

**PROJETO BÁSICO PARA ADEQUAÇÃO DOS
SISTEMAS OPERACIONAIS DA UNIDADE DE
TRATAMENTO DE LÍQUIDOS PERCOLADOS DO
ATERRO SANITÁRIO DE VITÓRIA DA
CONQUISTA/BA**

Junho de 2020

Sumário

1 – INTRODUÇÃO.....	1
2 – REVISÃO DOS PARÂMETROS DE PROJETO.....	2
2.1 – Descrição do Sistema	2
2.2 – Reavaliação da Vazão de Projeto	3
2.3 – Revisão dos Parâmetros Cinéticos para Dimensionamento da Lagoa: Anaeróbia	4
3 – REDIMENSIONAMENTOS DOS EQUIPAMENTOS ELETROMECÂNICOS DO SISTEMA DE TRATAMENTO	5
3.1 – Redimensionamento do sistema de aeração da Lagoa Aeróbia de Mistura Completa ...	6
3.1.1 – Premissas de Projeto	6
3.1.2 – Dados Geométricos	6
3.1.3 – Dimensionamento dos Aeradores Superficiais	6
3.2 – Redimensionamento do Sistema de Floculação do Processo Físico Químico.....	10
3.2.1 – Definição dos Agentes Coagulantes e Floculantes	11
3.2.2 – Cálculo do consumo de agentes coagulantes/floculantes	14
3.2.3 – Dimensionamento do Sistema para preparo, recalque e dosagem de solução de Sulfato de Alumínio	15
3.2.4 – Dimensionamento do Sistema de Agitação nas Câmaras de Floculação	17
3.3 – Redimensionamento do Sistema de Desinfecção e Dosagem de Soluções: Ácidas e Alcalina	19
3.3.1 - Cálculo da Dosagem de Hipoclorito de Sódio (NaOCl).....	20
3.3.2 – Dimensionamento da Bomba de Dosagem de Hipoclorito	21
3.3 – Redimensionamento do Sistema de Recalque do Efluente Tratado.....	22
3.3.1 – Dimensionamento do Sistema	23
4 – DEFINIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO E CONTROLE DO SISTEMA DE TRATAMENTO – CASA DE QUÍMICA.....	26
5 – CONCEPÇÃO DA AMPLIAÇÃO COMPLEMENTAR DO SISTEMA DE TRATAMENTO E ADEQUAÇÕES PARA O SISTEMA EXISTENTE	30
5.1 – Concepção da Ampliação	30
5.2 – Adequações a serem implementadas no Sistema existente.....	32
6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	32
ANEXO I: PLANILHA DE QUANTITATIVOS.....	34

1 – INTRODUÇÃO

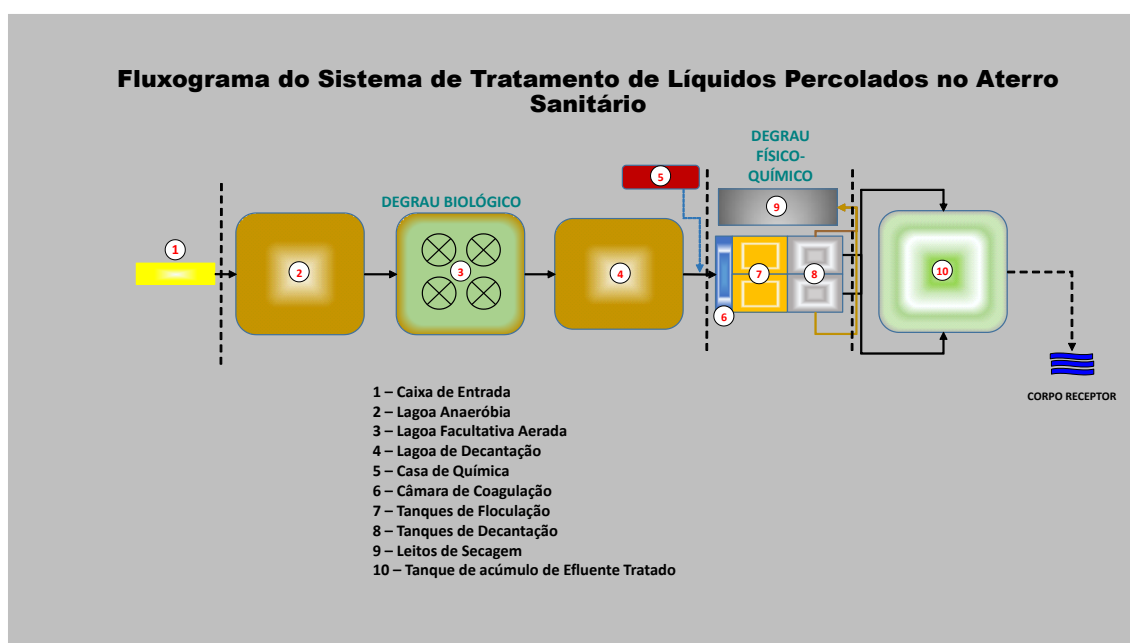
O objetivo deste Memorial Técnico é apresentar e justificar os resultados obtidos no redimensionamento dos sistemas operacionais da unidade de tratamento de efluentes percolados do Aterro Sanitário.

As bases de dados para os dimensionamentos dos sistemas operacionais foram norteadas conforme a concepção original da planta de tratamento existente, porém com os parâmetros de vazões e eficiências atualizados conforme os resultados obtidos no último estudo realizado no aterro.

2 – REVISÃO DOS PARÂMETROS DE PROJETO

2.1 – Descrição do Sistema

De acordo com o projeto executivo do Sistema de Tratamento, os efluentes lixiviados do Aterro após serem coletados através do sistema de drenagem, são alinhados para a Caixa de Medição (1) tipo Vertedor Triangular na entrada do sistema de tratamento existente. Após a Caixa de Medição de Vazão os efluentes são encaminhados para o Degrau Biológico de tratamento composto por duas vias: uma anaeróbia definida pela Lagoa Anaeróbia (2) e a outra pela via Aeróbia através da Lagoa Aerada por mistura completa (3). Após os efluentes serem oxidados na Lagoa Aeróbia, os flocos de lodo produzidos são lançados na Lagoa de Decantação (4).



Dando sequência no processo, após o tratamento biológico os efluentes são submetidos ao tratamento físico-químico através dos seguintes processos unitários:

- Coagulação (6);
- Flocculação (7);

- Decantação (8).

Para proporcionar as reações químicas necessárias aos processos, foi implantada uma Casa de Química (5) com o intuito de preparar as soluções químicas necessárias e efetuar a dosagem no processo.

O Lodo produzido no processo de decantação são lançados nas câmaras de adensamento de lodo e posteriormente drenado para os Leitões de Secagem (9).

O efluente tratado no degrau físico-químico é recalcado para a Lagoa de Acúmulo de Efluente Tratado (10) e posteriormente alinhado para o lançamento no corpo receptor.

2.2 – Reavaliação da Vazão de Projeto

No Memorial de Cálculo do projeto original elaborado em 2004, a vazão de líquido percolado foi estimada de acordo com o Método Suíço cujo valor determinado foi de 12,68 m³/dia. De acordo com os estudos realizados em 2017 no mesmo sistema, foram obtidos os seguintes resultados que estão apresentados no Quadro 2.1:

Método de Cálculo	L/s	m3/d
Racional	0,46	39,92
Suíço	0,83	71,53
Balanço Hídrico	0,79	68,37

Quadro 2.1: Vazões dos Líquidos Percolados no Aterro Sanitário em 2017

Pode-se observar Quadro 2.1, que pelo Método Suíço a vazão determinada é significativamente maior que a obtida no projeto original elaborado em 2004. Este aumento justifica-se devido a área avaliada no estudo realizado em 2017 foi bem maior que a utilizada no projeto original.

