

## 27º. Encontro Técnico AESABESP

### AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE TROCA DE EQUIPAMENTO DE PREPARADOR DE POLÍMERO EM EMULSÃO POR POLÍMERO EM PÓ PARA CONDICIONAMENTO DE LODO DE ETE

**Marcelo Kenji Miki<sup>(1)</sup>**

Gerente do Departamento de Execução de Projetos de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – TXE da SABESP - Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Costa Carvalho, 300, Prédio da Prefeitura – piso superior – Pinheiros – São Paulo – SP - CEP: 05429-900 - Brasil - Tel: +55 (11) 3388-9013;- e-mail: [mmiki@sabesp.com.br](mailto:mmiki@sabesp.com.br).

#### RESUMO

Numa empresa de saneamento, as despesas de produtos químicos são uma das mais relevantes, em conjunto com mão de obra e energia elétrica. Quando se foca em otimizar e desenvolver os processos operacionais com consumo de produtos químicos, são obtidos retornos significativos.

Na etapa de condicionamento químico de lodo através de polímeros para posterior desidratação em dispositivos como centrífugas, filtros prensa de esteira e de placas, prensas parafuso, bags, etc são ofertadas no mercado os preparadores de polímeros em emulsão e em pó.

Os equipamentos de preparo de polímero em pó do tipo semi-contínuo em relação ao de polímero em emulsão podem ser mais viáveis economicamente conforme o porte da ETE. Este tipo escolha deveria ser aprofundada na etapa de projeto, que muitas vezes não faz um estudo mais detalhado e se prende numa visão de curto prazo de menor investimento inicial.

Mas mesmo em instalações existentes, conforme o porte da ETE, a substituição de um preparador de polímero em emulsão para um de polímero em pó pode trazer vantagens econômicas significativas, conforme ilustrado em estudo de caso específico e um estudo preliminar orientativo realizado neste artigo.

Cabe também ressaltar a importância de se ter uma boa especificação técnica, de forma a assegurar a acurácia do preparador semi-contínuo de polímero em pó.

**PALAVRAS-CHAVE:** polímero, lodo, equipamento, condicionamento, desidratação, desaguamento.

## INTRODUÇÃO

Para condicionamento de lodo são ofertados no mercado preparadores para polímero em emulsão e em pó. A decisão deste tipo equipamento é feita na maioria das vezes na etapa de Projeto Executivo e esta escolha deveria estar pautada numa avaliação técnico e econômica mais aprofundada, levando-se em conta o CAPEX (custos de investimento) e o OPEX (custos operacionais).

Na prática, o custo de aquisição de um equipamento de polímero em emulsão é mais baixo que o de polímero em pó e desta maneira a área de obras opta por uma solução mais econômica a curto prazo, mas mais dispendiosa para o longo prazo.

E desta forma mesmo para sistemas já existentes com polímero em emulsão, cabe fazer um estudo econômico de forma a checar se vale a pena a troca de equipamento para um preparador em pó.

## OBJETIVO

Avaliar técnica e economicamente a utilização de equipamentos de preparo de polímero em pó versus polímero em emulsão para condicionamento de lodo no caso prático da ETE Várzea Paulista e posterior estudo teórico genérico para diferentes portes.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Generalidades

Para a operação de desaguamento de lodo em ETEs necessita-se a dosagem de produtos químicos para realizar o processo de condicionamento, de forma a permitir a separação das fases líquida-sólida do lodo.

Os produtos químicos mais utilizados para se fazer o condicionamento do lodo para desaguamento são os polímeros. Estes produtos são vendidos nas formas físicas em emulsão ou em pó, e as suas aplicações ocorrem em forma de soluções. Normalmente, a solução para polímero em pó é de 0,10% e a em emulsão é de 0,5%.

A escolha da aplicação entre um tipo e outro deve ser feita com base em estudos econômicos. Normalmente os equipamentos de preparação de polímero em emulsão são mais baratos, no entanto o preço do polímero por kg de material ativo é mais caro.

Para a utilização dos polímeros no condicionamento deve ser preparada uma solução de aplicação. A utilização da solução de polímero deve ser feita dentro de um prazo de 24 horas.

Os equipamentos de preparação de solução de aplicação de polímero devem produzir uma solução homogênea em concentração compatível com o sistema e em quantidade suficiente de forma a não correr interrupções em sua operação.

### Polímero em Emulsão

Os polímeros em emulsão apresentam as principais características conforme Quadro 1

Principais características do Polímero em Emulsão
a) teor de ativos de 25 a 50% e solução de preparação normalmente entre 0,1 e 0,5% (proporção volumétrica). A utilização de concentrações maiores deve ser devidamente justificada.
b) entregues em bombonas de 20 a 25 kg;
c) validade do produto expira entre 6 meses e 1 ano.

Quadro 1: Principais características do polímero em Emulsão

Conforme a NBR 12209:2011, item 7.3.1.2.2 o período mínimo entre o preparo e a aplicação do polímero é de 15 minutos, de forma a possibilitar a completa abertura da cadeia de polímero.

Apesar deste item da Norma, na prática, adota-se como preparador de solução em muitas instalações um diluidor em linha e sua imediata dosagem para condicionamento de lodo. Este tipo de situação é muito comum de se encontrar em instalações temporárias como ocorre em Remoção e Desaguamento de lodo de Lagoas de Estabilização. Mas mesmo em instalações de porte médio pode-se encontrar este tipo de situação.

### Polímero em Pó

Os polímeros em pó apresentam as principais características conforme Quadro 2.

Principais características do Polímero em Pó
a) Teor de ativos de 100% e solução de preparação normalmente entre 0,1 e 0,3% (proporção em massa). A utilização de concentrações maiores deve ser devidamente justificada.
b) entregues em sacos de 25 kg e dispostos em pallets ou entregue em “big-bags” de 1000 kg.

Quadro 2: Principais características do Polímero em Pó

Os seguintes cuidados no armazenamento de polímero em pó devem ser seguidos:

- local de estocagem em ambiente seco e bem ventilado;
- previsão de dispositivos de lava-olhos e chuveiro de emergência;

- Tempo de estocagem de produto entre 15 a 30 dias;
- sacos de polímeros de armazenagem devem ser dispostos em pallets acima do nível do piso;

Os sistemas de preparo de solução de polímero em pó podem ser em batelada ou semi-contínuo.

O Sistema em Batelada consta dos principais dispositivos:

- recipiente de armazenagem do polímero em pó;
- rosca dosadora de polímero;
- pré-umectação do polímero: deve permitir que cada partícula de polímero entre em contato com a água, não permitindo o contato entre as partículas para formação de grumos;
- tanque de mistura com agitação lenta (400 a 500 rpm), com tempo de detenção de pelo menos 1 hora, de forma a possibilitar a completa abertura da cadeia de polímero;

O sistema semi- contínuo consta dos principais dispositivos:

- Tanque com Três Câmaras: Preparo, Maturação e Armazenamento;
- Dosador volumétrico de polímero em pó tipo rosca, com moto redutor acionado por inversor de frequência;
- Silo de Estocagem do Polímero em Pó;
- Resistor de aquecimento do polímero em pó;

A Norma NBR 12209:2011 item 7.3.1.3.2 estabelece que o tempo de detenção total deve ser pelo menos de 1 hora, de forma a possibilitar a completa abertura da cadeia do polímero em pó.

Esta exigência é comum de se fazer para sistemas em batelada, que possuem preços bem mais superiores que os sistemas semi-contínuos.

Os equipamentos semi-contínuos adotam sistemas dosadores acurados que proporcionam uma dosagem proporcional de água e polímero. Deve-se tomar o devido cuidado nos processos de qualificações e/ou inspeção de forma a se checar a acurácia da dosagem da solução para o recebimento deste tipo de equipamento.

## RESULTADOS

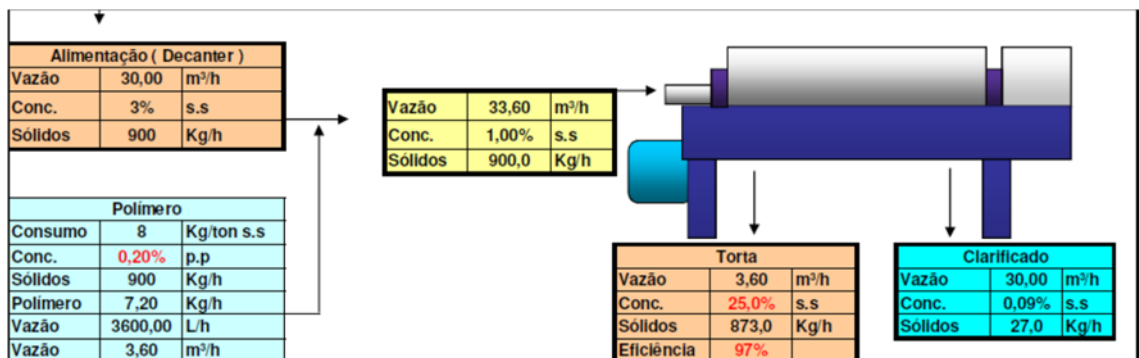
### Estudo de Caso: ETE Várzea Paulista

Na ETE de Várzea Paulista foi instalado um sistema de preparação e diluição de polímero em emulsão. O estudo de caso é mostrado a seguir.

