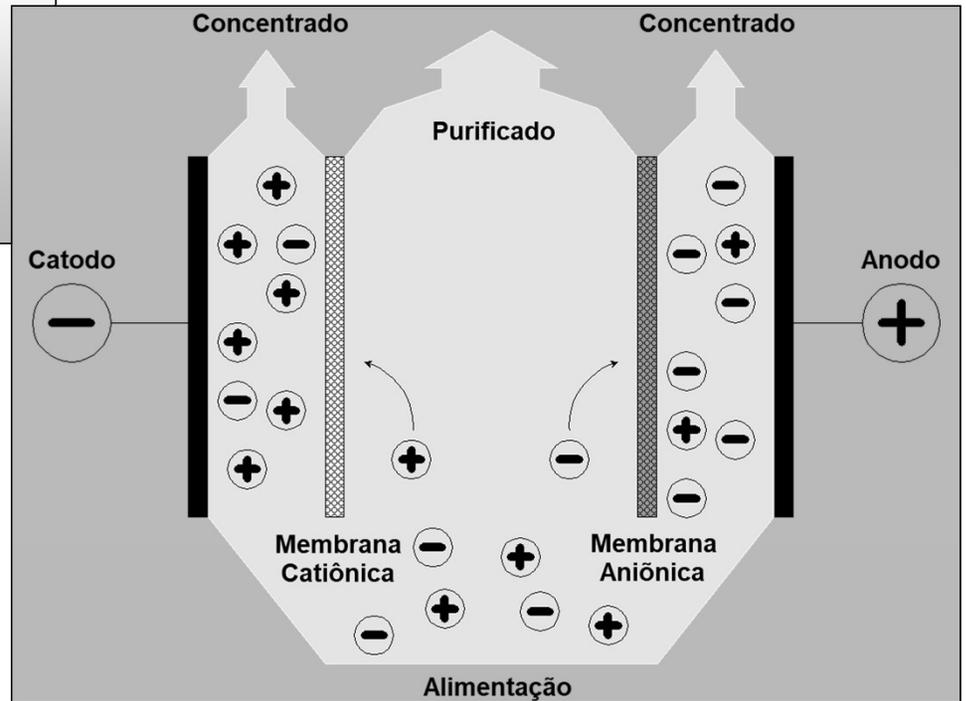
INTRODUÇÃO (CONT.)

- Processo de separação por membranas (cont.):
 - O fluxo é, preferencialmente, tangencial à membrana;
 - Nem todo o fluído que alimenta o sistema atravessa a membrana;
 - Em alguns casos são as espécies que se deseja separar que atravessam a membrana;
 - São produzidas duas correntes, o concentrado e o permeado ou purificado.



