Superintendência de Água e Esgotos de Ituiutaba

ITUIUTABA - MG

ESTAÇÃO DE RECUPERAÇÃO E PRESERVAÇÃO AMBIENTAL DE ITUIUTABA - ERPAI

Contratação de serviços de engenharia para elaboração de estudo de concepção para ampliação da capacidade de tratamento e projetos de melhorias e adequações da Estação de Tratamento de Esgotos de Ituiutaba – ETE / ERPAI, da SAE de Ituiutaba

Contrato: 043/2020

VOLUME IV – PROJETO EXECUTIVO DE MELHORIA DA ENTRADA DO EFLUENTE NAS LAGOAS E DO NOVO EMISSÁRIO

TOMO I – MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO

Dezembro/2021

Superintendência de Água e Esgotos de Ituiutaba

ITUIUTABA–MG

ESTAÇÃO DE RECUPERAÇÃO E PRESERVAÇÃO AMBIENTAL DE ITUIUTABA - ERPAI

CONTRATO: **043/2020**

RESUMO:

A YC Engenharia apresenta à SAE o Projeto Executivo de Melhoria e Adequação da Entrada do Efluente nas Lagoas e do Novo Emissário da ERPAI de Ituiutaba – MG, referente ao contrato nº 043/2020 firmado em 30/09/2020. Ordem de Serviço inicial de 28/10/2020.

REV	DATA	TIPO	DESCRIÇÃO	POR	VERIFICADO	AUTORIZADO	APROVADO
4	12/2021	C	ORIGINAL	Felipe Torres	Júlio Cezar de Carvalho	Júlio Cezar de Carvalho	SAE ITUIUTABA
3	12/2021	B	REVISÃO 3	Felipe Torres	Júlio Cezar de Carvalho	Júlio Cezar de Carvalho	-
2	10/2021	B	REVISÃO 2	Felipe Torres	Júlio Cezar de Carvalho	Júlio Cezar de Carvalho	-
1	07/2021	B	REVISÃO 1	Felipe Torres	Júlio Cezar de Carvalho	Júlio Cezar de Carvalho	-
0	07/2021	A	EMISSÃO INICIAL	Felipe Torres	Júlio Cezar de Carvalho	Júlio Cezar de Carvalho	-

EMISSÕES

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

PROJETISTA:

YC ENGENHARIA Ltda.
Rua Marquês de Maricá, 487 – Santo Antônio
30350-070 – Belo Horizonte – MG
Tel.: +31 3344-3817

EQUIPE TÉCNICA:

Engº Luiz Casuo Yamatogi
Engº Júlio Cezar de Carvalho
Engª Débora Martins
Engª Mariana Muniz
Engº Felipe Torres
Engº Guilherme Fonseca
Engº José Geraldo Gurgel
Orçamentista Edmar Fernandes

VOLUME:

VOLUME IV – PROJETO EXECUTIVO DE MELHORIA DA ENTRADA DO EFLUENTE NAS LAGOAS E DO NOVO EMISSÁRIO

TOMO I – MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO

REFERÊNCIA:

JULHO/2021

SUMÁRIO

A contratação de serviços de engenharia para elaboração de estudo de concepção para ampliação da capacidade de tratamento e projetos de melhorias e adequações da Estação de Tratamento de Esgotos de Ituiutaba – ETE / ERPAI, é composto pelos volumes e tomos distribuídos segundo a descrição a seguir.

VOLUME I – ESTUDO DE CONCEPÇÃO PARA AMPLIAÇÃO DA CAPACIDADE DE TRATAMENTO E ADEQUAÇÃO DA ERPAI:

- TOMO I – ESTUDOS INICIAIS;

- TOMO II – ESTUDO DE CONCEPÇÃO.

VOLUME II – PROJETO EXECUTIVO DO TRATAMENTO PRELIMINAR:

- TOMO I – MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO;

- TOMO II – DESENHOS.

VOLUME III – PROJETO EXECUTIVO DE ADEQUAÇÃO / SUBSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE AERAÇÃO DAS LAGOAS AERADAS:

- TOMO I – MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO;

- TOMO II – DESENHOS.

VOLUME IV – PROJETO EXECUTIVO DE MELHORIA DA ENTRADA DO EFLUENTE NAS LAGOAS E DO NOVO EMISSÁRIO:

- TOMO I – MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO;

- TOMO II – DESENHOS.

VOLUME V – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS, DE SERVIÇOS, DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS:

- TOMO I – MEMORIAL DESCRITIVO.

VOLUME VI – ORÇAMENTO:

- TOMO I – MEMÓRIAS DE CÁLCULO, ORÇAMENTO E PROPOSTAS.

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO 5
2 PROJETO HIDRÁULICO 7
2.1 PARÂMETROS E CRITÉRIOS 7
2.1.1 NORMAS TÉCNICAS 7
2.1.2 ALCANCE DE PROJETO 7
2.1.3 ÍNDICE DE ATENDIMENTO 7
2.1.4 CONSUMO PER CAPITA DE ÁGUA 8
2.1.5 COEFICIENTES DE VARIAÇÃO 8
2.1.6 CÁLCULO DAS VAZÕES 8
2.2 LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO 10
2.2.1 LAGOAS AERADAS DE MISTURA COMPLETA 10
2.2.2 LAGOAS DE DECANTAÇÃO 12
2.2.3 VERTEDOR RETANGULAR COM 2 CONTRAÇÕES 13
2.2.4 CALHA PARSHALL 13
2.2.5 INTERLIGAÇÕES POR CONDUTO LIVRE 16
2.3 DIMENSIONAMENTOS 18
2.3.1 VAZÕES DE PROJETO 18
2.3.2 LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO 20
3 PROJETO ESTRUTURAL 34
4 COMPARATIVO DE CUSTOS – AERADORES COTADOS 36
5 PROPOSTAS COMERCIAIS 41

1 INTRODUÇÃO

No Anexo I – Termo de Referência do Edital de Tomada de Preços N.º 007/2020, estava previsto a Elaboração de estudos e projetos para melhorias da entrada de efluentes nas Lagoas de Sedimentação (Lagoas de Decantação) porém, no Estudo de Concepção (Volume I - Tomo II – Estudo de Concepção), foi demonstrado tecnicamente, através da verificação hidráulica de todas as unidades da ERPAI e de suas redes de interligação, que não seriam necessárias modificações nas caixas com vertedores, situadas na entrada das Lagoas de Decantação.

Quanto ao acúmulo de lixo evidenciando durante a visita técnica, na entrada das Lagoas de Decantação, tal situação é decorrente do mau funcionamento do Tratamento Preliminar existente. A divisão desigual de vazão na entrada das Lagoas Aeradas, também proporcionam mau funcionamento das Lagoas de Decantação.

Após nova verificação das redes de interligação entre as lagoas (incluindo os trechos que lançam nas Lagoas de Decantação), mas agora utilizando dados obtidos através de levantamento topográfico cadastral, confirmou-se que a maior parte das redes funcionam adequadamente, conforme informado no estudo. A verificação pode ser consultada no item ***2.3.2 Lagoas de Estabilização*** e subitem **Redes de Interligação**, do presente documento.

Em substituição ao item 4.4 do Termo de Referência, que previa a Elaboração de estudos e projetos para melhorias da entrada de efluentes nas Lagoas de Sedimentação (Decantação), pelas justificativas já apresentadas anteriormente, foram incorporados aos projetos executivos os seguintes itens:

- Nova entrada das Lagoas Aeradas / by pass;
- Novo Emissário final;
- Caixa de concreto com Calha Parshall a ser construída na saída das Lagoas de Decantação.

Para resolver o problema de divisão desigual de vazão entre as Lagoas Aeradas, foram propostas modificações no PVE8 e no PVE9. Em se tratando das Lagoas de Decantação, foi projetada uma nova rede de interligação entre a Lagoa Aerada nº 2 e a Lagoa de Decantação nº 2, afim de corrigir o contrafluxo e sanar os problemas de entupimentos relatados pela equipe da SAE. Essas modificações são importantes para evitar a sobrecarga de uma lagoa em relação a outra, o que pode resultar na redução da eficiência da ERPAI e consequentemente incidir em problemas ambientais.

O emissário existente lança em um talvegue paralelo ao Rio Tijuco, o que impossibilita que o processo de autodepuração seja iniciado logo no ponto de lançamento. Para sanar este problema, foi projetado um novo emissário com lançamento situado a jusante do atual e diretamente no Rio Tijuco.

Para implantação da solução vencedora, Alternativa 2 do Estudo de Concepção, foram elaborados os seguintes Projetos Executivos:

- Projeto Hidráulico e Civil da câmara divisora de vazão, a ser construída no PVE8;
- Projeto Estrutural da nova câmara divisora de vazão;
- Projeto Hidráulico e Civil da Caixa/Calha Parshall, a ser construída na saída das Lagoas de Decantação;
- Projeto Estrutural da caixa da nova Calha Parshall;
- Projeto Hidráulico e Civil de adequação da rede de entrada na Lagoa de Decantação nº 2 e do novo Emissário Final;
- Projeto Estrutural da Ala de lançamento, a ser construída no final do novo Emissário.

A YC Engenharia realizou uma nova visita técnica no dia 04/05/2021, para coleta de dados complementares e realização dos levantamentos topográficos e cadastrais necessários para a execução dos serviços.

2 PROJETO HIDRÁULICO

2.1 PARÂMETROS E CRITÉRIOS

Os parâmetros para dimensionamento de projeto foram definidos a partir de:

Dados da ERPAI fornecidos pela SAE;

Normas técnicas ABNT NBR;

Bibliografia de autores e instituições consagradas.

2.1.1 NORMAS TÉCNICAS

Para a elaboração do estudo de concepção de ampliação e adequação da ERPAI, foram utilizadas as seguintes normas técnicas:

Estudos de Concepção de Sistemas de Esgotamento Sanitários – NBR-9648;

Projetos de Estação de Tratamento de Esgoto – NBR-12209.

2.1.2 ALCANCE DE PROJETO

O alcance de projeto, conforme definido no já citado Estudo de Concepção, foi dividido em dois horizontes, sendo o primeiro de 28 anos e o segundo de 31 anos, conforme exposto abaixo:

Ano 2.026 – Início do Primeiro Horizonte;

Ano 2.053 – Final do Primeiro Horizonte;

Ano 2.054 – Início do Segundo Horizonte;

Ano 2.084 – Final do Segundo Horizonte.

2.1.3 ÍNDICE DE ATENDIMENTO

Será considerado para desenvolvimento do estudo que 100% da população urbana de Ituiutaba será atendida pelo tratamento de esgoto realizado pela ERPAI.

2.1.4 CONSUMO PER CAPITA DE ÁGUA

O consumo per capita de água considerado para a cidade de Ituiutaba foi estabelecido em 203,73 l/(hab. x dia), já com a contribuição por infiltração na rede incorporada, que por se tratar de esgotamento sanitário, é importante de ser somada. O valor mencionado foi obtido através da vazão média mensal anos de 2018/2019/2020, conforme Volume I - Tomo I - Estudos Iniciais.

2.1.5 COEFICIENTES DE VARIAÇÃO

- K1 = 1,25 → Coeficiente do dia de maior consumo;
- K2 = 1,50 → Coeficiente da hora de maior consumo;
- K3 = 0,50 → Coeficiente da hora de menor consumo;
- C = 0,80 → Coeficiente de retorno água/esgoto.

