



GOVERNO MUNICIPAL
SECRETARIA DE SAÚDE
QUIXERÉ – ADM “SOMOS TODOS QUIXERÉ”



ANEXO I

01. PROJETO BÁSICO

(Memoriais descritivos, plantas e justificativas técnicas)

02. ORÇAMENTO BÁSICO

(Planilha orçamentária)

03. CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO

(Cronograma de execução da obra e do desembolso financeiro).

04. COMPOSIÇÃO DOS CUSTOS

(Composição dos custos unitários, dos encargos sociais e BDI).



MEMORIAL DESCRITIVO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ

PREFEITURA MUNICIPAL DE QUIXERÉ
CNPJ.: 07.807.191/0001-47

Quixeré/CE

2021

✉ contato@metricagestao.com.br

🌐 www.metricagestao.com.br

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ**



PREFEITURA MUNICIPAL DE QUIXERÉ

**MEMORIAL DESCRITIVO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO
DE ESGOTO (ETE)**

QUIXERÉ/CE

2021

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
COP. CE 55267

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ



SUMÁRIO

SUMÁRIO	2
1 APRESENTAÇÃO	5
2 IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	6
3 EMPRESA CONTRATADA	6
3.1 Responsável técnico	6
4 LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	7
5 ORIGEM DOS EFLUENTES E ESTRUTURA DE TRATAMENTO	7
5.1 Rede hidrossanitária identificada	8
5.2 Sistemas de tratamento de esgoto identificados	8
5.3 DEMANDAS DE PROJETO	9
5.4 Readequação da estrutura hidrossanitária externa	9
5.5 Readequação da estrutura de tratamento de esgoto	9
5.6 Processo de tratamento proposto	10
5.7 Localização da ETE projetada	12
6 REQUALIFICAÇÃO DA ESTRUTURA HIDROSSANITÁRIA EXTERNA DO HOSPITAL	12
6.1 Tubulações	13
6.2 Caixas de passagem	13
7 DIMENSIONAMENTO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE)	13
7.1 Diretrizes de projeto	13
7.2 Tratamento preliminar	14
7.2.1 Dimensionamento calha do tipo Parshall	14
7.2.2 Dimensionamento gradeamento	15

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
C.R.C. 55267

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ**



7.2.3	Dimensionamento caixa de areia	
7.3	Tratamento secundário – RAFA/UASB	19
7.3.1	Dimensionamento do reator	19
7.3.2	Taxa de produção de lodo	22
7.3.3	Produção de biogás	23
7.4	Tratamento secundário – lodos ativados	23
7.4.1	Tanque de aeração (reator aeróbio)	23
7.4.2	Produção de lodo aeróbico	25
7.4.3	Requisitos de aeração	26
7.4.4	Decantador secundário	28
7.5	Tratamento terciário – desinfecção	29
7.5.1	Dosagem de hipoclorito de sódio	30
7.6	Gerenciamento de lodo	31
7.7	Disposição final de efluente tratado	31
7.8	Elevatórias	32
7.8.1	Elevatória de Esgoto 1 - EEE-1	32
7.8.2	Elevatória de Esgoto 2 - EEE-2	33
8	GESTÃO DOS RESÍDUOS	34
9	RESUMO DAS UNIDADES DE TRATAMENTO	35
10	RELAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E CONSTITUINTES DO SISTEMA DE TRATAMENTO	36
	EQUIPE TÉCNICA	37
	ANEXOS	38
	ANEXO I - REGISTRO FOTOGRÁFICO	39
	ANEXO II – ORÇAMENTO DE PROJETO – CONSTRUÇÃO CIVIL	41
	Orçamento resumido	41
	Orçamento	42

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
CONFE. Nº 45267

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ**



Memória de cálculo	
Cronograma físico financeiro	55
Composição do BDI	57
Composição dos custos	59
Composição própria de equipamentos não existentes na Tabela SEINFRA ou SINAPI	106
Composição própria de itens não existentes nas tabelas SEINFRA ou SINAPI do item Quadro de Comando	108
ANEXO III – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA	109

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
C.R.C. CE 55267

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ**



1 APRESENTAÇÃO

O presente documento trata-se do Memorial Descritivo (MD) da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de interesse da PREFEITURA MUNICIPAL DE QUIXERÉ.

A ETE foi concebida para o tratamento dos efluentes líquidos gerados pelo hospital municipal de Quixeré (Hospital Municipal Joaquim Manoel de Oliveira), empregando tecnologia de tratamento robusta, seguindo às diretrizes propostas pelo objeto do contrato.

A MÉTRICA GESTÃO EMPRESARIAL E AMBIENTAL LTDA, aqui como parte contratada, desenvolveu este projeto de ETE visando enquadrar os parâmetros do esgoto gerado pelo estabelecimento aos parâmetros exigidos pela legislação ambiental em termos de lançamento de efluentes sanitários em corpo hídrico. Essas premissas foram adotadas, dado o conhecimento de que a rede coletora atualmente existente e que recebe parte da carga de esgoto gerada no estabelecimento não se encontra concluída, havendo a disposição dos efluentes em corpo hídrico (rio Jaguaribe).

Nesse MD são descritas as principais características da ETE projetada em termos de tecnologia empregada, processo de tratamento, justificativas e roteiro de cálculo empregado para o dimensionamento das unidades de tratamento.

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
C.R.C. 55267

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ



2 IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Razão Social: MUNICÍPIO DE QUIXERÉ

CNPJ: 07.807.191/0001-47

Endereço: Rua Padre Zacarias, 431, Centro, Quixeré-CE. Coordenadas de referência: -5.0744, -37.9889.

3 EMPRESA CONTRATADA

Consultoria: Métrica Gestão Empresarial e Ambiental Ltda - ME

CNPJ: 30.460.577/0001-47

Endereço: R Pedro Queirós, 436 – Parquelândia, Fortaleza, CE, CEP: 60.450-225.

Telefone de contato: (85) 3032 5010

E-mail: contato@metricagestao.com.br

3.1 Responsável técnico

Nome: Natanael de Araújo Barros

Telefone: (85) – 9 9431-6012

E-mail: natanael@metricagestao.com.br

Formação: Graduação em Engenharia Química e Mestre em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) – Área de concentração: Saneamento Ambiental.

Registro nacional CREA: 0613973658/CE

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
CREA/CE 55267

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ**



4 LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A ETE objeto deste memorial será implantada nas dependências do hospital municipal de Quixeré, empreendimento localizado na rua Pe. Zacarias, 431, Centro, Quixeré-CE, CEP: 62920-000. O edifício encontra-se bem próximo à sede municipal, distando aproximadamente 50 m, conforme Figura 1.

Figura 1 - Localização do empreendimento.



O município de Quixeré está localizado a 196 km do Município de Fortaleza, tendo como principal rota de acesso a partir da BR-116, seguindo pela CE-458 e CE-266 até a entrada principal da cidade.

5 ORIGEM DOS EFLUENTES E ESTRUTURA DE TRATAMENTO

Os efluentes líquidos gerados são de origem de serviços de saúde, tendo como origem os banheiros, lavabos e demais estruturas sanitárias do hospital.

A estrutura hidrossanitária e de tratamento de esgoto atualmente presentes são apresentadas nos tópicos a seguir.

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
CPF: 000.000.000-00

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ**



5.1 Rede hidrossanitária identificada

Em visitas realizadas em campo, foram identificadas várias contribuições para a carga de esgoto sanitário do estabelecimento, sendo identificadas três redes hidrossanitárias independentes.

A primeira corresponde a coleta de esgoto do laboratório de análises clínicas presente no hospital. A segunda e a terceira rede coletam os esgotos das demais instalações do hospital, sendo que a segunda despeja o esgoto nas instalações da rede de esgoto pública (atualmente inacabada) e a terceira em um sistema fossa sumidouro presente nas dependências do hospital. Em todos os casos, o esgoto é encaminhado por meio de um sistema de tubulações e caixas de passagem com operação e manutenção bastante precárias.

Foram relatados problemas de refluxo de esgoto devido ao extravasamento das caixas de passagem de esgoto. Foram levantadas algumas causas sinérgicas para esses problemas: a manutenção precária dessas caixas de passagem (entupimentos com materiais grosseiros e fechamento por meio de tampas inadequadas, por exemplo), a não impermeabilização dessas caixas e a entrada de águas pluviais na rede esgoto em diversos pontos (caixas de passagem, por exemplo).