Representação do processo de separação com fluxo tangencial

Representação do processo de Eletrodialise

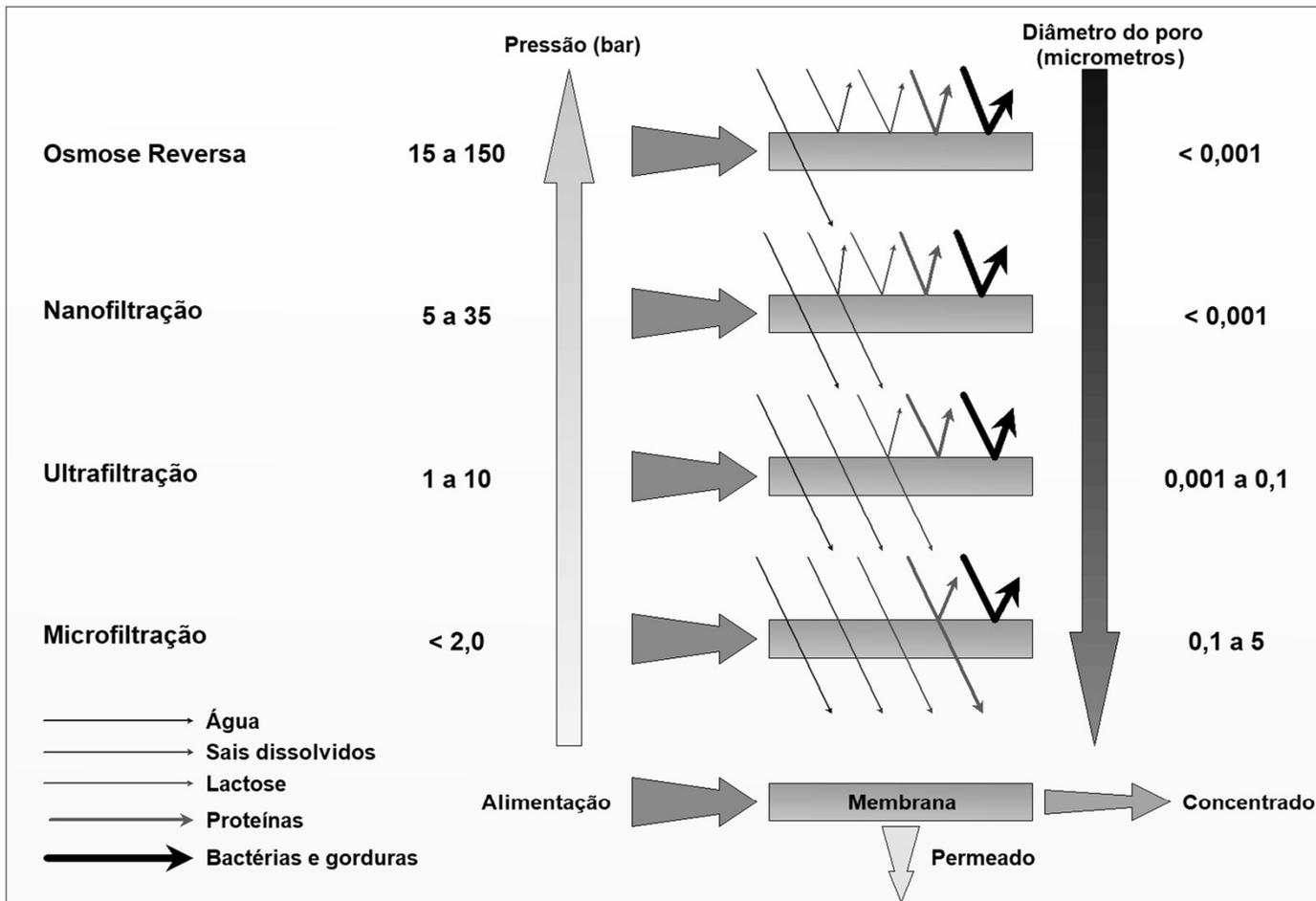


PRINCIPAIS PROCESSOS DE SEPARAÇÃO POR MEMBRANAS

- Microfiltração (MF);
- Ultrafiltração (UF);
- Nanofiltração (NF);
- Osmose Reversa (OR);
- Eletrodialise e Eletrodialise Reversa (ED/EDR);
- Pervaporação (PV).

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS PROCESSOS DE SEPARAÇÃO POR MEMBRANAS

Processo	Força motriz	Concentrado	Permeado ou Purificado
Microfiltração	Pressão	Partículas.	Solutos dissolvidos.
Ultrafiltração	Pressão	Moléculas de alto peso molecular.	Moléculas de baixo peso molecular e sais dissolvidos.
Nanofiltração	Pressão	Moléculas de baixo peso molecular e íons bivalentes.	Íons monovalentes.
Osmose Reversa	Pressão	Todos os solutos..	Praticamente água.
Diálise	Concentração	Moléculas de alto peso molecular.	Moléculas de baixo peso molecular.
Eletrodiálise	Corrente elétrica	Solutos iônicos..	Solutos não iônicos.
Pervaporação	Pressão	Depende da membrana	Depende da membrana
Osmose	Potencial químico	Solutos	Água

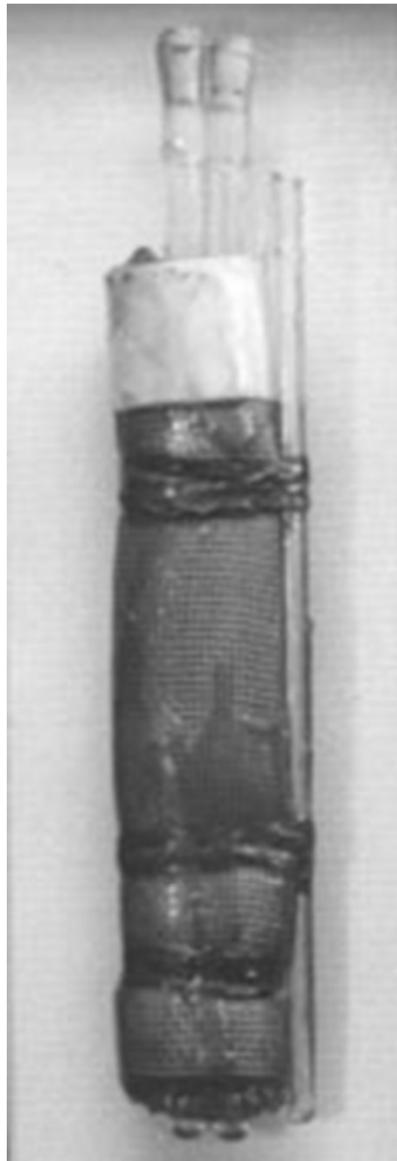


Capacidade de separação dos principais processos de separação por membranas

	Microscopia Eletrônica		Microscopia Ótica		Visível a Olho Nú	
	Íons	Moléculas	Macro Moléculas	Micro Partículas	Macro Partículas	
Micrometros	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	1	10	100
Angstrons	10	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶
	Emulsão de Latex					
	Açúcares	Emulsão de Óleo				
	Endotoxinas (Pirogênios)		Negro de Fumo	Pigmentos de Tintas		
				Células de Leveduras		
	Íons Metálicos	Vírus	Bactérias			
	Sais Dissolvidos	Colóides				
			Areia			
	Osmose Reversa		Microfiltração		Evaporação	
	Troca Iônica					
	Ultrafiltração			Coagulação/Floculação e Filtração		

Nota: 1 Angstron = 10⁻¹⁰ metros = 10⁻⁴ micrometros

Técnicas de Tratamento em Função do Contaminante



**Primeiro módulo enrolado em
espiral desenvolvido pela
empresa Kock Membranes**

NECESSIDADES ATUAIS PARA APLICAÇÃO DOS PROCESSOS DE SEPARAÇÃO POR MEMBRANAS

- Atualmente, três fatores básicos conduzem à necessidade de utilizar os processos de separação por membranas:
 - Restrições legais;
 - Aumento da demanda de água e redução da oferta;
 - Pressões de mercado.

