



ABES ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
Capítulo Nacional da AIDIS - Seção Espírito Santo



CONSERVAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA

Gandhi Giordano

Professor Associado/ Depto. de Eng^a. Sanitária e Meio Ambiente - FEN/UERJ

Diretor Técnico/ Tecma – Tecnologia em Meio Ambiente Ltda.

gandhi@tecma-tecnologia.com.br



Introdução

Reúso de água na indústria

O reúso de efluentes tratados, para fins não potáveis tem sido cada vez mais aceito. A viabilidade desta alternativa tem sido comprovada. Enquanto o tratamento de efluente convencional tem como objetivo natural atender aos padrões de lançamento a motivação para o reúso é a redução de custos e muitas vezes a asseguuração do abastecimento de água.

A primeira etapa a ser definida e a especificação da qualidade da água requerida. Deve ser compatibilizada a vazão a ser reutilizada com a vazão do efluente tratado.

Introdução

Para implantar um sistema de reúso, deve-se complementar o sistema de tratamento de efluentes existente. A complementação do tratamento tem como objetivo garantir a qualidade do efluente tratado com a do uso a que estiver destinado.

Deve-se lembrar sempre que ao se decidir pelo reúso simplesmente, deixa-se de lançar um efluente tratado no corpo receptor produzindo água, geralmente consumida no setor de utilidades. Isto inclui a estação de tratamento de efluentes definitivamente no processo industrial.

Introdução

A implantação do reúso é feita com a instalação de unidades necessárias ao polimento, tais como: sistemas de filtração em membrana; oxidação química; desinfecção; etc.

Os casos de poluição térmica são os mais conhecidos casos de reúso, pois é necessário somente realizar o resfriamento da água para o fechamento do circuito. É importante ressaltar que águas em circuito fechado necessitam de tratamento específico.

Legislação sobre reúso de água

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS-CNRH

RESOLUÇÃO Nº. 54, DE 28 DE NOVEMBRO DE 2005 –
Estabelece critérios gerais para reúso de água potável.

Art. 1º Estabelecer modalidades, diretrizes e critérios gerais que regulamentem e estimulem a prática de reúso direto não potável de água em todo o território nacional.

Legislação sobre reúso de água

Art. 2º Para efeito desta Resolução, são adotadas as seguintes definições:

I - água residuária: esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não;

II - reúso de água: utilização de água residuária;

III - água de reúso: água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas;

IV - reúso direto de água: uso planejado de água de reúso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos;

V - produtor de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que produz água de reúso;

VI - distribuidor de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que distribui água de reúso; e

VII - usuário de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que utiliza água de reúso.

Legislação sobre reúso de água

Art. 3º O reúso direto não potável de água, para efeito desta Resolução, abrange as seguintes modalidades:

I - reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;

II - reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;

III - reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;

IV - reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais; e,

V - reúso na aquicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

§ 1º As modalidades de reúso não são mutuamente excludentes, podendo mais de uma delas ser empregada simultaneamente em uma mesma área.

§ 2º As diretrizes, critérios e parâmetros específicos para as modalidades de reúso definidas nos incisos deste artigo serão estabelecidos pelos órgãos competentes.

Legislação sobre reúso de água

Art. 4º Os órgãos integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos-SINGREH, no âmbito de suas respectivas competências, avaliarão os efeitos sobre os corpos hídricos decorrentes da prática do reúso, devendo estabelecer instrumentos regulatórios e de incentivo para as diversas modalidades de reúso.

Art. 5º Caso a atividade de reúso implique alteração das condições das outorgas vigentes, o outorgado deverá solicitar à autoridade competente retificação da outorga de direito de uso de recursos hídricos de modo a compatibilizá-la com estas alterações.

Art. 6º Os Planos de Recursos Hídricos, observado o exposto no art. 7º , inciso IV, da Lei no 9.433, de 1997, deverão contemplar, entre os estudos e alternativas, a utilização de águas de reúso e seus efeitos sobre a disponibilidade hídrica.

Art. 7º Os Sistemas de Informações sobre Recursos Hídricos deverão incorporar, organizar e tornar disponíveis as informações sobre as práticas de reúso necessárias para o gerenciamento dos recursos hídricos.

Legislação sobre reúso de água

Reúso de água em posto de combustíveis – Espírito Santo

LEI Nº 9.439 – 23/05/2010

- **Art. 1º** Os postos de combustíveis, lava-jatos, transportadoras, empresas de ônibus e locadoras de veículos, que mantêm pontos de lavagem, higienização e desengraxamento ou congêneres ficam obrigados a instalar o sistema de tratamento e reutilização de água.
-
- **Art. 2º** O estabelecimento infrator desta Lei será notificado para a instalação e utilização dos equipamentos no prazo máximo de 60 (sessenta) dias, sob pena de multa no valor de 1.000 (mil) Valores de Referência do Tesouro Estadual - VRTEs, cobrada em dobro, nos casos de reincidência.
-
- **Art. 3º** Esta Lei entra em vigor após 180 (cento e oitenta) dias de sua publicação.

Legislação sobre reúso de água

Reúso de água em posto de combustíveis – São Paulo

Lei Nº 16160 DE 13/04/2015

Art. 1º Os postos de serviços e abastecimento de veículos e lava-rápidos, no Município de São Paulo, farão o reúso da água utilizada na lavagem de veículos, após passar pelo processo de tratamento adequado.

Art. 2º Para o cumprimento do art. 1º desta lei, os postos de gasolina e lava rápidos deverão instalar sistemas e equipamentos exclusivos para captação, tratamento e armazenamento da água, visando ao seu reúso em atividades que admitam o uso de água de qualidade não potável.

Legislação sobre reúso de água

Art. 3º No processo de captação, tratamento, armazenamento e reúso da água deverá ser observada a legislação que rege a matéria, notadamente as resoluções do Conama - Conselho Nacional do Meio Ambiente e eventuais normas emanadas da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Art. 4º Os resíduos resultantes do processo de tratamento da água utilizada na lavagem de veículos deverão ter destinação ambientalmente adequada, de acordo com a legislação específica em vigor.

Legislação sobre reúso de água

LEI Nº 6034, DE 08 DE SETEMBRO DE 2011. – Rio de Janeiro

Dispõe sobre a obrigatoriedade dos postos de combustíveis, lava rápidos, transportadoras e empresas de ônibus urbanos intermunicipais e interestaduais, localizados no estados do Rio de Janeiro, a instalarem equipamentos de tratamentos e reutilização da água usada na lavagem de veículos.

Art. 1º Os postos de combustíveis, lava rápidos, transportadoras e empresas de ônibus urbanos intermunicipais e interestaduais, instalados no Estado do Rio de Janeiro, deverão instalar equipamentos para tratamento e reutilização da água usada na lavagem de veículos.

Parágrafo único. A instalação dos equipamentos previstos no caput deste artigo será de competência e responsabilidade do proprietário do estabelecimento.

Legislação sobre reúso de água

Art. 2º Os estabelecimentos citados nesta lei terão prazo de 180 dias, a partir da publicação desta lei, para implantação e aplicação do sistema de tratamento e reutilização da água.

Art. 3º A infração às disposições da presente Lei acarretará ao responsável infrator a imposição da seguinte sanção:

I - notificação para instalação dos equipamentos, no prazo máximo de 60 (sessenta) dias, sob pena de multa no valor de 150 UFIRs-RJ (cento e cinquenta Unidades de Referências Fiscais do Estado do Rio de Janeiro), dobrada em caso de reincidência.

Art. 4º Posterior disposição regulamentar desta Lei definirá o detalhamento técnico de sua execução.

Art. 5º As despesas decorrentes da execução desta lei correrão à conta de dotações orçamentárias próprias.

Aplicação

Reúso não potável - Industrial

- Indústria de papel
- Lavanderia
- Caldeira
- Torre de resfriamento
- Processo industriais
- Indústria têxtil

Aplicação

Reúso não potável - Industrial

- Umectação de pilhas de minérios
- Limpeza de veículos de transporte e acessórios
- Limpeza de pátios
- Alimentação de caldeiras
- Usos Acessórios

Aplicação

Reúso não potável - Doméstico

- Descargas Sanitárias
- Lavagem de Quintais
- Rega de Jardins
- Lavagem de Veículos

Aplicação

Reúso não potável - Recreacional

- Lagos Recreacionais
- Rega de Jardins
- Paisagismo
- Campos de Golfe

Aplicação

- Reuso para Manutenção de Cursos de Água
- Aquicultura
- Reuso para Recarga de Aquíferos
- Irrigação
- Combate a incêndios

Motivação do Reúso

Muitos são os motivos para reutilizar a água, mesmo que um dos principais seja a intenção de aumentar o abastecimento de água, há benefícios que também são os principais motivadores para a implementação de programas de reutilização.

Esses benefícios incluem, por exemplo, a melhoria da produção agrícola; reduzido consumo de energia associado com a produção, tratamento, e distribuição de água; e os benefícios ambientais significativos, tais como cargas de nutrientes reduzidas em águas receptoras, devido à reutilização de águas residuais tratadas.

Motivação do Reuso

- Em muitos países o reuso de água para fins não potáveis já é praticado há mais de 20 anos. Na Flórida – EUA, por exemplo, o reuso de água para irrigação de parques, jardins e propriedades comerciais permitiu estabilizar a demanda de água potável na década 1978-88 apesar do crescimento populacional.
- O reuso de água na indústria, apesar de mais recente, também vem crescendo em todo o mundo, inclusive no Brasil.

Motivação do Reúso

Outros motivos são:

- Imagem da empresa
- Requisitos de licença de operação
- A redução dos custos operacionais
- Reduz indiretamente o custo intrínseco oriundo da fiscalização ambiental
- Efluente “zero”.

Características e Limitações

As limitações para o reúso de água são:

- O aumento da concentração de sais (condutividade);
- Cor;
- Turbidez;
- Ferro;
- Íon Sulfato;
- Sulfeto;

Características e Limitações

- Dureza;
- Nitrogênio;
- Fósforo;
- Matéria orgânica (DQO);
- Sólidos em suspensão.

Características e Limitações

Águas para Torres de Resfriamento

Deve-se atentar para os seguintes parâmetros:

- Dureza: pode causar incrustação (Ver o Índice de Langelier);
- Nitrogênio e Fósforo: podem desenvolver algas;
- Desinfetar: para não possuir microrganismos;
- Matéria Orgânica: (DBO < 20 mg/L);
- Sólidos dissolvidos (sais).
- Sólidos em suspensão: Podem causar depósitos.

Características e Limitações

Parâmetros	Especificação para Reuso em Torre de Arrefecimento
pH	6,5 - 8,5
Alcalinidade Total, mg/L	100
Cloretos, mg/L	100
Condutividade, $\mu\text{S}/\text{cm}$	300
DBO, mg O_2/L	15
DQO, mg/L	20
Dureza Total, mg/L	100
Sílica, mg/L	10
Sólidos Dissolvidos Totais, mg/L	80
Sólidos em Suspensão Totais, mg/L	10
Sulfatos, mg/L	70
Turbidez, UNT	2
Cálcio, mg/L	25
Magnésio, mg/L	25
Ferro, mg/L	0,3
Alumínio, mg/L	0,2
Manganês, mg/L	0,1
Coliformes Fecais, UFC/100mL	ausência

Características e Limitações

Água para lavagem de veículos

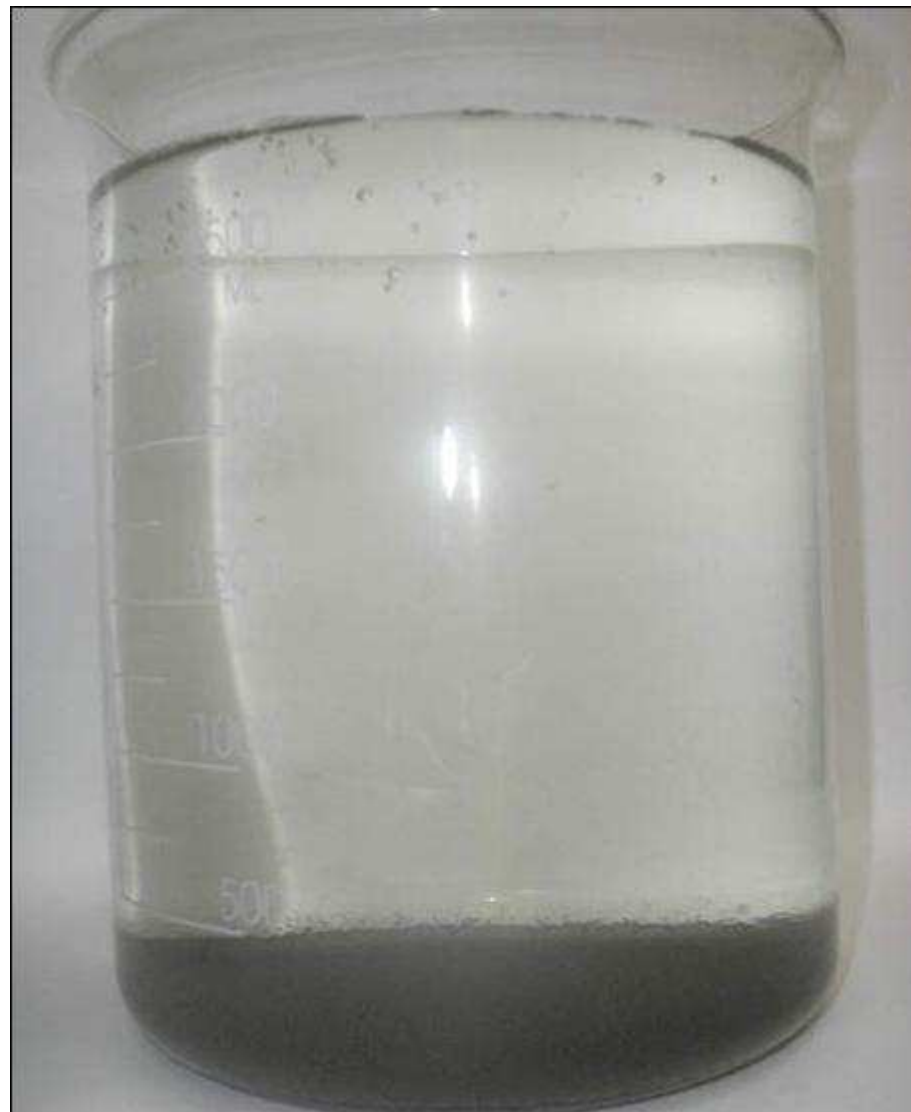
Deve-se atentar para os seguintes parâmetros:

- Dureza: pode causar incrustação na pintura e vidro;
- Sulfeto: causa corrosão;
- Ferro: mancha o veículo;



ÁGUA UTILIZADA NA LAVAGEM
DE VEÍCULO (ÔNIBUS)

COAGULADO
COM Al^{3+}



Características e Limitações

Água para geração de vapor

- Sais: podem causar incrustação e corrosão nas caldeiras.

