

PHA 3418 – Tecnologia de Separação por Membranas para Tratamento de Água e Efluentes

Aula 15 – Custos de sistemas de separação por membranas

Prof.: José Carlos Mierzwa
mierzwa@usp.br

Considerações gerais

- Quando se fala em custos de sistemas de separação por membranas deve-se considerar:
 - Custo de implantação do sistema;
 - Custo de operação e manutenção.
- Estes custos variam de acordo com a configuração do sistema.

Considerações gerais (cont.)

- O custo de implantação é obtido considerando-se os seguintes componentes:
 - Unidade de separação por membranas:
 - Membranas (área);
 - Vasos de pressão ou módulos;
 - Subsistema de limpeza química;
 - Bombas;
 - Tubulações;
 - Válvulas;
 - Instrumentos.

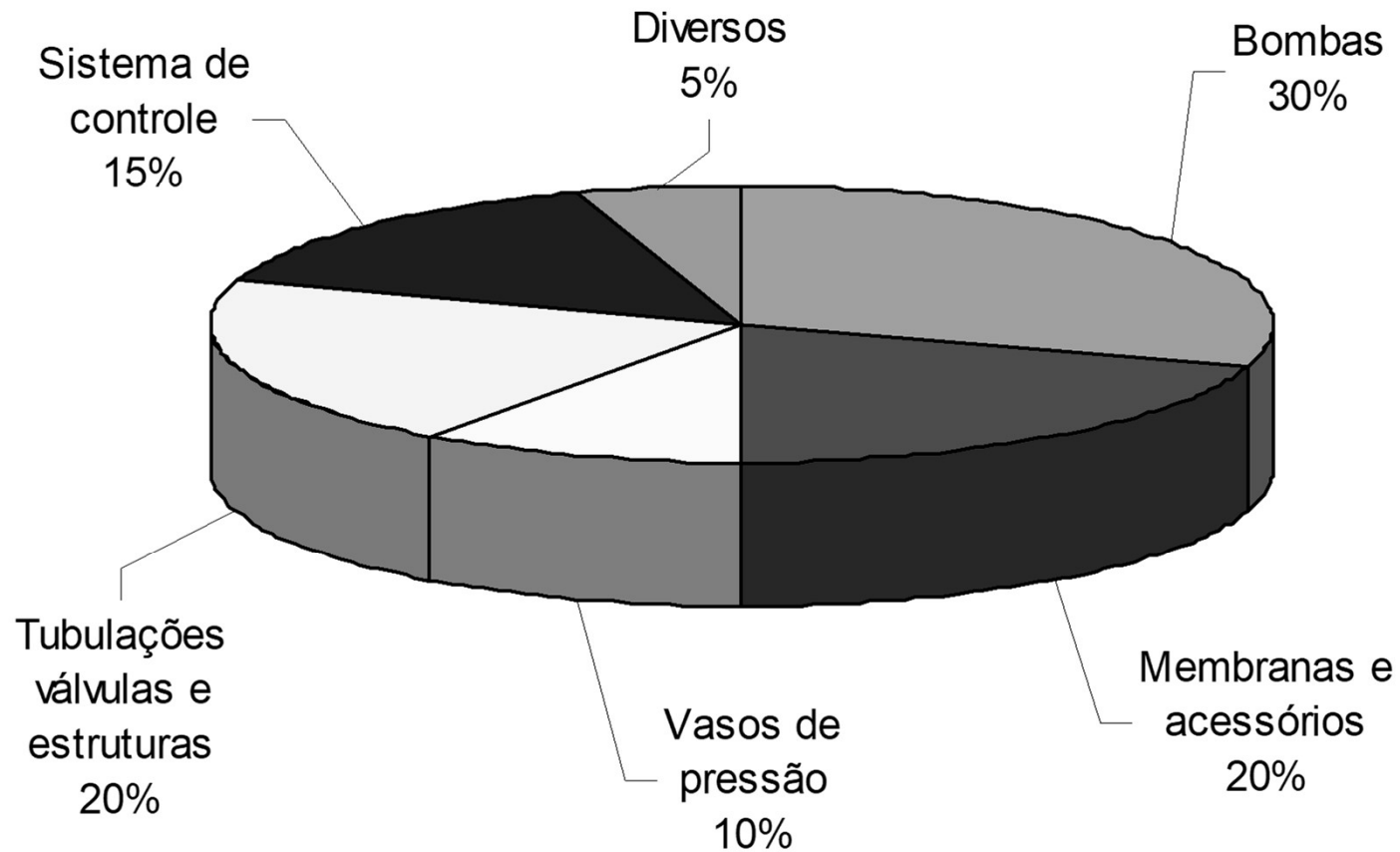
Considerações gerais (cont.)

- Componentes do sistema (cont.):
 - Subsistema de pré-tratamento;
 - Tanques de armazenagem;
 - Edificações;
 - Sistemas auxiliares:
 - Água;
 - Energia;
 - Drenagem;
 - Ar comprimido.

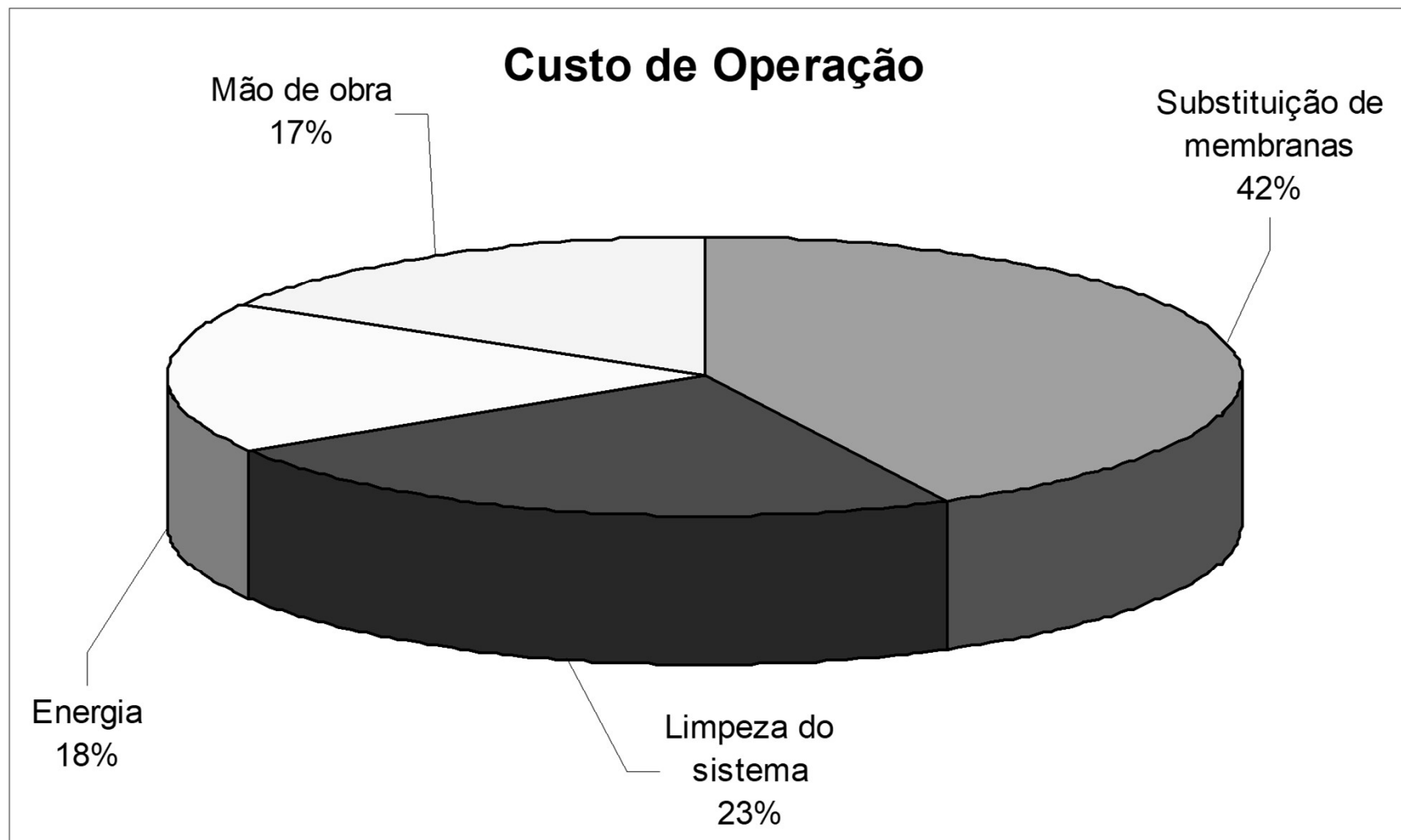
Considerações gerais (cont.)