RESTRIÇÕES LEGAIS

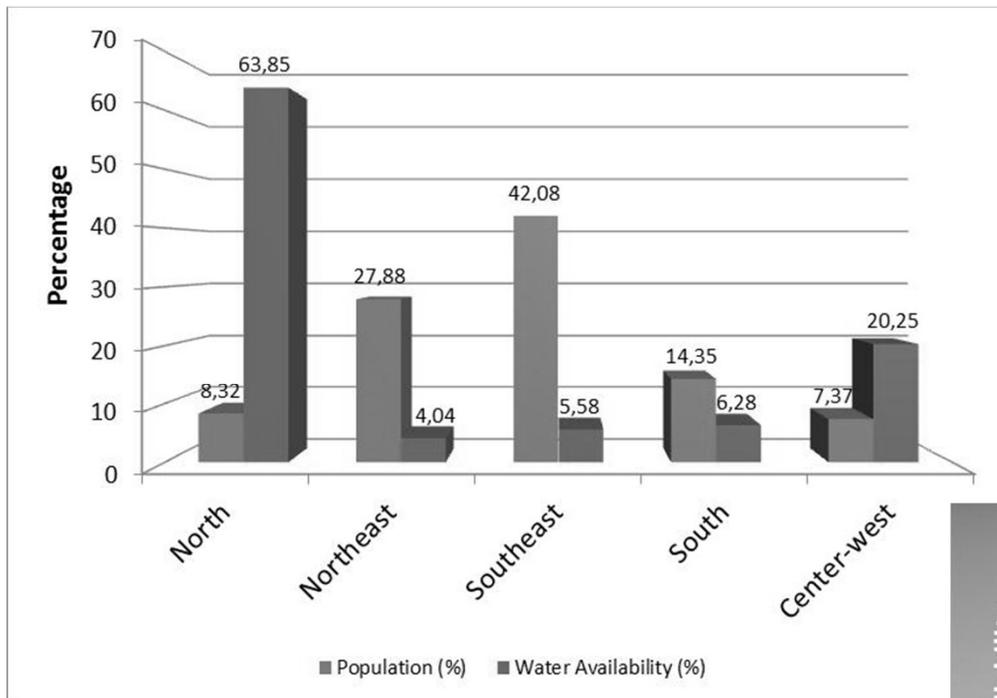
- Normas mais restritivas relacionadas aos padrões de qualidade de água e lançamento de efluentes;
 - Portaria MS 2914/2011 do Ministério da Saúde;
 - Resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 430/2011 e Decreto Estadual nº 8.468/1976;
- Problemas relacionados à disposição de resíduos sólidos;
- Introdução do conceito de poluidor pagador.

POLÍTICA ESTADUAL DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

- Lei n° 12.300, de 16/03/2006;
- Proíbe o lançamento de resíduos em sistemas de drenagem de água pluviais;
- Prática utilizada pelas companhias de abastecimento para destinação final do lodo gerado.

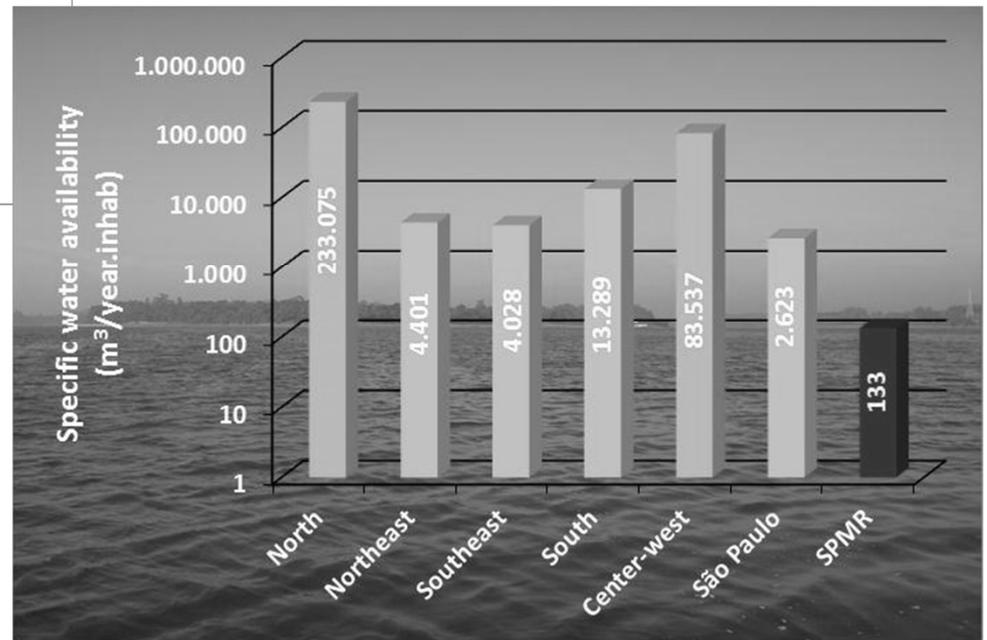
AUMENTO DA DEMANDA E REDUÇÃO DA OFERTA

- Crescimento populacional acelerado, principalmente nos grandes centros urbanos;
- Degradação da qualidade dos mananciais disponíveis em razão do lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais;
- O conceito de mananciais protegidos não se aplica a todos os mananciais;
- Utilização de mananciais degradados como fonte de abastecimento.



Distribution of Brazilian Population and water availability (2010)

Demanda específica de água por região



ÀS MARGENS DA SECA

Pesadelo da falta d'água já atinge metade dos municípios

Bairros de BH, Triângulo e Norte convivem com desabastecimento



Crítico. O rio São Francisco, que abastece inúmeras cidades mineiras, sofre com a falta de chuva e está seco em vários pontos: as previsões de melhora no cenário são cada vez mais pessimistas

PUBLICADO EM 18/09/14 - 03h00

ANA PAULA PEDROSA / QUEILA ARIADNE

Fonte: <http://www.otempo.com.br/capa/economia/pesadelo-da-falta-d-%C3%A1gua-j%C3%A1-atinge-metade-dos-munic%C3%A0dpios-1.917672>

Falta de água atinge 71% em SP; no país, 39% ficaram sem luz

DE BRASÍLIA

09/02/2015 @ 02h00



Pesquisa Datafolha mostra que 71% dos paulistanos relataram ter sofrido falta de água em suas residências nos últimos 30 dias. Na média, essa parcela da população disse que o problema ocorreu em em 16 dias do mês.

Levantamento anterior, realizado em outubro do ano passado, havia mostrado que 60% dos paulistanos tinham ficado sem água em algum momento nos 30 dias antes do levantamento.

Já no Estado como um todo, esses índices são menores. De acordo com a pesquisa realizada no início deste mês, 44% sofreram falta de água, por 12 dias em média.

PUBLICIDADE

PACOTE VANTAGENS MFRV

Após 2 quartos nas Melhores LOCALIZAÇÕES

>> CHAT 24 HORAS!