2.1.6 CÁLCULO DAS VAZÕES

Vazão de Infiltração (Q_{inf})

- Taxa de Infiltração (a):

Rede Coletora ⇒ 0,05 l/s x km ou 0,00005 l/s x m / Interceptor ⇒ 0,3 l/s x km ou 0,0003 l/s x m.

$$Q_{inf} = a \times L$$

Sendo:

- Q_{inf} = vazão de Infiltração (l/s)
- a = taxa de Infiltração (l/s x m
- L = extensão de rede (m)

Vazões domésticas

Vazão Média

$$Q_{média} = \frac{P \times At \times q \times C}{86.400} \text{ (l/s)}$$

Sendo:

- $Q_{méd}$ = vazão média (l/s)
- P = população (habitantes)
- At = índice de atendimento

- q = consumo *per capita* (l/hab.dia)
- C = coeficiente de retorno água/esgoto

Vazão Mínima

$$Q_{mín} = (Q_{méd} \times K3) \text{ (l/s)}$$

Sendo:

- $Q_{mín}$ = vazão mínima (l/s)
- K3 = coeficiente da hora de menor consumo

Recomenda-se como o menor valor de vazão 1,5 l/s em qualquer trecho que inexista dados pesquisados e comprovados, com validade estatística, como preconiza a NBR 9649/1986.

Vazão Máxima Horária

$$Q_{máx\ hor} = (Q_{méd} \times K1 \times K2) \text{ (l/s)}$$

Sendo:

- $Q_{máx\ hor}$ = vazão máxima horária (l/s)
- K1 = coeficiente do dia de maior consumo
- K2 = coeficiente da hora de maior consumo

Vazões totais

Vazão Média Total

$$Q_{méd\ Total} = Q_{méd\ doméstica} + Q_{inf} \text{ (l/s)}$$

Sendo:

- $Q_{méd\ doméstica}$ = vazão média doméstica (l/s)
- Q_{inf} = vazão de infiltração (l/s)

Vazão Mínima Total

$$Q_{mín\ Total} = Q_{mín\ doméstica} + Q_{inf} \text{ (l/s)}$$

Sendo:

- $Q_{mín\ doméstica}$ = vazão mínima doméstica (l/s)
- Q_{inf} = vazão de infiltração (l/s)

Vazão Máxima Horária Total

$Q_{máx\ hor\ Total} = Q_{máx\ hor\ doméstica} + Q_{inf}$ (l/s)

Sendo:

- $Q_{máx\ hor\ doméstica}$ = vazão máxima horária doméstica (l/s)
- Q_{inf} = vazão de infiltração (l/s)

2.2 LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Existem vários tipos de Lagoas de Estabilização, com diferentes níveis de complexidade operacional e requisitos de área. Encontra-se a seguir, os principais parâmetros e critérios utilizados para o dimensionamento de Lagoas Aeradas de mistura completa e de Lagoas de Decantação, conforme apresentado por Von Sperling, em Lagoas de Estabilização Vol. 3.

Parâmetros de esgoto bruto doméstico

Carga orgânica adotada = 54 gDBO5/hab.dia

Relação DQO/DBO = 1,7 / Relação DBO_u/DBO_5 = 1,2 a 1,5

Temperatura dos esgotos média do mês mais frio = 20°C

2.2.1 LAGOAS AERADAS DE MISTURA COMPLETA

Os parâmetros utilizados no dimensionamento de Lagoas Aeradas de mistura completa, são apresentados abaixo.

Tempo de detenção hidráulica = 2 a 4 dias

Relação comprimento / largura (L/B) = 2 a 4

Profundidade = 2,5 a 4,0 m.

Tempo de detenção

O tempo de detenção da lagoa está associado ao volume e à vazão de projeto, conforme:

$$t = \frac{V}{Q}$$

Sendo:

- t = tempo de detenção (dia)
- V = volume da lagoa (m^3)
- Q = vazão média afluente (m^3/d)

Profundidade

A profundidade H da lagoa é um compromisso entre o volume requerido V e a área requerida A, conforme:

$$H = \frac{V}{A}$$

Requisitos de oxigênio

Os requisitos de oxigênio podem ser calculados por:

$$RO = \frac{a.Q.(S_0 - S)}{1000}$$

Sendo:

- RO = Requisito de oxigênio (kgO_2/d)
- a = coeficiente de consumo de oxigênio (1,1 a 1,4 $kgO_2/kgDBO_5$
- Q = vazão afluente (m^3/d)
- S_0 = concentração de DBO total (solúvel + particulada) afluente (g/m^3)
- S = concentração de DBO solúvel efluente (g/m^3)
- 1000 = conversão de g para kg (g/kg)

Requisitos energéticos / Densidade de potência

Os requisitos de oxigênio podem ser calculados por:

$$\phi = Pot/V$$

Sendo:

- ϕ = densidade de potência (W/m^3)
- Pot = potência instalada (W)
- V = volume da lagoa (m^3)

Para assegurar uma dispersão completa dos sólidos em suspensão na lagoa aerada, deve-se ter uma densidade de potência com as seguintes características:

$$\phi \geq 3{,}0\ W/m^3$$

2.2.2 LAGOAS DE DECANTAÇÃO

Para o dimensionamento da lagoa de decantação devem ser previstos volumes destinados (a) à clarificação (decantação) e (b) ao armazenamento e digestão do lodo.

O acúmulo de lodo pode ser calculado assumindo-se os seguintes dados:

- Relação SSV/SS nos sólidos afluentes à lagoa de decantação = 0,70 a 0,80 (70 a 80% dos SS são voláteis)
- Taxa de redução dos sólidos voláteis = K_{LV} = 0,5 ano (50% de remoção por ano)

Para estimar o volume de lodo após um período de anos, em função da taxa de degradação dos sólidos voláteis e do acúmulo dos sólidos fixos, e supondo a densidade do lodo próxima a 1,0, pode-se utilizar a seguinte equação:

$$V_t = \frac{\frac{M_{ov}}{K_{Lv}}.\left(1-e^{-K_{Lv}.t}\right)+t.M_{of}}{1000.(fra\text{ção } sol.secos)}$$

Sendo:

- V_t = volume de lodo acumulado após um período de t anos (m³)
- V_{ov} = massa de sólidos em suspensão voláteis, retidos na lagoa por unidade de tempo (kg.SSV/ano)
- M_{of} = massa de sólidos em suspensão fixos, retidos na lagoa por unidade de tempo (kg. SS_f/ano
- K_{Lv} = coeficiente de degradação dos sólidos em suspensão voláteis no lodo em condições anaeróbias (ano^{-1}). K_{Lv} varia de 0,4 a 0,6 ano^{-1}, com um valor médio de 0,5 ano^{-1}
- t = período de anos (ano)
- fração de sólidos secos = fração de sólidos secos no lodo = 1 – fração de umidade no lodo

Volume destinado à clarificação

- Tempo de detenção = $t \geq 1$ d
- Profundidade = $H \geq 1,5$ m

Volume total da lagoa

- Tempo de detenção final de plano = $t \leq 2$ d (para evitar o crescimento de algas)
- Profundidade = $H \geq 3$ m (para permitir uma camada aeróbia acima do lodo)

2.2.3 VERTEDOR RETANGULAR COM 2 CONTRAÇÕES

A fórmula adotada para o cálculo de vertedor retangular com duas contrações foi a de Francis, sendo essa por ser a mais utilizada, conforme citado no Manual de Hidráulica do autor Azevedo Netto.

$$Q = 1{,}838\left(L - \frac{2H}{10}\right)H^{3/2}$$

2.2.4 CALHA PARSHALL

Para dimensionamento do medidor Parshall, deve-se adotado um que tenha capacidade, medidas e parâmetros de vazão, padronizados. A seguir, é apresentada a fórmula a ser utilizada para a verificação do medidor, conforme o Manual de Hidráulica do autor Azevedo Netto.

Quadro 2.2.4.1 – Limites de Aplicação do Medidor Parshall com Escoamento Livre

W		Capacidade (ℓ/s)	
pol.	cm	Mínima	Máxima
3"	7,6	0,85	53,8
6"	15,2	1,42	110,4
9"	22,9	2,55	251,9
1'	30,5	3,11	455,6
1½'	45,7	4,25	696,2
2'	61,0	11,89	936,7
3'	91,5	17,26	1426,3
4'	122,0	36,79	1921,5
5'	152,5	45,30	2422,0
6'	183,0	73,60	2929,0
7'	213,5	84,95	3440,0
8'	244,0	99,10	3950,0
10'	305,0	200,0	5360,0

Fonte: Azevedo Netto

A equação utilizada é:

$$Q = \lambda . H^n$$

Os valores a serem adotados para o coeficiente e para o expoente, ambos constantes na equação apresentada acima, se encontram no quadro abaixo.

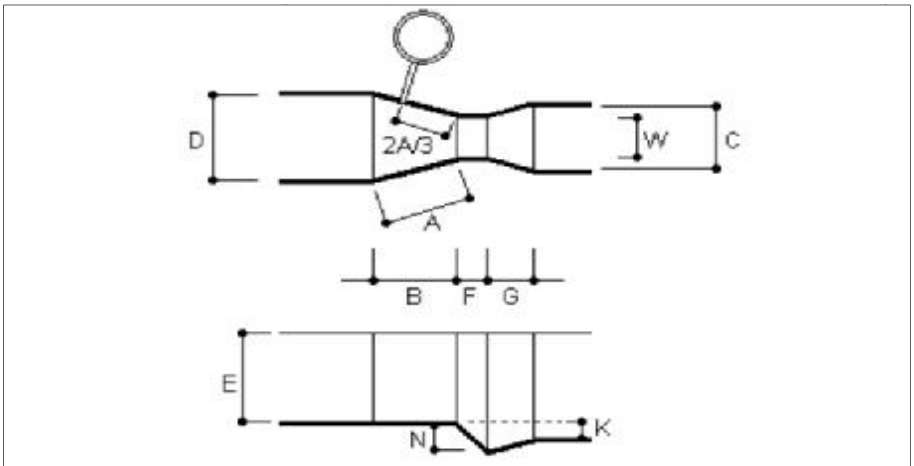
Quadro 2.2.4.2 – Valores do Expoente e do Coeficiente (Unidades Métricas)

W		n	λ
pol.	(m)		
3"	0,075	1,547	0,176
6"	0,152	1,580	0,381
9"	0,229	1,530	0,535
1'	0,305	1,522	0,690
1½'	0,457	1,538	1,054
2'	0,610	1,550	1,426
3'	0,915	1,556	2,182
4'	1,220	1,578	2,935
5'	1,525	1,587	3,728
6'	1,830	1,595	4,515
7'	2,135	1,601	5,306
8'	2,440	1,606	6,101

Fonte: Azevedo Netto

As dimensões padronizadas para Medidores Parshall são apresentadas a seguir.