- O custo de operação e manutenção é obtido considerando-se:
 - Mão de obra;
 - Insumos químicos;
 - Energia;
 - Substituição das membranas.

Custo de Investimento



Fonte:Environmental technology - Best practice programme. Cost-effective membrane technologies for minimizing wastes and effluents. GG54 - Guide. UK, March 1997.



Fonte:Environmental technology - Best practice programme. Cost-effective membrane technologies for minimizing wastes and effluents. GG54 - Guide. UK, March 1997.

Considerações gerais (cont.)

- Na Europa os preços dos sistemas se mantiveram estáveis entre o início da década de 1970 e final da de 1980;
- Nos EUA neste mesmo período os preços sofreram uma redução significativa;
- Com a introdução dos módulos em espiral o custo de sistemas utilizados na indústria de laticínios caiu de US\$ 1.400 para US\$ 370 por m²;
- Na década de 1990 os preços continuaram caindo nos EUA .

Custos dos Sistemas nos EUA

Aplicação	Custo (US\$/m ²)
Indústria farmacêutica	200 - 300
Indústria de laticínios	150 - 250
Tratamento de água	70 - 150

Fonte: OSMONICS, 2001

Estes custos referem-se à implantação de sistemas com membranas em espiral.

Considerações gerais (cont.)

- O custo final de um sistema de separação por membranas é bastante influenciado:
 - Pelo tipo de processo:
 - MF, UF, NF, OR, ED;
 - Pela configuração das membranas:
 - Enrolada em espiral;
 - Fibra oca;
 - Tubular;
 - Plana.
 - Pelo material das membranas:
 - Polimérico;
 - Cerâmico.

Considerações gerais (cont.)

- O custo do sistema também é influenciado pelas características da corrente a ser submetida ao tratamento;
- Isto é mais evidente para os sistemas onde ocorre a separação de substâncias dissolvidas;
- A escala de produção das membranas também é um fator relevante.

Participação dos principais tipos de membrana no mercado

Tipo	Participação	Observação
Filme fino - OR	85 %	Domínio de módulos em espiral
Filme fino – NF	3 – 5 %	
MF e UF – OS	5 – 7 %	Fibra oca, tubular e espiral
Outros	3 – 5 %	Inclui membranas cerâmicas e diversas configurações

Sistemas com membranas em espiral

- São os mais baratos do mercado em termos de custo por área de membrana;
- O custo de implantação desses sistemas varia de US\$ 300,00 a US\$ 500,00 por m²;
- O custo de reposição também acaba sendo baixo.

Custo de reposição de membranas enroladas em espiral

Tipo	Faixa (US\$/m ²)
OR – Filme fino	15 - 25
NF – Filme fino	20 - 40
UF – Polisulfona	25 - 50
Elementos especiais	35 - 70

Fonte: OSMONICS, 2001

Custo de reposição de membranas enroladas em espiral

Membrana	Fornecedor	Custo (US\$/m ²)
OR	Filmtec	32 - 42
	Hydranautics	26 - 40
NF	Filmtec	34 - 45
	Hydranautics	25 - 42
UF - PS	AMI	46 - 49
MF - PVDF	AMI	46 - 53

Adaptado de <http://www.wateranywhere.com>

Os valores apresentados baseiam-se no custo dos módulos de 8" e 4"

Sistemas com membranas tubulares

- Estes sistemas apresentam custos de implantação mais elevados;
- Isto se deve pela quantidade de vasos de pressão necessários para alojar as membranas;
- Pode-se assumir um custo de investimento da ordem de US\$ 1.000,00 a US\$ 1.600,00 por m² de área de membrana;
- O custo de reposição das membranas é da ordem de US\$ 120,00 a US\$ 320,00 por m².

Sistemas com membranas planas

- São utilizados em aplicações bastante restritas;
- Por esta razão o seu custo tem se mantido estável por muito tempo;
- O custo de implantação varia de US\$ 2.000,00 a US\$ 3.000,00 por m²;
- Reposição das membranas valor na faixa de US\$ 200,00 a US\$ 300,00 por m².

Sistemas com membranas em fibra oca

- São uma promessa para competir com os módulos enrolados em espiral;
- O custo atual dos sistemas pode variar de US\$ 1.100,00 a US\$ 1.700,00 por m²;
- O custo de reposição das membranas, devido à complexidade dos módulos pode variar de US\$ 270,00 a mais de US\$ 700,00 por m²;
- Valores mais elevados referem-se à sistemas específicos, para tratamento de emulsões e processamento de leite.

Sistemas com membranas cerâmicas

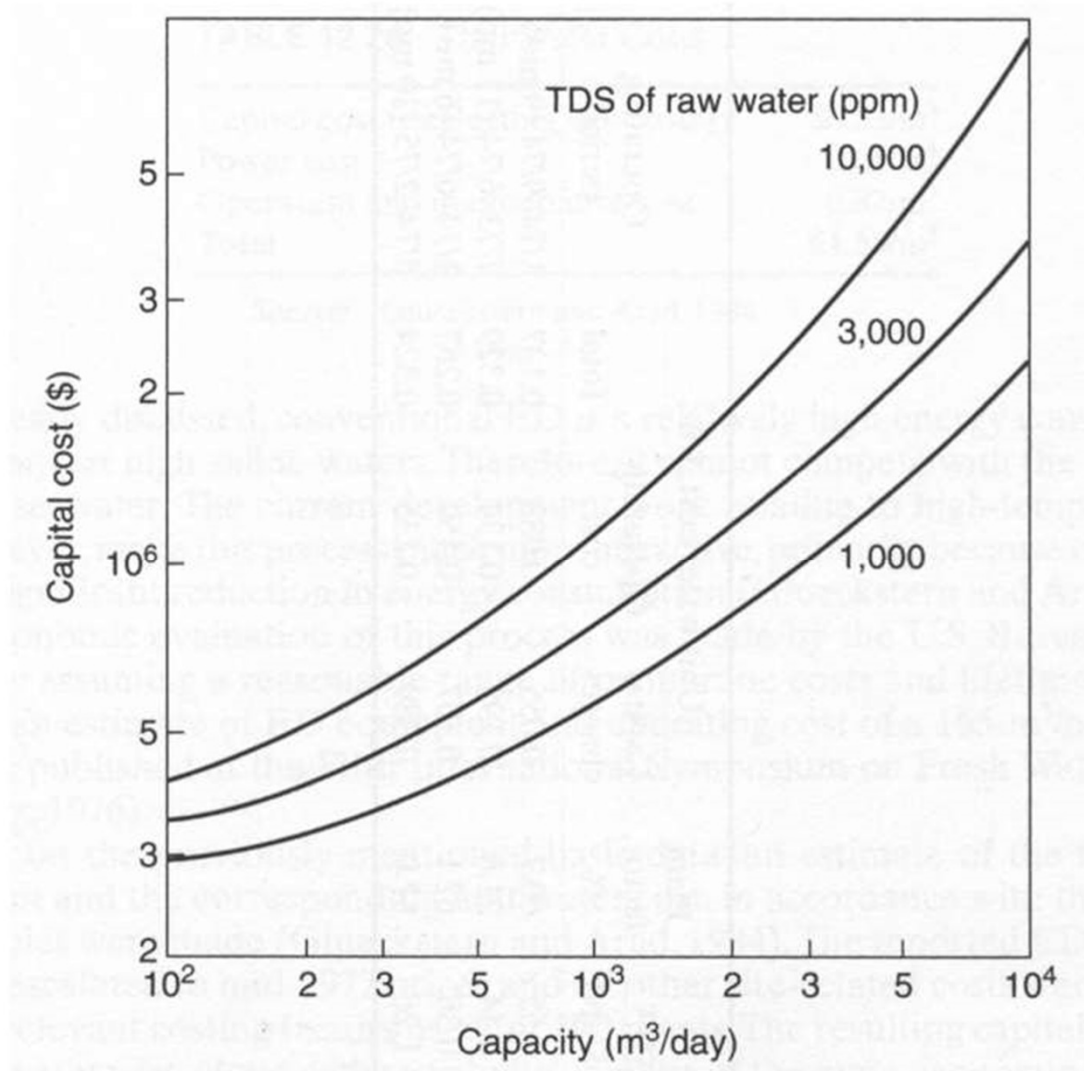
- Dentre os tipos de membranas disponíveis são as que apresentam custo mais elevado;
- Contudo, na avaliação de custos deve ser considerada a vida útil da membrana;
- Dados disponíveis indicam que o custo de investimento é superior a US\$ 10.000,00 por m²;
- Já o custo de reposição das membranas é da ordem de US\$ 2.100,00 por m².