2.3 – Revisão dos Parâmetros Cinéticos para Dimensionamento da Lagoa: Anaeróbia

É bastante comum projetistas de sistemas de tratamento biológico de efluentes líquidos adotarem valores genéricos para definição do que se pretende alcançar de eficiência em um determinado processo. Esta metodologia é válida, porem torna-se um pouco imprudente devido a incompatibilidade do tipo de efluente a ser tratado. Por exemplo: Os parâmetros cinéticos para dimensionamento de efluentes percolados de aterros sanitários, são na maioria das vezes diferentes dos adotados para dimensionamento de sistemas de tratamento de efluentes sanitários. Este erro poderá acarretar situações onde a unidade de tratamento que está sendo projetada possa ser subdimensionada ou superdimensionada.

No sistema de tratamento de efluentes lixiviados do aterro sanitário o degrau de tratamento biológico é composto por uma Lagoa Anaeróbia seguido por uma Lagoa Aerada de Mistura Completa. No Quadro 2.2 estão apresentados os valores dos parâmetros cinéticos adotados no projeto original comparados com os valores recomendados pela literatura especializada, bem como resultados de monitoramentos em escala real recentes.

PARÂMETROS CINÉTICOS UTILIZADOS PARA DIMENSIONAMENTOS DE LAGOAS ANAERÓBIAS

Fonte Geradora de Efluentes	DBO ₅ Bruta	Tempo de Detenção Hidráulica ⁽³⁾	Taxa de Aplicação de Carga Orgânica ⁽³⁾	Eficiência Remoção de DBO ₅ ⁽³⁾
Esgoto Sanitário ⁽¹⁾	250 - 450 mg/L	4 - 6 dias	10 a 30 gDBO/m ³ .d	≤ 60%
Lixiviados de Aterros Sanitários ⁽¹⁾	2.000 - 15.000 mg/L	6 - 10 dias	25 gDBO/m ³ .d	92 a 95%
Parâmetro adotado no Projeto Original ⁽²⁾	10.000 mg/L	200 dias	50 gDBO/m ³ .d	95%

⁽¹⁾ VON SPERLING, Marcos - 1997

⁽²⁾ Memória Cálculo do Sistema de Tratamento de Líquidos Percolados do Aterro Sanitário de Nossa Senhora do Socorro (2004)

⁽³⁾ Condições Operacionais a uma temperatura média de 18 °C

Quadro 2.2: Parâmetros Cinéticos para Dimensionamentos de Lagoas Anaeróbias

Análise Crítica:

Como pode ser observado no Quadro 2.2, que os valores da DBO bruta e da Taxa de Aplicação de Carga Orgânica utilizados para o dimensionamento do sistema do projeto original, foram conforme as recomendações da literatura especializada, mas o Tempo de

Detenção Hidráulica (200 dias) está extremamente superior aos utilizados em projetos desta natureza.

Situações como esta podem acarretar uma queda significativa na eficiência do sistema causados por vários distúrbios metabólicos dos microrganismos presentes no meio. Dentre outros efeitos causados pelo elevado Tempo de Detenção Hidráulica, pode destacar a eminência do aumento natural da concentração de oxigênio dissolvido no meio, provocando a inibição das atividades metabólicas das bactérias anaeróbias. Quando ocorre este processo de transferência natural de oxigênio dissolvido, devido ao excesso de tempo de detenção, haverá uma tendência de predominância da fase de acidogênese no processo e conseqüentemente irá proporcionar uma queda brusca do pH do meio devido às altas concentrações de ácidos voláteis. O sistema reage provocando a inibição da fase de metanogênese que é o fechamento do cíclico dos processos anaeróbio.

Na prática operacional podemos observar que quando o cheiro de “ovo podre” está bastante perceptível, é sinal que já prevalece um desequilíbrio no processo. Este cheiro de “ovo podre” é na mais nada menos do que gás sulfídrico dissipando na atmosfera (H_2S). E a geração excessiva de gás sulfídrico é resultante da predominância acidogênica no sistema de tratamento.

Existem vários procedimentos operacionais que podem minimizar a queda de eficiência em função do efeito citado. Uma delas é o monitoramento periódico da concentração de ácidos voláteis dentro da lagoa anaeróbia, e quando atingir um certo limite de concentração, deve-se adicionar alcalinidade no processo.

3 – REDIMENSIONAMENTOS DOS EQUIPAMENTOS ELETROMECÂNICOS DO SISTEMA DE TRATAMENTO

Admitindo-se que a Lagoa Anaeróbia possa promover uma eficiência de 95% de remoção de DBO com concentração bruta de 10.000 mg/L, a concentração remanescente DBO a partir deste ponto será de 500 mg/L (95% de 10.000).

A vazão média de projeto adotada no redimensionamento será a mesma calculada nos estudos recentes realizados na ETE do Aterro, ou seja: 71,53 m³/d.

3.1 – Redimensionamento do sistema de aeração da Lagoa Aeróbia de Mistura Completa

3.1.1 – Premissas de Projeto

- Concentração de DBO afluente (S_0) = 500 mg/L
- Vazão Afluente (Q) V= 71,53 m³/d
- Eficiência Esperada = 98%

3.1.2 – Dados Geométricos

De acordo com a Prancha 01 do Projeto Original, a Lagoa Anaeróbia tem as seguintes características geométricas:

- Seção plana = Quadrada
- Seção Transversal: Trapezoidal
- Largura útil = 17,40 m
- Profundidade útil no centro da lagoa = 3,00
- Área Superficial útil = 17,40 x 17,40 = 302,76 m²
- Volume útil (V) = 423,07 m³

3.1.3 – Dimensionamento dos Aeradores Superficiais

a) Cálculo do Tempo de Detenção Hidráulica (TDH):

$$TDH = V/Q = 423,07 / 71,73 = 5,9 \text{ dias}$$

b) Estimativa da Concentração da DBO solúvel afluyente (S)

Na prática a determinação da DBO solúvel em efluentes líquidos é feita através de análises laboratoriais. Mas na elaboração de projetos de sistemas de tratamento é comum serem utilizadas equações específicas de modelagem, que permitem determinar um valor bem aproximado do que seria o real.

Consultando a literatura especializada pode-se determinar que a DBO solúvel (S) do efluente tratado em sistemas de lagoas aeradas, utilizando como substrato líquido lixiviados de aterros sanitários, tem concentração em torno de 20% da DBO bruta (S₀).