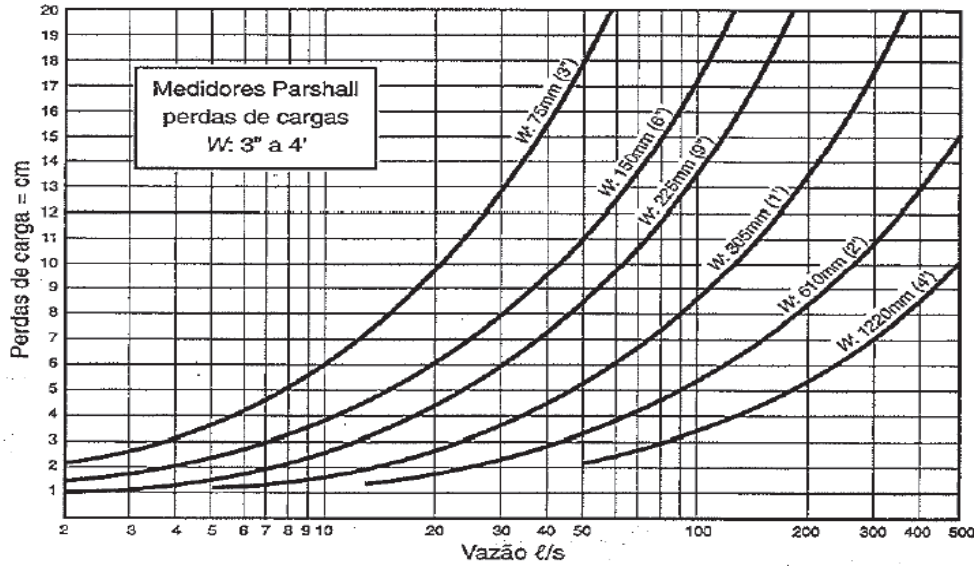
Figura 2.2.4.3 – Croqui do Medidor Parshall



W		A	B	C	D	E	F	G	K	N
pol	cm									
1"	2,5	36,3	35,6	9,3	16,8	22,9	7,6	20,3	1,9	2,9
3"	7,6	46,6	45,7	17,8	25,9	38,1	15,2	30,5	2,5	5,7
6"	15,2	62,1	61,0	39,4	40,3	45,7	30,5	61,0	7,6	11,4
9"	22,9	88,0	86,4	38,0	57,5	61,0	30,5	45,7	7,6	11,4
1'	30,5	137,2	134,4	61,0	84,5	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
1,5'	45,7	144,9	142,0	76,2	102,6	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
2'	61,0	152,5	149,6	91,5	120,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
3'	91,5	167,7	164,5	122,0	157,2	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
4'	122,0	183,	179,5	152,5	193,8	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
5'	152,5	198,3	194,1	183,0	230,3	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
6'	183,0	213,5	209,0	213,5	266,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
7'	213,5	228,8	224,0	244,0	303,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
8'	244,0	244,0	239,2	274,5	340,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
10'	305,0	274,5	427,0	366,0	475,9	122,0	91,5	183,0	5,3	34,3

As perdas de carga em medidores Parshall podem ser obtidas, de forma aproximada, a partir do seguinte gráfico:

Quadro 2.2.4.4 – Gráfico de Perdas de Carga em Medidores Parshall



Fonte: Azevedo Netto

2.2.5 INTERLIGAÇÕES POR CONDUTO LIVRE

Equação da continuidade: $$Q = A \cdot U \quad (1)$$

Equação da resistência: (fórmula de Manning)

$$U = \frac{1}{n} Rh^{2/3} I^{1/2} \quad \text{(forma original)} \quad (2)$$

$$D = K \frac{(n.Q)^{3/8}}{I^{3/16}} \quad \text{(forma modificada)} \quad (3)$$

sendo:

$$K = \frac{3{,}08 \, m \, (2\cos^{-1} mx)^{1/4}}{\left(2\cos^{-1} mx - 2\,mx\,\sqrt{m\,(1-m)}\right)^{5/8}}$$

$$m = \frac{y}{D}$$

$$mx \quad 1 \quad 2\,m$$

$$Q = \frac{6{,}57}{n} Rh^{2{,}63} I^{0{,}5} \quad \text{(Manning aproximada)} \quad (4)$$

Tensão trativa: $$\sigma = \gamma \; Rh \cdot I \quad (5)$$

ou, substituindo-se Rh extraído da Fórmula de Manning (2):

$$\sigma = \gamma \cdot (n.U)^{1,5} \cdot I^{0,25} \quad (6)$$

Declividade mínima de auto-limpeza:

Combinando as equações (1), (4), (5), obtem-se:

$$I = 2{,}42 \, (\sigma/\gamma)^{1,235} (n.Q)^{-0,47} \quad (7)$$

Para γ = 104 N/m3
n = 0,013

$$I = 0{,}0002139 \; \gamma^{1,235} \; Q^{-0,47}$$

Para σ =1 Pa
Q em l/s

$$I \quad 0{,}0055 \quad Q^{-0,47}$$

(recomendada pela NBR 9649 da ABNT)

Velocidade crítica:

$$Ucr = \sqrt{\frac{g.A}{Ls}} \qquad (8)$$

Velocidade limite para ventilação:
(acima da qual a lâmina d'água máxima deve ser reduzida para 50% do diâmetro)

$$Uc = 6\sqrt{g.Rh} \qquad (9)$$

(recomendada pela NBR 9649 da ABNT)

Simbologia e unidades da formulação apresentada:
(quando não especificadas)

Variável	Nome	Unid.
Q	Vazão	m3/s
A	Área molhada	m2
Rh	Raio hidráulico	m
U	Velocidade	m/s
Uc	Velocidade crítica	m/s
I	Declividade	m m
Y	Lâmina d'água	m
Ls	Largura superficial	m
D	Diâmetro	m
γ	Peso específico do líquido	N m3
σ	Tensão trativa	Pa
n	Coeficiente de atrito	
g	Aceleração da gravidade	m s2

2.3 DIMENSIONAMENTOS

2.3.1 VAZÕES DE PROJETO

As vazões adotadas para os dois horizontes de projeto, foram definidas no Volume I - Tomo II – Estudo de Concepção (EC). Para o cálculo das vazões foram utilizados os métodos apresentados no item anterior, Parâmetros e Critérios.

O quadro abaixo, apresenta as vazões de projeto para o primeiro horizonte (2026 a 2053). Os anos de 2021 a 2025, foram reservados para a elaboração de estudos, projetos e execução das obras.

Quadro 2.3.1.1 – Vazões do Horizonte 1

Ano	POPULAÇÃO (hab)			Vazão Doméstica (L/s)			Vazão	Vazão Total (l/s)			Carga	Concent.
	Urbana (hab.)	Índice de Atend. (%)	Atendida	Mínima	Média	Máxima	Industrial (l/s)	Mínima	Média	Máxima	(kg/dia)	(mg/l)
2.020	100.842	100%	100.842	95,11	190,23	342,41	0	95,11	190,23	342,41	5.445	331
2.021	101.686	100%	101.686	95,91	191,82	345,27	0	95,91	191,82	345,27	5.491	331
2.022	102.537	100%	102.537	96,71	193,42	348,16	0	96,71	193,42	348,16	5.537	331
2.023	103.165	100%	103.165	97,30	194,61	350,30	0	97,30	194,61	350,30	5.571	331
2.024	103.939	100%	103.939	98,03	196,07	352,92	0	98,03	196,07	352,92	5.613	331
2.025	104.713	100%	104.713	98,76	197,53	355,55	0	98,76	197,53	355,55	5.654	331
2.026	105.487	100%	105.487	99,49	198,99	358,18	0	99,49	198,99	358,18	5.696	331
2.027	106.261	100%	106.261	100,23	200,45	360,81	0	100,23	200,45	360,81	5.738	331
2.028	107.035	100%	107.035	100,96	201,91	363,44	0	100,96	201,91	363,44	5.780	331
2.029	107.810	100%	107.810	101,69	203,37	366,07	0	101,69	203,37	366,07	5.822	331
2.030	108.584	100%	108.584	102,42	204,83	368,70	0	102,42	204,83	368,70	5.864	331
2.031	109.358	100%	109.358	103,15	206,29	371,33	0	103,15	206,29	371,33	5.905	331
2.032	110.132	100%	110.132	103,88	207,75	373,95	0	103,88	207,75	373,95	5.947	331
2.033	110.906	100%	110.906	104,61	209,21	376,58	0	104,61	209,21	376,58	5.989	331
2.034	111.681	100%	111.681	105,34	210,67	379,21	0	105,34	210,67	379,21	6.031	331
2.035	112.455	100%	112.455	106,07	212,13	381,84	0	106,07	212,13	381,84	6.073	331
2.036	113.229	100%	113.229	106,80	213,59	384,47	0	106,80	213,59	384,47	6.114	331
2.037	114.003	100%	114.003	107,53	215,05	387,10	0	107,53	215,05	387,10	6.156	331
2.038	114.777	100%	114.777	108,26	216,51	389,73	0	108,26	216,51	389,73	6.198	331
2.039	115.552	100%	115.552	108,99	217,98	392,36	0	108,99	217,98	392,36	6.240	331
2.040	116.326	100%	116.326	109,72	219,44	394,98	0	109,72	219,44	394,98	6.282	331
2.041	117.100	100%	117.100	110,45	220,90	397,61	0	110,45	220,90	397,61	6.323	331
2.042	117.874	100%	117.874	111,18	222,36	400,24	0	111,18	222,36	400,24	6.365	331
2.043	118.648	100%	118.648	111,91	223,82	402,87	0	111,91	223,82	402,87	6.407	331
2.044	119.423	100%	119.423	112,64	225,28	405,50	0	112,64	225,28	405,50	6.449	331
2.045	120.197	100%	120.197	113,37	226,74	408,13	0	113,37	226,74	408,13	6.491	331
2.046	120.971	100%	120.971	114,10	228,20	410,76	0	114,10	228,20	410,76	6.532	331
2.047	121.745	100%	121.745	114,83	229,66	413,39	0	114,83	229,66	413,39	6.574	331
2.048	122.519	100%	122.519	115,56	231,12	416,01	0	115,56	231,12	416,01	6.616	331
2.049	123.294	100%	123.294	116,29	232,58	418,64	0	116,29	232,58	418,64	6.658	331
2.050	124.068	100%	124.068	117,02	234,04	421,27	0	117,02	234,04	421,27	6.700	331
2.051	124.842	100%	124.842	117,75	235,50	423,90	0	117,75	235,50	423,90	6.741	331
2.052	125.616	100%	125.616	118,48	236,96	426,53	0	118,48	236,96	426,53	6.783	331
2.053	126.390	100%	126.390	119,21	238,42	429,16	0	119,21	238,42	429,16	6.825	331

No próximo quadro são apresentadas as vazões de projeto para o segundo horizonte (2054 a 2084).