Sistemas de eletrodiálise

- Por se tratar de uma tecnologia recente, não existem muitos dados disponíveis sobre os custos destes sistemas;
- De modo geral o sistema de ED é competitivo ao de OR, para correntes com até 10.000 mg/L de SDT;
- Além disso, deve-se considerar que a qualidade do produto obtido também é limitada à 200 mg/L de SDT;

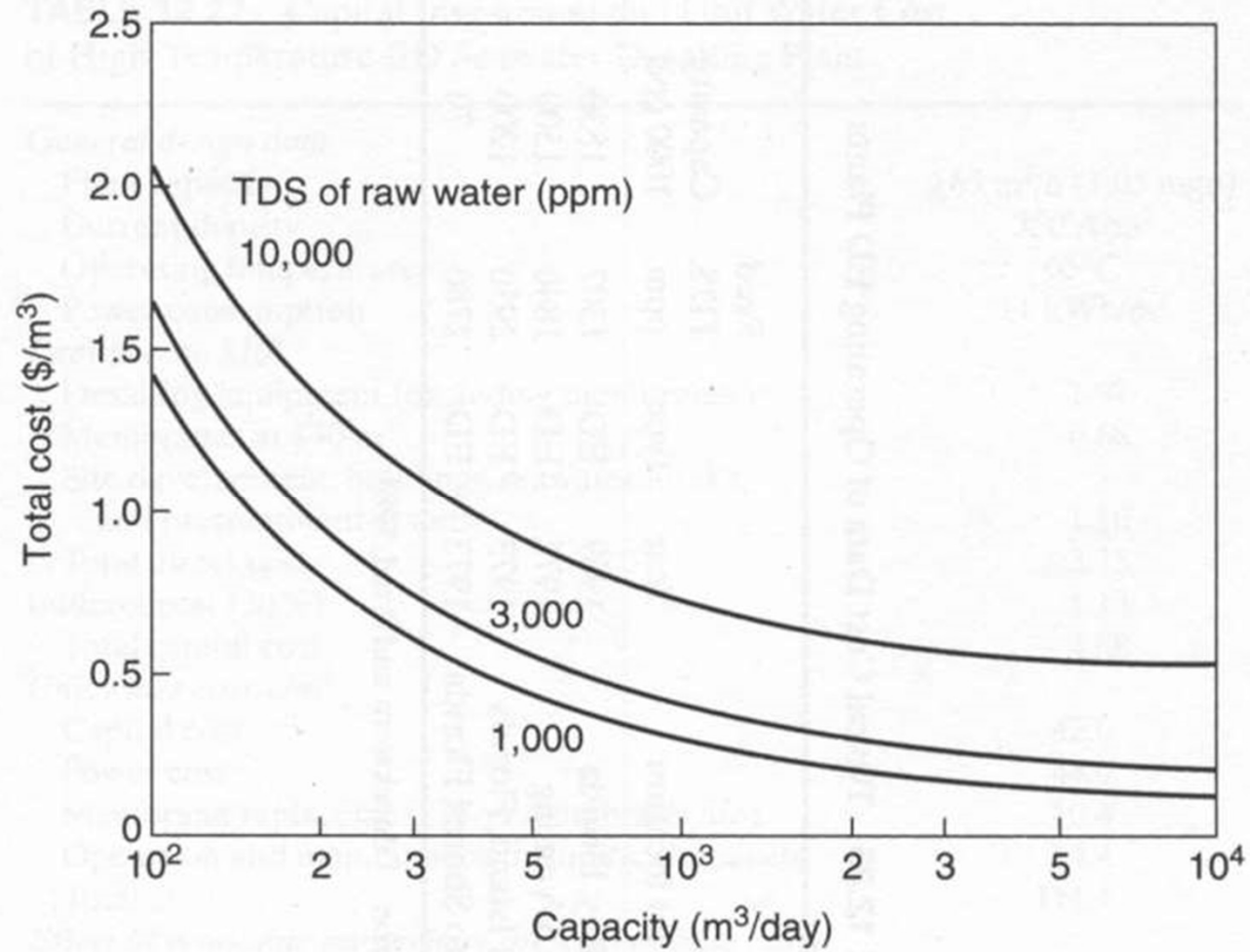
Sistemas de eletrodiálise (cont.)

- O custo de instalação do sistema é proporcional à concentração de sais na alimentação e qualidade do produto a ser obtido;
- Quanto maior a concentração na alimentação e melhor a qualidade do produto utilizam-se mais módulos.



Custo de Investimento em Sistemas de ED (AWWA, 1998)

Prof. Mierzwa



Custo de Tratamento de Água em Sistemas de ED (AWWA, 1998)

Prof. Mierzwa

Comparação de custos de sistemas de tratamento de água

Referência

U.S. Department of Interior. Total Plant Costs for Contaminant Fact Sheets. Bureau of Reclamation Technical Service Center - Water Treatment Engineering and Research Group, D-8320. 21/09/2001.

Parâmetros de Cálculo:

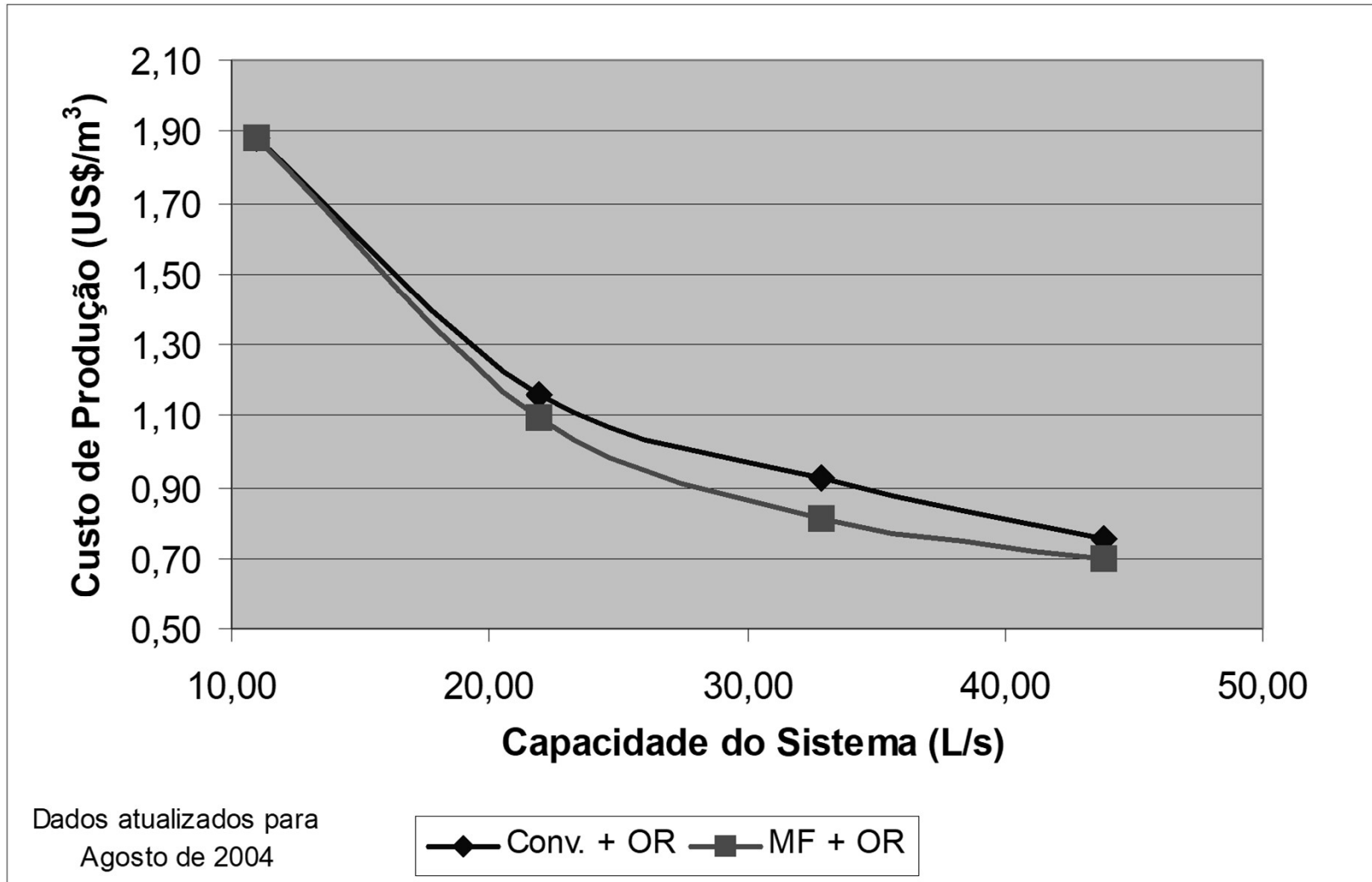
Período de retorno do investimento = 30 anos