Sabendo-se que a concentração teoria da DBO (S₀) para este projeto é de 500 mg/L, então a DBO solúvel (S) será: 500 x 20% = 100 mg/L.

c) Determinação da Estimativa da Concentração da Sólidos Suspensos Voláteis SSV (X_v)

Utilizando a equação 3.1 é determinada a concentração teórica de SSV (X_v)

$$X_v = \left(\frac{y \times (S_0 - S)}{1 + K_d \times t} \right) \quad (3.1)$$

Coefficientes Cinéticos:

Y (coeficiente de produção de biomassa) = 0,60 mgSSV/mgDBO (faixa de utilização: 0,40 ≤ Y ≤ 0,8)

K_d (coeficiente de decaimento bacteriano = 0,06 d⁻¹ (faixa de utilização: 0,03 ≤ Y ≤ 0,08)

t = Tempo de Detenção Hidráulica = 6 dias

$$X_v = (0,60 \times (500 - 100) / (1 + 0,06 \times 6) \approx 176 \text{ mg/L}$$

d) Determinação da demanda de oxigênio no processo (RO)

A demanda de oxigênio é determinada através da Equação (3.2)

$$RO = \frac{a \times Q \times (S_o - S)}{1000} \quad (3.2)$$

Onde:

a = Coef. de consumo de oxigênio = 1,2 kg O₂ / kg DBO₅ removida (valor recomendado pela literatura para lagoas aeradas de mistura completa);

Q = Vazão afluente.

$$RO = (1,2 \times 71,53 \times (500 - 100)) / 1000 = 34,33 \text{ kgO}_2/\text{d} = 1,43 \text{ kgO}_2/\text{h}$$

e) Definição do Sistema de Aeração

- Especificação: Aerador Superficial de Alta Rotação de Fluxo descendente
- Taxa de Transferência de O₂ Requerida (EO_{campo}): 1,8 kg O₂ / kWh (adotado)
- Eficiência: ≥ 60%

- Taxa de Transferência de O₂ Corrigida (EO'_{campo})

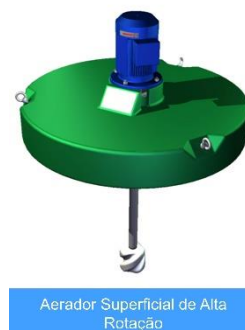
$$EO'_{\text{campo}} = EO_{\text{campo}} \times 60\% = 1,08 \text{ kg O}_2 / \text{kWh}$$

- Potência Requerida

$$Potência = \frac{RO}{EO_{\text{campo}}} = 1,43 / 1,08 = 1,32 \text{ kW} = 1,80 \text{ CV}$$

- Verificação da Densidade de Potência

A escolha de aeradores superficiais para Lagoas Aeradas depende fundamentalmente do tipo de concepção sistêmica adotada. No caso de Lagoas Aeradas Facultativas o sistema de aeração tem a função somente de garantir a transferência de oxigênio na zona



superficial da lagoa, mas para sistemas de Lagoas Aeradas de Mistura Completa, a garantia de transferência tem que ser em qualquer profundidade da lagoa. Além disso o equipamento deverá garantir que toda biomassa produzida esteja em suspensão. Assim sendo, quanto maior a concentração de Sólidos Suspensos Totais (SST) presentes no processo, maior será o requisito de energia para mantê-los em suspensão.

Segundo a literatura especializada, a densidade de potência necessária em um sistema de lagoas aeradas de mistura completa pode ser determinada de acordo com os valores apresentados no Quadro 3.1.

Densidade de Potência (W/m ³)	SST (mg/L)
0,75	60
1,75	175
2,75	300

Fonte: VON SPERLING, Marcos (1996)

Quadro 3.1: Correlação entre a Densidade de Potência requerida e a concentração de SST em Sistemas de Lagoas Aeradas

Em função do valor estimado de SSV (X_v) = 176 mg/L calculado no item 3.1.2(c), pode-se estimar que a concentração de SST na Lagoa será maior que 175 mg/L referenciada no Quadro 3.1. Então para concentrações de SST acima de 175 mg/L é recomendável a adoção de uma Densidade de Potência de 2,75 W/m³.

Sabendo-se que o volume útil da Lagoa Aerada é de 423,07 m³, determina-se que a densidade de potência mínima para transferência de oxigênio para a massa líquida e manter os sólidos em suspensão será:

$$DP = P(W) / V = 1320 / 423,07 = 3,12 \text{ W/m}^3 > 2,75 \text{ W/m}^3$$

- Verificação da Uniformidade da Zona de Mistura Produzida

A determinação da quantidade de aeradores a ser implantada na Lagoa dependerá não só do atendimento da Densidade de Potência Requerida, mas também do diâmetro de

dispersão produzido pelo equipamento especificado. De acordo o valor calculado anteriormente bastaria implantar um aerador com potência de 2,0 CV que atenderia teoricamente da demanda necessária. Pesquisas realizadas no mercado por diversos fabricantes definem que o diâmetro de dispersão produzida para mistura completa através de equipamento com potência de 2 CV é no máximo 8 metros. Sabendo-se que a largura superficial da Lagoa do Sistema de Tratamento em estudo é de 17,40 m, seria necessária a implantação de 4 aeradores distribuídos uniformemente na superfície da lagoa.

Partindo do princípio de que um menor número de equipamento implantado requer menos manutenção, optou-se por implantar somente dois aeradores, porém com potência de 5 CV, cujo diâmetro de dispersão é em torno de 15 m. Valor este que está bem próximo da largura útil da lagoa que é de 17,40 m, levando em conta que próximo às bordas da lagoa a profundidade é menor em função da geometria transversal ser trapezoidal.

3.2 – Redimensionamento do Sistema de Floculação do Processo Físico Químico

O objetivo deste tópico é redimensionar os equipamentos eletromecânicos deste processo, bem como os elementos necessários para o preparo, armazenagem de dosagem das soluções coagulantes/floculantes.

Após os efluentes lixiviados do aterro serem submetidos ao processo de tratamento biológico, o efluente é direcionado à Caixa de Chegada da Unidade de Tratamento Físico Químico para serem submetidos aos processos de Floculação e Decantação.

A partir da Caixa de Chegada o fluxo é alinhado para dois módulos paralelos compostos pelos seguintes tanques: Tanque de Floculação seguido por um Tanque de Decantação. Após o efluente ser submetido aos processos de tratamento, serão recalcados para a Bacia de Acúmulo de Efluente Tratado.

O Lodo produzido no Sistema de Tratamento é direcionado às Câmara de Adensamento e posteriormente dispostos nos Tanques de Desidratação de Lodo.

Análise Crítica da Concepção do Sistema:

Analisando a documentação técnica do projeto original não foi constatado nenhum dispositivo operacional que proporcionasse o processo de coagulação.

O uso do processo de coagulação antes da floculação é fundamental para performance da decantação posterior.

A função do agente coagulante é aglutinar as partículas sólidas e solúveis presentes no efluente a ser tratados é transformá-los numa espécie de gel. Este processo requer gradientes de velocidade acima de 1.000 s^{-1} ou seja, grande agitação. Já o processo de floculação terá a função de aglomerar o gel produzido no processo de coagulação e transformá-lo em um floco mais denso que a água e consequentemente proporcionar a decantação do mesmo.

3.2.1 – Definição dos Agentes Coagulantes e Floculantes

Não é obtivo deste projeto definir com exatidão quais seriam os melhores agentes coagulantes/floculantes para utilização no presente processo. É importante ressaltar que esta definição só será obtida através de ensaios de bancada no laboratório de campo da Unidade de Tratamento.