Quadro 2.3.1.2 – Vazões do Horizonte 2

Ano	POPULAÇÃO (hab)			Vazão Doméstica (L/s)			Vazão	Vazão Total (l/s)			Carga	Concent.
	Urbana (hab.)	Indice de Atend. (%)	Atendida	Mínima	Média	Máxima	Industrial (l/s)	Mínima	Média	Máxima	(kg/dia)	(mg/l)
2.054	127.164	100%	127.164	119,94	239,88	431,79	0	119,94	239,88	431,79	6.867	331
2.055	127.939	100%	127.939	120,67	241,34	434,42	0	120,67	241,34	434,42	6.909	331
2.056	128.713	100%	128.713	121,40	242,80	437,04	0	121,40	242,80	437,04	6.950	331
2.057	129.487	100%	129.487	122,13	244,26	439,67	0	122,13	244,26	439,67	6.992	331
2.058	130.261	100%	130.261	122,86	245,72	442,30	0	122,86	245,72	442,30	7.034	331
2.059	131.035	100%	131.035	123,59	247,18	444,93	0	123,59	247,18	444,93	7.076	331
2.060	131.810	100%	131.810	124,32	248,64	447,56	0	124,32	248,64	447,56	7.118	331
2.061	132.584	100%	132.584	125,05	250,10	450,19	0	125,05	250,10	450,19	7.160	331
2.062	133.358	100%	133.358	125,78	251,57	452,82	0	125,78	251,57	452,82	7.201	331
2.063	134.132	100%	134.132	126,51	253,03	455,45	0	126,51	253,03	455,45	7.243	331
2.064	134.906	100%	134.906	127,24	254,49	458,07	0	127,24	254,49	458,07	7.285	331
2.065	135.681	100%	135.681	127,97	255,95	460,70	0	127,97	255,95	460,70	7.327	331
2.066	136.455	100%	136.455	128,70	257,41	463,33	0	128,70	257,41	463,33	7.369	331
2.067	137.229	100%	137.229	129,43	258,87	465,96	0	129,43	258,87	465,96	7.410	331
2.068	138.003	100%	138.003	130,16	260,33	468,59	0	130,16	260,33	468,59	7.452	331
2.069	138.777	100%	138.777	130,89	261,79	471,22	0	130,89	261,79	471,22	7.494	331
2.070	139.552	100%	139.552	131,62	263,25	473,85	0	131,62	263,25	473,85	7.536	331
2.071	140.326	100%	140.326	132,35	264,71	476,48	0	132,35	264,71	476,48	7.578	331
2.072	141.100	100%	141.100	133,08	266,17	479,10	0	133,08	266,17	479,10	7.619	331
2.073	141.874	100%	141.874	133,81	267,63	481,73	0	133,81	267,63	481,73	7.661	331
2.074	142.648	100%	142.648	134,55	269,09	484,36	0	134,55	269,09	484,36	7.703	331
2.075	143.423	100%	143.423	135,28	270,55	486,99	0	135,28	270,55	486,99	7.745	331
2.076	144.197	100%	144.197	136,01	272,01	489,62	0	136,01	272,01	489,62	7.787	331
2.077	144.971	100%	144.971	136,74	273,47	492,25	0	136,74	273,47	492,25	7.828	331
2.078	145.745	100%	145.745	137,47	274,93	494,88	0	137,47	274,93	494,88	7.870	331
2.079	146.519	100%	146.519	138,20	276,39	497,51	0	138,20	276,39	497,51	7.912	331
2.080	147.294	100%	147.294	138,93	277,85	500,14	0	138,93	277,85	500,14	7.954	331
2.081	148.068	100%	148.068	139,66	279,31	502,76	0	139,66	279,31	502,76	7.996	331
2.082	148.842	100%	148.842	140,39	280,77	505,39	0	140,39	280,77	505,39	8.037	331
2.083	149.616	100%	149.616	141,12	282,23	508,02	0	141,12	282,23	508,02	8.079	331
2.084	150.390	100%	150.390	141,85	283,69	510,65	0	141,85	283,69	510,65	8.121	331

O quadro a seguir, apresenta os valores de população e vazão para os novos alcances de projeto. Estes dados serão utilizados nas verificações e nos dimensionamentos relacionados às Lagoas de Aeração e de Decantação.

Quadro 2.3.2.1 - Projeção das Populações e Vazões de Ituiutaba/MG

Ano	População	Vazão mínima (l/S)	Vazão média (l/S)	Vazão máxima (l/S)
2026	105.487	99,49	198,99	358,18
2056	128.713	121,4	242,8	437,04
2084	150.390	141,85	283,69	510,65

Fonte: Estudo Populacional e Vazões

2.3.2 LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Conforme foi demonstrado no Estudo de Concepção (EC), as Lagoas Aeradas atenderão aos horizontes 1 e 2 de projeto, no que se refere a tempo de detenção. Ficou definido que será realizada a troca dos aeradores mecanizados, para resolver o déficit de densidade de potência. Estão previstos para serem instalados aeradores de microbolhas, conforme a Alternativa 2, vencedora no EC.

Para as Lagoas de Decantação, não foi indicada no EC nenhuma melhoria pois, o volume das lagoas existentes atenderá aos novos horizontes de projeto.

Lagoas Aeradas de Mistura Completa

A seguir é apresentada a verificação hidráulica e o dimensionamento das Lagoas Aeradas de Mistura Completa.

- Verificação do volume da Lagoa Aerada de Mistura Completa

Para 2026:

Volume existente = 2 x 37.248,75 m³ = 74.497,50 m³

Volume necessário: $V = t \times Q$

Adotando-se um tempo de detenção igual a 3 dias o volume será:

$$V = 3 \times 17.192,73 = 51.578,21_{(m^3)}$$

O volume existente é suficiente para a vazão de 2026.

Para 2056:

$$V = 3 \times 20.977,92 = 62.933,76_{(m^3)}$$

O volume existente é suficiente para a vazão de 2056.

Para 2084:

$$V = 3d \times 24.510,82 m^3/d = 73.532,45_{(m^3)}$$

O volume existente é suficiente para a vazão de 2084.

- Estimativa inicial da concentração de DBO_5 solúvel efluente:

Adotando a DBO média solúvel afluente obtida pela média dos valores das análises feitas, pela Ambiental, para aos anos de 2018, 2019 e 2020 = 363,47 mg/l (figura nº 3.3.1) dos Estudos

Iniciais Volume I – Tomo I- do Estudo de Concepção e a DBO média solúvel efluente estimada = 50 mg/l, tem-se:

$$X_V = \frac{y \times (S_0 - S)}{1 + Kd \times t} = \frac{0,6 \times (363,47 - 50,00)}{1 + 0,06 \times 3} = 159,39 \quad \text{(mg/l)}$$

Sendo:

X_V = Concentração de DBO_5 solúvel efluente (mg/l);

y = Coeficiente de produção celular (mg X_V / mg DBO_5); = 0,6 (Von Sperling, Lagoas de Estabilização Vol. 3)

S_0 = DBO média solúvel afluente média dos anos 2018, 2019 e 2020 - Estudos Iniciais (figura nº 3.3.1) = 363,47 mg/l

S = DBO média solúvel efluente estimada = 50,00 mg/l (valor estimado)

Kd = Coeficiente de decaimento bacteriano (d^{-1}). Retrata a taxa de mortalidade da biomassa durante o metabolismo endógeno = 0,06 (Von Sperling, Lagoas de Estabilização Vol. 3)

t = Tempo de detenção= 3 d

- Estimativa da DBO solúvel efluente para sistema mistura completa:

K' = 0,017 $(mg/l)^{-1}$ d^{-1} que corresponde a 0,015 $(mg/l)^{1}$ d^{-1} a 20ºC após correção para 23ºC.

$$DBO_5 \text{solúvel}: S = \frac{S_0}{1 + K' \times X_V \times t} = \frac{363,47}{1 + 0,017 \times 159,39 \times 3} = 39,82 \quad \text{(mg/l)}$$

S = 40,00 mg/l

Estimativa da DBO particulada efluente considerando que o efluente da Lagoa aerada contém 159,39 mg/l de sólidos em suspensão voláteis, a DBO particulada efluente da lagoa aerada será:

$$DBO_5 \text{particulada} = \frac{0,6 mg DBO_5}{mg SSV} \times 159,39 mg SSV / l = 95,63 \quad \text{(mg } DBO_5/l)$$

Com este valor não se pode lançar o efluente direto no corpo receptor necessitando de Lagoa de Decantação.

Admitindo-se a eficiência da Lagoa de decantação de 85% na remoção destes sólidos, a concentração de SSV no efluente final do sistema será:

$$SSV_e = \frac{(100 - e)}{100} \times SSV_0 = \frac{(100 - 85)}{100} \times 159,39 = 23,91 \text{ (mg/l)}$$

A DBO particulada no efluente será:

$$DBO_5 particulada = \frac{0,6 mg DBO_5}{mg SSV} \times \frac{23,91 mg}{l} = 14,35 \text{ (mg}DBO_5\text{/l)}$$

A DBO Total = DBO solúvel + DBO particulada.

$$DBO total = 40 + 14,35 = 54,35 \text{ (mg/l)}$$

A eficiência no sistema será:

$$e = \frac{(S_0 - S)}{S_0} = \frac{(363,47 - 54,35)}{363,47} = 85,05\%$$

Quando se considera a média da DBO solúvel estimada efluente de 50 mg/l tem-se uma eficiência de:

$$e = \frac{(S_0 - S)}{S_0} = \frac{(363,47 - 50,00)}{363,47} = 86,24\%$$

O valor da eficiência está dentro dos padrões de lançamento estabelecidos pela legislação.

O parâmetro de DBO, segundo o CONAMA 357/2005 e 430/2011:

"Art. 10. Os valores máximos estabelecidos para os parâmetros relacionados em cada uma das classes de enquadramento deverão ser obedecidos as condições de vazão de referência.

§ 1º Os limites de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), estabelecidos para as águas doces de classes 2 (5,0 mg/l) e 3, poderão ser elevados, caso o estudo da capacidade de autodepuração do corpo receptor demonstre que as concentrações mínimas de oxigênio dissolvido (OD) previstas não serão desobedecidas, nas condições de vazão de referência, com exceção da zona de mistura."

"d) Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO 5 dias, 20°C: máximo de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor."

- Requisitos de Oxigênio:

O requisito de oxigênio para estabilização da matéria orgânica pode ser adotado entre os valores de 1,1 a 1,4 vezes a carga de DBO_5 removida. (Von Sperling, Lagoas de Estabilização Vol. 3).

Adotando-se:

a = taxa aplicada de 1,2 de DBO removida;

Q = vazão média do ano de alcance da 1ª etapa 2056 de 20.977,92 m^3 x dia;

S0 = DBO média solúvel afluente Volume I Tomo I Estudos Iniciais = 363,47 mg/l;

S = DBO solúvel efluente para sistema mistura completa = 40,00 mg/l.

O requisito de oxigênio RO é dado pela fórmula:

$$RO = \frac{a \times Q \times (S_0 - S)}{1000} = \frac{1,2 \times 20977,92 \times (363,47 - 40)}{1000} = 8.142,87 (kgO_2 / d) = 339 \, (kgO_2/h \text{ para ano 2056})$$

$$RO = \frac{a \times Q \times (S_0 - S)}{1000} = \frac{1,2 \times 24510,82 \times (363,47 - 40)}{1000} = 9.514,22 (kgO_2 / d) = 396 \, (kgO_2/h \text{ para ano 2084})$$

- Energia:

Para aeradores rápidos de alta Rotação:

EO= 1,90 (KgO_2/Kwh), dado do fabricante.

No campo deve-se adotar uma eficiência de 60% da EO padrão.

$E0_{campo} = 0,6 \times 1,90 = 1,14$ (KgO_2/Kwh)

O requisito energético será:

$$RE = \frac{R0}{E0_{campo}} = \frac{339}{1,14} = 297(Kw) = 403 \text{ (CV p/ano de 2056)}$$

$$RE = \frac{R0}{E0_{campo}} = \frac{396}{1,14} = 347(Kw) = 471 \text{ (CV p/ano de 2084)}$$

Conforme definido no EC, para atender os alcances de projeto, horizonte 1 (2056) e horizonte 2 (2084), serão instalados em etapa única 8 aeradores rotativo de micro bolhas em cada lagoa, cada um com 25 cv e flutuantes de alta rotação.

Segundo o fabricante, a principal vantagem deste modelo está na maior capacidade de misturar e oxigenar lagoas e tanques profundos, devido à existência de duas hélices montadas

de forma oposta no eixo do motor conferindo ao aerador a possibilidade de rotação e de alcançar toda área em volta do aerador em um raio que vai de 8 m até 30 m.