Taxa de retorno = 3,89% a.a.

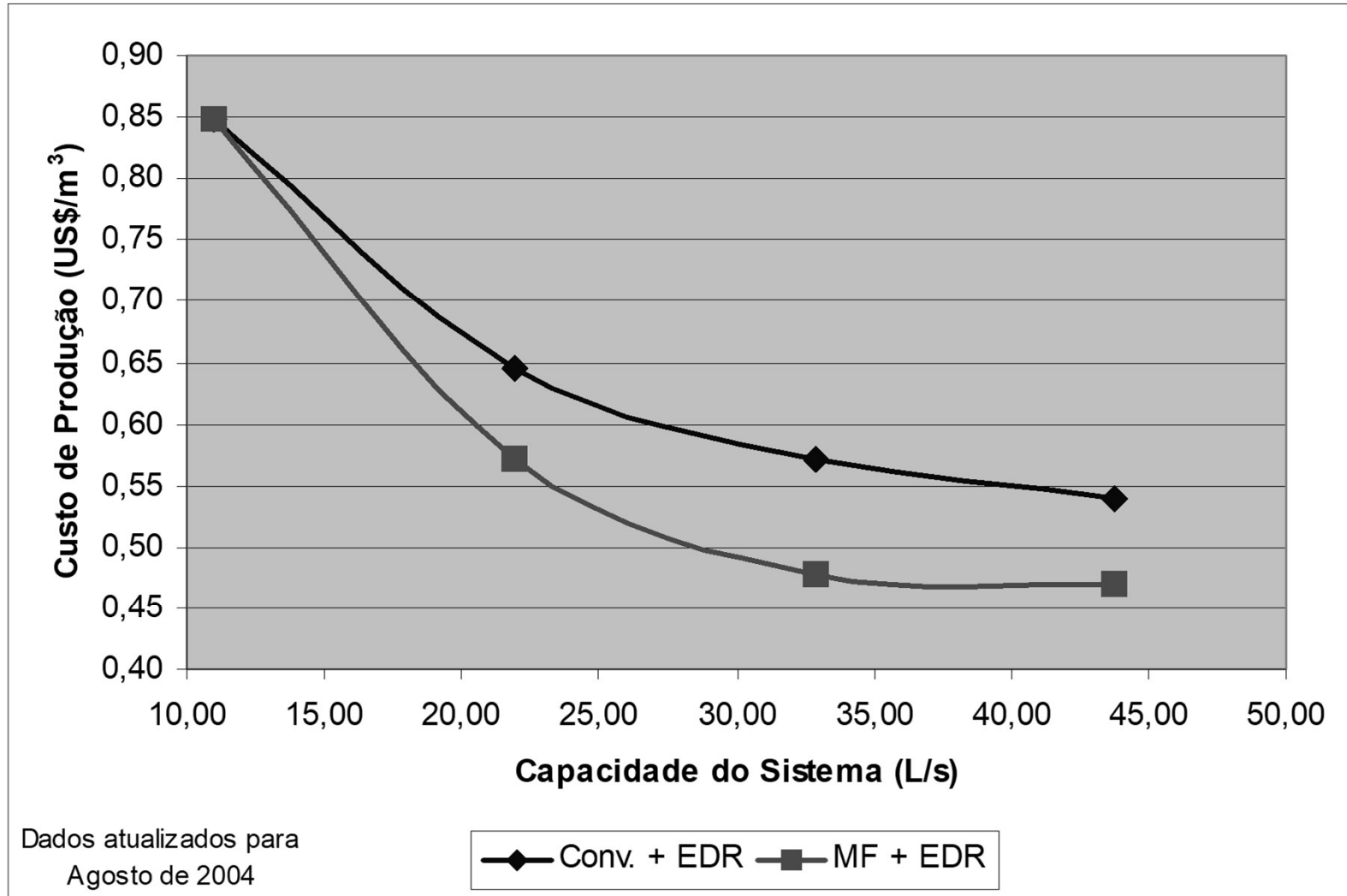
Atualização dos valores:

Consturction cost index history - McGraw-Hill - Construction

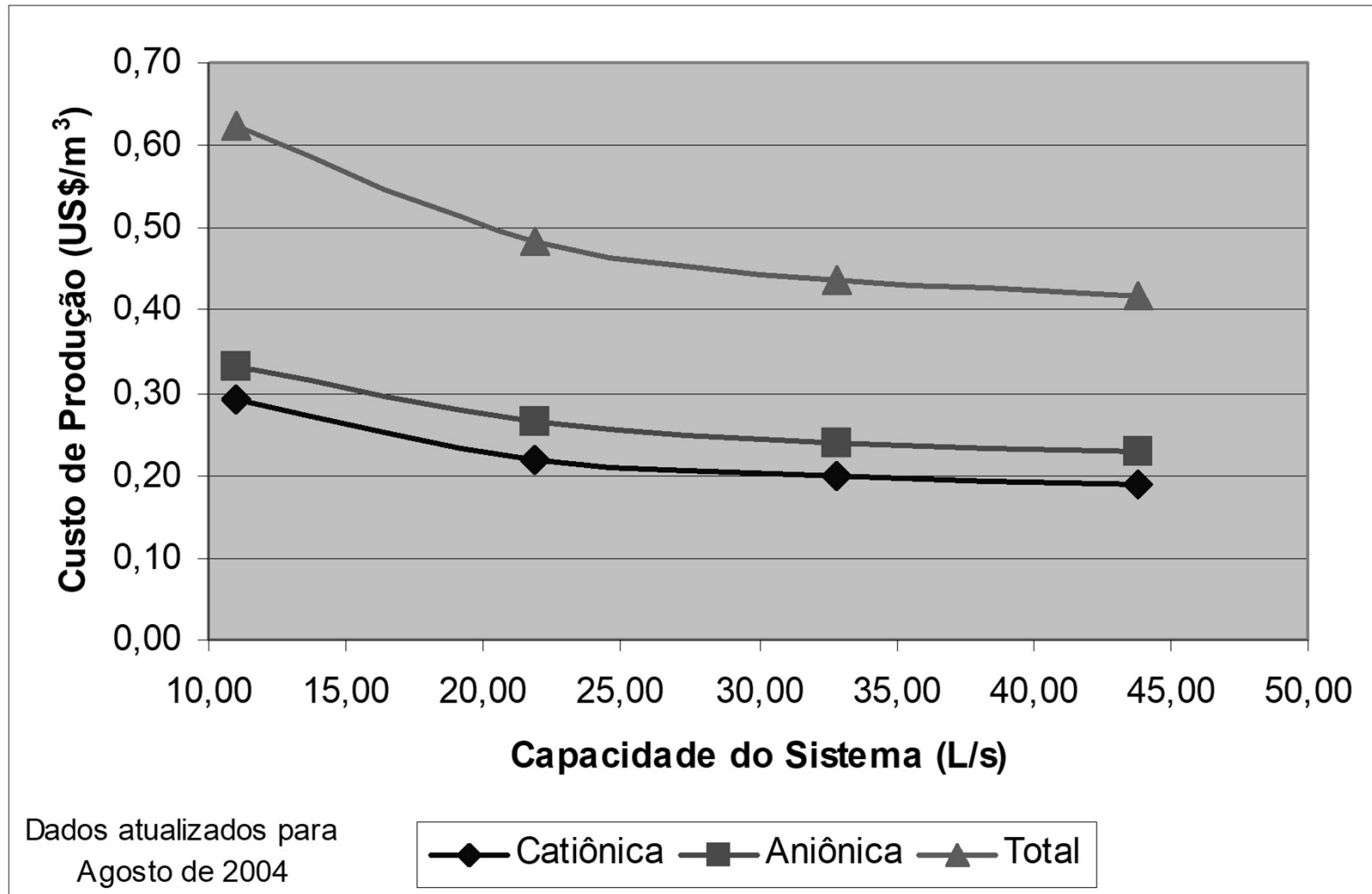
<http://www.enr.com/features/conEco/costIndexes/costIndexllist.asp>



