

COMPANHIA DE SANEAMENTO



DE MINAS GERAIS

JUATUBA/ MG

SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

Projeto Básico

Memorial de Cálculo do Processo (ETE)

Outubro/2024

Arquivo: 04185410-ES-BS-03-ETE-ETE01-MD-001-C-VAD-2022

JUATUBA/ MG
SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

RESUMO:

O Consórcio SES Igarapé – S.J. Bicas e sua subcontratada para a tecnologia apresenta à COPASA o Memorial ade Cálculo do Processo da Estação de Tratamento de Esgotos de Juatuba – Minas Gerais.

| REV. | DATA | TIPO | DESCRÍÇÃO | POR | VERIFICADO | AUTORIZADO | APROVADO |
|------|---------|------|----------------|---------|--------------------------|--------------------------|----------|
| | 02/2025 | B | Para aprovação | MEMPHIS | Eng Rubens Francisco Jr | Eng Rubens Francisco Jr | COPASA |
| | 11/2024 | B | Para aprovação | MEMPHIS | Eng Rubens Francisco Jr. | Eng Rubens Francisco Jr. | COPASA |
| 0 | 10/2024 | A | Para aprovação | MEMPHIS | Eng Rubens Francisco Jr. | Eng Rubens Francisco Jr. | COPASA |

EMISSÕES

| | | |
|-------|-----------------------------------|---------------------------|
| TIPOS | A – PARA APROVAÇÃO B – REVISÃO | C – ORIGINAL D – CÓPIA |
|-------|-----------------------------------|---------------------------|

PROJETISTA:

MEMPHIS Empreendimentos Ltda.
R. Itacolomi 67, 7º, São Paulo-SP, CEP 01239-020

**EQUIPE TÉCNICA:**

Engº Rubens Francisco Jr.

VOLUME:**Projeto Básico****Memorial de Cálculo do Processo (ETE)****REFERÊNCIA:**

Outubro/2024

**“Memorial de Cálculo do Processo da
Estação de Tratamento de Esgotos de
Juatuba”**

**Processo de tratamento biológico –MBBR
(Reator de Leito Móvel).**

| Sumário | Página |
|--|---------------|
| 1 - Objetivo | 5 |
| 2 – Peneira de limpeza automática | 6 |
| 3 – Caixas de areia com remoção mecânica | 8 |
| 4 – Memória de Cálculo do Processo Biológico | 9 |
| 4.2 – Reatores biológicos MBBR | 9 |
| 5 – Decantadores Secundários | 12 |
| 6 – Tanque pulmão de lodo | 13 |
| 7 – Desaguamento do lodo | 14 |
| 8 – Justificativa dos parâmetros do processo biológico | 16. |

1 - Objetivo

O presente documento tem como objetivo apresentar os cálculos do processo da ETE Juatuba, MG. Para melhor entendimento consultar o desenho do fluxograma do processo.

2- PENEIRA DE LIMPEZA AUTOMÁTICA

Vazão Média de Projeto = 180 m³/h.

Vazão Máxima Horária = 295 m³/h

Modelo/Tipo – SC 500, tipo tambor rotativo/Automática, em inox 304

Fabricante – X2-Solutions (Itália)

Quantidade – (1+1), em paralelo

Velocidade mínima adotada na secção do canal = 0,446 m/s

Área da secção do canal = $180/3600/0,446 = 0,11 \text{ m}^2$

Largura do canal = 560 mm

Nível líquido do canal para vazão mínima = $0,11/0,56 = 0,200 \text{ m}$

Para velocidade de escoamento no canal = 0,446 m/s, temos:

Nível líquido para vazão máxima = $295/3600/0,446/0,56 = 0,328 \text{ m}$

Altura média adotada do canal a montante – 800 mm (0,8 m)

Largura total da peneira – 500 mm

Nível líquido real para vazão média/máxima = $0,20/0,328 \text{ m}$

Borda livre para vazão máxima em um canal = 300 mm (0,30 m)

Altura de descarga– 1.525 mm (a partir do fundo do canal)

Espaço entre barras – 5 mm

Vazão máxima por peneira – 82 L/s (=capacidade).