Editoria de Arte/Folhapress

CRISE HÍDRICA

RESIDÊNCIAS ATINGIDAS POR FALTA DE ÁGUA NO ÚLTIMO MÊS

No país



Por região



CRISE ENERGÉTICA

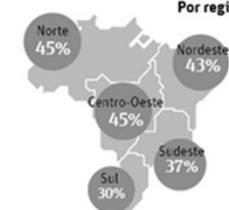
RESIDÊNCIAS ATINGIDAS POR FALTA DE ENERGIA NO ÚLTIMO MÊS

No país



2,9 foi a média de dias sem energia

Por região



Fonte:

<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2015/02/1587226-falta-de-agua-atinge-71-em-sp-no-pais-39-ficaram-sem-luz.shtml>

Escassez induzida



Relatório CETESB de Qualidade de Águas Superficiais - 2014

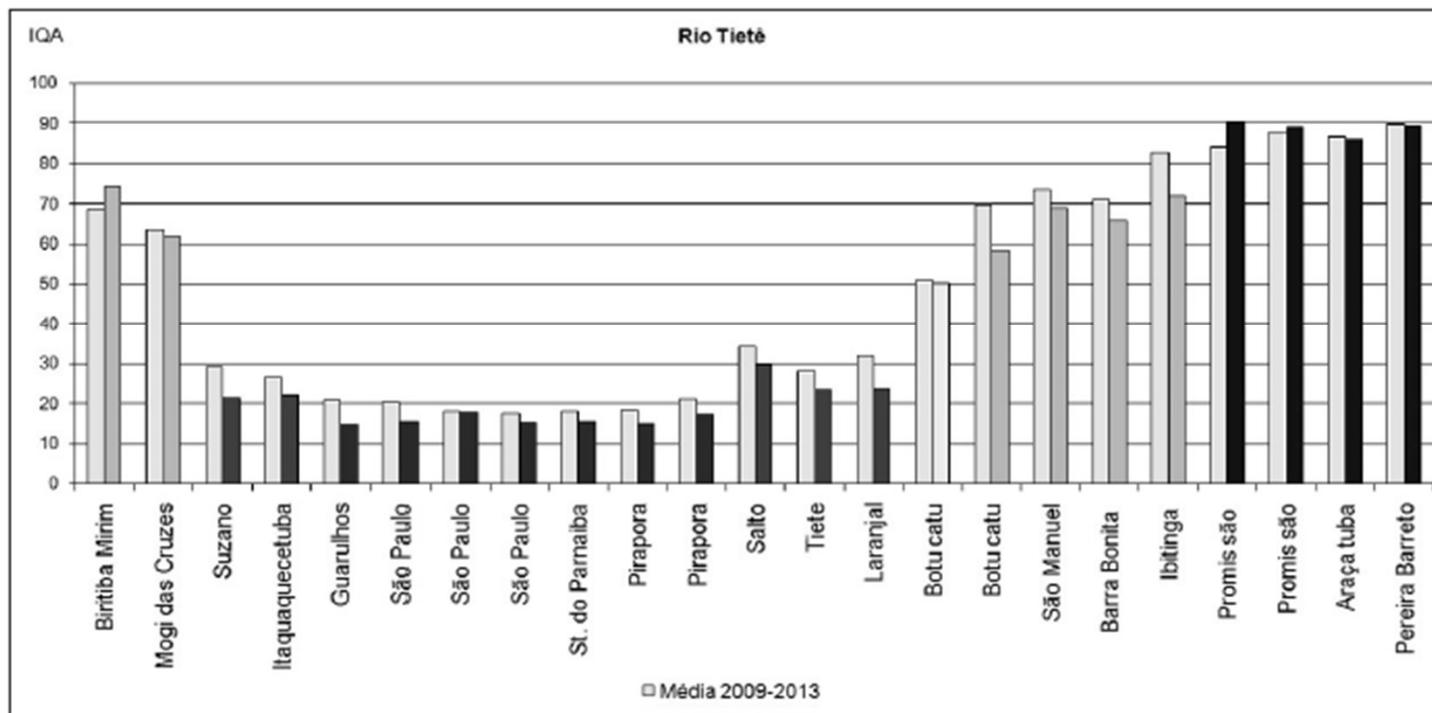
Tabela 1 – Porcentagem da população atendida pela coleta e pelo tratamento de esgotos e ICTEM nas áreas urbanas das 22 UGRHs.

UGRHI		População Urbana	Atendimento (%)		Carga Remanescente kg/dia	ICTEM
Número	Descrição		Coleta	Tratamento		
1	Mantiqueira	59.451	70	100	1.060	7,14
2	Paraíba do Sul	1.994.782	91	61	58.015	5,75
3	Litoral Norte	296.457	49	68	11.046	4,36
4	Pardo	1.132.342	98	69	17.449	7,62
5	Piracicaba/Capivari/Jundiaí	5.284.029	92	66	106.290	6,94
6	Alto Tietê	20.523.764	89	50	591.174	5,53
7	Baixada Santista	1.777.861	71	53	84.315	2,61
8	Sapucaí/Grande	672.643	100	95	6.583	9,80
9	Mogi Guaçu	1.451.547	98	57	44.433	5,42
10	Sorocaba/Médio Tietê	1.771.427	88	80	32.961	7,14
11	Ribeira de Iguape/Litoral Sul	291.443	65	91	8.783	5,76
12	Baixo Pardo/Grande	333.929	100	82	7.922	6,62
13	Tietê/Jacaré	1.518.045	98	76	41.576	5,98
14	Alto Paranapanema	608.884	91	86	15.651	6,34
15	Turvo/Grande	1.221.628	98	94	17.796	7,87
16	Tietê/Batalha	495.663	96	87	10.160	6,89
17	Médio Paranapanema	641.115	97	93	8.979	7,94
18	São José dos Dourados	192.827	97	100	2.455	8,22
19	Baixo Tietê	734.423	99	99	9.450	8,17
20	Aguapeí	339.519	98	100	3.447	9,67
21	Peixe	428.935	89	97	14.005	5,05
22	Pontal de Paranapanema	455.126	97	95	5.253	8,37
Estado de São Paulo		42.225.839	90	61	1.098.802	6,04

Fonte: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/agua-doce-parte1-corrigido.pdf>

Impacto da Falta de Tratamento de Esgotos na Disponibilidade Hídrica

Gráfico 4.51– Perfil do IQA ao longo do Rio Tietê em 2014 e nos últimos 5 anos.