5.2 Sistemas de tratamento de esgoto identificados

Foram identificados três sistemas de tratamento do tipo fossa-sumidouro. O primeiro ligado à rede hidrossanitária do laboratório de análises clínicas, o segundo sistema ligado à rede das instalações administrativas do hospital e o terceiro coletando o esgoto gerado dos leitos de enfermaria.

Conforme destacado, essas redes são compostas por um conjunto de tubulações e caixas de passagem com operação e manutenção bastante prejudicadas.

Destaca-se que, devido a áreas de acesso restrito (inclusive com restrições por motivos sanitários), o levantamento de todos os elementos que constituem a rede hidrossanitária do hospital foi prejudicada. Foi fornecido por parte da

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
C.R.C. Nº 55267

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ**



administração municipal o projeto arquitetônico e hidrossanitário do hospital. Contudo, confrontando o projeto e o executado observado em visita realizada no local, constatou-se que vários elementos presentes não estavam previstos no projeto original, não havendo nenhum registro do tipo *data book* do hospital disponibilizado.

5.3 DEMANDAS DE PROJETO

As demandas identificadas são basicamente duas: (i) readequação da estrutura de coleta e transferência de esgoto atualmente existentes e (ii) readequação da infraestrutura de tratamento de esgoto.

5.4 Readequação da estrutura hidrossanitária externa

Conforme destacado, foram relatados problemas relacionados de refluxo de esgoto em condições desfavoráveis, especialmente em dias chuvosos. O registro fotográfico dos problemas identificados pode ser visto no ANEXO I – REGISTRO FOTOGRÁFICO.

A readequação da infraestrutura deverá perpassar pela análise dos condutos de esgoto externos à edificação visando sanar os problemas de refluxo de esgoto.

5.5 Readequação da estrutura de tratamento de esgoto

Em visita realizada ao local, foi identificado que o sistema atualmente existente de tratamento composto pelo conjunto fossa-sumidouro possui manutenção bastante prejudicada, com a presença de materiais grosseiros em grande quantidade no sistema de tratamento, afetando de forma considerável a eficiência do sistema (ver ANEXO I – REGISTRO FOTOGRÁFICO).

Além disso, a própria concepção tecnológica do sistema é ineficaz para que se alcance os níveis de eficiência necessários exigidos a uma qualidade de esgoto tratado satisfatórios que se enquadre ao exigido pela legislação ambiental vigente para lançamento em corpo hídrico.

Dada ainda as características de baixa disponibilidade de área disponível (correspondendo a área do atual sistema de tratamento) e ainda os altos níveis

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
C.R.C. Nº 55267

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ



de eficiência necessários para a remoção de matéria orgânica foi adotado o processo de tratamento com **emprego de reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA/UASB) associado ao processo de Lodos Ativados (LA)**, combinação essa que oferece melhores eficiências para remoção tanto em termos de matéria orgânica como nitrogenada.

5.6 Processo de tratamento proposto

A ETE foi projetada visando atender à legislação vigente para tratamento e disposição de efluentes líquidos de serviço de saúde e sua disposição final em corpo hídrico, especificamente a Resolução N° 02/2017 do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA 02/2017), arts. 11 e 18. Os parâmetros exigidos são:

Tabela 1 - Parâmetros de referência COEMA 02/2017, art. 11.

PARÂMETRO	REFERÊNCIA
pH	entre 5,0 e 9,0;
Temperatura	inferior a 40°C;
Materiais Sedimentáveis	até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff;
Substâncias Solúveis em Hexano:	a) Óleos minerais: até 100 mg/L; b) Óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L
Materiais Flutuantes	ausência
Cor aparente	Presença de corantes e pigmentos virtualmente ausentes
Sólidos Suspensos Totais (SST)	até 100,0 mg/L;
NMP de Coliformes Termotolerantes	até 5000 NMP/100ml;
Sulfeto	até 1 mg/L;
Sulfato	Até 500 mg/L
Nitrogênio Amoniacal Total	a) até 20 mg/L, quando o pH for menor ou igual a 8,0; ou, b) até 5 mg/L, quando o pH for maior que 8,0.
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	até 200,0 mg/L;
Cianeto total	Até 1,0 mg/L
Cianeto livre	Até 0,2 mg/L

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
C.R.C. 45267

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ



O processo de tratamento proposto seguirá as seguintes etapas:

Unidade de Tratamento Preliminar (TP): retirada de materiais grosseiros, gradeamento do tipo fino, desarenação em caixa de areia e medição de vazão em calha do tipo Parshall.

Elevatória de Esgoto (EEE): Conjunto formado por poço de recepção de esgoto bruto e bombas para transferência de esgoto para a próxima etapa;

Tratamento secundário – Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente - RAFA: retirada da matéria orgânica carbonácea por meio de processo anaeróbio, assegurando ótima eficiência em termos de remoção de Demanda Química de Oxigênio (DQO) com baixos custos operacionais;

Tratamento secundário – Lodos Ativados (LA, aeração prolongada): retirada do remanescente de matéria orgânica carbonácea e conversão de matéria orgânica nitrogenada a nitrato em sistema de lodos ativados composto por um tanque de aeração (reator biológico) e decantador secundário. A modalidade de aeração prolongada propicia a geração de lodo aeróbio já estabilizado, não exigindo infraestrutura de estabilização de lodo.

Unidade de tratamento terciário - Desinfecção: desinfecção pelo emprego de solução de hipoclorito de sódio por meio de bomba dosadora, sendo a desinfecção ocorrendo em tanque de contato.

Unidade de gerenciamento de lodo: lodo produzido estabilizado será armazenado em uma cisterna para adensamento e posterior retirada por meio de veículos do tipo limpa-fossa.

A seleção pelo processo de tratamento composto pela associação de tratamento anaeróbio (reator UASB) seguido de uma etapa aeróbia (Lodos Ativados) levou em consideração a futuras ampliações na capacidade de tratamento do hospital (aumento de carga orgânica e hidráulica), bem como a restrições de área de instalação da ETE. Além disso, a disposição de efluente tratado em corpo hídrico possui condições de lançamento mais restritivas, o que exige o emprego de tecnologia de tratamento robusta.

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
MSc. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
C.R.C. 55267

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ**



5.7 Localização da ETE projetada

A ETE será localizada sobre a atual estrutura de tratamento (conjunto fossa-sumidouro ou decantodigestores). A justificativa para a escolha dessa área é o não comprometimento de outras áreas do hospital que poderá ser usado para futuras ampliações das instalações. Além disso, a adoção de um sistema compacto de tratamento possibilitou o aproveitamento da área atual destinada ao sistema de tratamento, apenas necessitando de algumas alterações na infraestrutura do local.

6 REQUALIFICAÇÃO DA ESTRUTURA HIDROSSANITÁRIA EXTERNA DO HOSPITAL

Arelado à solução de tratamento do esgoto gerado, a coleta e transporte de esgoto também será alvo de requalificação, dado aos problemas com esgoto relatados anteriormente.

Destacam-se alguns desafios para a concepção das intervenções aqui propostas no que se refere ao transporte de esgoto de forma eficaz:

- As instalações hidrossanitárias, em sua grande parte, já se encontravam executadas, muitas em precário estado de conservação;
- O processo de avaliação geral da infraestrutura ficou comprometida, pois não foi permitida a entrada dos técnicos da contratada em algumas áreas do hospital, dado ao acesso negado devido a questões de isolamento das unidades causados pela pandemia de Covid-19;
- O projeto arquitetônico fornecido não coincide com o executado em muitas partes do hospital (ramais e subramais);
- Não existe nenhuma documentação do tipo *data book* que documente as intervenções realizadas pós-execução do projeto.

Dado esses fatos, o conjunto de intervenções aqui propostas restringem-se à área externa da edificação do hospital, por meio da requalificação das tubulações hidrossanitárias de esgoto e as respectivas caixas de passagem, além do projeto

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
CREA/CE 55267

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ



de uma elevatória de esgoto (EE) que fará o recalque do esgoto para a ETE, aqui também projetada.

6.1 Tubulações

As tubulações entre caixas de passagem serão de PVC branco de diâmetro nominal \varnothing 100mm.