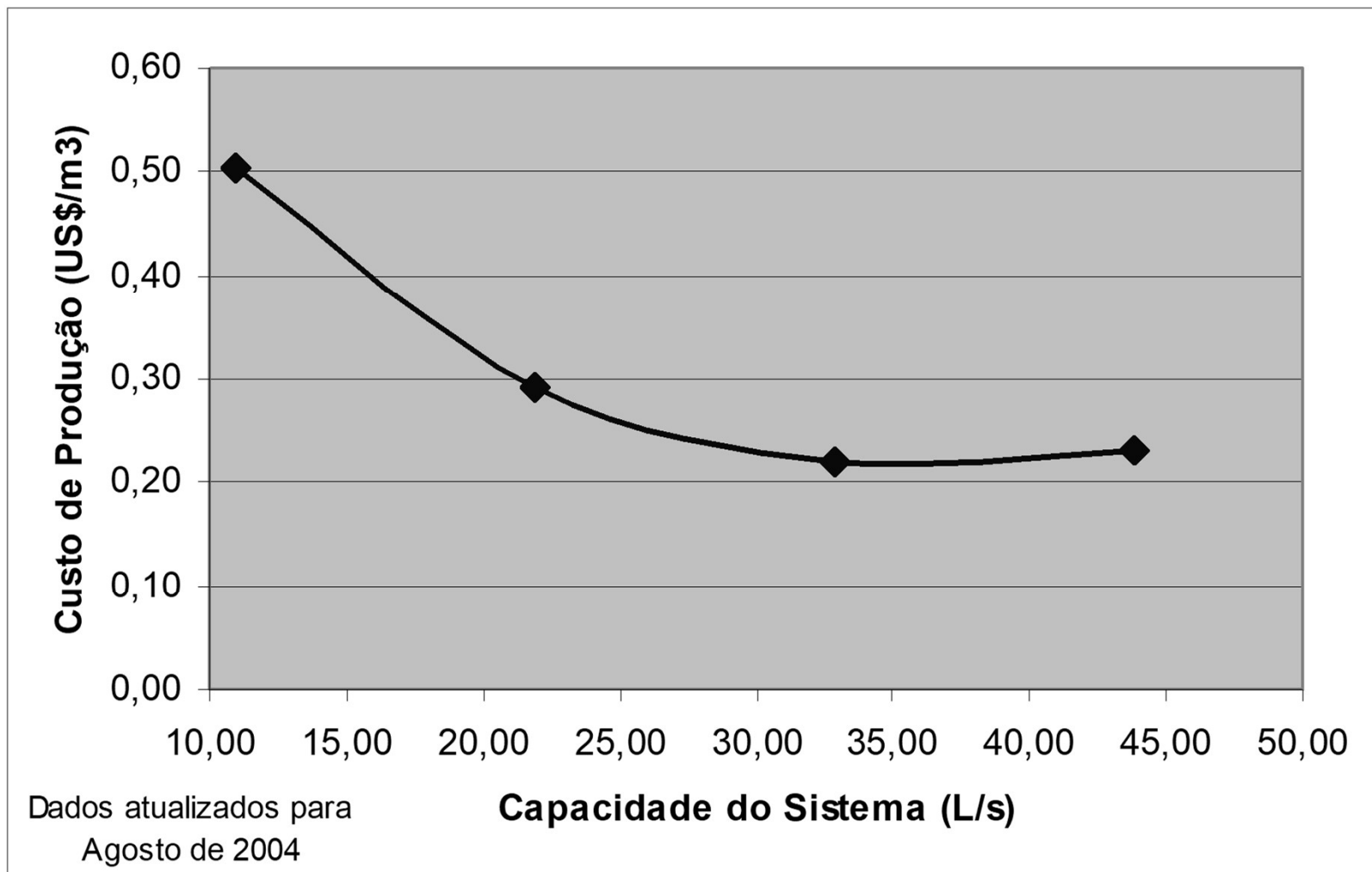
Sistema de Osmose Reversa



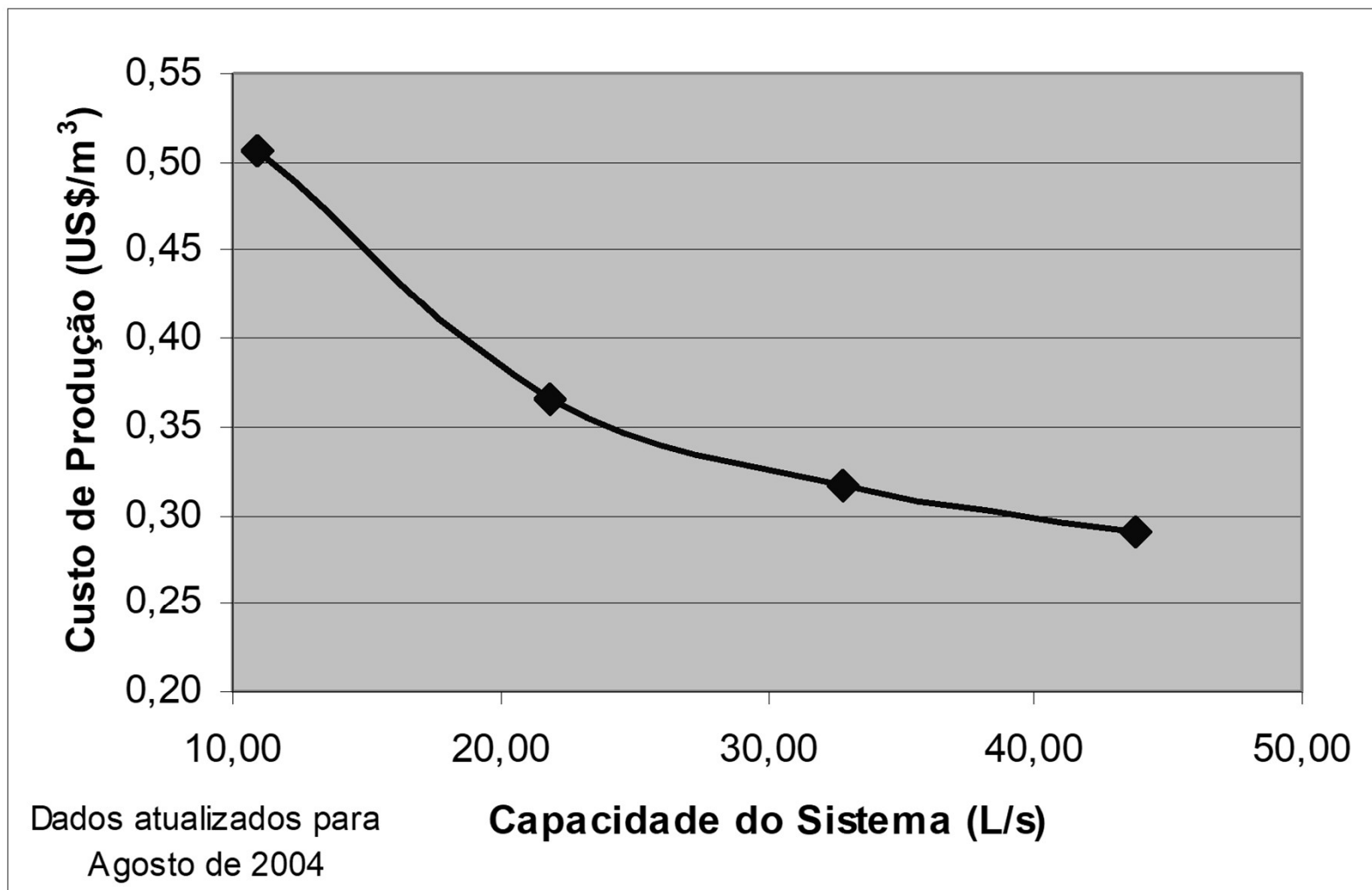
Sistema de Eletrodiálise



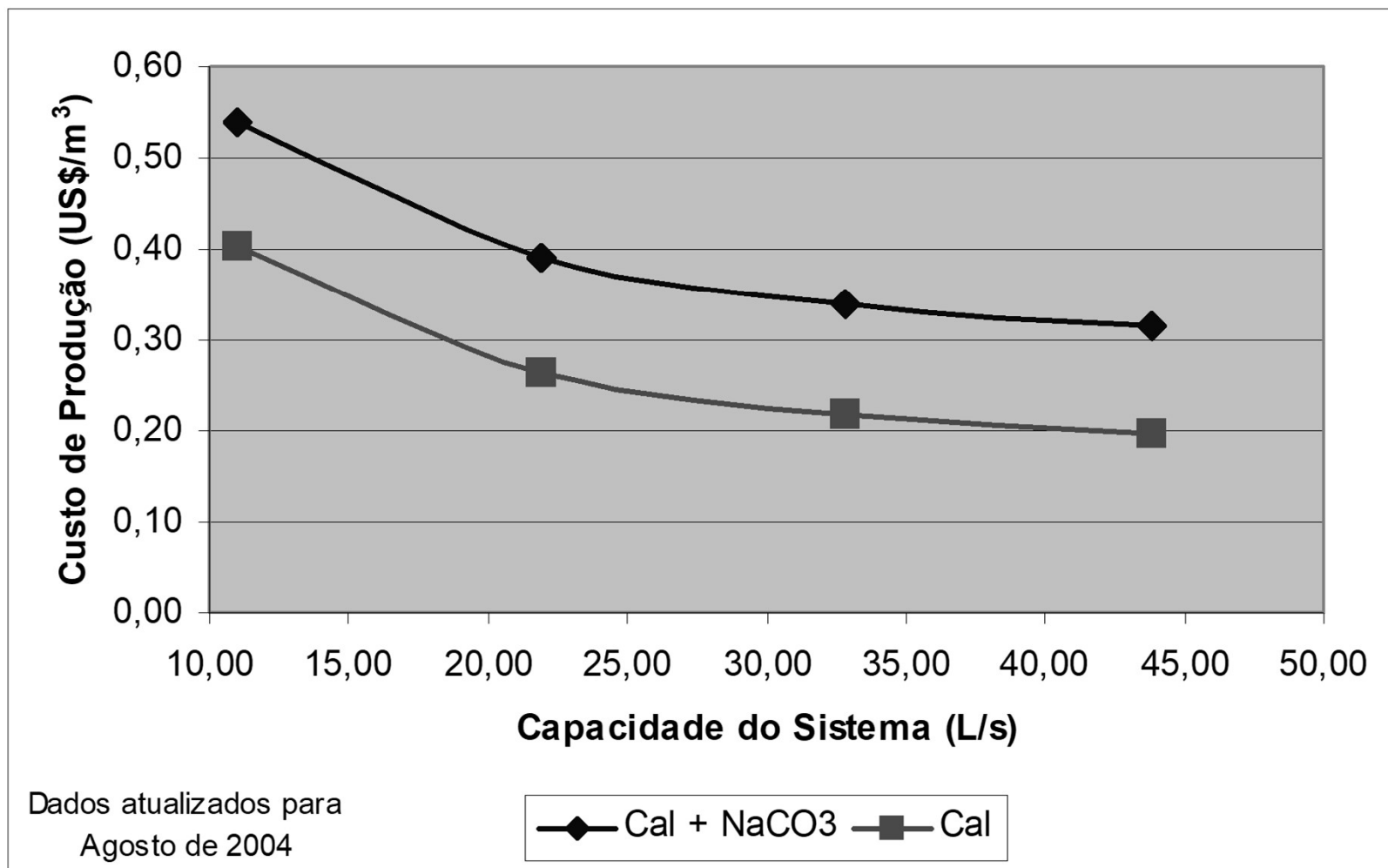
Sistema de Troca Iônica



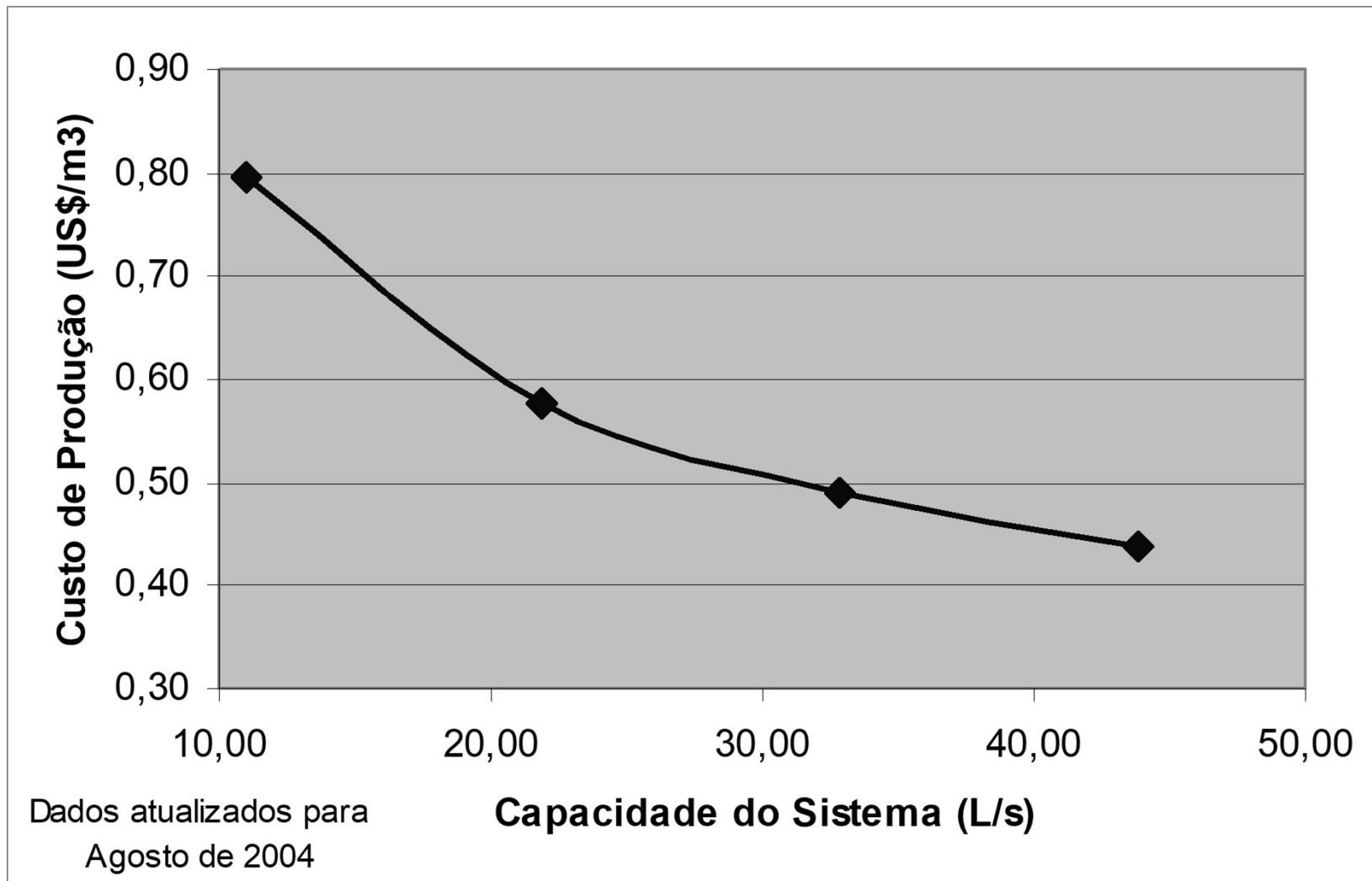
Sistema de Microfiltração



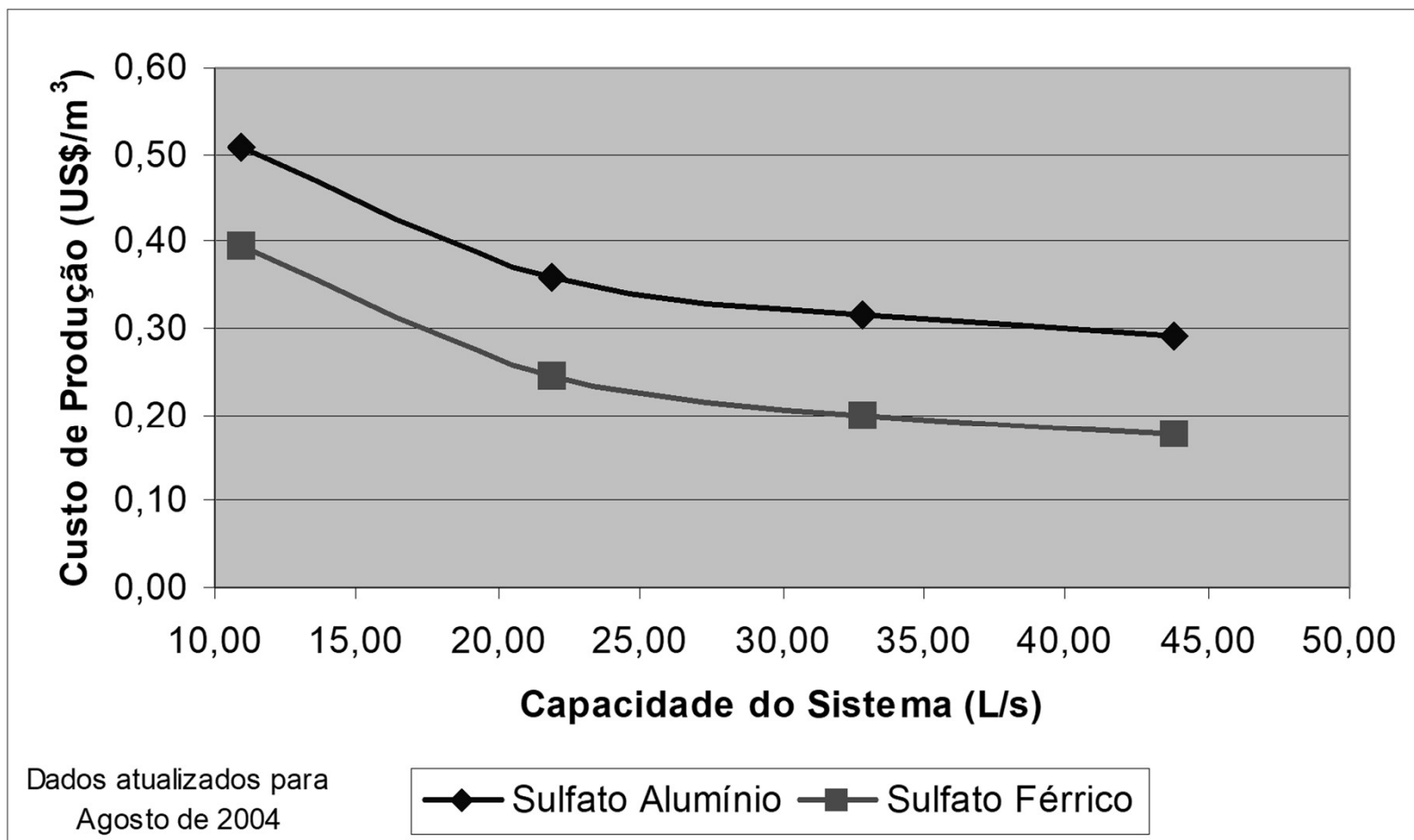