Perfil do IQA ao longo do Rio Tietê em 2014

Fonte: Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2014 [recurso eletrônico] / CETESB. -- São Paulo : CETESB, 2015.

Necessidade de utilização de técnicas avançadas (alternativas)

Database Counter

In addition to organic and inorganic substances, REGISTRY has:

66,569,759 sequences

CAS RN 1872343-09-3 is the most recent CAS Registry Number

CAS also provides specialized databases of chemical reactions, regulated chemicals, commercially available chemicals and Markush substance information.

Specialized Substance Collections Count

CASREACT⁽¹⁾ **86,492,064** Single and multi-step reactions, and synthetic preparations

CHEMLIST **345,462** Inventoried/regulated substances

CHEMCATS **102,510,642** Commercially available chemicals

MARPAT **1,114,092** Searchable Markush structures

(1) More information on CASREACT statistics.

<http://www.cas.org/content/counter> (acesso em 23 de fevereiro de 2016)

FONTES ALTERNATIVAS DE ABASTECIMENTO

- A crescente escassez de recursos hídricos, aliada às novas restrições legais tem conduzido à busca por fontes alternativas de abastecimento:
 - Utilização de águas salobras e salinas;
 - Implantação da prática de reúso de efluentes:
 - O interesse pelo reúso de efluentes tem aumentado de maneira expressiva.

Reúso Potável

- ▶ O fator limitante para o reúso não potável abrangente de água é o custo da rede de distribuição;
- ▶ Atualmente o nível de desenvolvimento tecnológico permite a obtenção de água com elevado grau de qualidade;
- ▶ Com a utilização destas tecnologias é possível implantar um programa de reúso potável planejado;
- ▶ Isto já vem sendo feito em outros países.

Get the best of Water Online delivered straight to your Inbox!

Sign Me Up



From The Editor | September 16, 2014



Texas Leads The Way With First Direct Potable Reuse Facilities In U.S.

By *Laura Martin*
@LauraOnWater

Severe drought prompts both Big Spring and Wichita Falls to recycle wastewater effluent for drinking water use. Will others follow suit?

When John Grant and his team in Big Spring, Texas, initially decided to build the first-ever direct potable reuse (DPR) facility in the U.S., they weren't trying to make history.

In fact, Grant, the general manager for the Colorado River Municipal Water District (CRMWD), wasn't even aware that there are only a handful of facilities worldwide that utilize DPR—the process of reusing treated wastewater as drinking water without an environmental buffer.

The CRMWD was simply looking to provide clean, safe water for the district's consumers in Odessa, Big Spring, Snyder, and Midland during the region's worst drought in decades.

"When we started our project back in 2002, we didn't even intend for it to be a DPR project. We were just looking for new water supplies in our area," said Grant. "We weren't able to build any more surface reservoirs because we physically had no more room, most of the fresh ground water had already been developed, and indirect potable reuse



Newsletter Signup

Get the latest water industry news, insights, and analysis delivered to your inbox.

Email

Sign Me Up

By clicking Sign Me Up, you agree to our Terms and that you have read our Privacy Policy.

YOU MAY ALSO LIKE...



Speaking Out On Water Reuse: Experts Make Compelling Case
A mix of quotes, notes, expert opinions, and beer — all made possible by water reuse.

Direct Potable Reuse Vs. Indirect: Weighing The Pros And Cons

There are two potable water reuse options currently gaining prevalence: direct potable reuse (DPR) and indirect potable reuse (IPR). Water Online shares pros and cons of each.

Is America Ready To Drink Recycled Water?

Treated wastewater could be a major asset during California's historic drought, but are people ready to drink

Guardian sustainable business water

The US, South Africa and Australia are turning wastewater into drinking water

Water stressed cities are importing water and investing in desalination plants. Could treating sewage plant wastewater offer a local, energy-efficient way of securing water supply?

Sponsored by:
GRUNDFOS
About this content

Stuart Khan

Monday 13 October 2014 14.21 BST

f t e in g+
< Shares
718



Water flows through the Southern California desert from the Colorado River to the Los Angeles area. Photograph: Hopd/AP

Advertisement

GRUNDFOS

Most popular in US

Baltimore officer who chased Freddie Gray had pattern of violence - court filings

Em 10 anos, água de reúso: x

Primeiro usuár...

sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,em-10-anos-agua-de-reuso-poderia-abastecer-3-5-mi-imp-,1634721

Apps Web Sudoku - Billio... Entrar | Escola Polité... Programa Capes/Br... APOLO11.COM - Ni...

Acervo PME **Jornal do Carro** paladar link Radio Eldorado Radio Estadão

Classificados ANUNCIE ASSINE O ESTADÃO

ESTADÃO

POLÍTICA + ECONOMIA + INTERNACIONAL + ESPORTES + SÃO PAULO + CULTURA + MAIS + SERVIÇOS + OUCAS RÁDIOS

São Paulo

ÚLTIMAS COLUNAS BLOGS

Em 10 anos, água de reúso poderia abastecer 3,5 mi

EDGAR MACIEL - O ESTADO DE SÃO PAULO
15 Fevereiro 2015 | 02h 03

Projeto enviado à Sabesp prevê tornar o esgoto potável e ajudar a despoluir os rios de São Paulo; custo estimado é de R\$ 3 bilhões

A água de reúso é apontada por especialistas como a solução mais barata e viável para a crise hídrica em São Paulo. Um relatório entregue à Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), em dezembro de 2014, aponta que, em dez anos, seria possível criar um sistema que reutilizasse cerca de 10 metros cúbicos por segundo, capaz de abastecer 3,5 milhões de habitantes.