O traçado das tubulações deverá convergir para o poço da EEE-1.

6.2 Caixas de passagem

As caixas de passagem serão prismáticas com dimensões indicadas em projeto (ver peças gráficas).

7 DIMENSIONAMENTO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE)

7.1 Diretrizes de projeto

O dimensionamento da ETE levou em consideração algumas diretrizes de projeto, respeitando as particularidades da operação do estabelecimento e, também, visando a eficácia e eficiência dos resultados do processo de tratamento. As diretrizes básicas de projeto são apresentadas na Tabela 2.

O dimensionamento da vazão de projeto levou em consideração o histórico consumo de água pelo estabelecimento, o coeficiente de retorno de esgoto (CR) de 80%, além de futuras ampliações na capacidade de atendimento do hospital.

- Consumo médio histórico: $348,5 \text{ m}^3/\text{mês} \approx 0,5 \text{ m}^3/\text{h}$;
- Vazão de retorno: $80\% \times 0,5 = 0,4 \text{ m}^3/\text{h}$;
- Vazão de projeto considerando ampliações: **$Q = 1,0 \text{ m}^3/\text{h}$** .

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
C.R.C. 55267

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ



Tabela 2 - Diretrizes básicas de projeto empregadas no dimensionamento da ETE.

Item	Simbologia	Valor
Vazão de projeto	Q	1 m ³ /h (0,28 L/s)
Tempo de Contribuição do Sistema	TCS	24h/dia
Coeficiente o dia de maior geração	K ₁	1,2
Coeficiente de maior geração horária	K ₂	1,5
Coeficiente de menor geração horária	K ₃	0,5
Demanda Bioquímica de Oxigênio do efluente bruto	DBO	350 mg/L
Demanda Química de Oxigênio do efluente bruto	DQO	700 mg/L
Nitrogênio Orgânico	NO	20 mg/L
Amônia	NH ₃	30 mg/L
Nitrogênio Total Kjeldahl	NTK	50 mg/L

7.2 Tratamento preliminar

7.2.1 Dimensionamento calha do tipo Parshall

Vazões:

- $Q_{\max} = K_1 \times K_2 \times Q_{\text{med}} = 1,2 \times 1,5 \times 0,28 = 0,50 \text{ L/s (1,8 m}^3/\text{h)}$
- $Q_{\text{med}} = 0,28 \text{ L/s (1,0 m}^3/\text{h)}$
- $Q_{\min} = K_3 \times Q_{\text{med}} = 0,5 \times 0,28 = 0,14 \text{ L/s (0,5 m}^3/\text{h)}$

Dada às vazões máxima e mínima, a escolha recai sobre a **calha Parshall com garganta nominal de 2"** de acordo com o padrão ASTM 1941:1975. Nesse caso, os parâmetros K e n são respectivamente 1,550 e 434,58, para o cálculo das alturas em termos de vazão em m³/h.

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
CONCRETO Nº 55267

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ



7.2.2 Dimensionamento gradeamento

Considerações:

- Abertura entre as barras: $a = 15\text{mm}$;
- Barras de aço com seção (t x X): $3/8" \times 1\ 1/2"$ (9,50 mm x 38,10 mm);
- Inclinação da grade: 45° ;
- Adoção da velocidade na grade: $V_g = 0,8\text{ m/s}$.
- Profundidade de chegada da tubulação à ETEI: 20 cm;
- Diâmetro da tubulação de chegada à ETEI: 100 mm;
- Razão de acúmulo de material na caixa de areia: $R = 2,0 \cdot 10^{-5}\text{ m}^3/\text{m}^3$.

Altura de medição da vazão d'água:

- $Q[\text{m}^3/\text{h}] = K \times H[\text{m}]^n$
- $Q_{\text{max}} = 1,8\text{ m}^3/\text{h}$; $H_{\text{max}} = 0,029\text{ m}$
- $Q_{\text{med}} = 1,0\text{ m}^3/\text{h}$; $H_{\text{med}} = 0,020\text{ m}$
- $Q_{\text{min}} = 0,5\text{ m}^3/\text{h}$; $H_{\text{min}} = 0,013\text{ m}$

Cálculo do rebaixamento da calha:

- $Z = (Q_{\text{max}} \times H_{\text{min}} - Q_{\text{min}} \times H_{\text{max}}) / (Q_{\text{max}} - Q_{\text{min}})$
 $Z = (1,8 \times 0,013 - 0,50 \times 0,029) / (1,8 - 0,5) = 0,006\text{ m}$.

Cálculo das lâminas de água¹:

- $h = H - z$
- $h_{\text{max}} = 0,029 - 0,006 = 0,023\text{ m}$
- $h_{\text{med}} = 0,020 - 0,006 = 0,013\text{ m}$
- $h_{\text{min}} = 0,013 - 0,006 = 0,006\text{ m}$

Cálculo da área útil de gradeamento:

- $A_u = Q_{\text{max}}/V_g = (0,50\text{ L/s}) / (0,8\text{ m/s}) \times (1\text{ m}^3/1000\text{ L}) = 6,25 \times 10^{-4}\text{ m}^2$

¹ Valores aproximados devido a truncamentos.

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ



Cálculo da eficiência do gradeamento:

- $E_g = a/(a+t) = 15 / (15 + 38,10) = 0,6122$ (61,2%)

Cálculo da área de secção do canal da grade:

- $A_t = A_u/E_g = 6,25 \times 10^{-4} / 0,6122 = 1,02 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

Cálculo da largura teórica do canal:

- $B_g = A_t/h_{\max} = 1,02 \times 10^{-3} / 0,023 = 0,045 \text{ m}$

$B_g = 0,15 \text{ m}$ (adotado)

A razão da adoção da largura do canal ser maior do que o calculado deve-se à observação prática do processo de limpeza do canal e também da limpeza da grade que requer um tamanho mínimo para limpeza.

Tabela 3 - Verificação de velocidades no gradeamento.

Condição	Q (m ³ /s)	h (m)	$A_t = B_g \times h$ (m ²)	$A_u = A_t \times E$ (m ²)	V = Q/A _u (m/s)
Máxima	$5,0 \times 10^{-4}$	0,023	$3,39 \times 10^{-3}$	$2,08 \times 10^{-3}$	0,24
Média	$2,8 \times 10^{-4}$	0,013	$2,02 \times 10^{-3}$	$1,23 \times 10^{-3}$	0,23
Mínima	$1,4 \times 10^{-4}$	0,006	$9,42 \times 10^{-4}$	$5,76 \times 10^{-4}$	0,24

As velocidades obtidas encontram-se fora das recomendadas (entre 0,40 e 0,75 m/s), pois a largura adotada para o canal de gradeamento é maior do que o calculado.

Cálculo da velocidade de passagem na grade na condição de obstrução de 50%:

- $V = (\text{Vel. a jusante condição máxima}) / (\text{Obstrução}) = V_o/\text{Obs}$
- $V = 0,24 / 50\% = 0,48 \text{ m/s}$

Cálculo da velocidade a montante:

- $v = V_o \times E_g = 0,24 \times 61,2\% = 0,15 \text{ m/s}$

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
C.R.C. - 55267

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ



Cálculo da perda de carga na condição de obstrução de 50%.

- $h_f = 1,43 \times (V^2 - V_0^2) / 2g$
 $h_f = 1,43 \times (0,48^2 - 0,15^2) / (2 \times 9,81) = 0,016 \text{ m}$

Adoção do tempo de detenção hidráulica no canal de acesso:

- $t = 3,0 \text{ s}$

Cálculo do comprimento do canal de acesso ao gradeamento:

- $L = Q_{\max} \times t / (B_g \times h_{\max}) = (0,0005 \times 3) / (0,15 \times 0,023) = 0,44 \text{ m}$
 $L = 1,00 \text{ m (adotado)}$

A adoção desse valor para o comprimento do canal de acesso levou em consideração a praticidade para o processo de limpeza do canal e também espaço útil para a grade.