Fazendo o recalculo da densidade de potência para os mesmos 16 novos equipamentos e a soma do volume das lagoas, de forma a atender aos 2 horizontes de projetos, tem-se:

$$\emptyset = \frac{RE}{Vol} = \frac{16x18.642w}{2\times37.248{,}75m^3} = 4{,}00 \text{ (w/m}^3\text{)}$$

De acordo com Von Sperling, Lagoas de Estabilização Vol. 3, este valor está dentro do indicado, que é ≥ 3,0 w/m³.

Para facilitar a manutenção e não prejudicar o funcionamento da ETE recomenda-se a compra de 2 (dois) aeradores para serem mantidos como reserva.

O quadro abaixo, apresenta as principais características dos aeradores a serem instalados nas Lagoas Aeradas de Mistura Completa.

Quadro 2.3.2.1 – Aerador Rotativo ARP 250

AERADOR		
Potência do motor	cv	25
Fator de serviço	-	-
Rotação	rpm	1750
Frequência	Hz	60
Tensão do motor	volts	380
Rendimento	%	85
Influência de mistura	m³	-
Capacidade de mistura	m³/h	-

LAGOAS DE DECANTAÇÃO

A seguir é apresentada a verificação hidráulica e o dimensionamento das Lagoas de Decantação.

- Verificação do volume da Lagoa de Decantação

Para 2026 - 1ª etapa de alcance do projeto:

Volume = $V_{clarificado} = t \times Q$

Tempo de detenção adotado = 1,0 d

$$V_{clarificado} = 1{,}0d \times 20.977{,}92m^3/d = 20.977{,}92\,(m^3)$$

Área requerida: $A = \frac{V}{H}$

Profundidade adotada = $H_{clarificado}$ = 1,5 m

$$A = \frac{20.977,92 m^3}{1,5 m} = 13.985,28\ (m^2)$$

Área existente = $2 \times 8.336,25 m^2 = 16.672,50\ (m^2)$. Dados fornecidos pela SAE.

Valor superior ao requerido para a área das Lagoas de Decantação considerando a vazão de 1ª etapa do ano de 2056.

Zona lodo - altura reservada para armazenamento e digestão do lodo é igual a 1,5 m adicionais.

Valores totais:

- Área total = 13.985,28 m²
- Profundidade = 1,5 m + 1,5 m = 3,0 m
- Volume total = 13.985,28 m² x 3,0 m = 41.955,84 m³

Número de lagoas = 2 existentes de (150x66) m² que resulta nas dimensões úteis de 140 m x 54 m = (2x 7.560) m² = 15.120m². Valor superior que a área requerida de 13.985,28 m². E o volume existente = 15.120 m^2 x 3m = 45.360 m^3 é maior que o requerido de 41.955,84 m^3.

Tempo de detenção com a lagoa limpa: $t = \frac{V}{Q} = \frac{41.955,84 m^3}{20.977,92 m^3/d} = 2,00\ (d)$

É um tempo de detenção igual ao recomendado que é no máximo de dois dias para evitar o crescimento de algas.

Para 2084 - 2ª etapa de alcance do projeto:

Volume = $V_{clarificado} = t \times Q$

Tempo de detenção adotado = 1,0 d

$$V_{clarificado} = 1,0 d \times 24.510,82 m^3/d = 24.510,82\ (m^3)$$

Área requerida: $A = \frac{V}{H}$

Profundidade adotada = $H_{clarificado}$ = 1,5 m

$$A = \frac{24.510,82 m^3}{1,5 m} = 16.340,54 \, (m^2)$$

Área existente = $2 \times 8.336,25 m^2 = 16.672,50$ (m²). Dados fornecidos pela SAE.

Valor superior ao requerido para a área das Lagoas de Decantação considerando a vazão de 2ª etapa do ano de 2084.

Zona lodo - altura reservada para armazenamento e digestão do lodo é igual a 1,5 m adicionais.

Valores totais:

- Área total = 16.340,54 m²
- Profundidade = 1,5 m + 1,5 m = 3,0 m
- Volume total = 16.340,54 m² x 3,0 m = 49.021,63 m³

Número de lagoas = 2 existentes de (150x66) m² que resulta nas dimensões úteis de 140 m x 54 m = (2x 7.560) m² =15.120 m². Valor inferior em 7,47% da área requerida de 16.340,54 m². E o volume existente = 15.120 m^2 x 3 m = 45.360 m^3 é menor 10,81% do que o requerido de 49.021,63 m^3.

Tempo de detenção com a lagoa limpa: $t = \frac{V}{Q} = \frac{49.021,63 m^3}{24.510,82 m^3/d} = 2,00$ (d)

É um tempo de detenção igual ao recomendado que é no máximo de 2 dias para evitar o crescimento de algas. O volume existente está menor que o volume requerido em torno de 10,81% para o ano de 2084, o que não indica nenhuma alteração no volume das Lagoas de Decantação existentes.

Redes de Interligação

As redes que interligam as Lagoas Aeradas às de Decantação, foram verificadas com base nas cotas obtidas durante o levantamento topográfico. Somente o trecho que interliga a Lagoa Aerada 2 à Lagoa de Decantação 2, necessitou de adequação. As verificações e o dimensionamento do trecho mencionado, são apresentados a seguir.

- Redes de Interligação entre as lagoas - Verificação

PLANILHA DE CÁLCULO

SAE 29-06-2021
REDE DE INTERLIGAÇÃO - VERIFICAÇÃO - ERPAI Fl.1

TRECHO	COMPR. (m)	DECLIV. (%)	DIAM. (mm)		COTA COLETOR (m)	QUEDA JUS. (m)		VAZÃO CONC. (l/s)	VAZÃO JUS. (l/s)	LAM. DÁGUA (%)	VELOC. (m/s)	TENSÃO TRATIVA (Pa)	ÓRGÃOS ACESSÓRIOS MONTANTE TIPO	COTAS TERRENO (m)	COTAS FUNDO (m)	PROF. (m)
PVE1 - PVE2	10,00	0,580	1000	Mont	500,913		Inic	98,03	98,03	15	1,24	5,62	Exist	501,094	500,913	0,181
(exist.)	Terra		MC	Jus	500,855		Final	510,65	510,65	36	1,99	11,50				
PVE2 - PVE3	6,00	3,883	1000	Mont	500,855		Inic		98,03	9	2,41	24,56	Exist	501,057	500,855	0,202
(exist.)	Terra		MC	Jus	500,622		Final		510,65	22	3,93	51,30				
PVE3 - PVE4	10,00	10,730	1000	Mont	500,622		Inic		98,03	7	3,42	53,76	Exist	501,273	500,622	0,651
(exist.)	Terra		MC	Jus	499,549		Final		510,65	17	5,62	113,12				
PVE4 - PVE5	11,00	41,463	1000	Mont	499,549		Inic		98,03	5	5,45	151,17	Exist	500,956	499,549	1,407
(exist.)	Terra		MC	Jus	494,988		Final		510,65	12	9,03	322,77				
PVE5 - PVE8A	37,00	0,311	1000	Mont	494,988		Inic		98,03	18	0,99	3,46	Exist	495,113	494,988	0,125
(exist.)	Terra		MC	Jus	494,873		Final		510,65	42	1,59	7,01				
PVE8A - PVE8C	2,00	3,600	1000	Mont	494,873		Inic		98,03	10	2,34	23,11	Exist	495,211	494,873	0,338
(exist.)	Terra		MC	Jus	494,801		Final		510,65	22	3,83	48,32				
PVE8C - PVE9A	8,00	1,363	1000	Mont	494,801		Inic		98,03	12	1,67	10,90	Exist	495,184	494,801	0,383
(exist.)	Terra		MC	Jus	494,692		Final		510,65	28	2,71	22,60				
PVE9A - ENAE1	3,00	0,300	1000	Mont	494,692		Inic		98,03	18	0,98	3,37	Exist	495,201	494,692	0,509
(exist.)	Terra		MC	Jus	494,683		Final		510,65	43	1,57	6,81				
PVE8B - PVE9B	11,00	0,591	1000	Mont	495,020		Inic	98,03	98,03	15	1,24	5,70	Exist	495,194	495,020	0,174
(exist.)	Terra		MC	Jus	494,955		Final	510,65	510,65	35	2,01	11,68				
PVE9C - PVE10	32,00	0,169	1000	Mont	494,955		Inic	98,03	98,03	21	0,80	2,15	Exist	495,201	494,955	0,246
(exist.)	Terra		MC	Jus	494,901		Final	510,65	510,65	51	1,27	4,27				
PVE10 - PVE11	13,00	22,800	1000	Mont	494,901		Inic		98,03	6	4,42	95,24	Exist	495,407	494,901	0,506
(exist.)	Terra		MC	Jus	491,937		Final		510,65	14	7,33	203,23				
PVE11 - PVE12A	34,00	0,465	1000	Mont	491,937		Inic		98,03	16	1,14	4,72	Exist	492,564	491,937	0,627
(exist.)	Terra		MC	Jus	491,779		Final		510,65	38	1,84	9,65				
PVE12A- PVE12C	2,00	0,499	1000	Mont	491,779		Inic		98,03	16	1,17	5,00	Exist	492,098	491,779	0,319
(exist.)	Terra		MC	Jus	491,769		Final		510,65	37	1,89	10,21				
PVE12C- PVE13A	7,00	0,257	1000	Mont	491,769		Inic		98,03	19	0,93	2,99	Exist	492,088	491,769	0,319
(exist.)	Terra		MC	Jus	491,751		Final		510,65	45	1,48	6,02				