### Equipamentos Disponíveis

#### DECANTER CENTRÍFUGO

- Modelo: Alfa Laval, Aldec 45,
- Bomba de Alimentação de Lodo: 30 m<sup>3</sup>/h.
- Bomba de Polímero: 3,6 m<sup>3</sup>/h.
- Capacidade Total de 1 Centrifugas: 873 kg sólidos secos/hora;



### Polímero

- Em Emulsão;
- Teor de Sólidos: 34% (conforme medição feita no passado)
- Concentração recomendada pelo Fabricante: 0,2 a 0,5 %

## Premissas

Preço Polímero em Pó*	R\$ 10,99/kg
Preço Polímero em Emulsão*	R\$ 8,87/kg
Teor de Sólidos Polímero em Emulsão	34%
Dosagem de Polímero em Pó (kg/ton)	8 kg/ton
Dosagem de Polímero em Emulsão (kg/ton) – Base Seca	8 kg/ton
Dosagem de Polímero em Emulsão (kg/ton)	23,5

(\*) Fonte: SABESP/CS;

Tempo de abertura da solução de polímero em emulsão 15 minutos

Tempo de abertura da solução de polímero em pó 1 hora

- Admitido que as dosagens de Polímero em emulsão e em pó são equivalentes em base seca;

- Teor de Sólidos/Ativos no Polímero em Emulsão = 34% (conforme medição de amostra)

## Demanda para ETE Várzea Paulista

### Lodo de ETE

Produção Diária de Lodo em Base Seca = 4 ton seca/dia ( $Q_{\text{médio}} = 250 \text{ L/s}$ )

Considerando teor de sólidos da Torta de 22%

Produção Diária de Lodo em Base Úmida = 22,7 ton /dia

Produção Semanal de Lodo em Base Seca =  $7 \times 4 = 28 \text{ ton por Semana (BS)}$

Produção Semanal de Lodo em Base Úmida =  $7 \times 4/0,22 = 127 \text{ ton por Semana}$

## Horas Trabalhadas por Semana

### Cenário

Considerando que a Operação das Centrífugas trabalha somente 5 dias por semana:

- Produção Diária de Lodo Corrigida (Base Seca) =  $28 / 5 = 5,6 \text{ ton/dia}$ ;
- Produção Diária de Lodo Corrigida (Base Úmida) =  $5,6/22\% = 25 \text{ ton/dia}$ ;

- Carga Diária de Trabalho: Horário Comercial das 08h00 às 17h00, Total de 08 horas;

- Preparo e Desativação de Centrífuga: 1,5 horas;

- Horas Úteis por Dia = 6,5 horas por dia;

- Produção Diária da Centrífuga:  $6,5 \times 0,873 \text{ ton} = 5,6745 \text{ ton/dia}$ ;

- Produção Útil Semanal por Centrífuga =  $5,6745 \times 5 = 28,37 \text{ ton por semana (BS)} \Rightarrow \text{OK!}$

## Consumo de Polímero Diário

### a) Polímero em Emulsão

Produção Diária de Lodo Corrigida em Base Seca = 5,6 ton seco/dia

Dosagem de Polímero em Emulsão (kg/ton) = 23,5 kg/ton seca

Consumo Diário de Polímero em Emulsão =  $5,6 \times 23,5 = 131,6 \text{ kg de Polímero de Emulsão por dia}$

Concentração de Aplicação de Polímero = 0,3% (para efeitos de dimensionamento, quanto menor, maior a capacidade do equipamento);

Demanda de Produção de Solução de Polímero em Emulsão por dia =  $131,6/0,3\% = 43.866 \text{ Litros por dia}$

Demanda Anual de Polímero em Emulsão por Ano =  $365 \text{ dias/ano} \times 4 \text{ ton/dia (todos os dias – sem correção)} \times 23,5 = 34.310 \text{ kg/ano}$ ;

Custo Anual de Polímero em Emulsão por Ano =  $34.310 \text{ kg/ano} \times \text{R}\$8,87/\text{kg} = \text{R}\$304.330/\text{ano}$

### b) Polímero em Pó

Produção Diária de Lodo Corrigida em Base Seca = 5,6 ton seco/dia

Dosagem de Polímero em Pó (kg/ton) = 8 kg/ton seca

Consumo Diário de Polímero em Pó =  $5,6 \times 8 = 44,8 \text{ kg de Polímero de Pó por dia}$

Concentração de Aplicação de Polímero = 0,2%;

Demanda de Produção de Solução por dia =  $44,8/0,2\% = 22.400 \text{ Litros por dia}$

Capacidade do Sistema de Preparo de Polímero da Centrífuga: 22.400 Litros em 6,5 horas úteis = 3446 L/h  $\Rightarrow$

Modelo de 4000 L/h

Demanda Anual de Polímero em Pó por Ano =  $365 \text{ dias/ano} \times 4 \times 8 = 11.680 \text{ kg por ano}$

Custo Anual de Polímero em Pó por Ano =  $11.680 \text{ kg/ano} \times \text{R}\$10,99/\text{kg} = \text{R}\$128.363/\text{ano}$

## Resumo

Produto	Preço (R\$/kg)	Demanda Anual (kg/ano)	Gasto Anual (R\$/ano)
Polímero em Emulsão	R\$ 8,87/kg	34.310 kg por ano	R\$ 304.330/ano
Polímero em Pó	R\$ 10,99/kg	11.680 kg por ano	R\$ 128.363/ano

**Diferença Anual** = R\$ 304.330 - R\$ 128.363 = **R\$ 175.967/Ano => 58%**

Conforme consulta de fornecedores de equipamentos de preparo de sistema de polímero em pó, o preço de um sistema com capacidade de 4000 L/h é de 180 mil reais, ou seja, trata-se de investimento altamente rentável a troca de um equipamento de preparo de polímero em emulsão para polímero em pó para o caso da ETE de Várzea Paulista.

### Estudo de Caso: Preparadores Semi-Contínuos de Polímero em Pó Existentes na Sabesp

Foram feitas avaliações expeditas dos preparadores semi-contínuos de polímero em pó existentes na Sabesp nas ETEs Limoeiro de Presidente Prudente e Lavapés de São José dos Campos. A avaliação solicitada foi checar se os equipamentos existentes possuíam a devida acurácia na concentração da solução de aplicação de polímero. Para a determinação da acurácia do equipamento de preparo de solução de polímero em pó, adotou-se a seguinte metodologia de determinação do teor de sólidos da solução de preparo.

#### Metodologia de Chegada de Acurácia

##### a) Em Laboratório

- Antes de fazer a coleta de amostras, fazer a devida calibração do equipamento de dosagem de pó na água.
- Coletar pelo menos 2 amostras com intervalo mínimo de 15 minutos.
- Checar com a operação qual é a Concentração da Solução ajustada (que deve estar na faixa de 0,2% a 0,5%);
- As amostras de solução de polímero sofressem qualquer tipo de diluição adicional;
- Colocar na cápsula devidamente pesada (peso inicial), um certo volume de solução de polímero (não precisa se preocupar em colocar um volume exato);
- Medir o peso original do conjunto da cápsula com a solução de polímero, com o cuidado de não agitar de forma perder líquido (respingar);
- Inserir primeiro o conjunto da cápsula com solução de polímero em banho maria para perder a água em excesso. Se colocar direto na estufa, a água em fervura e pode expulsar sólidos;
- Após a secagem completa e resfriamento, medir o peso final e determinar o Teor de Sólidos;
- E finalmente checar concentração real da concentração teórica.

##### b) Com Balança Analítica com Sistema de Secagem

Como é comum encontrar nos sistemas de desidratação de lodo uma balança analítica de precisão com sistema de secagem para determinação do teor de sólidos, tanto do lodo adensado como do lodo desidratado, também foram feitas avaliações do teor de sólidos da solução de preparo de polímero, colocando-se uma amostra no prato de alumínio para esta determinação.