Em processos de tratamento físico químicos de água de abastecimento, onde são utilizados os processos de Coagulação e Floculação, são normalmente utilizados os seguintes agentes químicos conforme apresentados na Tabela 3.2:

REDIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS ELETROMECÂNICOS DA UNIDADE DE TRATAMENTO DE EFLUENTES PERCOLADOS DO ATERRO SANITÁRIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA

Coagulante ou Floculante	Função
$Al_2(SO_4)_3$ – Sulfato de Alumínio PAC – Policloreto de Alumínio $FeCl_3$ – Cloreto Férrico $FeSO_4$ – Sulfato Ferroso	Cátions polivalentes (Al^{3+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} , etc..) neutralizam as cargas elétricas das partículas suspensas e os hidróxidos metálicos (Ex: $Al_2(OH)_3$) ao adsorverem os particulados geram uma floculação parcial.
$Ca(OH)_2$ – Hidróxido de Cálcio	Usualmente utilizado como agente controlador de pH porém os íons de cálcio atuam também como agentes de neutralização das cargas elétricas superficiais funcionando como um coagulante inorgânico.
Polímeros Aniônicos e Não Iônicos	Geração de pontes entre as partículas já coaguladas e a cadeia do polímero gerando flocos de maior diâmetro
Polímeros catiônicos	Neutralização das cargas elétricas superficiais que envolvem os sólidos suspensos e incremento do tamanho dos flocos formados (via formação das pontes). Usualmente empregado no tratamento de lamas orgânicas.
Policátions	Polieletrólitos catiônicos de baixo peso molecular que neutralizam as cargas superficiais e aumentam o tamanho dos flocos. Usados em substituição aos floculantes inorgânicos convencionais.

Quadro 3.2: Principais agentes químicos utilizados nos processos de Coagulação e Floculação

Para se obter uma ordem de grandeza próxima à realizada, foram utilizados resultados obtidos em escala real de sistemas de tratamento de lixiviados de aterros sanitários utilizando os mesmos processos existentes na Unidade de Tratamento que está sendo analisada, porém com um estágio de Mistura Rápida promovendo a Coagulação.

Estudos recentes para tratamento físico químico de lixiviados de aterros sanitários, foram obtidas as concentrações de agentes coagulantes/floculantes que obtiveram as melhores eficiências de remoção de DQO, Cor e Turbidez do efluente a ser tratado. No Quadro 3.3 estão apresentados os resultados obtidos nos tratamentos de lixiviados de aterros jovens (menos de 5 anos de operação) e velhos (operados a mais de 10 anos).

REDIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS ELETROMECAÂNICOS DA UNIDADE DE TRATAMENTO DE EFLUENTES PERCOLADOS DO ATERRO SANITÁRIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA

Aterros Jovens					
Coagulante	Dosagem	pH ajustado	Efic. DQO (%)	Efic. Cor (%)	Efic. Turbidez (%)
Cloreto Férico	400 mgFe ⁺³ /L	3,8	28,1	78,4	90,2
Sulfato de Alumínio	500 mgAl ⁺³ /L	5,1	27,1	84,3	93,2
PAC	4.000 mgPAC/L	8,3	26,4	91,2	97,7
Aterros Velhos					
Coagulante	Dosagem	pH ajustado	Efic. DQO (%)	Efic. Cor (%)	Efic. Turbidez (%)
Cloreto Férico	600 mgFe ⁺³ /L	5,3	73,0	97,6	100,0
Sulfato de Alumínio	500 mgAl ⁺³ /L	6,0	60,0	95,4	91,6
PAC	6.000 mgPAC/L	6,7	72,6	93,0	99,9

Fonte: MÁXIMO, V. A. "Tratamento por Coagulação -Floculação dos Efluentes Lixiviados do Aterro Metropolitano de Florianópolis" - 2007

Quadro 3.3: Resultados de estudos dos processos de Coagulação e Floculação aplicados em efluentes lixiviados de Aterros Sanitários

- **Determinação preliminar do consumo de agentes Coagulantes/Floculantes**

Em condições normais de operação, os efluentes produzidos em Sistemas de Tratamento de Lixiviados de Aterros que possuem Lagoa Anaeróbia seguida por Lagoa Aerada por mistura completa, estudos revelaram que o pH do efluente tratado é em torno de 8.

Como foi apresentado no Quadro 3.1 o pH de ajuste para obtenção das melhores eficiências para Aterros Velhos está abaixo do valor mais provável obtido dos efluentes das lagoas. Ou seja, o pH deverá ser ajustado de 8 para 6 antes da adição do agente coagulante/floculante.

Consultando os Memoriais e Desenhos Técnicos do Projeto da ETE do Aterro Sanitário, não foi identificada nenhuma unidade operacional destinada à adequação do pH e nem um dispositivo que pudesse promover o processo de coagulação. Na falta de um dispositivo operacional para essas funções, haverá ineficiência no processo de floculação.

A dosagem de agentes químicos deverá ser feita com o pH existente, acarretando altíssimo consumo de produtos químicos e promoção de um efluente com baixa eficiência de remoção de poluentes.

Com isso justifica-se a necessidade futura para implementação de uma unidade de mistura rápida e ajuste de pH no Processo Físico Químico da Estação de Tratamento em estudo.

Para o dimensionamento da previsão de insumos a serem utilizados no processo de coagulação/floculação considerou-se que virtualmente a unidade de tratamento em questão possui um dispositivo de adequação do pH e mistura rápida.

3.2.2 – Cálculo do consumo de agentes coagulantes/floculantes

- **Premissas**

- O pH do efluente será ajustado para 6 conforme dados obtidos no Quadro 3.3;
- Agente químico: Sulfato de Alumínio a uma concentração de $500 \text{ mgAl}^{+3}/\text{L}$;
- Vazão a ser tratada (Q) = $71,53 \text{ m}^3/\text{d} = 2,98 \text{ m}^3/\text{h}$

- **Determinação do Consumo diário da solução**

- Concentração do Solute a ser preparado na Casa de Química:

➤ $C = 20 \text{ kg}/\text{m}^3 = 20 \text{ g}/\text{L}$;

- Concentração de solução de Sulfato de Alumínio a ser dosada (d);

➤ $(d) = 500 \text{ mgAl}^{+3}/\text{L}$ (Quadro 3.3) = $0,50 \text{ gAl}^{+3}/\text{L}$;

- Vazão de Solução a ser dosada no processo

➤ $D = d \times Q / C = (0,50 \times 2.980) / 20 = 74,5 \text{ L}/\text{h}$

Admitindo que a Unidade de Tratamento opere 24 horas por dia, o consumo de solução de Sulfato de Alumínio e Sulfato de Alumínio em pó será:

- Consumo (Solução de Sulfato Alumínio) = $74,5 \times 24 = 1.788 \text{ L}/\text{d}$

- Consumo diário de Sulfato de Alumínio em pó $= 0,020 \times 1.788 = 35,8 \text{ kg/d}$
- Consumo mensal de Sulfato de Alumínio em pó $= 35,8 \times 30 = 1.072,80 \text{ kg de } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Sabendo-se que comercialmente o sulfato de alumínio é vendido em sacos de 20 kg, então pode-se prever um consumo de: $1.072,80 / 20 \approx 54$ sacos por mês

NOTA: Recomenda-se ser mantido em estoque no mínimo 50% do consumo mensal em estoque, prazo suficiente para que os prazos de compra e entrega do insumo não afetem a operacionalização do Sistema.

- **Determinação do Volume de estocagem de Solução de Sulfato de Alumínio**

Sabendo-se que serão consumidos 1.788 L/d de solução de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, recomenda-se que seja mantida em estoque no mínimo o consumo de uma semana. Para tanto, será necessário a instalação de um sistema de tancagem na Unidade de Tratamento com capacidade em torno de 15 m³.