Todo o esgoto seria transformado em água potável, o que também ajudaria a despoluir os rios de São Paulo. "Isso significa uma independência hídrica buscada pelo Estado e milhões de reais poupados em recursos. É a única alternativa que temos no momento", diz o professor de Hidrologia da Universidade de São Paulo (USP) e autor do relatório, Jamildo Hernandes. "Nós ainda estamos usando os

12 COMENTÁRIO(S)

DÊ A SUA OPINIÃO

ROBERTO POPÓ
13 de Março de 2015 | 00h35
Trabalhei por 38 anos em uma empresa de Osasco, percorria todo o rio Tiete de Guarulhos a Osasco. Vi obras que devem ter custado muito mais e sem eficácia nenhuma durante este período, desde o tempo de Maluf e cia até a atualidade. São e demonstraram ser todos incompetentes ou simplesmente aproveitadores e não governadores.

DENUNCIAR

WELBI MAIA BRITO
18 de Fevereiro de 2015 | 15h54
O governador Geraldo Alckmin, desde o início, tem se mostrado atento e atuante, realizando obras e ações governamentais, que somadas às chuvas, tem conseguido evitar racionamento nas regiões abastecidas pelos sistemas Guarapiranga e Alto Tietê.

DENUNCIAR

PAULO CARVALHO
16 de Fevereiro de 2015 | 21h59
Há um grande volume de água disponível para uso pela região

ASSINE O ESTADÃO

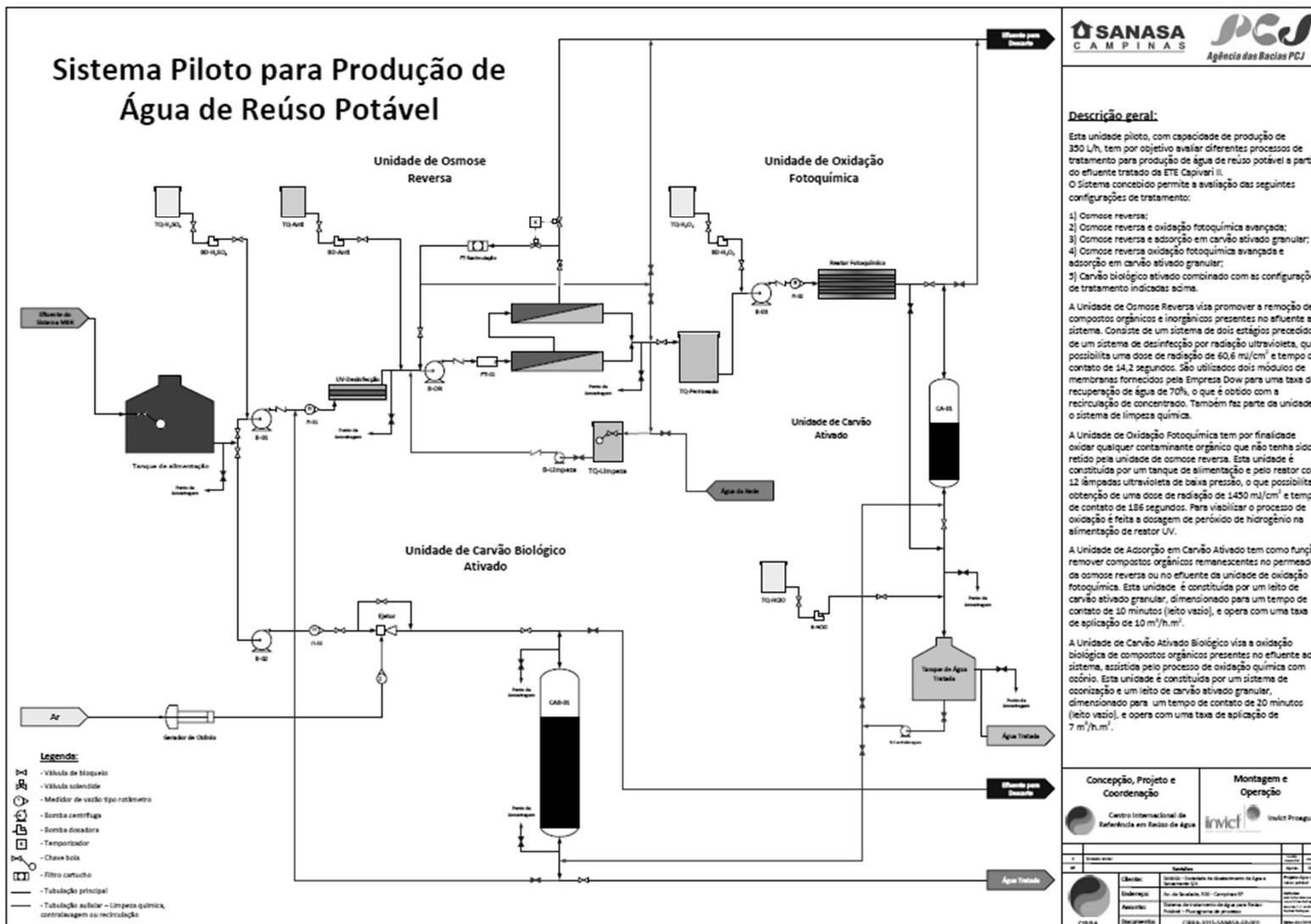
POR 07:32
PTB2 18-May-15

<http://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,em-10-anos-agua-de-reuso-poderia-abastecer-3-5-mi-imp-,1634721>

Projeto de Reúso de Água Potável da SANASA/Campinas

- Proposta de avaliação de sistema de tratamento para produção de água de reúso potável a partir de esgotos domésticos tratados;
- Instalação de um sistema piloto para avaliar processos complementares de tratamento do efluente de um sistema MBR;
- Avaliar a eficiência de tratamento e remoção de compostos orgânicos com potencial estrogênico e androgênico.