Obs: Trechos com vazão inferior a 1,5 l/s são calculados com vazão = 1,5 l/s

PLANILHA DE CÀLCULO

SAE 29-06-2021

REDE DE INTERLIGAÇÃO - VERIFICAÇÃO - ERPAI Fl.2

TRECHO	COMPR. (m)	DECLIV. (%)	DIAM. (mm)		COTA COLETOR (m)	QUEDA JUS. (m)		VAZÃO CONC. (l/s)	VAZÃO JUS. (l/s)	LAM. DÀGUA (%)	VELOC. (m/s)	TENSÃO TRATIVA (Pa)	ÓRGÃOS ACESSÓRIOS MONTANTE TIPO	COTAS TERRENO (m)	COTAS FUNDO (m)	PROF. (m)
PVE13A- ENAE2	3,00	0,250	1000	Mont	491,751		Inic		98,03	19	0,92	2,92	Exist	492,105	491,751	0,354
(exist.)	Terra		MC	Jus	491,743		Final		510,65	45	1,47	5,88				
PVE19 - PVE20	10,00	18,390	1000	Mont	493,713		Inic	98,03	98,03	6	4,13	81,34	Exist	495,200	493,713	1,487
(exist.)	Terra		MC	Jus	491,874		Final	510,65	510,65	15	6,80	172,15				
PVE20 - PVE21	9,00	1,422	1000	Mont	491,874		Inic		98,03	12	1,69	11,26	Exist	492,874	491,874	1,000
(exist.)	Terra		MC	Jus	491,746		Final		510,65	28	2,75	23,36				
PVE21 - PVE22	6,00	5,517	1000	Mont	491,746		Inic		98,03	9	2,72	32,15	Exist	492,746	491,746	1,000
(exist.)	Terra		MC	Jus	491,415		Final		510,65	20	4,45	67,48				
PVE22 - ENDE1	3,00	23,567	1000	Mont	491,415		Inic		98,03	6	4,47	97,68	Exist	493,058	491,415	1,643
(exist.)	Terra		MC	Jus	490,708		Final		510,65	14	7,42	208,63				
PVE18A- PVE18B	3,00	4,367	1000	Mont	490,922		Inic	98,03	98,03	9	2,50	26,78	Exist	492,132	490,922	1,210
(exist.)	Terra		MC	Jus	490,791		Final	510,65	510,65	21	4,10	56,21				
PVE18B- PVE26	16,00	1,450	1000	Mont	490,791		Inic		98,03	12	1,70	11,43	Exist	492,257	490,791	1,466
(exist.)	Terra		MC	Jus	490,559		Final		510,65	28	2,77	23,72				
PVE26 - ENDE2	8,00	0,250	1000	Mont	490,559		Inic		98,03	19	0,92	2,92	Exist	492,063	490,559	1,504
(exist.)	Terra		MC	Jus	490,539		Final		510,65	45	1,47	5,88				
PVE32A- PVE32B	3,00	1,800	1000	Mont	491,348		Inic	49,02	49,02	8	1,49	9,84	Exist	492,879	491,348	1,531
(exist.)	Terra		MC	Jus	491,294		Final	255,26	255,26	19	2,45	20,77				
PVE32B- PVE33	31,00	0,123	1000	Mont	491,294		Inic		49,02	16	0,58	1,23	Exist	492,837	491,294	1,543
(exist.)	Terra		MC	Jus	491,256		Final		255,26	37	0,94	2,52				
PVE33 - PVE34	13,00	1,369	1000	Mont	491,256		Inic		49,02	9	1,35	7,99	Exist	492,771	491,256	1,515
(exist.)	Terra		MC	Jus	491,078		Final		255,26	20	2,22	16,77				
PVE34 - PVE31	24,00	3,688	1000	Mont	491,078		Inic		49,02	7	1,91	17,09	Exist	491,957	491,078	0,879
(exist.)	Terra		MC	Jus	490,193		Final		255,26	15	3,15	36,32				
PVE30A- PVE30B	3,00	5,767	1000	Mont	490,410		Inic	49,02	49,02	6	2,22	24,02	Exist	491,686	490,410	1,276
(exist.)	Terra		MC	Jus	490,237		Final	255,26	255,26	14	3,68	51,27				
PVE30B- PVE31	10,00	0,440	1000	Mont	490,237		Inic		49,02	12	0,91	3,33	Exist	491,840	490,237	1,603
(exist.)	Terra		MC	Jus	490,193		Final		255,26	27	1,48	6,91				

Obs: Trechos com vazão inferior a 1,5 l/s são calculados com vazão = 1,5 l/s

PLANILHA DE CÀLCULO

SAE — 29-06-2021

REDE DE INTERLIGAÇÃO - VERIFICAÇÃO - ERPAI — Fl.3

TRECHO	COMPR. (m)	DECLIV. (%)	DIAM. (mm)		COTA COLETOR (m)	QUEDA JUS. (m)		VAZÃO CONC. (l/s)	VAZÃO JUS. (l/s)	LÂM. DÁGUA (%)	VELOC. (m/s)	TENSÃO TRATIVA (Pa)	ÓRGÃOS ACESSÓRIOS MONTANTE TIPO	COTAS TERRENO (m)	COTAS FUNDO (m)	PROF. (m)
PVE31 - PVE35	4,00	2,925	1000	Mont	490,193		Inic		98,03	10	2,17	19,66	Exist	491,922	490,193	1,729
(exist.)	Terra		MC	Jus	490,076		Final		510,52	23	3,56	41,13				
PVE35 - PVE36	5,00	2,860	1000	Mont	490,076		Inic		98,03	10	2,16	19,33	Exist	491,985	490,076	1,909
(exist.)	Terra		MC	Jus	489,933		Final		510,52	23	3,53	40,43				
PVE36 - PVE37	29,00	1,596	1000	Mont	489,933		Inic		98,03	12	1,76	12,31	Exist	491,736	489,933	1,803
(exist.)	Terra		MC	Jus	489,470		Final		510,52	27	2,87	25,59				
ENAE1	(lançamento)						Inic.		98,03				PV	494,850	494,683	0,167
							Final		510,65							
PVE9B	(lançamento)						Inic.		98,03				PV	495,201	494,955	0,246
							Final		510,65							
ENAE2	(lançamento)						Inic.		98,03				PV	491,912	491,743	0,168
							Final		510,65							
ENDE1	(lançamento)						Inic.		98,03				PV	491,708	490,708	1,000
							Final		510,65							
ENDE2	(lançamento)						Inic.		98,03				PV	490,713	490,539	0,174
							Final		510,65							
PVE37	(lançamento)						Inic.		98,03				PV	491,509	489,470	2,039
							Final		510,52							

Obs: Trechos com vazão inferior a 1,5 l/s são calculados com vazão = 1,5 l/s

- Rede de Bypass 1 - Verificação

PLANILHA DE CÁLCULO

SAE 29-06-2021

BY PASS LAGOAS 1 - VERIFICAÇÃO - ERPAI F1.1

TRECHO	COMPR. (m)	DECLIV. (%)	DIAM. (mm)		COTA COLETOR (m)	QUEDA JUS. (m)		VAZÃO CONC. (l/s)	VAZÃO JUS. (l/s)	LAM. DÁGUA (%)	VELOC. (m/s)	TENSÃO TRATIVA (Pa)	ÓRGÃOS ACESSÓRIOS MONTANTE TIPO	COTAS TERRENO (m)	COTAS FUNDO (m)	PROF. (m)
PVE12B- PVE13B	10,00	1,140	1000	Mont	492,016		Inic	98,03	98,03	13	1,57	9,49	Exist	492,098	492,016	0,082
(exist.) Terra			MC	Jus	491,902		Final	510,65	510,65	30	2,54	19,62				
PVE13C- PVE14	36,00	0,367	700	Mont	492,202		Inic	98,03	98,03	28	1,09	4,18	Exist	492,144	492,202	-0,058
(exist.) Terra			MC	Jus	492,070	0,20	Final	510,65	510,65	74	1,65	7,74				
PVE14 - PVE15	80,00	0,120	900	Mont	491,870		Inic		98,03	26	0,72	1,68	Exist	492,014	491,870	0,144
(exist.) Terra			MC	Jus	491,774		Final		510,65	68	1,10	3,18				
PVE15 - PVE16	80,00	0,204	900	Mont	491,774		Inic		98,03	23	0,87	2,54	Exist	492,215	491,774	0,441
(exist.) Terra			MC	Jus	491,611		Final		510,65	57	1,36	4,97				
PVE16 - PVE17	43,00	0,302	900	Mont	491,611		Inic		98,03	21	1,00	3,45	Exist	492,171	491,611	0,560
(exist.) Terra			MC	Jus	491,481		Final		510,65	50	1,57	6,86				
PVE17 - PVE18B	37,00	1,595	900	Mont	491,481		Inic		98,03	14	1,79	12,59	Exist	492,151	491,481	0,670
(exist.) Terra			MC	Jus	490,891		Final		510,65	32	2,89	25,92				
PVE18B- PVE26	16,00	1,450	900	Mont	490,891		Inic		98,03	14	1,73	11,67	Exist	492,257	490,891	1,366
(exist.) Terra			MC	Jus	490,659	0,20	Final		510,65	32	2,80	24,07				
PVE26 - PVE27	27,00	0,044	1100	Mont	490,459		Inic		98,03	26	0,49	0,75	Exist	492,063	490,459	1,604
(exist.) Terra			MC	Jus	490,447		Final		510,65	66	0,76	1,42				
PVE27 - PVE28	80,00	0,190	1100	Mont	490,447		Inic		98,03	18	0,83	2,32	Exist	491,924	490,447	1,477
(exist.) Terra			MC	Jus	490,295		Final		510,65	42	1,32	4,69				
PVE28 - PVE29	74,00	0,053	1100	Mont	490,295		Inic		98,03	25	0,52	0,85	Exist	491,702	490,295	1,407
(exist.) Terra			MC	Jus	490,256		Final		510,65	62	0,81	1,64				
PVE29 - PVE30B	34,00	0,350	1100	Mont	490,256		Inic		98,03	15	1,02	3,73	Exist	491,717	490,256	1,461
(exist.) Terra			MC	Jus	490,137		Final		510,65	36	1,65	7,63				
PVE13B (lançamento)							Inic.		98,03				PV	492,144	491,902	0,242
							Final		510,65							
PVE30B (lançamento)							Inic.		98,03				PV	491,840	490,137	1,703
							Final		510,65							

Obs: Trechos com vazão inferior a 1,5 l/s são calculados com vazão = 1,5 l/s

- Rede de Bypass 2 - Verificação

PLANILHA DE CÁLCULO

SAE 29-06-2021
BY PASS 2 LAGOAS - VERIFICAÇÃO - ERPAI Fl.1

TRECHO	COMPR. (m)	DECLIV. (%)	DIAM. (mm)		COTA COLETOR (m)	QUEDA JUS. (m)		VAZÃO CONC. (l/s)	VAZÃO JUS. (l/s)	LAM. DÁGUA (%)	VELOC. (m/s)	TENSÃO TRATIVA (Pa)	ÓRGÃOS ACESSÓRIOS MONTANTE TIPO	COTAS TERRENO (m)	COTAS FUNDO (m)	PROF. (m)
PVE22 - PVE23	7,00	1,043	1000	Mont	491,415		Inic	98,03	98,03	13	1,52	8,86	Exist	493,058	491,415	1,643
(exist.)	Terra		MC	Jus	491,342		Final	510,65	510,65	30	2,46	18,30				
PVE23 - PVE24	24,00	0,392	1000	Mont	491,342		Inic		98,03	17	1,08	4,14	Exist	492,678	491,342	1,336
(exist.)	Terra		MC	Jus	491,248		Final		510,65	40	1,73	8,42				
PVE24 - PVE25	15,00	1,786	1000	Mont	491,248		Inic		98,03	12	1,84	13,48	Exist	492,624	491,248	1,376
(exist.)	Terra		MC	Jus	490,980		Final		510,65	26	2,99	27,97				
PVE25 - PVE26	39,00	1,080	1000	Mont	490,980		Inic		98,03	13	1,54	9,10	Exist	492,228	490,980	1,248
(exist.)	Terra		MC	Jus	490,559		Final		510,65	30	2,49	18,80				
PVE26	(lançamento)						Inic.		98,03				PV	492,063	490,559	1,504
							Final		510,65							

Obs: Trechos com vazão inferior a 1,5 l/s são calculados com vazão = 1,5 l/s

- Rede de Interligação com a Lagoa de Decantação 2 - Adequação

PLANILHA DE CÁLCULO

SAE 29-06-2021
REDE DE INTERLIGAÇÃO - PROPOSTA - ERPAI Fl.1

TRECHO	COMPR. (m)	DECLIV. (%)	DIAM. (mm)		COTA COLETOR (m)	QUEDA JUS. (m)		VAZÃO CONC. (l/s)	VAZÃO JUS. (l/s)	LAM. DÁGUA (%)	VELOC. (m/s)	TENSÃO TRATIVA (Pa)	ÓRGÃOS ACESSÓRIOS MONTANTE TIPO	COTAS TERRENO (m)	COTAS FUNDO (m)	PROF. (m)
PVE18A- PVE18B	3,00	4,367	1000	Mont	490,922		Inic	98,03	98,03	9	2,50	26,78	Exist	492,132	490,922	1,210
(exist.)	Terra		MC	Jus	490,791		Final	510,65	510,65	21	4,10	56,21				
PVE18B- PV25A	18,00	0,856	1000	Mont	490,791		Inic		98,03	14	1,42	7,60	Exist	492,257	490,791	1,466
	Terra		PEAD	Jus	490,637		Final		510,65	32	2,29	15,65				
PV25A - ENDE2	3,00	0,250	1000	Mont	490,637		Inic		98,03	19	0,92	2,92	PV	492,100	490,637	1,463
	Terra		PEAD	Jus	490,629		Final		510,65	45	1,47	5,88				
ENDE2	(lançamento)						Inic.		98,03				PV	490,713	490,629	0,084
							Final		510,65							

Obs: Trechos com vazão inferior a 1,5 l/s são calculados com vazão = 1,5 l/s

Emissário Final

Em substituição ao emissário existente, foi projeto projetado um novo emissário final, a partir do PVE37, conforme dimensionamento abaixo.