3.2.3 – Dimensionamento do Sistema para preparo, recalque e dosagem de solução de Sulfato de Alumínio

a) Preparo

Para o preparo da solução de sulfato de alumínio sugere-se a instalação de um Tanque de Preparo de Soluções com capacidade de 2.000 L já acoplado com Misturador Mecânico



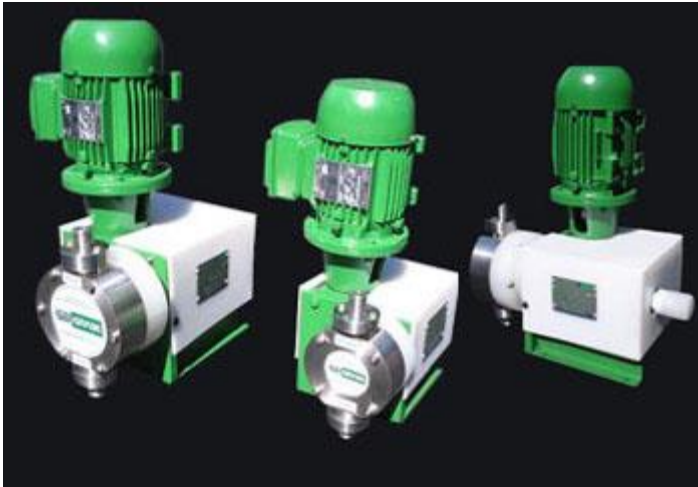
b) Recalque da Solução para o Tanque de Estocagem

Recomenda-se a instalação de um Bomba de Transferência de Produtos Químicos com uma vazão mínima de 5,0 m³/h



c) Dosagem da Solução

Para uma vazão em torno de 75 L/h recomenda a instalação de uma Bomba Dosadora



3.2.4 – Dimensionamento do Sistema de Agitação nas Câmaras de Floculação

- **Dados Preliminares:**

- Número de Câmaras de Floculação = 2
- Largura Útil = 2,20 m
- Comprimento Útil = 2,20 m
- Profundidade Útil = 2,50 m
- Vazão Afluente (Q) = $71,53 \text{ m}^3/\text{d} / 2 = 37,77 \text{ m}^3/\text{d} = 1,50 \text{ m}^3/\text{h}$

- **Determinação do Tempo de Detenção Hidráulica**

$$TDH_{FLOC} = V_{UTIL} / Q = (2,2 \times 2,2 \times 2,5) / 1,5 \approx 8 \text{ horas (}$$

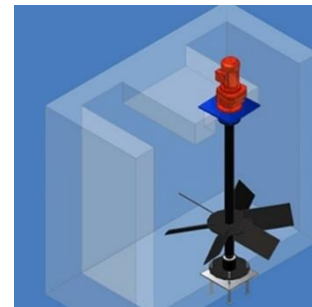
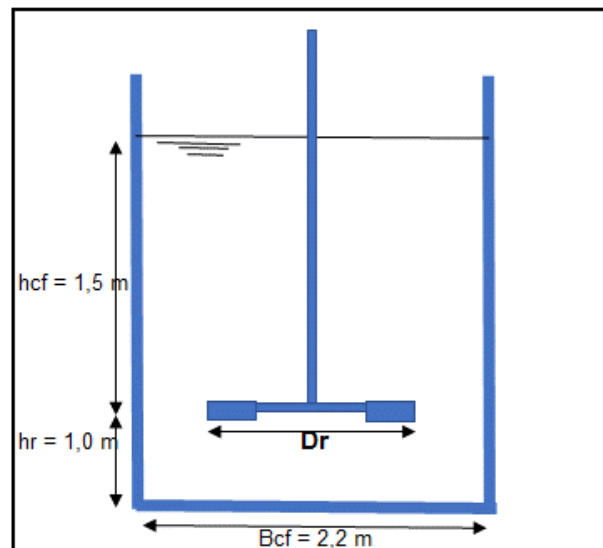
OBS.: Valor mais do que o suficiente do que recomendado pela literatura especializada (0,50 horas)

- **Definição do Tipo de Misturador e seu dimensionamento**

- Tipo: **Floculador Mecânico de Turbina Axial**
-

a) *Determinação do Diâmetro da Turbina*

De acordo com Figura 3.1, definiu-se o diâmetro da turbina do floculador da seguinte forma:



- $2 < B_{cf}/D_r < 6,6$ – (1)
- $2,7 < h_{cf}/D_r < 3,9$ (2)
- $0,9 < h_r/D_r < 1,1$ (3)

Figura 3.1: Representação Esquemática da Câmara de Floculação

- Para a condição (1): $D_{max} = 2,2 / 2 = 1,1$ m;
- Para a condição (1): $D_{min} = 6,6 / 2,2 = 0,33$ m
- Para a condição (2): $D_{max} = 1,5 / 2,7 = 0,81$ m
- Para a condição (2): $D_{min} = 1,5 / 3,9 = 0,39$ m
- Para a condição (3): $D_{max} = 1,0 / 0,9 = 1,11$ m
- Para a Condição (3): $D_{min} = 1,0 / 1,1 = 0,91$ m

Diâmetro adotado (D_r) = 1,50 m (diâmetro

b) *Determinação da Potência do Floculador*

A potência de trabalho necessária é definida pela Equação 3.3:

$$P_u = \mu V G^2 \quad (\text{Equação 3.3})$$

Onde:

μ = viscosidade cinemática a água (20 °C) = 1,01E-04 kg/m²/s;

V = Volume útil da câmara de floculação;

G = Gradiente hidráulico a ser aplicado no processo.

Admitindo-se uma variação de G entre 30 a 90 (s⁻¹) tem-se:

- $p/G = 30 \text{ s}^{-1}$ $P_u = 1,01E-4 \times 12,1 \times (30)^2 = 1,13 \text{ kg.m/s} = 0,02 \text{ CV}$

- $p/G = 50 \text{ s}^{-1}$ $P_u = 1,01E-4 \times 12,1 \times (50)^2 = 3,15 \text{ kg.m/s} = 0,04 \text{ CV}$

- $p/G = 90 \text{ s}^{-1}$ $P_u = 1,01E-4 \times 12,1 \times (90)^2 = 10,19 \text{ kg.m/s} = 0,14 \text{ CV}$

Admitindo-se um rendimento em torno de 60%, então a maior potência requerida ser:

$$P_u = 0,14 / 0,60 = 0,20 \text{ CV} - \text{valor adotado} = 0,50 \text{ CV}.$$

3.3 – Redimensionamento do Sistema de Desinfecção e Dosagem de Soluções: Ácidas e Alcalina

Após consulta na documentação técnica do Projeto original do Sistema de Tratamento, constatou-se que está prevista a adição de agentes desinfectantes no efluente tratado.

Para tanto, foi dimensionado um Sistema de desinfecção com a utilização de Hipoclorito de Sódio como agente desinfectante.

Estudos coordenados por VON SPERLING em 2012 revelaram que no efluente tratado de sistemas lagoas de tratamento de lixiviados de aterros sanitários a concentração média de Coliformes Termotolerantes pode atingir valores na ordem de $1,6 \times 10^8 \text{ org/100 mL}$. A

legislação ambiental estabelece que em corpos hídricos a concentração máxima de Coliformes Termotolerantes é de 10^3 org/100 mL.

Consultando a documentação técnica do projeto do sistema de tratamento de efluentes lixiviados do aterro sanitário, não foi identificado nenhum dispositivo para promover a desinfecção do efluente tratado. Para tanto será indispensável a elaboração de um projeto e implantação de um Tanque de Desinfecção na saída do efluente do Sistema Físico Químico. Este Tanque deverá ter um volume aproximado de 1,50 m³, o qual será capaz de promover um Tempo de Detenção Hidráulica de 30 minutos em relação a Vazão a ser tratada (Q) = 71,53 m³/d = 2,98 m³/h.