Sistema Piloto para Produção de Água de Reúso Potável



Descrição geral:

Esta unidade piloto, com capacidade de produção de 350 L/h, tem por objetivo avaliar diferentes processos de tratamento para produção de água de reúso potável a partir do efluente tratado da ETE Capivari II.

- O Sistema concebido permite a avaliação das seguintes configurações de tratamento:
- 1) Osmose reversa;
 - 2) Osmose reversa e oxidação fotoquímica avançada;
 - 3) Osmose reversa e adsorção em carvão ativado granular;
 - 4) Osmose reversa oxidação fotoquímica avançada e adsorção em carvão ativado granular;
 - 5) Carvão biológico ativado combinado com as configurações de tratamento indicadas acima.

A Unidade de Osmose Reversa visa promover a remoção de compostos orgânicos e inorgânicos presentes no efluente ao sistema. Consiste de um sistema de dois estágios precedido de um sistema de desinfecção por radiação ultravioleta, que possibilita uma dose de radiação de 60,6 mJ/cm² e tempo de contato de 14,2 segundos. São utilizados dois módulos de membranas fornecidos pela Empresa Dow para uma taxa de recuperação de água de 70%, o que é obtido com a recirculação de concentrado. Também faz parte da unidade o sistema de limpeza química.

A Unidade de Oxidação Fotoquímica tem por finalidade oxidar qualquer contaminante orgânico que não tenha sido retido pela unidade de osmose reversa. Esta unidade é constituída por um tanque de alimentação e pelo reator com 12 lâmpadas ultravioleta de baixa pressão, o que possibilita a obtenção de uma dose de radiação de 1.450 mJ/cm² e tempo de contato de 186 segundos. Para viabilizar o processo de oxidação é feita a dosagem de peróxido de hidrogênio na alimentação de reator UV.

A Unidade de Adsorção em Carvão Ativado tem como função remover compostos orgânicos remanescentes no permeado da osmose reversa ou no efluente da unidade de oxidação fotoquímica. Esta unidade é constituída por um leito de carvão ativado granular, dimensionado para um tempo de contato de 10 minutos (leito vazio), e opera com uma taxa de aplicação de 10 m³/h.m².

A Unidade de Carvão Biológico Ativado visa a oxidação biológica de compostos orgânicos presentes no efluente ao sistema, assistida pelo processo de oxidação química com ozônio. Esta unidade é constituída por um sistema de ozonização e um leito de carvão ativado granular, dimensionado para um tempo de contato de 20 minutos (leito vazio), e opera com uma taxa de aplicação de 7 m³/h.m².

Concepção, Projeto e Coordenação: **irvict** Institut Pragque

Centro Internacional de Referência em Reúso de Água

Item	Descrição	Responsável	Data
1	Projeto	irvict	2015
2	Montagem	irvict	2015
3	Operação	irvict	2015
4	Manutenção	irvict	2015
5	Relatório	irvict	2015

PRESSÃO DE MERCADO

- Este tipo de força motriz para a introdução de processos de separação por membranas ainda é pouco sentido:
 - Os sistemas de tratamento de água, na sua grande maioria são mantidos pelo poder público;
 - A avaliação de custo-benefício para um projeto não é conduzida com muito rigor;
 - Falta de investimentos no setor de saneamento;
 - Não existe uma competição significativa entre projetistas e fornecedores, o que limita a busca por mudanças.

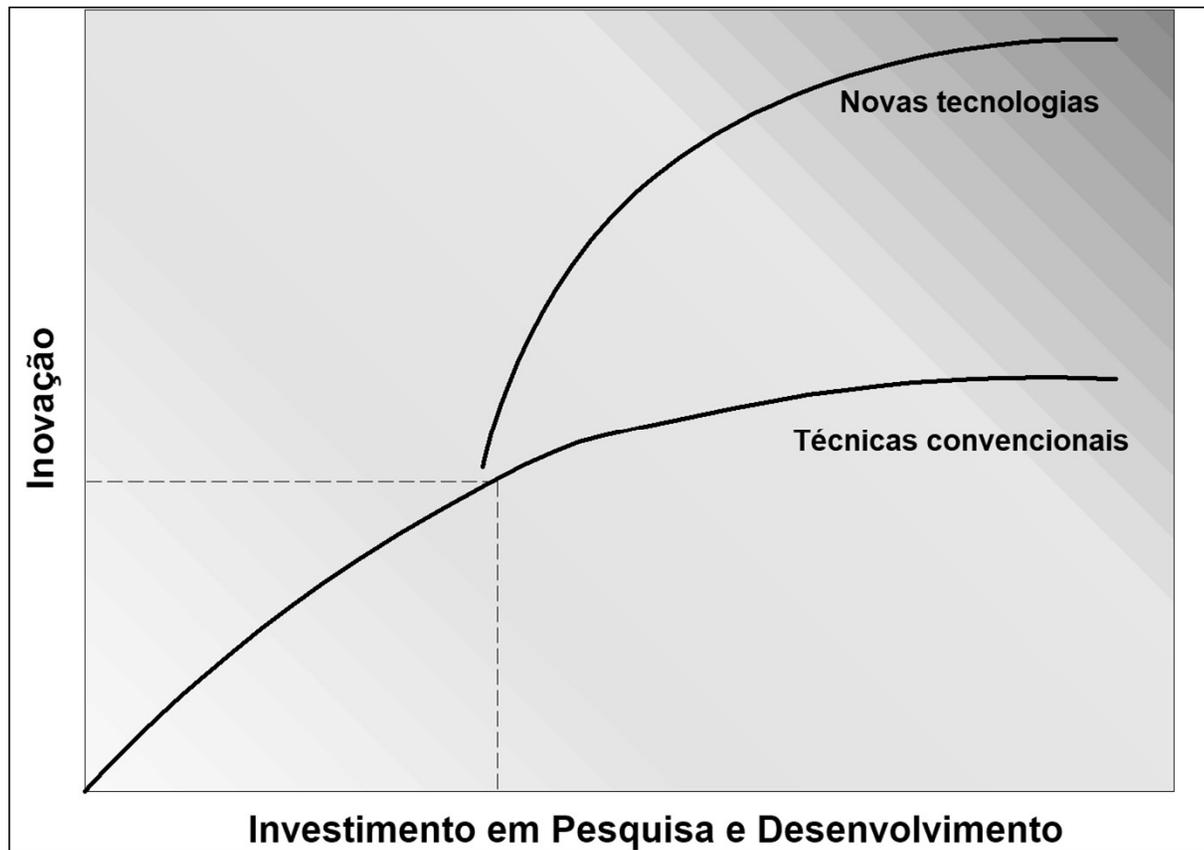
PRESSÃO DE MERCADO (CONT.)