Parâmetros (ppm)	faixa de controle, conforme a pressão de trabalho da caldeira, kgf/cm ²					
	10	20	40	60	80	100
Alcalinidade, CaCO ₃	300-400	250-300	150-200	120-150	100-120	80-100
Dureza Total, CaCO ₃	0	0	0	0	0	0
Sulfito, SO ₃ ⁻	30-60	30-40	20-30	15-20	10-15	5-10
Ortofosfato, PO ₄ ⁻	30-60	30-60	20-40	15-20	10-15	5-10
Ferro Total, Fe max.	10	5	3	2	2	1
Sílica, SiO ₂ , max.	100	50	30	10	5	3
Sólidos totais dissolvidos, max.	4000	3500	3000	2000	500	300
Matéria Orgânica	70-100	70-100	70-100	50-70	50-70	50-70

Segundo ABNT e ABMA (AMERICAN BOILERS MANUFACTURERS ASSOCIATION)

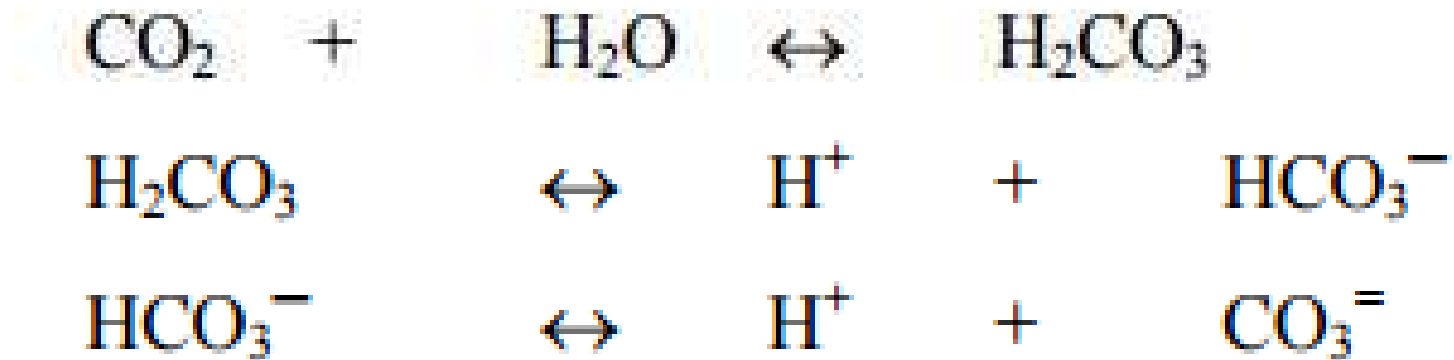
Características e Limitações

Índice de Langelier

É um modelo de equilíbrio derivado do conceito teórico de saturação e proporciona um indicador do grau de saturação da água em relação ao carbonato de cálcio.

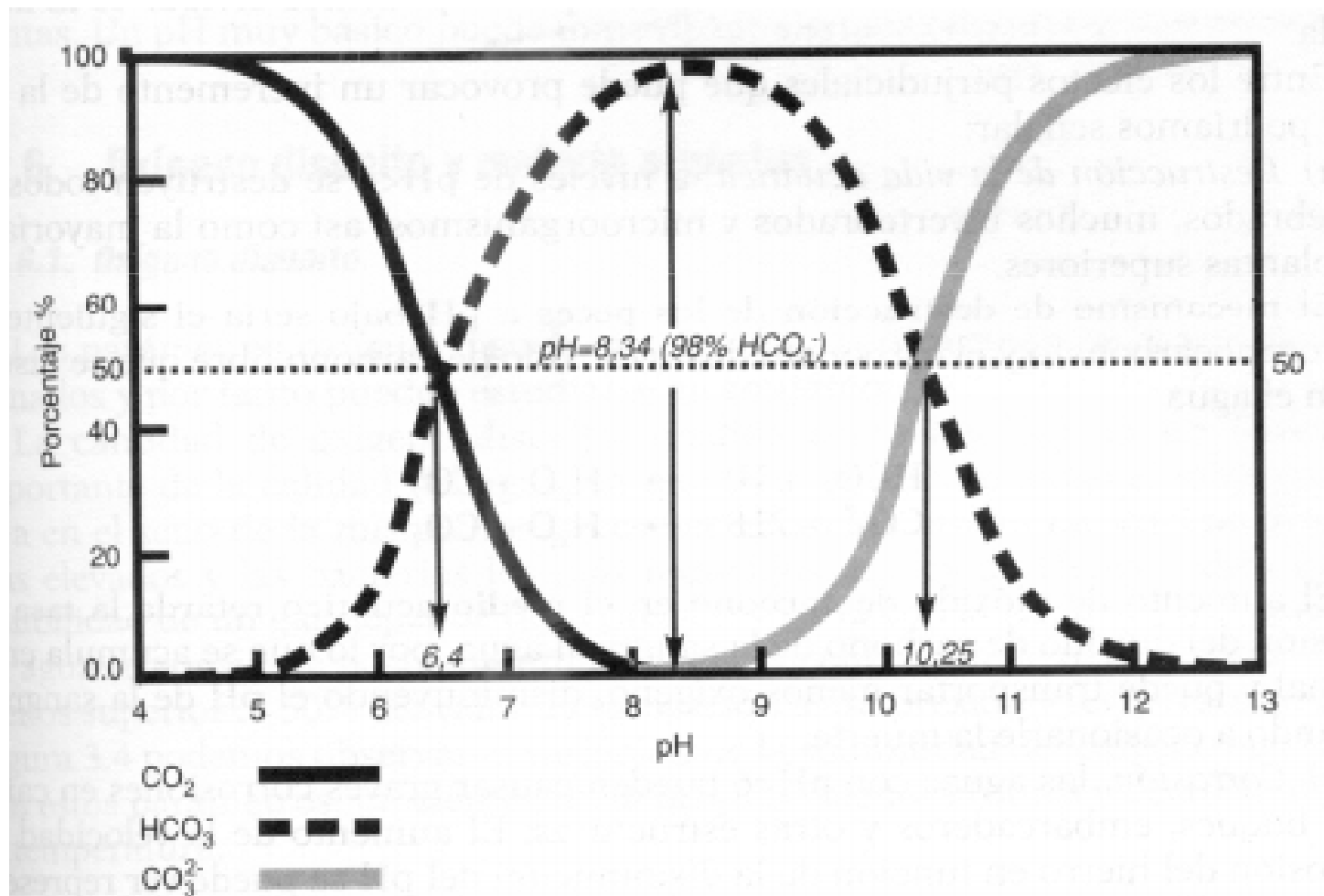
Características e Limitações

O equilíbrio pode ser representado pela seguinte equação :



Características e Limitações

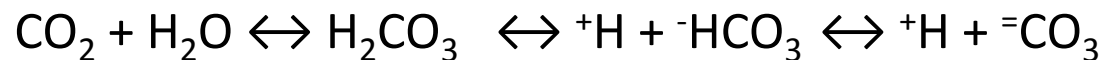
E graficamente conforme a figura:



Características e Limitações

Ajuste de pH como etapa do tratamento

Pelo princípio de Le Chatelier, com o aumento da alcalinidade (pH) o equilíbrio se desloca no sentido incrustante e quando há um aumento da acidez, ocorrerá o deslocamento no sentido corrosivo. Se considerarmos uma reação completa:



Características e Limitações

A condição de equilíbrio $\text{CO}_3^{=}$ / HCO_3^- , ou seja, na qual não há nem tendência incrustante nem corrosiva do meio, ocorre sob um determinado valor de pH, que é denominado pH de saturação (pHs). Pode-se pretender que haja uma redução do CO_2 dissolvido, o que ocorre em nas zonas mais superficiais, ao longo do período diurno pela ocorrência da fotossíntese; ou pelo efeito de temperaturas maiores, pois os gases, incluindo o CO_2 (o gás carbônico dissolvido forma o ácido carbônico) são menos solúveis em temperaturas superiores.

Características e Limitações

O pH de saturação pode ser obtido analiticamente a partir da seguinte expressão:

$$\text{pH}_s = 9,3 + A + B - C - D$$

IL < 0 - Tendência corrosiva

IL = 0 - Equilíbrio

IL > 0 - Tendência incrustante

Os coeficientes A, B, C e D dependem respectivamente da concentração de sólidos totais dissolvidos, temperatura, de cálcio e da alcalinidade total da água.

Características e Limitações

O índice de Langelier (IL) é expresso por:

$$IL = \text{pH}_A - \text{pH}_S$$

Onde,

pH_A = pH da água

pH_S = pH de saturação

Características e Limitações

Os coeficientes A, B, C e D dependem respectivamente da concentração de sólidos totais dissolvidos, temperatura, de cálcio e da alcalinidade total da água.

$$A = \frac{\text{Log}(TDS) - 1}{10} \quad (\text{TDS} - \text{Quantidade de sólidos dissolvidos})$$

$$B = -13,12 \times \text{Log}(^{\circ}\text{C} + 273) + 34,55$$

$$C = \text{Log}(\text{Ca}^{+2} \text{ como } \text{CaCO}_3) - 0,4$$

$$D = \text{Log}(\text{Alcalinidade como } \text{CaCO}_3)$$

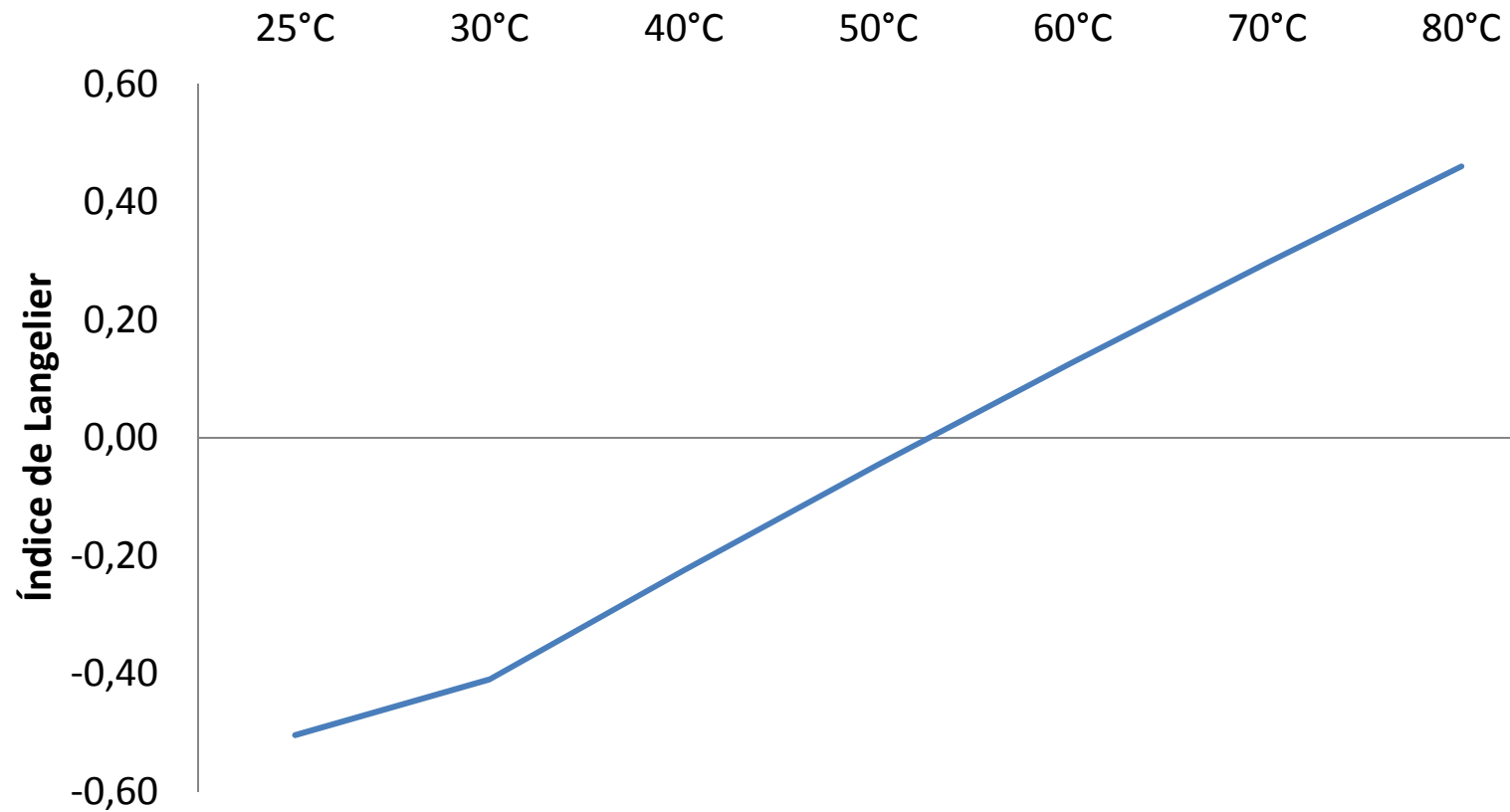
Características e Limitações

Exemplo: Uma indústria de metalurgia está fazendo reuso do seu efluente como água para torre de resfriamento. Pouco tempo depois começaram a verificar problemas de corrosão na torre de resfriamento, pois não verificaram a estabilidade da água, que em desequilíbrio pode causar corrosão ou incrustação o que é verificada pelo índice de Langelier.

	Tratado
Alcalinidade (Bicarbonatos)	70
Dureza de Cálcio	91,00
pH	7,93
STD	1953
Temperatura	25
Índice de Langelier	-0,38
Sulfato	1036
A	0,33
B	2,09
C	1,56
D	1,85

O efluente com pH final e temperatura ambiente de 25°C era corrosivo.

Características e Limitações



Com a alteração da temperatura, o efluente deixa de ser corrosivo e se torna incrustante.

Tecnologias para reúso de água



Tecnologias: Reuso da Água

- Clarificação físico química;
- Adsorção em carvão;
- Filtração em Areia;
- Filtração em Membrana.

Reuso da Água

Para reuso devem ser corrigidas as características inconvenientes dos efluentes industriais.

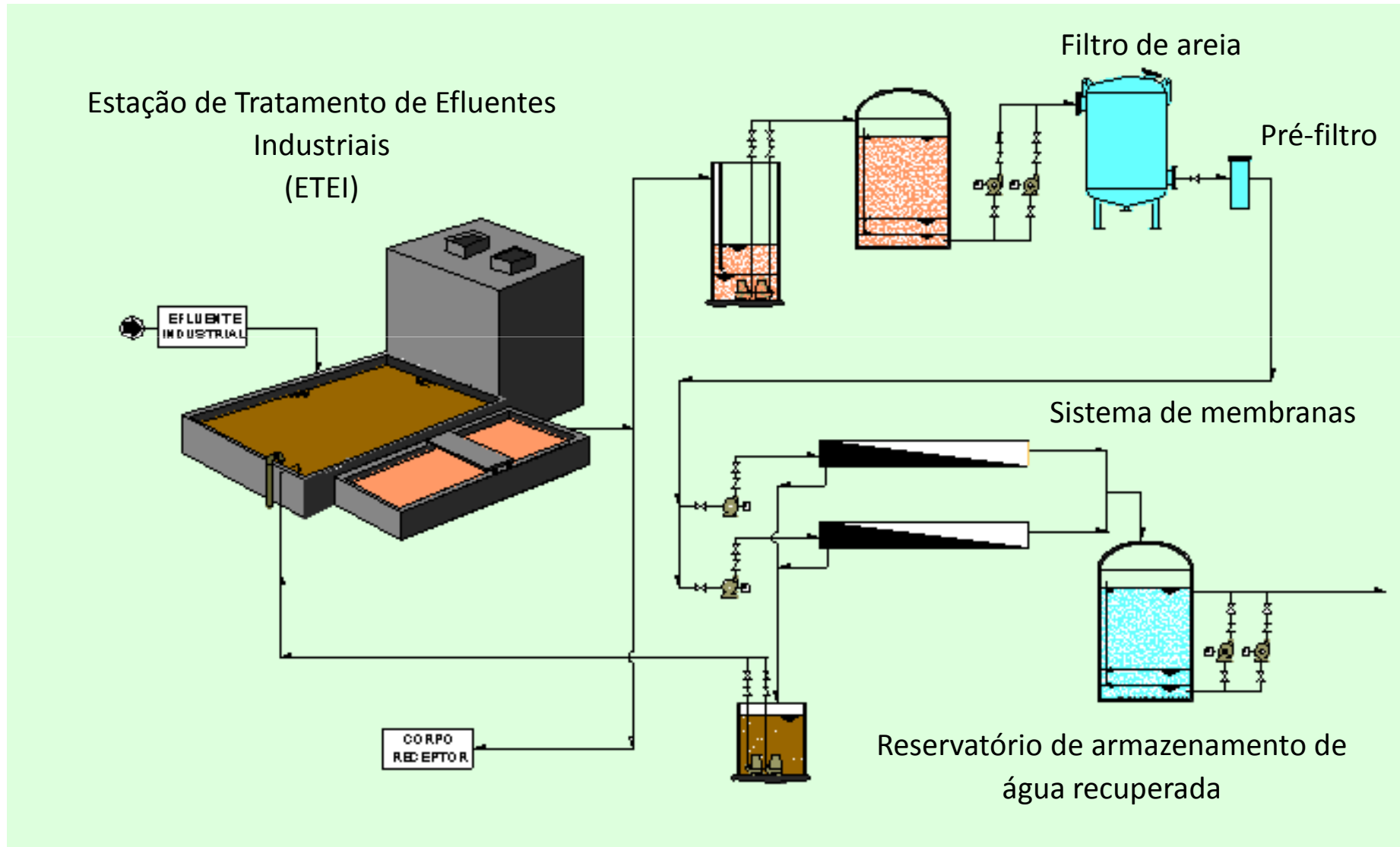
⇒ QUÍMICAS: matéria orgânica dissolvida (consumo de oxidantes), corantes orgânicos ou metais – (Fe, Cu, Ni, Cr, etc), sólidos em suspensão (matéria orgânica e inorgânica que geram depósitos além de consumir oxidantes).