Figura 1 – Peneira tipo tambor rotativo.

3-CAIXAS DE AREIA

$$Q \text{ máxima} = 82 \text{ L/s} = 295 \text{ m}^3/\text{h}$$

Taxa hidráulica superficial máxima adotada: com uma caixa operando = $950 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$

Área superficial necessária da caixa de areia = $7,45 \text{ m}^2$

Quantidade de caixas de areia: 02 (1+1)

Altura de líquido = 0,455 m

$$\text{Lado} = 2,73 * 2,73 \text{ m}$$

Parafuso removedor/classificador de areia:

Comprimento = 3.500 mm

Inclinação = 30° , diâmetro = 250 mm.

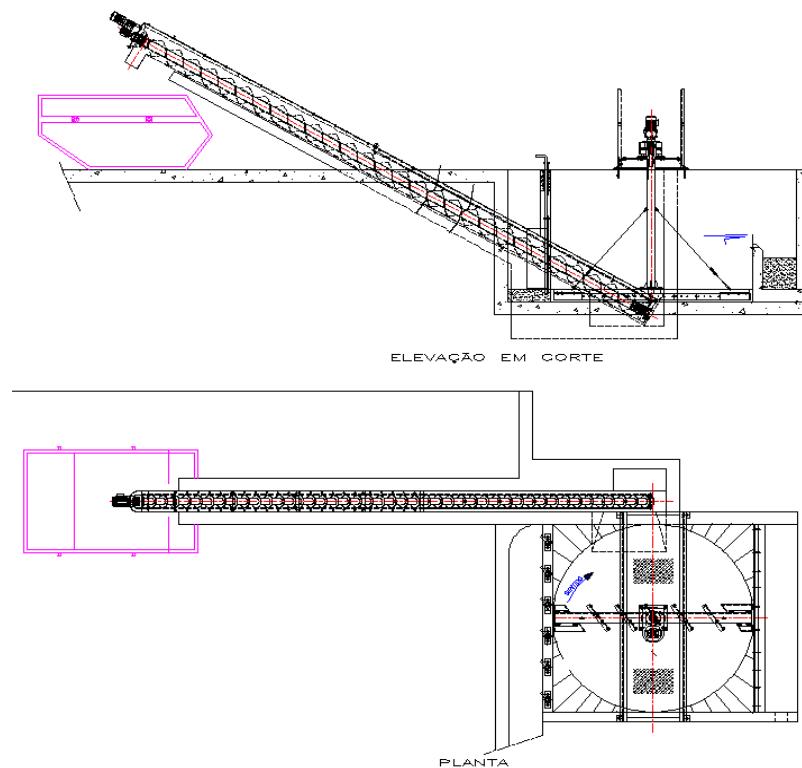


Figura 2 – Esquema das Caixas de areia, planta e corte

4 – Memória de Cálculo do Processo Biológico

4.1 – Dados para projeto

4.1.1 – Esgoto bruto/Efluente tratado

DBO = 276 mg/L (<60 mg/L)

SST = 295 mg/L (< 10 mg/L)

NTK = 39 mg/L (<20 mg/L)

P-total = 4,9 mg/L

DQO = 555 mg/L (<180 mg/L)

Temperatura mínima = 18,3 °C

Vazão média/máxima = 50/82 L/s.

4.2 - Reatores biológicos MBBR com MBBR-1 (remoção de DBO) e MBBR-2 (nitrificação)

- Área interna protegida da Biomedia = 670 m²/m³.

- quantidade de linhas paralelas = 2 (50% da vazão cada uma)

4.2.1 – Reator MBBR-1 (remoção de DBO)

Taxa superficial de carga aplicada na biomedia = 6,07 gDBO/m²/dia, @ 10 oC.