Cálculo da projeção vertical da grade:

- $h_v = h_{\max} + h_f + D + 0,10 \text{ m (folga)}$
 $h_v = 0,023 + 0,016 + 0,100 + 0,10 = 0,24 \text{ m}$

Cálculo do comprimento da grade:

- $x = h_v / \text{sen } 45^\circ$
 $x = 0,24 / 0,7071 = 0,34 \text{ m}$

Cálculo do número de barras na grade:

- $N = b / (t + m)$
 $N = 150 \text{ mm} / (9,50 \text{ mm} + 15 \text{ mm}) = 6,12$
 $N = 6 \text{ barras (adotado)}$

Espaçamento entre as barras extremas e a parede do canal:

- $e = (b - [N \times t + (N - 1) \times a]) / 2$
 $e = (150 - [6 \times 9,50 + (6 - 1) \times 15]) = 9,00 \text{ mm.}$

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
C.C.F. 55267

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ**



18

7.2.3 Dimensionamento caixa de areia

Considerações:

- Velocidade na caixa de areia: $V_{ca} = 25 \text{ cm/s} = 0,25 \text{ m/s}$

Cálculo da largura do canal de desarenação:

- $B_{ca} = Q_{max} / (h_{max} \times V_{ca}) = 0,0005 / (0,023 \times 0,25) = 0,09 \text{ m}$

Devido à baixa vazão, a velocidade recomendada de 0,25 m/s leva ao valor de comprimento do canal que não é conveniente para fins práticos (0,09 m).

Devido a isso, adotou-se o valor:

$$B_{ca} = 0,15 \text{ m}$$

Resumo das velocidades na caixa de areia nos diferentes regimes de operação:

- $V = Q / (B_{ca} \times h)$
- $V_{max} = 0,0005 / (0,15 \times 0,023) = 0,15 \text{ m/s}$
- $V_{med} = 0,00028 / (0,15 \times 0,013) = 0,14 \text{ m/s}$
- $V_{min} = 0,00014 / (0,15 \times 0,006) = 0,15 \text{ m/s}$

Cálculo do comprimento do canal de desarenação:

- $L_{ca} = 22,5 \times h_{max} = 22,5 \times 0,023 = 0,51 \text{ m}$
Adota-se o valor de $L_{ca} = 1,00 \text{ m}$.

Cálculo da área superficial de desarenação:

- $A_{des} = B_{ca} \times L_{ca} = 0,15 \times 1,00 = 0,15 \text{ m}^2$

Cálculo da taxa de aplicação superficial na caixa de areia:

- $I = Q_{max} / (A_{des}) = 0,0005 \times 86400 / (0,15) = 288,0 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{dia}$

A taxa de aplicação superficial é menor do que o máximo recomendado de 1000 m³/m²dia, no caso de desarenadores na ausência de decantadores primários.

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
C.R.C. - 55267

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ



Cálculo da quantidade de material retido na caixa de areia, estimando-se a razão de deposição de material $R = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m}^3$:

- $M = Q_{\text{med}} \times R = 0,00028 \times 86400 \times 2,0 \cdot 10^{-5} = 0,0005 \text{ m}^3/\text{dia}$

Cálculo do volume acumulado em um ciclo de operação de 7 dias:

- $V_{\text{acum}} = 0,001 \times 7 = 0,007 \text{ m}^3$

Cálculo da altura do poço de acumulação:

- $H_{\text{acum}} = V_{\text{acum}} / A_{\text{des}} = 0,007 / 0,20 = 0,034 \text{ m}$

Como o valor é inferior ao mínimo recomendado de 20 cm, logo adota-se esse valor como altura para o poço de lodo: $H_{\text{acum}} = 0,20 \text{ m}$.

7.3 Tratamento secundário – RAFA/UASB

Diretrizes de projeto do reator:

- Tempo de Detenção Hidráulica: $TDH = 7\text{h}$ (0,29 dia);
- DBO afluente ao reator: $DBO_{\text{af}} = 350 \text{ mg/L}$;
- DQO afluente ao reator: $DQO_{\text{af}} = 700 \text{ mg/L}$;
- Vazão de projeto: $Q = 1,0 \text{ m}^3/\text{h}$ (24 m^3/dia);
- Velocidade superficial máxima: $U_s = 1 \text{ m/h}$;
- Adoção da altura útil de tratamento: $H_u = 4,70 \text{ m}$;
- Adoção da altura do compartimento de digestão: $H_{\text{cd}} = 2,50 \text{ m}$;
- Área de influência de cada tubo distribuidor: $a = 2 \text{ m}^2$;
- Diâmetro do coletor de gases: $D_{\text{cg}} = 0,50 \text{ m}$;

7.3.1 Dimensionamento do reator

Cálculo da Carga Hidráulica Volumétrica (CHV)

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
C.R.C. 55267

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ



- $CHV = 1 / TDH = 1 / 0,29 = 3,43 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{dia}$

Cálculo do volume útil do reator considerando a CHV calculada:

- $V_u = Q/CHV = 24/3,43 = 7,0 \text{ m}^3$

Cálculo da área do reator:

- $A_r = V_u / H_u = 26,27 / 4,70 = 1,49 \text{ m}^2$

Cálculo do diâmetro do reator:

- $D = \sqrt{(4 \times A_r / \pi)} = \sqrt{(4 \times 1,49 / \pi)} = 1,38 \text{ m}$
- **D = 1,50 m (adotado)**

Área corrigida do reator:

- $A_r = \pi \times D^2 / 4 = \pi \times 1,50^2 / 4 = 1,77 \text{ m}^2$

Volume útil do reator corrigido:

- $V_r = 1,77 \times 4,70 = 8,31 \text{ m}^3$

Tempo de Detenção Hidráulica corrigido (TDH):

- $TDH = V_r / Q = 8,31 / 1 = 8,31 \text{ h} = 0,35 \text{ dia}$

Cálculo da velocidade ascensional média (U):

- $U = Q / A = 1,0 / 1,77 = 0,57 \text{ m/h}$

Cálculo da velocidade ascensional máxima (U_{\max}):

- $U_{\max} = Q_{\max} / A = 1,8 / 1,77 = 1,02 \text{ m/h}$

Ambas as velocidades estão dentro das recomendadas pela NBR 12.209/2011.

Cálculo da velocidade de passagem do compartimento de digestão para o compartimento de decantação (v).

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
CREA/CE 55267

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ



$$v = Q / (A_r - A_{cg})$$

onde A_{cg} é a área inferior do coletor de gases:

- $A_{cg} = \pi/4 \times D_{cg}^2 = \pi/4 \times 0,50^2 = 0,20 \text{ m}^2$
- $v = Q / (A_r - A_{cg}) = 1,0 / (1,77 - 0,20) = 0,64 \text{ m/h}$
- $v_{max} = Q_{max} / (A_r - A_{cg}) = 1,8 / (1,77 - 0,20) = 1,15 \text{ m/h}$

Ambas as velocidades de passagem estão dentro dos intervalos recomendados pela NBR 12.209/2011.

Cálculo do número de tubos de distribuição do reator:

- $N_{tubos} = A_r / a = 1,77 / 2 = 0,9$
- **$N_{tubos} = 4$ (adotado)**

Por motivos de redundância e questões hidráulicas, optou-se pelo emprego do número total de **4 tubos** de distribuição.

Cálculo da vazão em cada tubo distribuidor (q):

- $q = Q / N_{tubos} = 1,0 / 4 = 0,25 \text{ m}^3/\text{h}$

Adotando o diâmetro do tubo de distribuição de 75 mm (mínimo recomendado), a velocidade média do escoamento em cada tubo de distribuição (u) é:

- $u = (0,25/3600) / (\pi/4 \times 0,075^2) = 0,02 \text{ m/s}$

A velocidade obtida está dentro do recomendado pela literatura, i. e., abaixo de 0,2 m/s.