Reuso da Água

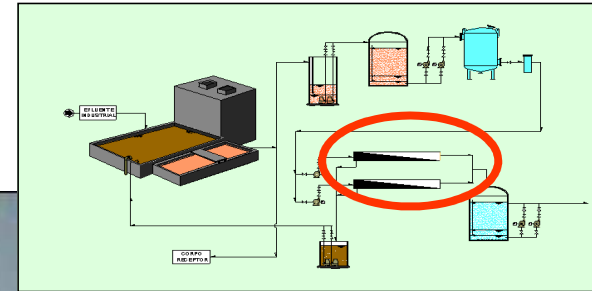
- ⇒ FÍSICAS: Cor e Turbidez (colóides que geram depósitos), Condutividade (sais dissolvidos).
- ⇒ MICROBIOLÓGICA: Microrganismos e vírus (contaminação dos usuários).

FLUXOGRAMA DO REUSO

(Membranas Externas)



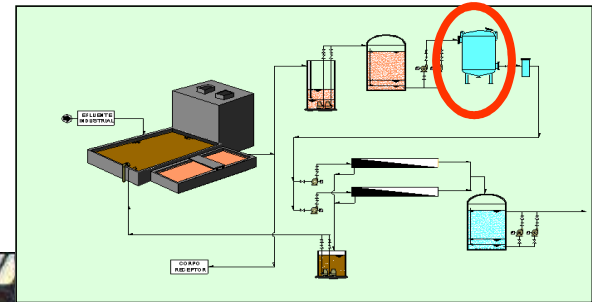
MEMBRANA DE FIBRA OCA



REATOR COM MEMBRANA PLANA – MBR
(Membrana interna)



FILTRO DE AREIA



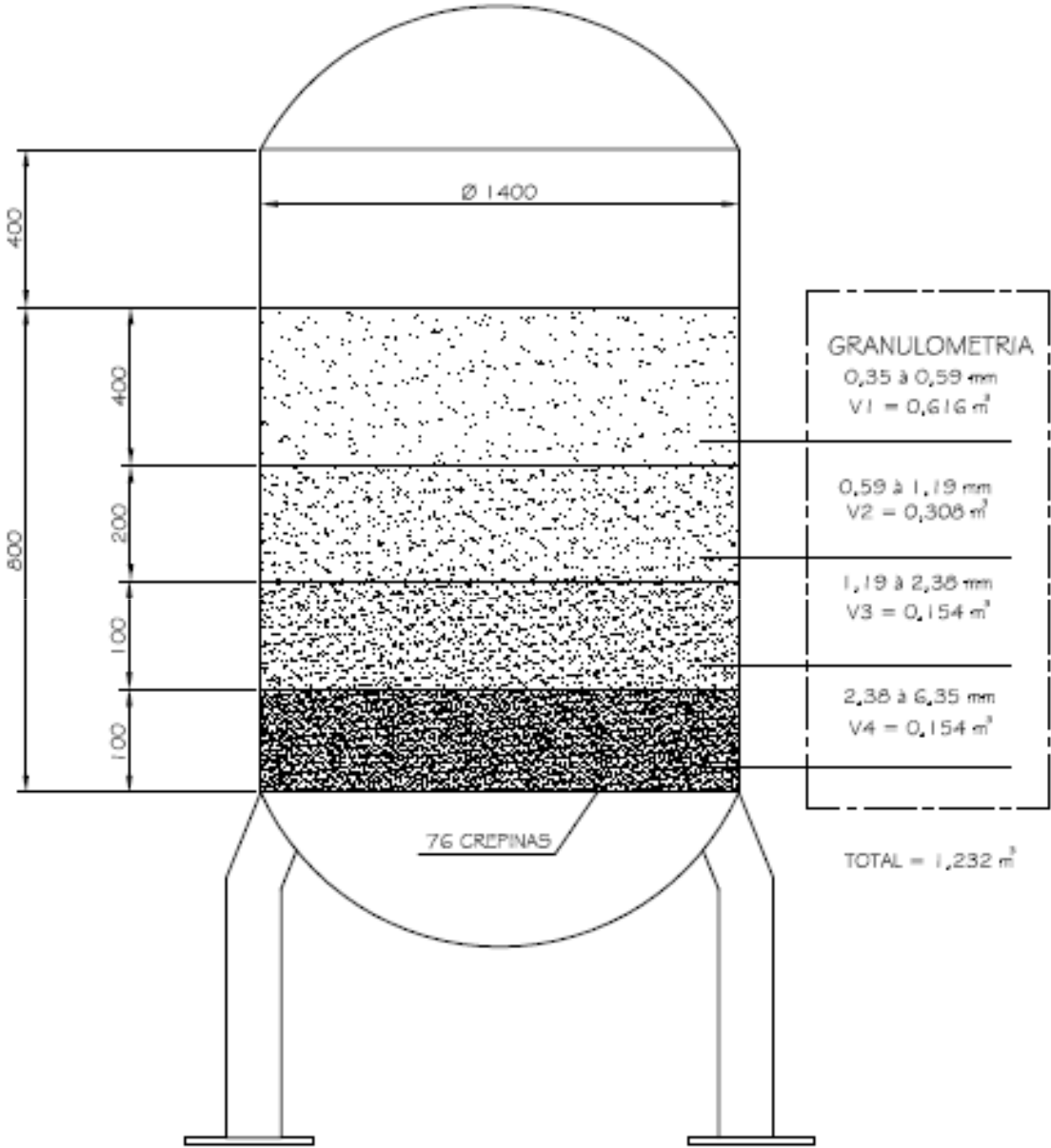
FILTRO DE AREIA

O filtro de areia tem a finalidade de reter partículas finas aumentando a vida útil das membranas.

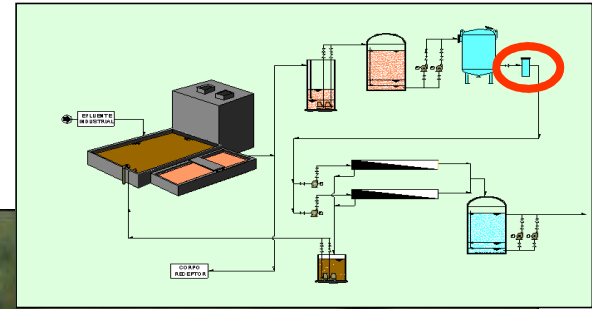
Alguns efluentes estão aptos para reuso após passar somente pelo filtro de areia.

FILTRO DE AREIA

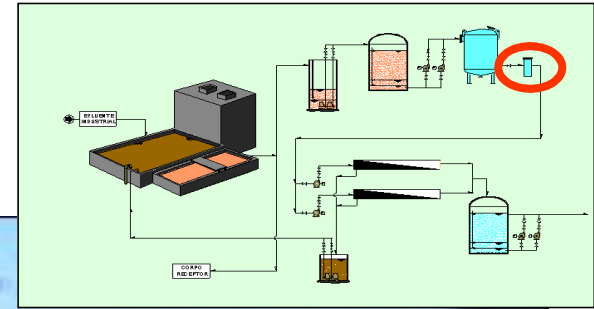
Esquema das camadas
um filtro de areia.



PRÉ-FILTRO DE CARTUCHO



PRÉ-FILTRO DE CARTUCHO



Reuso por Filtração em Membranas

FILTRAÇÃO EM MEMBRANAS

É atualmente o processo com maior número de aplicações em efluentes industriais.

Nos reatores biológicos são empregadas as membranas de microfiltração (concentração de flocos biológicos). Para o polimento dos efluentes são utilizadas as membranas de ultrafiltração (retenção de microrganismos) e nanofiltração (retenção de microrganismos e moléculas orgânicas).

Tipos de Tecnologia de Membranas

- **Microfiltração (MF)**: empregados nos reatores biológicos (concentração de flocos biológicos).
- **Ultrafiltração (UF)**: para o polimento dos efluentes (retenção de microorganismos).
- **Nanofiltração (NF)**: retenção de microorganismos e moléculas orgânicas.
- **Osmose Reversa (OR)**

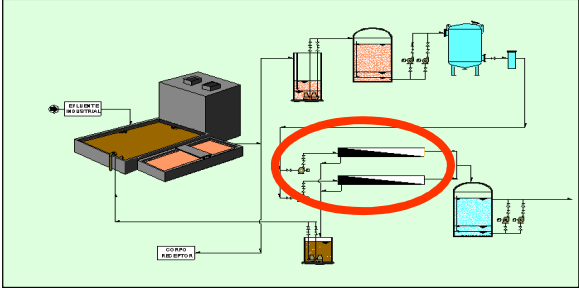
Características Típicas das Diferentes Membranas

Sistema de separação	Porosidade	Pressão	Fator de Separação	Peso molecular de corte	Tamanho de corte (μm)	Material Retido
Microfiltração	0,1 - 0,2 μm	0,3 - 1,5 atm	Tamanho	300-100.000	0,005 - 0,1	Protozoários, bactérias e a maioria dos vírus
Ultrafiltração	103 - 105 D	0,5 - 1,5 atm	Tamanho	200-20.000	0,001-0,01	Colóides e totalidade de vírus
Nanofiltração	200 - 1000 D	3,5 - 10 atm	Tamanho e carga	<500	<0,001	Íons e moléculas orgânicas grandes (responsáveis pela cor dos efluentes)
Osmose Reversa	<200 D	8 - 80 atm	Difusão	>300.000	0,1 - 20	Íons e toda matéria orgânica

SISTEMAS DE FILTRAÇÃO

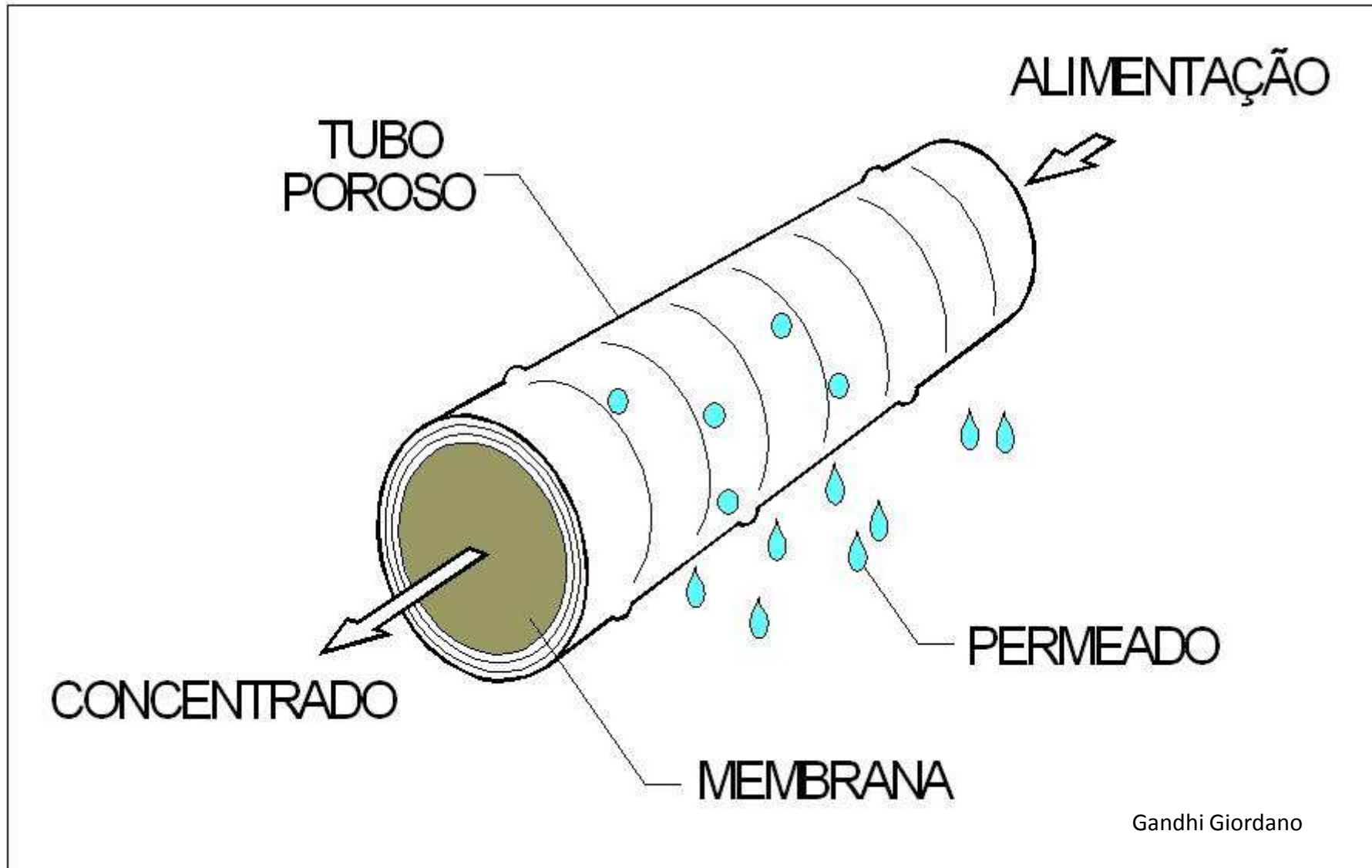
Micrometros (Escala Log)	Faixa Iônica								Faixa Molecular		Faixa Macromolecular		Faixa de Micro partícula		Faixa de Macro partícula	
	0.001		0.01		0.1		1.0		10		100		1000			
Peso Molecular (D)	100		200		1000		20,000		100,000		500,000					
Dimensão Relativa de Materiais Comuns	Sais aquosos			Microorganismos característicos de lodos biológicos (Bactérias, Protozoários, Anelídeos, Rotíferos, Nematóides)												
	Raios Atômicos		Endotoxina/Pirogênio													
	Açúcar		Vírus													
	Íon Metálico		Emulsões													
	Pesticida		Sílica Coloidal				Pigmentos									
Processo de Separação	Osmose Reversa		Ultrafiltração				Filtração em areia e outros meios									
	Nanofiltração						Microfiltração									
	Gandhi Giordano															