- À medida que o setor privado começa a ter uma maior participação neste setor a situação tende a se alterar;
- Houve uma melhoria significativa no desempenho dos processos de separação por membranas;
- Aumento da produção com conseqüente redução de custos;
- Sistemas convencionais tornam-se cada vez mais complexos.

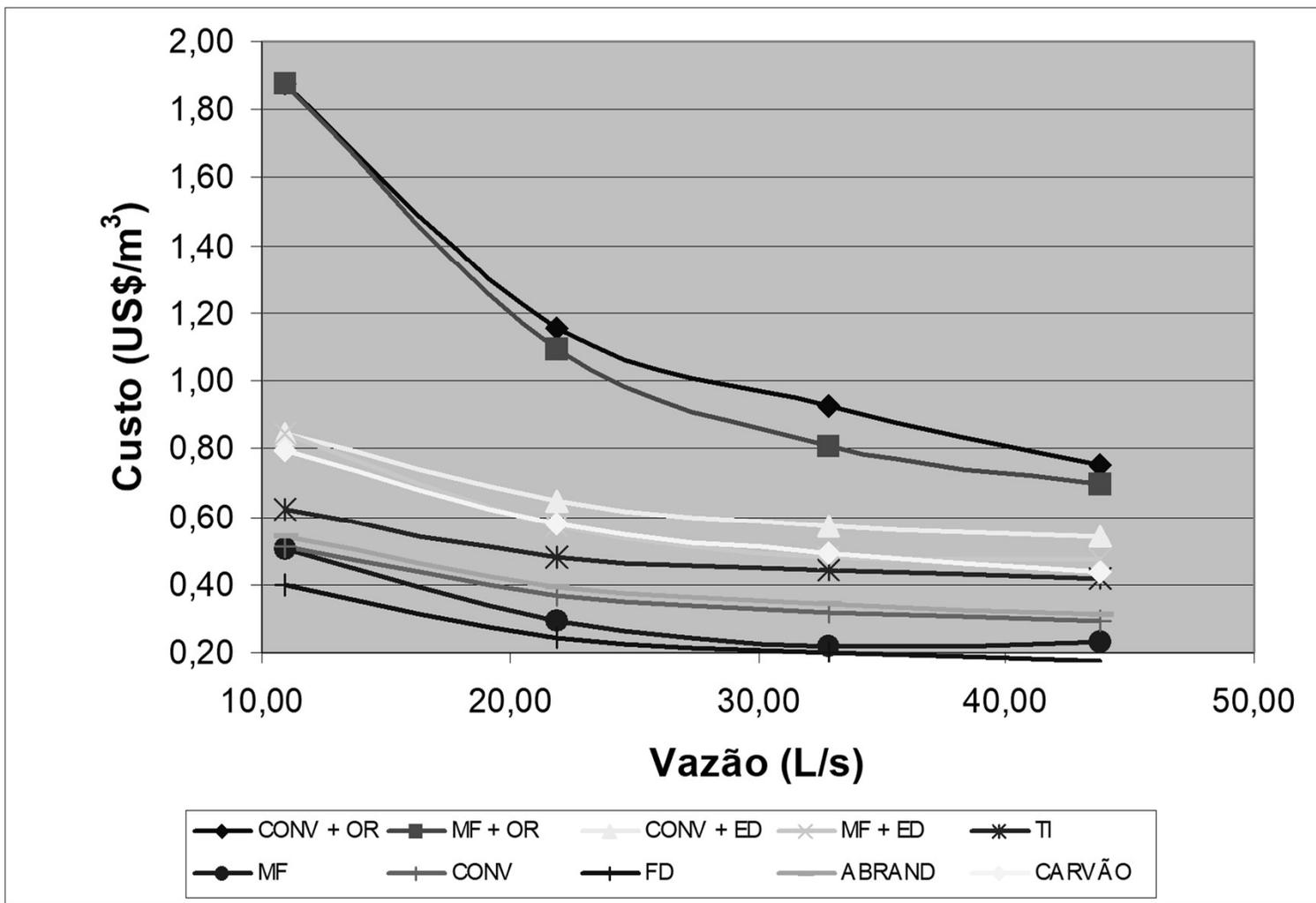
PRESSÃO DE MERCADO (CONT.)

- Em termos de inovação, o retorno do investimento em P&D nos sistemas convencionais não se mostra atraente;
- A cada dia é necessário investir mais para um ganho de inovação muito pequeno;
- Para reverter esta tendência é necessário investir em novas tecnologias.

Utilização de novas tecnologias de tratamento de efluentes para reuso



Relação entre inovação e investimento em P&D na atualidade



Comparação de Custos para as principais tecnologias de tratamento de água

DESAFIOS A SEREM SUPERADOS

- Capacitação técnica;
- Desenvolvimento tecnológico:
 - Modificação de membranas;
 - Fabricação de membranas;
 - Fabricação de sistemas de tratamento de água;
- Investimento em pesquisa e desenvolvimento.