Caso for adotado o degrau do processo para ocorrência de coagulação, será necessário manter o pH do efluente na faixa de 6 antes da dosagem da solução de sulfato de alumínio. Para tanto, será necessário o preparo, estocagem e dosagem de uma solução ácida na massa líquida. A priori não seria possível definir e nem quantificar o volume de solução a ser gasto no processo devido ao desconhecimento da curva de calibração do efluente a ser dosado. Mas haverá a necessidade ou não da implantação de um Tanque de Preparo de Solução, um Tanque de Estocagem e uma Bomba Dosadora.

Quanto a dosagem de solução alcalina existirá duas situações para esta ocorrência: a primeira seria no caso da necessidade de dosagem na Lagoa Anaeróbia devido ao excesso de ácidos voláteis na massa líquida, segunda para correção do pH após o tratamento físico-químico devido a necessidade de baixar o pH para os processos de coagulação e floculação.

3.3.1 - Cálculo da Dosagem de Hipoclorito de Sódio (NaOCl)

A desinfecção de esgotos por meio de cloração foi modelada por Selleck no ano de 1970 conforme a seguinte equação:

$$\frac{N}{N_0} = (1 + 0,23 \times C \times t)^{-3} \text{ onde;}$$

N = Concentração de Coliformes no Efluente Final = 10^3 org/100 mL);

N_0 = Concentração de Coliforme na Entrada do Tanque de Contato = $1,6 \times 10^8$ org/100 mL);

C = Concentração de Cloro requerida no processo (mg/L);

T = Tempo de Detenção Hidráulica do Tanque de Contato = 30 minutos.

$$C = \frac{\left[\left(\frac{N_0}{N}\right)^{1/3} - 1\right]}{(0,23 \times TDH)} = \frac{\left[\left(\frac{1,6 \times 10^8}{10^3}\right)^{1/3} - 1\right]}{(0,23 \times 30)} = 7,72 \text{ mgCl/L}$$

Para uma dosagem de 7,72 mg/L de Cl necessita-se de 15,44 mg(NaOCl)/L= 0,016 kg (NaOCl)/m³

Para uma vazão de 71,53 m³/d o consumo de solução será: $71,53 \times 0,016 = 1,44$ kg(NaOCl)/dia

O Quadro 3.4 mostra a quantidade de hipoclorito de sódio gasto em função da vazão.

Quadro 3.4 – Dosagem de Desinfetante para cada Sistema.

Sistema	Vazão Média (m ³ /d)	Kg (NaClO)/d	Volume Solução de NaClO a 10% (0,1 kg/L)
ETE	71,53	1,44	14,40 L/d = 0,48 L/h*

3.3.2 – Dimensionamento da Bomba de Dosagem de Hipoclorito

a) Determinação do Volume de estocagem de Solução de Hipoclorito de Sódio

Recomenda-se a instalação de um Tanque de Fibra de Vidro com capacidade de 50 Litros com uma válvula esfera com diâmetro de Ø 25 mm para conexão de Bomba Dosadora.

b) Sistema de Dosagem de Hipoclorito de Sódio

Para uma vazão estimada de 0,50 L/h recomenda-se a instalação de uma Bomba Peristáltica para uma vazão máxima de 2,0 L/H.



3.3 – Redimensionamento do Sistema de Recalque do Efluente Tratado

Após os efluentes serem submetidos ao processo físico-químico, os mesmos serão recalcados para a Bacia de Acúmulo de Efluente Tratado através de uma Estação Elevatória implantada junto aos Tanque de Desidratação de Lodo.

De acordo com o projeto original da ETE foram identificadas as seguintes dimensões:

Geometria:

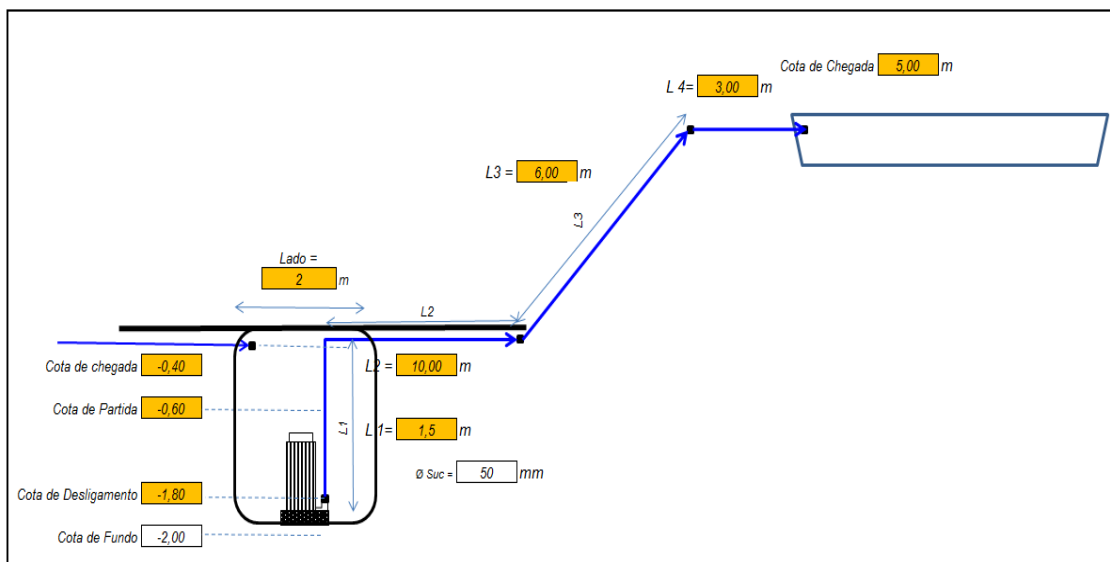
- Superfície: Quadrada com L=2,0 m
- Profundidade Útil: 2,0 m

Dados de Projeto:

REDIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS ELETROMECCÂNICOS DA UNIDADE DE TRATAMENTO DE EFLUENTES PERCOLADOS DO ATERRO SANITÁRIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA

- Vazão = 71,53 m³/d
- Desnível Geométrico: aproximadamente 5,0 m a partir do piso os Tanques de Desidratação de Lodo.
- Tipo de Bomba a ser instalada: Submersível

3.3.1 – Dimensionamento do Sistema



DETERMINAÇÕES DAS VAZÕES

	m ³ /d	L/s	m ³ /min	m ³ /h	m ³ /s
Vazão Máxima Esgoto (Q_{max}) =	71,53	0,83	0,05	2,98	0,0083

Tempo Máximo p/Recalque no Poço de Sucção = 15,00 minutos

Volume Útil do Poço Sucção = 7,20 m³

Vazão de Bombeamento Calculada (Q_{bc}) m³/h:

	L/s	m ³ /min	m ³ /h	m ³ /s
Q_b = Q_{max} + 20%Q_{max}	0,99	0,06	3,28	0,0010

Vazão de Bombeamento Adotada (Q_{ba}) = 1,25 0,08 4,50 0,0013

*REDIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS ELETROMECÂNICOS DA UNIDADE DE TRATAMENTO DE
EFLUENTES PERCOLADOS DO ATERRO SANITÁRIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA*

DIMENSIONAMENTO DA BOMBA

Cálculo do Diâmetro Econômico (Dec)