-Correção da taxa superficial para T = 18,3 oC

$$(\text{Taxa } @ 10 \text{ oC}) * (1,07^{18,3-T}) = 6,07 * 1,07^{18,3-10} = \mathbf{10,65 \text{ gDBO/m}^2/\text{dia, } @ 18,3 \text{ oC.}}$$

-Volume (V) de biomedia necessária para a remoção da DBO:

Vazão média = 50 L/s

$$V = (50 \cdot 3,6 \cdot 24 \cdot 276) / (10,65 \cdot 670) = 167 \text{ m}^3.$$

Conclusão: será utilizado o volume de **167 m³** de biomedia para os dois reatores MBBR-1.

-Volume do reator: consideramos um grau de enchimento de 36,1 %; portanto:

$$\text{Volume útil dos reatores} = 167 \cdot 100 / 36,1 = \mathbf{462 \text{ m}^3}.$$

$$\text{Com } 5 \text{ m de altura de líquido e } 6 \text{ m de altura total, o volume total} = \mathbf{554 \text{ m}^3}.$$

Podemos esperar uma DBO na saída do MBBR-1 de cerca de 30-40 mg/L (20 mg/L na forma solúvel), conforme a figura 2 abaixo.

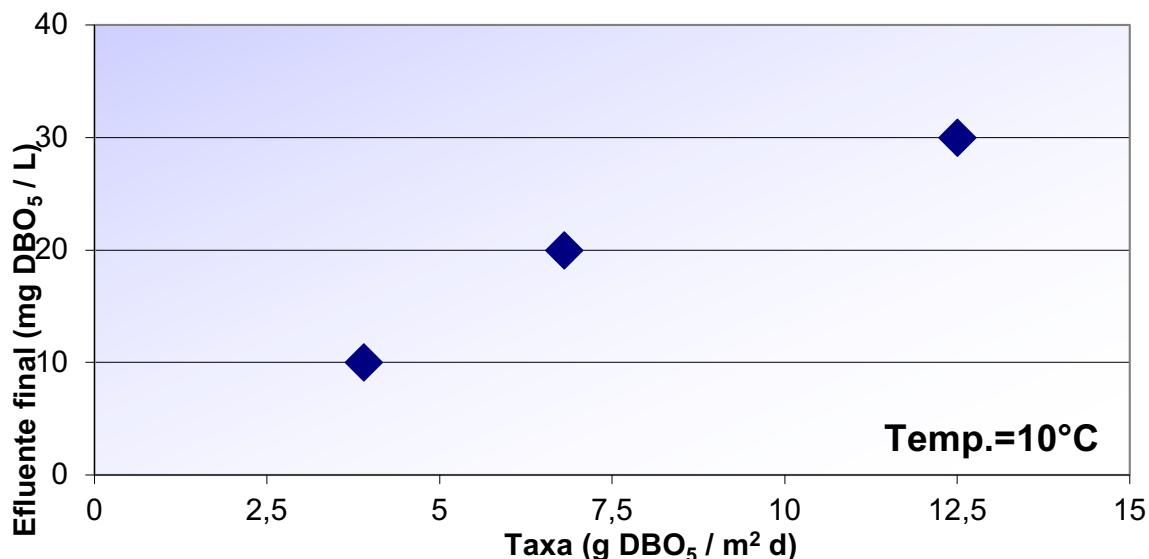


Figura 1 - Gráfico típico de eficiência x taxa aplicada (@10 °C)

4.2.2 – Reator MBBR-2 (remoção de nitrogênio amoniacal)

Taxa superficial de carga aplicada na biomedia = 0,867 gN-NH₄/m²/dia, @ 10 oC.

-Correção da taxa superficial para T = 18,3 oC

$$(\text{Taxa} @ 10 \text{ oC}) * (1,07^{18,3-T}) = 0,867 * 1,07^{18,3-10} = \mathbf{1,52 \text{ gN-NH}_4/\text{m}^2\text{/dia, @ 18,3 oC.}}$$

-Volume (V) de biomedia necessária para a nitrificação:

Vazão média = 50 L/s

$$V = (50 * 3,6 * 24 * 39) / (1,52 * 670) = \mathbf{166 \text{ m}^3}$$

Conclusão: será utilizado o volume de **166 m³** de biomedia para os dois reatores MBBR-2.