Adoção da altura imersa do coletor de gases:

- $H_{cg} = 1,50 \text{ m}$

Adoção da altura de folga no topo do reator:

- $H_{folga} = 0,30 \text{ m}$

Cálculo da altura entre o coletor de gases e o compartimento de digestão (H_s):

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
C.C.F. 55267

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ**



- $H_t = H_{cd} + H_s + H_{cg}$
- $H_s = H_t - (H_{cd} + H_{cg}) = 4,70 - (2,50 + 1,50) = 0,70 \text{ m}$

Considerando a folga entre a lâmina d'água e o topo do reator de 30 cm, a altura total do reator (H_t) será:

- $H_t = 4,70 + 0,30 = 5,00 \text{ m.}$

Estimativa da eficiência de remoção de DQO do reator:

- $E_{DQO} = 100\% \times (1 - 0,68 \times TDH^{-0,35}) = 100 \times (1 - 0,68 \times 8,31^{-0,35})$
- $E_{DQO} = 67,6\%$

DQO efluente ao reator (DQO_{ef}):

- $DQO_{ef} = 700 \times (1,00 - 65,6\%) = 226,9 \text{ mg/L}$

Estimativa da eficiência de remoção de DBO do reator:

- $E_{DBO} = 100\% \times (1 - 0,70 \times TDH^{-0,50}) = 100 \times (1 - 0,70 \times 8,31^{-0,50})$
- $E_{DBO} = 73,5\%$

DBO efluente ao reator (DBO_{ef}):

- $DBO_{ef} = 300 \times (1,00 - 73,5\%) = 85,0 \text{ mg/L}$

7.3.2 Taxa de produção de lodo

Cálculo da produção de lodo (P_{lodo} e V_{lodo}), considerando o coeficiente de sólidos no sistema (Y) de 0,20 kgSST/kgDQO_{apl}, massa específica do lodo (γ) de 1020 kg/m³ e concentração (c) de 4%.

- $P_{lodo} = Y \times Q \times DQO_{af} = 0,20 \times 24 \times 0,700 = 3,02 \text{ kgSST/dia;}$
- $V_{lodo} = P_{lodo} / (\gamma \times c) = 3,02 / (1020 \times 4\%) = 0,07 \text{ m}^3/\text{dia.}$

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
CONFE. Nº 55267

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ**



7.3.3 Produção de biogás

Não foi prevista a recuperação de biogás gerado durante o processo de tratamento no RAFA, uma vez que não há viabilidade econômica que justifique o aproveitamento energético do mesmo.

7.4 Tratamento secundário – lodos ativados

Processo de lodos ativados foi concebido na forma de aeração prolongada, considerando os seguintes parâmetros de projeto:

- Temperatura de processo (média do mês mais frio): $T = 25^{\circ}\text{C}$;
- Idade de lodo: $IL = 18$ dias;
- Concentração de DBO solúvel efluente ao sistema: $\text{DBO}_{\text{ef}} = 30 \text{ mg/L} = 0,020 \text{ kgDBO/m}^3$;
- Conc. de SSV no tanque de aeração: $X_v = 4000 \text{ mgSSVTA/L} = 4,0 \text{ kgSSVTA/m}^3$;
- Concentração de sólidos no efluente final: $X_{\text{ef}} = 30 \text{ mg/L}$;
- Relação entre SSV/SST após a idade de lodo: $0,77 \text{ kgSSV/kgSST}$;
- Fração biodegradável ao gerar sólidos: $f_b = 0,80 \text{ kgSSVb/kgSSV}$;
- Relação entre DBO última e X_b : $(\text{DBO}_u/X_b) = 1,42 \text{ kgDBO}_u/\text{kgSSb}$;
- Relação entre DBO última e DBO_5 (DBO): $(\text{DBO}_u/\text{DBO}) = 1,46 \text{ kgDBO}_u/\text{kgDBO}$;
- Coeficiente de produção celular: $Y = 0,60 \text{ kgSSV/kgDBO}$;

7.4.1 Tanque de aeração (reator aeróbio)

Cálculo da concentração de lodo no reator após a idade de lodo:

- $X_{v,\text{ef}} = X_{\text{ef}} \times (\text{SSV/SST})IL = 30 \times 0,77 / 1000 = 0,023 \text{ kg SSVTA/m}^3$

Correção do parâmetro K_d para a temperatura de projeto:

- $K_d = K_d^0 \times \theta^{T-20} = 0,08 \times 1,07^{25-20} = 0,11 \text{ dia}^{-1}$

Cálculo do coeficiente f_b :

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
C.R.C. 45267

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ



- $f_b = f_b' / (1 + (1 + f_b') \times K_d \times IL) = 0,08 / (1 + (1 + 0,80) \times 0,11 \times 18) = 0,57$
kgSSVb/SSV

Cálculo da concentração de sólidos biodegradáveis no efluente final:

- $X_{b,ef} = X_{v,ef} \times f_b = 0,023 \times 0,57 = 0,013$ kgSSb/m³;

Cálculo da DBO em suspensão no efluente:

- $DBO_{susp} = (DBO_u / X_b) \times X_{b,ef} / (DBO_u / DBO) = 1,42 \times 0,013 / 1,46$

$$DBO_{susp} = 0,013 \text{ kgDBO/m}^3 = 13 \text{ mgDBO/L}$$

Cálculo da DBO solúvel máxima a ser obtida no efluente:

- $DBO_{sol} = DBO_{ef} - DBO_{susp} = 0,030 - 0,013 = 0,017$ kgDBO/m³

$$DBO_{sol} = 17,2 \text{ mg/L}$$

Cálculo da carga biológica removida no reator:

- $S_r = Q \times (DBO_{af} - DBO_{sol}) = 24 \times (85,0 - 17,2) / 1000 = 1,63$ kgDBO/dia

Cálculo do volume teórico do reator ($V_{r,t}$):

- $V_{r,t} = (Y \times IL \times S_r) / (X_v(1 + f_b \times K_d \times IL)) = (0,60 \times 18 \times 1,63) / (4 \times (1 + 0,71 \times 0,11 \times 18)) = 2,04$ m³

Adotando o diâmetro (D) do reator aeróbio de 1,50 m, a altura útil do reator será (H_u):

- $H_u = V_{r,t} / (\pi/4 \times D^2) = 2,04 / (\pi/4 \times 1,50^2) = 1,16$ m
- **$H_u = 1,20$ m (adotado)**

Volume do reator corrigido (V_r):

- $V_r = (\pi/4 \times D^2) \times H_u = (\pi/4 \times 1,50^2) \times 1,20 = 2,12$ m³

Cálculo da taxa de consumo de substrato:

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Msc. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
CREA/CE 55267

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ**



- $U = Sr / (X_v \times V_r) = 1,63 / (4 \times 2,12) = 0,19 \text{ kgDBO/kgSSVTA}$

Cálculo da relação Alimento/Microrganismo:

- $(A/M) = (DBO_{af} \times Q) / (X_v \times V) = (0,085 \times 24) / (4 \times 2,12)$

$$(A/M) = 0,24 \text{ kgDBO/kgSSVTA.dia}$$

7.4.2 Produção de lodo aeróbico

O Sumário de produção de lodo pode ser visto na Tabela 4 abaixo.

Tabela 4 - Resumo de sólidos do reator aeróbio.

Parâmetro	Simbologia	Valor	Unidade
Carga de sólidos afluente ao reator			
Carga de SST afluente ao reator	P_{x-af}	16,80	kgSS/dia
Carga de SSV afluente ao reator	P_{xv-af}	12,43	kgSSV/dia
Carga de sólidos em suspensão voláteis	P_{xb-af}	7,46	kgSSb/dia
Carga de SSV não biodegradável	P_{xnb-af}	4,97	kgSSnb/dia
Carga de SS inorgânicos - SSI (não voláteis)	P_{xl-af}	4,37	kgSSI/dia
Carga de sólidos gerados no reator			
SSV produzidos no reator	P_{xv-r}	0,98	kgSSV/dia
SST formados no reator	P_{x-r}	1,08	kgSST/dia
SSI formados no reator	P_{xl-r}	0,11	kgSSI/dia
SSb formados no reator	P_{xb-r}	0,56	kgSSV/dia
SSnb formados no reator	P_{xnb-r}	0,42	kgSSnb/dia
SSb destruídos na respiração endógena	$P_{xb-r-dest}$	0,52	kgSSb/dia
SSb remanescentes	$P_{xb-r-liq}$	0,03	kgSSb/dia
SSV remanescentes	$P_{xv-r-liq}$	0,45	kgSSV/dia
Resumo do reator			
Produção de SSI	P_{xl}	4,48	kgSSI/dia
Produção de SSnb	P_{xnb}	5,39	kgSSnb/dia
Produção de SSb	P_{xb}	0,03	kgSSb/dia
Produção de SSV	P_{xv}	5,43	kgSSV/dia
Produção de SST	P_x	9,90	kgSST/dia
Remoção de lodo excedente			
SST saindo do reator	SSTef	0,72	kgSST/dia
SST a ser removido do sistema	SSTrem	9,18	kgSST/dia
Concentração de SS na linha de recirculação	SSLR	10,39	kgSST/m ³
Cálculo do volume a ser removido por dia	Qex	0,88	m³/dia

Portanto, a vazão de lodo excedente deverá ser de 0,88 m³/dia.