Sistema de Convencional



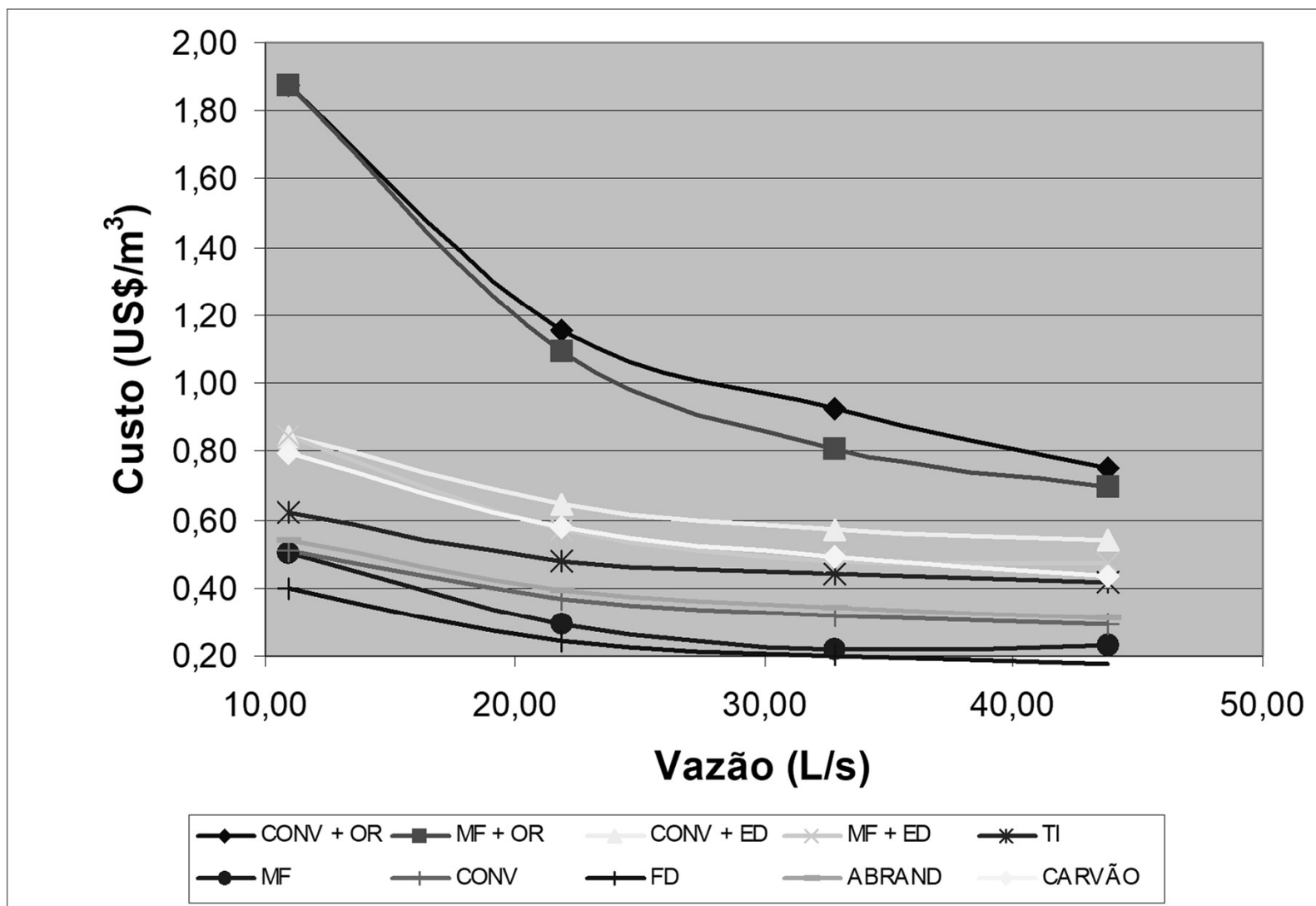
Sistema de Abrandamento



Sistema de Carvão Ativado



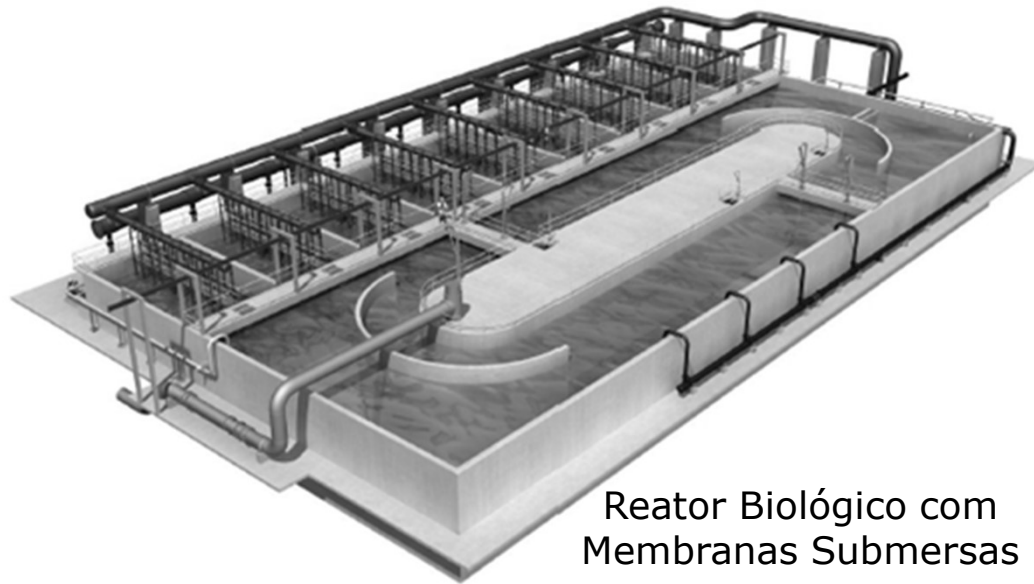
Sistema de Filtração Direta



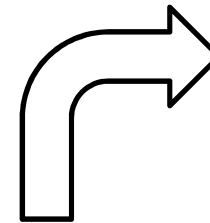
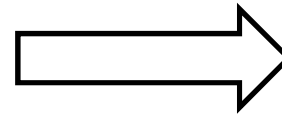
Comparação de Custos