-Volume do reator: consideramos um grau de enchimento de 36,0 %; portanto:

$$\text{Volume útil dos reatores} = 166 * 100 / 36,0 = \mathbf{462 \text{ m}^3}$$

Com 5 m de altura de líquido e 6 m de altura total, o volume total = **554 m³**.

Total de biomedia requerida no processo biológico = 333 m³.

4.3 - Sistema de Aeração:

A aeração é calculada da seguinte forma, já que se trata de estequiometria de processo biológico aeróbio (Metcalf&Eddy, W.W.Eckenfelder, Jr):

4.3.1- Total de oxigênio requerido para DBO e nitrificação:

$$R_0 = Q(S_0 - S) - 1,42 P_{x, bio} + 4,57 Q(NO_3)$$

1)-Oxigênio necessário para a DBO =

$S_0 = DBO \text{ afluente}$

$S = DBO \text{ efluente}$

Portanto:

$$R_0 = (4.320 * (276-40) / 1000) * 0,87 = 887 \text{ kgO}_2/\text{dia} (37,0 \text{ kg/hora})$$

(Oxigênio Necessário Teórico = 0,87 Kg O₂/Kg DBOremovida).

2)-Oxigênio necessário para a nitrificação =

$$Or = 4,57 * N-NO_3$$

(Adotado N-NH4 = N-NO3)

Portanto:

$$Or = 4,57 * 4.320 * (39-20) * 0,001 = 375,1 \text{ kgO}_2/\text{dia} (15,63) \text{ kg/hora}.$$

-Total de oxigênio =

$$\underline{O_r = 887 + 375,1 = 1.605 \text{ kgO}_2/\text{dia}.}$$

4.3.2- Cálculo da vazão de ar necessária (na saída dos sopradores) =

$$\underline{Qar = ((Or * 1000) / OTR) * (Cm / (Cm - OD))}$$

Onde:

$$\text{OTR} = \text{taxa de transferência} = 38 \text{ g O}_2/\text{Nm}^3$$

$$Cm = \text{concentração máxima de saturação do oxigênio} = 9,85 \text{ mg/L}$$

$$OD = \text{residual de OD a ser mantido no reator}$$

-Ar necessário para a remoção de DBO =

$$Qar = ((37 * 1000) / 38) * (9,85 / (9,85 - 1,0)) = \underline{1.084 \text{ Nm}^3/\text{h.}}$$

-Ar necessário para a nitrificação =

$$Qar = ((15,63 * 1000) / 38) * (9,85 / (9,85 - 2,0)) = \underline{516 \text{ Nm}^3/\text{h.}}$$

-Total de ar necessário = 1.476 + 543 = 1.600 Nm³/h.

5 – Decantadores Secundários

5.1 - Área de decantação necessária (A)

Taxa hidráulica = 1,5 m/hora (típico para MBBR), para Q = máxima = 82 L/s.

Para Q = 82 L/s $\Rightarrow A = 197 \text{ m}^2$ (2 unidades paralelas, diâmetro = 11,2 m cada).

5.2 – Produção de lodo biológico (X)

$$X = (a * DBOr\text{emovida}) + (b * Xv) - (SST\text{efluente})$$

$$X = (0,495 \cdot 1.192) + (0,04 \cdot 0,012 \cdot 333 \cdot 670) - (10 \cdot 0,001 \cdot 4.320)$$

X = **654 kgSST/dia.**

Vazão de lodo @ 1,0%-sólidos = 65,4 m³/dia (= m³/h, 12 h/dia).

6 – Tanque pulmão de lodo

Tempo de detenção = 22,3 horas

Volume útil = 70 m³

Bombas de alimentação do desaguamento do lodo = 10 a 20 m³/h

Vazão média das bombas = 6,3 m³/h

Vazão de ar para a mistura do tanque = 3,0 Nm³-ar/m³.tanque

Vazão do soprador de ar = 3,0 * 70 = 210 Nm³/h.