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
C.R.C. CE 55267

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ**



Adota-se a razão de recirculação de lodo **R = 1**.

7.4.3 Requisitos de aeração

Cálculo da Demanda de Oxigênio para Síntese:

- $DOS = S_r \times ((DBO_u/DBO) - (DBO_u/X_b) \times Y)$
 $DOS = 1,63 \times (1,46 - 1,42 \times 0,60)$
 $DOS = 0,99 \text{ kgO}_2/\text{dia}$

Cálculo da Demanda de oxigênio para Respiração Endógena:

- $DRE = (DBO_u/X_b) \times f_b \times K_d \times X_v \times V_r$
 $DRE = 1,46 \times 0,57 \times 0,11 \times 4 \times 2,12$
 $DRE = 0,74 \text{ kgO}_2/\text{dia}$

Cálculo da Demanda Carbonácea:

- $DC = DOS + DRE = 0,99 + 0,74 = 1,73 \text{ kgO}_2/\text{dia}$

Para o cálculo da Carga de Nitrogênio Total afluyente ao reator (C_{NT}), foram consideradas apenas as contribuições de origem orgânica e amoniacal (Nitrogênio Total Kjeldahl - NTK), dado que contribuições nas formas de nitrito e nitrato são desprezíveis para esgoto bruto:

- $C_{NT} = Q \times NTK = 24 \times 50/1000 = 1,20 \text{ kgNTK}/\text{dia}$

Cálculo da carga de nitrogênio presente na linha de lodo excedente, considerando a fração de amônia de $0,10 \text{ kgNTK}/\text{kgSSV}$:

- $C_{NT, \text{lodo}} = 0,10 \times P_{xv-r- \text{liq}} = 0,10 \times 0,45 = 0,05 \text{ kgNTK}/\text{dia}$

Cálculo da carga de nitrogênio a ser oxidada:

- $C_{NT, \text{oxid}} = C_{NT} - C_{NT, \text{lodo}} = 1,20 - 0,05 = 1,15 \text{ kgNTK}/\text{dia}$

Cálculo da demanda de oxigênio para nitrificação, considerando a relação estequiométrica de $4,57 \text{ kgO}_2/\text{kgNTK}$:

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
C.R.C. - CE - 55267

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ**



- $DN = 4,57 \times 1,15 = 5,28 \text{ kgO}_2/\text{dia}$

Cálculo da Demanda Total de Oxigênio (DTO):

- $DTO = DC + DN = 1,73 + 5,28 = 7,01 \text{ kgO}_2/\text{dia}$

Verificação da razão entre DTO e a carga de DBO afluente ao reator (C_{DBO}):

- $DTO/C_{DBO} = 7,01 / (24 \times 85,0/1000) = 3,44 \text{ kgO}_2/\text{kgDBO}_{af}$

A relação obtida está acima do valor recomendado de $1,3 \text{ kgO}_2/\text{kgDBO}_{af}$.

Estimativa da concentração de saturação de Oxigênio Dissolvido (OD) em função da temperatura:

- $C_s = 14,652 - 0,41022 \times T + 0,00799 \times T^2 = 0,000077774 \times T^3$
 $C_s = 14,652 - 0,41022 \times 25 + 0,00799 \times 25^2 = 0,000077774 \times 25^3$
 $C_s = 18,43 \text{ mg/L}$

Considerando a concentração de OD a ser mantido no líquido como $C_L = 1,0 \text{ mg/L}$, os resultados para o cálculo da quantidade de ar a ser inserida no líquido são mostrados na Tabela 5 abaixo.

Tabela 5 - Resumo de informações do sistema de aeração.

Parâmetro	Simbologia	Valor	Unidade
Cálculo da concentração de saturação de oxigenio	Cs	18,43	mg/L
Cálculo do fator de correção de Cs para altura	fh	0,9905	-
Cálculo da Taxa de transferência de Oxigênio padrão	TTO	5,73	kgO ₂ /dia
Quantidade teórica de ar requerida no campo	Rar-teor	20,74	m ³ ar/dia
Quantidade de ar real	Rar-real	82,98	m ³ ar/dia
Quantidade de ar a ser adotada com fator de segurança	Rar-adot	124,47	m ³ ar/dia
		5,19	m ³ ar/h
		0,09	m ³ ar/min

Serão adotados sopradores axiais e difusores de bolhas pequenas/microbolhas de prato.

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
MSc em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
CONCRETO Nº 55267

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ



A estimativa da potência requerida para o soprador é, considerando a carga a ser vencida a lâmina d'água do tanque de aeração, uma perda de carga de 0,4 m e eficiência do soprador de 60%:

- $Pot = Q_g \times \rho \times g \times (d_i + \Delta H) / \eta = (0,09/60) \times 1000 \times 9,81 \times (0,4 + 2,30) / 60\%$

Pot = 0,04 kW = 0,05 cv

Para fins práticos, a potência escolhida para o soprador deverá levar em conta a vazão máxima e a pressão máxima (mca). E potência de soprador comercial imediatamente acima do calculado.

7.4.4 Decantador secundário

Para o compartimento de sedimentação (decantador), foi considerada a sedimentabilidade do lodo como média-ruim, seguindo uma diretriz de projeto conservadora. Nesse caso, os parâmetros para o cálculo da taxa de aplicação superficial do decantador em cenários de classificação e adensamento são:

- $v_o = 7,40$ m/h;
- $K = 0,59$ m³/kg;
- $m = 7,34$;
- $n = 0,71$;
- $SSTA = X_v / (SSV/SSTA) = 4 / 0,77 = 5,19$ kgSSTA/m³

Cálculo da Taxa de Aplicação Superficial (TAS) para o critério de clarificação:

- $TAS_{clar} = v_o \times \exp(-SSTA \times K) = 7,40 \times \exp(-5,19 \times 0,59) = 0,35$ m/h

Cálculo da Taxa de Aplicação Superficial (TAS) para o critério de adensamento:

- $TAS_{adens} = m \times (R \times v_o \times \exp(-K \times SSTA))^{0,71} / ((R+1) \times SSTA)$
 $TAS_{adens} = 7,34 \times (1 \times 7,40 \times \exp(-0,59 \times 4))^{0,71} / ((1+1) \times 4) = 0,76$ m/h

Para fins conservativos, adota-se a menor taxa de aplicação obtida que é a de clarificação:

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ**



- $TAS = 0,35 \text{ m/h}$.

Cálculo da área teórica de decantação

- $A_{dec} = Q/TAS = 1,0 / 0,35 = 2,90 \text{ m}^2$

Cálculo do diâmetro teórico do decantador secundário

- $D = \sqrt{(4 \times A_{dec} / \pi)} = \sqrt{(4 \times 2,90 / \pi)} = 1,92 \text{ m}$

Adota-se $D = 2,00 \text{ m}$

Cálculo da área corrigida do decantador:

- $A_{dec} = \pi \times D^2 / 4 = \pi \times 2,00^2 / 4 = 3,14 \text{ m}^2$

Cálculo da TAS corrigida:

- $TAS = Q/A = 1,0 / 3,14 = 0,32 \text{ m/h}$

Para a calha coletora, recomenda-se uma vazão linear de $q = 1,5 \text{ L/s.m}$. A calha coletora para essa vazão linear deverá ter comprimento:

- $L = Q / q = (1,0/3,6) / 1,5 = 0,42 \text{ m}$.

A calha coletora deverá percorrer toda a circunferência do decantador (L_{dec}):

- $L_{dec} = \pi \times D = \pi \times 2,00 = 6,28 \text{ m}$

O comprimento obtido é maior do que o mínimo recomendado de 0,42 m.

Adota-se para o poço de lodo de decantador (tronco cônico), inclinação de fundo de 60° , para fins de adensamento, e base de 1,00 m. A altura do poço de lodo será 0,87 m (seguindo projeções do corte do decantador, ver prenchas).

7.5 Tratamento terciário – desinfecção

O dimensionamento da unidade de desinfecção levou em conta o tempo mínimo de contato de 30 min para o processo de cloração.