#### Avaliação dos equipamentos existentes

##### a) ETE Limoeiro/Presidente Prudente:

- Concentração Nominal: 0,265%
- Concentração Real Medida: 0,30%
- Diferença: 13,2%
- Período de Campanha de Amostragem: Ago/2015;

No caso de Presidente Prudente, entrou-se em contato com o fornecedor original de modo a investigar a causa da falta de acurácia. A justificativa foi de que o equipamento fornecido na época da implantação no ano de 2006 não possuía o dosador volumétrico de polímero no jato de água, não proporcionando a acurácia da concentração de solução de polímero. De forma a corrigir este problema, é necessário investir num novo sistema dosador volumétrico com valor aproximado de 15 mil reais.

##### b) ETE Lava-Pés/São José dos Campos:

###### 1ª Campanha

- Concentração Nominal: 0,35%
- Concentração Real Medida: 0,20 a 0,25%
- Diferença: 28,6% a 42,8 %

## 2ª Campanha

- Concentração Nominal: 0,35%
- Concentração Real Medida: 0,35%
- Diferença: 0%

No caso de São José dos Campos, o contrato de fornecimento de polímero incluía o fornecimento do equipamento de preparo da solução de aplicação. Entrou-se em contato com o fornecedor de polímero que por sua vez acionou o fornecedor do equipamento de preparo. Após a constatação de falta de acurácia na 1ª campanha, foram feitos novos ajustes finos no equipamento proporcionando a correta dosagem estabelecida. O erro estava nos valores referentes do Medidor de Vazão de Água, cujo valor estava estabelecido em 67,5 impulsos por litro, quando o correto seria de 26,6 impulsos por litro.

## Discussão

A avaliação prática dos sistemas existentes de preparo de polímero em pó mostrou que para a devida dosagem para condicionamento de lodo de ETE necessita-se ter a devida acurácia de modo a se ter a correta dosagem de produtos químicos. A falta de consistência no valor da dosagem pode provocar tanto a super como sub dosagem do polímero e afetando assim os volumes gerados de lodo desidratado e impactando os custos de disposição final. Outro efeito é proporcionar de informações inconsistentes de consumo total na planta de polímero e não proporcionando o devido balanço de produto químico consumido em sacos, com o consumo estimado de produto químico com base no volume total de solução aplicada e a concentração da solução.

Em função da importância desta questão da acurácia, deve-se prever uma boa especificação técnica bem como um procedimento de recebimento deste tipo de equipamento na ETE.

Na construção de um Termo de Referência para um sistema na ETE Várzea Paulista, constatou-se uma dificuldade de se fazer uma inspeção preliminar na fábrica para a avaliação da acurácia, pois partiu-se da idéia de se fazer uma batelada de preparo de solução de polímero na fábrica e checagem da concentração in loco com uma balança analítica com sistema de aquecimento. Como haveria um volume significativo de solução preparada de polímero que deveria ser devidamente descartado, levando a problemas logísticos de transporte, optou-se por inserir no contrato o fornecimento e a instalação, sendo que o pagamento ficaria atrelado a acurácia do sistema. Isto levou a elaboração do Termo de Referência do sistema de preparo, que no caso de Várzea Paulista, também incorporou o sistema de bombeamento da solução de polímero.

Uma das premissas adotadas neste estudo é de que o polímero em pó fornecido não apresenta problemas de qualidade ao longo de um contrato. Sabe-se na realidade a ocorrência de casos isolados de fornecimento de polímero em pó com deficiência de desempenho, sendo este problema constatado alguns meses após a assinatura do contrato. Em empresas grandes, onde ocorre uma especialização de funções, como compras, operação, controle de qualidade, é comum ocorrer problemas de comunicação. E neste ponto, caso um mal fornecedor queira se aproveitar desta falha, o problema pode se perpetuar por um bom período. Outra falha, constatada no sistema é a falta de uma caracterização mais aprofundada do polímero na fase de qualificação para atendimento dos requisitos mínimos, com ensaios mais sofisticados, como peso molecular, densidade de carga, viscosidade de uma solução, etc. Estas características deveriam ser monitoradas e avaliadas principalmente em eventos onde se desconfia da mudança de características, onde estas características deveriam ser comparadas com o produto caracterizado na fase de qualificação. Ou seja, deveria se monitorar a estabilidade do produto químico fornecido desde a fase de qualificação até a operação propriamente dita. Uma desculpa utilizada pelo mal fornecedor de produto químico é alegação de que o lodo tratado é que mudou de característica, ou ainda, uma mudança no procedimento operacional.

## Estudo de Caso: Avaliação econômica preliminar de Preparadores Semi-Contínuos de Polímero em Pó versus preparador em emulsão conforme a escala

Conforme caso prático exemplificado na ETE Várzea Paulista de clara vantagem, entende-se ser necessário fornecer subsídios técnicos e econômicos para a decisão de escolha entre um preparador emulsão e um em pó em função do porte do equipamento.

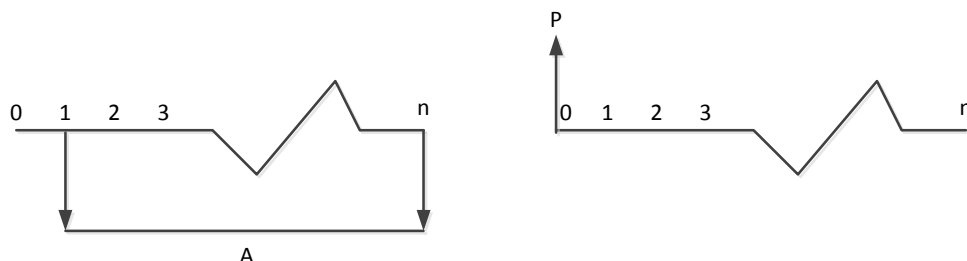
Esta avaliação tem como premissas:

- $i = 8,06\%$  ao ano, valor do WACC/Weighted Average Cost of Capital, Custo Médio Ponderado de Capital, estabelecido pela ARSESP;
- Período de avaliação: 10 anos, correspondente a vida útil do equipamento de preparo de polímero;
- Dosagem de polímero para condicionamento do lodo = 7 kg/ton em base seca;
- Teor de Sólidos = Teor de Ativos do Polímero em Emulsão = 34%;
- Dosagens de condicionamento do lodo correspondente em base seca para os polímeros em emulsão e em pó;
- Preço do Polímero em Emulsão = R\$8,87/kg;
- Preço do Polímero em Pó = R\$10,99/kg;
- Concentração de Aplicação da Solução de Polímero em Pó = 0,2 %;

- Período útil de trabalho do preparador de polímero: 6,5 horas por dia;
- Para efeitos de simplificação, não se considerou os custos de manutenção dos equipamentos, que seria de 2% ao ano do valor do equipamento. Como a obtenção de preços destes diferentes preparadores junto aos fornecedores é uma tarefa um tanto trabalhosa, optou-se por checar os impactos dos custos de produtos químicos e assim estabelecer uma metodologia ilustrativa;

Conforme CASAROTTO, KOPITTKKE (2000), para a obtenção do valor presente equivalente a uma série de uniforme, tem a seguinte fórmula:

Dado:



$$P = A \frac{(1 + i)^n - 1}{i (1 + 1)^n}$$

Com base nestas premissas, calculou-se os impactos operacionais devido aos custos de produtos químicos para um ano de operação e diferentes escalas de consumo, conforme Tabela 1.

Capacidade do Equipamento (L/h)	Produção Diária de Lodo em base seca (t/dia)	Consumo Diário de Polímero para regime de uso de 6,5 h/dia		Despesa Anual de Polímero em Emulsão (R\$/ano)	Despesa Anual de Polímero em Pó (R\$/ano)	Impacto Anual de Custo Operacional em Produto Químico (R\$)
		Polímero em Pó (kg/dia)	Polímero em Emulsão (kg/dia)			
25	0,05	0,325	1,0	R\$ 3.094,72	R\$ 1.303,69	R\$ 1.791,03
50	0,1	0,65	1,9	R\$ 6.189,43	R\$ 2.607,38	R\$ 3.582,06
100	0,2	1,3	3,8	R\$ 12.378,87	R\$ 5.214,76	R\$ 7.164,11
200	0,4	2,6	7,6	R\$ 24.757,74	R\$ 10.429,51	R\$ 14.328,23
300	0,6	3,9	11,5	R\$ 37.136,60	R\$ 15.644,27	R\$ 21.492,34
400	0,7	5,2	15,3	R\$ 49.515,47	R\$ 20.859,02	R\$ 28.656,45
500	0,9	6,5	19,1	R\$ 61.894,34	R\$ 26.073,78	R\$ 35.820,56
1000	1,9	13	38,2	R\$ 123.788,68	R\$ 52.147,55	R\$ 71.641,13

Tabela 1: Impactos de custos operacionais anuais entre produtos químicos em pó e emulsão conforme consumo

Conforme capacidade do equipamento tem-se um impacto dos custos operacionais anuais que devem ser trazidos a valor presente conforme o período avaliado, cujos valores estão apresentados na Tabela 2.