MEMBRANA ESPIRAL UTILIZADA NO REUSO

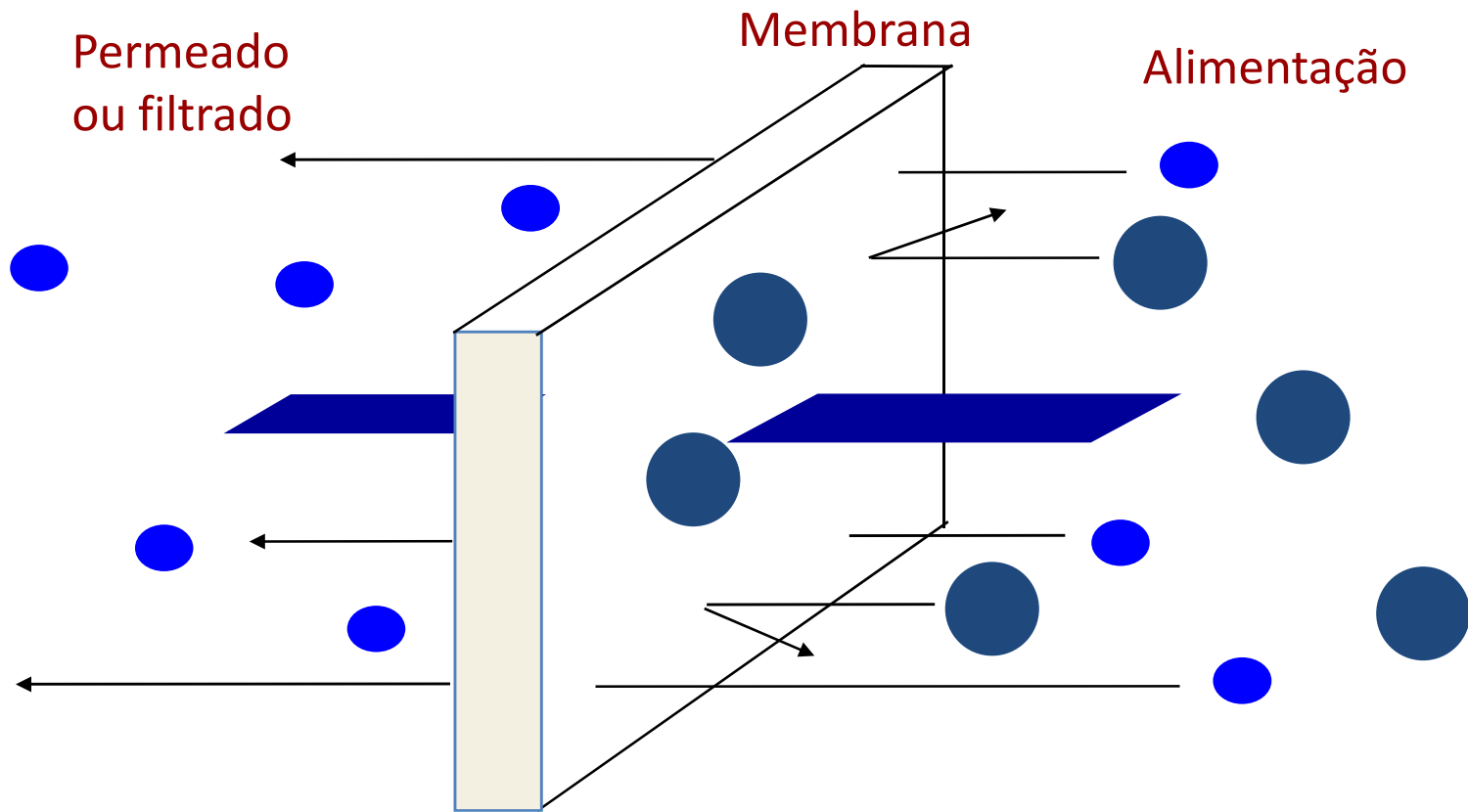




ESQUEMA DE UMA MEMBRANA TUBULAR

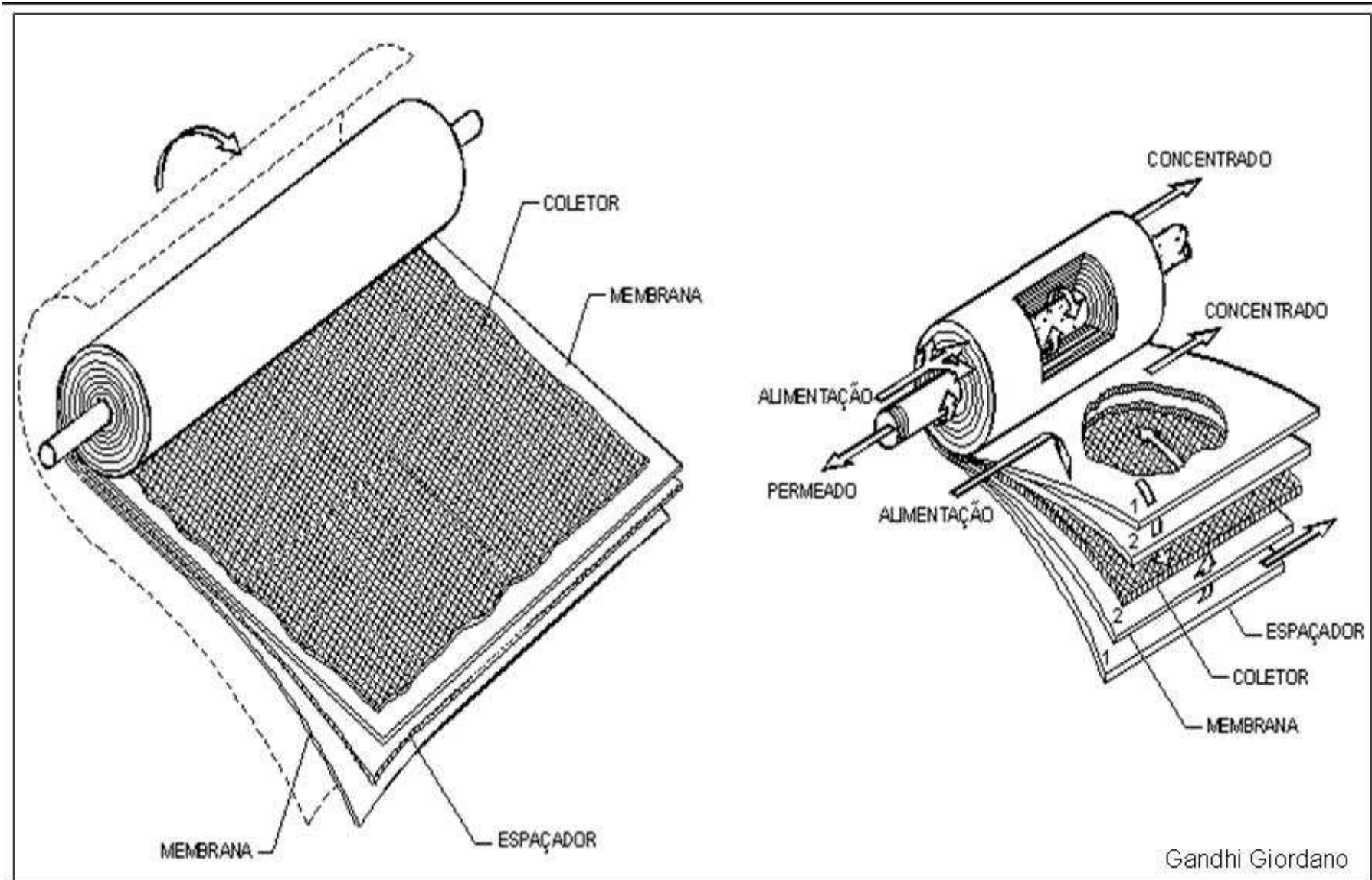


MEMBRANAS



Esquema básico de funcionamento de uma membrana

ESQUEMA DE UMA MEMBRANA ESPIRAL





SISTEMA DE NANOFILTRAÇÃO EM ESTAÇÃO
DE TRATAMENTO DE CHORUME

Teste com SDI

Teste com o SDI para definição do tipo de filtração a ser realizada.



Teste com SDI

O teste de SDI é um teste de *fouling* por filtração frontal que não reflete com exatidão as condições de acúmulo de material em sistemas operados por filtração tangencial, ou em sistemas de filtração frontal com retrolavagem periódica da membrana.

Essa determinação é essencial em todos os projetos de membranas, mas assume importância especial em sistemas de nanofiltração e osmose inversa.

Teste com SDI

Águas com índices excessivos de *fouling* podem causar o bloqueio irreversível de módulos espirais, e devem ser submetidas a algum tipo de pré-tratamento com características mais adequadas para os sistemas com membranas.

Teste com SDI

- A medição do SDI é feita através da passagem forçada de água, através de um filtro de membrana com 47 mm e 0,45 micron absoluto, sob uma pressão de 30 PSI.
- Como o filtro da membrana tende a entupir com o resíduo coloidal em suspensão, é feita a medição da alteração da vazão pela determinação do tempo necessário para encher um recipiente de 500 mL, antes de depois de intervalos específicos. Estes usualmente são de 5, 10 e 15 minutos, dependendo das condições.

Teste com SDI

Em termos matemáticos:

Ti = Tempo requerido para coletar a primeira a primeira amostra de 500 mL

Tf = Tempo requerido para coleta a última amostra de 500 mL

T= Tempo total de passagem de água através do filtro.

Geralmente, isto é feito em 5, 10 ou 15 minutos, dependendo o quão rápido acontece o entupimento do filtro.

A equação será: $SDI = \frac{(1 - t_i/t_f)}{T} \times 100$

Teste com SDI

Equipamento necessário para o teste:

- Um regulador de pressão preciso;
- Uma manômetro aferido (escala de 0 a 60 PSI);
- Um suporte para filtro de membrana usado em laboratório;
- Um cilindro de graduação de 500 ml;
- A disponibilidade de filtros de membrana de 47 mm e 0,45 micron em celulose éster ou acetato;
- Um cronômetro;
- Tubos e conexões.



Equipamento piloto para teste de filtração

Estudos de caso

Exemplos de atividades em que foram possíveis a implantação do reúso com efluentes de diversas origens diferentes.

Parque de Diversões

O esgoto sanitário gerado no parque de diversões, passa por uma membrana de ultrafiltração e é reutilizado para abastecer lagos que enfeitavam o local.

Este foi o primeiro projeto de reúso com a utilização de membranas no país.

Parque de Diversões



Parque de Diversões





Sistema de reúso para Parque de Diversões

Capacidade
400 m³/d

Tecnologia
Membrana de Ultrafiltração

Indústria de Panificação

FINALIDADE: recuperar o efluente tratado da ETEI como “água para reuso”, podendo esta ser utilizada para:

- Lavagem de Cestas;
- Descarga de Vaso Sanitário;
- Mictórios;
- Lavagem de Pisos;
- Lavagem de Veículos.

Indústria de Panificação

CARACTERÍSTICAS INCOVENIENTES DOS EFLUENTES INDUSTRIAIS

- Matéria Orgânica dissolvida ;
- Cor - Matéria Orgânica dissolvida, corantes orgânicos ou metais - Fe, Cu, Ni, Cr, etc;
- Turbidez - Colóides que geram depósitos;
- Sólidos em Suspensão - Matéria orgânica e inorgânica que geram depósitos;
- Microorganismos - Contaminação dos usuários.

Indústria de Panificação

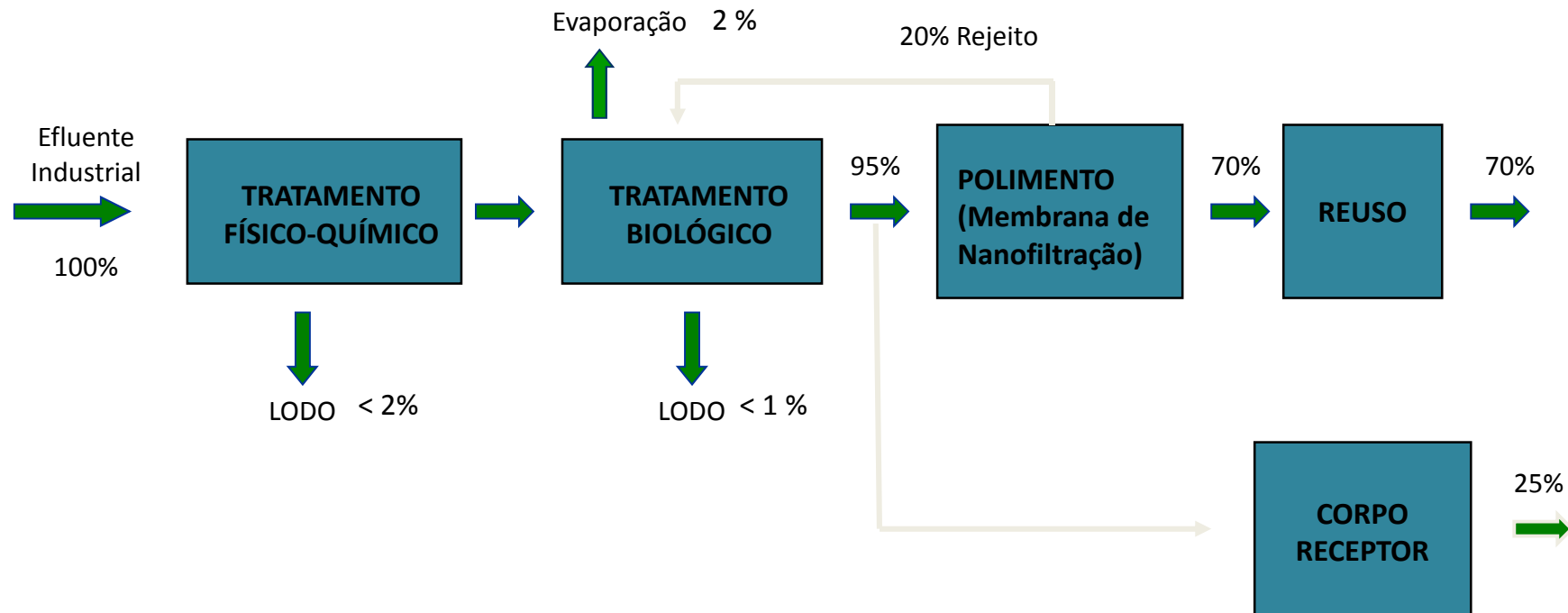
TECNOLOGIAS APLICADAS AO REUSO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA

- Processos Físico-Químicos: CLARIFICAÇÃO.
- Processos Físicos: MEMBRANAS - MICROFILTRAÇÃO, ULTRAFILTRAÇÃO, NANOFILTRAÇÃO e OSMOSE REVERSA.

Indústria de Panificação

Fluxograma

➤ SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁGUA PARA REUSO



Indústria de Panificação

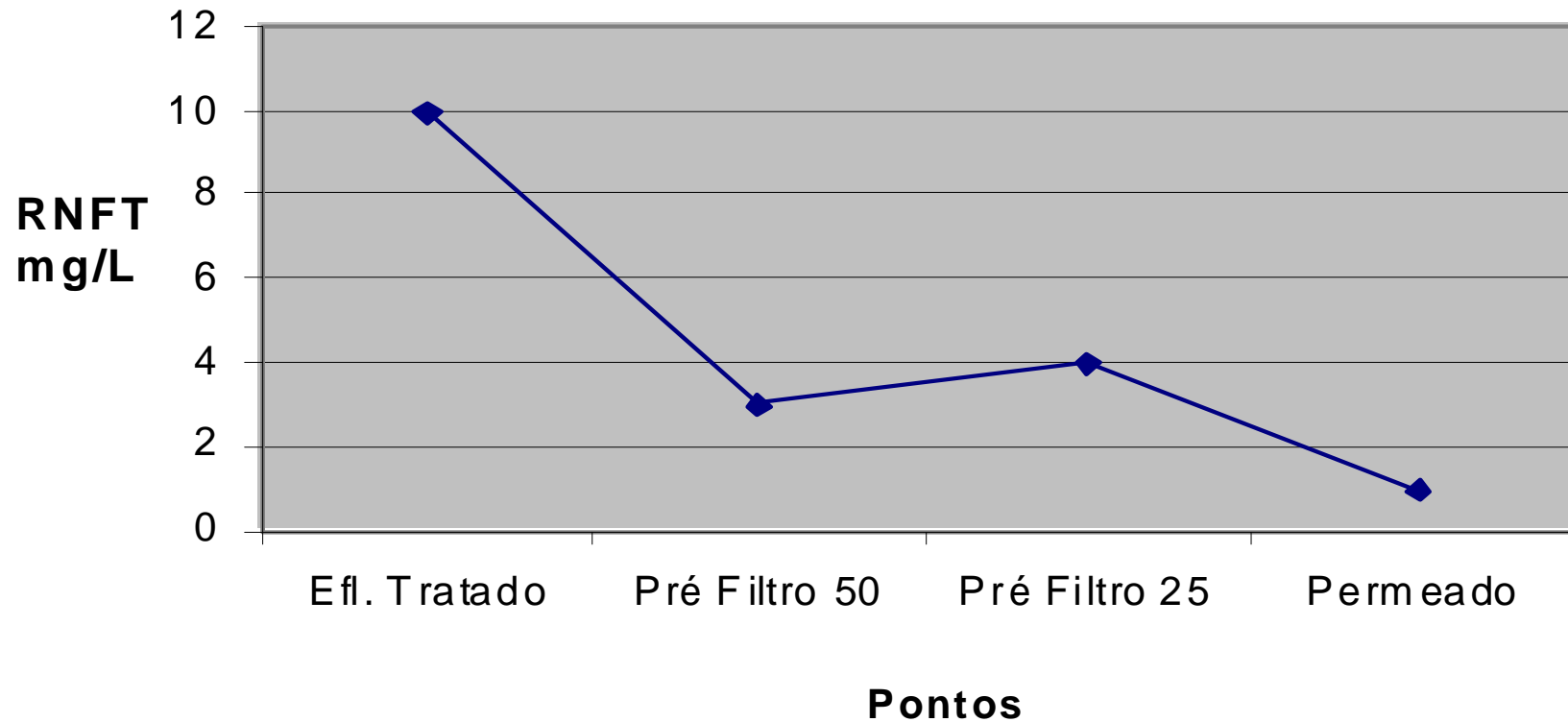
RESULTADOS ANALÍTICOS

Parâmetros	Pontos de Monitoramento		Eficiência de Redução(%)
	P1	P2	
Alcalinidade, mg/L	159	44	72,32
Cloreto, mg/L	93	51	45,16
Condutividade Umhos/cm	645	251	61,08
Cor,mg Pt/L	20	<2,5	-
DBO, mg/L	16	<5	68,75
DQO, mg/L	66	5	92,42
Dureza Total, mg/L	81	30	62,96
Ortofostato, mg P/L	-	<0,10	-
Nitrogênio Total, mg N/L	11	6,0	45,45
pH	7,1	6,9	-
RFT, mg/L	316	119	62,34
RNFT, mg/L	10	1	90,00
Turbidez(NTU)	3,7	0,3	91,89