Custos no Brasil

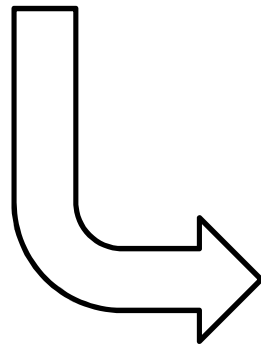
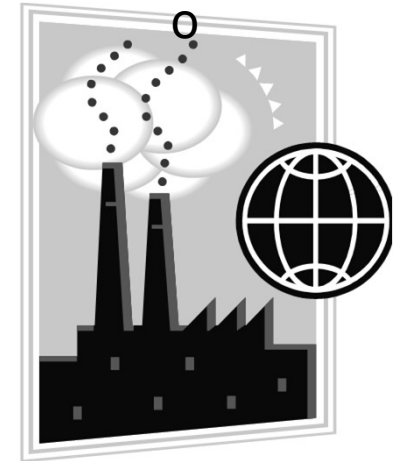
- No Brasil ainda é difícil obter uma tendência do custo dos sistemas de separação por membranas;
- A demanda ainda é muito pequena;
- Poucas empresas atuam no mercado;
- Não existe critério para a formação de preço dos sistemas.



Reator Biológico com
Membranas Submersas



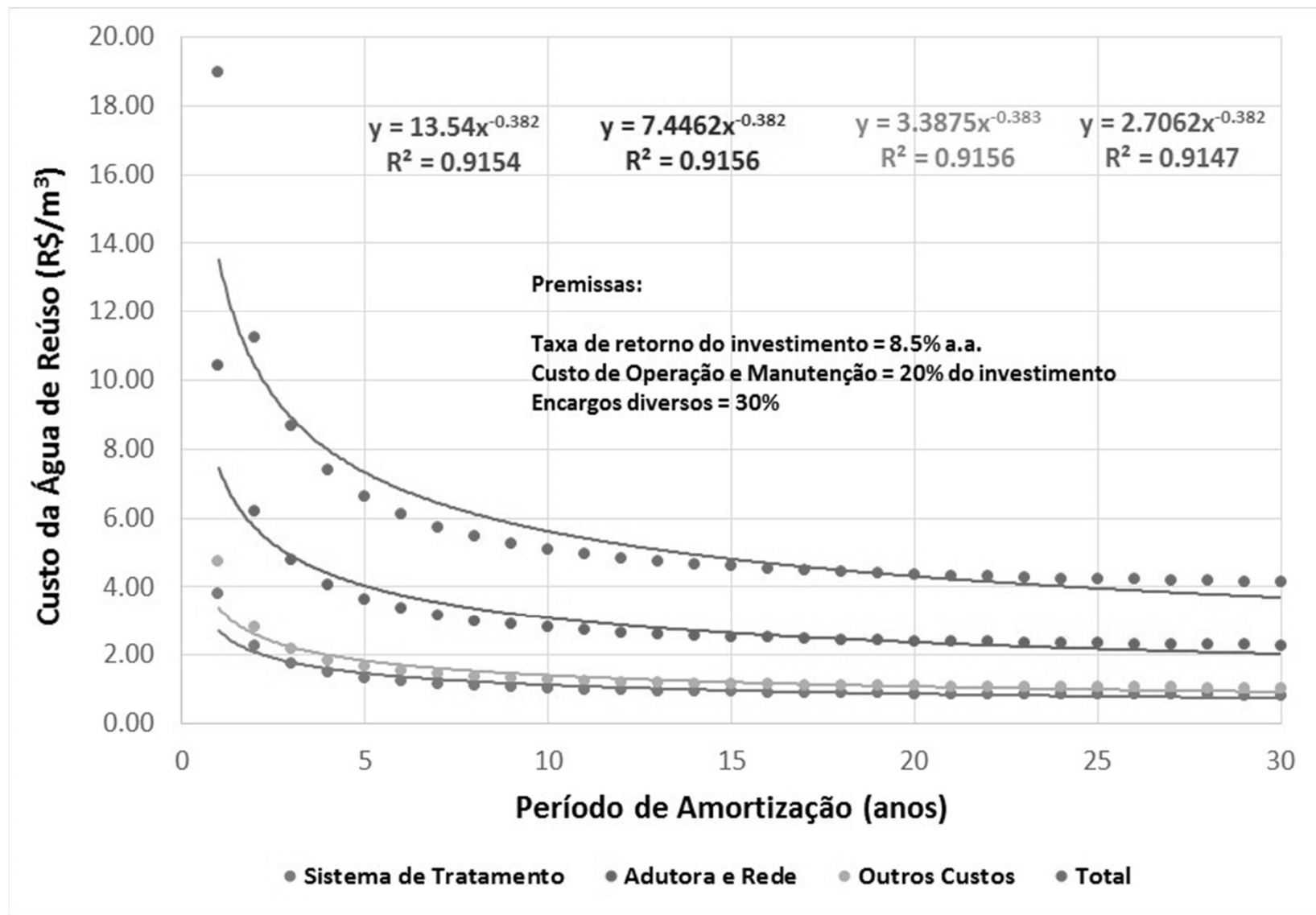
Pólo
Petroquímico



Projeto
AQUAPOLO



Unidade de Osmose Reversa



Estimativa do custo de produção da Água de Reúso no AQUAPOLO
<http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/lenoticia.php?id=210298>