Período em Anos	Capacidade do Equipamento							
	25 L/h	50 L/h	100 L/h	200 L/h	300 L/h	400 L/h	500 L/h	1000 L/h
	Valor Presente Equivalente	Valor Presente Equivalente	Valor Presente Equivalente	Valor Presente Equivalente	Valor Presente Equivalente	Valor Presente Equivalente	Valor Presente Equivalente	Valor Presente Equivalente
0	R\$ 1.791,03	R\$ 3.582,06	R\$ 7.164,11	R\$ 14.328,23	R\$ 21.492,34	R\$ 28.656,45	R\$ 35.820,56	R\$ 71.641,13
1	R\$ 1.657,44	R\$ 3.314,88	R\$ 6.629,75	R\$ 13.259,51	R\$ 19.889,26	R\$ 26.519,02	R\$ 33.148,77	R\$ 66.297,54
2	R\$ 3.191,25	R\$ 6.382,50	R\$ 12.765,01	R\$ 25.530,01	R\$ 38.295,02	R\$ 51.060,03	R\$ 63.825,04	R\$ 127.650,07
3	R\$ 4.610,66	R\$ 9.221,32	R\$ 18.442,64	R\$ 36.885,29	R\$ 55.327,93	R\$ 73.770,57	R\$ 92.213,22	R\$ 184.426,43
4	R\$ 5.924,20	R\$ 11.848,40	R\$ 23.696,79	R\$ 47.393,59	R\$ 71.090,38	R\$ 94.787,18	R\$ 118.483,97	R\$ 236.967,94
5	R\$ 7.139,76	R\$ 14.279,52	R\$ 28.559,05	R\$ 57.118,10	R\$ 85.677,14	R\$ 114.236,19	R\$ 142.795,24	R\$ 285.590,48
6	R\$ 8.264,66	R\$ 16.529,32	R\$ 33.058,63	R\$ 66.117,27	R\$ 99.175,90	R\$ 132.234,54	R\$ 165.293,17	R\$ 330.586,34
7	R\$ 9.305,65	R\$ 18.611,30	R\$ 37.222,60	R\$ 74.445,21	R\$ 111.667,81	R\$ 148.890,42	R\$ 186.113,02	R\$ 372.226,05
8	R\$ 10.269,00	R\$ 20.538,00	R\$ 41.075,99	R\$ 82.151,99	R\$ 123.227,98	R\$ 164.303,97	R\$ 205.379,96	R\$ 410.759,93
9	R\$ 11.160,49	R\$ 22.320,98	R\$ 44.641,96	R\$ 89.283,93	R\$ 133.925,89	R\$ 178.567,85	R\$ 223.209,82	R\$ 446.419,63
10	R\$ 11.985,49	R\$ 23.970,98	R\$ 47.941,95	R\$ 95.883,91	R\$ 143.825,86	R\$ 191.767,82	R\$ 239.709,77	R\$ 479.419,54

Tabela 2: Valores Presentes Equivalentes referente ao Impacto Anual conforme período de anos e Capacidade do Equipamento

Estes impactos de custo operacional para um horizonte de 10 anos, representa a diferença mínima aceitável entre um preparador de polímero em emulsão e um preparador de polímero em pó.

Em termos de ordem de grandeza, para um preparador com capacidade de 400 L/h e produção de lodo em base seca correspondente a 0,7 t/dia (base seca) ou 3,2 t/dia (base úmida, com 22% de Teor de sólidos), este desconto é de um valor extremamente alto, indicando uma certa viabilidade econômica da troca deste tipo de equipamento. Este tipo de situação é encontrado comumente em vários sistemas, onde a produção de lodo é de 1 caçamba por dia.

Um sistema de preparo de solução de polímero com acurácia é uma das premissas básicas para uma etapa posterior de automação de operação de centrífugas de desaguamento, cujos componentes básicos são medidores de vazão de lodo e de polímero e sensor de teor sólidos do lodo.

## CONCLUSÕES

- Para condicionamento de lodo de ETE deve-se fazer uma avaliação econômica de CAPEX e OPEX para escolha entre um preparador de polímero em pó versus polímero em emulsão.
- A recomendação técnica mínima para os preparadores de polímero é o tempo de detenção de 15 minutos para preparador em emulsão e 1 hora para preparador em pó, o que implica no volume útil dos tanques conforme a capacidade;
- Na escolha de um sistema de preparo de polímero em pó, os equipamentos semi-contínuos são interessantes de serem instalados devido a serem mais compactos que os equipamentos em batelada. Mas por outro lado, os equipamentos semi-contínuos devem fazer a adequada dosagem de polímero num fluxo de água devidamente medido. O polímero não deve se engrumar nos diferentes compartimentos do preparador e deve-se ser dotado de dispositivos de aquecimento de forma a não acumular umidade e prejudicar o polímero.
- A acurácia de um preparador semi-contínuo de polímero em pó é um requisito relevante na especificação técnica do equipamento, devendo ser checado na etapa de inspeção para recebimento. Na prática, observou-se que mesmo possuindo um equipamento com acurácia, pode-se deixar de checar este desempenho, prejudicando assim o controle da dosagem. Recomenda-se, portanto, a checagem rotineira da acurácia do equipamento na operação, através da utilização da balança analítica de secagem e determinação do teor de sólidos da torta, que é um aparelho normalmente encontrado na fase sólida e com cuidados de se manter sempre calibrado.
- O preço do polímero em emulsão por kg pode representar um custo muito alto em relação ao polímero em pó, devendo ser avaliado de forma criteriosa a sua adoção na etapa de concepção. Em serviços como limpeza de lagoas é comum de se encontrar o uso de polímeros de emulsão, que muitas vezes são aplicados de forma incorreta através de diluidores de linha que não proporcionam do tempo de abertura mínimo de 15 minutos levando necessariamente a um desperdício de material. A utilização destes diluidores em linha de polímero em emulsão, apesar de serem de fácil operação e instalação, levam a custos excessivos que poderiam ser evitados;
- Mesmo em sistemas já existentes com polímero em emulsão já instalados recomenda-se checar a troca para preparadores semi-contínuos de polímero em pó, de forma a reduzir os custos operacionais. Entende-se que muitas vezes a área operacional não dispõe de recursos financeiros ou de mesmo de mão de obra devidamente especializada para realização deste tipo de aquisição. No Brasil é comum que qualquer investimento adicional após a entrega da obra, como também os custos de manutenção de uma ETE são muito difíceis de serem obtidos pela disputa de recursos econômicos, no qual este setor normalmente sai prejudicado em relação a outras prioridades;

## AGRADECIMENTOS

O autor desse trabalho agradece à:

- Gilmar José Peixoto e Márcia Aparecida da Silva, da ETE Limoeiro Presidente Prudente; pela avaliação da acurácia do preparador da solução de polímero em pó;
- Marta Rosângela Oliveira e Márcia Aparecida Sá, do Controle Sanitário da UN de São José dos Campos, RVOC, Marcelo Raimundo da Silva, da ETE Lavapés, pela avaliação da acurácia do preparador da solução de polímero em pó;
- Carlos Zacca Pomari, do Departamento de Licitações de Materiais e Equipamentos/CSM, pelos subsídios na elaboração do Termo de Referência.



- Bruno Sidnei da Silva, do Departamento de Execução de Projetos de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – TXE, pela elaboração do balanço de massa da ETE Várzea Paulista;
- Cristiane Silva Vitoreti, Thiago Peixoto dos Santos, Maurício Polezi, da UN Capivari/Jundiaí- RJ, pelas informações, suporte e disponibilização de acesso à ETE Várzea Paulista.
- Antonio Carlos Batista, do Departamento de Planejamento, Controladoria e Desenvolvimento Operacional de Tratamento de Esgotos/MTP; pelos subsídios em automação na elaboração do Termo de Referência.
- Alexandre Magno Parente da Rocha e Marcelo de Souza, do Departamento de Engenharia de Operação/TOE, pelos subsídios em automação na elaboração do Termo de Referência.
- Luiz Ramos e Marieli, da Alfa Laval, pelas informações técnicas referentes a Centrífuga de desaguamento da ETE Várzea Paulista.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. BRASIL, ABNT NBR 12209:2011, Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários.
2. CASAROTTO FILHO, N; KOPITTKKE, B, H. Análise de Investimentos: Matemática Financeira, Engenharia Econômica, Tomada de Decisão, Estratégia Empresarial. 9ª Edição, Editora Atlas, 2000.
3. MIKI, M.K; Utilização de polímeros para condicionamento de lodo de ETE para desidratação em filtro prensa de placas, Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica, USP, 1998.