Indústria de Panificação

RESÍDUOS NÃO FILTRÁVEIS TOTAIS

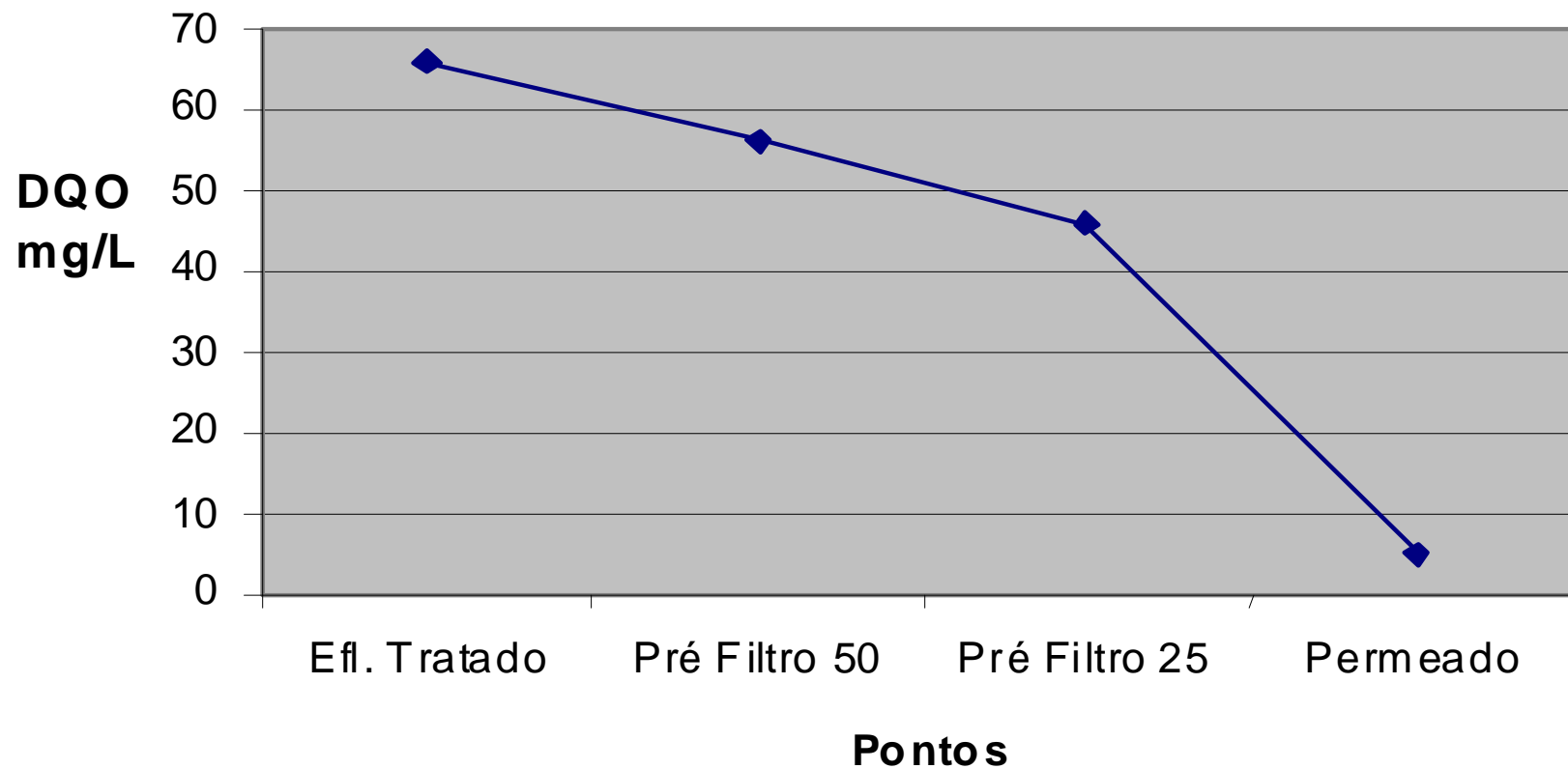
GRÁFICO DE REDUÇÃO DE RNFT



Indústria de Panificação

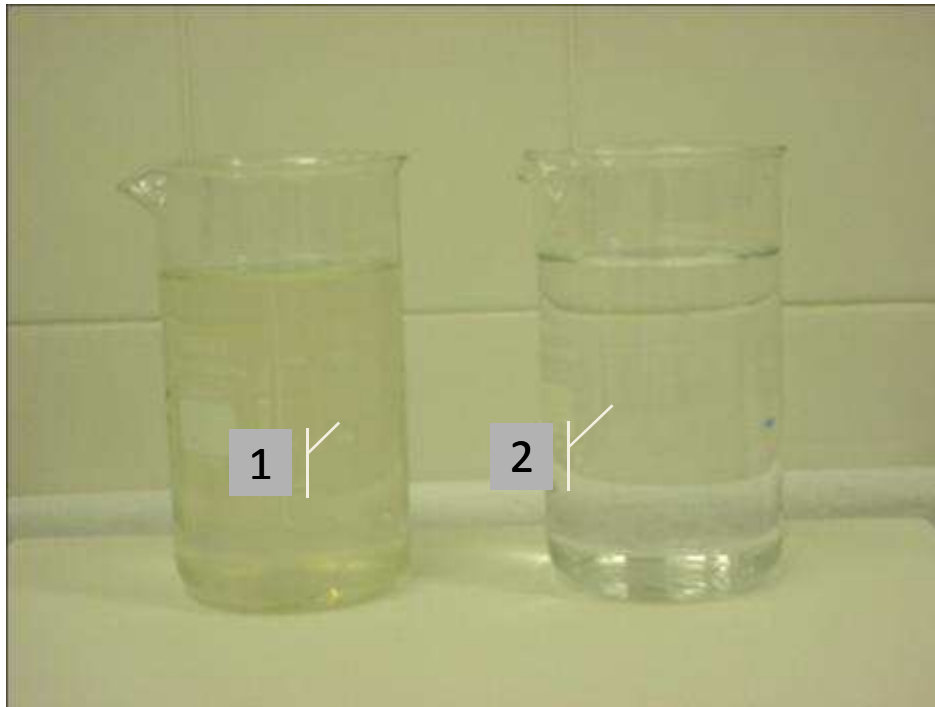
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

GRÁFICO DE REDUÇÃO DE DQO

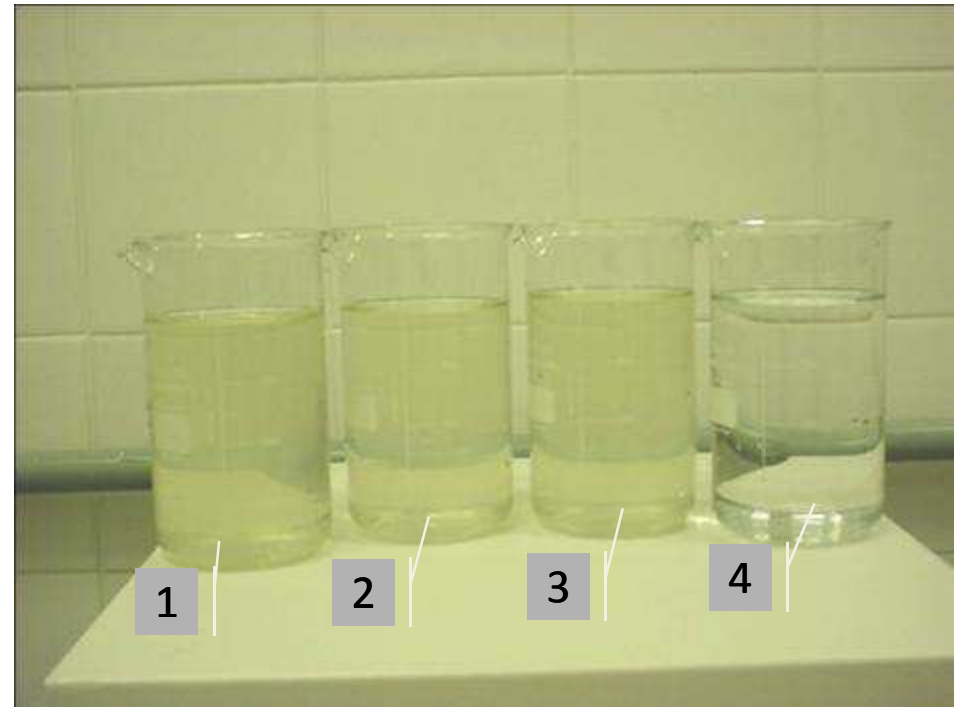


Indústria de Panificação

DEMONSTRAÇÃO DO TRATAMENTO



- 1) Efluente Tratado da ETEI
- 2) Permeado



- 1) Efluente Tratado da ETEI;
- 2) Efluente Pré Filtro 50
- 3) Efluente Pré Filtro 25;
- 4) Permeado da nanofiltração

Indústria de Panificação

CONCLUSÃO

Em função dos resultados obtidos pode-se recomendar a água proveniente do sistema de nanofiltração para reuso.

A água para reuso poderá ser utilizada, após cloração, nas seguintes unidades:

- Cestas;
- Vasos Sanitários;
- Mictórios;
- Pisos;
- Veículos.

Indústria Têxtil

FINALIDADE: recuperar o efluente tratado da ETEI como “água para reuso”, podendo esta ser utilizada no próprio processo de tingimento dos tecidos juntamente com água de poço em uma proporção de 50% de cada.

Indústria Têxtil

Características do efluente

Parâmetros	Efluente Equalizado (Bruto)	Efluente Secundário
Condutividade a 25 °C, $\mu\text{S}/\text{cm}$	2000	1948
Cor , mg Pt/L	2623	346
DQO, mg/L O ₂	614	58
pH	7,07	6,32

Indústria Têxtil

Características do efluente para reuso

Parâmetros	Nanofiltração	Água de poço	50% Nanofiltração + 50% Água poço
Condutividade a 25 °C, $\mu\text{S}/\text{cm}$	746	246	522
Cor, mg/L Pt-Co	<2,5	45	14
DQO, mg/L O ₂	<15	<15	<15
pH da amostra, a 25 °C	4,91	6,56	6,45

Indústria Têxtil



Indústria Têxtil



Indústria Têxtil



Efluente final com excesso de sólidos.



Entupimento da membrana no piloto de nanofiltração causado pelo excesso de sólidos no efluente.



Sólidos retidos na superfície da membrana

Indústria Têxtil

A estação apresentava alguns problemas operacionais, e é extremamente importante que a estação de tratamento esteja funcionando de maneira adequada, pois isso irá interferir na característica do efluente final, na vida útil das membranas e do equipamento.

Após os problemas terem sido solucionados, um novo teste foi realizado para ver a qualidade do efluente gerado após o processo de nanofiltração.

Indústria de Corantes

	Saída da Estação	Permeado	Concentrado
Alcalinidade	60	39	67
Cloreto	361	274	317
Condutividade	1642	1300	1772
Cor	1932	<2,5	2019
DQO	65	<15	85
Dureza	113	56	138
Turbidez	7,7	<1,5	6,6

Indústria de Corantes

FINALIDADE: recuperar o efluente tratado da ETEI como “água para reuso”, podendo esta ser utilizada em diversas atividades na empresa.

Indústria de Corantes

	Tratado da ETEI	Permeado	Concentrado
Alcalinidade	29	17	168
Cloreto	31	17	690
Condutividade	7040	2600	7470
Cor	77	<6,4	110
DQO	75	<15	133
Dureza	22	6	27
pH	6,85	6,95	7,12
Sulfato	1732	16	2651
Turbidez	<10	<10	<10

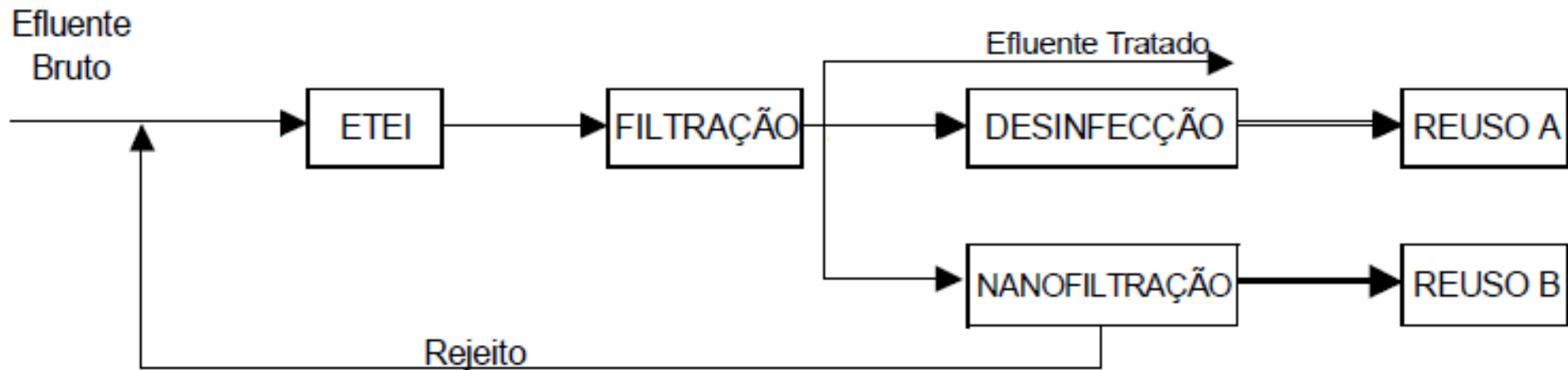
Indústria de Bebidas

FINALIDADE:

Recuperar o efluente tratado da ETEI como “água para fins não potáveis”, podendo esta ser utilizada para ‘make-up” em torres de resfriamento, lavagens em geral, limpeza de pisos, veículos e descargas de bacias sanitárias. Para o uso em Caldeiras, a água deverá ser submetida a abrandamento.

Estudo de Caso

Indústria de Bebidas



Estudo de Caso

Indústria de Bebidas

O efluente da ETEI será captado e submetido a filtração em leito de areia heterogêneo para retenção dos materiais em suspensão ainda presentes. Após a filtração, a parcela do efluente que será destinada ao Reuso “A”, será submetida a desinfecção com hipoclorito de cálcio. A corrente que será destinada ao Reuso “B” passará por filtração micrônica e em seguida submetida a um processo de separação por membranas denominado Nanofiltração que permite a separação de partículas na faixa de 10 a 100 angstroms (0,001 a 0,01 microns). Serão retidos nestas membranas; bactérias, vírus, endotoxinas, colóides, proteínas, moléculas orgânicas.

Indústria de Bebidas

Características do efluente tratado

Parâmetros	Efluente Tratado
DQO, mg/L em O ₂	150
Detergentes (MBAS), mg/L	0,5
Fósforo Total, mg/L	<1,0
Materiais Sedimentáveis, mg/L	<1,0
Nitrogênio Kjeldal, mg/L	<10
Nitrogênio Amoniacal, mg/L	<5,0
Óleos e Graxas Mineral, mg/L	<20
pH	7,0
RNFT, mg/L	-
Temperatura, °C	26

Indústria de Bebidas

Características do efluente de Reuso A

Parâmetros	Reuso A
Cor, mg Pt/L	< 100
Turbidez, uT	< 50
Alcalinidade Total, mg/L	<700
Condutividade $\mu\text{s/cm}$	<1700
Cloretos, mg/L	<500
Dureza Total, mg/L	<250
Ferro Total, mg/L	<1,0
Fósforo Total, mg/L	<1
RNFT	<50,0
Sílico, mg/L	<50
pH	6,5 - 8,0

Indústria de Bebidas

Características do efluente de Reuso B

Parâmetros	Reuso B
Cor, mg Pt/L	<10
Turbidez, uT	<5,0
Alcalinidade Total, mg/L	<300
Condutividade $\mu\text{s}/\text{cm}$	<3000
Cloretos, mg/L	<350
Dureza Total, mg/L	<20
Ferro Total, mg/L	<1,0
Fósforo Total, mg/L	<1
RNFT	<3,0
Sílico, mg/L	<30
pH	6,5 - 8,0

Central de Tratamento de Resíduos

FINALIDADE:

Reduzir a concentração de matéria orgânica e cor do efluente final, visando um aumento na eficiência da ETE composta por tratamento primário através de processos físico-químicos seguido de tratamento secundário que utiliza o processo de lodos ativados, além da etapa terciária do tratamento que utiliza processos de filtração e nanofiltração.

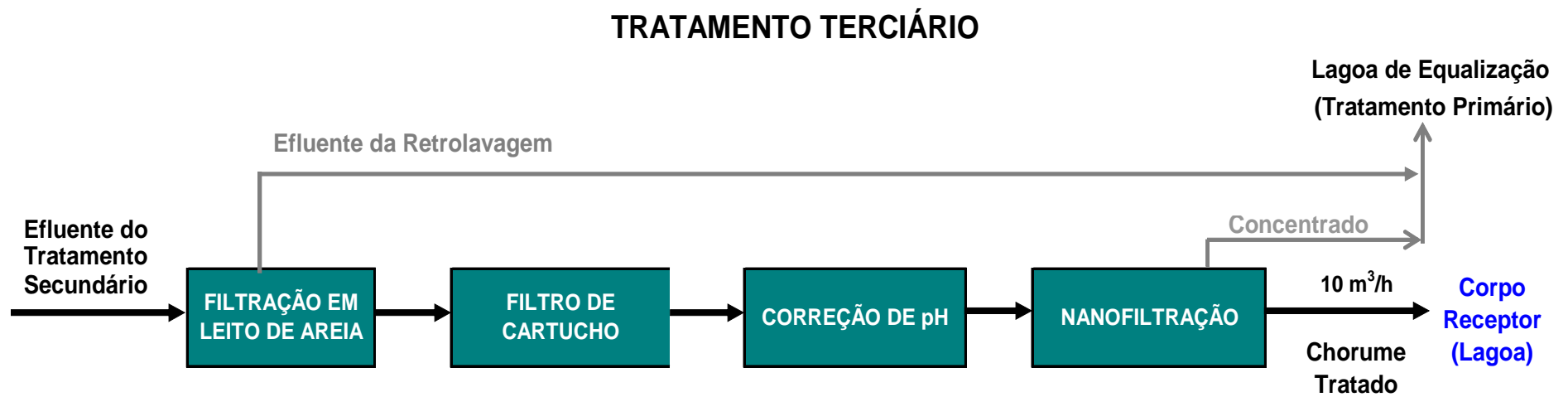
Central de Tratamento de Resíduos

Etapas do Tratamento Terciário:

Filtração em 02 estágios (filtro de areia e pré-filtro);

- Correção do pH;
- Filtração em membranas de nanofiltração.

Central de Tratamento de Resíduos





Pré-filtro



Unidade de Nanofiltração









Indústria de margarina

FINALIDADE:

O propósito de reuso na empresa de produção de margarina, era para uso em sua área industrial, mais precisamente em caldeiras. Para isso foram feitos testes com membranas de microfiltração e nanofiltração, para definir a mais adequada.

Indústria de margarina

Microfiltração

Os testes foram realizados primeiramente com cartucho de celulose de 3 micra como pré-filtro, iniciando o processo de filtração, com 84 PSI, sendo finalizado com 62 PSI de pressão.

Posteriormente, foi colocado um cartucho de celulose como pré-filtro de 25 micra. Iniciando a nova filtração com 86 PSI, mantendo-se com vazão de permeado a 1,8L/min. e vazão de concentrado a 0,5 L/min, quando o cartucho de celulose começou a colmatar (entupir), e a pressão chegou a 70 PSI.

Com 20 minutos de operação, foram coletados volumes de amostras de efluente permeado da Microfiltração e de efluente tratado pela Estação de tratamento para análise.

Indústria de margarina



Pré-filtros



Permeado, Concentrado e tratado da ETI

Indústria de margarina

Resultado analíticos

Parâmetro	Efluente tratado	Microfiltração
Alcalinidade total	116	49
Condutividade a 25° C	1571	960
Cor	470	< 6,4
DQO	113	84
Dureza total	14,96	< 5,0
Ferro total	3,692	< 0,3
Fósforo total	0,73	< 0,02
Nit.Kjeld.	1,656	0,223
pH	7,78	7,77
RNFT	81	64
Turbidez	30,6	< 10

Indústria de margarina

Nanofiltração

Iniciando o estudo de Nanofiltração, com pressão de 102 PSI, com vazão de permeado e concentrado de 1,8 L/min. Cerca de 10 minutos após o início, o pré filtro de 10 micras começou a colmatar e a diminuir a pressão até 84 PSI.

O cartucho de celulose de 10 micras foi trocado por um cartucho de 25 micra e reiniciado o teste com membrana de Nanofiltração com pressão de 103 PSI e vazão de permeado e concentrado a 1,8 L/min. Aproximadamente uma hora depois do início do segundo teste, a pressão elevou-se para 117 PSI e o teste foi finalizado. Por volta de 20 minutos do início do processo, foram realizadas as coletas de permeado do efluente gerado na Nanofiltração.

Indústria de margarina



Pré-filtros



Concentrado, Permeado e tratado da ETI

Indústria de margarina

Resultado analíticos

Parâmetro	Efluente tratado	Nanofiltração
Alcalinidade total	116	31
Condutividade a 25° C	1571	626
Cor	470	< 6,4
DQO	113	104
Dureza total	14,96	< 5,0
Ferro total	3,692	< 0,3
Fósforo total	0,73	< 0,02
Nit.Kjeld.	1,656	0,358
pH	7,78	7,58
RNFT	81	13
Turbidez	30,6	< 10

Indústria farmacêutica

FINALIDADE: Recuperar o efluente tratado da ETEI como “água para reuso”, podendo esta ser utilizada para:

- “Make up” em torres de resfriamento;
- Lavagem de pisos;
- Irrigação.

Indústria farmacêutica

Características inconvenientes do efluente.

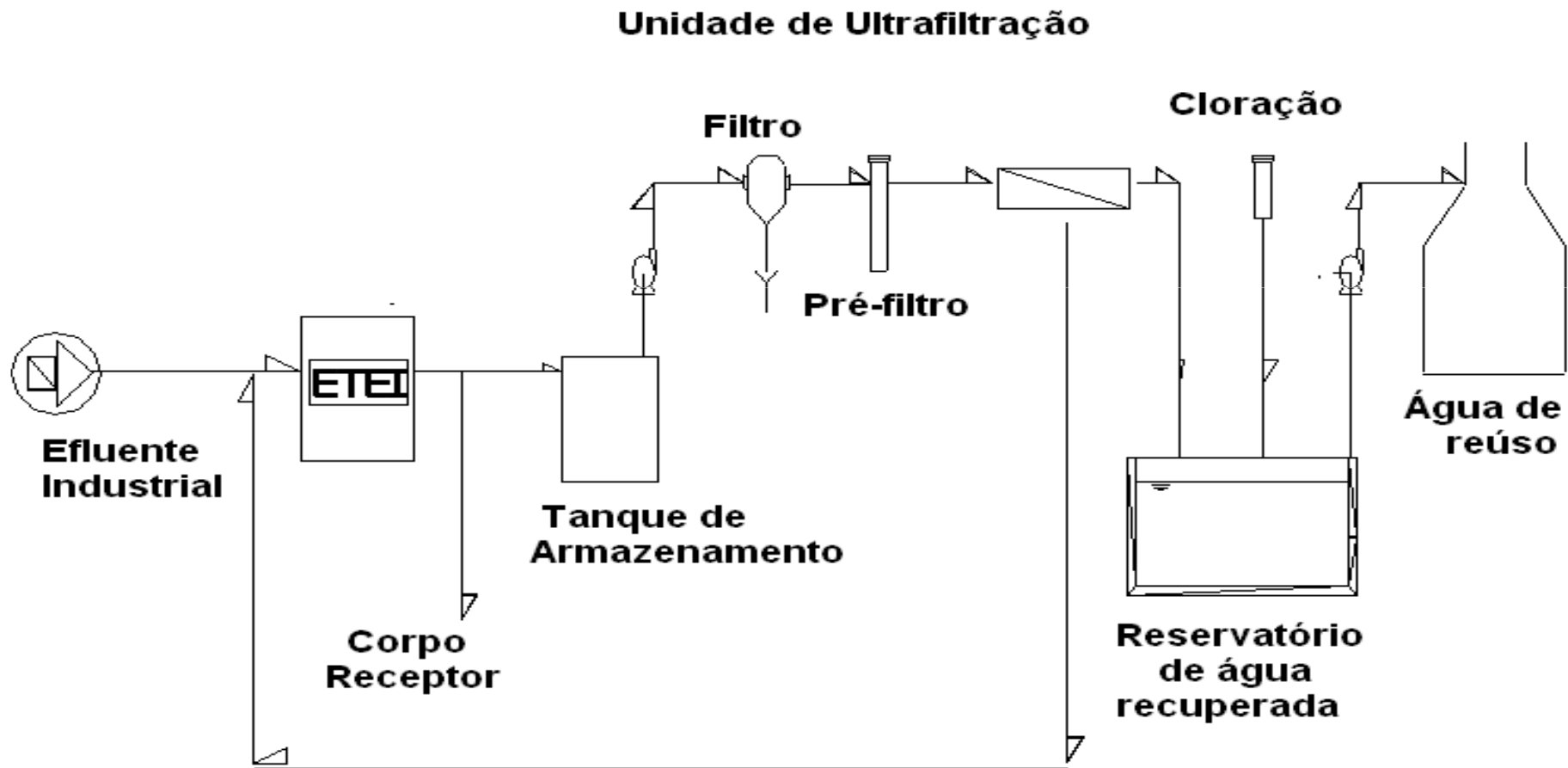
- MATÉRIA ORGÂNICA DISSOLVIDA : GERAM FILMES ADERENTES;
- COR : MATÉRIA ORGÂNICA DISSOLVIDA, CORANTES ORGÂNICOS OU METAIS -
Fe, Cu, Ni, Cr, ETC;
- TURBIDEZ :COLÓIDES QUE GERAM DEPÓSITOS;

Indústria farmacêutica

Características inconvenientes do efluente.

- Sólidos em suspensão matéria orgânica e inorgânica que geram depósitos;
- Microorganismos contaminação dos usuários.
- Sais ciclo de concentração nas torres.

Indústria farmacêutica



Indústria farmacêutica



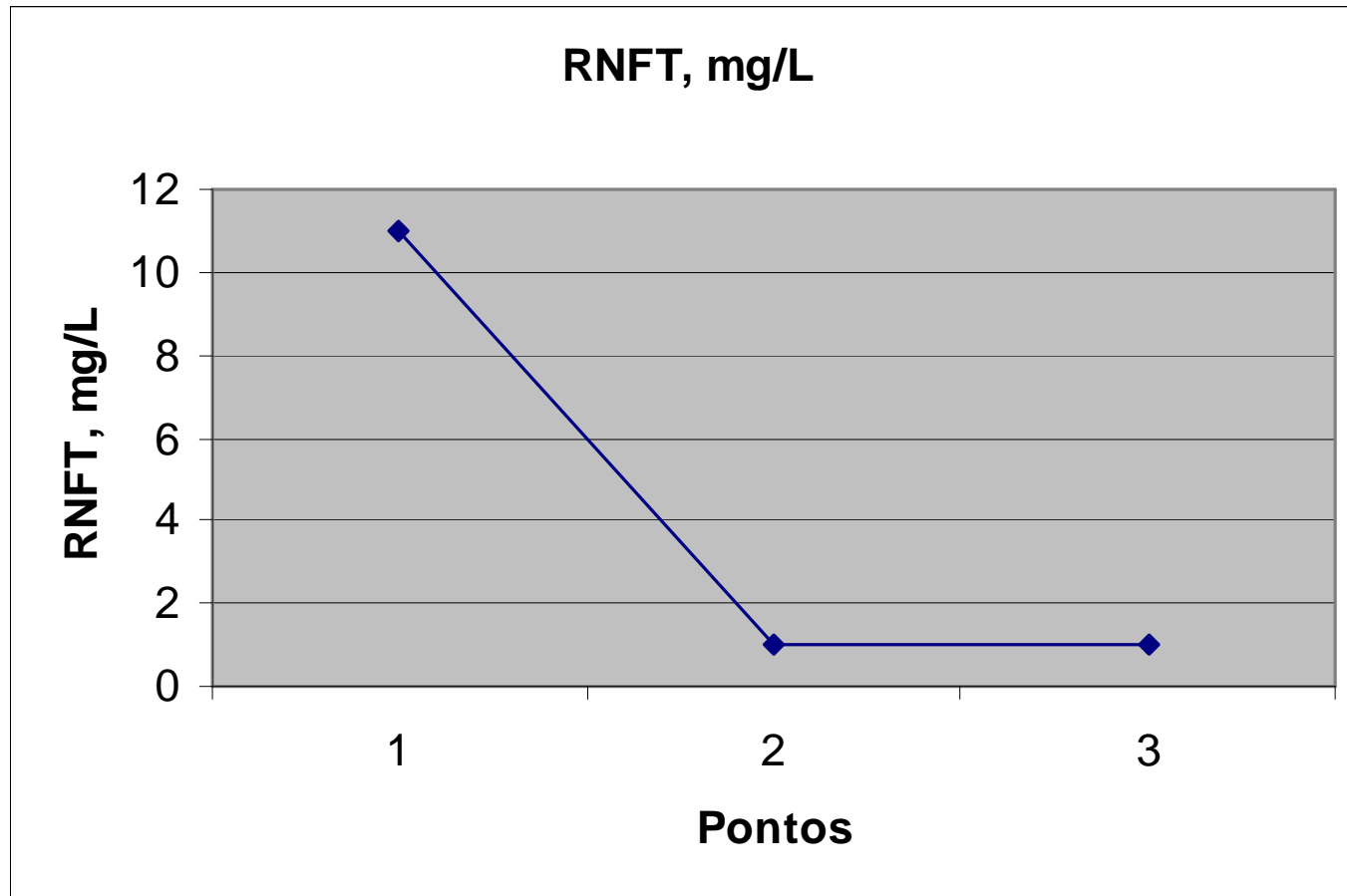
Indústria farmacêutica

- A vazão de “água para reuso” equivale a 70% da vazão de efluente de entrada;
- O rejeito de 30% é retornado ao sistema de tratamento e descartado como efluente tratado.