Verificação da capacidade de mistura =

1) Pela área superficial:

-área superficial do tanque = 70/3,5 = 20 m²

-taxa superficial necessária = 10 Nm³/m²/h

-vazão de ar mínima necessária = 20 * 10 = 200 Nm³/h.

2) Pelo volume do líquido no tanque:

-taxa volumétrica mínima necessária = 0,03 Nm³/m³/min

-vazão de ar necessária = 70 * 0,03 * 60 = 126 Nm³/h.

3) Conclusão: a vazão de ar do soprador é maior do que a necessária para a mistura, a favor da segurança para se manter as condições aeróbicas ideais de mistura, evitando-se a proliferação de odores e a sedimentação de sólidos no tanque.

7- DESAGUAMENTO DO LODO – 7.1 -DOSAGEM DE POLÍMERO PARA FLOCULAÇÃO DO LODO

Total de lodo = 654 kg/dia

Dosagem estimada = 3-6 kg/1.000 kgMS

Total de consumo de polímero = 2,0-4,0 kg/dia

Como o polímero é dosado usualmente a 0,25% temos a seguinte vazão máxima:

Vazão máxima de Polímero = 4,0 kg/dia * 100/0,25% = 1.606 L/dia = 134 L/h durante 12 horas/dia.

OBS.: Será um sistema automático de preparação e dosagem de polímero.

7.2-UNIDADE COMBINADA DE ADENSAMENTO E DESAGUAMENTO “MONOBELT”

Total de unidades = 01

Vazão diária de lodo @ 1,0% sólidos = 65,4 m³/dia

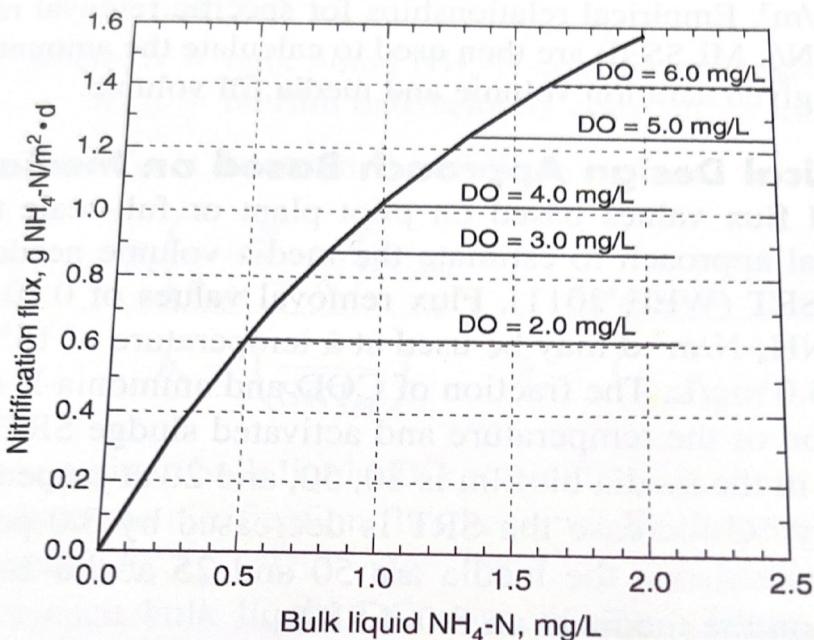
Vazão para o Monobelt = 5,4 m³/h, durante 12 hs/dia