Velocidade de Recalque Máxima = 2,50 m/s

Velocidade de Recalque Mínima = 0,60 m/s

$$D_{ec} = \sqrt{\frac{4 \times Q_b}{v \times \pi}} \quad 25,23 \quad \text{mm}$$

DN Comerciais	
mm	Polegadas
13	1/2
19	3/4
25	1
32	1 1/4
40	1 1/2
50	2
63	2 1/2
75	3
100	4
125	5
150	6

Diâmetro Comercial Adotado = 50 mm

Verificação da Velocidade

$$v = \frac{4 \times Q_b}{\pi \times D^2} = 0,64 \quad \text{m/s} \quad \text{OK!}$$

COTAS DE PROJETO

Cota do Nível de Sucção = -0,60 m

Cota do Nível de Recalque = -0,60 m

Cota de Chegada do Recalque = 5,00 m

Desnível do Recalque = 5,60 m

Comprimento da linha do Recalque = 20,50 m

Comprimento da linha de Sucção = 0,00 m

Vazão de Recalque = 1,25 L/s

CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA NO RECALQUE

Diâmetro Comercial Adotado =  mm

Verificação da Velocidade

$$v = \frac{4 \times Q_b}{\pi \times D^2} = \quad \mathbf{0,64} \quad \text{m/s} \quad \text{OK!}$$

Material da Tubulação



C = **130**

Cálculo da Perda de Carga na Tubulação (h_{tub}):

$$J_{tub} = 6,819 \times \left(\frac{V}{C_{wb}} \right)^{1,852} \times D^{-1,167} = \quad \mathbf{0,012} \quad \text{m/m}$$

Comprimento Total da Tubulação (Lt) = **20,50** m

$$h_{tub} = J_{tub} \times Lt = \quad \mathbf{0,24} \quad \text{m}$$

Cálculo da Perda de Carga Localizada (h_{loc}):

Diâmetro Comercial Adotado =  mm

Conexão DN (mm)	Comp. Eq. (m)	Quant.	Total
Joelho 90 - PVC 	3,40	4	13,60
Tê Passagem Direta - 	2,30	2	4,60
Tê Saída lateral - PVC 	7,60	1	7,60
Registro Globo 	0,40	1	0,40
Válvula Retenção Hzt 	4,20	1	4,20
Joelho 45 - PVC 	0,80	2	1,60

Comprimento Equivalente (Ceq) = **32,00 m**

$$h_{loc} = J_{tub} \times Ceq = \quad \mathbf{0,38} \quad \text{m}$$

Cálculo da Perda de Carga Total (h_{total}):

$$h_{total} = h_{tub} + h_{loc} = 0,62 \quad m$$

CÁLCULO DA ALTURA MANOMÉTRICA (H_{man})

$$\text{Altura Geométrica} = 5,60 \quad m$$

$$\text{Perda de Carga Total} = 0,62 \quad m$$

$$H_{man} = 6,22 \quad m$$

DIMENSIONAMENTO DA BOMBA DE RECALQUE

Cálculo da Potência Mínima da Bomba

$$P_B = \frac{\gamma \cdot Q_B \cdot H_{man}}{75 \eta_B}$$

$$\gamma = 1,00$$

$$\eta = 0,60$$

$$P_B = 0,17 \quad CV$$

$$\text{Vazão do Sistema} = 4,50 \quad m^3/h$$

$$\text{Altura Manométrica} = 6,22 \quad m$$



**BOMBA ESCOLHIDA: SCHNEIDER BCS C5 -1/2 CV
1.750 rpm**

4 – DEFINIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO E CONTROLE DO SISTEMA DE TRATAMENTO – CASA DE QUÍMICA

Para que os processos unitários existentes na Unidade de Tratamento de Efluentes Lixiviados do Aterro Sanitário operem a contento, é necessária a implantação de uma estrutura operacional capaz de atender todas as atividades necessárias do Sistema. De acordo com o projeto original foi prevista a implantação de uma Casa de Química com

intuito de atender as necessidades operacionais, porém parcialmente. Durante o estudo da documentação técnica do projeto não foi identificado nenhum procedimento de controle operacional do sistema, bem como os resultados de performance ao longo do tempo que a Unidade de Tratamento está operando.

O objetivo deste tópico é descrever e especificar o mínimo necessário para operacionalização do degrau físico químico da Unidade de Tratamento Físico.

Conforme apresentado no Desenho em anexo, os equipamentos para preparo de soluções e dosagens de reagentes químicos formam locados dentro da mesma planta arquitetônica desenvolvida no projeto original, porém com várias limitações em relação ao espaço para trabalho. Por exemplo: espaço para estocagem de reagentes para preparo de soluções, espaço para locação do Tanque de Preparo de solução alcalina e espaço para implantação do laboratório de monitoramento.

Além dos equipamentos descritos no Desenho em anexo, serão apresentados a seguir os aparatos e a serem adquiridos para a Sala de Preparo de Soluções e Laboratório de Monitoramento.

- **Sala de Preparo de Soluções**

- **- Balança móvel para 100 kg**

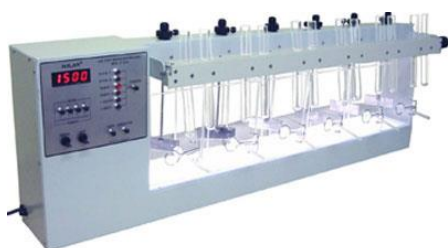


- **Laboratório de Monitoramento**

- Tubidímetros de Bancada



- Aparelho de Jar Test com 6 cubas



- phmetro de bancada



-phmetro de campo

*REDIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS ELETROMECAÂNICOS DA UNIDADE DE TRATAMENTO DE
EFLUENTES PERCOLADOS DO ATERRO SANITÁRIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA*



- Agitador Magnético e Barras Magnéticas



- Medidor Portátil de Oxigênio Dissolvido



- Vidrarias de Laboratório

Provetas, Beckers, Bastões de Vidro, etc.. (os quantitativos das vidrarias e outros equipamentos deverão ser consultados pelo Técnico em Química responsável pelo Laboratório)



5 – CONCEPÇÃO DA AMPLIAÇÃO COMPLEMENTAR DO SISTEMA DE TRATAMENTO E ADEQUAÇÕES PARA O SISTEMA EXISTENTE

5.1 – Concepção da Ampliação

A ampliação do Sistema de Tratamento é caracterizada pela implantação de uma unidade de Tratamento Terciário através de um Wetland Construído.

Os Wetlands Construídos, simulando sistemas naturais formados por leitos de plantas aquáticas, podem se caracterizar como alternativas de pós-tratamento que viabilizem a redução do impacto ambiental causados por ETE's de líquidos lixiviados de aterros sanitários. Segundo URBANIC-BERCIC, 1994, podem ser destacadas as propriedades dos Wetlands Construídos:

- a alta produtividade das plantas presentes;
 - existência de grandes superfícies de adsorção no solo e nas plantas;
-

- presença de regiões aeróbicas e anaeróbicas e população de microrganismos ativos;
- sedimentação e filtração dos sólidos provenientes de processos anteriores;
- absorção de materiais orgânicos e nutrientes (N e P) pelas plantas;
- adsorção de metais no solo e nas plantas e as degradações aeróbia e anaeróbia dos compostos orgânicos são capazes de transformar muitos poluentes em produtos menos danosos e em nutrientes essenciais a serem utilizados pela biota.