# ANEXO

**Sistema de Preparação de Solução de Polímero em Pó e Bombeamento de Solução para  
Condicionamento de Lodo**

## ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA PARA UNIDADE DE PREPARAÇÃO DE POLÍMEROS

### 1. OBJETIVO

Esta especificação estabelece os requisitos mínimos que deverão ser observados na fase de fabricação, fornecimento de materiais, montagem, inspeção e testes para o fornecimento das **Unidades de Preparação de Polímeros**, seus acionadores, equipamentos auxiliares e acessórios a serem instalados no **Edifício de Desidratação de Lodo por Centrífugas**, da Estação de Tratamento de Esgotos no Município de Várzea Paulista. Também estabelece os objetos e as condições técnicas gerais, sendo que qualquer equipamento, material ou serviço necessário ao desempenho do sistema, não especificado, deverá ser fornecido dentro das normas vigentes considerando o tipo e as condições de trabalho a que se destinam sem qualquer ônus adicional para a SABESP.

### 2. ESCOPO DE FORNECIMENTO

O escopo de fornecimento consiste no projeto, fabricação, fornecimento de materiais e serviços necessários para instalação, de forma a ter-se o equipamento completo e pronto para operação.

O fornecimento inclui os itens abaixo relacionados, embora sem a eles limitar-se:

- Projeto do Preparador de solução de polímero;
- Preparador de solução de polímero;
- Silo de recebimento;
- Dosador volumétrico de polímero em pó tipo rosca, com moto redutor acionado por inversor de frequência;
- Resistor de aquecimento do polímero em pó;
- Tanques de preparo e maturação e armazenamento;
- Misturadores verticais;
- Bombas de Dosagem de Polímero;
- Painéis de potência e controle;
- Válvulas de comando de fluxo;
- Instrumentação necessária para o controle automático do sistema;
- Tubulações, conexões e válvulas de interligação entre os componentes;
- Materiais e instalação elétrica para interconexão dos equipamentos;
- Escadas, suportes, ancoragens e chumbamento dos equipamentos e tubulação;
- Ferramentas e dispositivos de montagem e manutenção;
- Material necessário à montagem do equipamento no local;
- Ensaio na fábrica e no local de emprego;
- O licitante deverá elaborar uma lista contendo as peças sobressalentes recomendadas para o equipamento mecânico para um período de 2 (dois) anos de manutenção;
- Embalagem e transporte até a ETE Várzea Paulista;
- Instalação e montagem;
- Treinamento do pessoal de operação e manutenção;
- Manuais de instalação, operação e manutenção.

### 3. GENERALIDADES

Requisitos mínimos da unidade de preparação de polímeros semi-contínuo para aplicação nas centrífugas de desidratação da ETE Várzea Paulista. O sistema preparará automaticamente a solução de polímero a utilizar, desde a fonte de polímero em pó (silo de estocagem de pó), até a entrada das bombas dosadoras, de acordo com as seguintes características:

- Capacidade Nominal: 4000 L/h;
- Tipo de Preparo: Semi-contínuo;  
Número de Câmaras: 3;  
Tipos de Câmaras: Preparação, Maturação e Armazenamento  
Número de Agitadores na Câmara: 3
- Material de fabricação das câmaras:
  - aço inox AISI 304 com espessura mínima de 2 mm; **ou**
  - polipropileno com aditivo para proteção à UV
- Concentrações da Solução de Polímero: 0,05% a 0,5% (ajustável);
- Silo de Estocagem do Polímero em Pó: no mínimo 100 Litros;
- Massa específica do Polímero em Pó: 0,7 a 1,0 kg/L;

- Resistor de aquecimento do polímero em pó;
- Dosador volumétrico de polímero em pó tipo rosca, com moto redutor acionado por inversor de frequência;
- Sistema com Programa de Calibração da Dosagem de Pó conforme a massa específica do Polímero (kg/L): como cada polímero em pó tem uma massa específica, deve-se ter um sistema onde se possa calibrar para uma determinada massa ou volume de polímero pré-estabelecido e num determinado período de tempo a respectiva carga de sólidos desejada (kg/h) para se obter uma desejada concentração final de solução de polímero. Esta calibração pode ser realizada através da determinação da carga de polímero, que pode ser obtida através da pesagem em dispositivo externo, como balança de precisão, de uma determinada quantidade e num determinado período de tempo.
- Todos os componentes resistentes à corrosão;
- Grau de Proteção do Painelelétrico: no mínimo IP 54.

Os equipamentos de preparação dos polímeros deverão ter fabricação sólida, com todos os componentes projetados para vida útil prolongada e para operação contínua e intermitente. Todos os componentes submetidos a desgaste e aqueles que requerem ajustes e regulagens serão de fácil acesso.

Todas as partes expostas a condições corrosivas deverão ser fabricadas de materiais resistentes à corrosão.

O fornecedor é responsável pela compatibilidade entre cada componente do sistema bem como seu dimensionamento e fornecer todos os dispositivos necessários para o funcionamento adequado do sistema.

### **3.1 Detalhes das Câmaras de Preparo**

O Sistema de Preparo e Dosagem de polímero deve ser compacto e monobloco, com forma básica de uma figura sólida tipo paralelepípedo fabricada em chapas de aço inoxidável ou em polipropileno.

O corpo monobloco do sistema de preparo de polímero deve possuir 03 (três) divisões internas, ou seja, 03 (três) câmaras individuais, separadas uma da outra, sendo que o fluxo entre elas se dá por transbordo gravitacional, ou sifonamento, com sistema de “chicanas” para evitar fluxos preferenciais e evitar zonas mortas da solução de polímero. Não é necessário auxílio de bombas de transferência intermediárias que aumentam o consumo de energia do conjunto.

Cada uma das câmaras deve ter uma porta de inspeção, na parte superior do corpo, ou seja, na sua tampa, que deve ser projetada para ser aberta durante a operação normal do sistema de preparo de polímero, com objetivo de permitir inspeção visual do processo e coleta de amostras. As portas devem ter dimensionamento mínimo tal qual permita a entrada de equipe de manutenção dentro das câmaras quando necessário for. Cada câmara deve ter um dreno de fundo independente.

### **3.2 Entrada de água**

Indicador de pressão: manômetro, conexões NPT (m), faixa de 0 a 7 kgf/cm<sup>2</sup>.

Filtro tipo Y termoplástico e conexões roscadas.

Válvula ON/OFF do tipo solenoide, normalmente fechada e grau de proteção IP 65.

Deve apresentar válvula tipo esfera manual e válvula do tipo diafragma ou tipo agulha para regulagem da vazão de água na entrada do sistema.

Tubulações de entrada e conexões devem ser em PVC rígido cinza conforme ASTM D1784 SCH 80.

### **3.3 Sistema de Preparação na Concentração Desejada de Polímero**

O sistema de preparo como um todo deve garantir a acurácia da concentração desejada de polímero.

Para se fazer a adequada abertura da cadeia de polímero duas etapas são fundamentais.

A primeira etapa refere-se à introdução de uma certa carga de sólidos, no caso o polímero, numa determinada vazão de água, ambas de forma controlada e de maneira proporcional. Deve-se garantir o contato das partículas de polímero com a água, de forma homogênea e que não forme grumos de sólidos, muitas vezes denominados de “olhos de peixe”.

A segunda etapa é responsável pela abertura completa da cadeia do polímero, de modo a garantir o aproveitamento máximo do produto, realizada através de uma devida agitação e de forma a não se criar zonas mortas e/ou fluxos preferenciais.

A avaliação da acurácia do preparador, conforme o item 5, irá checar conjuntamente estas duas etapas, cujo erro admissível é de 10% do valor nominal.

Num sistema em batelada os controles tornam-se mais simplificados. Neste tipo de sistema, deve-se garantir que uma determinada massa de polímero deva ser diluída num determinado volume de água e não necessariamente estes fluxos devem ser proporcionais a todo instante.

Já num sistema de preparação de polímero semi-contínuo, deve-se ter um controle contínuo desta mistura polímero e água, de forma a manter uma determinada dosagem ao longo do fluxo que passa pelas diferentes câmaras.

A Norma NBR 12209:2011 item 7.3.1.3.2 estabelece que o tempo de detenção total deve ser pelo menos de 1 hora, de forma a possibilitar a completa abertura da cadeia de polímero.

Desta forma o volume total das 3 câmaras (preparação, maturação e armanejamento) deve totalizar um volume de 4000 L.