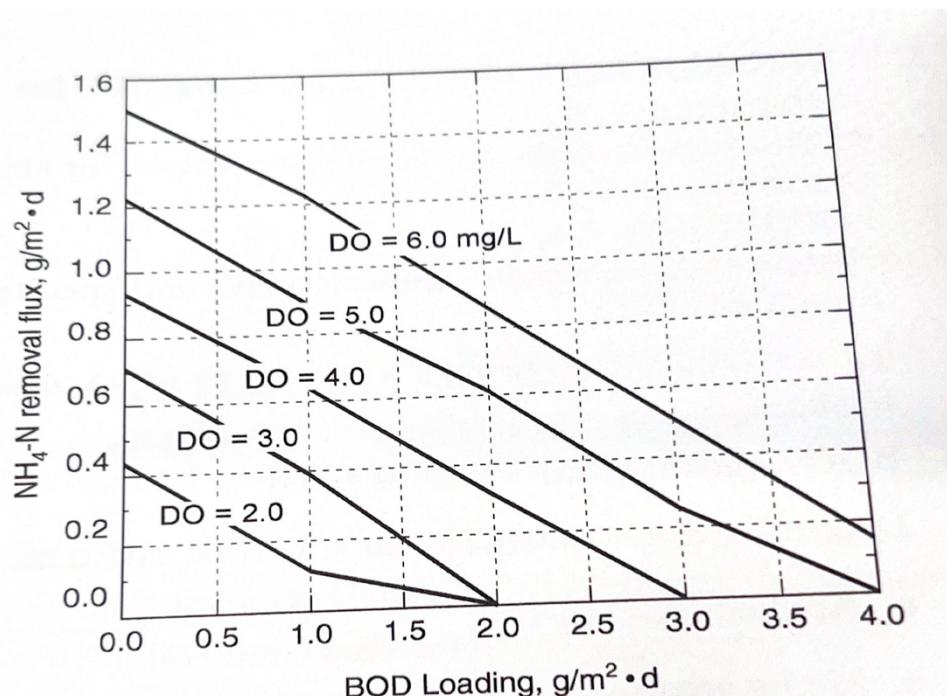
Total de lodo para descarte final @ 18-20% sólidos = 3,3 a 3,6 ton/dia (ou m³/dia).

8 – Justificativa dos parâmetros utilizados nos cálculos do processo

Os principais parâmetros cinéticos utilizados foram determinados a partir dos parâmetros das plantas apresentadas como referência, com valores menores em Imbé a favor da segurança, relativamente aos dados da planta RA-2 na Noruega que foi a que apresentou os parâmetros mais conservadores das três referências apresentadas.

Complementarmente foram verificados os resultados de dimensionamento com a literatura técnica especializada. Além dos artigos técnicos apresentados, foi também verificado através do livro Metcalf&Eddy, que apresenta as seguintes recomendações:





8.1 – CONCENTRAÇÕES ESPERADAS DE AMONIA APÓS CADA ETAPA

| <u>N-NH4</u> | <u>(mg/L)</u> | <u>(% Rem.)</u> |
|--------------|---------------|-----------------|
| Bruto = | 40 | 0 |
| Após R1 = | 23,3 | 41,7 |
| Após R2 = | 11,7 | 50,0 |

8.2 – COMPARAÇÃO COM OUTRAS INSTALAÇÕES MBBR

ESTAÇÕES DE TRATAMENTO COM MBBR - PARÂMETROS DE PROCESSO - ANÓXICO, R1 e R2

| ETE | LOCAL | L/s | T (oC) | R1 | | | |
|-----------------------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|-----------------------|----------------------|
| | | | | DBO (mg/L) | | | |
| | | | | in | out | g/m ² /dia | % remoção |
| Olimpic STP Gardermoen RA-2 | Lillehamer, Noruega Oslo, Noruega Oslo, Noruega | 500 511 640 | 5,3 10 6 | 320 250 120 | 12 10 10 | 25,3 24,4 6,0 | 96,3 96,0 91,7 |
| JUATUBA | " @ 10oC | 112 | 18,3 10 | 276 | 25 | 10,7 6,07 | 90,9 |

| ETE | R2 | | | | |
|-----------------------------------|----------------------|--------------|-----------------------|----------------------------|----------------------|
| | N-NH4+ (mg/L), @ "T" | | | | |
| | in | out | g/m ² /dia | g/m ² /d @ 10oC | % remoção |
| Olimpic STP Gardermoen RA-2 | 17 35 22 | 5 10 5 | 2,97 6,26 4,93 | 4,08 3,42 1,44 | 70,6 71,4 77,3 |
| JUATUBA | 39,0 | 11 | 1,5 | 0,87 | 71,8 |