	Água para Reuso	Limite Recomendado*
Cor, mg Pt/L	2,5	-
Turbidez, uT	0,3	50
pH	7,0	6,9 - 9,0
Cloretos, mg/L	92	500
Condutividade, μ S/cm	648	-
DBO, mgO ₂ /L	3	25
DQO, mgO ₂ /L	19	75
Nitrogênio Total, mg/L	1,3	-
Nitrato, mg/L	<0,05	-
Sódio, mg/L	165	-
RFT, mg/L	480	500
RFV, mg/L	302	-
RNFT, mg/L	<1	100

* Water Pollution Control Federation, 1989

Indústria farmacêutica



Ponto 1: Antes do Pré-Filtro; Ponto 2: Após o Pré-Filtro; Ponto 3: Após a Membrana

Indústria farmacêutica

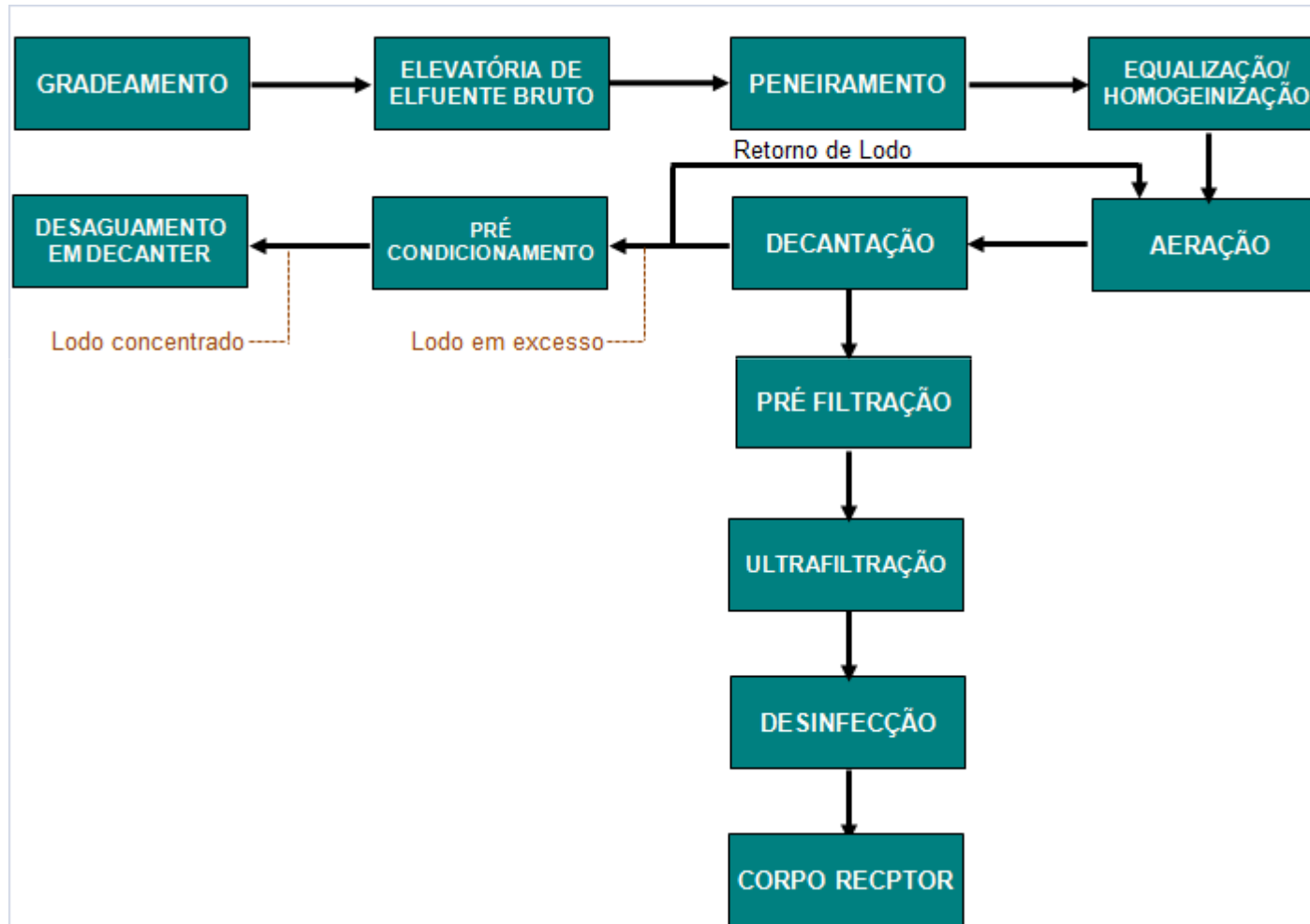


Zoológico

FINALIDADE:

Aproveitamento dos efluentes dos tanques de proteção e banho dos animais, que no momento estão sendo descartados de forma inadequada, através do tratamento e reuso, assim fazer economia da água potável consumida nas atividades que podem utilizar “água para fins não potáveis”, tais como irrigação, lavagens de pisos, tanques e abrigos de animais.

Zoológico



Zoológico

Parâmetros	Esgoto Bruto	Efluente do Tratamento Biológico	Efluente do Tratamento de UF	Limites Estabelecidos
DBO, mg de O ₂ /L	271	27	<5	< 8
DQO, mg de O ₂ /L	542	272	10	< 20
Sólidos Dissolvidos, mg/L	--	--	20	< 500
Sólidos em Suspensão, mg/L	--	30	2	< 5
Cloretos, mg Cl/L	--	--	30	< 250
Ferro Total, mg Fe/L	--	--	< 0,3	< 0,3
Alumínio, mg Al/L	--	--	< 0,2	< 0,2
Sulfato, mg SO ₄ ⁻² /L	--	--	< 250	< 250
Ph	--	6,5 – 7,5	6,5 - 7,5	6,5 - 7,5
Turbidez, Ut	--	--	< 2,0	< 2,0
Cor, mg PI-Co/L	--	--	< 15,0	< 15,0
Dureza Total, mg CaCO ₃ /L			< 1000	< 1000
Temperatura, °C	--	--	25 – 30	<40
Coliformes Totais, (NMP/100ml)	--	--	ausentes	Ausentes

Zoológico



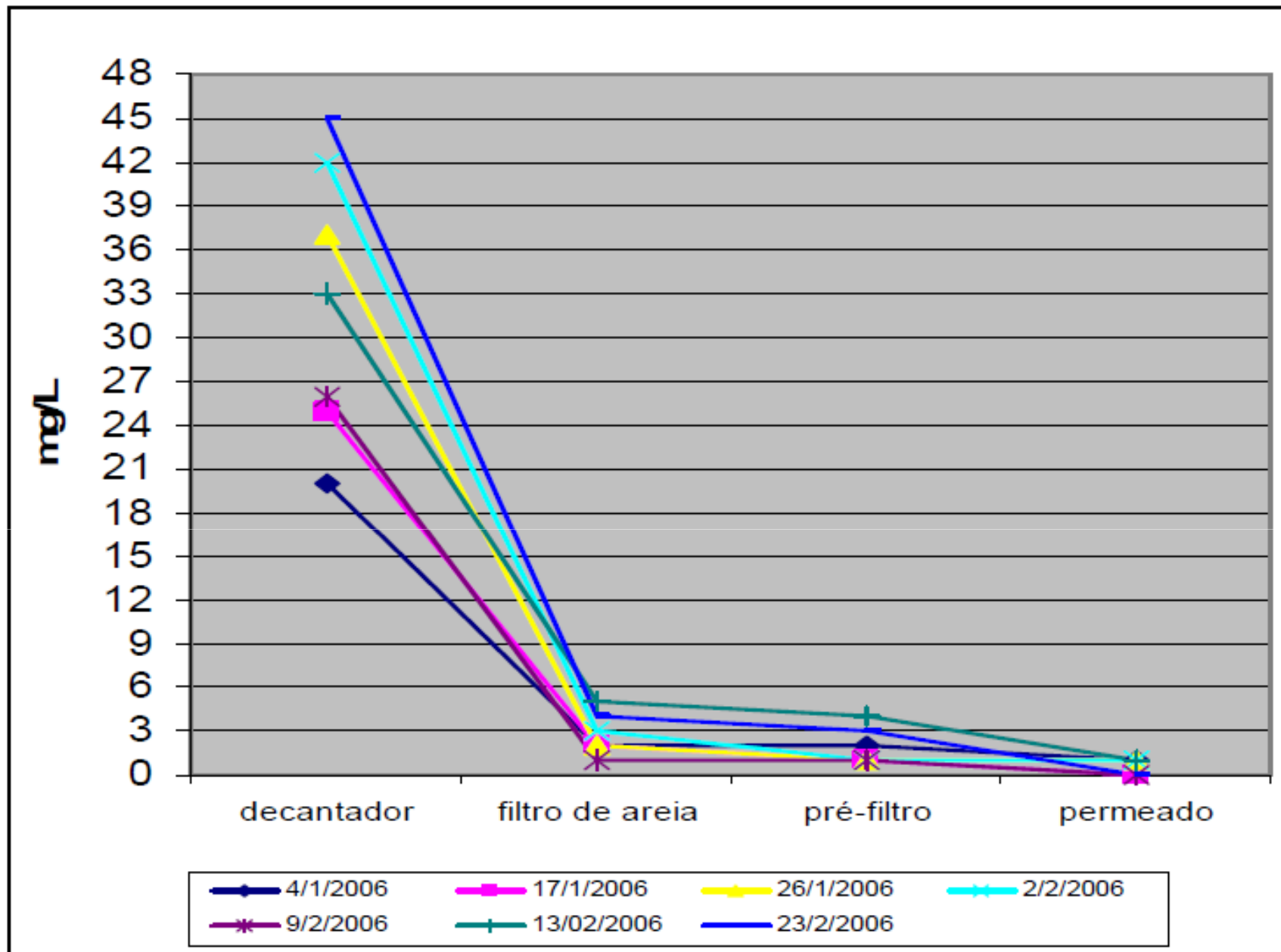


Gráfico dos resultados de RNFT ao longo do tratamento terciário.

Posto de Combustíveis

FINALIDADE:

Aproveitamento dos efluentes provenientes da lavagem dos automóveis do posto de combustível para que seja reutilizado.

O tratamento foi feito através de um sistema eletrolítico passando depois por uma filtração em cartucho.





Posto de Combustíveis

	Bruto	Tratado	Filtrado
Condutividade	295	231	241
Detergentes	4,9	6,3	5,8
DQO	396	94	89
pH	6,09	9,07	8,07
RNFT	143	71	20

Estudo de Caso

Posto de Combustíveis



Filtrado

Tratado

Bruto

Indústria Farmacêutica

Atualmente, a empresa conta com uma ETE composta por tanque de equalização seguido de tratamento biológico, com a finalidade de tratar e lançar os efluentes gerados na atividade industrial.

ETE gera cerca de 2.200 a 2.500 m³/mês de efluente tratado em nível secundário.

Indústria Farmacêutica

Com a possibilidade do reaproveitamento de 2.000 m³/mês como Água Industrial, foram realizados testes com dois tipos de membranas, Osmose Reversa e Nanofiltração, para assim definir qual a melhor opção para empresa com o intuito de reúso de água industrial.

A implantação do reúso de água, além da preservação do recurso natural, oferece entre outras vantagens:

- Reduzir custos de captação de água da rede pública,
- Reduzir o volume de efluente descartado no corpo receptor;
- Incentivar a cultura de sustentabilidade e preservação do meio ambiente na empresa;

Indústria Farmacêutica

Parâmetros	Saída do Decantador	Permeado Nanofiltração	Concetrado Nanofiltração	Permeado Osmose Reversa	Concetrado Osmose Reversa
Alcalinidade Total, mg/L	< 5	< 5	-	< 5	-
Cloreto Total, mg/L	97	< 5	129	6	123
Condutividade, μ S/cm	808	59	997	179	978
DQO, mg/L	42	< 15	< 15	< 15	42
Dureza Total, mg/L	101	< 5	-	<5	-
Fósforo Solúvel, mg/L	0,08	-	-	-	-
Fósforo Total, mg/L	0,5	< 0,1	0,2	< 0,1	0,2
Resíduo Filtrável Total, mg/L	483	41	-	24	-
Resíduo Não Filtrável Total, mg/L	10	< 3,0	-	6	-
Nitrogênio Total, mg/L	23,4	3,7	29,6	2,2	32
Turbidez, UNT	19	< 1,5	-	< 1,5	-

Indústria Farmacêutica

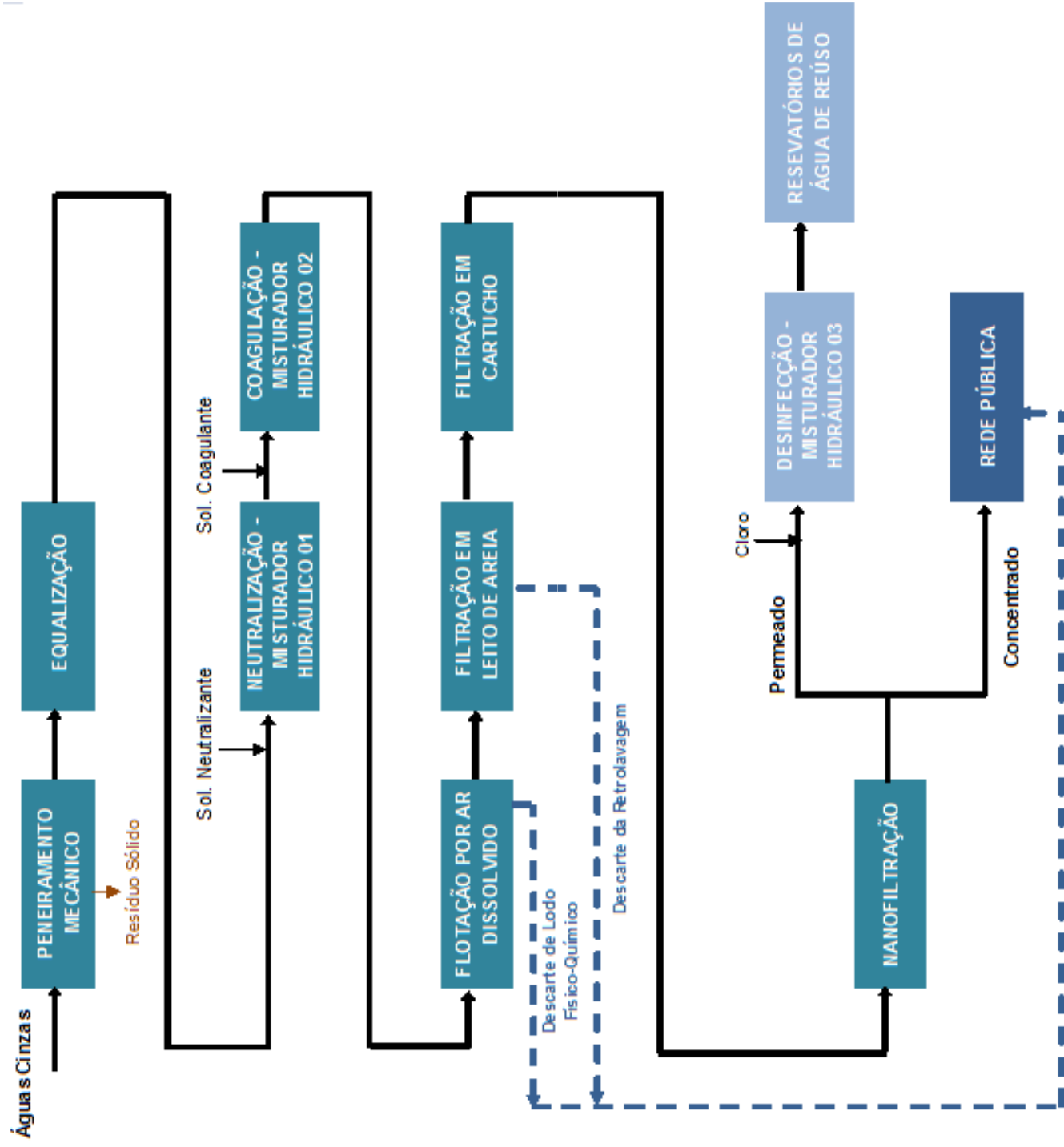
Comparado os resultados entre os testes com a duas membranas definiu-se que, para esta empresa, seria melhor a utilização da Nanofiltração. Estes são alguns dos motivos:

- Menor consumo de energia.
- Menor gastos com manutenção.
- Maior geração de permeado (água de reúso).
- Menor geração de concentrado.
- Proporciona a possibilidade de descarte de concentrado para o corpo receptor.
- Evita o aumento da concentração de sais no tratamento biológico, pois o concentrado não retorna para o reator biológico.
- Reduz o intervalo de limpezas e de parada do sistema.
- Maior vida útil das membranas.

Empreendimento imobiliário

Um condomínio com 30 prédios e mais de 3000 apartamentos terá uma geração de águas cinzas, que é qualquer água residual, ou seja, não industrial, a partir de processos domésticos como lavar louça, roupa e tomar banho. A água cinza corresponde a 50 a 80% de esgoto residencial.