PLANILHA DE CÁLCULO

SAE 04-07-2021
EMISSÁRIO - PROPOSTO - ERPAI Fl.1

TRECHO	COMPR. (m)	DECLIV. (%)	DIAM. (mm)		COTA COLETOR (m)	QUEDA JUS. (m)		----VAZÃO---- CONC. (l/s)	JUS. (l/s)	LAM. DÁGUA (%)	VELOC. (m/s)	TENSÃO TRATIVA (Pa)	ÓRGÃOS ACESSÓRIOS MONTANTE TIPO	----COTAS----- TERRENO (m)	FUNDO (m)	PROF. (m)
PVE37 - E-PAR	4,00	1,500	1000	Mont	489,470		Inic	98,03	98,03	12	1,72	11,73	PV	491,509	489,470	2,039
Terra			PEAD	Jus	489,410		Final	510,65	510,65	28	2,80	24,37				
S-PAR - EMI-1	4,00	0,481	1000	Mont	489,230		Inic	98,03	98,03	16	1,16	4,85	PV	491,540	489,230	2,310
Terra			PEAD	Jus	489,211		Final	510,65	510,65	38	1,86	9,91				
EMI-1 - EMI-2	52,00	1,822	1000	Mont	489,211		Inic		98,03	11	1,85	13,67	PV	491,664	489,211	2,453
Terra			PEAD	Jus	488,263		Final		510,65	26	3,01	28,39				
EMI-2 - EMI-3	58,00	8,038	1000	Mont	488,263		Inic		98,03	8	3,09	42,87	PV	490,264	488,263	2,000
Terra			PEAD	Jus	483,602		Final		510,65	18	5,08	90,43				
EMI-3 - EMI-4	67,00	0,823	1000	Mont	483,602		Inic		98,03	14	1,40	7,37	PV	485,602	483,602	2,000
Terra			PEAD	Jus	483,050		Final		510,65	32	2,26	15,20				
EMI-4 - EMI-5	45,00	0,300	1000	Mont	483,050		Inic		98,03	18	0,98	3,37	PV	484,650	483,050	1,600
Terra			PEAD	Jus	482,915		Final		510,65	43	1,57	6,81				
EMI-5 - ALA	33,00	0,300	1000	Mont	482,915		Inic		98,03	18	0,98	3,37	PV	484,000	482,915	1,085
Terra			PEAD	Jus	482,816		Final		510,65	43	1,57	6,81				
E-PAR (lançamento)							Inic.		98,03					491,540	489,410	2,130
							Final		510,65							
ALA (lançamento)							Inic.		98,03				PV	483,200	482,816	0,384
							Final		510,65							

Obs: Trechos com vazão inferior a 1,5 l/s são calculados com vazão = 1,5 l/s

Câmara e Vertedor Retangular com 2 Contrações – A construir

No EC foi prevista a construção de uma nova câmara no PVE8, com chegada do fluxo centralizado e saída laterais para as lagoas. Essa câmara contará com 2 novos vertedores dotados de comportas. O dimensionamento dos vertedores é apresentado a seguir.

Quadro 2.3.2.2 – Câmara e Vertedores

Câmara de Chegada			
Dimensões internas			
Ângulo da ala		°	90
Comprimento menor		m	3,28
Comprimento maior		m	3,33
Largura menor		m	1,67
Largura maior		m	1,72
Profundidade da caixa		m	2,23
Diâmetro de chegada		mm	1000
Lâmina no tubo		%	41
Vertedor Retangular com 2 Contrações - TP			
Número de vertedores	Total	uni	2
	Operando		2
Q.máx. horária	2084	m³/s	0,255
Vazão de dimensionamento		m³/s	0,255
Lâmina acima do vertedor (H)		m	0,28
Largura do vertedor (L)		m	1,00
Altura adota para o ressalto (P)		m	0,60
Verificação relação H/P < 0,5		-	0,47
Verificação relação H/L < 0,5		-	0,28

Os novos vertedores terão 1,00 m de largura e um ressalto de 0,60 m, conforme apresentado no quadro acima.

Caixa c/ Calha Parshall – A construir

Foi projetada uma caixa de concreto na saída das Lagoas de Decantação, após o PVE37, dotada de medidor de vazão do tipo Calha Parshall. As características da calha a ser instalada, são apresentadas a seguir.

Quadro 2.3.2.3 – Calha Parshall

CALHA PARSHALL	
Dimensão W	2'
Material	PRFV
Faixa de vazão de trabalho	11,89 l/s a 936,7 l/s

3 PROJETO ESTRUTURAL

Para o dimensionamento das estruturas de concreto serão adotadas as premissas da norma de estruturas de concreto. As estruturas aqui calculadas são de tamanho reduzido e baixas solicitações e novamente os cálculos serão bastante simplificados. Será utilizado para parâmetro de cálculo o concreto com fck 25 Mpa e como não foram executados sondagem do terreno vamos considerar a resistência do solo como apenas 0,5 Kgf/cm².

Caixa medidor da vazão saída ETE

A caixa para medição de vazão na saída da ETE tem as seguintes dimensões 6,72 x 2,86 m e seu peso total é de 400 kN. Portanto ela provoca uma tensão no solo de 0,25 kgf/cm², portanto inferior à resistência atribuída ao solo. Novamente as paredes da caixa serão tratadas como lajes sob o esforço de empuxo da terra sob elas. No quadro a seguir estão apresentados os valores dos esforços de momento a que as estruturas estão submetidas. Como se pode observar os esforços não são relevantes e para a definição da taxa de aço foi utilizado o parâmetro da armação mínima.

Quadro 3.1 – Valores dos esforços e armações na caixa medidor.

Esforços e Armaduras										
Estrutura	Direção	Momento (kNm)	M. de fissuração (kNm)	M. de serviço (kNm)	Flecha (cm)	Flecha Lim. (cm)	Estádio	Armadura Mínima (Cm²)	Armadura CA50	Armadura CA60
PAR 1	M_a	0,31	25,65	0,31	0,0006	0,54	I	2,01	6,3 mm a cada 15 cm	
	M_b	0,17								
	X_a	0,71								
	X_b	0,56								
PAR2 =PAR3	M_a	10,03	25,65	0,27	0,0003	0,46	I	2,01		
	M_b	3,68								
	X_a	21,40								
	X_b	15,66								
L1=L2	M_a	0,14	6,41	0,14	0,0014	0,46	I	1,00		5,0 mm a cada 19 cm
	M_b	0,03								
	X_a	0,28								
L3=L4	M_a	0,28	6,41	0,28	0,0066	0,62	I	1,00		
	M_b	0,14								
	X_a	0,63								
	X_b	0,48								
L5=L6	M_a	0,50	6,41	0,5	0,0253	0,8	I	1,00		
	M_b	0,42								

Caixa de entrada da lagoa de aeração.

Esta caixa será adequada para distribuir a vazão para as duas lagoas de aeração. Logo algumas paredes serão aproveitadas, outras serão demolidas. E para a adequação, algumas paredes serão construídas com a caixa em funcionamento, fato que exigirá que a ligação das paredes projetadas com as existentes se faça de forma química. Para isso serão executados

furos nas paredes existente para que a ferragem de ligação seja colada de forma química nestas. Novamente as paredes da caixa serão tratadas como lajes sob o esforço apenas do próprio peso. No quadro a seguir estão apresentados os valores dos esforços de momento a que as paredes estão submetidas. Como se pode observar os esforços não são relevantes e para a definição da taxa de aço foi utilizado o parâmetro da armação mínima.

Quadro 3.2 – Valores dos esforços e armações caixa entrada lagoa.

Esforços e Armaduras										
Estrutura	Direção	Momento (kNm)	M. de fissuração (kNm)	M. de serviço (kNm)	Flecha (cm)	Flecha Lim. (cm)	Estádio	Armadura Mínima (Cm²)	Armadura CA50	Armadura CA60
PAR 1	M_a	0,31	25,65	0,31	0,0006	0,54	I	2,01	6,3 mm a cada 15 cm	
	M_b	0,17								
	X_a	0,71								
	X_b	0,56								
PAR2 =PAR3	M_a	10,03	25,65	0,27	0,0003	0,46	I	2,01		
	M_b	3,68								
	X_a	21,40								
	X_b	15,66								
L1=L2	M_a	0,14	6,41	0,14	0,0014	0,46	I	1,00		5,0 mm a cada 19 cm
	M_b	0,03								
	X_a	0,28								
L3=L4	M_a	0,28	6,41	0,28	0,0066	0,62	I	1,00		
	M_b	0,14								
	X_a	0,63								
	X_b	0,48								
L5=L6	M_a	0,50	6,41	0,5	0,0253	0,8	I	1,00		
	M_b	0,42								

4 COMPARATIVO DE CUSTOS – AERADORES COTADOS

Após o recebimento das propostas comerciais, apresentadas no item anterior, foi realizado um estudo comparativo de custos (custos de aquisição, com energia e totais), afim de se verificar a melhor opção de aerador, entre os equipamentos cotados.

Foram comparados 3 aeradores, sendo 1 da ECOSAN, 1 da empresa Sigma e outro da empresa RVC. Para as estimativas de custos com energia elétrica utilizou-se como referência a conta de luz da ERPAI do mês de julho de 2021, de onde foram extraídas as tarifas praticadas, bem como a modalidade tarifária, que neste caso é a THS Azul A4.

A seguir, são apresentadas as estimativas de custos com energia para cada opção estudada.

ESTIMATIVA DE CUSTO DE ENERGIA - ECOSAN AERADOR ARP-250

ANO	HORAS MÉDIAS DE OPERAÇÃO (h)	POTÊNCIA ANUAL CONSUMIDA (kW)	CONSUMO ANUAL DE ENERGIA (kW.h)	DESPESA ANUAL COM ENERGIA (R$)		DEMANDA ANUAL (kW)	DESPESA ANUAL COM DEMANDA (R$)		DESPESA TOTAL ANUAL VALOR PRESENTE (R$)
				HFP	HP		HFP	HP	
				90%	10%		52%	48%	
2.026		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	1.084.429,17
2.027		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	968.240,33
2.028		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	864.500,30
2.029		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	771.875,26
2.030		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	689.174,34
2.031		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	615.334,23
2.032		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	549.405,57
2.033		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	490.540,68
2.034		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	437.982,75
2.035		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	391.056,03
2.036		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	349.157,17
2.037		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	311.747,47
2.038		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	278.345,96
2.039		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	248.523,18
2.040		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	221.895,69
2.041		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	198.121,16
2.042		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	176.893,89
2.043		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	157.940,97
2.044		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	141.018,72
2.045		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	125.909,58
2.046		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	112.419,26
2.047		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	100.374,34
2.048		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	89.619,95
2.049		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	80.017,81
2.050		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	71.444,47
2.051		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	63.789,71
2.052		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	56.955,10
2.053		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	50.852,77
2.054		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	45.404,26
2.055	20,00	107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	40.539,51
2.056		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	36.195,99
2.057		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	32.317,85
2.058		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	28.855,23
2.059		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	25.763,59
2.060		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	23.003,21
2.061		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	20.538,58
2.062		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	18.338,02
2.063		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	16.373,23
2.064		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	14.618,96
2.065		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	13.052,64
2.066		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	11.654,14
2.067		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	10.405,48
2.068		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	9.290,61
2.069		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	8.295,19
2.070		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	7.406,42
2.071		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	6.612,87
2.072		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	5.904,35
2.073		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	5.271,74
2.074		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	4.706,91
2.075		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	4.202,60
2.076		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	3.752,32
2.077		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	3.350,29
2.078		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	2.991,33
2.079		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	2.670,83
2.080		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	2.384,67
2.081		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	2.129,17
2.082		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	1.901,04
2.083		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	1.697,36
2.084		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	1.515,50
VALOR PRESENTE = R$									**10.108.709,77**

Características do Aerador		
Fabricante	-	ECOSAN
Modelo	-	AERADOR ARP-250
Fator de serviço	-	-
Rotação	rpm	1750
Frequência	Hz	60
Tensão do motor	volts	380
Potência do motor	cv	25,0
Quantidade de equipamentos	un	16
Potência total	cv	400
Influência de mistura	m³	-
Capacidade de mistura	m³/h	-

Tarifas da Concessionária	
Nome da concessionária	CEMIG
Modalidade Tarifária	THS Azul A4
Energia Alta Tensão HFP (kWh)	0,44156
Energia Alta Tensão HP (kWh)	0,59058
Demanda Alta Tensão HFP (kW)	14,86
Demanda Alta Tensão HP (kW)	44,90

As tarifas acima não inlcuem o adicional por bandeira.

Fórmula para cálculo do Valor Presente

$$V_p = \frac{V_f}{(1+i)^n}$$

Sendo:

- Vp= Valor presente (R$);
- Vf= Valor futuro (R$);
- i= Taxa de juros (adotado 12%a.a.);
- n= Período de tempo (anos).

ESTIMATIVA DE CUSTO DE ENERGIA - SIGMA ARFA 25

ANO	HORAS MÉDIAS DE OPERAÇÃO (h)	POTÊNCIA ANUAL CONSUMIDA (kW)	CONSUMO ANUAL DE ENERGIA (kW.h)	DESPESA ANUAL COM ENERGIA (R$)		DEMANDA ANUAL (kW)	DESPESA ANUAL COM DEMANDA (R$)		DESPESA TOTAL ANUAL VALOR PRESENTE (R$)
				HFP	HP		HFP	HP	
				90%	10%		52%	48%	
2.026		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	1.084.429,17
2.027		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	968.240,33
2.028		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	864.500,30
2.029		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	771.875,26
2.030		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	689.174,34
2.031		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	615.334,23
2.032		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	549.405,57
2.033		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	490.540,68
2.034		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	437.982,75
2.035		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	391.056,03
2.036		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	349.157,17
2.037		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	311.747,47
2.038		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	278.345,96
2.039		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	248.523,18
2.040		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	221.895,69
2.041		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	198.121,16
2.042		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	176.893,89
2.043		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	157.940,97
2.044		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	141.018,72
2.045		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	125.909,58
2.046		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	112.419,26
2.047		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	100.374,34
2.048		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	89.619,95
2.049		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	80.017,81
2.050		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	71.444,47
2.051		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	63.789,71
2.052		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	56.955,10
2.053		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	50.852,77
2.054		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	45.404,26
2.055	20,00	107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	40.539,51
2.056		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	36.195,99
2.057		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	32.317,85
2.058		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	28.855,23
2.059		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	25.763,59
2.060		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	23.003,21
2.061		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	20.538,58
2.062		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	18.338,02
2.063		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	16.373,23
2.064		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	14.618,96
2.065		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	13.052,64
2.066		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	11.654,14
2.067		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	10.405,48
2.068		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	9.290,61
2.069		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	8.295,19
2.070		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	7.406,42
2.071		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	6.612,87
2.072		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	5.904,35
2.073		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	5.271,74
2.074		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	4.706,91
2.075		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	4.202,60
2.076		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	3.752,32
2.077		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	3.350,29
2.078		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	2.991,33
2.079		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	2.670,83
2.080		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	2.384,67
2.081		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	2.129,17
2.082		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	1.901,04
2.083		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	1.697,36
2.084		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	1.515,50
VALOR PRESENTE = R$									**10.108.709,77**

Características do Aerador		
Fabricante	-	SIGMA
Modelo	-	ARFA 25
Fator de serviço	-	-
Rotação	rpm	1750
Frequência	Hz	60
Tensão do motor	volts	380
Potência do motor	cv	25,0
Quantidade de equipamentos	un	16
Potência total	cv	400
Influência de mistura	m³	2600
Capacidade de mistura	m³/h	2200

Tarifas da Concessionária	
Nome da concessionária	CEMIG
Modalidade Tarifária	THS Azul A4
Energia Alta Tensão HFP (kWh)	0,44156
Energia Alta Tensão HP (kWh)	0,59058
Demanda Alta Tensão HFP (kW)	14,86
Demanda Alta Tensão HP (kW)	44,90

As tarifas acima não inlcuem o adicional por bandeira.

Fórmula para cálculo do Valor Presente

$$V_p = \frac{V_f}{(1+i)^n}$$

Sendo:

- Vp= Valor presente (R$);
- Vf= Valor futuro (R$);
- i= Taxa de juros (adotado 12%a.a.);
- n= Período de tempo (anos).

ESTIMATIVA DE CUSTO DE ENERGIA - RVC COM INJEÇÃO DE MICRO BOLHAS

ANO	HORAS MÉDIAS DE OPERAÇÃO (h)	POTÊNCIA ANUAL CONSUMIDA (kW)	CONSUMO ANUAL DE ENERGIA (kW.h)	DESPESA ANUAL COM ENERGIA (R$)		DEMANDA ANUAL (kW)	DESPESA ANUAL COM DEMANDA (R$)		DESPESA TOTAL ANUAL VALOR PRESENTE (R$)
				HFP	HP		HFP	HP	
				90%	10%		52%	48%	
2.026		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	1.084.429,17
2.027		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	968.240,33
2.028		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	864.500,30
2.029		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	771.875,26
2.030		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	689.174,34
2.031		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	615.334,23
2.032		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	549.405,57
2.033		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	490.540,68
2.034		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	437.982,75
2.035		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	391.056,03
2.036		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	349.157,17
2.037		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	311.747,47
2.038		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	278.345,96
2.039		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	248.523,18
2.040		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	221.895,69
2.041		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	198.121,16
2.042		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	176.893,89
2.043		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	157.940,97
2.044		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	141.018,72
2.045		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	125.909,58
2.046		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	112.419,26
2.047		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	100.374,34
2.048		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	89.619,95
2.049		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	80.017,81
2.050		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	71.444,47
2.051		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	63.789,71
2.052		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	56.955,10
2.053		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	50.852,77
2.054		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	45.404,26
2.055	20,00	107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	40.539,51
2.056		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	36.195,99
2.057		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	32.317,85
2.058		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	28.855,23
2.059		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	25.763,59
2.060		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	23.003,21
2.061		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	20.538,58
2.062		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	18.338,02
2.063		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	16.373,23
2.064		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	14.618,96
2.065		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	13.052,64
2.066		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	11.654,14
2.067		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	10.405,48
2.068		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	9.290,61
2.069		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	8.295,19
2.070		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	7.406,42
2.071		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	6.612,87
2.072		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	5.904,35
2.073		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	5.271,74
2.074		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	4.706,91
2.075		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	4.202,60
2.076		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	3.752,32
2.077		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	3.350,29
2.078		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	2.991,33
2.079		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	2.670,83
2.080		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	2.384,67
2.081		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	2.129,17
2.082		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	1.901,04
2.083		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	1.697,36
2.084		107.456,00	2.149.120,00	854.068,88	126.922,73	3.532,80	27.298,65	76.138,91	1.515,50
VALOR PRESENTE = R$									**10.108.709,77**

Características do Aerador		
Fabricante	-	RVC
Modelo	-	COM INJEÇÃO DE MICRO BOLHAS
Fator de serviço	-	-
Rotação	rpm	1750
Frequência	Hz	60
Tensão do motor	volts	380
Potência do motor	cv	25,0
Quantidade de equipamentos	un	16
Potência total	cv	400
Influência de mistura	m³	-
Capacidade de mistura	m³/h	-

Tarifas da Concessionária	
Nome da concessionária	CEMIG
Modalidade Tarifária	THS Azul A4
Energia Alta Tensão HFP (kWh)	0,44156
Energia Alta Tensão HP (kWh)	0,59058
Demanda Alta Tensão HFP (kW)	14,86
Demanda Alta Tensão HP (kW)	44,90

As tarifas acima não inlcuem o adicional por bandeira.

Fórmula para cálculo do Valor Presente

$$V_p = \frac{V_f}{(1+i)^n}$$

Sendo:

- Vp= Valor presente (R$);
- Vf= Valor futuro (R$);
- i= Taxa de juros (adotado 12%a.a.);
- n= Período de tempo (anos).

A seguir, apresenta-se o quadro geral com o resumo das opções estudadas.

Quadro 5.1 – Comparativo de Custos - Aeradores

COMPARATIVO DE CUSTOS - AERADORES					
ESPECIFICAÇÕES	Fabricante	-	ECOSAN	SIGMA	RVC
	Modelo	-	AERADOR ARP-250	ARFA 25	COM INJEÇÃO DE MICRO BOLHAS
	Fator de serviço	-	-	-	-
	Rotação	rpm	1750	1750	1750
	Frequência	Hz	60	60	60
	Tensão do motor	volts	380	380	380
	Potência do motor	cv	25	25	25
	Potência total	cv	400	16	16
	Influência de mistura	m³	-	400	400
	Capacidade de mistura	m³/h	-	2600	-
CUSTOS	* Investimento unitário	R$	40.700,00	97.417,00	69.283,60
	Quantidade de equipamentos	un	16	16	16
	Investimento total	R$	651.200,00	1.558.672,00	1.108.537,60
	** Custo de energia	R$	10.108.709,77	10.108.709,77	10.108.709,77
	TOTAL	**R$**	**10.800.609,77**	**11.764.798,77**	**11.286.530,97**

Entre os equipamentos cotados, o que apresentou melhor custo benefício foi o da ECOSAN, modelo de Alta Rotação – ARP 250.

Na época da aquisição dos aeradores, a SAE poderá fazer novas cotações e caso apareça um equipamento com desempenho igual ou maior, e menor custo de aquisição, esse poderá ser instalado em alternativa ao vencedor deste estudo.

5 PROPOSTAS COMERCIAIS

Os orçamentos com os custos dos aeradores serão apresentados no Volume VI - Orçamento.