

MEMORIAL DESCRITIVO E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Unidade Piloto de Tratamento e Remoção de Óleo da Água (Vazão: 2,0 L/h)

1. OBJETIVO E DADOS GERAIS DO PROJETO

Este documento apresenta o Memorial Descritivo detalhado do Processo, bem como as Especificações Técnicas e Dimensionais para a confecção da **Unidade Piloto de Tratamento e Remoção de Óleo da Água**. O sistema destina-se ao estudo, validação e otimização de processos de separação de fases física, físico-química e polimento por flotação na escala de bancada.

- **Vazão Nominal de Operação (Q):** 2,0 L/h ($0,0333 \text{ L/min} = 5,55 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}$)
- **Regime de Operação:** Contínuo ou Semicontínuo (com autonomia estipulada para até 8 horas de ensaio contínuo)
- **Fluido de Trabalho:** Água produzida/oleosa com óleo livre e emulsionado (faixa típica: 100 a 1000 mg/L)
- **Materiais Predominantes:** Acrílico transparente / Vidro Borossilicato (para visualização dos fenômenos de separação), Aço Inoxidável 316L, Polietileno de Alta Densidade (PEAD), Tecnyl e Tubulações Flexíveis em PP/PU/Tygon/Silicone.

2. DESCRITIVO DETALHADO ETAPA POR ETAPA DO PROCESSO

2.1. Etapa 1: Alimentação e Separação Primária (Grosseira)

1. **Equalização e Armazenamento Bruto:** O efluente contendo misturas de água e óleo é mantido sob agitação (**Agitador Grande Porte AG-01p**) e equalizado no **Tanque Pulmão Bruto (TQ-01)**.
2. **Alimentação de Baixo Cisalhamento:** Por meio da **Bomba de Alimentação Principal (B-01)**, a água oleosa é transferida com vazão controlada de 2,0 L/h para a unidade. O uso de uma bomba com mecanismo com baixo cisalhamento, evitando a quebra das gotas de óleo e preservando a eficiência da separação primária, é necessária.
3. **Separação Gravitacional Primária (Trifásica):** A mistura entra no **Separador Trifásico Horizontal (SEP-01)**.
 - **Fase Leve (Óleo Separado):** O óleo livre flutua por diferença de densidade e transborda

pelo vertedouro superior, sendo coletado por gravidade no **Tanque de Óleo Recuperado (TQ-04)**.

- **Fase Aquosa Clarificada Primária:** A água descarrega inferiormente por um poço/sifonado, seguindo para o tratamento químico.

2.2. Etapa 2: Condicionamento Químico e Coagulação/Floculação

1. **Mistura Rápida:** A água separada na etapa primária entra no **Tanque Misturador Químico (TQ-02)**, encamisado e equipado com um **Agitador Mecânico (AG-01)** acoplado a um impulsor Rushton/turbina operando a rotação controlada. O encamisamento do TQ-02 flexibiliza o sistema para testes experimentais em diferentes temperaturas, caso seja de interesse operacional.
2. **Sistemas de Micro-Dosagem Química:**
 - **Coagulante/Desemulsificante (DQ-01):** Dosado em taxas contínuas, através de bomba especial, diretamente na zona de alta turbulência do misturador rápido para desestabilizar emulsões de óleo em água.
 - **Polímero/Floculante (DQ-02):** Também dosado por bomba especial no **Tanque de Mistura Lenta (TQ-03)**, permitindo a formação de flocos/aglomerados oleosos de fácil sedimentação/flotação. Os flocos são formados e mantidos por agitação lenta através do **Agitador (AG-02)** sendo descarregado continuamente no sistema de decantação.

2.3. Etapa 3: Decantação / Clarificação e Manobra Intermediária

1. **Clarificação Físico-Química:** O efluente floculado adentra o **Decantador/Clarificador Cônico (DEC-01)** que pode operar em duas situações típicas: (i) se o lodo e flocos são mais densos no sistema, a geometria cônica direciona o lodo e flocos oleosos para o fundo, de onde podem ser purgados, enquanto o efluente clarificado transborda através de uma calha perimetral superior; (ii) se o lodo e flocos são menos densos no sistema, estes serão retirados pela calha perimetral superior, enquanto o clarificado será drenado pelo fundo do tanque. Todo esse sistema será dotado de um manifold de válvulas de manobra para atender as duas situações operacionais.
2. **Descarte e Clarificado:** o lodo e flocos drenados na decantação serão direcionados (através do manifold de válvulas de manobra) para o **Tanque de Lodo/Descarte (TQ-05)**, enquanto o clarificado será direcionado (também através da manobra das válvulas do manifold) para o sistema de flotação.

2.4. Etapa 4: Polimento Final por Flotação com Ar Disperso

1. **Alimentação da Coluna:** A água pré-tratada alimenta a **Coluna de Polimento (COL-01)**.
2. **Injeção de Ar Micro-bolhas:** Um **Mini-Compressor de Ar (CP-01)** injeta ar comprimido filtrado através de um difusor poroso (P2/P3) na base da coluna. As micro-bolhas aderem aos traços residuais de óleo (gotas microscópicas), promovendo a flotação convectiva para parte superior, por onde é removido.
3. **Acúmulo de Efluente Tratado:** A água purificada é drenada por sobrefluxo lateral e é

armazenada no **Tanque de Água Tratada Final (TQ-06)**.

3. DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS E VASOS DE PROCESSO

TAG	Equipament o / Vaso	TRH / Critério de Projeto	Vol. Útil (L)	Vol. Total (L)
TQ-01	Tanque Pulmão Bruto (Entrada)	Autonomia de 8h contínuas	16,0 L	20,0 L
SEP-01	Separador Trifásico Horizontal	TRH $\approx$ 30 min (Separação gravitacional)	1,0 L	1,2 L
TQ-02	Tanque Misturador Químico	TRH $\approx$ 10 min (Mistura rápida)	0,33 L	0,60 L
TQ-03	Tanque de Mistura Lenta	TRH $\approx$ 25 min (Mistura lenta)	0,8 L	1,6 L
DEC-01	Decantador Cônico	TRH $\approx$ 45 min	1,5 L	2,0 L
TQ-04	Tanque de Óleo Recuperado	Coleta de óleo segregado no separador gravitacional	1,0 L	1,5 L
COL-01	Coluna de Polimento / Flotação	TRH $\approx$ 20 min (Micro-bolhas)	0,67 L (670 mL)	1,0 L

TAG	Equipament o / Vaso	TRH / Critério de Projeto	Vol. Útil (L)	Vol. Total (L)
TQ-05	Tanque de Descarte / Lodo	Coleta de purgados/borras	3,0 L	5,0 L
TQ-06	Tanque de Água Tratada (Final)	Autonomia de 8h de produto	16,0 L	20,0 L

4. ESPECIFICAÇÕES DE BOMBAS E EQUIPAMENTOS DINÂMICOS

TAG	Equipament o	Tipo / Tecnologia	Vazão Operacional	Pressão / Head
B-01	Bomba de Alimentação Principal	Baixo Cisalhamento	0,2 a 5,0 L/h (Ajustada em 2,0 L/h)	1,5 a 2,0 bar
DQ-01	Bomba Dosadora de Coagulante	Micro dosagem	Ajustável	2,0 bar
DQ-02	Bomba Dosadora de Polímero	Micro dosagem	Ajustável	2,0 bar
AG-01p AG-01	e Agitadores para Tanques Misturadores	Agitador Mecânico	100 a 800 RPM (Regulável)	N/A

TAG	Equipament o	Tipo / Tecnologia	Vazão Operacional	Pressão / Head
AG-02	Agitador de baixa rotação	Mecânico alto torque e baixa rotação	0 a 100 RPM	N/A
CP-01	Compressor da Coluna de Flotação	Mini- Compressor (Oil-Free)	0,1 a 1,5 L/min (Injeção de Ar)	0,5 a 1,2 bar

5. ESPECIFICAÇÕES DE VÁLVULAS, INSTRUMENTAÇÃO E TUBULAÇÕES

Elemento	Tipo / Modelo	Bitola / Conexão	Material	Qtd. Estimada	Aplicação / Função
Válvulas de Bloqueio	Esfera de 2 vias (Miniatura)	1/4" Engate Rápido 6mm	Aço Inox 316 / PTFE	8 a 10 un	Manobra do manifold nos intermediários (TQ-03A/B) e drenos de fundo dos tanques.
Válvula Reguladora de Ar	Válvula Agulha de Precisão	1/8" NPT ou Tubo 4mm	Inox 316 / Viton	1 un	Ajuste micrométrico da injeção de ar na Coluna COL-01.
Válvulas de	Retenção de	1/4" OD Push-	Inox 316 /	2 un	Proteção

Elemento	Tipo / Modelo	Bitola / Conexão	Material	Qtd. Estimada	Aplicação / Função
Retenção	Esfera / Mola Leve	in	PVDF		contra contaminação /retorno na linha de ar e dosagens químicas.
Rotâmetro de Ar	Medidor de Vazão de Gás com Válvula Agulha	Escala: 0,1 a 1,0 L/min (Ar)	Corpo em Acrílico com Flutuador Inox	1 un	Monitoramento e controle contínuo da vazão de ar na flotação.
Tubulação Principal	Tubo Flexível Translúcido	1/4" OD (Ø Interno ~4 mm / Ø Externo 6 mm)	Silicone Cura Platina / Tygon / Fluorpolímero	~15 metros	Conexão de processos entre reservatórios, bombas e vasos.
Tubulação Química	Tubo Capilar (Capillary Tubing)	1/8" OD (Ø Interno ~1,6 mm / Ø Externo 3,2 mm)	PTFE / Teflon	~5 metros	Injeção precisa de coagulantes e floculantes sem atraso de resposta hidráulica.

6. RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS PARA CONFEÇÃO E MONTAGEM

1. **Minimização de Zonas Mortas:** Para vazões de 2,0 L/h (33,3 mL/min), diâmetros de

tubulação maiores que 4,0 mm causam acentuado atraso hidráulico. Recomenda-se manter o diâmetro interno das tubulações em 4,0 mm.

2. **Preservação do Cisalhamento:** É estritamente obrigatório o uso de bombas específicas que evitem cisalhamento. Evitar o uso de bombas centrífugas que fragmentam as gotas de óleo em escala submicrométrica, impedindo a separação por gravidade no SEP-01.
3. **Qualidade da Flotação:** O elemento poroso na base da coluna COL-01 deve possuir porosidade calibrada entre 10 e 40 μm para assegurar a geração de micro-bolhas eficientes para a remoção do óleo emulsionado.