Recomenda-se que os participantes desta Licitação chequem na prática e de preferência com seus clientes, se de fato a concentração nominal de polímero ajustada em seus equipamentos proporcionam os valores corretos, avaliados em análises laboratoriais.

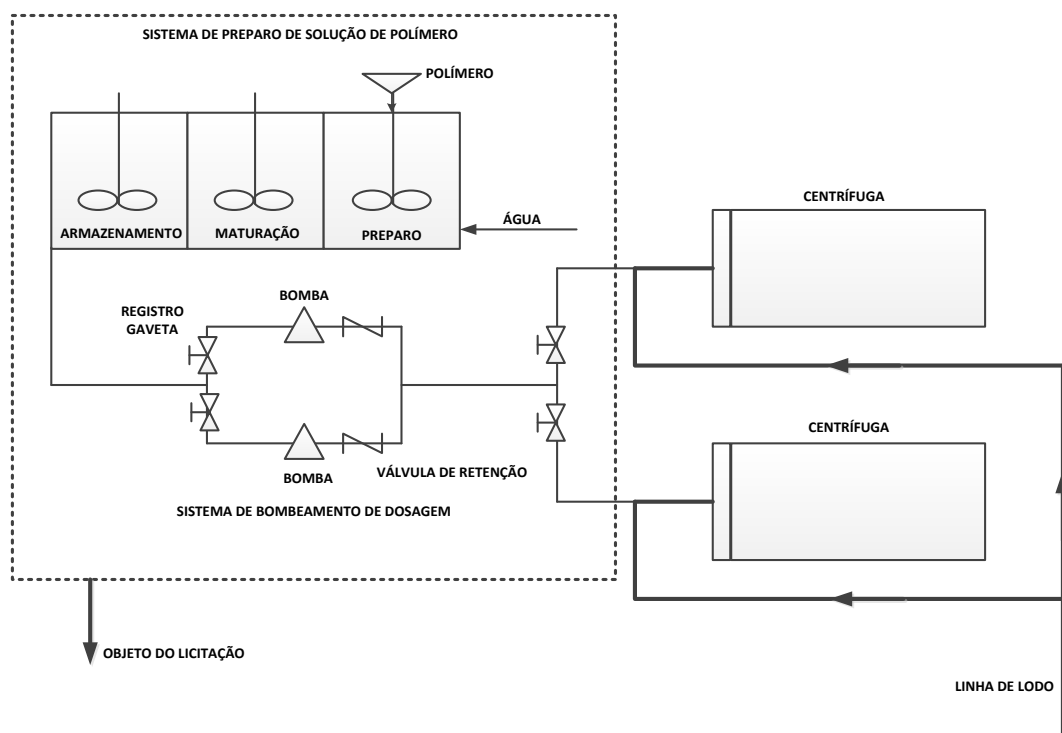
#### **3.4 Sistema de Bombeamento para Dosagem de Solução de Polímero**

O sistema de alimentação de bombas de solução de polímero deve possuir as seguintes características:

- Número de bombas: 2 bombas do tipo de cavidade progressiva/helicoidal, sendo 1 bomba reserva;
- 2 inversores de frequência, sendo uma unidade por bomba;
- Vazão da Bomba de Polímero: 1 a 3,6 m<sup>3</sup>/h (**ajustável**);
- Líquido a ser bombeado: solução de polímero para condicionamento de lodo;
- Tubulação com sistema de válvulas para direcionamento do fluxo para uma das bombas de alimentação de solução de polímero;
- Válvulas sinalização (Aberta/Fechada);
- Instrumentação necessária para proteção das bombas e contra erros operacionais;
- Controle de dosagem de solução de polímero deverá ser em função da curva da bomba volumétrica.

Esta tubulação/barrilete também deve ser entregue e deve contar com sistema de válvulas de modo a direcionar o fluxo de uma das bombas para a tubulação de dosagem, onde ficará instalado o Medidor de Vazão. Esta tubulação de dosagem também deve ter 2 derivações, cada uma com válvula, de modo a direcionar o fluxo para cada centrífuga.

### 3.5 Esquema Geral



A instalação completa (hidráulica e elétrica) do sistema também está inclusa e todos os materiais devem ser fornecidos.

### 3.6 Escada de Acesso

Dever ser fornecida juntamente com o conjunto preparador de polímero, uma escada com corrimão e guarda-corpo para acesso ao silo, onde o piso da plataforma deve ficar em altura compatível para o acesso e reposição de polímero no silo.

O material deverá ser em fibra de vidro ou tubo de aço carbono com pintura de proteção contra corrosão e piso em chapa xadrez de aço inox.

### 3.7 Painel de Controle

O painel deve ser montado de acordo com as normas técnicas da ABNT e as normas técnicas da Sabesp (NTS 255, NTS 266, NTS 306), além do Manual Orientador de Quadros Elétricos.

O fornecimento do painel deve ser parte integrante do sistema, contemplando no mínimo os componentes listados a seguir:

- Controlador Lógico Programável (CLP);
- Interface Homem-Máquina (IHM) 6”;
- Lógica de operação e intertravamento (entre o sistema de preparo de polímero, bombas de polímero, bombas de lodo e centrífuga decanter);
- Inversores de frequência;
- Partida e proteção do preparador e dos motores que fazem parte do sistema;
- Leitura de todos os sensores e comunicação com o sistema supervisório da ETE Várzea incluindo status de funcionamento (ligado/desligado) e status de defeito;
- Elementos de proteção;
- Chaves de comando;
- Sinalizadores;
- Botão de desligamento em caso de emergência;

- Lâmpadas sinalizadoras para indicação de operação e falhas;
- Demais componentes necessários para o funcionamento automático.

#### Requisitos mínimos de controle:

- Demanda de dosagem deverá ser via canal de comunicação Profibus DP (fornecer GSD) e entrada analógica 4-20 mA quando em automático ou via IHM quando em operação manual (Faixa: 1,0 a 3,6 m<sup>3</sup>/h);
- Concentração do polímero via set point na IHM (faixa: 0,05% a 0,5%);
- Comandos de habilita sistema, seleciona bomba, reset e parada, deverá ser via canal de comunicação Profibus DP, enviando as informações necessárias ao controle automático do desaguamento de lodo e ao sistema de supervisão da ETE Várzea Paulista;
- Intertravamento com as bombas de alimentação de lodo adensado e centrífugas de desidratação.

#### Requisitos mínimos de monitoramento:

- Vazão e Concentração da solução de polímero;
- Totalização do consumo de polímero seco e solução preparada (dia, 7 últimas bateladas e Total);
- Consumo de água (dia, 7 últimas bateladas e Total);
- Status de todos os sensores, elementos finais de controle e reservatórios;
- Histórico de Alarmes (com no mínimo 50 últimos eventos).

#### Requisitos mínimos do CLP:

- IEC 61131-3 (ladder, Blocos e SFC);
- Duas portas Ethernet (IHM e Rede);
- Porta RS 485 (Profibus DP);
- Protocolo Profibus e Profinet;
- Web server nativo na CPU para edição de páginas HTML.

#### Requisitos mínimos da IHM:

- Gráfica "TouchScreen", colorida, 6";
- Porta Ethernet (RJ45);
- Porta RS 485 (Profibus DP);
- Porta USB;
- Protocolo Profibus e Profinet;
- Alimentação 24Vcc;
- Software de configuração/programação deverá ser compatível com o CLP fornecido.

No projeto do painel, deve ser previsto comando local para eventual operação manual dos equipamentos.

Antes do início da fabricação, deve ser enviado à Sabesp para análise e aprovação, junto ao projeto do preparador de polímero, os seguintes documentos e desenhos referentes ao painel:

- Descritivo completo/características construtivas;
- Desenho dimensional;
- Diagrama trifilar/unifilar;
- Diagramas funcionais;
- Régua de bornes;
- Desenhos de interligação da centrífuga com o sistema de alimentação de lodo e polímero;
- Lista de materiais e componentes;
- Sequência de operações incluindo lista de funções monitoradas, controladas e com alarme;
- Detalhamento da lógica do sistema;
- PI&D.



O CLP do painel deve ser compatível e manter comunicação com os CLPs e sistema supervisorio existente no local de instalação, que são respectivamente, Siemens ET200S e Elipse E3.

### **3.8 Instrumentação**

Incluso no Fornecimento:

#### **Sensor de nível na Câmara de Armazenagem**

A câmara de armazenagem deverá possuir um sensor de nível tipo boia para alarmar extravasamento e para intertravamento com a válvula solenoide de alimentação de água;

#### **Transmissor de nível tipo Hidrostático**

Medição por diferencial de pressão com diafragma de aço AISI 316L grau de proteção IP 68, faixa conforme altura do tanque de armazenagem, sinal de saída de 4 a 20 mA, com alimentação de 24 VCC, precisão de 0,25% FE.