As águas cinzas geradas nos condomínios serão direcionadas para a Estação de Tratamento de Águas Cinzas – ETAC, que terá por objetivo a recuperação dessas águas para reutilização para fins não potáveis.



Empreendimento imobiliário



Empreendimento imobiliário



Empreendimento Imobiliário

As águas tratadas serão reutilizadas para fins não potáveis como: bacias sanitárias, irrigação e reposição das águas dos lagos.

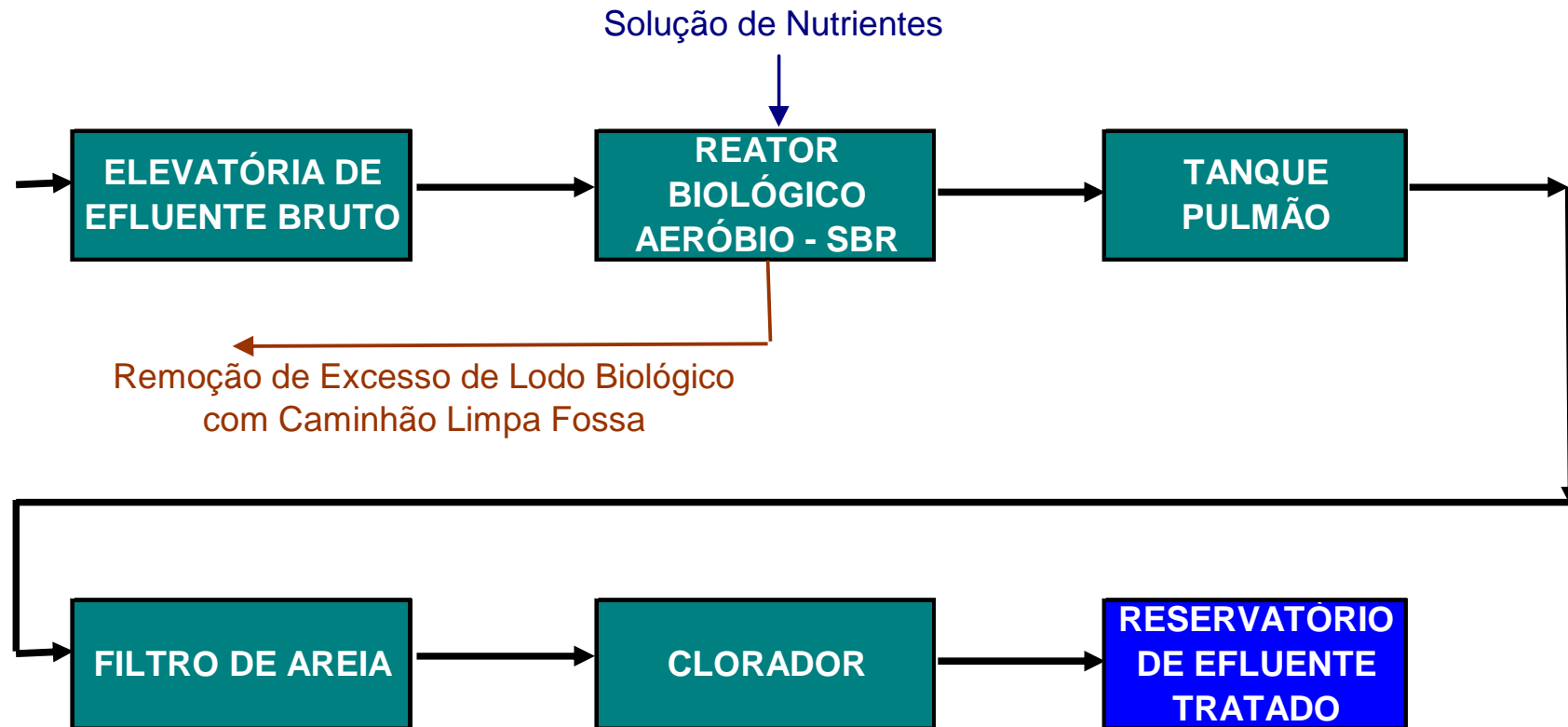
Os lagos não são adequados para peixes ornamentais, devido à aplicação de cloro na água na etapa de desinfecção da ETAC.

Laboratório de padrões para análises clínicas

Os efluentes são gerados na preparação de amostras para testes de proficiência de laboratórios de análises clínicas.

Os efluentes são constituídos majoritariamente por água, materiais desinfetantes (água oxigenada, derivados de cloro, dentre outros) e resíduos orgânicos tais como sangue, leite, urina e similares.

Laboratório de padrões para análises clínicas



Laboratório de padrões para análises clínicas



Laboratório de padrões para análises clínicas

Parâmetros	Pontos de Coleta		
	Afluente	Tq de aeração	Efluente
DBO, mg/L em O ₂	223	-	<3
Detergentes (MBAS), mg/L	1,9	-	<0,4
DQO, mg/L em O ₂	410	-	<15
Índice de Fenóis, mg/L	0,1	-	<0,08
Fósforo Solúvel, mg/L	-	-	<0,02
Fósforo Total, mg/L P	-	-	<0,10
Materiais Sedimentáveis, mL/L	-	-	<0,5
Nitrogênio Kjeldahl, mg/L N	-	-	0,1
Nitrogênio Amoniacal, mg/L N	-	-	<0,1
Óleos e Graxas Totais, mg/L	<6,0	-	<6,0
pH	7,34	6,54	7,74
Temperatura ¹ , °C	29	28	29
CENO, %	-	-	100
FDd	-	-	1
Resíduo Não Filtrável Total, mg/L	10	4748	<3
Resíduo Não Filtrável Volátil, mg/L	-	2370	-

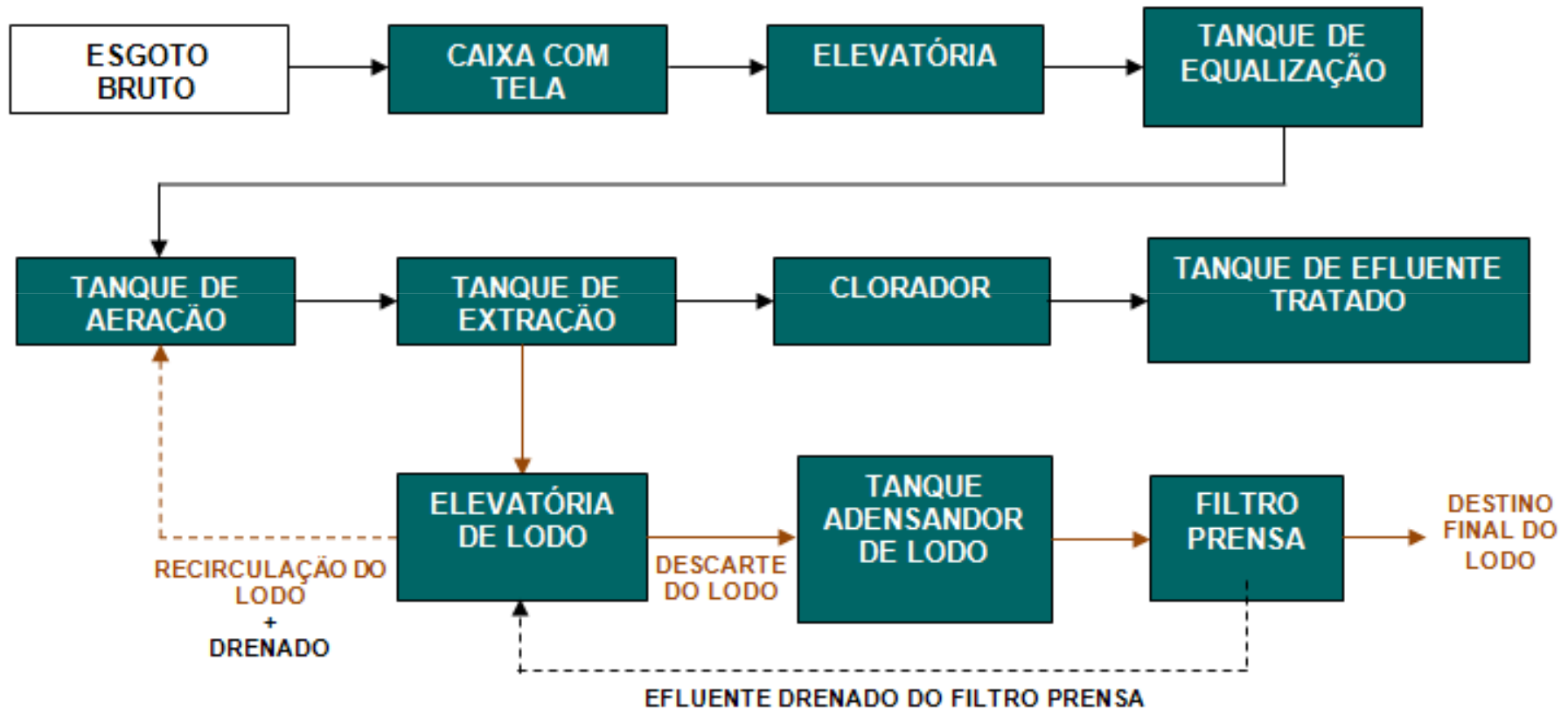
Laboratório de padrões para análises clínicas

O efluente final após passagem pelo filtro de areia, já possui característica para reuso não potável e é utilizado em torre de resfriamento.

Indústria de componentes elétricos

O esgoto gerado é constituído dos esgotos sanitários dos mictórios, vasos sanitários, lavatórios e chuveiros além das águas residuárias da cozinha e refeitório.

Indústria de componentes elétricos



Indústria de componentes elétricos

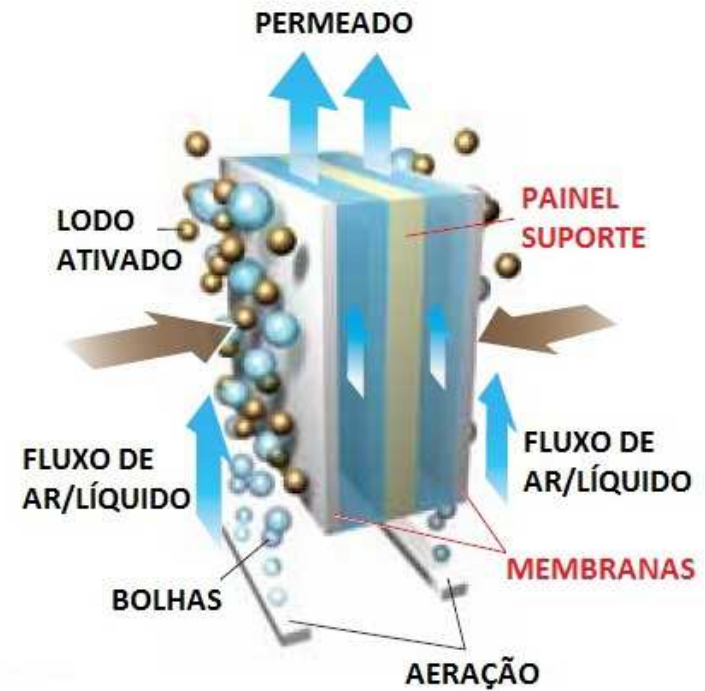
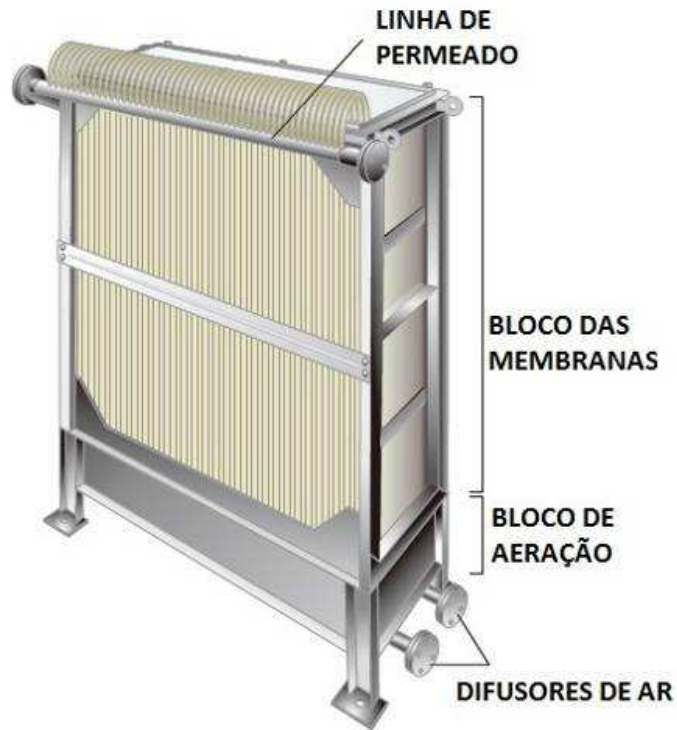
Nesse sistema de tratamento o diferencial é o MBR (Membrane Bioreactor) que são módulos submersos de membrana de ultrafiltração, os quais são responsáveis por separar o esgoto tratado do lodo biológico.

Além desse processo de separação, as membranas realizam a ultrafiltração, obtendo-se um esgoto tratado com uma qualidade superior aos processos convencionais.

Indústria de componentes elétricos

Os módulos são compostos de membranas de ultrafiltração que retêm a passagem lodo e permite a passagem da fase líquida tratada. Na parte inferior dos módulos encontra-se uma tubulação de difusão de ar para realização a limpeza da superfície das membranas, aumentando o rendimento e a vida útil do sistema.

Indústria de componentes elétricos



Indústria de componentes elétricos



Indústria de componentes elétricos



Indústria de componentes elétricos

	Afluente Bruto	Tanque de aeração	Efluente Tratado
Cor Verdadeira, mg/L Pt-Co	-	-	29
DBO, mg/L O ₂	302	-	<3
Detergentes (MBAS), mg/L	-	-	<0,40
DQO, mg/L O ₂	620	-	28
Materiais Sedimentáveis, mL/L	-	-	<0,5
Óleos e Graxas Totais, mg/L	16	-	<6
Resíduo Não Filtrável Total, mg/L	-	1800	21
Resíduo Não Filtrável Volátil, mg/L	-	1565	-
Turbidez, NTU	-	-	<1,5

Unidade de manutenção de mineradora

Os efluentes oleosos são gerados nas diversas atividades da unidade de manutenção de uma mineradora, basicamente são constituídos por lavagem de veículos, lubrificação e outras atividades vinculadas à manutenção dos veículos. A incidência das águas pluviais sobre as áreas abertas do Centro de Manutenção também constitui em fonte de contribuição de efluente oleoso ao sistema de tratamento de efluentes.

Unidade de manutenção de mineradora

O sistema de tratamento é composto por: etapa preliminar seguida de tratamento primário, secundário e terciário.

Etapas do Tratamento Preliminar

- Equalização e Homogeneização;
- Controle de vazões.

Etapas do Tratamento Primário

- Controle e correção do pH;
- Coagulação;
- Floculação;
- Flotação por ar dissolvido.

Unidade de manutenção de mineradora

Etapas do Tratamento Terciário

- Filtração em Leito de Areia;
- Filtração em Carvão Ativado;
- Descarte do Efluente Tratado.

Etapas do Tratamento do Lodo

- Floculação;
- Desaguamento Mecânico.

Unidade de manutenção de mineradora

Parâmetros	Efluente Bruto	Efluente Tratado
DQO, mg O ₂ /L	1.462	<180
Detergentes (MBAS), mg/L	3,7	1,0
Óleos e Graxas Mineral, mg/L	280	< 20
pH	10,74	7,0 – 8,5
Temperatura, °C	28	25 - 30
Materiais Sedimentáveis, ml/L	-	<1,0

Unidade de manutenção de mineradora



Unidade de manutenção de mineradora



Unidade de manutenção de mineradora

O efluente após filtração, após passar por um medidor de vazão, pode ser direcionado o corpo receptor, ou para reúso na lavagem de veículos e máquinas.

Benefícios e Custo

Um planilha será apresentada com um exemplo dos custos para implementação e operação, além de todas variáveis econômicas que influenciam na viabilidade do projeto.