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
C.R.C. 55267

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ



O volume referente ao tempo de contato mínimo (V_{tc}) é:

- $V_{tc} = Q \times TDH = 1,0 \times 0,5 = 0,50 \text{ m}^3$

Esse processo ocorrerá após a unidade de decantação, em unidade específica de tanque de contato. Considerando o diâmetro de 1,00 m, a altura do tanque de contato (H_{tc}) será:

- $H_{tc} = 4 \times V_{tc} / (\pi \times D^2) = 4 \times 0,50 / (\pi \times 1,00^2) = 0,64 \text{ m}$
- **$H_{tc} = 0,70 \text{ m}$ (considerado)**

7.5.1 Dosagem de hipoclorito de sódio

A concentração de cloro ativo residual mínima recomendada é de 0,5 mg/L. Considera-se a dosagem de 5 mg/L. O cálculo da dosagem de hipoclorito leva em consideração a concentração do produto químico empregado e, também, se existe ou não diluição. A concentração comercial de hipoclorito de sódio comumente encontrado ronda 10-14%.

Ver com o fabricante do produto químico informações do produto para o real dimensionamento das necessidades de produto.

Considerando a concentração comercial de 12% e a necessidade de operação do sistema de dosagem em 24h/dia (TOS):

Cálculo da dosagem de hipoclorito de sódio:

- $d_{\text{hipoclorito}} = d_{\text{cloro}} / 0,953 = 5 / 0,953 = 5,2 \text{ mg/L (ppm)}$

Cálculo do volume do tanque de hipoclorito de sódio considerando a operação diária:

- $V = Q \times d \times TOS / (10 \times C\%) = 1,0 \times 5,2 \times 24 / (10 \times 12) = 0,10 \text{ L.}$

Considerando o emprego de galões de 5 L de hipoclorito de sódio, o ciclo de operação para cada galão será (T):

- $T = 5 / 0,10 = 50 \text{ dias}$

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ**



Cálculo da vazão requerida na operação da bomba dosadora (q):

- $q = V / TOS = 0,10 / 24 = 0,004 \text{ L/h.}$

Como a vazão da bomba dosadora é baixa, recomenda-se o emprego da vazão de bomba dosadora destinada para o emprego de hipoclorito de sódio com a vazão mínima de modelo comercial.

7.6 Gerenciamento de lodo

São esperadas duas correntes de lodo:

- Lodo anaeróbico: $Q_w = 0,07 \text{ m}^3/\text{dia};$
- Lodo aeróbico: $Q_{ex} = 0,088 \text{ m}^3/\text{dia};$

O lodo aeróbico na modalidade de aeração prolongada já tem como característica a sua estabilização, não necessitando de etapa de digestão antes do adensamento. Esse lodo deverá ser removido do decantador na forma de lodo excedente e encaminhado para a cisterna de lodo.

Em situações emergenciais relacionadas ao lodo, adota-se uma linha de retorno de lodo aeróbico para a elevatória da ETE e sua posterior aplicação no reator UASB para fins de estabilização biológica, caso necessário.

O poço de lodo adotado tem dimensões:

- Comprimento: 2,00 m;
- Largura: 3,00 m;
- Profundidade útil: 1,50 m;
- Volume de armazenamento: $9,0 \text{ m}^3$

Ciclo de esvaziamento da cisterna de lodo:

- Ciclo de operação = $9,0 / (0,07+0,088) = 57 \text{ dias.}$

7.7 Disposição final de efluente tratado

A disposição do efluente será feita diretamente na rede de esgoto atualmente presente nas imediações do hospital. Conforme destacado anteriormente, a referida rede encontra-se inacabada, não havendo infraestrutura de tratamento de esgoto, havendo a disposição indireta em corpo hídrico (Rio Jaguaribe).

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
CREA/CE 55267

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ



7.8 Elevatórias

No projeto são previstas duas unidades elevatórias. A primeira a partir da caixa de recepção de esgoto bruto (EEE-1) e a segunda atuando como elevatória para o reator UASB (EEE-2).

7.8.1 Elevatória de Esgoto 1 - EEE-1

Adotando o diâmetro para a tubulação de recalque:

$$D = 50 \text{ mm} / 1 \text{ 1/2"} \text{ (adotado)}$$

Cálculo da velocidade na tubulação:

- $V = Q / (\pi \times 0,050^2 / 4) = (1/3600) / (\pi \times 0,050^2 / 4) = 0,14 \text{ m/s}$

Cálculo da perda de carga localizada na situação mais desfavorável:

- Quantidade de curvas de 90°: 3 (K = 0,4);
- Quantidade de curvas de 45°: 3 (K = 0,20)
- Quantidade de válvulas de retenção: 1 (K = 2,5);
- Quantidade de registros gaveta: 1 (K = 0,2);
- Quantidade de registros globo: 1 (K = 10,0)
- Quantidade de três de saída lateral: 1 (K = 1,30);
- Somatório: $K_t = 3 \times 0,4 + 3 \times 0,20 + 1 \times 2,5 + 1 \times 0,2 + 1 \times 10,0 + 1 \times 1,30 = 15,8$
- $h_r = K_t \times V^2 / 2g = 15,8 \times 0,14^2 / (2 \times 9,81) = 0,02 \text{ m};$
- $L = 46,00 \text{ m};$

Cálculo da perda de carga distribuída pela fórmula de Hazem-Williams:

- $C_{PVC} = 140;$
- $h_a = L \times (10,643 \times Q^{1,85} \times C^{-1,85} \times D^{-4,87})$
- $h_a = 46,00 \times (10,643 \times (1/3600)^{1,85} \times 140^{-1,85} \times 0,050^{-4,87})$
- $h_a = 0,0007 \text{ m}$

$$h_a = 0 \text{ m (considerado)}$$

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
C.R.C. 55267

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ**



Cálculo da perda de carga total:

- $h = h_f + h_a = 0,01 + 0 = 0,01 \text{ m}$

Cálculo da altura manométrica, considerando altura geométrica na condição mais desfavorável de 2,0 m (nível mínimo do poço de EEE-1 ao nível da tubulação de recalque):

- $H_m = H_g + h = 2,00 + 0,04 = 2,04 \text{ m}$

Cálculo da potência do conjunto motor-bomba:

- Estimativa do rendimento da bomba: $\eta_m = 53\%$;
- Estimativa do rendimento da bomba: $\eta_b = 64\%$;
- Rendimento global do conjunto motor-bomba: $\eta = \eta_m \times \eta_b = 53\% \times 64\% = 33,9\%$
- Cálculo da potência do conjunto motor-bomba:
 - $P = \gamma \times Q \times H_m / 75\eta = 1000 \times (1/3600) \times 2,04 / (75 \times 33,9\%)$
 - $P = 0,02 \text{ HP}$
- Adotando-se uma folga operacional recomendada de 30%:
 - $P = 0,06 \text{ HP}$
- Adota-se a potência comercial de **$P = 1/3 \text{ cv}$** .

7.8.2 Elevatória de Esgoto 2 - EEE-2

A vazão, diâmetro e velocidade na tubulação são as mesmas da EEE-1.

Cálculo da perda de carga localizada na situação mais desfavorável:

- Quantidade de curvas de 90°: 4 ($K = 0,4$);
- Quantidade de válvulas de retenção: 1 ($K = 2,5$);
- Quantidade de registros gaveta: 1 ($K = 0,2$);
- Quantidade de três de saída lateral: 1 ($K = 1,30$);
- Somatório: $K_t = 4 \times 0,4 + 1 \times 2,5 + 1 \times 0,2 + 1 \times 1,60 = 5,6$
- $h_r = K_t \times V^2 / 2g = 5,6 \times 0,14^2 / (2 \times 9,81) = 0,006 \text{ m}$

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
C.C.F.A. CE 45267

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ



Cálculo da perda de carga distribuída pela fórmula de Hazem-Williams, considerando o comprimento da tubulação de 10,0 m:

- $C_{PVC} = 140$;
- $h_a = L \times (10,643 \times Q^{1,85} \times C^{-1,85} \times D^{-4,87})$
- $h_a = 10,00 \times (10,643 \times (1/3600)^{1,85} \times 140^{-1,85} \times 0,050^{-4,87})$
- $h_a = 0,0006 \text{ m}$

- **$h_a = 0 \text{ m}$ (desprezível)**

Cálculo da perda de carga total:

- $h = h_a + h_f = 0,0 + 0,006 = 0,01 \text{ m}$

Cálculo da altura manométrica, considerando altura geométrica de 7,5 m:

- $H_m = H_g + h = 7,50 + 0,01 = 7,51 \text{ m}$

Cálculo da potência do conjunto motor-bomba:

- Estimativa do rendimento da bomba: $\eta_m = 53\%$;
- Estimativa do rendimento da bomba: $\eta_b = 64\%$;
- Rendimento global do conjunto motor-bomba: $\eta = \eta_m \times \eta_b = 53\% \times 64\% = 33,9\%$
- Cálculo da potência do conjunto motor-bomba:
 - $P = \gamma \times Q \times H_m / 75\eta = 1000 \times (1/3600) \times 7,51 / (75 \times 33,9\%) = 0,08 \text{ HP}$
- Adotando-se uma folga operacional recomendada de 30%, $P = 0,27 \text{ HP1}$
- Adota-se a potência comercial de **$P = 1/3 \text{ cv}$** .

8 GESTÃO DOS RESÍDUOS

Os resíduos gerados na estação de tratamento de esgoto proposta, sua forma de acondicionamento e destinação são apresentados na Tabela 6 abaixo:

Tabela 6 - Destinação de resíduos dos reatores.

RESÍDUO	SITUAÇÃO	ACONDICIONAMENTO	DESTINAÇÃO
---------	----------	------------------	------------

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
C.R.C. 55267

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ**



Lodo anaeróbico	Estabilizado	Poço de lodo para adensamento	Coleta especializada e disposição em aterro sanitário.
Lodo aeróbio	Estabilizado	Poço de lodo para adensamento	Coleta especializada e disposição em aterro sanitário
Desarenação	Estabilizado	Poço de areia e área restrita de acondicionamento	Aterro sanitário
Gradeamento	Estabilizado	Área restrita de acondicionamento	Aterro sanitário.

Conforme destacado, o esgoto tratado (efluentes líquidos) terão como destino final corpo hídrico – Rio Jaguaribe.

9 RESUMO DAS UNIDADES DE TRATAMENTO

A Tabela 7 resume as principais características das unidades de tratamento da ETE.

Tabela 7 - Informações gerais ETE Hospital Quixeré.

Etapa	Processo	Informações
1	Tratamento preliminar	Remoção de sólidos grosseiros em gradeamento do tipo fino com abertura de 15mm, medição de vazão em calha do tipo Parshall com garganta de 2".
2	Elevatória de Esgoto bruto (EEE-2)	Tanque prismático, enterrado em concreto, impermeabilizado, com dimensões: 2,50 x 3,00 x 2,50
3	Reator UASB	Reator UASB cilíndrico com diâmetro de 1,50 m e altura de 5,00 m.
4	Reator Aeróbio (Tanque de aeração)	Reator aeróbio cilíndrico, apoiado, com diâmetro de 1,50 m e altura total de 1,50 m (volume útil de 2,12 m ³), com aeração por meio de ar difuso de bolhas finas pratos difusores no fundo do reator.
5	Decantador	Decantador cilíndrico com taxa de aplicação superficial de 0,57 m ³ /m ² .h. Dimensões: DN 2,00 m, 2,50 m de altura e 2,15 m de lâmina d'água. Poço de lodo cônico com inclinação de 60°. Vazão de retorno de lodo de 1,0 m ³ /h (R = 1).
6	Desinfecção	Desinfecção de efluente em tanque de contato com volume de 0,50 m ³ . Cloração por meio de bombas dosadores de hipoclorito de sódio.

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
C.R.C. 45267

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ



36

10 RELAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E CONSTITUINTES DO SISTEMA DE TRATAMENTO

Os equipamentos do processo e constituintes do sistema de tratamento da ETE estão descritos na Tabela 8.

Tabela 8 - Lista de equipamentos de processo da ETE.

ID	Processo	Equipamento	Descrição
01	Tratamento Preliminar	Grade retentora de sólidos grosseiros	Grade fina em aço inox, barras 3/8" x 1 1/2", espaçamento entre as barras 15 mm. Inclinação da barra em 45°. Suportes superior e inferior em barras de aço inox 3/8" x 1 1/2". Conforme o projeto.
02	Preliminar	Calha Parshall	Calha do tipo Parshall em PRFV com largura nominal da garganta de 2".
03	Preliminar	02 Elevatórias de esgoto	Elevatória de Esgoto 01 (EE-1): composta por 2 bombas submersíveis trituradoras próprias para bombeamento de esgoto, compatível com vazão de 1,00 m³/h e com altura manométrica mínima de 2,04 m. Elevatória de Esgoto 02 (EE-2) composta por 2 bombas submersíveis trituradoras próprias para bombeamento de esgoto, compatível com vazão de 1,00 m³/h e com altura manométrica de 7,51 m.
04	Secundário	01 Soprador	Sistema de suprimento de ar para os tanques de aeração: potência requerida 1,0 cv (modelo sugerido – ASTEN CRC - 2 310 11 SS), m.c.a. mínimo (pressão positiva) requerido de 1,5 m
05	Secundário	Aerador do tipo pétalas	Aerador do tipo pétalas, composto por uma câmara de distribuição de ar e seis saídas de ar. Mangueiras do tipo porosa para geração de microbolhas. Sugestão: Aerado do tipo pétalas, composto por três pétalas de tubos porosos, 1 m cada (total 3,0 m).
06	Secundário	01 Bomba de retorno de lodo	Bomba centrífuga para transferência de lodo da unidade de decantação para o tanque de aeração. Vazão de projeto de 1,00 m³/h e altura manométrica de no mínimo 2,5 m, potência de 0,5 CV (a depender do fabricante).
07	Secundário	Tanque de aeração	Tanque em PRFV com diâmetro de 1,50 m e altura total de 1,50 m (1,20 m de altura de lâmina d'água). Tubulação com descarga de fundo de 100 mm.
08	Secundário	Reator UASB	Tanque em PRFV com diâmetro de 1,50 m e altura total de 5,00 m (4,70 m de altura de lâmina d'água), com 1 boca de inspeção de 50 cm de diâmetro.
09	Terciário	Tanque de esgoto tratado (tanque de contato)	Tanque em PRFV com diâmetro de 1,0 m e altura total de 1,0 m (altura útil de 0,70 m de lâmina d'água).

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
C.R.C. 55267

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ



EQUIPE TÉCNICA

RESPONSÁVEL TÉCNICO	
PROFISSIONAL	NATANAEL DE ARAÚJO BARROS
RNP	0613973658/CE
FORMAÇÃO	ENG. QUÍMICO, MESTRE EM ENG. CIVIL (RECURSOS HÍDRICOS) – ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM SANEAMENTO AMBIENTAL
CONTATO	(85) 99431-6012
EMAIL	NATANAEL@METRICAGESTAO.COM.BR
COLABORAÇÃO TÉCNICA 01	
PROFISSIONAL	ANTONIO MARCELO COSTA MAGALHÃES
FORMAÇÃO	ENG. QUÍMICO, MESTRE EM ENG. CIVIL (RECURSOS HÍDRICOS) – ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM SANEAMENTO AMBIENTAL

Natanael de Araújo Barros
Engenheiro Químico
CREA: 55267/CE

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mestr. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
CREA: 55267

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ



ANEXOS

ANEXO I - REGISTRO FOTOGRÁFICO

ANEXO II – ORÇAMENTO DE PROJETO

ANEXO III – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART)

ANEXO IV – PEÇAS GRÁFICAS DE PROJETO

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Mec. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
C.R.C. 55267

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE ESGOTO - ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÊ**

ANEXO I - REGISTRO FOTOGRÁFICO



Imagem 1 – Sistema atual de tratamento fossa-sumidouro. Sobre esse sistema a ETE projetada deverá ser construída.



Imagem 2 – Caixas de passagem encontradas em visitas ao local.

Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
(Especialidade em Hidrôgenos)

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTES- ETE
HOSPITAL MUNICIPAL DE QUIXERÉ**



Imagem 3 – Caixa de passagem típica encontrada no local. Notar a presença de aberturas.



Imagem 4 – Caixa de passagem aberta.

JB

Natanael de Araújo Barros