Material da parte sensor em AISI 316L, elemento sensor tipo piezo-resistivo, conexão ao processo em 1" (NPT ou BSP), com selo diafragma e proteção contra interferência eletromagnética.

#### **Medidor de vazão**

Tipo Volumétrico com saída pulsada reed-switch para medir a vazão de água na entrada.

#### **Medidor de Vazão Eletromagnético**

Medidor de Vazão Eletromagnético, ELETROMAGNÉTICO DN 20 ou 25 na tubulação/barrilete para controle da dosagem de solução polímero, respeitando-se as devidas distâncias de singularidades de modo a não afetar a medição de vazão. Classes de pressão de PN 10, conexões flangeadas, revestimento em neoprene, eletrodos de medição AISI 316, alojamento e flanges em aço carbono ASTM A105, com revestimento resistente a corrosão, temperatura de operação 0°C a 50 °C.

Transmissor integrado, eletrônica microprocessada com conversor de sinais, alimentação 24Vcc, grau de proteção IP 67, indicador de vazão instantânea e totalizador.

Display LCD com 3 linhas - 16 caracteres com programação via IHM e/ou Hart.

Saídas analógicas de 4 a 20 mA isolada com protocolo Hart;

Saída digital pulsada (estado sólido);

Exatidão maior de 0,1% do valor lido, calibração padrão de produção, com relatório de calibração fornecido pelo fabricante.

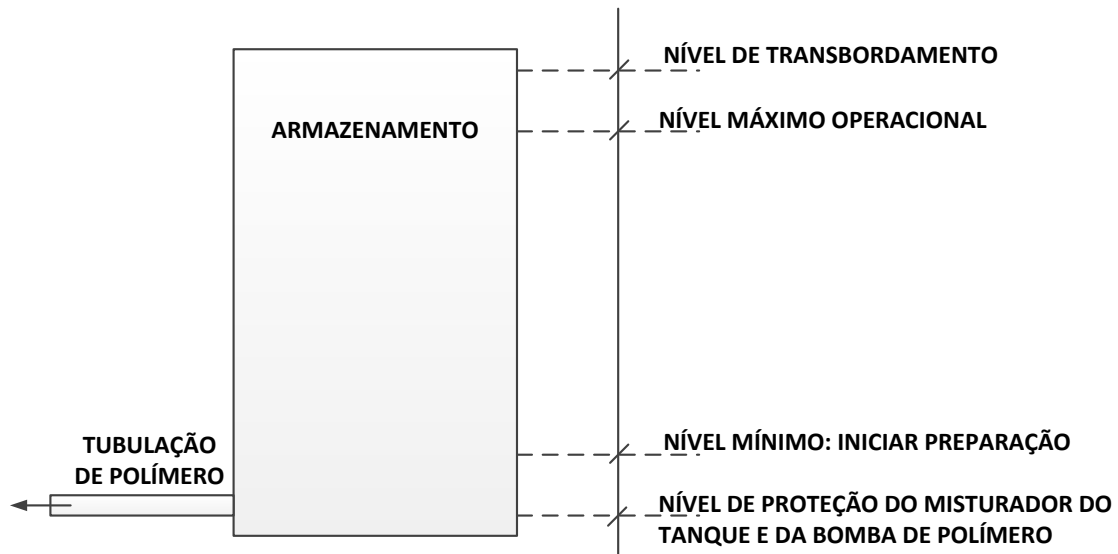
Demais características conforme a NTS 067.

#### **Sensor Capacitivo para detecção de Nível para silo de pó de polímero**

Detecção de metal sem contato e de alvos não metálicos. Indicador LED e sensibilidade ajustável. Proteção contra curtos e inversão de polaridade. Proteção plástica IP66, resistente ao calor; Alimentação em 24Vcc.

### 3.9 Alarmes

#### Alarmes no Tanque de Armazenamento



#### Alarmes

- Indicação quando falta água na tubulação de entrada do sistema (interrupção do ciclo de preparo);
- Indicação no Silo de recebimento de polímero em pó;
  - ✓ Nível Mínimo de polímero no silo (aviso para reabastecer);
  - ✓ Ausência de polímero em pó (interrupção do ciclo de preparo);
- Indicação de nível de alarmes no tanque de armazenamento:
  - ✓ Nível Máximo do tanque;
  - ✓ Nível Mínimo do tanque;
- Falha no sistema de preparo (interrupção do ciclo de preparo)
  - ✓ Falha no Dosador volumétrico de pó rosca (inversor);
  - ✓ Falha no Dosador volumétrico de pó rosca (travamento);
  - ✓ Falha no Resistor de aquecimento (interrupção do ciclo de preparo);
  - ✓ Falha nos Misturadores verticais;

#### Bombas de Dosagem de solução de Polímero (interrupção do ciclo de preparo e dosagem de solução)

- ✓ Falha nas Bombas de Dosagem de solução (inversor);

#### Dados de Controle a serem Disponibilizados no CLP e IHM

- Consumo diário de Polímero (kg/dia);
- Consumo instantâneo de polímero (Kg/h);
- Consumo diário de Água (m<sup>3</sup>/dia);
- Totalização de água (desde o start-up em m<sup>3</sup>);
- Consumo instantâneo de água (m<sup>3</sup>/h);
- Vazão da Bomba de Dosagem (m<sup>3</sup>/hora);
- Totalização solução de polímero (desde o start-up em m<sup>3</sup>);

- Nível de Água no Tanque de Armazenamento (m ou % da lâmina máxima);
- Horas de funcionamento do Dosador volumétrico de pó rosca;
- Horas de funcionamento das Bombas de Dosagem de solução de Polímero;
- Horas de funcionamento dos Misturadores verticais.

**Entrada de dados:**

- Set point de concentrações da Solução de Polímero: faixa de ajuste 0,05% a 0,5%;
- Set point de Nível mínimo do tanque de armazenamento para início do ciclo de preparo: faixa de ajuste 10% a 50% do nível máximo operacional;
- Set point de Nível mínimo do tanque de armazenamento para fim do ciclo de preparo: faixa de ajuste 65% a 99% do nível máximo operacional;

Outras funcionalidades do sistema:

Overview Fluxograma do sistema na IHM e no webserver do CLP (para monitoramento remoto);

Trend com as seguintes variáveis:

- Nível do tanque de armazenagem;
- Velocidade da rosca do dosador volumétrico de pó;
- Torque da rosca do dosador;
- Vazão de pó polímero (Kg/h);
- Vazão de dosagem de solução (m<sup>3</sup>/h);
- Demanda de vazão de polímero.

### **3.10 Painel de Força e Comando**

O Painel de Força e Comando responsável pelo acionamento de todo o conjunto do sistema de preparação de polímeros, deverá ser fornecido montado e interligando todos os componentes necessários a operação do sistema, tais como, botoeiras, sinalizadores, controle de sobrecarga e curto circuito e componentes elétricos do sistema de preparo de polímeros, conforme especificações técnicas da elétrica.

Deverão ser fornecidos os diagramas de controle e de força, com a potência a ser consumida pelo conjunto de modo a permitir o dimensionamento do circuito alimentador.

A tensão de alimentação disponível é de 440 V Trifásico, 60 Hz. O quadro deverá dispor de dispositivos de conversão caso o sistema de controle seja operado por tensão diferente da disponível.

### **3.10 Instalação na Planta**

A planta do local de implantação do Sistema de Preparo e Dosagem de Polímero está em Desenho anexo.

Devem ser cheçadas as dimensões do sistema a ser fornecido com as dimensões locais, bem como a altura do pé direito disponível, o ponto e tipo de energia disponível e o ponto de água potável.

A alimentação de água potável disponível deve ser captada da tubulação de lavagem das centrífugas conforme mostrado no desenho.

A tubulação de água existente no local para o sistema existente de diluição de polímero em emulsão para as centrífugas, a ser retirado também pela contratada, não vai ser mais utilizada, pois se trata atualmente de efluente final da ETE.

A instalação do sistema deve ser feita em paralelo ao sistema atual de preparo em emulsão, com exceção dos reservatórios de polímero em emulsão, que devem ser retirados.

Somente após a aprovação da Sabesp quanto ao atendimento dos requisitos técnicos é que a contratada fará a desativação e retirada do sistema antigo.

### 3.11 Visita ao Local - Recomendação

- a) Recomenda-se que o Licitante visite o(s) local(is)/a(s) localidade(s) dos serviços, o que deverá ocorrer com anterioridade à sessão pública, para inteirar-se de todos os aspectos referentes à sua execução. Para todos os efeitos, considerar-se-á que o Licitante tem pleno conhecimento da natureza e do escopo dos serviços. Não poderá o Licitante alegar posteriormente a insuficiência de dados e/ou informações sobre o(s) local(is)/a(s) localidade(s) e as condições pertinentes ao objeto do contrato.
- b) As visitas poderão ser realizadas por qualquer responsável indicado pelo Licitante.
- c) As visitas poderão ocorrer até \_\_/\_\_/\_\_. Para agendar essas visitas, o Licitante deverá observar a antecedência razoável, cujo limite é \_\_/\_\_/\_\_. Contatar a SABESP para o agendamento das visitas na ETE Várzea Paulista através da Cristiane Silva Vitoreti, telefone (0XX11) 4894-8124, email: [cvitoreti@sabesp.com.br](mailto:cvitoreti@sabesp.com.br), ou através do Bruno Sidnei da Silva, telefone (0XX11) 3388-9751, email: [bsidnei@sabesp.com.br](mailto:bsidnei@sabesp.com.br).

## 4. NORMAS

O fornecimento dos equipamentos deverá atender as seguintes normas técnicas da SABESP:

NTS 255:2006, Norma Geral de Fornecimento de Equipamentos Elétricos

NTS 266:2006, Norma Geral para Quadros

NTS 306: Painel Compacto – Partidas com Conversor de Frequência (Para 2 Motores) – PC – 2C

Manual Orientador – Padronização de Quadros Elétricos e Entrada de Energia Elétrica

Manual Orientador SPDA – Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Proteção Contra Surtos

Todos os materiais, componentes e acessórios utilizados deverão estar de acordo com as últimas revisões das normas a seguir citadas, no que for aplicável. Outras normas serão aceitas, desde que sejam reconhecidas internacionalmente e, previamente aprovadas pela SABESP.

Como alternativas às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas, serão consideradas as normas das seguintes entidades:

- |      |   |  |
|------|---|--|
| DIN  | - | Deutsche Institut für Normung            |
| AISC | - | American Institute of Steel Construction |
| AWS  | - | American Welding Society                 |
| AISI | - | American Iron and Steel Institute        |
| ANSI | - | American National Standards Institute    |

ASME -	American Society of Mechanical Engineers
JIS -	Japanese Industrial Standard
AWWA -	American Water Works Association
FEM -	Fédération Européenne de la Manutention
AGMA -	American Gear Manufacturers Association
NEMA -	National Electrical Manufacturers Association
NEC -	National Electrical Code
EI -	Edison Electric Institute
ISA -	The Instrumentation, System and Automation Society
CMAA -Crane Manufacturing Association of America	
CEMA -Conveyor Equipment Manufacturing Association	

A Licitante deverá especificar na Proposta as normas e padrões que adotará na fabricação e fornecimento. Caso pretenda utilizar normas e padrões que não figurem na relação acima, deverão ser fornecidos dados a respeito e em quantidade suficiente para compreensão e julgamento da proposta.

Poderão ser propostos materiais construtivos de qualidade comprovada igual ou superior ao material especificado.

## **5. PROCEDIMENTOS DE INSPEÇÃO PARA AVALIAÇÃO DO SISTEMA**

### **5.1 Generalidades**

Certas exigências técnicas do equipamento objeto de licitação influenciam de forma muito impactante os custos operacionais relativos a consumo de produtos químicos nos processos de saneamento.

De modo a garantir a SABESP que o sistema a ser fornecido irá atender aos requisitos técnicos estabelecidos, o contratado deverá apresentar, em uma etapa prévia à instalação, o Projeto Técnico do sistema de preparo de polímero em pó para avaliação, com memorial descritivo, plantas e cortes destacando os componentes críticos do sistema como o dispositivo de dosagem e dispositivo hidráulico. Deverá ficar demonstrado no projeto o mecanismo de dosagem e a capacidade hidráulica do sistema.

Somente após a aprovação técnica do Projeto, através do relatório de aprovação, é que a contratada poderá fabricar o equipamento, e após sua finalização, enviá-lo para o local de instalação, devendo agendar a realização da inspeção no local depois de concluídas todas as instalações necessárias para o pleno funcionamento do sistema.

### **5.2 Inspeção após Instalação na ETE**

O atendimento deste procedimento de avaliação da acurácia é uma das condições para aprovação final e pagamento da última parcela referente ao contrato, conforme cronograma de pagamento discriminado no item 6.

A contratada terá até 90 (noventa) dias para projetar, fabricar, transportar e montar no local o equipamento preparador de polímero, contados a partir da data de assinatura do contrato. O prazo interrompe após a entrega do Projeto do preparador, reiniciando automaticamente após

sua aprovação. A SABESP terá o prazo de 05 (cinco) dias úteis após a entrega do projeto para emitir seu parecer, aprovando, reprovando, ou solicitando adequações no projeto.

O prazo máximo para a SABESP emitir o relatório final de inspeção será de no máximo 05 (cinco) dias úteis a contar da realização do teste.

### **5.2.1 Avaliação da Acurácia de Preparação**

#### **Procedimento de Inspeção para avaliação da Acurácia**

##### **a) Materiais**

A SABESP irá utilizar um saco de 25 kg de Polímero catiônico em Pó de alto peso molecular normalmente utilizado para desaguamento de lodo de ETE, que será aberto no momento do teste.

A SABESP irá disponibilizar uma balança de precisão caso haja o fornecedor não traga seu equipamento. O fornecedor não poderá alegar posteriormente que o erro foi devido ao equipamento da SABESP.

##### **b) Procedimento**

- Demonstrar procedimento de calibração para produção de solução de polímero a 0,2 % de concentração;

- Iniciar processo de preparação de solução de polímero a 0,2 % e vazão nominal de 4000 L/h com todos os compartimentos inicialmente vazios;

- Após o enchimento completo do tanque de maturação, aguardar o preenchimento até atingir o nível mínimo operacional do tanque de armazenamento e coletar, no mínimo, 3 amostras para análise laboratorial de teor de sólidos, em intervalos de 10 minutos;

Todas as amostras serão encaminhadas para Laboratório da SABESP para determinação do Teor de Sólidos. Todas as amostras deverão apresentar concentração de  $0,20 \% \pm 0,02\%$ .

A análise do teor de sólidos será realizada através das medições do peso inicial e peso final da cápsula com solução de polímero. Antes da introdução da cápsula com polímero na estufa para secagem, será colocado inicialmente em banho-maria, de modo a retirar a umidade inicial e evitar assim que haja uma fervura e possível perda de sólidos. Durante a transferência volumétrica de uma solução de polímero de um recipiente para a cápsula pode ocorrer a aderência de parte desta solução (e de sólidos) na parede do recipiente devido a viscosidade. Ou seja, pode não ocorrer a transferência total deste volume para a cápsula. Desta forma, na análise de teor de sólidos não haverá a preocupação de se medir o volume da amostra. A análise será feita somente com os dados gravimétricos inicial e final e o resultado expresso em % (e não em mg/L).

### **5.3.4 Do Relatório de Inspeção**

A aceitação final do sistema de preparo de polímero se dará, obrigatoriamente, após a entrega do Relatório de Inspeção Final por parte da SABESP, e entrega, por parte da contratada, das Nota(s) Fiscal(is) correspondentes.

No caso de reprovação do teste para avaliação da acurácia, a contratada poderá solicitar a realização de nova inspeção no prazo de 05 (cinco) dias úteis após a entrega do Relatório de Inspeção, devendo neste período providenciar eventuais ajustes do sistema preparador de solução de polímero em pó.

Caso ocorra nova reprovação no teste, o sistema será rejeitado, e a contratada deverá providenciar a desmobilização do equipamento do local de instalação na ETE.

## 6. CRONOGRAMA DE PAGAMENTO

O pagamento do referido contrato será realizado parceladamente, cujos desembolsos serão realizados conforme a entrega pelo contratado e após a aprovação pela SABESP dos seguintes eventos discriminados no quadro a seguir.

**Quadro 01 – Cronograma de Pagamento**

Evento	Percentual de Desembolso (% Contrato)	Prazo Acumulado (dias a partir da assinatura do contrato)
Entrega e aprovação pela SABESP do Projeto do Preparador de Polímero e dos Painéis Elétricos	5%	30
Entrega e Instalação do Sistema na ETE pela contratada com instalações acessórias (tubulações, parte elétrica, etc)	10%	90
Aprovação da Inspeção do Sistema Instalado pela SABESP através do Relatório de Inspeção e Entrega das Notas Fiscais pela contratada (Etapa 3 do Item 5.3)	85%	95

## ANEXOS