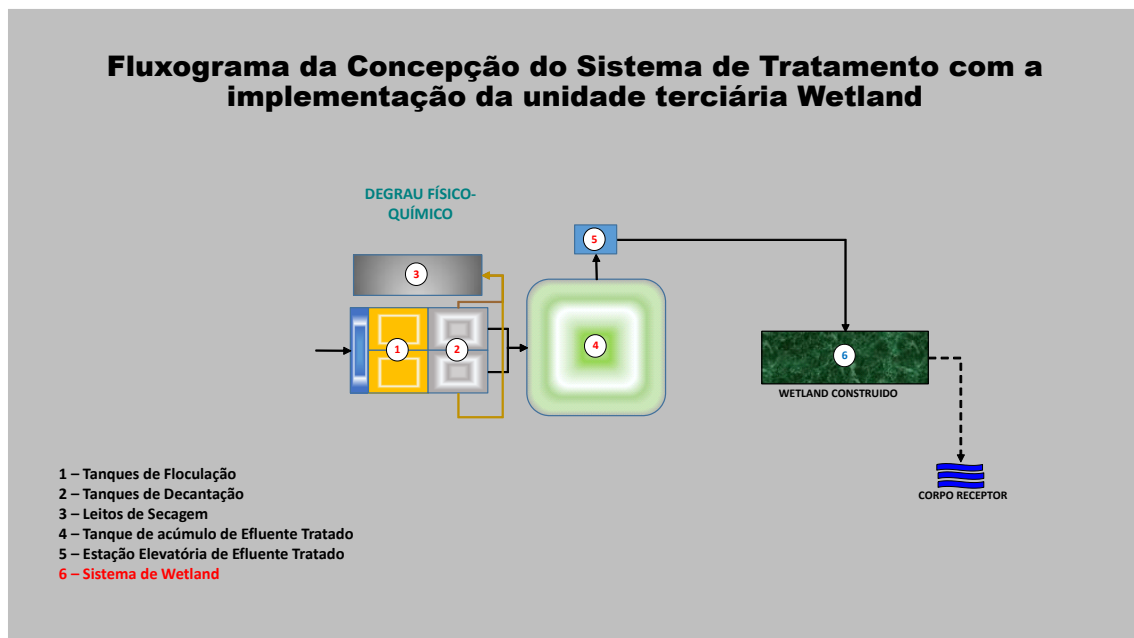


Figura 5.1: Fluxograma do Sistema de Tratamento de Líquidos Percolados com a implementação da unidade Wetland no Sistema a partir do degrau Físico-Químico

Conforme apresentado na Figura 5.1 será implantada uma Estação Elevatória onde o efluente retido no Tanque de acúmulo de Efluente Tratado será recalcado para a nova unidade de Wetland que será implantada.

É importante ressaltar que esta operação ocorrerá somente nas situações de ocorrência de altas vazões provocadas por precipitações excessivas. Nos períodos secos, o efluente retido no Tanque é recirculado no corpo do aterro.

Para o atendimento das duas alternativas operacionais (recirculação e direcionamento para o Sistema Wetland) será implantado na Estação Elevatória projetada um sistema de controle de nível no Tanque de Retenção de Efluente Tratado objetivando evitar o extravasamento do efluente para o meio ambiente.

5.2 – Adequações a serem implementadas no Sistema existente

Foram observadas as seguintes anomalias:

- Implantação de uma Caixa de Medição de Vazão antes da entrada dos efluentes na Lagoa Anaeróbia.
- A Lagoa Aerada opera sem seus respectivos aeradores
- No projeto original do Sistema de Tratamento está prevista a implantação de uma Casa de Química com unidades de preparo, estocagem e dosagem de soluções de cloro e sulfato. Tais equipamentos não foram evidenciados para uso na operação;
- Nos Tanques de Floculação estavam previstos a instalação de Misturadores mecânicos. Os respectivos Misturadores não estão disponíveis para operação.

6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Diante do foi exposto neste memorial pode-se tirar as seguintes conclusões e recomendações:

- É eminente a necessidade da complementação dos processos não previstos no projeto original. Se uma das fases do processo existe risco potencial de
-

desequilíbrio, fatalmente comprometerá as fases seguintes do Sistema de Tratamento;

- Devido o Tempo de Detenção Hidráulica da Lagoa Anaeróbia ser muito alto, recomenda-se instalar um sistema de dosagem de solução alcalina na entrada da mesma objetivando a redução da concentração de ácidos voláteis produzidos na lagoa;
 - Recomenda-se que seja realizado um estudo para complementação do tratamento do chorume com Wetland;
 - Devido a impossibilidade de ajustes do pH no processo, para adequação para ao processo de coagulação/floculação, recomenda-se que sejam dimensionados e implantados todos os dispositivos necessários para tais funções;
 - Com as necessidades de intervenções apresentas, recomenda-se seja revisto o espaço físico existente para a Casa de Química para implantação dos processos de dosagem de soluções alcalinas e ácidas, bem com um laboratório para análise dos processos operacionais existentes;
 - Devido as necessidades de intervenções nos processos, recomenda-se que sejam instaladas passarelas devidamente seguras para o acesso às câmaras de floculação, decantação e adensamento de lodo.
-

*REDIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS ELETROMECAÂNICOS DA UNIDADE DE TRATAMENTO DE
EFLUENTES PERCOLADOS DO ATERRO SANITÁRIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA*

ANEXO I: PLANILHA DE QUANTITATIVOS

REDIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS ELETROMECAÂNICOS DA UNIDADE DE TRATAMENTO DE EFLUENTES PERCOLADOS DO ATERRO SANITÁRIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA

DESCRIÇÃO	LOCAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE
Aerador Superficial de Alta Rotação de Fluxo descendente, potência de 5 CV, Taxa de Transferência mínima igua a 1,8 kg O2 / kWh	Lagoa Aerada	pç	2
Floculador Mecânico de Turbina Axial, potência de 0,50 CV	Câmaras de Floculação	pç	2
Tanque Cilindro Vertical PRFV com fundo Plano e Tampa Elíptica, para um volume de 15.000 L com descarga de 2 1/2" (válvula esfera)	Casa de Química	pç	1
Tanque de Preparo de Soluções em Polipropileno com capacidade de 2.000 L já acoplado com Misturador Mecânico	Casa de Química	pç	1
Bomba centrífuga para transferência de produtos químicos, vazão de 5 m3/h	Casa de Química	pç	2

REDIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS ELETROMECÂNICOS DA UNIDADE DE TRATAMENTO DE EFLUENTES PERCOLADOS DO ATERRO SANITÁRIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA

Bomba Dosadora de deslocamento positivo, vazão 75 L/h	Casa de Química	pç	2
Bomba Dosadora Peristáltica, vazão até 5 L/h	Casa de Química	pç	1
Bomba Submersível 1/2 CV, 1750 rpm	ETE Físico-Químico	pç	2
Balança Móvel para 100 kg	Laboratório	pç	1
Tubidímetro de Bancada	Laboratório	pç	1
Aparelho de JAR TEST com 6 cubas	Laboratório	pç	1
pHgâmetro de Bancada	Laboratório	pç	1
pHgâmetro de Campo	Laboratório	pç	1
Aagitador Magnético de Bancada	Laboratório	pç	1
Medidor Portátil de Oxigênio Dissolvido	Laboratório	pç	1

REDIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS ELETROMECAÂNICOS DA UNIDADE DE TRATAMENTO DE EFLUENTES PERCOLADOS DO ATERRO SANITÁRIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA
