



Projeto de Ampliação da Estação de Tratamento de Água de Catalão

Sistema de Abastecimento de Água – SAA

Volume I - Projeto Hidráulico
Tomo I - Concepção Geral da ETA



PREFEITURA MUNICIPAL DE CATALÃO - GO
SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
AMPLIAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

ART nº 0720220091722

RESUMO:

Projeto de Engenharia da Ampliação do Sistema de Produção de Água Tratada, ETA, com melhorias nas unidades existentes. Envolvendo Projeto Hidromecânico, Projeto Elétrico, Projeto Estrutural e Orçamento da: ETA Pré-fabricada de 300 L/s ciclo completo, Estrutura de Distribuição de Água Bruta, Nova Calha Parshall da ETA Existente, Novo Tanque de Contato da ETA Existente, Estruturas de Controles de vazão e nível, Reservatório Pulmão 2000 m³, Tratamento do Lodo Gerado (UTR), Nova Elevatória de Água Tratada, Nova Rede de Drenagem descarte de Águas Servidas, Novas Câmaras de Manobras e Interligações com medição de vazão.

PROJETISTA:

Pedro Henrique Silva Barbosa
Engenheiro Civil
Fone/ e-mail: (61) 3963-7215 / arkis@terra.com.br

COORDENADOR(ES) DO PROJETO:

Paulo Ricardo Silva Mendes/ Carlos Joadir Mendes
Engenheiro Civil
Fone/ e-mail: (62) 3963-7215 / paulorsm@terra.com.br

VOLUME:

VOLUME I - PROJETO HIDRÁULICO
Concepção Geral da Área da ETA

REFERÊNCIA:

Novembro / 2022

| <i>Revisão</i> | <i>Descrição</i> | <i>Data</i> |
|----------------|------------------|-------------|
| 0 | Emissão Inicial | 11/2022 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |



SAE CATALÃO – SUPERINTENDÊNCIA MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS

CATALÃO

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

AMPLIAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

VOLUME I: ESTUDO DE CONCEPÇÃO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO

TOMO I: DESCRITIVO TÉCNICO

Novembro / 2022

CATALÃO- SEDE
SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
AMPLIAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

CONTRATO: N° 014/2022

RESUMO:

Este documento apresenta o Descritivo Técnico do Estudo de Concepção dos Sistemas de Tratamento para a Ampliação da ETA da sede de Catalão.

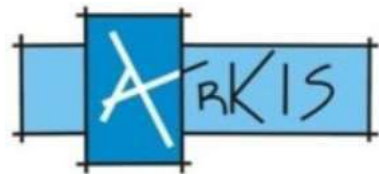
| REV. | DATA | TIPO | DESCRIÇÃO | POR | VERIFICADO | AUTORIZADO | APROVADO |
|------|----------|------|-----------|-------|------------|------------|----------|
| 0 | Out/2022 | A | ORIGINAL | Paulo | Joadir | Paulo | |
| 0 | Nov/2022 | A | ORIGINAL | Paulo | Joadir | Paulo | |

EMISSÕES

TIPOS

A - PARA APROVAÇÃO
B - REVISÃOC - ORIGINAL
D - CÓPIA**PROJETISTA:****ARKIS LTDA**

CNPJ: 04.447.729/0001-61
Rua SAI, Quadra 5-C, Lote 19, nº S/N, sala: 201 e 203
CEP: 71.200-055 - Bairro: Zona Industrial (Guara) – Brasília DF
(61) 3963-7215

**EQUIPE TÉCNICA:****VOLUME:****VOLUME I: ESTUDO DE CONCEPÇÃO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO**
TOMO I: Descritivo Técnico**REFERÊNCIA:****Novembro/2022**

SUMÁRIO

O Projeto de Ampliação da Estação de Tratamento de Água de Catalão é composto dos seguintes volumes:

VOLUME I – ESTUDO DE CONCEPÇÃO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO

TOMO I: Descritivo Técnico

VOLUME I - PROJETO HIDROMECÂNICO

TOMO II: Memorial Descritivo e de Cálculos

VOLUME I - ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

TOMO III: Especificações

VOLUME I – PROJETO HIDROMECÂNICO

TOMO IV: Desenhos

VOLUME IV – PROJETO ELÉTRICO

TOMO I: Memorial Descritivo e de Cálculos

VOLUME V – PROJETO ESTRUTURAL

TOMO I: Memorial Descritivo e de Cálculos

VOLUME VI – ORÇAMENTO

TOMO I: Planilha de Orçamento

TOMO II: Memória de Cálculos e Quantitativos

ÍNDICE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | DESCRIÇÃO DO MUNICÍPIO | 1 |
| 1.1 | CARACTERIZAÇÃO..... | 1 |
| 1.1.1 | História..... | 1 |
| 1.1.2 | Localização..... | 1 |
| 1.1.3 | Clima..... | 2 |
| 1.1.4 | Formação Administrativa | 2 |
| 1.1.5 | Acessos | 3 |
| 1.1.6 | Informações Geográficas segundo o IBGE..... | 4 |
| 1.1.7 | Emprego, renda e distribuição de renda | 4 |
| 2.1.1 | Educação..... | 5 |
| 3 | GLOSSÁRIO INFORMATIVO | 7 |
| 3.1 | GENERALIDADES..... | 7 |
| 3.1.1 | Siglas de Nomenclatura Típica | 7 |
| 3.2 | TERMINOLOGIAS | 7 |
| 3.2.1 | Termos Técnicos | 7 |
| 3.3 | PRESCRIÇÕES TÉCNICAS..... | 14 |
| 3.3.1 | Considerações Iniciais | 14 |
| 3.3.2 | Abordagem sobre a Literatura Técnica..... | 15 |
| 3.3.3 | Tratamento Convencional de Água..... | 19 |
| 3.3.4 | Qualidade de Água | 29 |
| 3.4 | AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ETA'S..... | 38 |
| 3.4.1 | Operação de Sistemas de Abastecimento de Água..... | 38 |
| 4 | CRITÉRIOS E PARÂMETROS DE PROJETO..... | 42 |
| 4.1 | DIRETRIZES TÉCNICAS DE PROJETO | 42 |
| 4.2 | OBJETIVOS | 42 |
| 5 | APRESENTAÇÃO..... | 44 |
| 5.1 | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PROJETO DO SISTEMA EXISTENTE | 44 |
| 5.1.1 | Registro Fotográfico das Áreas de Interesse..... | 44 |
| 5.2 | PLANEJAMENTO DOS TRABALHOS..... | 45 |
| 5.3 | ELEMENTOS A SEREM PROPOSTOS | 45 |
| 5.3.1 | Serviços Preliminares | 46 |
| 5.3.2 | Projeto Básico..... | 47 |
| 5.3.3 | Projetos Executivos | 49 |
| 5.3.4 | Planilha Orçamentária | 51 |
| 6 | DIAGNÓSTICO DOS ELEMENTOS EXISTENTES | 53 |
| 6.1 | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PROJETO E DO SISTEMA EXISTENTE | 53 |
| 6.1.1 | Vistoria Técnica | 53 |
| 6.1.2 | Descrição geral da estação existente de tratamento de água | 53 |
| 6.1.3 | Características Básicas e Histórico do Sistema..... | 54 |
| 6.1.4 | Parâmetros normativos de Ampliação da ETA de Catalão | 56 |
| 6.1.5 | Atividades necessárias conforme NBR12216..... | 57 |
| 6.1.6 | Avaliação de Elementos Críticos | 60 |
| 7 | PROGNÓSTICO DOS ELEMENTOS A SEREM PROPOSTOS | 62 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 7.1 | ELEMENTOS CONSTITUINTES DA NOVA ETA PRÉ-FABRICADA | 62 |
| 7.1.1 | Disposição das unidades de tratamento e conexões conforme NBR 12216 62 | |
| 7.1.2 | Diretrizes Normativas para as unidades de tratamento | 64 |
| 7.1.3 | Premissas Técnicas | 85 |
| 7.1.4 | Demais elementos constituintes ao tratamento | 88 |
| 7.1.5 | Avaliação do Monitoramento de Qualidade e acessórios | 91 |
| 7.2 | DESCRIÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO DOS MÓDULOS DA ETA E DA UTR | 94 |
| 7.2.1 | Descrição dos novos módulos de tratamento a serem implantados | 94 |
| 7.2.2 | Unidade de Tratamento de Resíduos (UTR) | 94 |
| 7.2.3 | Projetos Executivos | 95 |
| 7.3 | ELEMENTOS CONSTITUINTES DA UNIDADE DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS - UTR ... | 96 |
| 7.3.1 | Parâmetros de Cálculo | 96 |
| 7.3.2 | Generalidades..... | 96 |
| 8 | CONCEPÇÃO GERAL DAS ALTERNATIVAS PROPOSTAS..... | 104 |
| 8.1 | ANÁLISE PRELIMINAR DA DAS ALTERNATIVAS PARA OS MÓDULOS DE TRATAMENTO .. | 104 |
| 8.1.1 | Análise dos Materiais Disponíveis | 104 |
| 8.1.2 | Definição do Material do Módulo da ETA pré-fabricada..... | 105 |
| 8.2 | ANÁLISE PRELIMINAR DAS ALTERNATIVAS PARA A UNIDADE DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS..... | 106 |
| 8.2.1 | Análise dos Arranjos Tipicamente Utilizados | 106 |
| 8.3 | PRÉ-DIMENSIONAMENTOS DAS UNIDADES | 106 |
| 8.3.1 | Escopo de Fornecimento do Módulo de Tratamento | 106 |
| 8.3.2 | Responsabilidade de fornecimento dos Módulos da ETA Pré-Fabricada | 116 |
| 8.3.3 | Responsabilidades do SAE CATALÃO para a aquisição da ETA compacta 118 | |
| 8.3.4 | Garantia | 118 |
| 8.3.5 | Custos de Tributação e Oneração | 120 |
| 8.4 | CUSTOS FINANCEIROS DAS ESTRUTURAS | 120 |
| 8.4.1 | Módulos da Tratamento da ETA pré-fabricada | 120 |
| 8.4.2 | Módulos de Tratamento da UTR..... | 124 |
| 8.5 | ESTUDO ECONÔMICO PARA A CONCEPÇÃO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO | 125 |
| 8.5.1 | Alternativas para o Módulo Pré-Fabricados da ETA..... | 126 |
| 8.5.2 | Alternativas para a UTR..... | 132 |
| 8.6 | DOSAGEM DE CLORO | 138 |
| 8.6.1 | Condições Atuais de Operação | 138 |
| 8.7 | DEMAIS RECOMENDAÇÕES PARA IMPLANTAÇÃO DO MÓDULO COMPLEMENTAR DA ETA 138 | |
| 8.8 | CONCLUSÕES FINAIS..... | 138 |
| 9 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 140 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabela 1. | Regramento normativo para o Tratamento das águas..... | 37 |
|-----------|---|----|

| | | | | | |
|------------|---|--------------|------------------|------------|-----|
| Tabela 2. | Cronograma de Planejamento das Atividades | Erro! | Indicador | não | |
| | definido. | | | | |
| Tabela 3. | Projeção de consumo total de água – Sede; Fonte: Serenco (2019).... | Erro! | | | |
| | Indicador não definido. | | | | |
| Tabela 4. | Resumo de Preço dos Materiais para a ETA Pré-Fabricada | | | | 105 |
| Tabela 5. | Sugestão para o Estoque dos Produtos Químicos | | | | 113 |
| Tabela 6. | Resumo das Propostas dos Fornecedores de ETA Modular | | | | 121 |
| Tabela 7. | Orçamento de UTR Similar por Sedimentação | | | | 125 |
| Tabela 8. | Resumo dos Parâmetros de Custo Energético (ETA)..... | | | | 127 |
| Tabela 9. | Investimento Financeiro na Alternativa 01 | | | | 129 |
| Tabela 10. | Relação Custo/Volume na ETA da Alternativa 01 | | | | 130 |
| Tabela 11. | Relação Custo/Volume na ETA da Alternativa 02 | | | | 131 |
| Tabela 12. | Resumo dos Preços das UTR's..... | | | | 133 |
| Tabela 13. | Resumo dos Parâmetros de Custo Energético (UTR)..... | | | | 133 |
| Tabela 14. | Investimento Financeiro nas Alternativas de UTR..... | | | | 135 |
| Tabela 15. | Estimativa de Custo de Ampliação do Cloro Gás | Erro! | Indicador | não | |
| | definido. | | | | |
| Tabela 16. | Estimativa de Custo de Ampliação do Cloro Salmoura | Erro! | Indicador | não | |
| | definido. | | | | |
| Tabela 17. | Comparativo de custo de cloração (Gás x Salmoura) | Erro! | Indicador | não | |
| | definido. | | | | |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------|--|----|
| Figura 01. | Localização no Município no Estado..... | 4 |
| Figura 02. | Classificação de águas naturais para abastecimento público (Fonte: NBR 12216/1992) | 19 |
| Figura 03. | Exemplo de uma Câmara de um Flocculador..... | 24 |
| Figura 04. | Exemplo de uma Câmara de um Decantador..... | 26 |
| Figura 05. | Exemplo de uma Câmara de um Filtro Descendente | 27 |
| Figura 06. | : Área de fundo do lote da ETA, com possibilidade de implantação da UTR | 44 |
| Figura 07. | : Área de frente do lote da ETA, com possibilidade de instalação da nova ETA | 45 |

| | | | | |
|-------------|---|--------------|------------------|----------------------|
| Figura 08. | : Imagem de Monitoramento do sistema Vector | Erro! | Indicador | não definido. |
| Figura 09. | : Exemplo de Planta de Projeto da Sala de preparo e dosagem de polímero | | | 98 |
| Figura 010. | : Exemplo de Projeto do Tanque de Sedimentação | Erro! | Indicador | não definido. |
| Figura 011. | : Exemplo de Projeto do Tanque de Sedimentação | | | 99 |
| Figura 012. | : Exemplo de Leito de Secagem | | | 100 |
| Figura 013. | : Exemplo de Prensa Desaguadora | | | 102 |
| Figura 014. | : Exemplo de Decanter Centrífugo | | | 103 |
| Figura 015. | Tempos de Contato conforme Portaria MS 2.914/2011 | | | 112 |
| Figura 016. | Evolução dos Investimentos por Alternativa (ETA) | | | 132 |
| Figura 017. | Evolução dos Investimentos por Alternativa (UTR) | | | 137 |
| Figura 018. | Proposta de Preço do Sistema de Cloração | Erro! | Indicador | não definido. |
| Figura 019. | Comparativo de custo mensal (Fonte Hidrogeron) | Erro! | Indicador | não definido. |
| Figura 020. | Comparativo de custo de cloração (Gás x Salmoura) | Erro! | Indicador | não definido. |

1 DESCRIÇÃO DO MUNICÍPIO

1.1 Caracterização

O texto a seguir sobre a descrição do município foi produzido como fonte o sítio de internet: [Sobre a Cidade - Prefeitura Municipal de Catalão \(catalao.go.gov.br\)](http://catalao.go.gov.br).

1.1.1 História

A origem histórica da cidade de Catalão passa atualmente por estudos visando descobrir realmente suas origens, pois existe uma corrente tradicional e outra que traz nova configuração sobre este ponto.

Assim, tradicionalmente, Catalão originou-se da penetração das entradas e bandeiras, organizadas em comitivas compostas por homens de armas, cavaleiros e padres, que adentravam pelos sertões para a captura de mão-de-obra indígena a ser escravizada e em busca de riquezas minerais.

A penetração pelos sertões Goianos efetivou-se nas primeiras décadas do século XVIII, de onde se tinha notícia da existência dos índios GUAYAZ e de terras ricas em minérios, principalmente o ouro.

E é assim que se inicia, em território Goiano, o extermínio físico e cultural do grande povo indígena. A bandeira comandada por Bartolomeu Bueno da Silva, filho de bandeirante cognominado pelos índios de "Anhanguera", atravessou o Rio Paranaíba, onde abriu o Porto Velho (atual Porto do Lalau), deixando um barco na margem direita do Ribeirão Ouvidor, assinalando sua passagem e continuando sua viagem pelos sertões goianos.

Nas imediações de Catalão, permaneceu um dos capelões da comitiva, Frei Antônio, espanhol natural da Catalunha apelidado de O CATALÃO que, juntamente com três companheiros, resolveu criar um ponto de pouso nas proximidades do Córrego do Almoço, tendo em vista a qualidade do solo e a amenidade do clima e, principalmente, a necessidade de reabastecer a bandeira quando do retorno.

1.1.2 Localização

Catalão é um município brasileiro do estado de Goiás. Localiza-se à latitude 18° 9' 57" sul e à longitude 47° 56' 47" oeste e à altitude de 835 metros. Sua população segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) 2021, é de

113 091 habitantes e seu PIB recenseado em 2008 é de mais de 4,348 bilhões de reais e o coloca como a terceira maior economia de Goiás naquele ano. Possui área de aproximadamente 3778 km². Também dá nome ao distrito sede do município (os outros dois são Pires Belo e Santo Antônio do Rio Verde) e a uma microrregião do Estado de Goiás, formada pelos municípios de Catalão, Ipameri, Ouvidor, Três Ranchos, Davinópolis, Goiandira, Cumari, Nova Aurora, Anhanguera e Corumbaíba.

1.1.3 Clima

O clima do município é o tropical de altitude, com duas estações bem definidas: uma chuvosa, que vai de outubro a abril, e outra seca, de maio a setembro. A pluviosidade média é de aproximadamente 1 450 mm.

Segundo dados da estação meteorológica convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no município, localizada na Avenida Ricardo Paranhos, desde 1931 a temperatura mínima absoluta registrada em Catalão foi de 0,2 °C nos dias 2 de junho de 1933 e a maior atingiu 38,8 °C em 6 de outubro de 2020. O maior acumulado de precipitação em 24 horas foi 153 milímetros (mm) em 29 de janeiro de 2020, superando o antigo recorde de 132,4 mm em 26 de janeiro de 1970.

Outros grandes acumulados foram: 120,5 mm em 22 de dezembro de 1945, 116,9 mm em 20 de dezembro de 1963, 116,6 mm em 20 de janeiro de 1937, 111,7 mm em 11 de janeiro de 1964, 109 mm em 1 de fevereiro de 1945, 107,6 mm em 11 de novembro de 1956, 106,9 mm em 13 de janeiro de 1966, 104,6 mm em 2 de março de 2013, 104,5 mm em 27 de dezembro de 1986 e 100,2 mm em 29 de janeiro de 1985. A partir de 1961 o menor índice de umidade relativa do ar (URA) foi de de 13% em setembro de 2011, nas tardes dos dias 2 e 6.

1.1.4 Formação Administrativa

Distrito criado com a denominação de CATALÃO pela Lei Provincial n.º 6, de 05-10-1857, subordinado ao município de Morrinhos.

Elevado à categoria de município com a denominação de CATALÃO pela Lei Estadual n.º 393, de 05-07-1911, sendo desmembrado de Morrinhos. Sede no atual distrito de Catalão. Constituído do distrito sede. Instalado em 21-10-1911.

Pela Lei Municipal n.º 44, de 13-11-1916, é criado o distrito de Boa Vista do Marzagão e anexado ao município de Catalão.

Nos quadros do Recenseamento Geral de 1-IX-1920 o município é constituído de 2 distritos: CATALÃO e Boa Vista do Marzagão.

Elevado à condição de cidade com a denominação de CATALÃO pela Lei Estadual n.º 724, de 21-06-1923.

Em divisão administrativa referente ao ano de 1933 o município é constituído de 2 distritos: CATALÃO e Boa Vista do Marzagão.

Em divisões territoriais datadas de 31-XII-1936 e 31-XII-1937 o município aparece constituído de 3 distritos: Catalão, Boa Vista do Marzagão e São Sebastião do Sapé.

Pelo Decreto-lei Estadual n.º 557, de 30-03-1938, o distrito de Boa Vista do Marzagão teve sua denominação simplificada para Marzagão.

Pelo Decreto-lei Estadual n.º 1.233, de 31-10-1938, o distrito de Sapé foi extinto, sendo seu território anexado ao distrito sede do município de Catalão.

No quadro fixado para vigorar no período de 1939 a 1943 o município é constituído de 2 distritos: CATALÃO e Marzagão.

Em divisão territorial datada de 1-VII-1950 o município é constituído do distrito sede.

Pela Lei Municipal n.º 76, de 23-04-1952, é criado o distrito de Água Limpa e anexado ao município de Catalão.

A Lei Estadual n.º 336, de 18-06-1949, a Lei Estadual n.º 954, de 13-11-1953, complementada pela Lei Estadual n.º 1.274, de 14-11-1953, desmembram do município de CATALÃO os distritos de Marzagão e Água Limpa, para formarem o novo município de Marzagão.

Em divisão territorial datada de 1-VII-1960 o município é constituído do distrito sede. Assim permanecendo em divisão territorial datada de 2018.

. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/caldas-novas/historico>

Acesso em: ago. 2022.

1.1.5 Acessos

O município está distante a cerca de 214 Km da capital Goiânia-GO. O acesso ao município, com partida de origem na capital a Catalão, poderá seguir em direção à BR 352 depois pegar a GO 139 e depois pegar a GO 201. Outra opção é pegar a BR 490.

Principais Distancias:

São Paulo : 614 km

Rio de Janeiro : 721 km

Brasília : 266 km

Salvador : 1165 km

Fortaleza : 1907 km

Belo Horizonte : 458 km

Manaus : 2133 km

Curitiba : 819 km

Recife : 1807 km

Goiânia : 217 km mais per

Belém : 1862 km

Porto Alegre : 1361 km

Fonte: <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-catalao.html>
Acesso em: Novembro 2022.

1.1.6 Informações Geográficas segundo o IBGE

1.1.6.1 População Município

População estimada [2021] _____ 113.091 pessoas;

População no último censo [2010] _____ 86.647 pessoas;

Densidade demográfica [2010] _____ 22,67 hab/km²;

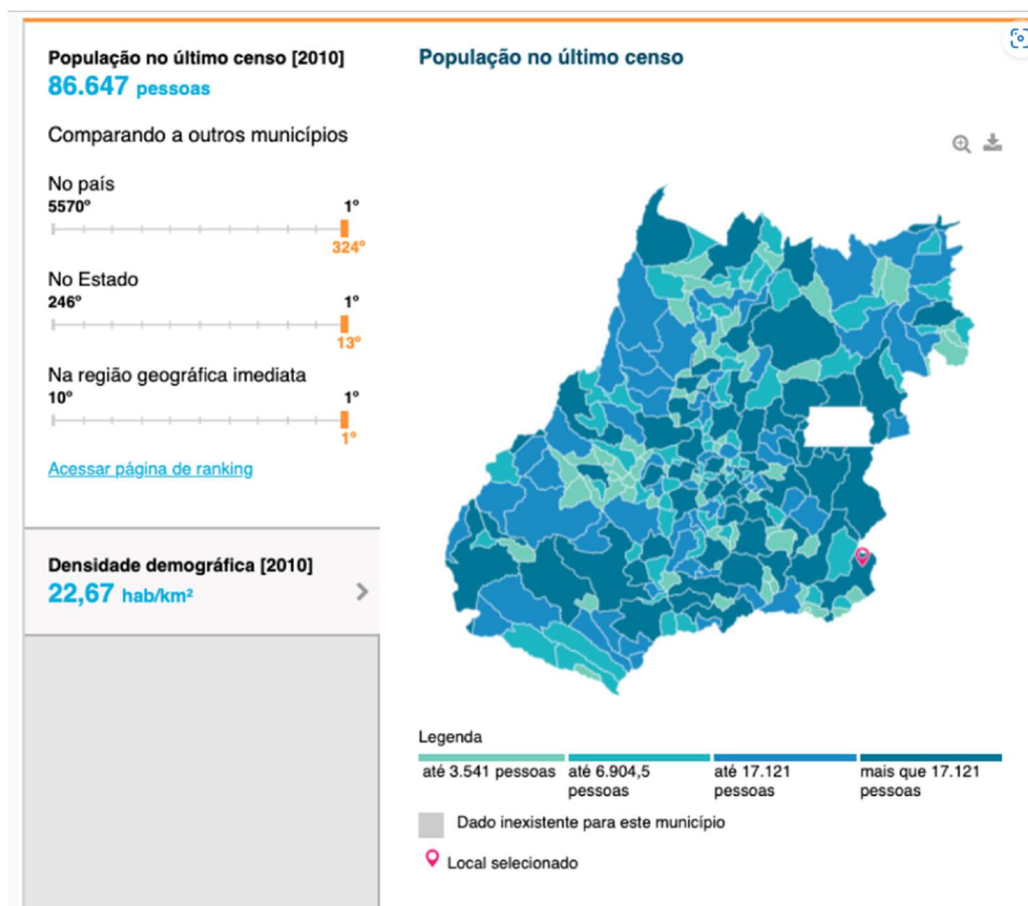


Figura 01. Localização no Município no Estado

1.1.7 Emprego, renda e distribuição de renda

Em 2020, o salário médio mensal era de 1.7 salários-mínimos. A proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 27.1%.

Na comparação com os outros municípios do estado, ocupava as posições 173 de 246 e 21 de 246, respectivamente. Já na comparação com cidades do país todo, ficava na posição 3792 de 5570 e 698 de 5570, respectivamente.

Considerando domicílios com rendimentos mensais de até meio salário-mínimo por pessoa, tinha 29.3% da população nessas condições, o que o colocava na posição 233 de 246 dentre as cidades do estado e na posição 4819 de 5570 dentre as cidades do Brasi Emprego, renda e distribuição de renda

O **Índice de Gini**, que mede a concentração de renda, e vai de 0 (distribuição mais perfeita) a 1 (distribuição mais desigual), no município é de 0,59 o que o torna o menos desigual entre todos os municípios goianos com mais de 30 mil habitantes, com reflexos significativos no padrão de vida de sua população em geral.

2 Indicadores socioeconômicos

PIB municipal (2008)

R\$ 3,348 bilhões

PIB per capita (2008)

R\$ 42.062,14

Composição do PIB (2008)

- Valor adicionado bruto da agropecuária: R\$ 173,499 milhões
- Valor adicionado bruto da indústria: R\$ 1,367 bilhão
- Valor adicionado bruto dos serviços: R\$ 1,232 bilhão
- Impostos sobre produtos líquidos de subsídios: R\$ 575,439 milhões

2.1.1 Educação

Catalão tem unidades de educação que vão do ensino infantil até o ensino superior. O município conta com várias escolas e creches, tanto na zona urbana como na zona rural, para o ensino infantil, com destaque para o CAIC, além de várias escolas de qualidade para o ensino fundamental e médio.

No ensino superior, Catalão conta com três Universidades presenciais : um campus da Universidade Federal de Goiás, criado a 28 de fevereiro de 1980[48], que, em 2018, foi desmembrada, tornando-se Universidade Federal de Catalão (UFCat), após articulação da bancada goiana, com o senador Wilder Moraes na sub-relatoria da comissão que iniciou os trabalhos para a conversão em universidade independente.[49] O município também conta com o Centro de Ensino Superior de Catalão (CESUC), instituição privada fundada pouco depois, em 1985, a Faculdade Politécnica com a oferta de cursos na área de engenharia (civil, produção, elétrica e mecânica) e 3 polos Universitários a Distância: Faculdade Anhanguera, Estácio de Sá e Unicat.

No ramo dos cursos técnicos, Catalão possui sedes do SENAC, SENAI, CEPAC (Centro de Educação Profissional Aguinaldo de Campos Netto), Labibe Faiad e Instituto Federal Goiano com instalações amplas e modernas e cursos voltados para diversas áreas: beleza, meio ambiente, informática, saúde, mecânica, elétrica, automobilística, mineração, artes cênicas entre outras.

A partir do ano de 2016 a cidade de Catalão terá também em seu campos da UFG (Universidade Federal de Goiás) o curso de Medicina, [carece de fontes] sendo assim o terceiro campus da UFG a oferecer o curso, juntamente com os campus da capital Goiânia e de Jataí. O estado de Goiás tem ao todo oito faculdades de medicina.

3 GLOSSÁRIO INFORMATIVO

3.1 Generalidades

3.1.1 Siglas de Nomenclatura Típica

A seguir se apresentam as siglas tipicamente utilizadas no corpo do texto.

AAB – Adutora de água bruta

AAT – Adutora de água tratada

EAB – Estação elevatória de água bruta

EAT – Estação elevatória de água tratada

ETA – Estação de tratamento de água

RAP – Reservatório apoiado

RDA – Rede de distribuição de água

REL – Reservatório elevado

RSE – Reservatório semienterrado

SAA – Sistema de abastecimento de água

SES – Sistema de esgotamento sanitário

UTR – Unidade de tratamento de resíduos líquidos, gerados na ETA

3.2 Terminologias

A seguir estão relacionados os termos técnicos de interesse ao sistema de tratamento a ser implantado em Catalão - GO.

3.2.1 Termos Técnicos

Adução: transporte de água do manancial ao tratamento ou da água tratada ao sistema de distribuição.

Água potável: água potável é aquela que pode ser consumida sem riscos à saúde e sem causar rejeições ao consumo.

Abastecimento de Água: Os sistemas de abastecimento de água (S.A.A) são obras de engenharia que, além de objetivarem assegurar o conforto às populações e prover parte de infraestrutura das cidades, visam prioritariamente superar os riscos à saúde impostos pela água. Um sistema de abastecimento de água, em geral é composto por: manancial, captação, adução, tratamento, reservação ou reservatório, rede de distribuição e ligações prediais, estações elevatórias ou de recalque.

Adutora de Água Bruta: canal, galeria ou encanamento destinado a conduzir a água da captação, antes de receber qualquer tipo de tratamento, até a estação de tratamento.

Adutora de Água Tratada: canal, galeria ou encanamento destinado a conduzir a água da estação de tratamento aos reservatórios de distribuição, depois de receber tratamento.

Captação: conjunto de equipamentos e instalações utilizado para a retirada de água do manancial. Compreende a primeira unidade do sistema de abastecimento, que se classifica em: superficial, subterrânea, poço profundo e poço raso.

1- Captação Superficial: captação de água de diferentes cursos d'água, como rio, córrego, ribeirão, lago, lagoa, açude, represa etc., que têm o espelho d'água na superfície do terreno.

2- Captações Subterrâneas: basicamente fazem uso de aquíferos confinados e não confinados, denominados, respectivamente, artesianos e freáticos.

3- Captação de Poço Profundo: captação de água de lençóis situados entre as camadas impermeáveis.

4- Captação de Poço Raso: captação de água de lençol freático, ou seja, de água que se encontra acima da primeira camada impermeável do solo.

Coliformes: as bactérias do grupo coliformes habitam normalmente o intestino de homens e animais, servindo, portanto, como indicadores da contaminação de uma amostra de água por fezes. Como a maior parte das doenças associadas com a água é transmitida por via fecal, isto é, os organismos patogênicos, ao serem eliminados pelas fezes, atingem o ambiente aquático, podendo vir a contaminar as pessoas que se abastecem de forma inadequada dessa água, a presença de coliformes na água é um indicador de risco de transmissão dessas doenças.

Coliformes Totais - CT: indicam presença de bactérias na água que não necessariamente representam problemas para a saúde. As bactérias do grupo coliforme são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase negativos, capazes de desenvolver-se na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5$ °C em 24-48 horas e que podem apresentar atividade da enzima β -galactosidase.

Cloro Residual Livre - indica a quantidade de cloro presente na rede de distribuição, adicionado no processo de desinfecção da água.

Contaminação: o fenômeno da contaminação consiste na introdução de substâncias que provocam alterações prejudiciais ao uso do ambiente aquático, caracterizando assim a ocorrência da poluição. Os agentes contaminantes de maior importância são a matéria orgânica, os organismos patogênicos, os compostos organossintéticos e os metais pesados.

Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano: conjunto de atividades, exercidas de forma contínua pelo(s) responsável(is) pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, destinadas a verificar se a água fornecida à população é potável, assegurando a manutenção dessa condição;

Comitês de Bacias Hidrográficas: constituem fóruns intersetoriais na medida em que agregam representantes dos governos federal, estadual e municipal de diversos setores (saneamento, meio ambiente, saúde, agricultura, planejamento, turismo, energia, sociedade civil organizada, dentre outros). A composição dos comitês inclui representantes dos governos estadual, municipal e da sociedade civil organizada.

Distribuição de Água: condução da água para as edificações e os pontos de consumo por meio de canalizações instaladas em vias públicas.

Doenças Relacionadas à Água: são enfermidades transmitidas pelo contato, ou ingestão de água contaminada ou por vetores que se procriam na água. Tais doenças se subdividem em: transmitidas pela via feco-oral, controladas pela limpeza com água (associadas ao abastecimento insuficiente de água); por verminoses que tem parte de seu ciclo de vida infeccioso no ambiente aquático e por vetores que se relacionam com a água.

1- **Doenças Transmitidas pela Via Feco-Oral** (alimentos ou água contaminados por fezes): o organismo patogênico (agente causador de doença) é ingerido (ex. leptospirose, amebíase diarreias e disenterias, como a cólera e a giardíase).

2- **Doenças Controladas pela Limpeza com Água** (associadas ao abastecimento insuficiente de água): a falta de água e a higiene pessoal insuficiente criam condições favoráveis para sua disseminação, por exemplo, a Febre Tifoide (água), Cólera e outras Diarreias (água), Hepatite A (água), Ascaridíase (água), Tricuríase (água) e Ancilostomíase (água e solo)

3- **Doenças Transmitidas por Verminoses** que em parte de seu Ciclo de Vida Infeccioso no Ambiente Aquático (uma parte do ciclo de vida do agente infeccioso ocorre em um animal aquático): são doenças provocadas por verminoses cuja ocorrência está

ligada ao meio hídrico na medida em que uma parte do ciclo de vida do agente infeccioso passa-se no ambiente aquático. Associadas à água (uma parte do ciclo da vida do agente infeccioso ocorre em um animal aquático). O patogênico penetra pela pele ou é ingerido. (ex. esquistossomose)

4- Doenças Transmitidas por Vetores que se relacionam com a Água: As doenças são propagadas por insetos que nascem na água ou picam perto de corpos d'água (Ex. malária, febre amarela e dengue)

Escherichia Coli: bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e o manitol, com produção de ácido e gás a $44,5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidrolisa a ureia e apresenta atividade das enzimas β -galactosidase e β -glucuronidase, sendo considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos.

Esgotamento Sanitário: conjunto de obras e instalações destinadas à coleta, transporte, afastamento, tratamento e disposição final das águas residuárias da comunidade, de uma forma adequada do ponto de vista sanitário.

Fluoretação: adição de flúor na água para a prevenção da cárie dentária.

Indicadores: Os indicadores são ferramentas utilizadas com o intuito de caracterizar uma situação existente, possibilitando, assim, comparações entre situações diversas, grupos específicos ou populações. Os indicadores podem ainda ser utilizados para a avaliação de atividades, permitindo constatar mudanças com o passar do tempo. Eles têm o objetivo de gerar informações, que, por sua vez, constituem subsídio essencial à tomada de decisões.

Lançamento de Esgoto em Cursos d'Água: lançamento do esgoto sanitário diretamente em rios, lagos, mar etc.

Ligações de Água: conjunto de dispositivos que interliga a canalização distribuidora da rua e a instalação predial podendo ter ou não hidrômetro.

Manancial: fonte de onde se retira a água. Pode ser subterrâneo, no caso de poços ou superficial no caso de rios e lagoas.

Monitoramento da Qualidade da Água: é um dos instrumentos de verificação da potabilidade da água e de avaliação dos riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água possam representar para a saúde humana.

Incidência de Doenças: número de casos novos de uma doença, ocorridos em uma população particular durante um período específico.

Município Servido: aquele que apresenta algum tipo de serviço de esgotamento sanitário, independentemente da extensão da rede coletora, do número de ligações ou de economias esgotadas.

pH - o potencial hidrogênioônico (pH): representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio líquido por meio da medição da presença de íons de hidrogênio (H⁺). Valores de pH menores que 7 indicam águas com características ácidas e valores acima de 7 indicam águas básicas.

Poluição: o termo "poluição" provém do verbo latino pollure, que significa sujar. Em um conceito mais amplo, a poluição indica a ocorrência de alterações prejudiciais no meio, seja ele água, ar ou solo. Fala-se então de uma poluição aquática, atmosférica ou do solo. Em relação à qualidade da água para o consumo humano este conceito deve ser entendido como perda de qualidade da água, ou seja, alterações em suas características que comprometam um ou mais usos do manancial.

Qualidade Física da Água de Consumo Humano: consiste na identificação de parâmetros que representem, de forma indireta, a concentração de sólidos - em suspensão ou dissolvida - na água. Esse indicador revela, por um lado, a qualidade estética da água, cuja importância sanitária reside no entendimento de que águas com inadequado padrão estético, mesmo micro biologicamente seguras, podem conduzir os consumidores a recorrerem a fontes alternativas menos seguras. Por outro lado, águas com elevado conteúdo de sólidos comprometem a eficiência da desinfecção, ou seja, nesse caso sólido podem se mostrar associados à presença de microrganismos.

Qualidade Química da Água de Consumo Humano: é aferida pela própria identificação do componente na água, por meio de métodos laboratoriais específicos. Tais componentes químicos não devem estar presentes na água acima de certas concentrações determinadas com o auxílio de estudos epidemiológicos e toxicológicos. As concentrações limites toleráveis significam que a substância, se ingerida por um indivíduo com constituição física mediana, em certa quantidade diária, durante um determinado período de vida, adicionada à exposição esperada da mesma substância por outros meios (alimento, ar, etc.), submete esse indivíduo a um risco inaceitável de acometimento por uma enfermidade crônica resultante.

Racionamento de Água: interrupção do fornecimento de água em decorrência de problemas na reservação; capacidade de tratamento insuficiente; população flutuante;

problemas de seca/estiagem. O racionamento pode ser: constante, independente da época do ano; todos os anos na época da seca; esporadicamente, em época de seca.

Rede Coletora de Esgoto: conjunto de tubulações ligadas às unidades ou prédios, que conduz o esgoto sanitário até o ponto de tratamento ou de lançamento final.

Rede Geral de Distribuição de Água: conjunto de tubulações interligadas e instaladas ao longo das vias públicas ou nos passeios, junto às unidades ou prédios, e que conduz a água aos pontos de consumo, como moradias, escolas, hospitais etc.

Reservação: armazenamento da água entre o tratamento e o consumo com os objetivos de: suprir as variações horárias de consumo, garantir a adequada pressurização do sistema de distribuição e garantir reservas de emergência a enfermidade crônica resultante.

Reservatórios: recipiente que acumula água para distribuí-la à rede. As unidades de reserva são concebidas e operadas tendo como objetivos principais o atendimento às demandas máximas diárias e horárias, bem como, quando necessário, o combate a incêndios e a outras situações emergenciais, além da equalização das pressões no sistema de distribuição.

Rede de Distribuição: a rede de distribuição consiste na última etapa de um sistema de abastecimento de água, constituindo-se de um conjunto de condutos assentados nas vias públicas ou nos passeios, aos quais se conectam os ramais domiciliares. Dessa forma, a função da rede de distribuição é conduzir as águas tratadas aos pontos de consumo, mantendo suas características de acordo com o padrão de potabilidade.

Risco: é definido como uma característica de uma situação ou ação em que dois ou mais efeitos são possíveis, mas que o efeito particular que ocorrerá é incerto e pelo menos uma das possibilidades é indesejável. Por tanto, risco está associado à probabilidade de ocorrência de um efeito.

Sabor e Odor: a conceituação de sabor envolve uma interação de gosto (salgado, doce, azedo e amargo) com o odor. Em relação à água, vale ressaltar que substâncias altamente deletérias aos organismos aquáticos, como metais pesados e alguns compostos organossintéticos, não conferem nenhum sabor ou odor à água. Para consumo humano e usos mais nobres, o padrão de potabilidade exige que a água seja completamente inodora.

Partículas Sólidas na Água: A presença de sólidos na água refere-se à entrada de partículas em suspensão ou em dissolução. Sólidos em suspensão podem ser definidos

como as partículas passíveis de retenção por processos de filtração. Sólidos dissolvidos são constituídos por partículas de diâmetro inferior a 10 µm e que permanecem em solução mesmo após a filtração. A entrada de sólidos na água pode ocorrer de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de lixo e esgotos).

Solução Alternativa de Abastecimento de Água para Consumo Humano: toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transporta em regime de concessão ou permissão, instalações condominiais horizontal e vertical.

Tratamento de Água: a função precípua das estações de tratamento consiste, em última instância, em tornar a água potável, ou seja, adequar suas características ao padrão de consumo segundo a legislação de potabilidade. Os tipos de tratamento da água podem ser compreendidos em: convencional - tratamento da água bruta pelos processos de floculação, decantação, filtração, correção de pH, desinfecção (cloração) e fluoretação, antes de ser distribuída à população; não convencional - tratamento da água bruta por clarificador de contato, estações de tratamento de água compactas, pressurizadas ou não, filtragem rápida etc.; simples desinfecção (cloração) - tratamento da água bruta que recebe apenas o composto cloro antes de sua distribuição à população.

Tratamento Convencional: por tratamento convencional entende-se a instalação potabilizadora que apresenta unidades distintas responsáveis pelos processos e operações unitárias inerentes ao tratamento. Um dos objetivos dos processos de tratamento é a desinfecção, que consiste na inativação dos microorganismos patogênicos, realizada por intermédio de agentes físicos e/ou químicos.

Tratamento do Esgoto Sanitário: combinação de processos físicos, químicos e biológicos com o objetivo de reduzir a carga orgânica existente no esgoto sanitário antes de seu lançamento em corpos d'água, como: filtro biológico; lodo ativado; reator anaeróbio; valor de oxidação; lagoa anaeróbia; lagoa aeróbia; lagoa aerada; lagoa facultativa; lagoa mista; lagoa de maturação; fossa séptica de sistema condominial.

Turbidez: A turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido. A alteração à penetração da luz na água decorre da presença de material em suspensão. Ao contrário da cor, que é causada por substâncias

dissolvidas, a turbidez é provocada por partículas em suspensão (sólidos). Em outras palavras, é uma característica que reflete o grau de transparência da água.

Vigilância da qualidade da água para consumo humano: conjunto de ações adotadas continuamente pela autoridade de saúde pública para verificar se a água consumida pela população atende a esta Norma e para avaliar os riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água representam para a saúde humana.

Vigilância Sanitária: o conjunto de ações capaz de eliminar, diminuir ou prevenir riscos à saúde e de intervir nos problemas sanitários decorrentes do meio ambiente, da produção e da circulação de bens e da prestação de serviços de interesse à saúde, abrangendo.

Vigilância em Saúde Ambiental: o conjunto de ações e serviços prestados por órgãos e entidades públicas e privadas, relativos à vigilância em saúde ambiental, visando o conhecimento e a detecção ou prevenção de qualquer mudança nos fatores determinantes e condicionantes do meio ambiente que interferem na saúde humana, com a finalidade de recomendar e adotar medidas de promoção da saúde ambiental, prevenção e controle dos fatores de riscos relacionados às doenças e outros agravos à saúde, em especial: I. água para consumo humano; II. ar; III. solo; IV. contaminantes ambientais e substâncias químicas; V. desastres naturais; VI. acidentes com produtos perigosos; VII. fatores físicos; e VIII. ambiente de trabalho.

3.3 Prescrições Técnicas

3.3.1 Considerações Iniciais

Para que um sistema público urbano de abastecimento de água possa atender determinada população, diversas etapas devem ser previamente estabelecidas e cumpridas. De modo geral as principais são: elaboração do projeto, implementação e operação. As duas primeiras fases consistem em estudos técnicos de concepção, dimensionamento e execução, observando-se prioritariamente o que está estabelecido nas normas técnicas e nas análises econômicas de custo-benefício. A operação consiste no conjunto de atividades e ações que permitam o funcionamento básico dos componentes do sistema, de modo que todos os pontos de consumo sejam plenamente abastecidos, de acordo, também, com parâmetros técnicos e econômicos. Porém,

devido as grandes dificuldades de gestão do processo operacional estas exigem estudos e ações detalhadas, pois é grande o número de incertezas intervenientes.

Assim, a rotina operacional de um sistema de abastecimento de água (SAA) pode apresentar diversas dificuldades. Entre elas: alto índice de perdas físicas, elevados custos com energia elétrica, capacidades inadequadas dos reservatórios de distribuição, áreas atendidas não previstas em projeto, reflexo de constantes manobras na rede de distribuição para serviços de manutenção, tubulações antigas em avanço estado de deterioração, equipamentos das estações elevatórias com elevado grande desgaste, cadastros técnicos desatualizados, alteração de parâmetros de qualidade ao longo da rede de distribuição. Este cenário dificulta a operação, tornando-a um misto de processos cada vez mais complexos e problemáticos.

Por isto cada vez torna-se mais necessários que os sistemas operacionais sejam sempre avaliados por especialistas no sentido de realizar implementações de escopo tecnológico ou simplesmente para atualização dos colaboradores. Oliveira (2008) destaque que SAAs que passam por contínuas consultorias técnicas tem demonstrado melhor performance na qualidade da água produzida e distribuída a população.

3.3.2 Abordagem sobre a Literatura Técnica

3.3.2.1 Saneamento Básico

Sabe-se que a existência da água é essencial para o desenvolvimento de praticamente todas as atividades realizadas pelo homem sobre a terra, sejam elas urbanas, industriais ou agropecuárias. A água é essencial para a existência da própria vida sobre o planeta. Devido a uma série de propriedades químicas que lhe são peculiares, algumas das quais fogem inteiramente às regras gerais sugeridas pelos demais compostos conhecidos (VIANNA, 1992).

Saneamento básico tem por definição garantir condições de salubridade e conscientizar a população de sua importância para o bem-estar físico, mental e social de todos. Sendo salubridade definida como estado de hígidez (estado de saúde normal) em que vive a população urbana e rural, tanto no que se refere a sua capacidade de inibir, prevenir ou impedir a ocorrência de endemias ou epidemias veiculadas pelo meio ambiente, favorecendo o pleno gozo de saúde e bem-estar.

Outra definição é a trazida pela Lei do Saneamento Básico (Lei nº 11.445, 2007) que estabelece as diretrizes básicas nacionais para o saneamento), que o define como o

“conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de” abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais. As diretrizes do saneamento básico são:

- abastecimento de água às populações, com a qualidade compatível com a proteção de sua saúde e em quantidade suficiente para a garantia de condições básicas de conforto;
- coleta, tratamento e disposição ambientalmente adequada e sanitariamente seguras de águas residuárias (esgotos sanitários, resíduos líquidos industriais e agrícola;
- acondicionamento, coleta, transporte e/ou destino final dos resíduos sólidos (incluindo os rejeitos provenientes das atividades doméstica, comercial e de serviços, industrial e pública); e
- Coleta de águas pluviais e controle de empoçamentos e inundações.

A evolução do abastecimento, bem como da sua qualidade e condições de salubridade caminham lado a lado com a história humana. Essa demanda determinou a própria localização das comunidades, desde que o homem passou a viver de forma sedentária, adotando a agricultura como meio de subsistência e abandonando a vida nômade, mais centrada na caça. A vida sedentária tornou o equacionamento das demandas de água mais complexo, que passaram então a incluir o abastecimento de populações, não mais de indivíduos, ou famílias isoladas, tanto para atender as necessidades fisiológicas das pessoas, preparar alimentos e promover a limpeza, quanto para manter a agricultura, irrigando as culturas (FONSECA, 2010).

3.3.2.2 Sistemas Públicos de Abastecimento de Água

Um sistema público de abastecimento de água, não é diferente de diversos campos da engenharia e das políticas públicas em geral, onde quase nunca se tem uma única solução para uma problemática. Ainda que uma a solução pareça de imediato ser a mais adequada e evidente de se adotar para o problema, geralmente outras alternativas são propostas e estudadas. Até mesmo quando a primeira sugestão é aceita como a que melhor se adequa a situação, muitas vezes, dentro dela há diferentes variantes, formas de projeto, ou concepções de dimensionamento. Nem sempre a melhor solução para um problema de abastecimento de água é a mais econômica, a mais segura, ou a mais moderna, mas sim aquela mais apropriada à realidade social em que será aplicada. Portanto, para a formulação de uma solução para uma necessidade relacionada ao

abastecimento de água, deve-se levar em consideração inúmeras variáveis intervenientes, afim de que esta opção seja a mais adequada. A escolha da melhor alternativa, muitas vezes, é definida simplesmente por comparação, avaliando qualitativamente os prós e contras de cada uma, ou pode exigir estudos de alternativas mais complexas, levem em conta custos e benefícios (VIANNA, 1992).

A concepção tem como objetivos principais: identificar e quantificar de todos os fatores intervenientes com o sistema de abastecimento de água; levantar um diagnóstico do sistema existente, tendo em vista a situação atual e futura; estabelecer todos os parâmetros básicos de projeto; pré-dimensionamento das unidades dos sistemas, para as alternativas selecionadas; escolher a alternativa mais adequada através de uma comparação técnica, econômica e ambiental, entre as alternativas; estabelecer as diretrizes gerais de projeto e estimar o volume de serviços que deve ser executado na fase de projeto (LIBÂNIO, 2010).

3.3.2.3 Conceitos Fundamentais de Tratamento de Água

Mais do que suprir a demanda biológica humana, a qualidade da água de abastecimento é uma preocupação que, como pudemos ver no tópico anterior, caminhou lado a lado com a preocupação pelo bem estar saudável das populações, e comunidades abastecidas. Este tópico visa elucidar os parâmetros regulamentados, as principais consequências do seu desrespeito, no ponto de vista físico, químico, microbiológico. Para se garantir que a água fornecida está dentro dos parâmetros, definidos internacionalmente, de potabilidade e salubridade, são feitas análises periódicas para corroborar a necessidade de tratamento, cujas finalidades principais são de redução do excesso de impurezas, redução de teores elevados de compostos orgânicos, algas, protozoários e outros microrganismos e remoção bactérias; eliminação ou redução de substâncias tóxicas ou nocivas (VIANNA, 1992).

A Bacia Hidrográfica é formada pelo ciclo hidrológico e é definida como uma área drenada total ou parcialmente por um curso d'água ou por um sistema conectado de cursos de água, dispondo apenas de uma única saída. É na bacia hidrográfica que ocorrem os grandes impactos ambientais, provenientes da ocupação humana e suas mais diversas atividades, tais como os processos industriais, as atividades agrícolas, e a produção de rejeitos e dejetos humanos. Os corpos receptores, sempre foram a base da história do homem, já que as grandes cidades foram construídas ao longo dos rios, dos lagos e dos mares (FREITAS Et al., 2004). A qualidade da água bruta é um dos

principais fatores que devem ser considerados na definição da técnica de tratamento. Entretanto, quando a água puder ser tratada por mais de uma técnica, outros fatores, tais como complexidade operacional, custo de implantação e de operação e porte da instalação devem ser levados em consideração. É imprescindível a existência de laboratório apropriadamente equipado e de áreas convenientemente projetadas para armazenamento e preparo de produtos químicos (VIANNA, 1992).

O levantamento sanitário da bacia deve ser elaborado conforme a NBR 12211 (1992). Devendo ser considerados os seguintes tipos de águas naturais para abastecimento público, de acordo com a NBR 12216 (1992):

- tipo A: águas subterrâneas ou superficiais, provenientes de bacias sanitariamente protegidas, com características básicas definidas na Figura 02, e as demais satisfazendo aos padrões de potabilidade;
- tipo B: águas subterrâneas ou superficiais, provenientes de bacias não-protegidas, com características básicas definidas na Figura 02, e que possam enquadrar-se nos padrões de potabilidade, mediante processo de tratamento que não exija coagulação;
- tipo C: águas superficiais provenientes de bacias não protegidas, com características básicas definidas na Figura 02, e que exijam coagulação para enquadrar-se nos padrões de potabilidade;
- tipo D: águas superficiais provenientes de bacias não protegidas, sujeitas a fontes de poluição, com características básicas definidas na Figura 02, e que exijam processos especiais de tratamento para que possam enquadrar-se nos padrões de potabilidade.

Levantamento sanitário da bacia é apresentado conforme a NBR 12216.

| Tabela - Classificação de águas naturais para abastecimento público | | | | |
|---|---|---|---|------------|
| Tipos | A | B | C | D |
| DBO 5 dias (mg/L): | | | | |
| - média | até 1,5 | 1,5 - 2,5 | 2,5 - 4,0 | > 4,0 |
| - máxima, em qualquer amostra | 1 - 3 | 3 - 4 | 4 - 6 | > 6 |
| Coliformes (NMP/100 mL) | | | | |
| - média mensal em qualquer mês | 50 - 100 | 100 - 5000 | 5000 - 20000 | > 20000 |
| - máximo | > 100 cm menos de 5% das amostras | > 5000 cm menos de 20% das amostras | > 20000 cm menos de 5% das amostras | - |
| pH | 5 - 9 | 5 - 9 | 5 - 9 | 3,8 - 10,3 |
| Cloretos | < 50 | 50 - 250 | 250 - 600 | > 600 |
| Fluoretos | < 1,5 | 1,5 - 3,0 | > 3,0 | - |

NMP - Número mais provável

Figura 02. Classificação de águas naturais para abastecimento público (Fonte: NBR 12216/1992)

3.3.3 Tratamento Convencional de Água

3.3.3.1 Elementos constituintes do sistema de tratamento

Por sistema de abastecimento entende-se como sendo a instalação por conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinado à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sobre a responsabilidade do poder público, mesmo que administra em regime de concessão ou permissão. Um sistema de abastecimento de água, para atingir seus objetivos funcionais de assegurar a potabilidade da água de consumo humano, deverá atender a requisitos mínimos que variam desde a sua concepção, construção até a sua operação (LIBÂNIO, 2010). Segundo Heller e Pádua (2010) o tratamento de Água denominado de Convencional é normalmente aplicado às águas que possuem partículas finamente divididas em suspensão e partículas coloidais e que necessitam de tratamento químico capaz de propiciar sua deposição, com um baixo período de detenção. O tratamento convencional é subdividido nas seguintes etapas, que se sucedem hidraulicamente:

- **Coagulação:** processo onde a adição de sulfato de alumínio ou sulfato ferroso, entre outros, através de mistura rápida, provoca a coagulação, formando compostos químicos. Esses compostos, formados através de choques com as partículas de

impurezas, são por elas absorvidos e provocam desequilíbrio das cargas elétricas superficiais, o que irá propiciar a posterior união destas partículas na etapa seguinte.

- **Floculação:** os compostos químicos, já misturados anteriormente, vão reagir com a alcalinidade da água formando compostos que tenham a propriedade da adsorção, que é a capacidade de atrair partículas com cargas elétricas contrárias. Essas partículas são chamadas de flocos e têm cargas elétricas superficialmente positivas, enquanto que as impurezas presentes na água, como as matérias suspensas, as coloidais, alguns sais dissolvidos e bactérias, têm carga elétrica negativa, sendo assim retidas pelos flocos. É no compartimento da floculação, que se inicia a formação dos flocos, que irão crescendo (em tamanho) à medida que se dirigem para o decantador.

- **Decantação:** é o fenômeno pelo qual os flocos do coagulante, que já agregaram a si as impurezas, começam o processo de sedimentação e conseqüente clarificação da água. Esse fenômeno ocorre porque os flocos, que são mais pesados do que a água e devido à baixa velocidade da mesma na grande área do decantador, afundam pela ação gravitacional, ficando depositados no fundo do tanque, deixando a água superficial mais clara, ao longo do fluxo, e apta a seguir escoando para a próxima etapa.

- **Filtração:** a maioria das partículas ficou retida no decantador, porém uma parte persiste em suspensão; e é para remover essa parte que se procede à filtração. Hidraulicamente, faz-se a água traspasar uma camada filtrante, constituída por um leito arenoso, com granulometria pré-dimensionada, sustentada por uma camada de cascalho, de modo que as impurezas, as partículas, a maioria das bactérias, entre outros, fiquem retidos e a água filtrada seja límpida.

- **Desinfecção:** a filtração bem executada elimina as partículas e quase todas as bactérias; entretanto, as bactérias têm que ser totalmente eliminadas. Para isso, recorre-se à desinfecção, que é feita pela adição de produtos químicos, dos quais o mais usado é o cloro. A cloração, como é chamada, é feita através de dosadores que aplicam compostos de cloro à água, desinfetando-a.

- **Fluoretação:** adição de compostos de flúor à água em tratamento, como medida de saúde pública, visando a diminuição da incidência de cárie dentária. Dentre os produtos químicos utilizados para este fim, destacam-se o fluossilicato de sódio e o ácido fluossilícico.

3.3.3.2 Controles de Processo

Para que os processos de cada etapa do Tratamento Convencional ocorram de forma adequada se faz necessário o acompanhamento através do que chamamos de Controles de Processo. Descrevemos, abaixo, as duas principais formas de controle:

a) Controle Analítico: A realização de análises físico-químicas, durante as várias etapas do tratamento, possibilita o acompanhamento da eficiência do mesmo e determina a necessidade, ou não, da implementação de medidas preventivas e/ou corretivas. Além disto, serve para monitorar os principais parâmetros relativos à potabilidade da água. Para cada etapa, distintas análises são feitas, a saber:

- Água Bruta: normalmente, são realizadas as seguintes análises: temperatura, cor, turbidez, pH, odor, alcalinidade, matéria orgânica, oxigênio dissolvido, dióxido de carbono, ferro, manganês e dureza. Esta bateria de análises é realizada a cada turno de trabalho e tem como objetivo monitorar a qualidade da água bruta que chega à ETA e detectar alterações na mesma.

- Água Coagulada: analisa-se pH, alcalinidade, cor, turbidez e alumínio. Água Decantada: cor, turbidez, pH, alcalinidade.

- Água Tratada: na água tratada são analisados os mesmos parâmetros avaliados na água bruta. Além disto, a cada duas horas, são efetuadas análises de pH, turbidez, cor, flúor, cloro residual livre e alumínio residual. Diariamente, análise bacteriológica.

b) Controle Operacional: O controle operacional compreende todas as ações necessárias ao bom andamento do processo de tratamento da água. A seguir estão elencadas as principais atividades relativas à operação de estações de tratamento de água:

- medição da vazão de água bruta;
- ajustes e conferências nas dosagens dos produtos químicos utilizados no tratamento;
- preparo de soluções dos produtos químicos utilizados no tratamento;
- lavagem de filtros;
- medição dos níveis dos reservatórios de água tratada;
- registro de consumo de produtos químicos, e
- verificação periódica do funcionamento de bombas, válvulas, dosadores e demais equipamentos existentes nas estações de tratamento de água.

A escolha da tecnologia mais adequada deve ser guiada pelos seguintes fatores (LIBÂNIO, 2010):

- características da água bruta;
- custos envolvidos;
- manuseio e confiabilidade dos equipamentos;
- flexibilidade operacional;
- localização geográfica e características da população.

Este estudo fará menção somente à tecnologia de ciclo completo, já que a ETA alvo deste estudo tem implantada essa tecnologia. As cinco etapas necessárias para a realização do tratamento convencional ou tratamento de ciclo completo são:

- coagulação;
- floculação;
- decantação ou flotação;
- filtração rápida descendente;
- ajustes finais, que envolvem desinfecção, fluoretação, ajuste de pH e outros processos necessários.

De acordo com Libânio (2010), a escolha da tecnologia de tratamento segundo critério adotado pela resolução CONAMA 357 (2005) e pela NBR 12216 (1992) na maioria das vezes converge para a escolha do tratamento convencional.

3.3.3.3 Coagulação e mistura rápida

A coagulação é um processo que visa à desestabilização de partículas coloidais e suspensas através de fenômenos químicos e físicos. Inicialmente, os coagulantes reagem com a água, formando espécies hidrolisadas com carga positiva ou precipitado de metal do coagulante usado. Estes produtos formados anteriormente colidem com as impurezas da água, tornando-as desestabilizadas, através do processo de mistura rápida, onde há o fornecimento de energia e agitação (LIBÂNIO, 2010; VIANNA, 1992).

A dispersão de coagulantes metálicos hidrolisáveis deve ser feita a gradientes de velocidade compreendidos entre 700 s⁻¹ e 1100 s⁻¹, em um tempo de mistura não superior a 5 s (NBR 12216/1992).

A condição ótima de coagulação, ou seja, a melhor relação entre dosagem de coagulante e pH para cada tecnologia de tratamento deve ser estabelecida em experimentos laboratoriais, através, por exemplo, de Jar Test, que permitirá a formulação de diagramas de coagulação.

Os principais produtos químicos que são utilizados como coagulantes são: sulfato de alumínio, sulfato férrico, sulfato ferroso, hidróxi-cloreto de alumínio, sulfato ferroso clorado e cloreto férrico.

Muitas das vezes são adicionados auxiliares de coagulação, que são os alcalinizantes, tal como a cal (VIANNA, 1992). A mistura rápida objetiva fornecer à água uma agitação que dispersa o coagulante, bem como provoca o choque entre o coagulante e as partículas coloidais na água. Essa agitação é mensurada em termos de gradiente de velocidade. Segundo a NBR 12216 (1992), as condições ideais em termos de gradiente de velocidade e tempo de mistura rápida devem ser determinadas em ensaios de laboratório.

A mistura rápida pode ser mecanizada, hidráulica ou especial. A mistura rápida mecanizada consiste na introdução de potência na água através de agitadores mecânicos, que podem ser em forma de hélice ou turbinas.

De acordo com a NBR 12216 (1992), a potência introduzida na água deve ser estabelecida em função do gradiente de velocidade. Já a mistura rápida hidráulica pode ser, de acordo com Bernardo e Paz (2010), com malha de fios redondos, em vertedor retangular, em vertedor Parshall e por meio injetor.

Já a NBR 12219 (1992) cita que qualquer singularidade que ocorra turbulência intensa, canal ou canalizações com anteparos ou chicanas e ressaltos hidráulicos que atendam as recomendações de gradiente e tempo de mistura podem ser utilizados como dispositivos de mistura rápida.

3.3.3.4 Floculação e mistura lenta

A floculação é a etapa subsequente à coagulação, onde as partículas desestabilizadas vão se agregar, formando flocos, possibilitando a remoção nas etapas seguintes – decantação ou flotação. Para tal, é necessário fornecer condições - gradiente de velocidade e tempo de mistura - para que as partículas se choquem uma contra as outras.

Nessa etapa, a energia fornecida à água é menor quando comparada à energia da mistura rápida e por isso mesmo, a etapa da floculação ocorre em unidades chamadas de mistura lenta, que também pode ser hidráulica ou mecanizada (LIBÂNIO, 2010).

Assim como na coagulação, a NBR 12216 (1992) estabelece que o tempo de mistura e o gradiente de velocidade devem ser estabelecidos em laboratórios. Caso não seja possível, a NBR 12216 (1992) recomenda valores. Para unidades mecanizadas, a norma

recomenda ainda que devem existir no mínimo três câmaras em série com gradientes decrescentes.



Figura 03. Exemplo de uma Câmara de um Floculador

Fonte: <https://tratamentodeagua.com.br/produto/floculador/>

3.3.3.4.1 Valores recomendados para os parâmetros hidráulicos da floculação

Não sendo realizados ensaios, deve ser previsto gradiente de velocidade máximo, no primeiro compartimento, de 70 s⁻¹ e mínimo, no último, de 10 s⁻¹ (NBR 12216/1992).

Dependendo do porte da estação e a critério do órgão contratante, não sendo possível proceder aos ensaios destinados a determinar o período de detenção adequado, podem ser adotados valores entre 20 min e 30 min, para floculadores hidráulicos, e entre 30 min e 40 min, para os mecanizados (NBR 12216/1992).

3.3.3.5 Decantação

Os decantadores são unidades que visam à remoção dos flocos formados na etapa anterior, pela ação da gravidade, podendo ser convencionais ou de elementos tubulares (alta taxa) (NBR 12216, 1992). A NBR 12216 (1992) estabelece que estações com capacidade de até 1000m³/d com funcionamento de 24h, ou com capacidade de até 10000m³/d com período de funcionamento de até 18h por dia, podem dispor de apenas uma unidade de decantação. As demais ETA's devem contar com pelo menos duas unidades. Porém, segundo Bernardo e Paz (2010), é recomendado pelo menos duas

unidades de decantação, para que a ETA não seja paralisada devido à limpeza do mesmo. Essencialmente, o decantador convencional pode ser subdividido em quatro zonas distintas (LIBÂNIO, 2010):

- Zona de entrada, composta pelo canal de água floculada e a cortina de distribuição, responsáveis pela distribuição igualitária por toda seção do decantador, evitando zonas mortas e fluxos preferenciais.
- Zona de sedimentação, região com condições – velocidade de escoamento (V_o) e taxa de aplicação superficial (TAS) - que propiciam a sedimentação dos flocos.
- Zona de saída, que também é composta por duas unidades: as calhas de coleta de água decantada e o canal de água decantada.
- Zona de lodo, situa-se logo abaixo da zona de sedimentação e tem por objetivo a acumulação de todas as partículas sedimentadas. No item 3.3.3.5.1 constam alguns valores de parâmetros hidráulicos recomendados para os decantadores pela NBR 12216 (1992) pertinentes para este trabalho.

3.3.3.5.1 Valores recomendados para os parâmetros hidráulicos do decantador

Estações com capacidade entre 1000 e 10000 m³/dia, em que é possível garantir bom controle operacional, 2,43 cm/min (35 m³/m² x dia); caso contrário, 1,74 cm/min (25 m³/m² x dia) (NBR 12216/1992).

Não sendo possível determinar a velocidade de sedimentação através de ensaios de laboratório, a velocidade longitudinal máxima V_o , em decantadores horizontais convencionais, deve ser de 0,50 cm/s; em estações com capacidade até 10000 m³/dia (NBR 12216/1992).



Figura 04. Exemplo de uma Câmara de um Decantador

Fonte: <https://www.araraquara.sp.gov.br/noticias/2019/agosto-1/27/daae-faz-limpeza-periodica-dos-decantadores-da-eta-fonte>

3.3.3.6 Filtração

A etapa da filtração é a última barreira contra as impurezas da água, sendo responsável por reter as partículas que não foram removidas na decantação, representando, portanto, um sistema capaz de corrigir falhas de processos anteriores. Os filtros podem ser classificados como filtros lentos ou filtros rápidos, estando o último presente no sistema convencional de tratamento. Os filtros rápidos são compostos por (VIANNA, 1992).:

- canal de alimentação da água aos filtros;
- calhas de distribuição da água decantada;
- meio filtrante;
- camada suporte;
- sistema de drenagem; e
- calhas de coleta da água de lavagem. Muitas vezes, as calhas de distribuição da água decantada e as calhas de coleta da água de lavagem são as mesmas.

O parâmetro que define se o filtro é rápido ou lento é a taxa de filtração, que segundo a NBR 12216 (1992) deve ser adotada de acordo com ensaios de filtração. Caso não seja possível, a NBR 12216 (1992) recomenda os valores indicado no item 3.3.3.6.1.

3.3.3.6.1 Valores recomendados para os parâmetros hidráulicos dos filtros

Não sendo possível proceder a experiências em filtro-piloto, as taxas máximas são as seguintes, conforme NBR 12216 (1992):

- a) para filtro de camada simples, 180 m³/m² x dia;
- b) para filtro de camada dupla, 360 m³/m² x dia.



Figura 05. Exemplo de uma Câmara de um Filtro Descendente

Fonte: <https://acquablog.acquasolution.com/o-que-e-e-para-que-serve-a-filtracao-no-tratamento-de-agua/>

3.3.3.7 Ajustes finais no tratamento de água

Os ajustes finais do tratamento de água correspondem aos processos de desinfecção, fluoretação e correção de pH. No caso da presença de ferro na água de distribuição, é possível a utilização de complexantes anteriormente a desinfecção (LIBÂNIO, 2010).

O processo de desinfecção representa uma etapa fundamental do tratamento, pois se configura como a última barreira para os microorganismos. A desinfecção pode ser feita por agentes físicos ou por agentes químicos. A eficiência de desinfecção depende:

- das características da água;
- do microorganismo a ser inativado, já que cada grupo de microorganismo possui uma resistência à desinfecção; e
- das características do desinfetante, tal como o potencial de oxidação.

Dentre os diversos compostos disponíveis para a desinfecção, os compostos de cloro são os mais amplamente utilizados, devido ao seu baixo custo e, principalmente, a

possibilidade de conferir à água uma concentração residual para que a água seja distribuída por toda rede com segurança (VIANNA, 1992).

A desinfecção ocorre em unidades chamadas de tanques de contato, que muitas vezes são dotadas de chicanas para reduzir os efeitos de curto-circuito. Em estações de pequeno a médio porte, o primeiro reservatório destinado à distribuição pode ser utilizado como tanque de contato ou, para aquelas distantes do centro de distribuição, a desinfecção pode acontecer na adutora de água tratada (LIBÂNIO, 2010).

A reação de cloro gasoso com a água gera o ácido hipocloroso e este, posteriormente se dissocia em íon hipoclorito. A soma da concentração desses dois compostos é denominada de cloro residual livre e a prevalência de uma espécie ou outra depende do pH. É conhecido que o ácido hipocloroso possui um maior potencial oxidante e que, portanto, a predominância do mesmo no processo leva a uma maior eficiência de desinfecção, sendo recomendado que a desinfecção seja feita em pH inferior a 8,0 (LIBÂNIO, 2010).

A fluoretação é a etapa seguinte à desinfecção e representa a penúltima etapa do tratamento de água. Para as águas que não possuem concentração de fluoreto (F-) dentro do estabelecido pelo anexo XX da portaria 05 de 2017 do Ministério da Saúde a mesma recomenda a adição de compostos de flúor, de maneira a prevenir a cárie dentária. De acordo com Libânio (2010), qualquer composto passível de se dissociar e liberar o íon fluoreto na água pode ser utilizado no processo de fluoretação, desde que o composto tenha uma solubilidade e grau de pureza adequados e que o cátion liberado junto com o ânion não confira à água toxicidade ou outra característica. Os principais compostos utilizados para a fluoretação são: i) fluossilicato de sódio; ii) fluoreto de sódio; e iii) ácido fluossilícico.

Correção de pH A correção de pH se configura como a última etapa do tratamento de água e é responsável pela adição de álcalis para ajustar o pH da água aos padrões recomendados pelo Ministério da Saúde, caso seja necessário. Os produtos que podem ser utilizados nesse processo são: cal virgem e hidratada, carbonato de sódio e hidróxido de sódio (LIBÂNIO, 2010).

O sistema de tratamento de água em Catalão, substituiu o uso do hidróxido de sódio por hidróxido de cálcio (Barrilha leve), no processo de alcalinização da ETA. Esta alteração trouxe ganhos operacionais na tecnologia de controle do pH (acidez), com

melhores resultados no tratamento de água. Os operadores relatam inclusive ausência de incrustações ou obstruções nas tubulações de dosagem.

3.3.4 Qualidade de Água

3.3.4.1 Generalidades

O termo poluir, do latim *polluere*, significa “sujar”. A poluição pode ser definida como uma alteração artificial das características físico-químicas da água, suficiente para superar limites ou padrões pré-estabelecidos para determinado fim. Por outro lado, água contaminada é aquela que contém organismos patogênicos, substâncias tóxicas e/ou radioativas em teores prejudiciais à saúde do homem (FREITAS Et al., 2004).

O marco das discussões sobre poluição e meio ambiente, com ênfase na água, foi a Conferência em Mar Del Plata, em 1977, culminando com o Decênio Internacional da Água Potável e Saneamento (1981-1990). Em 1992, na Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente, realizada em Dublin, na Irlanda, foram estabelecidos os princípios que a água doce é um recurso finito e vulnerável, essencial para sustentar a vida, o desenvolvimento e o meio ambiente; o gerenciamento e o desenvolvimento da água deverão ser baseados numa abordagem participativa, envolvendo usuários, planejadores e legisladores em todos os níveis; a mulher desempenha um papel fundamental na provisão, na gestão e na proteção da água; a água tem valor econômico em todos seus usos competitivos e deve ser reconhecida como um bem econômico.

Com o tempo, áreas antes bem abastecidas tendem a reduzir a qualidade da sua água ou a exigir maior tratamento químico da água fornecida à população. Portanto, mesmo existindo hoje uma boa cobertura do abastecimento de água no Brasil, ela pode ficar comprometida se medidas de controle do ciclo de contaminação não forem tomadas (TUCCI, 2005).

Tradicionalmente, o projeto de estações de tratamento de água convencionais para o tratamento de águas de abastecimento tem considerado como principais objetivos a otimização dos processos de remoção de material particulado e cor aparente, bem como a produção de uma água segura do ponto de vista microbiológico e químico.

No entanto, devido à escassez de água em regiões metropolitanas e, associado ao fato de que a maior parte dos mananciais utilizados para abastecimento público de sistemas de grande porte tem como origem reservatórios de acumulação que se encontram em elevado estado de eutrofização, a dimensão dos problemas e desafios a

serem enfrentados atualmente pelos profissionais do setor é significativa, especialmente para estações de tratamento de água (ETAs) já existentes e que encontram dificuldades na incorporação de processos e operações unitárias adicionais (HELLER E PÁDUA, 2010).

Do ponto de vista prático, uma das primeiras etapas do projeto de um sistema de abastecimento de água é a seleção do manancial que, preferencialmente, deve atender a critérios de quantidade e qualidade mínimas requeridas quando de sua utilização para fins de potabilização.

Com respeito ao aspecto qualitativo, historicamente, os mananciais empregados para abastecimento público sempre foram escolhidos de modo a possibilitar que as ETA's fossem do tipo convencionais ou uma variante desta (filtração em linha ou filtração direta). Assim sendo, os seus principais objetivos a serem atendidos era a produção de água potável no tocante ao Padrão de Potabilidade para cor e turbidez e que fosse segura do ponto de vista microbiológico e químico. Como a grande maioria dos sistemas de abastecimento no Brasil possui mais de 30 anos de vida útil e tendo sido este o principal delineador na concepção das estações, a maior parte destas atualmente em operação é do tipo convencional (OLIVEIRA, 2008).

Ao contrário do que muitos imaginam, a água é uma substância muito complexa. Por ser um excelente solvente, até hoje ninguém pôde vê-la em estado de absoluta pureza. Quimicamente sabe-se que, mesmo sem impurezas, a água é a mistura de 33 substâncias distintas (TSUTIYA, 2006).

A qualidade da água depende de sua origem e história. Em geral, as águas naturais revelam qualidades nitidamente características dos mananciais. Contudo, muitos fatores produzem variações em águas provenientes do mesmo tipo de manancial, conforme as oportunidades de receber substâncias solúveis, ou de transportá-las em suspensão. As condições climáticas, geográficas e geológicas desempenham importante papel na determinação da qualidade da água (VIANNA, 1992). Condições hidrológicas, ligadas à queda pluviométrica, ao escoamento superficial e à percolação, são fatores importantes na melhoria e na purificação do abastecimento de água. Variações destes fatores afetam não somente a quantidade disponível, como também a qualidade (LIBÂNIO, 2010).

São inúmeras as impurezas que se apresentam nas águas naturais, várias delas inócuas, poucas desejáveis e algumas extremamente perigosas. Entre as impurezas nocivas encontram-se vírus, bactérias, parasitos, substâncias tóxicas e, até mesmo,

elementos radioativos (TSUTIYA, 2006). As normas de qualidade para as águas de abastecimento são conhecidas como Padrões de Potabilidade. No Brasil, o Estado de São Paulo foi o pioneiro na fixação de normas de qualidade para água potável, tendo oficializado por decreto estadual (HELLER E PÁDUA, 2010).

3.3.4.2 Aparato legal para os sistemas de tratamento das águas

Em âmbito nacional, o Governo Federal regulamentou a questão pelo Decreto 79.367, de 09/03/1977. A Portaria número 05 anexo XX do Ministério da Saúde (2017) estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Toda a água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade.

Segundo a Organização Mundial da Saúde, cerca de 80% de todas as doenças que se alastram nos países em desenvolvimento são provenientes da água de má qualidade. No Brasil, as normas de potabilidade existentes seguem basicamente os padrões recomendados pela OMS, contidas no 'Guidelines for Drinking Water Quality'. O Decreto Federal nº 79.367, de 09 de março de 1977, atribuiu competência ao Ministério da Saúde para elaborar normas e o padrão de potabilidade de água para consumo humano. No mesmo ano, a primeira norma de potabilidade, a Portaria do Ministério da Saúde nº 5623, foi instituída.

Esta, definia os limites máximos para as diversas características físicas, químicas e biológicas inerentes às águas para consumo. Até então, as recomendações do Serviço Norte Americano de Saúde Pública (United States Public Health Service), juntamente com as diretrizes da OMS, norteavam a qualidade de água. Ainda que a Portaria nº 56 determinasse que os responsáveis pelos sistemas de abastecimento deveriam cumprir o estabelecido, nem todos os Estados realizavam efetivo controle para a verificação do atendimento aos padrões normatizados. Como forma de incentivar as secretarias de saúde estaduais a realizar ações no âmbito da vigilância, em 1986, o Ministério da Saúde criou o Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (VIANNA, 1992).

Posteriormente, o Ministério da Saúde publicou, em janeiro de 1990, a Portaria nº 36, aumentando o número de parâmetros e tornando alguns limites mais restritivos. Em função dessas restrições, a implementação dessa norma foi postergada para o ano de 1992, por solicitação dos entes públicos envolvidos na administração de sistema de abastecimento de água no País.

A Portaria nº 36/1990 inova ao dividir o padrão de potabilidade em três categorias: um referente às características físicas, organolépticas e químicas; uma relativa às características bacteriológicas e outra às características radioativas.

Carmo e colaboradores (2008) acrescentam que a portaria foi marco para o estabelecimento de uma ferramenta importante no contexto da informação: lançou bases para a concepção da primeira versão do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade para Consumo Humano (Sisagua), disponibilizado apenas no ano 2000, quando, depois de extrapolado o prazo de revisão estabelecido na norma, foi publicada a Portaria de nº 1.469, implementada em janeiro de 2003. No mesmo ano, houve uma mudança estrutural: foi criada a Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS), que assumiu as atribuições da Fundação Nacional de Saúde (Funasa), razão pela qual, a portaria anterior foi revogada pela Portaria de nº 518, de março de 2004.

A Portaria nº 518/2004 categoriza os parâmetros microbiológicos de acordo com a fase de tratamento. Esta passou a considerar o padrão microbiológico, incluindo padrão de turbidez para água pós-filtração e pré-desinfecção; padrão para substâncias químicas que representam risco à saúde, padrão de radioatividade e padrão de aceitação para consumo humano. Em se tratando de substâncias químicas que oferecem riscos à saúde, a portaria as categorizou como inorgânicas, orgânicas, agrotóxicos, desinfetantes e produtos secundários da desinfecção.

Destaca-se que os agrotóxicos não foram caracterizados como substâncias orgânicas, e, sim, como tipologia específica de substâncias, em função de sua persistência nas matrizes ambientais e sua relevância no contexto de saúde pública da época.

A edição seguinte foi estabelecida pela Portaria de nº 2.914/2011, quinta portaria sobre a potabilidade desde 1977. Entre as revisões feitas, essa foi a mais democrática e participativa, contando com o envolvimento de diversos segmentos participantes do controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano.

A nova portaria ajustou os valores máximos e mínimos para diversas substâncias baseada na abordagem de avaliação quantitativa de risco químico. Já o estreitamento do padrão microbiológico seguiu a metodologia de avaliação quantitativa de risco microbiológico, que orientou a definição do padrão de turbidez da água filtrada, como indicador da remoção de protozoários, e dos parâmetros de controle da desinfecção, indicadores da inativação de bactérias, vírus e protozoários.

O número de substâncias químicas que representam risco à saúde e o padrão organoléptico passaram de 74 substâncias; e características da água. Destaca-se, ainda, o controle mais rigoroso do padrão de turbidez, como parte do padrão microbiológico, de 1 uT para 0,5 uT. A Portaria esclarece o procedimento de controle dos padrões organolépticos que passam a ser medidos em termos de intensidade máxima de percepção por meio de técnicas padronizadas de avaliação sensorial. O padrão microbiológico mantém a obrigatoriedade da análise de E. coli, considerado como indicador ouro para contaminação fecal. Foi incluída a exigência de análise periódica de cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium* em mananciais com elevada presença de E. coli.

Recentemente, o Ministério da Saúde publicou a Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, por meio desta e de seu art. 864, inciso CXXXIII, revogou a Portaria nº 2.914/113. O conteúdo referente ao Programa de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano passou a integrar o Anexo XX da referida portaria.

A portaria consolidou as normas sobre ações e todos os serviços de saúde ofertados pelo SUS. Sob a perspectiva legal, a consolidação, em teoria, não materializa modificação do alcance dos dispositivos consolidados nem sua força normativa, ela apenas integra normas em um único diploma legal.

3.3.4.3 Abordagem dos principais parâmetros normativos

Com o objetivo de sintetizar os principais parâmetros de controle, temos:

a) Temperatura: medida da intensidade de calor; é um parâmetro importante, pois, influi em algumas propriedades da água (densidade, viscosidade, oxigênio dissolvido), com reflexos sobre a vida aquática. A temperatura pode variar em função de fontes naturais (energia solar) e fontes antropogênicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas).

b) Cor: resulta da existência, na água, de substâncias em solução; pode ser causada pelo ferro ou manganês, pela decomposição da matéria orgânica da água (principalmente vegetais), pelas algas ou pela introdução de esgotos industriais e domésticos. Padrão de potabilidade: intensidade de cor inferior a 5 unidades.

c) Turbidez: presença de matéria em suspensão na água, como argila, silte, substâncias orgânicas finamente divididas, organismos microscópicos e outras partículas. O padrão de potabilidade: turbidez inferior a 1 unidade.

d) Sólidos: Sólidos em suspensão: resíduo que permanece num filtro de asbesto após filtragem da amostra. Podem ser divididos em:

- Sólidos sedimentáveis: sedimentam após um período t de repouso da amostra
- Sólidos não sedimentáveis: somente podem ser removidos por processos de coagulação, floculação e decantação.
- Sólidos dissolvidos: material que passa através do filtro. Representam a matéria em solução ou em estado coloidal presente na amostra de efluente.

e) Condutividade Elétrica: capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos.

f) pH (potencial hidrogeniônico): representa o equilíbrio entre íons H⁺ e íons OH⁻; varia de 7 a 14; indica se uma água é ácida (pH inferior a 7), neutra (pH igual a 7) ou alcalina (pH maior do que 7); o pH da água depende de sua origem e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos; pH baixo torna a água corrosiva; águas com pH elevado tendem a formar incrustações nas tubulações; a vida aquática depende do pH, sendo recomendável a faixa de 6 a 9.

g) Alcalinidade: causada por sais alcalinos, principalmente de sódio e cálcio; mede a capacidade da água de neutralizar os ácidos; em teores elevados, pode proporcionar sabor desagradável à água, tem influência nos processos de tratamento da água.

h) Dureza: resulta da presença, principalmente, de sais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio), ou de outros metais bivalentes, em menor intensidade, em teores elevados; causa sabor desagradável e efeitos laxativos; reduz a formação da espuma do sabão, aumentando o seu consumo; provoca incrustações nas tubulações e caldeiras.

Classificação das águas, em termos de dureza (em CaCO₃)

- Menor que 50 mg/1 CaCO₃ – água mole
- Entre 50 e 150 mg/1 CaCO₃ – água com dureza moderada
- Entre 150 e 300 mg/1 CaCO₃ – água dura
- Maior que 300 mg/1 CaCO₃ – água muito dureza

i) Cloretos: Os cloretos, geralmente, provêm da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar; podem, também, advir dos esgotos domésticos ou industriais; em altas concentrações, conferem sabor salgado à água ou propriedades laxativas.

j) Ferro e manganês: podem originar-se da dissolução de compostos do solo ou de despejos industriais; causam coloração avermelhada à água, no caso do ferro, ou marrom, no caso do manganês, manchando roupas e outros produtos industrializados;

conferem sabor metálico à água; as águas ferruginosas favorecem o desenvolvimento das ferrobactérias, que causam maus odores e coloração à água e obstruem as canalizações.

k) Nitrogênio: o nitrogênio pode estar presente na água sob várias formas: molecular, amônia, nitrito, nitrato; é um elemento indispensável ao crescimento de algas, mas, em excesso, pode ocasionar um exagerado desenvolvimento desses organismos, fenômeno chamado de eutrofização; o nitrato, na água, pode causar a metemoglobinemia; a amônia é tóxica aos peixes; são causas do aumento do nitrogênio na água: esgotos domésticos e industriais, fertilizantes, excrementos de animais.

l) Fósforo: encontra-se na água nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico; é essencial para o crescimento de algas, mas, em excesso, causa a eutrofização; suas principais fontes são: dissolução de compostos do solo; decomposição da matéria orgânica, esgotos domésticos e industriais; fertilizantes; detergentes; excrementos de animais.

m) Fluoretos: os fluoretos têm ação benéfica de prevenção da cárie dentária; em concentrações mais elevadas, podem provocar alterações da estrutura óssea ou a fluorose dentária (manchas escuras nos dentes).

n) Oxigênio Dissolvido (OD): é indispensável aos organismos aeróbios; a água, em condições normais, contém oxigênio dissolvido, cujo teor de saturação depende da altitude e da temperatura; águas com baixos teores de oxigênio dissolvido indicam que receberam matéria orgânica; a decomposição da matéria orgânica por bactérias aeróbias é, geralmente, acompanhada pelo consumo e redução do oxigênio dissolvido da água; dependendo da capacidade de autodepuração do manancial, o teor de oxigênio dissolvido pode alcançar valores muito baixos, ou zero, extinguindo-se os organismos aquáticos aeróbios.

o) Matéria Orgânica: a matéria orgânica da água é necessária aos seres heterótrofos, na sua nutrição, e aos autótrofos, como fonte de sais nutrientes e gás carbônico; em grandes quantidades, no entanto, podem causar alguns problemas, como: cor, odor, turbidez, consumo do oxigênio dissolvido, pelos organismos decompositores. O consumo de oxigênio é um dos problemas mais sérios do aumento do teor de matéria orgânica, pois provoca desequilíbrios ecológicos, podendo causar a extinção dos organismos aeróbios. Geralmente, são utilizados dois indicadores do teor de matéria

orgânica na água: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO).

p) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica por ação de bactérias aeróbias. Representa, portanto, a quantidade de oxigênio que seria necessário fornecer às bactérias aeróbias, para consumirem a matéria orgânica presente em um líquido (água ou esgoto). A DBO é determinada em laboratório, observando-se o oxigênio consumido em amostras do líquido, durante 5 dias, à temperatura de 20 °C.

q) Demanda Química de Oxigênio (DQO): é a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica, através de um agente químico. A DQO também é determinada em laboratório, em prazo muito menor do que o teste da DBO. Para o mesmo líquido, a DQO é sempre maior que a DBO.

r) Componentes Inorgânicos: alguns componentes inorgânicos da água, entre eles os metais pesados, são tóxicos ao homem: arsênio, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio, prata, cobre e zinco; além dos metais, pode-se citar os cianetos; esses componentes, geralmente, são incorporados à água através de despejos industriais ou a partir das atividades agrícolas, de garimpo e de mineração.

s) Componentes orgânicos: alguns componentes orgânicos da água são resistentes à degradação biológica, acumulando-se na cadeia alimentar; entre esses, citam-se os agrotóxicos, alguns tipos de detergentes e outros produtos químicos, os quais são tóxicos.

3.3.4.4 Evolução normativa das regulamentações sobre o tratamento de água

A Tabela 1, a seguir, pontua aspectos objetos de mudanças entre as portarias já instituídas ao longo dos anos. Observa-se que, da primeira portaria até a atual, novas definições foram incorporadas, o número de parâmetros a serem monitorados teve um aumento significativo em função do suporte tecnológico.

Ademais, evidencia-se que a noção de vigilância da qualidade da água é fortalecida na portaria mais recente, porém, se considerarmos a relevância das ações executadas e magnitude dos seus impactos, a atuação ao longo dos anos ainda é tímida e fragilizada pelos arranjos estruturais dos executores, os municípios.

A seguir estão consolidadas as portarias que tratam dos aspectos de dimensionamento dos sistemas de tratamento de água.

Tabela 1. Regramento normativo para o Tratamento das águas

| Portaria Ministério da Saúde nº 56, 1977 | Portaria Ministério da Saúde nº 36, 1990 | Portaria Ministério da Saúde nº 1.469, 2000 | Portaria Ministério da Saúde nº 518, 2004 | Portaria Ministério da Saúde nº 2.914, 2011* | Portaria Ministério da Saúde 05 anexo XX 2017 |
|--|--|--|--|---|---|
| Definições | - Valor Máximo Desejável (VMD). | - Extinção do Valor Máximo Desejável (VMD) e substituição pelo Valor Máximo Permissível (VMP). | - Aprimora definições de: água potável, controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano. - Acrescenta definição de solução alternativa de abastecimento, cianobactérias/cianotoxinas. | - São mantidas. | - Definição de água para consumo humano e água potável, padrão de potabilidade, padrão organoléptico, água tratada, solução alternativa individual, coletiva. |
| Parâmetros | - Total de 36 parâmetros microbiológicos, físico, químicos e organolépticos: 12 substâncias orgânicas, 10 inorgânicas e 14 organolépticas. | - Padrão de potabilidade dividido em 3 categorias: características físicas, organolépticas e químicas (4 físicas, 10 componentes que afetam a qualidade organoléptica, 31 químicos, sendo 11 inorgânicos e 20 orgânicos, incluem os subprodutos de desinfecção); características bacteriológicas (tolerante a coliformes termotolerantes) e características radioativas. | - Padrão microbiológico distinto para água para consumo humano, na saída do tratamento e no sistema de distribuição. - Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção definido para água subterrânea, submetidas à filtração lenta e filtração rápida. | - Padrão microbiológico distinto para água para consumo humano, na saída do tratamento e no sistema de distribuição. - Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção definido para água subterrânea, submetidas à filtração lenta e filtração rápida. Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde: 13 inorgânicas, 12 orgânicas, 22 agrotóxicos (acrescenta o hexaclorobenzeno), 6 desinfetantes e produtos secundários a desinfecção, 1 cianotoxina. | - Padrão microbiológico distinto para água para consumo humano, água tratada na saída do tratamento. Água tratada no sistema de distribuição. - Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção definido para água subterrânea, submetidas à filtração lenta e filtração rápida. |
| Vigilância | - Não define vigilância, mas obriga as secretarias estaduais de saúde a efetuar registro contínuo das informações sobre qualidade de água. | - Define controle e vigilância da qualidade de água de abastecimento público. - Pouco explícita quanto às funções, competências e responsabilidades. | - Define controle e vigilância da qualidade de água para consumo humano. - Torna mais clara as competências, procedimentos e responsabilidades das três esferas considerando as diretrizes e modelo de organização do SUS. | - Define controle e vigilância da qualidade de água para consumo humano. - Torna mais clara as competências, procedimentos e responsabilidades das três esferas considerando as diretrizes e modelo de organização do SUS. | - Esclarece a atuação municipal no contexto do Vigiaqua. - Estabelece procedimentos de controle operacional tanto para sistemas como para soluções alternativas. |

3.4 Avaliação do desempenho de ETA's

A avaliação do desempenho de ETA's gera um diagnóstico da situação atual da estação, em conjunto com uma avaliação da evolução do seu tratamento ao longo de um tempo de estudo. Esta avaliação pode ser feita através da:

i) análise de parâmetros hidráulicos reais da ETA e sua comparação com os estipulados em projeto ou na NBR 12216 (1992);

ii) análise dos processos operacionais da ETA;

iii) análise dos dados de qualidade da água e comparação com as legislações vigentes; e

iv) cálculo da eficiência de remoção de alguns parâmetros na decantação e filtração.

A avaliação de desempenho de ETA possibilita identificar falhas operacionais, de projeto e no processo de tratamento, fornecendo informações para se tomar medidas corretivas (FREITAS e colaboradores, 2004).

3.4.1 Operação de Sistemas de Abastecimento de Água

Após a implantação de um SAA, independente de sua complexidade, e imprescindível a utilização de critérios e regras para se definirem os procedimentos de funcionamento do mesmo. A gestão do processo de operação do sistema torna-se fundamental para um bom funcionamento durante o período de alcance do projeto. Para Carrijo (2004), a operação vem recebendo atenção especial por parte de pesquisadores e outros profissionais da área, devido a necessidade de se garantir confiabilidade no atendimento dos serviços, economia de energia elétrica no uso dos equipamentos, atendimento das demandas, com pressões desejadas e, retardamento de investimento para a expansão de suas unidades.

Who (2015) distinguiu, em dois grandes grupos, os objetivos a serem atingidos pelos sistemas de abastecimento de água: objetivos técnicos e econômicos. Os primeiros estão ligados ao desempenho hidráulico, tais como a garantia das pressões mínimas e máximas, a garantia de água suficiente para proteção contra incêndio, confiabilidade operacional, etc. No segundo grupo configura-se a minimização dos custos associados aos componentes do sistema e aos custos operacionais. O conceito de controle operacional de sistemas de abastecimento envolve o entendimento da interligação de variáveis importantes. Mas Souza (2011) nos alerta que o conceito de operação de sistemas é entendido por leigos como uma mera sequência de comandos de

equipamentos, que tem como objetivo o atendimento da demanda. Nesse entendimento, Carrijo (2004) assegura que o problema é muito mais amplo, envolvendo aspectos de planejamento, controle e supervisão, serviços de infraestrutura de apoio e atendimento ao usuário, todos, considerados de forma simultânea e interdependentes entre si.

Carrijo (2004) enumerou, em três categorias, os principais problemas que desafiam a operação: problemas de gestão administrativa das empresas em que se inclui a baixa qualificação profissional dos funcionários, a falta de responsabilidade dos serviços executados; problemas político-institucionais, resultantes da falta de continuidade das ações de uma administração pública para outra e da falta de competição entre empresas; problemas técnicos e operacionais que resultam numa operação inadequada do sistema. Em muitos sistemas, ainda durante o período de alcance, há o aumento da demanda, extrapolando a sua capacidade de produção. É muito comum, em determinada região, haver uma expansão populacional que não estava prevista, principalmente, no projeto do sistema de abastecimento. Diante disso, as concessionárias tem que encontrar uma resposta para o atendimento da população e o sistema passa a ser operacionalizado em situações totalmente diversas daquelas em que foi projetado. Dessa forma, Carrijo (2004) ressaltou que a falta de dados operacionais e as deficiências no atendimento enfatizam a necessidade da utilização de um controle operacional mais rígido para o sistema.

A existência de falhas mecânicas ou hidráulicas pode vir a prejudicar o funcionamento da produção bem como da distribuição de água. Assim, o objetivo básico da operação é garantir o atendimento ao consumidor com eficiência e confiabilidade. As atividades ligadas ao abastecimento são as que compõem a operação propriamente dita, de caráter permanente e ininterrupto, visando a manter o sistema em funcionamento e atendendo as demandas. Estas atividades envolvem a manutenção corretiva, o atendimento ao público, a geração de dados operacionais e relatórios de operação. A confiabilidade mecânica é o principal suporte da operação, pois envolve a inspeção e a manutenção preventiva das instalações, a análise dos dados operacionais e a análise do desempenho. Carrijo (2004) afirma que as formas de se operar um sistema de abastecimento de água são muito variadas e dependem de vários fatores, tais como a dimensão e complexidade. O controle operacional de sistemas de abastecimento envolve o entendimento da inter-relação de variáveis importantes.

Na operação de SAA, sempre se trabalha com previsões. A decisão atual é tomada para um momento futuro. Assim, quanto maior for o nível de informação sobre o sistema, melhor dar-se-á o processo operacional. Verifica-se que o trabalho, no setor de operações, em um sistema de abastecimento, requer decisões eficientes e em tempo real. A aplicação de uma regra operacional inadequada pode ser desastrosa para a operação do sistema. De acordo com Carrijo (2004), o controle das várias unidades integrantes de um sistema podem ser feitas isoladamente ou através de uma central (controle local).

Para Who (2015), o controle isolado pode ser feito de três formas diferentes: manual, automática, não programada e automática programada. Na primeira, o operador maneja a estrutura de controle em função do estado local do equipamento e anota os dados operacionais e de consumo. A segunda forma acontece, por exemplo, nos casos de reservatórios controlados por boias e elevatórias comandadas por pressostatos, exigindo a necessidade de parâmetros definidos pelos planejadores para acionamento dos dispositivos de controle. Na terceira forma, o comando do controle é efetuado através de redes ou de controladores lógicos programáveis (CLP's) que contêm microprocessadores capazes de adquirir e analisar dados e comandar um processo de emissão desses, permitindo uma maior complexidade de regras operacionais, que podem incluir critérios mais flexíveis, além de limites máximos e mínimos adotáveis. Já no controle centralizado, as decisões são emitidas por uma unidade central específica, geralmente denominada de centro de controle operacional. A forma mais simples é aquela em que o operador de uma unidade do sistema obedece a comandos do centro de controle e transmite os dados operacionais a este centro (CARRIJO, 2004).

A elaboração e a implantação de um sistema de suporte para tomada de decisões no controle operacional de sistemas de abastecimento de água apresentam-se como etapas necessárias a serem adotadas pela concessionária. A operação exige uma metodologia. Regras devem existir. Apenas a experiência dos operadores não é suficiente para os critérios de decisão. Atualmente, existem diversas ferramentas que são usadas como apoio à elaboração das regras decisórias. Uma delas é a modelagem hidráulica computacional seguida da simulação. Outra é a automação das unidades do sistema controlada por um sistema supervisório. Quanto mais complexo for o sistema de abastecimento, mais sofisticado deverá ser o sistema de suporte à decisão (SSD). Porém, independentemente do porte, é possível a elaboração de um plano operacional

com regras básicas, adaptadas a realidade local. Outro ponto a considerar, refere-se ao sistema de informações geográficas (SIG), que se apresenta como uma boa ferramenta complementar para o gerenciamento e operação de SAA (LIBÂNIO, 2010).

Porém, seu uso tem sido restrito pela falta de informação histórica dos sistemas. A maioria dos cadastros de sistemas de água não conta com informações técnico-comerciais digitalizadas e acopladas a uma base de dados. Em função disto, a utilização ainda é bastante limitada, particularmente, para propósitos operacionais. Além das ferramentas adequadas a montagem do plano operacional, necessita-se que, dentro do organograma administrativo da concessionária, existam instrumentos organizacionais que permitam e possibilitem a implantação de medidas que alterem as práticas gerenciais (PÁDUA Et al., 2006).

4 CRITÉRIOS E PARÂMETROS DE PROJETO

4.1 Diretrizes Técnicas de Projeto

Conforme informado pelo Setor de Engenharia do SAE CATALÃO, as diretrizes preliminares para a elaboração do projeto estão consubstanciadas na Ata de reunião N° 001/2022 de 03 de agosto de 2022. A seguir estão relacionados os principais tópicos:

- O SAE CATALÃO disponibilizou os arquivos digitais referentes a estrutura existente (ETA);
- A Empresa Projetista disponibilizou um planejamento dos serviços em 09/08/2022;
- Previsão para os projetos: Projetos Básicos (até 26/09/2022), Projetos Executivos (até 25/11/2022);
- Elaboração dos orçamentos com padrão do CAIXA local, com preferência SINAP;
- Estudo de Concepção do Sistema de Tratamento com no mínimo 02 alternativas;
- O sistema de lavagem dos filtros será individualizado por bombeamento;
- As Dosadoras Peristálticas de produtos químicos deverão ser de modelos com rotor e motor de indução acionados por inversor de frequência;
- Deverá ser avaliado a opção de implantar um único centro de reservação de produtos químicos com capacidade para atender a ETA existente e a ETA a ser implantada, o que facilitará a logística operacional;
- Estudar o material correto a ser aplicado nas paredes dos reservatórios para cada tipo de produto químico, sabendo que o SAE CATALÃO já tem um histórico de problemas quanto á este quesito;
- Foi definido que o sistema de desinfecção a ser projetado, deverá atender a ETA existente e a ETA a ser implantada. Deverá ser apresentado a melhor viabilidade de utilizar o hipoclorito de sódio ou cloro gás;
- Deverão ser apresentadas as opções de UTR dos tipos Decantador;
- Apresentar as opções de descarga da UTR dos tipos “Leito de secagem” ou “Bag’s”.

4.2 Objetivos

Considerando o contexto apresentado na introdução e conforme contrato firmado entre a ARKIS e o SAE, tem como objetivo fundamental a ampliação da vazão de operação da Estação de Tratamento de Água de Catalão; com vistas aos seguintes aspectos:

- Avaliação da área e tipologia disponíveis à ampliação da ETA;
- Avaliação da operação de tratamento do módulo de tratamento a ser proposto, especificamente focando na eficiência do sistema de tratamento da água, inclusive propondo melhorias de desempenho;
 - Avaliação dos procedimentos da UTR assim como o impacto do descarte do lodo gerado na ETA;
 - Avaliação do gradiente de velocidade na ampliação da vazão de tratamento;

5 APRESENTAÇÃO

5.1 Caracterização da Área de Projeto do Sistema Existente

A equipe da projetista que desenvolveu o presente trabalho realizou uma visita técnica, onde foi possível visualizar todas as instalações existentes e a área disponível para novas ampliações da ETA de Catalão.

Foram vistoriadas áreas para implantação, onde foi possível coletar as seguintes informações detalhadas.

5.1.1 Registro Fotográfico das Áreas de Interesse

O referido Registro Fotográfico apresenta as fotografias dos terrenos e instalações existentes, com intuito de viabilizar as interligações com as instalações futuras a serem projetadas para ampliação do Sistema de Tratamento de Água.

As imagens apresentadas a seguir, representam as áreas planas localizadas no lote da ETA com possibilidade de aproveitamento na ampliação do sistema.



Figura 06. : Área de fundo do lote da ETA, com possibilidade de implantação da UTR

A Figura 06 apresenta uma área plana localizada ao fundo da área da ETA com possibilidade de aproveitamento na ampliação do sistema. Neste local, se vislumbrou a possibilidade de implantação da Unidade de Tratamento de Resíduos para a ETA.



Figura 07. : Área junto ETA existente, com possibilidade de instalação da nova ETA

A Figura 07 apresenta uma área plana localizada junto a ETA existente da ETA com possibilidade de aproveitamento na ampliação do sistema. Neste local, se vislumbrou a possibilidade de implantação do novo módulo compacto da Estação de Tratamento de Água.

5.2 Planejamento dos Trabalhos

Para execução dos trabalhos de avaliação contratados foi realizada uma visita técnica em campo por profissionais habilitados da Arkis.

Para realização das avaliações foi solicitado ao SAE CATALÃO, uma série de documentos para embasamento técnico e para uso como banco de dados de base.

5.3 Elementos a serem propostos

Este trabalho foi elaborado pela Arkis Ltda, para Prefeitura Municipal de Catalão, no âmbito do Contrato Administrativo de Prestação de Serviços de Elaboração de Projetos

de Engenharia, referente à elaboração de projetos de engenharia de saneamento público para ampliação do sistema de tratamento de água do SAE CATALÃO.

Tem como foco os projetos básico e executivo de adequação e melhorias da estação de tratamento de água da sede municipal. Ele está estruturado em 03 (três) tópicos principais, sintetizados abaixo juntamente com seus subtópicos:

1 - SERVIÇOS PRELIMINARES

1.1 - Estudo de Concepção Geral do Sistema de Tratamento

1.2 - Opções de Alternativas com Orçamento estimado

1.3 - Definição de Implantação por parte do SAE CATALÃO

2 - PROJETOS BÁSICOS DOS MÓDULOS DE TRATAMENTO

2.1 - Memorial Descritivo

2.2 - Memoria de Cálculo

2.3 - Desenhos

2.4 - Caderno de Especificações Técnicas Serviços/Materiais/Equipamentos

2.5 - Orçamento Detalhado

2.6 - Cronograma Físico-Financeiro

3 - PROJETOS EXECUTIVOS (INTERLIGAÇÕES HIDRÁULICAS / ELÉTRICAS / INFRAESTRUTURA)

3.1 - Memorial Descritivo

3.2 - Memória de Cálculo

3.3 - Desenhos executivos detalhados

3.4 - Especificações Técnicas Serviços/Materiais/Equipamentos

3.5 - Orçamento Detalhado

3.6 - Cronograma Físico-Financeiro

5.3.1 Serviços Preliminares

Os serviços preliminares compreendem inicialmente a mobilização da equipe técnica para vistoria ao local de ampliação da ETA. Após a realização da vistoria técnica, foi possível nortear os elementos primários para definição de um diagnóstico do sistema existente, com vista a estabelecer um prognóstico para o sistema a ser proposto.

Este estudo preliminar de concepção visa oferecer ao SAE duas opções de alternativas com orçamento estimado, para a posterior Definição de Implantação por parte da Autarquia Municipal, operadora dos sistemas de saneamento locais.

Após as definições das alternativas, será elaborada uma maquete computacional em terceira dimensão para apresentação das unidades a serem projetadas.

Por fim, a ampliação do sistema de tratamento da ETA, terá um relatório para licenciamento ambiental, referente à operação a ser proposta.

O Estudo de Concepção Geral do Sistema de Tratamento apresenta os seguintes elementos:

5.3.1.1 Escopo dos Serviços

O escopo dos serviços contempla a elaboração dos Estudos de Concepção para definição dos projetos da ampliação da ETA, contendo:

a) Concepção geral das Alternativas (no mínimo duas) para implantação dos módulos de tratamento pré-fabricados. Deve-se definir a especificação detalhada dos módulos, incluindo critérios de durabilidade e indicação dos materiais de fabricação, e realizar a equalização técnica e comercial dentre os fornecedores existentes no mercado;

b) Concepção geral das Alternativas (no mínimo duas) para implantação do sistema de recuperação de água de lavagem e de desaguamento de lodo;

Deverá ser previsto no projeto dos novos módulos de tratamento uma estrutura de divisão de vazão que possibilite a interligação direta da calha parshall com os filtros, para que nos períodos de estiagem em que os níveis de turbidez estiverem muito baixos, esta manobra possa ser executada.

Deverão ser apresentadas no mínimo 02 alternativas de soluções projetadas, às quais devem assegurar estratégias e logística consistentes para que a implantação das novas unidades e suas interligações, resultem no melhor nível de eficiência e menor grau possível de interferências com a operação da ETA e de paralisações parciais do processo de tratamento.

5.3.2 Projeto Básico

5.3.2.1 Componentes do Projeto Básico

Conforme estabelecido na Lei Federal 8.666/93 define-se Projeto Básico – PB como o conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações de estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento

e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução, devendo conter os seguintes elementos:

A) Desenvolvimento da solução escolhida de forma a fornecer visão global da obra e identificar todos os seus elementos constitutivos, com clareza;

B) Soluções técnicas globais e localizadas, suficientemente detalhadas, de forma a minimizar a necessidade de reformulação ou de variantes durante as fases de elaboração do projeto executivo e/ou de realização das obras e montagens;

C) Identificação dos tipos de serviços a executar e de materiais e equipamentos a incorporar à obra, bem como suas especificações que assegurem os melhores resultados para o empreendimento, sem frustrar o caráter competitivo para sua execução;

D) Informações que possibilitem o estudo e a dedução de métodos construtivos, instalações provisórias e condições organizacionais para a obra, sem frustrar o caráter competitivo para a sua execução;

E) Subsídios para montagem do plano de licitação e gestão da obra, compreendendo a sua programação, a estratégia de suprimentos, as normas de fiscalização e outros dados necessários em cada caso;

F) Orçamento detalhado do custo global da obra, fundamentado em quantitativos de serviços e de fornecimentos propriamente avaliados.

O Projeto Básico deverá ser constituído, no mínimo, pelos seguintes elementos:

- Memorial Descritivo e Justificativo, acompanhado das respectivas memórias de cálculo;
- Desenhos e demais peças gráficas;
- Especificações Técnicas das Obras, Materiais e Equipamentos;
- Orçamento Detalhado, acompanhado de seus anexos de quantificação dos serviços, composições de custos, coleta de preços etc.;
- Resumo Técnico do Projeto;
- Cronograma físico-financeiro de execução do empreendimento;

5.3.2.2 Unidades a serem contempladas pelo Projeto Básico

Os projetos básicos dos módulos de tratamento deverão contemplar:

- Calha Parshal equipada com sensores de análises de água, medidor de vazão ultrassônico e dispersão de produtos químicos;

- Câmaras de floculação com agitadores dotados de variadores de frequência para diferentes gradientes de velocidade;
- Câmara de Decantação com placas de PVC para condução do lodo ao fundo do decantador, canaletas coletoras de água decantada para o filtro e ainda um sistema de válvulas automatizadas para remoção do lodo no fundo do decantador;
- Filtros com sistema de válvulas automatizadas para lavagem e sistema auxiliar de lavagem com ar comprimido também automatizado;
- Tanque de contato para cloração e fluoretação;
- Tanques de armazenamento de soluções de produtos químicos;
- Abrigos dos compressores, abrigo das dosadoras de produtos químicos e abrigo dos cilindros de cloro gás;
- Escadas, passarelas e guarda corpos para todas as áreas acessíveis do sistema;
- Dispositivos de interface homem máquina (IHM) para monitoramento e alteração de parâmetros da automação do sistema de tratamento;
- Sistema de distribuição de sinal de comunicação para monitoramento do sistema de tratamento na sala central de operação da ETA e em demais monitores;

Deverá ser previsto no projeto dos novos módulos de tratamento um by-pass que possibilite a interligação direta da calha parshall com os filtros, para que nos períodos de estiagem em que os níveis de turbidez estiverem muito baixos, esta manobra possa ser executada.

A diretriz sobre a utilização de um canal By-Pass da calha parshall à filtração direta, encontra respaldo normativo na Norma NBR 12.216 (item 5.12.1), sobre os filtros rápidos ao descrever que *“(...) em caso de a água a tratar ser submetida a processo de coagulação, seguido ou não de decantação, ou quando comprovado que as partículas capazes de provocar turbidez indesejada possam ser removidas pelo filtro, sem necessidade de coagulação.”*

5.3.3 Projetos Executivos

Algumas particularidades das instalações atuais da ETA existente precisam ser adequadas. Para tanto, será necessário executar levantamento de campo, o SAE CATALÃO irá fornecer apenas os projetos originais da ETA com sua implantação atual de capacidade de 300 L/s. Deverão ser elaborados os seguintes projetos executivos:

a) Elaboração do projeto executivo para adequação da caixa de manobra no ponto final das adutoras de água bruta, a qual hoje alimenta apenas a calha parshall existente. Será então dimensionada uma segunda interligação hidráulica que abastecerá a nova calha parshall a ser construída para os novos módulos de tratamento. Também serão dimensionados dispositivos para controle de vazão que atenderão as capacidades das duas calhas parshall.

b) Elaboração do projeto executivo das interligações hidráulicas das saídas dos novos módulos de tratamento (novo tanque de contato) com os reservatórios existentes no mesmo local.

c) Elaboração de projeto executivo da interligação hidráulica para lavagem dos novos filtros, interligando o reservatório Pulmão Projetado com os filtros dos novos módulos de tratamento a serem implantados.

O sistema geral de tratamento deverá ser dimensionado de forma que a lavagem dos filtros não comprometa a vazão mínima de água tratada de 300 L/s destes novos módulos de tratamento.

d) Elaboração de projeto executivo da interligação hidráulica da água de lavagem dos filtros dos módulos de tratamento existentes com a Unidade de Tratamento de Resíduos (UTR) a ser implantada, com previsão de reuso.

e) Elaboração de projeto executivo da interligação hidráulica da água de lavagem dos floculadores e decantadores dos módulos de tratamento existentes com a Unidade de Tratamento de Resíduos (UTR) a ser implantada.

f) Elaboração de projeto elétrico executivo para interligação dos quadros de distribuição a ser implantados com o quadro geral existente no local e interligação da nova malha de aterramento com a malha existente;

g) Elaboração de projeto executivo de automação e instrumentação para interligação dos comandos de acionamento de todos os equipamentos e dos novos instrumentos de medições com o sistema supervisório existente na sala de controle.

h) Elaboração de projeto executivo de arquitetura, urbanístico, planialtimétrico e drenagem pluvial.

Serão elaboradas também as planilhas orçamentárias sintéticas e analíticas, assim como todas as composições de custo com valores atualizados, seguindo todos os requisitos das leis vigentes de licitação pública. A empresa projetista deverá emitir as

ART's (anotação de responsabilidade técnica) de atuação de todos os projetos e dos orçamentos.

5.3.4 Planilha Orçamentária

Os orçamentos deverão ser apresentados devidamente identificados com índices alfanuméricos sequenciais, separados por tipo de obra (Construção Civil, Material Hidráulico, Equipamentos, Energização/Instalações Elétricas, ou outros) e subdivididos em Unidades de Construção, onde constarão todos os serviços necessários para a sua caracterização e execução da obra. A CONTRATADA fará o cadastramento dos orçamentos em planilha eletrônica ou em programa específico.

5.3.4.1 Levantamento de quantitativos e orçamento

Os trabalhos referentes a esse processo deverão ser compostos de orçamento, cotações de preços, composições de custos unitários, memória de cálculo, cronograma físico-financeiro e indicadores físicos financeiros.

5.3.4.2 Cotações de Preços

As cotações de preços deverão ser apresentadas, comprovadas por seus e-mails de solicitação e seus anexos, em lista digital, contendo informações quanto às características dos produtos / insumos, os dados dos fornecedores, seus respectivos preços com condições de impostos, transporte e aplicação, além do estudo para definição do custo final a ser considerado no orçamento. Os itens desta lista deverão estar estruturados em códigos rastreáveis dentro do orçamento. É imprescindível que sejam pesquisados um número mínimo de fornecedores que torne possível a aplicação de tratamento estatístico à formação do preço, visando uma definição coerente e adequada dos valores a serem adotados. Caso existam propostas declinadas ou não respondidas até o fechamento do serviço, é obrigatória a apresentação das mesmas.

5.3.4.3 Memória de Cálculos

Deverá ser proposto pela CONTRATADA um modelo de apresentação da memória e toda metodologia utilizada para elaboração dos cálculos dos orçamentos. O modelo, a ser analisado e aprovado pelo SAE CATALÃO, deverá conter um sumário indicando de forma clara e concisa todo o conteúdo da memória de cálculo.

5.3.4.4 Cronograma Físico-Financeiro e Histogramas

Os cronogramas dos sistemas orçados deverão refletir o planejamento de execução da obra de forma que retrate a realidade e particularidades dos empreendimentos, bem

como a compatibilização do desembolso financeiro. Os cronogramas também deverão obedecer a toda itemização do orçamento, sendo realizados de montante para jusante nos sistemas de abastecimento de água (SAA) e de jusante para montante nos sistemas de esgotamento sanitário (SES). O cronograma também deverá apontar o caminho crítico da execução da obra utilizando as ferramentas necessárias para tal.

5.3.4.5 Indicadores

Serão apresentados pela CONTRATADA indicadores para os orçamentos, tais como: Curvas ABC, relações entre serviços (Forma/Concreto, Aço/Concreto), custo da obra (por m² ou por metro linear de rede de Sistemas de Abastecimento de Água ou Sistemas de Esgotamento Sanitário, preço por ligação de água ou esgoto, percentual da administração local pelo custo do sistema), comparativo com padrões existentes e, na medida em que se fizer necessário, outros indicadores poderão ser solicitados à CONTRATADA. O formato dos relatórios deverá ser proposto pela CONTRATADA e aprovado pelo SAE CATALÃO.

5.3.4.6 Composições de Custo Unitários

As Composições de Custos Unitários elaboradas pela CONTRATADA deverão refletir as premissas técnicas considerando-se o nível de contingência, os fatores de correções de rendimentos, consumos e produtividade que a elas são aplicáveis e, no caso da mão de obra envolvida, a aplicação justificada dos custos relativos a Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e Ferramentas.

Quanto à elaboração das composições de custos unitários, item que compõe o orçamento, a CONTRATADA deverá atentar para as seguintes premissas:

- Especificações Técnicas do Serviço;
- Tipologia;
- Tecnologia;
- Aplicação;
- Regionalização;
- Conteúdo dos Serviços (componentes e complementares);
- Procedimento de Execução;
- Critérios de Medição e Pagamento;
- Metodologia Construtiva.

6 DIAGNÓSTICO DOS ELEMENTOS EXISTENTES

6.1 Caracterização da Área de Projeto e do Sistema Existente

6.1.1 Vistoria Técnica

A equipe técnica que desenvolveu o presente projeto realizou uma Vistoria Técnica a estação de tratamento de água de Catalão, com o objetivo de ilustrar a situação atual das áreas de interesse que serão contempladas, com a elaboração dos projetos básicos e executivos, com vista à implantação de obras de saneamento para Ampliação e Melhorias dos Sistemas de tratamento da ETA da cidade.

Foram vistoriadas áreas para implantação da ETA, indicadas em projeto anteriormente elaborado, fornecido pelo SAE CATALÃO, áreas para implantação de uma UTR – Unidade de Tratamento de Resíduos que receberá projetos de Melhorias e Ampliação.

6.1.2 Descrição geral da estação existente de tratamento de água

A atual estação de tratamento de água (ETA) do SAE CATALÃO é do tipo convencional aberta, construída em concreto estrutural, composta por dois módulos, com capacidade total para tratar 215 L/s e por uma ETA Pré-fabricada de 70 L/s perfazendo um total de 285 L/s.

As principais características das unidades da ETA são:

- Sistema de medição e mistura rápida em Calha Parshall ($W = 12''$);
- Floculação: 2 floculadores mecanizados;
- Decantação: 2 decantadores do tipo convencional de baixa taxa,
- Filtração: 4 filtros rápidos de camada dupla, descendentes, de taxa declinante, e com sistema de retrolavagem através de reservatório elevado.;
- Sistema de lavagem dos filtros com bombas localizados junto a saída dos filtros 2 conjuntos moto bomba.
- Tanque de contato em concreto enterrado onde recebe a cloração.

Completa a estação de tratamento, uma Casa de Química com 3

Na área da ETA existem ainda dois reservatórios semienterrados, um metálico de 1000 m³ e um semienterrado que alimenta a elevatória que bombeia para o reservatório elevado zona alta.

A ETA não dispõe de sistema de recuperação de água de lavagem e nem de desaguamento de lodo.

- Pré-alkalinização: Após verificação do fator pH da água bruta que chega na calha parshall é aplicado Cal que irá ajustar o fator pH* aos valores exigidos nas fases seguintes do tratamento;

- Coagulação: Nesta fase é adicionado sulfato de alumínio, seguido de uma agitação intensa da água. Assim, as partículas de sujeira ficam eletricamente desestabilizadas e mais fáceis de agregar;

- Floculação: Após a coagulação, promove-se a mistura lenta da água em unidades denominadas floculadores, que servem para provocar a formação de flocos com as partículas de sujeira;

- Decantação: Neste processo, a água passa por grandes tanques onde são separados por gravidade os flocos de sujeira formados na etapa anterior;

- Filtração: Saindo do decantador, a água atravessa outros tanques, denominada filtros, os quais são formados por diferentes camadas de pedras, areia e carvão antracito. Eles são responsáveis por reter as partículas de sujeira que restaram. Após essa fase a água está purificada e cristalina;

- Pós-alkalinização: Após a filtração é verificado novamente o fator pH da água e feita a correção final, também utilizando Barrilha leve, para evitar a corrosão ou incrustação das tubulações;

- Desinfecção: No tanque de contato é realizada adição de cloro para eliminar organismos vivos eventualmente existentes na água;

- Fluoretação: Por fim, é adicionado o flúor que ajuda a prevenir cáries na população.

6.1.3 Características Básicas e Histórico do Sistema

6.1.3.1 Diretrizes conforme Termo de Referência

Conforme histórico disponibilizado pelo SAE CATALÃO existe uma concepção que norteou a elaboração de um projeto de expansão do sistema de produção completamente contando com agregação de novo módulo para a ETA, tal concepção teve por objetivo torná-la capaz de tratar 585 L/s e garantir sua produção em tempo inferior que 24h/dia. A vazão pretendida de 585 L/s, será proveniente das duas ETA existente em operação.

As sugestões de ampliação da Estação de tratamento de Água, conforme consta no Termo de Referência do Certame que deu origem a este trabalho, consistiram na ampliação em duplicação da atual vazão, com módulos pré-fabricados dotados de calha parshall, floculadores, decantadores e filtros.

Uma vez definida a vazão de projeto de $Q = 300 \text{ L/s}$ do módulo de tratamento complementa, o presente projeto foi dispensado de estimar a variação de consumo, seja por quantitativo populacional ou por quota de consumo do sistema de distribuição.

6.1.3.2 Quantificação da Vazão de Produção

O estudo de quantificação da vazão do sistema de abastecimento de Catalão, em termos de consumo per capita e população, foi realizado em Serenco (2019).

Nota-se pela que a vazão de produção de $Q = 585 \text{ L/s}$. vazão de consumo atenderá a demanda prevista.

6.1.4 Parâmetros normativos de Ampliação da ETA de Catalão

6.1.4.1 Elementos necessários à operação conforme NBR12216

O estabelecimento do sistema de operação do módulo da Estação de Tratamento de Água pressupõe o conhecimento dos seguintes elementos:

- a) capacidade nominal: a capacidade nominal da estação é de 300L/s;
- b) definição das etapas de construção das melhorias e ampliações: a instalação do novo módulo será realizada em etapa única de obras;
- c) localização e definição da área necessária para a implantação das melhorias e ampliações: a estação está locada em uma cota altimétrica elevada na sede municipal e conta com elevatória de água tratada para as regiões mais elevadas;
- d) levantamento planialtimétrico e cadastral da área de implantação das melhorias e ampliações: O SAE CATALÃO dispõe de cadastro topográfico da área da ETA, sendo, portanto, necessária a realização deste inventário de topografia;
- e) execução de sondagens de reconhecimento do subsolo da área de implantação das melhorias e ampliações: A realização de investigação Geotécnica será necessária para a implantação das unidades projetadas;
- f) manancial abastecedor e características da água: O sistema de produção de água bruta é composto por captação superficial no Ribeirão Samambaia, proveniente de bacias sanitariamente protegidas;
- g) sistemas de captação e adução, desde o manancial até a ETA: O sistema conta com a adução por recalque, através de uma adutora recentemente duplicada para ampliação da vazão a ser produzida;
- h) sistema de adução de água tratada: O sistema conta com rede alimentadora para suprimento dos reservatórios localizados na sede urbana;
- j) corpos receptores para descarga da ETA: os descartes da estação, após passarem por processo de sedimentação na Unidade de Tratamento de Resíduos é destinado a um curso d'água, próximo à sede municipal, sendo, portanto, necessária a implantação de uma Unidade de Tratamento de Resíduos (UTR);

A Estação de Tratamento de Água conta com dispositivos de mistura, através de canalizações e canais com que atendem às condições ideais em termos de mistura rápida:

- Seção de canal em calha Parshall com perda de carga compatível com as condições desejadas de mistura rápida, em termos de gradiente de velocidade e tempo de mistura (ressalto hidráulico);
- difusores que produzam gotejamento da solução de coagulante, aplicados no interior da água a ser tratada (singularidade com turbulência intensa);
- agitadores hidráulicos de orifícios nas passagens entre as câmaras (canal com anteparos ou chicanas);
- entrada de bombas centrífugas a jusante do tratamento.

6.1.5 Atividades necessárias conforme NBR12216

O estabelecimento da ampliação do sistema de operação da Estação de Tratamento de Água pressupõe o desenvolvimento das seguintes atividades:

- Com relação à definição dos processos de tratamento, o sistema de tratamento em questão é do tipo convencional composto de Floculadores Hidráulicos, Decantadores e Filtros Rápidos. A unidade contará também com tanques de contato para dosagem de cloro e reservatório de jusante antes da distribuição. A disposição das unidades dos processos de tratamento contará com comportas e registros de gaveta para o controle das conexões entre as unidades.
- A disposição dos sistemas de armazenamento contará com tanques para estoque de sulfato de alumínio, cloro e cal. O preparo e dosagem de produtos químicos deverá ser todo operado de forma automatizado por controles e bombas dosadoras.
- A documentação disponível inclui também, conforme informado pelos operadores locais, documentos de obras civis tais como memoriais e pranchas de detalhamento;
- O SAE CATALÃO tem disponível também caderno de especificações dos materiais, equipamentos relacionados aos processos e às suas instalações complementares, bem como dos materiais e equipamentos de laboratório e de segurança;
- No que se refere à ampliação da unidade, no aspecto da arquitetura, a estação conta com urbanização, portões, cercamento e paisagismo. Toda a área da ETA está fechada de modo a impedir o acesso de pessoas estranhas.

6.1.5.1 Definição do tempo de funcionamento e capacidade da ETA

Tecnicamente a capacidade da estação é determinada em função do tempo de funcionamento e com base em estudo técnico-econômico, conforme NBR 12211. A

vazão nominal da estação atual é de 285 L/s. A demanda cresce na temporada de expansão do turismo, o que faz reprimir a oferta de água, resultando em momentos de interrupção no abastecimento. Em razão de um possível déficit de oferta de água, a vazão de distribuída é diminuída pelo controle operacional, o que torna imprescindível que a estação opere de forma ininterrupta ao longo do dia.

Em períodos chuvosos, em que as partículas de solo coloidais se disseminam no manancial, colmatação das estruturas filtrantes é intensificada e requer uma frequência maior de limpeza.

6.1.5.2 Definição da área necessária à implantação, ampliação e melhorias

A ETA está localizada em ponto de fácil acesso, em qualquer época do ano. Em função da cota elevada, a estação requer o tráfego de veículos em ruas de pouco afluxo, sendo, portanto, acessível a caminhões de tipologia de semi-reboque que atualmente abastecem de insumos a estação.

O acesso à ETA deve contar com vias em condições de garantir o trânsito permanente das viaturas utilizadas no transporte dos produtos químicos necessários ao tratamento da água. As diretrizes da norma NBR 12216 orienta condições de acesso aos veículos através de vias com largura mínima de 6 m, rampa máxima de 10% e raio mínimo de 30 m na curvatura; com vistas à possibilidade de egresso de veículos com capacidade de carga de pelo menos 10 t por eixo. Entretanto, considerando que o consumo global diário de produtos químicos não excede o limite normativo de 500 kg, não se observa grandes problemas com relação ao acesso dos veículos à estação.

Em função da cota elevada de locação, o terreno para implantação das ampliações e melhorias da ETA está situado em local livre de enxurradas e acima da cota de máxima enchente, de modo que não há comprometimento da operação, neste sentido.

Considerando que não se observou grandes recalques e deslocamento das estruturas, o projeto da estação teve atenção à natureza do solo, com o objetivo de prevenir problemas de fundação e construção, em função da possibilidade de situar as unidades acima do nível máximo de água do subsolo.

A escolha do local de ampliação da ETA levou em consideração os aspectos de disponibilidade de vias de acesso, a facilidade de fornecimento de energia elétrica, as posições relativas ao manancial e ao centro de consumo. Existe a disponibilidade de área na implantação da ETA para permitir ampliações futuras e a construção de todas as obras indispensáveis ao seu funcionamento, tais como portaria, estações elevatórias,

cabine de força, reservatórios, canalizações, áreas e edifícios para armazenamento, oficinas de manutenção, pátios para estacionamento, descarga e manobra de veículos e vias para trânsito de veículos e pedestres.

Há, no entanto, uma preocupação com relação aos operadores no que se refere ao corpo receptor de descargas da ETA e a disposição do lodo dos decantadores. Recentemente foi requerido no certame que deu origem a este presente projeto, a necessidade de construção de uma Unidade de Tratamento de Resíduos para receber os descartes das unidades existentes. Conforme orientação da norma NBR 12216, a área prevista para disposição do lodo da ETA não faz parte, necessariamente, da área mínima reservada para a ETA. Tal diretriz torna possível remanejamento da disposição do lodo da estação.

Do ponto de vista técnico, a ETA deve ser projetada levando-se em conta, entre outros fatores, a disposição das tubulações, a topografia natural do terreno, as descargas de fundo e o recebimento de produtos químicos. As unidades e o reservatório de água tratada devem ser projetados de modo que as cotas de fundo sejam superiores ao nível máximo do lençol freático. Não sendo isto possível, as estruturas devem ser projetadas de modo a permitir inspeções periódicas, com vista à identificação de defeitos causadores de infiltração pelas paredes ou pelo fundo. Neste sentido, não se observou na estrutura de 26 anos, nenhum dispositivo de poços secos com drenos abaixo da fundação que fossem capazes de detectar vazamentos nas estruturas.

6.1.5.3 Definição dos processos de tratamento conforme NBR 12216

Conforme consta na norma NBR 12216 e discutido na seção de Levantamento Bibliográfico, o tipo de água natural para a produção do abastecimento público em tela é o Tipo C, que corresponde às águas superficiais provenientes de bacias não protegidas e que exijam coagulação para enquadrar-se nos padrões de potabilidade.

Desta forma, o manancial supridor do sistema em Catalão, enquadrado no Tipo C, apresentou índices majorados de turbidez na água bruta, com valores de pico de 1670 UNT em períodos de chuva, conforme informado pelos operadores locais. O SAE CATALÃO já dispõe de um tratamento atual é composto por: coagulação, seguida de decantação, filtração em filtros rápidos, desinfecção e correção do pH.

6.1.6 Avaliação de Elementos Críticos

A realização das visitas técnicas teve como objetivo a realização de levantamento geral do sistema e coleta básica de informações para comparação com os dados solicitados, conforme explicitado na seção de Planejamento de Atividades.

Sendo assim, são apresentados neste trabalho os principais dados coletados bem como a situação geral do sistema e sua infraestrutura.

6.1.6.1 Elementos Críticos

6.1.6.1.1 Adução de Água Bruta: estruturação e volume diário

Toda a adução de água bruta da ETA advinda do manancial do Ribeirão Samambaia, é conduzida a um canal retangular antecessor à calha parshall, na entrada do sistema de tratamento.

Conforme brevemente comentado na introdução desta seção, um elemento crítico de destaque corresponde à variação da vazão aduzida pelo sistema, após as reformas de ampliação na captação superficial no Ribeirão Samambaia. Neste sentido, pontua-se a ampliação da atual vazão de recalque de 285L/s, por a capacidade recentemente ampliada para 580L/s, conforme informado pelos operadores do sistema.

A justificativa de ampliação da ETA, se baseia na constatação de que o atual módulo de tratamento estaria sobrecarregado com a vazão de produção de 585 L/s. Já com relação ao funcionamento dos dispositivos da ETA a ampliação na vazão de produção, por mais que os instrumentos e regulação de dosagens possam ser manter em atualização constante via automação, são contraindicadas. A não indicação se baseia no dimensionamento da unidade e nos dispositivos sugeridos pela NBR12216, além disto, como será discutido nos itens que se seguem sobre a ETA, tal efeito poderia incorrer em desregulação de nível dos compartimentos (seja decantadores, Floculadores ou filtros), variação do gradiente hidráulico operacional, bem como ineficiência de partes do processo, como é o caso da floculação tardia, ocorrendo no decantador, muito deles podendo se originar de forma associada a variação da vazão que vem ocorrendo.

Cabe indicar que a mediação da vazão na calha Parshall também poderia sofrer interferência com dada ampliação de vazão pretendida pelo SAE CATALÃO. De forma complementar a mediação, a variação na vazão também pode interferir diretamente na etapa de mistura rápida, jusante a calha, uma vez que para ser funcional o gradiente deve estar na faixa de 700 a 1110s-1.

Pelo que foi exposto, torna-se imprescindível a ampliação da vazão de tratamento da Estação mediante a implantação de um novo módulo operacional.

7 PROGNÓSTICO DOS ELEMENTOS A SEREM PROPOSTOS

7.1 Elementos Constituintes da nova ETA Pré-Fabricada

A seguir será proposta a implantação da ETA de 300 L/s com elementos de tipologia convencional, a saber: Floculação, Decantação e Filtração.

7.1.1 Disposição das unidades de tratamento e conexões conforme NBR 12216

As unidades a serem implantadas deverão apresentar elementos de modo a permitir o escoamento por gravidade, desde a chegada da água bruta até a saída da água tratada. O único sistema de recalque a ser implementado será o bombeamento de água tratada para os reservatórios de lavagem dos filtros.

A NBR 12216 permite o recalque de água apenas para lavagem e usos auxiliares. Qualquer unidade de um conjunto agrupado em paralelo deve ter dispositivo de isolamento (By-pass). Quando existe apenas uma unidade, esta deve ter dispositivo de isolamento com passagem direta da água. O arranjo dos diferentes grupos deve ser feito considerando a possibilidade de a estação exigir ampliações superiores às previstas, atendendo ao conjunto agrupado em paralelo isolado.

Os centros de operações devem situar-se próximos das unidades sujeitas ao seu controle. O acesso às diferentes áreas de operações ou de observação do desenvolvimento dos processos deve ser estudado de modo a evitar escadas ou rampas pronunciadas.

O projeto de ampliações e melhorias deve permitir que a ETA seja construída em etapas, sem necessidade de obras provisórias para interligação nem paralisação do funcionamento da parte inicialmente construída. A conveniência da execução em etapas deve ser fixada levando em conta fatores técnicos, econômicos e financeiros. O dimensionamento hidráulico deve considerar as vazões mínimas e máximas levando em conta a divisão em etapas e a possibilidade de sobrecargas.

Os operadores locais informam que atualmente existe uma repressão muito forte da demanda em razão da atual capacidade de tratamento da água ofertada pelo sistema, sobretudo nos períodos de alta temporada no turismo da cidade. Os operadores relatam inclusive a necessidade de operações de rodízio do fornecimento através de interrupções para desafogar a operação no abastecimento da cidade, ainda que de maneira paliativa.

7.1.1.1 Dispositivos auxiliares conforme NBR 12216

7.1.1.1.1 Grades

Não foram observados na chegada da estação dispositivos de gradeamentos que se destinam a reter materiais grosseiros existentes nas águas superficiais. Este controle é feito na captação que dispõe de grades conforme NBR 12213, que são dependentes de monitoramento constante por parte dos operadores.

7.1.1.1.2 Unidades de micropeneiramento

Não foram observados na chegada da estação quaisquer dispositivos de micropeneiramento para a retenção de sólidos finos não-coloidais em suspensão. Da mesma forma, não foram relatados pelos operadores que os mananciais apresentem problemas de presença de algas ou outros microrganismos do tipo, de modo que sua remoção fosse imprescindível ao tratamento.

7.1.1.1.3 Aeradores

Não foram observados na chegada da estação quaisquer dispositivos de aeração que requeiram a remoção de compostos voláteis, oxidáveis e gases indesejáveis. Não foram relatados pelos operadores o uso de tais procedimentos no atual tratamento da cidade de Catalão.

7.1.1.1.4 Mistura rápida

O módulo da ETA a ser implantado, deve contar com calha Parshall destinada a medir a vazão e dispersar os produtos químicos na água a ser tratada, em particular no processo de coagulação, para o qual são destinadas as disposições seguintes. A aplicação da solução de coagulante deve ser sempre feita imediatamente antes do ponto de maior dissipação de energia e através de jatos separados de no máximo 10 cm.

No caso de ressalto hidráulico em que o número de Froude esteja compreendido entre 2,5 e 4,5 (ressalto oscilante), deve ser previsto dispositivo que anule as oscilações de velocidade a jusante do ressalto. As condições ideais em termos de gradiente de velocidade, tempo de mistura e concentração da solução de coagulante devem ser determinadas preferencialmente através de ensaios de laboratório.

A utilização de difusores, como dispositivo de mistura em canal ou canalização, deve satisfazer às condições ideais em termos de mistura rápida, mais as seguintes:

- a aplicação da solução de coagulante deve ser uniformemente distribuída, através de jatos não dirigidos no mesmo sentido do fluxo;

- a área da seção transversal correspondente a cada jato não deve ser superior a 200 cm² e sua dimensão máxima não deve ultrapassar 20 cm;
- a velocidade da água onde os jatos são distribuídos, deve ser igual ou superior a 2 m/s;
- os orifícios de saída dos jatos devem ter diâmetro igual ou superior a 3 mm;
- o sistema difusor deve permitir limpezas periódicas nas tubulações que distribuem a solução de coagulante.

7.1.2 Diretrizes Normativas para as unidades de tratamento

7.1.2.1 Floculadores

O período de detenção no tanque de floculação e os gradientes de velocidade a serem aplicados devem ser determinados por meio de ensaios realizados com a água a ser tratada. Dependendo do porte da estação e a critério do órgão contratante, não sendo possível proceder aos ensaios destinados a determinar o período de detenção adequado, podem ser adotados valores entre 20 min e 30 min, para floculadores hidráulicos, e entre 30 min e 40 min, para os mecanizados.

Não sendo realizados ensaios, deve ser previsto gradiente de velocidade máximo, no primeiro compartimento, de 70 s⁻¹ e mínimo, no último, de 10 s⁻¹. A agitação da água pode ser promovida por meios mecânicos ou hidráulicos. Deve ser previsto dispositivo que possa alterar o gradiente de velocidade aplicado, ajustando-o às características da água e permitindo variação de pelo menos 20% a mais e a menos do fixado para o compartimento. Para definição do local conveniente das aberturas, de modo a reduzir a passagem direta, devem ser levadas em conta as direções de fluxo impostas pelo sistema de agitação e pela própria entrada da água no tanque.

Quando o fluxo de água incide diretamente sobre a abertura, deve-se colocar um anteparo capaz de desviá-lo. As dimensões das aberturas devem ser suficientes para que o gradiente de velocidade, na passagem da água, tenha valor igual ou inferior ao do compartimento anterior. Nos floculadores hidráulicos, a agitação deve ser obtida por meio de chicanas ou outros dispositivos direcionais de fluxo que confirmem à água movimento horizontal, vertical ou helicoidal; a intensidade de agitação resulta da resistência hidráulica ao escoamento e é medida pela perda de carga.

A velocidade da água ao longo dos canais deve ficar entre 10 cm/s e 30 cm/s. Já o espaçamento mínimo entre chicanas deve ser de 0,60 m, podendo ser menor, desde que

elas sejam dotadas de dispositivos para sua fácil remoção. Por sua vez, as cortinas destinadas a subdividir os tanques de floculação em compartimentos devem suportar os esforços decorrentes da movimentação da água. Quando a passagem da água de um compartimento para outro se dá por cima da cortina, esta deve ter, na parte inferior, abertura que permita o escoamento por ocasião de esvaziamento do compartimento, abertura essa que, se necessário, pode ser provida de dispositivo basculante que impeça a passagem de quantidade significativa de água em qualquer sentido, durante o funcionamento normal.

Os tanques de floculação devem ser providos de descarga com diâmetro mínimo de 150 mm e fundo com declividade mínima de 1%, na direção desta e devem apresentar a maior parte da superfície livre exposta, de modo a facilitar o exame de processo.

7.1.2.2 Decantadores

O número de decantadores da ETA depende de fatores operacionais e econômicos, observando-se o seguinte:

a) estações com capacidade inferior a 1000 m³/dia, em operação contínua, ou estações com capacidade de até 10000 m³/dia, com período de funcionamento inferior a 18 h/dia, podem dispor de apenas uma unidade de decantação, desde que não-mecanizada;

b) estações com capacidade superior a 10000 m³/dia, ou com período de funcionamento superior a 18 h/dia ou ainda em que os decantadores são mecanizados, devem contar pelo menos com duas unidades iguais.

A taxa de aplicação nos decantadores é determinada em função da velocidade de sedimentação das partículas que devem ser removidas pela relação:

Em decantadores convencionais, o fator de área é igual à unidade. Já em decantadores de elementos tubulares, a velocidade longitudinal máxima, para fluxo laminar, deve ser de 0,35 cm/s, e para fluxo não-laminar, de 0,60 cm/s.

A distribuição de água para um conjunto de decantadores de igual capacidade deve ser feita de modo que dela resultem vazões aproximadamente iguais, e vazões proporcionais para unidades desiguais; em qualquer dos casos, o desvio máximo da vazão não deve ultrapassar $\pm 20\%$ da vazão nominal de cada unidade. A entrada de água nos decantadores deve ser feita por dispositivo hidráulico capaz de distribuir a vazão uniformemente, através de toda a seção transversal, e garantir velocidade longitudinal

uniforme e coincidente em intensidade, direção e sentido com a que, teoricamente, lhe seria atribuída.

A entrada de água nos decantadores convencionais ou nos de elementos tubulares de fluxo horizontal pode ser feita por uma cortina perfurada que atenda às condições:

- ter o maior número possível de orifícios uniformemente espaçados segundo a largura e a altura útil do decantador; a distância entre orifícios deve ser igual ou inferior a 0,50 m;
- estar situada a uma distância “d” da entrada, calculada por:
- gradiente de velocidade nos orifícios iguais ou inferiores a 20 s^{-1} ;
- quando a parede da cortina tem espessura inferior à dimensão que caracteriza as aberturas de passagem da água, estas devem receber bocais de comprimento pelo menos igual à referida dimensão;
- a câmara de entrada que antecede a cortina deve ser projetada de modo a facilitar a sua limpeza;
- relação a/A igual ou inferior a 0,5.

A entrada de água nos decantadores convencionais de fluxo vertical ou nos de elementos tubulares inclinados deve ser feita por pontos, fendas ou por borda inferior de cortina, de modo a assegurar a distribuição uniforme da água em toda a área superficial do decantador. Já a coleta de água decantada deve ser feita por um sistema de tubos perfurados submersos ou de vertedores não-afogados organizados de modo a garantir vazão uniforme ao longo deles.

As canaletas de coleta de água decantada devem proporcionar escoamento à superfície livre, ter bordas horizontais, ao longo das quais podem existir lâminas sobrepostas ajustáveis, para garantir a coleta uniforme. A colocação das lâminas deve ser feita de modo a impedir a passagem de água nas juntas com a canaleta. O nível máximo de água no interior da canaleta deve situar-se à distância mínima de 10 cm abaixo da borda vertente.

Os tubos perfurados submersos podem descarregar em canal ou câmara, preferencialmente em descarga livre; se afogada, a carga hidráulica deve ser uniforme, visando a obter vazões iguais nas saídas do decantador. Em decantadores convencionais e nos de elementos tubulares de fluxo horizontal, para os quais a velocidade de sedimentação V_S tenha sido determinada através de laboratório, a vazão por metro de vertedor ou de tubo perfurado de coleta deve ser igual ou inferior a:

Não sendo possível proceder a ensaios de laboratório, a vazão nos vertedores ou nos tubos perfurados de coleta deve ser igual ou inferior a 1,8 L/s por metro. A remoção hidráulica do lodo acumulado exige o fundo do decantador inclinado de ângulo superior a 50°, formando poço em forma de tronco de pirâmide ou de cone invertido, na extremidade inferior do qual deve situar-se a abertura da descarga. Deverá ser observado também:

- As válvulas de descarga devem situar-se em local de fácil acesso, para manutenção
- A descarga, quando automática, deve conter dispositivo de ajuste do tempo de funcionamento.
- A carga hidráulica de descarga deve ser igual ou superior a 1,50 m, acrescida da soma das perdas de carga na canalização desde a entrada até o ponto de descarga.

Em caso de a carga disponível não alcançar o valor acima fixado em, é necessário fazer a descarga por meio de bombas próprias para esse fim, devendo existir pelo menos duas, sendo uma de reserva. A canalização para descarga de lodo, com comprimento até 10 m, deve ter diâmetro mínimo de 150 mm e, quando situada sob estruturas ou locais de difícil acesso, ou ainda, com comprimento superior a 10 m, o diâmetro mínimo deve ser de 200 mm.

Os decantadores devem ser dotados de remoção hidráulica de lodo, com ou sem dispositivo mecânico de arraste, quando o lodo acumulado é rico em matéria orgânica não-estabilizada ou outras condições demonstrem ser a descarga hidráulica mais vantajosa do que a limpeza manual. Também deve ser previsto destino para o lodo dos decantadores, sujeito a disposições legais e aspectos econômicos.

7.1.2.3 Filtros Rápidos

Os filtros podem ser de camada filtrante simples ou dupla, de fluxo ascendente ou descendente, sendo os de fluxo ascendente sempre de camada simples. A camada filtrante simples deve ser constituída de areia, com espessura e características granulométricas determinadas com base em ensaios em filtro-piloto; quando os ensaios não são realizados, pode-se utilizar camada filtrante com espessura mínima de 45 cm, tamanho efetivo de 0,45 mm a 0,55 mm e coeficiente de uniformidade de 1,4 a 1,6. Outras combinações desses parâmetros podem ser utilizadas, desde que demonstrado que a eficiência do filtro não é menor que com a camada especificada acima.

A camada filtrante dupla deve ser constituída de camadas sobrepostas de areia e antracito, com espessuras e características granulométricas determinadas por ensaios em filtro-piloto; quando os ensaios não são realizados, pode ser utilizada a especificação básica seguinte:

a) areia:

- espessura mínima da camada, 25 cm;
- tamanho efetivo, de 0,40 mm a 0,45 mm;
- coeficiente de uniformidade, de 1,4 a 1,6;

b) antracito:

- espessura mínima da camada, 45 cm;
- tamanho efetivo, de 0,8 mm a 1,0 mm;
- coeficiente de uniformidade, inferior ou igual a 1,4.

Outras combinações desses parâmetros podem ser utilizadas, desde que demonstrado que a eficiência do filtro não é menor do que com as camadas especificadas acima. A camada suporte deve ser constituída de seixos rolados, com as seguintes características:

- espessura mínima igual ou superior a duas vezes a distância entre os bocais do fundo do filtro, porém não inferior a 25 cm;
- material distribuído em estratos com granulometria decrescente no sentido ascendente, espessura de cada estrato igual ou superior a duas vezes e meia a dimensão característica dos seixos maiores que o constituem, não inferior, porém, a 5 cm;
- cada estrato deve ser formado por seixos de tamanho máximo superior ou igual ao dobro do tamanho dos menores;
- os seixos maiores de um estrato devem ser iguais ou inferiores aos menores do estrato situado imediatamente abaixo;
- o estrato situado diretamente sobre os bocais deve ser constituído de material cujos seixos menores tenham o tamanho pelo menos igual ao dobro dos orifícios dos bocais e dimensão mínima de 1 cm;
- o estrato em contato direto com a camada filtrante deve ter material de tamanho mínimo igual ou inferior ao tamanho máximo do material da camada filtrante adjacente.

A camada suporte em filtro de fluxo descendente pode ser prescindida, quando o sistema coletor de água filtrada e distribuidor de água de lavagem tem características

adequadas para impedir a passagem do material filtrante através de suas aberturas; neste caso, a espessura mínima da camada filtrante de areia fixada anteriormente, deve ser aumentada de altura igual a 1,5 vez o espaçamento existente entre os bocais do sistema coletor.

Observa-se que em caso de filtro de fluxo ascendente, a espessura mínima da camada suporte deve ser de 0,40 m, sendo que cada estrato deve ter a espessura mínima de 7,5 cm. O fundo do filtro deve ter características geométricas e hidráulicas que garantam a distribuição uniforme da água de lavagem.

A taxa de filtração a ser adotada é determinada por meio de filtro-piloto operado com a água a ser filtrada, com camada filtrante igual à dos filtros a serem construídos.

Não sendo possível proceder a experiências em filtro-piloto, as taxas máximas são as seguintes:

- para filtro de camada simples, 180 m³/m² x dia;
- para filtro de camada dupla, 360 m³/m² x dia.

O nível de água sobre a camada filtrante e o de saída do filtro são estabelecidos de modo a eliminar ou reduzir a ocorrência de pressão inferior à atmosférica no leito filtrante. A vazão de água de lavagem em contracorrente deve promover a expansão do leito filtrante de 20% a 30%.

A vazão de água de lavagem deve ser previamente ajustada, em cada filtro, por elemento diferencial de pressão, que pode ser uma válvula. Já a lavagem de filtro de fluxo descendente deve ser complementada por agitação auxiliar do material filtrante.

Em estações com capacidade até 10000 m³/dia, a agitação pode ser feita manualmente com rastelo, ou com jato de água, conforme estabelecido anteriormente. Já para capacidade superior a 10000 m³/dia, a agitação deve ser feita hidráulicamente, na camada superficial do filtro, ou mediante a introdução de ar comprimido a partir do fundo.

A água de lavagem deve ficar em reservatório com capacidade mínima para lavagem de dois filtros, exceto para sistema que utilize efluente de outras unidades. No dimensionamento do reservatório, o tempo mínimo de lavagem deve ser de 10 min e a velocidade de lavagem não deve ser inferior a 60 cm/min.

Junto ao filtro deve existir indicação do nível de água no reservatório que mostre pelo menos os níveis máximo, médio e mínimo. A água de lavagem pode provir de reservatório elevado situado em cota suficiente para garantir a lavagem em

contracorrente. O enchimento do reservatório elevado deve ser feito automaticamente, por meio de bombas ou derivações de linha de recalque. Em qualquer dos casos deve existir, instalada, uma bomba de reserva. A vazão do sistema de recalque de água para o reservatório deve ser capaz de enchê-lo em 60 min.

Em caso de bombas de recalque afogadas, a canalização de água para o reservatório elevado pode ser conectada diretamente à linha que distribui água de lavagem para os filtros. Em caso de bombas não-afogadas, a canalização deve ser conectada diretamente ao reservatório elevado, de forma a impedir que a água de recarga atinja diretamente a saída e facilitar o escape de ar porventura aspirado pelas bombas. A saída de água de lavagem deve ser feita através de dispositivo capaz de evitar a formação de vórtice ao nível mínimo do reservatório.

A canalização de água de lavagem deve ser projetada de modo a evitar ou reduzir a presença de ar.

A lavagem superficial pode ser feita por meio de um dos seguintes dispositivos:

- torniquetes dispostos de modo a cobrir o máximo de área filtrante; a pressão de trabalho deve ser no mínimo de 0,3 MPa e a vazão de 20 L/min x m²;
- bocais fixos dotados de orifícios, instalados com espaçamento entre 60 cm e 75 cm; o número e o diâmetro dos orifícios devem ser estabelecidos de modo que deles resultem a velocidade mínima de 3,0 m/s, a vazão entre 80 e 160 L/min x m², e os bocais instalados a uma distância entre 5 cm e 10 cm da superfície do leito expandido;
- tubos horizontais espaçados de 0,80 m a 1,00 m, com perfurações separadas no sentido do comprimento de, no máximo, 20 cm; a velocidade, a vazão nos orifícios e a distância dos tubos acima da superfície do leito filtrante devem ser estabelecidas conforme a alínea b) desta seção.

Em caso de agitação suplementar com ar, exige-se vazão de ar de 0,60 a 1,20 m³/min por metro quadrado de área do filtro e pressão de trabalho suficiente para vencer a altura da água no interior do filtro mais as perdas de carga nos condutos. As calhas de coleta de água de lavagem devem ter o fundo localizado acima e próximo do leito filtrante expandido. O espaçamento entre as bordas das calhas deve ser no mínimo de 1,00 m e no máximo igual a seis vezes a altura livre de água acima do leito expandido, não devendo, entretanto, ser superior a 3,00 m.

A seção transversal das calhas deve ser simétrica em relação ao plano longitudinal que passa pelo seu eixo. A parte inferior deve ter inclinação nos sentidos longitudinal e transversal, de modo a evitar depósito de material.

Filtro com uma dimensão em planta igual ou inferior a 3,00 m pode ter a água de lavagem descarregada diretamente em canal lateral, perpendicular a essa dimensão.

A borda do canal deve situar-se acima da camada filtrante expandida, à altura livre não inferior a 15% da dimensão do filtro perpendicular ao canal. É admitida a reutilização de água de lavagem, desde que submetida a pré-sedimentação e cloração intensa. Na primeira etapa de construção, devem existir pelo menos duas unidades filtrantes, sendo desejável o mínimo de três.

Em instalações com área filtrante total até 4 m², admite-se a existência de apenas uma unidade. As paredes laterais dos filtros devem ser isentas de saliências na zona de expansão da camada filtrante. No filtro, deve existir passadiço para observação do leito filtrante. Os comandos dos filtros devem estar situados em área que permita o controle completo da operação. Além disto, a área de operação deve ser coberta quando o equipamento assim o exija. Seu fechamento lateral deve ficar condicionado a características climáticas locais. O funcionamento dos filtros deve ser controlado por meio dos seguintes elementos:

- entrada de água no filtro feita através de comporta, adufa, válvula de gaveta ou válvula- borboleta;
- saída de água filtrada através de válvula-borboleta ou válvula de gaveta, quando sua função é somente fechamento e abertura;
- entrada de água de lavagem através de válvula borboleta com dispositivo de abertura lenta;
- entrada de água para lavagem superficial através de válvula de gaveta ou válvula de borboleta, caso haja controle de vazão;
- entrada de ar para agitação suplementar através de válvula de esfera ou válvula de diafragma;
- saída de água de lavagem através de comportas, adufas, válvula de gaveta ou qualquer outro dispositivo de vedação.

A operação dos filtros deve ser controlada por meio dos seguintes elementos:

- dispositivos para medição de perda de carga;
- medidor de vazão, quando esta é controlada à saída dos filtros;

- tomada de água na saída de cada filtro, para determinação da turbidez.

Interligação das unidades

A interligação das unidades pode ser feita por meio de condutos forçados ou de condutos livres. Os condutos com seção inferior a 0,50 m² devem ser constituídos de tubos pré-moldados de seção circular, salvo quando a unidade ou o processo exige conduto de seção diversa da circular ou moldado no local. Já os condutos livres ou canais podem ter a seção que melhor se adapte aos processos aos quais estão vinculados ao passo que os canais de água tratada devem ter cobertura contínua e impermeabilizada.

Nos canais cobertos, devem existir inspeções convenientemente espaçadas, além das localizadas próximas a elementos internos do canal, que exijam manutenção. As inspeções nas coberturas, especificadas em anteriormente, devem ser fechadas com tampas sanitariamente seguras.

Os canais não-cobertos devem ser dispostos de modo a impedir a entrada de qualquer agente prejudicial à qualidade da água transportada. Canalizações instaladas sob unidades não-removíveis e em situação que torne impossível sua inspeção deve ser de ferro fundido ou aço, revestidas internamente à base de epóxi e envoltas em concreto, para sua proteção.

Para fechamento de condutos livres e de suas derivações, podem ser usadas comporta montada em guias completas permanentes, comporta livre, comporta segmentada, adufa, válvula de gaveta ou válvula-borboleta além disto:

- Deve ser usada comporta montada em guias completas permanentes, em caso de operações frequentes e quando não interfiram com o trânsito de pessoas.
- Deve ser usada comporta livre, em caso de operações pouco frequentes, ou quando não possa ser usada comporta montada em guias permanentes.
- Deve ser usada comporta segmentada, em caso de operações pouco frequentes, ou quando sua localização não permita a remoção ou movimentação de comporta livre.

Cabe ainda ressaltar que:

- A adufa deve ser usada em derivações para conduto livre ou forçado, instalada na face de montante. A válvula de gaveta deve ser usada para fechamento de derivações a jusante, e em posição que não a torne permanentemente submersa.
- A válvula-borboleta deve ser usada para fechamento de derivações e regulação de vazão, de modo que, de preferência, não fique permanentemente submersa.

- Para fechamento de condutos forçados e suas derivações, podem ser usadas válvula- borboleta, válvula de gaveta, válvula de macho ou válvula de diafragma.
- A válvula-borboleta deve ser usada para o fechamento total ou parcial de condutos forçados.
- A válvula de gaveta deve ser usada para o fechamento total de condutos forçados.
- A válvula de macho e a de diafragma devem ser usadas em condições de funcionamento que tornem impróprio o uso de válvula-borboleta.
- As válvulas, comportas e adufas devem ser instaladas em local que permita a sua fácil remoção.
- No caso de válvulas intercaladas em canalizações, a sua remoção deve ser possível sem necessidade de retirar mais de duas peças consecutivas.

O acesso a válvulas e comportas instaladas no interior de estruturas deve-se fazer através de inspeção, cujas dimensões permitam a sua passagem, sem que seja necessário desmontá-las. Em caso de remoção por elevação de peça com massa superior a 30 kg, a inspeção deve situar- se preferencialmente sobre ela. Canalizações complexas devem ser organizadas de modo a facilitar a colocação de equipamentos de manutenção.

As comportas, adufas e válvulas de gaveta, que, isoladamente ou formando conjunto, são operadas mais de dez vezes por mês, devem ser acionadas eletricamente ou por meio de sistema pneumático ou hidropneumático, sempre que o empuxo da água atuante ultrapasse 2500 N, ou quando sua operação manual não possa fazer-se no mesmo local de trabalho de operações concomitantes de outros órgãos.

A válvula-borboleta, operada mais de dez vezes por mês, cujo torque para acionamento ultrapasse 100 N.m, ou quando sua operação manual não possa fazer-se no mesmo local de trabalho de operações concomitantes de outros órgãos, deve ser acionada eletricamente ou por meio de sistema pneumático ou hidropneumático.

7.1.2.4 Casa de química

Casa de química é a área ou conjunto de dependências da ETA que cumpre as funções auxiliares, direta ou indiretamente ligadas ao processo de tratamento, necessárias à sua perfeita operação, manutenção e controle. As diretrizes a seguir referem-se à implantação de casa de química completa, necessária a uma ETA que trate águas dos tipos C ou D. Estações que tratem águas dos tipos A e B podem ter, como a

casa de química, dependências reduzidas e simplificadas, conforme a necessidade de cada processo específico. Fazem parte da casa de química:

- depósito de produtos químicos;
- locais para preparo dos produtos químicos;
- locais para instalação dos dosadores de produtos químicos e para carga dos dosadores a seco;
- laboratório de controle operacional;
- centro de controle de operação;
- serviços administrativos;
- serviços auxiliares.

As partes constituintes da casa de química podem ser agrupadas no mesmo edifício ou, em casos especiais, em mais de um, impondo-se, em qualquer caso, disposição que atenda aos aspectos funcionais dos trabalhos de operação e o inter-relacionamento das diferentes partes. A circulação interna deve ser cuidada de modo a evitar passagens obrigatórias através de recintos que devem ser resguardados. Não é permitido alojamento de pessoal na casa de química, ainda que em caráter temporário; sendo necessário prover alojamento, este não pode ser ligado diretamente à casa de química nem a qualquer parte da ETA.

O depósito de produtos químicos deve ter o piso situado preferencialmente 1,00 m acima da cota da área de estacionamento dos carros transportadores, devendo ser prevista uma plataforma com largura mínima de 1,50 m, destinada ao recebimento dos produtos químicos. Cada depósito deve ter porta com largura mínima de 1,20 m, de correr ou abrindo-se para o exterior da casa de química. A área do depósito deve permitir o livre acesso entre as pilhas de sacarias, com ventilação conveniente, para evitar excesso de umidade. O armazenamento de produtos ensacados, com a utilização de empilhadeiras mecânicas, é possível até a altura de 3,00 m. O empilhamento manual, até a altura de 1,80 m. Nos casos de depósitos situados externamente à casa de química, a transferência do produto armazenado deve ser feita, mesmo em período chuvoso, sem prejuízo para o produto.

7.1.2.5 Itens adicionais a indicar

- Os locais para preparo dos produtos químicos dosados por via úmida devem situar-se próximos aos seus depósitos.

- Os dosadores de produtos químicos com a mesma função devem situar-se na mesma área.
 - Os dosadores de cloro devem ser instalados em recintos próprios.
 - Os dosadores devem ser instalados de modo a permitir a realização de trabalhos de manutenção, sem que para isso seja necessário mover o equipamento.
 - Canalizações e dutos conectados aos dosadores devem ser dispostos de modo a resguardar sua integridade e não prejudicar a movimentação do pessoal.
 - Canalizações, dutos, conexões, válvulas e peças afins, em contato com produtos químicos, devem ser de material resistente a estes produtos e não devem transmitir toxicidade à água.
 - Os dutos e as canalizações condutoras de produtos químicos não devem ser embutidos em estruturas de concreto e paredes, devendo ser encamisados, quando necessário ultrapassá-las.
 - Os dutos e canalizações condutores de produtos químicos devem ter sempre inclinação, evitando-se também sifões.
 - As mudanças de direção de 90° devem ser feitas por meio de tês ou cruzetas, com inspeção operculada nas extremidades.
 - O laboratório deve situar-se próximo à área de dosagem.
 - Em caso de sistema centralizado de operação, por meio de instrumentação e telecomando, este deve ficar localizado próximo à área de dosagem.
 - Os equipamentos eletromecânicos devem ser instalados em áreas a eles destinadas, bem definidas, e, quando possível, agrupados em uma única área.
 - As áreas dos equipamentos eletromecânicos devem ser protegidas contra inundação e poeira, ser secas, bem ventiladas e ter os equipamentos dispostos de forma a facilitar os trabalhos de operação e manutenção.

As dependências mínimas da casa de química, para estações com capacidade inferior a 10000 m³/dia, são as seguintes:

- depósito de produtos químicos;
- depósito de cloro;
- sala de dosagem;
- laboratório com mesa para serviços administrativos e anotações pertinentes à operação;
- instalação sanitária com chuveiro.

7.1.2.5.1 Utilização de sulfato de alumínio

O sulfato de alumínio pode ser fornecido sólido ou em solução. Quando sólido, pode ser moído ou granulado, ensacado ou a granel, dependendo das condições locais. Deve ser previsto o armazenamento de sulfato de alumínio suficiente para atender, pelo menos, a dez dias de consumo máximo.

Em estações com capacidade inferior a 10000 m³/dia, deve ser previsto armazenamento para período mínimo de 30 dias. Em estações situadas em locais distantes dos centros produtores de sulfato de alumínio, o armazenamento deve levar em conta as dificuldades para compra e transporte do produto.

O armazenamento do sulfato de alumínio sólido, necessário a dez dias de consumo, deve ser feito em local seco, interno à casa de química, isolado de pisos e paredes e satisfazer às seguintes condições:

- em caso de fornecimento em sacos, estes devem ser colocados sobre estrado de madeira;
- em caso de fornecimento a granel, o sulfato deve ser armazenado em depósitos de material resistente à corrosão.

Estações que exijam áreas de armazenamento para período de consumo superior a dez dias podem, obedecidos os critérios estabelecidos em anteriormente, ter o armazenamento complementado em área separada da casa de química.

O sulfato de alumínio em solução deve ser armazenado em tanques localizados interna ou externamente à casa de química; neste último caso, os tanques devem ser ligados à casa de química ou ao ponto de aplicação por meio de canalizações instaladas de modo a facilitar os trabalhos de inspeção e manutenção. A dosagem de sulfato por via seca é permitida, quando utilizados produtos livres de umidade e de pó, com teor de acidez controlado, granulometria e demais características de qualidade uniforme, para todos os fornecimentos.

A forma normal de aplicação de sulfato de alumínio deve ser por via úmida, procedendo-se para isso à sua dissolução prévia, em caso de fornecimento sob forma sólida. Os tanques para dissolução de sulfato de alumínio devem ter as seguintes características:

- volume útil mínimo total correspondente ao sulfato necessário a 12 h de operação;
- número mínimo de tanques, 2;

- teor da solução, máximo 10%, sendo necessário preparar a solução em concentração superior a 10%; deve ser previsto um sistema de diluição controlada, antes da aplicação do sulfato;
- cochos para dissolução de sulfato sólido localizados junto a uma das bordas do tanque e providos de chuveiro de água de dissolução;
- entrada adicional de água com capacidade para encher o tanque no máximo em 1 h;
- dispositivo de agitação para cada tanque;
- descarga de fundo com diâmetro mínimo de 50 mm;
- saída de solução colocada a 10 cm acima do fundo do tanque;
- piso, a partir do qual o sulfato de alumínio é tomado para ser colocado nos cochos, situado de 0,80 m a 0,90 m abaixo das bordas dos tanques.

Os tanques de dissolução de sulfato de alumínio sólido devem ser localizados no interior da casa de química e próximos à área de armazenamento. Quando conveniente, o sulfato de alumínio fornecido em solução pode ser re-diluído exceto no que diz respeito ao cocho para colocação de sulfato sólido. Ainda cabe indicar:

- Os tanques de solução de sulfato de alumínio devem ser executados ou revestidos com material resistente à corrosão e não devem transmitir toxicidade à água.
- Podem ser usados tanques de aduelas de madeira, quando instalados em locais cobertos.
- A solução de sulfato de alumínio deve chegar ao dosador com a pressão exigida para o seu perfeito funcionamento.
- Quando necessário, deve ser mantida recirculação contínua de solução de sulfato de alumínio dos tanques aos dosadores com retorno para os tanques. As bombas utilizadas na recirculação devem ser instaladas junto aos tanques com sucção provida de ponto de água de diluição.

7.1.2.5.2 Utilização da cal

A cal é fornecida ensacada ou a granel. Normalmente, utiliza-se Barrilha leve e, havendo disponibilidade local, pode ser utilizada a cal virgem. Deve ser previsto armazenamento de cal suficiente para atender, pelo menos, a dez dias de consumo máximo. Em estações com capacidade inferior a 10000 m³/dia, deve ser previsto armazenamento para período mínimo de 30 dias. Em estações situadas em locais

distantes dos centros produtores de cal, o armazenamento deve levar em conta as dificuldades para compra e transporte do produto.

O armazenamento de cal deve ser feito em local seco e atendendo às seguintes condições:

a) para Barrilha leve:

- se fornecida em sacos, estes devem ser colocados sobre estrado de madeira;
- se fornecida a granel, colocada em silos, de preferência;
- estações de tratamento com capacidade inferior a 10000 m³/dia podem ter área para armazenamento de coagulante e de cal, em comum;

b) para cal virgem:

- o armazenamento deve ser feito em um recinto que ofereça plena segurança contra a entrada de umidade;
- o recinto deve ser construído de material não combustível e a cal armazenada, isolada de qualquer outro produto químico.

Estações que exijam áreas de armazenamento para período de consumo superior a dez dias, podem ter armazenamento complementado em área separada da casa de química. A dosagem de Barrilha leve por via seca deve ser feita por meio de dosadores gravimétricos e, somente em caso de qualidade uniforme, por dosadores volumétricos, sendo que:

- o material dosado deve ser colocado em suspensão em água, antes da sua aplicação;
- existindo mais de um ponto de aplicação, a dosagem para os diferentes pontos pode ser feita por meio de um único dosador, desde que exista dispositivo capaz de subdividir a suspensão em partes proporcionais às dosagens requeridas nos diferentes pontos.

Para dosagem por via úmida, a Barrilha leve deve ser colocada em suspensão na água e armazenada em tanques, sendo que:

- é suficiente existir apenas um tanque específico para preparar a suspensão;
- devem existir pelo menos dois tanques para armazenamento da suspensão;
- o preparo da suspensão pode ser feito diretamente nos tanques de armazenamento.

A cal virgem deve ser dosada após sua extinção, por via úmida, sob a forma de leite de cal ou de água de cal. Em estações com capacidade inferior a 10000 m³/dia, a cal

virgem pode ser extinta em equipamento instalado na casa de química. O tanque para preparo de suspensão de leite de cal deve ter as seguintes características:

- volume útil mínimo, em litros, igual a duas vezes o peso em quilogramas de cal, correspondente a um tanque de armazenamento;
- entrada de água com capacidade para encher o tanque de preparo, no máximo em 10 min;
- saída da suspensão preparada feita por canalização com diâmetro mínimo de 75 mm, colocada a pelo menos 5 cm acima do fundo do tanque. Logo após a saída, deve existir dispositivo capaz de reter partículas que possam causar prejuízos ao sistema de dosagem;
- piso, a partir do qual a cal é tomada para ser colocada no tanque, situado de 0,80 a 0,90 m abaixo da borda;
- fundo com declividade mínima de 2%;
- descarga de fundo com diâmetro mínimo de 75 mm;
- ser dotado de agitador com rotor situado a 0,20 m acima do fundo e potência entre 100 W/m³ e 250 W/m³. O agitador deve operar com segurança para qualquer nível de suspensão no tanque.

Os tanques de armazenamento de leite de cal devem ter as seguintes características:

- volume útil mínimo total correspondente ao necessário a 12 h de operação;
- número mínimo de tanques, 2;
- teor máximo de suspensão, 10%;
- ser dotado de agitador de eixo vertical com rotor situado próximo ao fundo e potência mínima de 50 W/m³;
- fundo com declividade mínima de 2%;
- descarga de fundo com diâmetro mínimo de 75 mm;
- saída da suspensão situada pelo menos a 5 cm acima do fundo do tanque
- o tanque de preparo de suspensão ou os tanques para seu armazenamento, quando o preparo é feito diretamente neles, devem ser localizados no interior da casa de química, próximos à área de armazenamento de Barrilha leve.
- as canalizações de leite de cal devem ser dimensionadas para funcionar com a velocidade maior possível, preferencialmente igual ou superior a 1,00 m/s, com diâmetro mínimo de 40 mm e providas de pontos de água de diluição.

- quando necessário, deve ser mantida recirculação contínua de leite de cal dos tanques aos dosadores, com retorno para os tanques. As bombas utilizadas na recirculação devem ser instaladas junto aos tanques, com sucção provida de ponto de água de diluição.

Quando a Barrilha leve é dosada sob forma de água de cal não são necessários tanques de armazenamento, devendo existir pelo menos dois saturadores de cal. Os saturadores de cal devem apresentar as seguintes características:

- dimensões que permitam à solução saturada de cal permanecer sempre com teor de Ca(OH)_2 em torno de 1700 mg/L;
- formato e dispositivos de entrada de água e saída de solução adequados, para que se consiga fluxo uniforme de solução saturada;
- sistema que permita medir a vazão efluente;
- dispositivo de precisão, independente do de parada, para controle da vazão afluente;
- descarga com diâmetro mínimo de 50 mm;
- piso, a partir do qual a cal é tomada para ser colocada no saturador, situado de 0,80 m a 0,90 m abaixo da borda;
- serem equipados com agitadores para homogeneizar a solução, antes do início da operação, quando as suas dimensões assim o exigirem.

O sistema de tratamento de água em Catalão faz uso do hidróxido de cálcio (Barrilha leve) no processo de alcalinização da ETA. Esta opção trouxe ganhos operacionais na tecnologia de controle do pH (acidez), com melhores resultados no tratamento de água. Os operadores relatam inclusive ausência de incrustações ou obstruções nas tubulações de dosagem.

O Barrilha leve apresenta uma alternativa logística mais adequada, em função de o produto se ser entregue já diluído pelos fornecedores.

7.1.2.5.3 Utilização de cloro

O cloro é fornecido em cilindros, podendo ser utilizado em estado líquido ou gasoso. O consumo de cloro necessário para desinfecção da água é estimado em 5 mg/L, com o mínimo de 1 mg/L; para oxidação e preparo de compostos, é estimado de acordo com a necessidade do tratamento.

Em instalações com consumo superior a 50 kg/dia, deve-se prever a utilização do cloro em cilindros de 1 t e dispositivo para sua movimentação em condições de

segurança. O depósito para armazenamento de cloro deve ser suficiente para atender a pelo menos dez dias de consumo máximo.

Em estações com capacidade inferior a 10000 m³/dia, deve ser previsto armazenamento para período mínimo de 30 dias. Em estações situadas em locais distantes dos centros produtores de cloro, o armazenamento deve levar em conta as dificuldades para compra e transporte do produto. Já em instalações com consumo de até 50 kg/dia, os cilindros e os aparelhos cloradores podem ser instalados na mesma área. Em instalações de maior consumo, devem ser instalados em áreas separadas. Os depósitos devem ser cobertos; se fechados com paredes em sua volta, devem ser ventilados, sendo que:

- deve haver ventilação natural por meio de aberturas até o piso;
- além da ventilação natural, deve haver ventilação forçada, produzida por exaustor ou insuflador disposto de modo a obrigar o ar a atravessar, rente ao piso, todo o ambiente a ser ventilado e com capacidade para renovar todo o ar do recinto no tempo máximo de 4 min;
- as chaves ou interruptores dos aparelhos devem ficar do lado de fora do recinto;
- as saídas de ventilação devem ser localizadas de modo a dissipar, para o lado externo da casa de química, eventuais vazamentos de cloro; a dissipação não pode incidir sobre a ventilação de outras áreas nem sobre áreas externas confinadas, mesmo que parcialmente;
- os cilindros devem ser protegidos da incidência direta da luz solar.

A área de localização dos aparelhos cloradores deve contar com os meios de segurança previstos para a sala de armazenamento de cloro. A área de armazenamento de cloro e a de instalação dos cloradores devem ter portas abrindo para fora, com as partes superiores envidraçadas e dotadas de abertura de ventilação sobre o pórtico.

Os cilindros de cloro de 1 t devem ser armazenados ou utilizados na posição horizontal, em uma só camada, fixados por meios adequados, sendo de 0,20 m o espaçamento mínimo entre cilindros e 1,0 m a largura mínima da passagem de circulação. Os cilindros com capacidade até 75 kg de cloro devem ser armazenados ou utilizados na posição vertical, diretamente sobre a superfície de apoio. O controle da quantidade de cloro disponível deve ser feita por pesagem contínua ou por dispositivo indicador da pressão dos cilindros em uso. As áreas utilizadas para depósito ou dosagem

de cloro devem contar somente com equipamentos e produtos químicos relacionados com a cloração.

O uso da cal clorada ou do hipoclorito de sódio deve ficar restrito a estações com capacidade inferior a 10000 m³/dia ou quando demonstrado que seu uso é mais vantajoso do que o de cloro gasoso. O armazenamento de cal clorada ou hipoclorito de sódio deve ser feito em local coberto, ventilado, seco e isento de materiais combustíveis. A cal clorada deve ser dissolvida previamente em água, para ser dosada por via úmida, sendo que:

- a concentração máxima de cal clorada na solução deve ser inferior a 10%;
- devem existir dois tanques de dissolução com capacidade individual mínima para 12 h de operação.
- O hipoclorito de sódio pode ser utilizado diretamente do recipiente em que é transportado.

7.1.2.5.4 Laboratório

O laboratório é a área ou dependência da ETA que tem a função de controlar e acompanhar a eficiência do tratamento, através de análises e ensaios físicos, químicos e bacteriológicos. No dimensionamento das instalações mínimas do laboratório, deve-se considerar a existência ou não de um laboratório central ou regional que controle a qualidade física, química e bacteriológica de diversas estações de tratamento.

Em estações com capacidade igual ou superior a 10000 m³/dia, deve ser prevista, obrigatoriamente, área para laboratório de bacteriologia. Em estações com capacidade inferior, essa área pode ser dispensada. As análises e os ensaios físicos e químicos que, no mínimo, o laboratório deve realizar compreendem pH, alcalinidade, turbidez, cor, cloro, flúor, alumínio residual e coagulação. A área mínima do laboratório deve ser de:

- 8 m², para estações com capacidade inferior a 10000 m³/dia e dispensadas da realização de ensaios bacteriológicos; neste caso, o laboratório pode ser localizado na própria sala de dosagem, desde que isenta de pó ou vapores ácidos;
- 12 m², para estações com capacidade inferior a 10000 m³/dia e obrigadas à realização de análises bacteriológicas, conforme 5.20.1.1; neste caso, o laboratório deve constituir compartimento independente, porém próximo da sala de dosagem;
- 16 m², para estações com capacidade igual ou superior a 10000 m³/dia.

O pé-direito mínimo deve ser de 3,0 m, com paredes internas revestidas à prova de umidade, o piso impermeável e dotado de ralo. O laboratório deve ser iluminado e ventilado, com previsão para:

- em caso de iluminação e ventilação naturais, aberturas para áreas externas à casa de química, com área mínima de 25% da área do piso, dotadas de dispositivos que impeçam a incidência de raios solares e chuva em seu interior;
- em caso de iluminação artificial, garantia de iluminamento mínimo de 250 lux, para trabalhos correntes, e 500lux, para análises, preparação de reagentes e leituras de instrumentos;
- composição de lâmpadas com irradiação semelhante à da luz solar.

As bancadas dos laboratórios devem ter 0,90 m de altura e no mínimo 0,60 m de profundidade. O comprimento mínimo deve ser de 5,0 m, para estações com capacidade inferior a 10000 m³/dia e de 10,0 m, para estações com capacidade igual ou superior a 10000 m³/dia. Cabendo ressaltar que:

- O espaço livre entre bancadas deve ser igual ou superior a 1,40 m.
- Sob as bancadas devem ser previstos armários modulados, com área frontal mínima de 4,0 m², para estações com capacidade inferior a 10000 m³/dia, e com 8,0 m², para estações com capacidade igual ou superior a 10000 m³/dia.
- As bancadas, para estações com capacidade inferior a 10000 m³/dia, devem ter pelo menos uma pia com cuba de aço inoxidável medindo 0,50 m x 0,40 m x 0,40 m; estações com capacidade igual ou superior a 10000 m³/dia devem ter pelo menos duas destas pias.
- Os pontos de utilidades (energia elétrica, gás, vácuo, água e esgoto) devem ser bem definidos, em função dos equipamentos previstos; as linhas de alimentação não devem ser embutidas em paredes, piso ou teto.
- Recomenda-se relacionar no projeto da ETA, devidamente especificados, os equipamentos e as vidrarias necessários à execução das análises previstas para o laboratório.

7.1.2.5.5 Segurança

As condições mínimas de higiene e segurança do trabalho apresentadas a seguir, complementadas pelas normas brasileiras e de outras instituições nacionais e internacionais, devem ser observadas no projeto da ETA, visando a eliminar riscos de acidentes na operação de equipamentos, máquinas, circuitos elétricos e circulação de

peçoal. Devem existir guarda-corpos de proteção em locais de circulação com altura superior a 2,0 m, locais com altura menor, porém potencialmente perigosos em casos de queda (canais com água em grande velocidade e ao redor de filtros) e em tanques com profundidade de água superior a 1,5 m.

Os guarda-corpos devem ser construídos de material rígido, capaz de resistir ao esforço horizontal de 800 N/m aplicado no ponto mais desfavorável, e ter altura mínima de 0,90 m acima do nível do piso. Em estações passíveis de visitação pública, as partes vazadas dos guarda-corpos devem ser protegidas.

Os espaços livres, deixados nos guarda-corpos para a instalação de escadas de mão, devem ser fechados por uma corrente com gancho de mola. Os locais de trabalho não devem ter piso com saliências ou depressões que possam causar acidentes durante a circulação de pessoas ou movimentação de materiais.

Pisos, escadas, rampas, corredores e passadiços, que ofereçam condições de escorregamento, devem ser de material antiderrapante ou executados por processo com resultados semelhantes. Os pisos e os passadiços devem ter as aberturas protegidas por grades metálicas, para impedir acidentes com pessoas ou a passagem de objetos que ponham em risco a segurança das instalações.

Os locais de circulação eventual, como reservatório elevado, situados em alturas iguais ou superiores a 4,00 m, e as estruturas de circulação também eventual, situadas abaixo do nível do solo, a profundidades iguais ou superiores a 1,20 m, devem ser providos de, no mínimo, escada de mão fixa, tipo marinho.

As escadas devem ser fixadas no topo, na base e, no máximo, a cada 3,0 m. Escadas com altura igual ou superior a 6,0 m devem ser providas de gaiolas de proteção, desde 2,0 m acima do piso até 1,0 m acima do último degrau. Devem ser instaladas plataformas intermediárias para cada lance de 9,0 m.

Os degraus devem ter espaçamento uniforme de, no máximo, 30 cm em toda a altura da escada; o comprimento mínimo do degrau deve ser de 40 cm e o espaço livre atrás da escada não inferior a 18 cm. Os locais em que possam ocorrer pingos ou respingos de produtos químicos devem contar com chuveiro de emergência. Um lava-olhos deve ser incluído na instalação, especialmente onde se trabalha com ácidos ou álcalis fortes.

As máquinas e os equipamentos devem ter as transmissões de força enclausuradas em sua estrutura ou devidamente isoladas por protetores adequados que devem ser fixados firmemente à máquina, ao equipamento, ao piso ou a qualquer outra parte fixa,

por dispositivo que, em caso de necessidade, permita a sua retirada e recolocação imediata.

7.1.3 Premissas Técnicas

7.1.3.1 Floculação

Sempre que a tecnologia de tratamento envolver o processo de coagulação, a floculação ocorre mesmo na ausência de uma unidade específica para tal finalidade. Para as estações convencionais de tratamento, a ineficácia da floculação, intrinsecamente relacionada ao desempenho da coagulação, aumentará a afluência de partículas às unidades filtrantes, favorecendo a perspectiva de deterioração da água filtrada e reduzindo o intervalo entre lavagens podendo tomar o processo de potabilização antieconômico.

A avaliação da eficácia da floculação, além do monitoramento mencionado, pode ser inferida por ocasião das limpezas das unidades de decantação de escoamento horizontal. Tendo como base este cenário constata-se que o floculador requer uma verificação hidráulica em função de o mesmo conseguir operar com a vazão nominal do módulo de tratamento complementar da estação (300L/s). Quando do estabelecimento da vazão solicitada, deve-se evitar um desnível incompatível de lâminas d'água em cada câmara da unidade de floculação, podendo inclusive ocorrer o transbordo da água por sobre a estrutura.

Uma alternativa para se compatibilizar os gradientes hidráulicos do floculador é o uso de misturadores mecânicos com o objetivo de se obter ganhos operacionais nos resultados. Avista-se que para definição do número de câmaras da unidade de floculação alguns fatores devem ser considerados. Para as unidades mecanizadas se avalia a relação entre o custo dos equipamentos e a inevitável perspectiva de redução da eficiência em razão dos curtos-circuitos. Alguns pesquisadores recomendam mínimo de três câmaras, ao passo que outros reforçam a premissa de que os custos de instalação e manutenção dos equipamentos inviabilizariam unidade de floculação com mais de quatro câmaras.

A NBR 12216 corrobora esta assertiva ao recomendar que preferencialmente as unidades de floculação mecanizadas sejam dotadas de pelo menos três câmaras. No País, são raras as estações de tratamento, principalmente as de grande porte, dotadas de floculadores mecanizados com mais de quatro câmaras. Para os floculadores

hidráulicos a contrapartida da redução dos efeitos de curto-circuito reside no aumento da perda de carga - consequência do maior número de aberturas.

A influência do gradiente de velocidade na formação dos flocos tem sido avaliada há mais de três décadas por especialistas. A relação tamanho/densidade do floco em função do gradiente de velocidade de floculação já foi comprovada experimentalmente e, embora não possa ser considerado um paradigma, o emprego de gradientes de velocidade mais elevados tende a favorecer a formação de flocos mais densos e de menor dimensão e vice-versa. Neste contexto observou-se que quando a floculação se realiza com baixo gradiente de velocidade e longo tempo de detenção, os flocos formados tenderão a apresentar maiores dimensões, menor densidade - com alta percentagem de água incorporada à estrutura do floco - e menor resistência ao cisalhamento, mas provavelmente com maior sedimentabilidade adequando-se às estações convencionais. Todavia, pode se verificar o progressivo depósito nas camadas superficiais do meio filtrante dos flocos não sedimentados concorrendo para, além de acelerar o consumo da carga hidráulica disponível, deteriorar a qualidade do efluente, pois as forças hidrodinâmicas nos interstícios do meio granular tenderão a arrastar fragmentos dos flocos - por si só menos resistentes - à água filtrada.

7.1.3.2 Decantação

Outra grande preocupação se dá com relação aos Decantadores. Grande parte do volume de floculos gerados não são sedimentados, o que demanda a operação de descargas consecutivas para que todo o volume de sedimentos seja descartado em cada batelada. A altura do decantador deve ser tal que sua carga hidráulica ofereça condições para a descarga dos sedimentos depositados no fundo da estrutura. Da mesma forma, o orifício de fundo, ao qual se interliga um registro de manobra da descarga, deve ter um diâmetro que igualmente satisfatório para promover o descarte do rejeito sedimentado.

Em estações de tratamento de água mais antigas, onde eventualmente a questão da altura da coluna d'água e o diâmetro da descarga são incompatíveis, buscam-se ações paliativas tais como instalar bombas que sugam o volume de sedimentos para o descarte na batelada da descarga do decantador.

Contudo, a considerar que a ampliação da vazão de 300L/s ocorrerá por um módulo novo a ser implantado, a estrutura a ser instalada deve ser tal que favoreça a descarga com altura e diâmetro compatíveis, sem a necessidade de succionar a descarga por bombas.

Ressalta-se que embora a consistência do floco varie com as condições de coagulação e características da água bruta, pode se afirmar que gradientes de velocidade mais baixos (inferiores a 30 s^{-1}) somente em circunstâncias atípicas, em termos de tempo de floculação, haverão de favorecer a ruptura dos flocos. Para gradientes mais baixos a tendência assintótica do aumento da eficiência com o tempo de floculação deixa de ocorrer somente para tempos mais elevados e neste contexto é absolutamente incomum no País unidades de floculação com tempos de detenção superiores a 50 min.

Em contrapartida, para gradientes de velocidade mais elevados, o tempo a partir do qual predominam os mecanismos de ruptura ocorre dentro do intervalo no qual se insere a maioria das unidades de floculação em operação nas estações de tratamento de água brasileiras. Desta forma, verifica-se, a não ser em situações muito peculiares, o aumento na eficiência da floculação - obtível com a construção de novas câmaras ou de unidades de floculação em paralelo - quando o tempo de detenção é elevado e os gradientes de velocidade aplicados são de menor magnitude.

As variações da seção transversal para equalização da vazão afluente a cada unidade de decantação seriam alcançadas com a utilização de dispositivos tipo colmeia que ajustam a taxa de aplicação superficial do decantador.

Neste caso o fluxo deve ser dotado de canais de seção e declividade constantes e sem apresentar desigualdade na distribuição de água floculada aos decantadores. Neste contexto, verifica-se dificuldade na tentativa de minimizar tal fato, via de regra restringindo-se o fluxo em algumas aberturas, pois medidas construtivas causariam a paralisação parcial ou total da estação de tratamento. A adequação das dimensões das aberturas deverá equalizar a distribuição de vazões e poderá elevar a duração global das carreiras de filtração.

7.1.3.3 Filtração

Os Filtros são modelos tipo rápido de fluxo descendente e são compostos de leito filtrante duplo (antracito e areia) assentados sobre camada suporte de seixos. Seus fundos falsos possuem bocais de saída da água filtrada, que podem ser interligados a um sistema auxiliar de lavagem a ar proveniente de sopradores mecânicos.

Tendo em vista este cenário, cumpre citar que a lavagem auxiliada com ar revolve os grãos, provocando com isto a remoção dos flocos ali retidos, por este motivo deve-se ter atenção que não é necessário expandir o leito filtrante para a lavagem. A bibliografia

apresenta que a lavagem auxiliar com ar vem sendo funcional com o uso de sopradores de baixa pressão, da ordem de 0,5Kgf/cm². As condições operacionais para obtenção de sucesso neste procedimento envolvem o seguinte passo-a-passo:

- Fechamento do acesso da água decantada;
- Liberação da filtração normalmente até a lâmina de água atingir aproximadamente 20cm acima do leito filtrante;
- Fechamento das válvulas de saída da água filtrada
- Injeção de ar sob o leito filtrante a uma velocidade ascensional de cerca de 0,75m/mim durante alguns minutos;
- Parada da entrada de ar e introdução da lavagem ascensional adequada;

7.1.4 Demais elementos constituintes ao tratamento

7.1.4.1 Armazenamento de Produtos Químicos e Soluções de Dosagem

As baias/bacias de contenção dos produtos químicos devem ser verificadas quanto à capacidade de retenção dos líquidos que possam ser vazados nos tanques.

Do ponto de vista hidráulico deve-se prezar para que a dosagem selecionada na bomba, seja manualmente ou pelo processo de automação, esteja em conformidade com a vazão da unidade.

Já do ponto de vista químico a sala de preparo e dosagem deve apresentar organização adequada e identificação que permita a segregação dos produtos. O sistema de tratamento deve conter típica e minimamente a disponibilidade para armazenamento de hipoclorito de sódio (12%), ácido fluossilícico (20%), sulfato de alumínio (48%) e policloreto de alumínio (12%).

Cabe ressaltar, conforme informado pelos operadores locais, que o SAE CATALÃO de Catalão tem por rotina operacional a utilização de produtos químicos aplicados ao tratamento na mesma concentração de que são recebidos dos fornecedores. Esta dosagem deve ser realizada através de bombas dosadoras tipo peristálticas de boa precisão a serem comandadas remotamente por meios de tela supervisória. Todas as dosadoras devem-se apresentar em boas condições de conservação.

Além da qualidade e robustez, as dosadoras devem transmitir os sinais com informações de dosagens via cabo para o sistema de automação, com a apresentação de valores de dosagens na tela principal do equipamento, facilitando o entendimento do operador local.

Apesar da precisão nas informações as dosadoras requerem uma rotina de calibração para dar confiabilidade nas informações de dosagens, além de permitir avaliar alterações que comprometam o sistema de tratamento e dessa forma, direcionem para tomadas de decisões no sentido de direcioná-las a manutenções corretivas e/ou preventivas, conforme orientações descritas no manual do fabricante.

Como solução alternativa à logística de aquisição e redução de custos com produtos químicos, o mercado supridor de insumos ao tratamento de água oferece equipamentos para aplicação de solução desinfetante por meio do gerador de hipoclorito de sódio a partir de solução de salmoura.

As especificações técnicas tipicamente ofertada pelos fornecedores informam que o gerador produz solução de hipoclorito de sódio com concentração que pode oscilar entre 0,6 e 0,9 % e rendimento de 3 a 5 quilos de sal por quilo de cloro produzido em vazão aproximada de 68 litros por hora de hipoclorito de sódio por hora.

7.1.4.2 Dosagem de Produtos Químicos

Após chegarem à ETA as águas brutas recebem dosagens de produtos químicos para finalidades específicas nas etapas de alcalinização, coagulação, desinfecção e fluoretação, podendo ou não serem aplicadas, conforme necessidade estabelecida pela operação. Os produtos químicos são dosados nas concentrações iguais às adquiridas comercialmente.

A aplicação de produtos químicos durante o processo de tratamento ocorre conforme a qualidade das águas afluentes à ETA, podendo ser dispensada, dependendo da finalidade a qual se pratica a dosagem. A definição da dosagem do produto químico e a otimização do processo de tratamento pode ser alcançada com a execução de ensaios, por meio de equipamentos de bancada, que reproduzam as condições observadas nas etapas de tratamento que compõem a ETA.

7.1.4.2.1 Dosagem de Coagulantes

As alterações da qualidade da água do manancial fornecida ao SAE CATALÃO variam com elevada frequência em dias chuvosos e menor incidência conforme sazonalidade em ciclos anuais. O SAE CATALÃO de Catalão deve definir os procedimentos iniciais de tratabilidade, conforme procedimentos de utilização do aparelho jarreste.

7.1.4.2.2 Dosagem de Desinfetante (Cloração)

A cloração, processo que busca a desinfecção da água, é realizada pela adição do hipoclorito de sódio, após processo de polimento nos filtros, em quantidade suficiente que atinja um teor mínimo de 0,2 mg/L nos pontos de consumo, conforme estabelecido na Portaria de Consolidação MS nº 05/17 - anexo XX. O sucesso no alcance do objetivo no ponto de consumo depende de vários fatores, dentre eles a demanda inicial, o tempo de detenção hidráulico no tanque de contato, as condições de armazenamento, sobretudo a quantidade de agente desinfetante aplicada na água a ser tratada. Os operadores da ETA devem realizar dosagens pós filtração.

7.1.4.2.3 Linhas de Dosagem (hidráulica)

Conforme verificado durante as visitas técnicas e comentado em seções anteriores as tubulações de condução de produtos químicos utilizadas possuem um traçado mapeado em alguns casos de difícil acesso bem estão apresentadas condições de desgaste, sofrido pelo tempo de uso e/ou por contato com intempéries. A NBR 12126 é simples em termos de exigência sobre a condução dos produtos químicos uma vez que fixa que os dutos e as canalizações condutoras não devem ser embutidos em estruturas de concreto e paredes, devendo ser encamisados, quando necessário ultrapassá-las e também que as canalizações condutoras de produtos devem ter sempre inclinação, evitando-se também sifões.

Por sua vez a NBR 15784 não apresenta recomendações sobre o uso de canalizações utilizadas para transporte de produtos químicos sugerindo que as tubulações tradicionais de PVC não reagem/causam impacto com os produtos químicos transportados que incorram em alteração de suas configurações e/ou prejudiquem a saúde humana. Sendo dada a carência por parte das NBRs de tratamento específico sobre condução e produtos químicos em plantas de tratamento de água estudos publicados por Ferreira (2010), Sobrinho e colaboradores (2016) e por Salgado (2018) apontam a crescente migração do uso do PVC comum para estruturas de condução de maior resistência mecânica e química para a condução de produtos químicos, incluindo ácidos em concentrações baixas.

A luz das tecnologias presentes e disponíveis no mercado de tubulações o quadro abaixo visa discutir propriedades dos modelos PVC (comum), CPVC Shedule e PVC U Shedule. Especificamente o CPVC é especialmente indicado pelos fabricantes para o caso de produtos químicos altamente corrosivos em processos industriais, dado que este

é fabricado a partir do policloreto de vinila clorado, que possui alta resistência, em acordo com a Especificação Padrão ASTM F441.

Cabe ressaltar que o uso do termo “schedule” é apenas nominal e não uma medida dimensional real, sendo que a espessura da parede aumenta à medida que aumenta o diâmetro externo de um tubo. Por sua vez o PVC U deveria da produção do PVC comum, porém sem a adição de sem adição de plastificantes para obter um material rígido. Sendo assim a principal diferença entre UPVC e CPVC é que O UPVC é feito sem adição de plastificantes enquanto o CPVC é feito adicionando plastificantes e também é clorado.

Tendo em vista o disposto e o cenário atual identificado com relação as linhas de tubulação de dosagem de produtos químicos sugere-se a migração das unidades para linhas de CPVC com o objetivo de recomposição das instalações, promovendo sua melhoria e durabilidade. A opção pelo CPVC frente ao PVC comum e ao PVC U se baseia na agregação das características de flexibilidade e resistência capaz de ser obtida a partir do uso deste tipo de tubulação. Além da substituição do material de composição sugere-se ao SAE CATALÃO que preze no momento da execução de instalações por:

- Escolha de traçado (caminho) com transposição mínima de obstáculos;
- Manutenção de manobras/registros internas a sala de controle das bombas dosadoras, facilitando assim o manuseio operacional;
- Adoção de sistematização da linha por cores, conforme padrão próprio ou sugestões da NBR 6493, promovendo clareza na identificação visual e ampliando a segurança operacional;
- Criação de plano de manutenção preventiva das tubulações, garantindo sua integridade física constante ao longo do processo operacional diário.

7.1.5 Avaliação do Monitoramento de Qualidade e acessórios

7.1.5.1 Avaliação dos Pontos de Dosagem

O agente alcalinizante utilizado pelo SAE CATALÃO é o Barrilha leve. Este deverá ser dosado na caixa por onde vertem as águas do manancial, de forma a adequar o pH, antes de receberem os coagulantes, na calha de medição de vazão. Já os coagulantes sulfato de alumínio e PAC deverão ser dosados no medidor Parshall para melhor desempenho do efeito de mistura rápida. Estes são dosados de forma excludente, conforme critérios previamente estabelecidos pelas boas práticas de operação definidas pelo SAE CATALÃO.

O agente desinfetante (gás cloro) é dosado na saída dos filtros, na tubulação coletora de água filtrada, de forma a propiciar a mistura adequada do produto antes de alcançar o tanque de contato. A fluoretação também ocorre na tubulação coletora de água filtrada, logo após a saída dos filtros.

As dosagens denominadas pré oxidação, que é realizada pela adição de agente oxidante antes da filtração e a pós alcalinização, tem como objetivo a correção do pH após a coagulação.

7.1.5.2 Resultados Físico-Químicos

As análises de controle do processo devem ser realizadas em intervalos de duas em duas horas, conforme preconiza a Portaria de Consolidação MS nº 05/17 - anexo XX considerando manancial de abastecimento água superficial, cujos dados devem ser anotados em planilhas para futuro gerenciamento das informações.

Os valores no controle de qualidade para as águas destinadas ao consumo humano, devem ser avaliados de acordo com os parâmetros de potabilidade previstos pela Portaria de Consolidação MS nº 05/17- anexo XX.

7.1.5.3 Potencial hidrogeniônico (pH)

Os valores estabelecidos para o tratamento conforme Portaria de Consolidação MS nº 05/17- anexo XX que regulamenta os limites de pH entre 6,0 a 9,5.

7.1.5.4 Cloro residual livre

De acordo com a Portaria de Consolidação MS nº 05/17- anexo XX, após o tratamento por desinfecção, a água deve conter teor de cloro residual livre entre 0,2 e 2,0 mg/L.

7.1.5.5 Cor

A Portaria de Consolidação MS nº 05/17- anexo XX, estabelece que o valor máximo para o parâmetro cor seja de 15 uH.

7.1.5.6 Turbidez

A Portaria de Consolidação MS nº 05/17- anexo XX, estabelece que o valor máximo permitido para o parâmetro turbidez seja de 5 NTU, contudo recomenda-se buscar como meta o valor de 2 NTU para saída do tratamento.

7.1.5.7 Íon fluoreto

A fluoretação das águas para abastecimento público é uma medida preventiva consagrada e reconhecida mundialmente, recomendada pelas principais entidades de

saúde, dentre elas a Organização Mundial de Saúde (OMS). No Brasil, conforme definido na Portaria do Ministério da Saúde nº 635/1975, a concentração ideal de fluoreto na água destinada ao consumo humano varia de acordo com a média das temperaturas máximas diárias do ar de cada região, tendo em vista seu reflexo no consumo de água pelos indivíduos.

Trata-se de uma estratégia fundamental para prevenção e controle da cárie dentária e a expansão da cobertura em todo o país configura como uma das prioridades estabelecidas pelas diretrizes da Política Nacional de Saúde Bucal.

Considerando que a temperatura média anual da região de Catalão - GO foi igual a 18,5°C recomenda-se que a concentração ótima de flúor a ser aplicada seja de 0,70 mg/L, podendo variar em $\pm 0,1$ mg/L. Vale ainda ressaltar que, o Valor Máximo Permitido – VMP de íon fluoreto, estabelecido pela Portaria de Consolidação do MS nº 05/17 – anexo XX, é de 1,5 mg/L.

7.1.5.8 Calibração dos instrumentos

É de se esperar que ao longo da vida útil de um instrumento ele se degrade ou perca referências pré-estabelecidas que são determinantes na confiabilidade dos resultados. A calibração garante que o equipamento esteja medindo dentro de um critério aceitável e devido a isso deve ser realizada periodicamente para não prejudicar o processo de tratamento da água. Em laboratório de controle de qualidade de água, além da calibração na eletrônica dos instrumentos é importante que se avalie a “malha” completa, ou seja, deve-se avaliar periodicamente, tanto o processador, quanto os periféricos envolvidos, tais como eletrodos, termômetros, etc por meio de referências externas confiáveis, tais como soluções líquidas com teor do analito conhecido ou termômetros já calibrados. Dessa forma, a calibração nada mais é do que comparar um instrumento com um padrão de referência.

A frequência destas calibrações é definida pelo próprio gestor da qualidade, não sendo mandatória, mas deve se buscar coerência e ser realizada em períodos anuais para a calibração em laboratórios externos e diariamente para calibrações que são realizadas por meio de soluções de referência.

7.1.5.9 Organização, arquivamento e Indexação dos dados analíticos

A organização de dados tem como finalidade principal criar instrumentos de controle e monitoramento do armazenamento e tráfego de documentos. Um dos critérios de avaliação de qualquer órgão certificador de qualidade de um produto ou serviço é a

organização e a forma na qual os dados são gerados, uma vez que o produto a ser fornecido, no caso do SAE CATALÃO é a água tratada, passou pelo menos por um critério de avaliação para a disponibilização ao consumidor final.

Outro fator relevante quanto aos dados gerados no laboratório é que estes são base para a confecção do documento SISAGUA, programa do governo federal vincula do ao Ministério da Saúde, que recolhe dados sobre as formas de produção e distribuição de água pública, dentre outras informações.

7.2 Descrição do sistema proposto dos módulos da ETA e da UTR

7.2.1 Descrição dos novos módulos de tratamento a serem implantados

O presente projeto, para a próxima etapa deverão ser implantados novos módulos para que a capacidade nominal total de tratamento desta estação seja ampliada de 285 L/s para 585 L/s.

Os novos módulos de tratamento de água a ser implantados, serão do tipo convencional aberto, pré-fabricados, contemplando plano de operação e manutenção de toda a estrutura que garanta a vida útil para o decorrer dos anos, além de atender as normas de potabilidade da água.

7.2.2 Unidade de Tratamento de Resíduos (UTR)

A unidade de tratamento de resíduos da ETA, denominada UTR, deve integrar os respectivos projetos da ETA, com concepções e tecnologias selecionadas em cada caso e compatíveis com os próprios processos de tratamento de água. Tal unidade destina-se ao tratamento e disposição adequada do lodo gerado nos processos de tratamento da água, que são basicamente: os lodos decantados ou flotados e os efluentes da lavagem dos filtros.

Segundo a Norma Técnica NBR 10004/04, os lodos gerados em ETA's são classificados como resíduos sólidos, devendo, portanto, serem devidamente tratados e dispostos, sem que provoquem danos ao meio ambiente. Logo, o desenvolvimento do projeto da UTR deve obedecer à citada norma técnica, além de outras normas técnicas da ABNT relativas aos processos/unidades unitárias que as integram e orientações da unidade gestora pelo licenciamento ambiental. Ao final do tratamento, fica a disposição final do lodo desidratado, conforme as possibilidades de cada local, através da sua disposição no solo ou em aterro sanitário.

No projeto da UTR deve ser ainda observada a situação específica de recirculação e aproveitamento da água de lavagem dos filtros, devidamente justificada e embasada em estudo econômico. De forma geral, o projeto da UTR deve ser precedido dos estudos de caracterização dos lodos gerados no processo de tratamento da água e de sua tratabilidade, quando possível, além dos levantamentos topográficos e geotécnicos de sua área de implantação. Além disso, a escolha da unidade de tratamento deve basear-se em estudo de alternativas técnicas a ser apresentado, em consonância com a Política de Resíduos Sólidos adotada pelo Município de Catalão.

A referida UTR deverá ser projetada de forma a atender os módulos de tratamento a serem implantados e os módulos de tratamento existentes.

A Empresa Projetista deverá elaborar também as planilhas orçamentárias sintéticas e analíticas, assim como todas as composições de custo com valores atualizados, seguindo todos os requisitos das leis vigentes de licitação pública. A empresa contratada deverá emitir as ART's (anotação de responsabilidade técnica) de atuação de todos os projetos e orçamentos.

7.2.3 Projetos Executivos

Os projetos executivos referentes aos módulos de tratamento serão elaborados pela mesma empresa que executará a obra. Por tanto, para montagem do edital de contratação desta empresa, deverão ser elaborados os projetos básicos com todas as diretrizes do SAE CATALÃO, contendo os seguintes documentos:

- Justificativa para a adoção do tipo de tratamento adotado, com no mínimo 02 (duas) opções de estudo;
- Planta de situação e de locação da unidade, com definição da área a ser desapropriada, devidamente amarrada aos marcos do levantamento topográfico;
- Projeto de movimentação de terra na área de interesse, com definição das seções de terraplenagem e dos volumes de bota-fora e empréstimo;
- Projeto de assentamento da unidade pré-fabricada;
- Projeto do sistema de esgotamento geral da ETA;
- Projeto de urbanização, drenagem pluvial e acesso à área da unidade;
- Adequação do perfil hidráulico às cotas de implantação no terreno;
- Descrição topográfica da área a ser desapropriada para implantação da unidade;
- Especificações técnicas dos serviços, materiais e equipamentos;

- Elaboração dos projetos básicos de instalações elétricas, automação e aterramento;
- Orçamento detalhado dos serviços/aquisições necessárias, o qual deverá ser revisto após a elaboração do projeto executivo;

7.3 Elementos Constituintes da Unidade de Tratamento de Resíduos - UTR

A seguir será proposta a implantação da UTR para atendimento às duas estruturas de tratamento na ETA de Catalão que tratam 300L/s de água cada, totalizando, portanto, 600L/s de tratamento de água.

Os elementos da UTR serão de tipologia convencional, a saber: Dosagem de Polímero, Desidratação e Secagem do lodo da ETA.

7.3.1 Parâmetros de Cálculo

7.3.1.1 Estimativa da Massa de sólidos produzida pelas ETA's

A partir da concentração média de sólidos totais presentes nos processos de tratamento de água na ETA, será possível, a partir da vazão nominal, determinar a carga de sólidos diária presente nos efluentes da lavagem diária dos filtros e decantadores.

Para estimar a carga de sólidos totais a partir da vazão e da concentração de sólidos suspensos, será utilizada a equação a seguir:

$$Carga (kg/h) = \frac{\text{concentração (g/m}^3\text{)} \times \text{vazão(m}^3\text{/h)}}{1000 (g/kg)}$$

Considera-se a proporção de lodo em 10% nos filtros e 90% nos decantadores.

7.3.2 Generalidades

O processo de tratamento de água consiste na aplicação de produtos químicos que agregam e separam as partículas sólidas sedimentáveis presentes na água bruta do manancial utilizado. As partículas sólidas, caracterizadas como lodos, são depositados/retidos nos tanques dos decantadores e nos filtros, sendo descartados no processo de descarga/lavagem rotineira destas unidades de tratamento. As Unidades de Tratamentos de Resíduos – UTRs visam o descarte adequado do lodo gerado nos processos de lavagem dos filtros e descarga dos decantadores das ETAs, permitindo a correta disposição final deste lodo.

Toda a interligação da UTR deve conter dispositivos e caixas de manobra para alternância do fluxo hidráulico. Deve-se prever uma caixa de derivação do lodo instalada na tubulação de descarga geral da ETA que possibilita encaminhar o lodo para o tanque de sedimentação. Esta caixa é dotada de comportas hidráulicas que permitem alternância do fluxo que em caso de manutenção ou qualquer tipo de problema na UTR, onde consta um segundo tramo de tubulação tipo by-pass com destino a algum poço de recebimento provisório do lodo.

Basicamente as estruturas de tratamento dos resíduos da ETA se distinguem em processos mecanizados ou por sedimentação por gravidade.

Em ambos os casos, se faz necessária uma sala de preparo e dosagem do polímero a ser dosado na linha de descarte do lodo.

7.3.2.1 Sala de Preparo e Dosagem de Polímero

Trata-se do local onde será realizado o preparo e dosagem da solução a ser misturada ao lodo sedimentado, antes de promover seu lançamento no "Pátio de Deságue do Lodo".

A aplicação de polímero na linha de recalque que conduz o lodo para o deságue tem como objetivo melhorar e acelerar as condições de desidratação dos resíduos sólidos no interior da unidade.

A sala de preparo e dosagem de polímero abrigará as sacas de polímero, os tanques de preparo e as bombas dosadoras.

A execução da sala de preparo de polímero e sala elétrica, conta o fornecimento e instalação de todos os equipamentos, incluindo as bombas dosadoras, quadros e painéis, tanques de mistura e dosagem e agitadores. Todos os equipamentos deverão ser fornecidos e instalados conforme projetos e especificações.

A montagem do sistema de dosagem de polímero conta com barriletes de sucção e recalque, alimentação e descarga dos tanques, conforme projeto. A unidade abrigará as sacas de polímero, os tanques de preparo e as bombas dosadoras, a serem fornecidos e instalados na sala elétrica. A aplicação de polímero tem como objetivo melhorar e acelerar as condições de desidratação dos resíduos sólidos no interior da unidade.

7.3.2.1.1 Especificação dos equipamentos

A unidade deve contar minimamente com os seguintes equipamentos.

- Agitadores para tanque de mistura, com dupla hélice, tipo turbina radial e motor-reductor;

- Bombas dosadora de polímero com rotor e motor de indução acionados por inversor de frequência;
- Tanques de mistura para polímero em polipropileno, fundo cônico, bocal de entrada. O tanque deve possuir pelo menos 3 quebra-ondas posicionados simetricamente no perímetro do tanque.

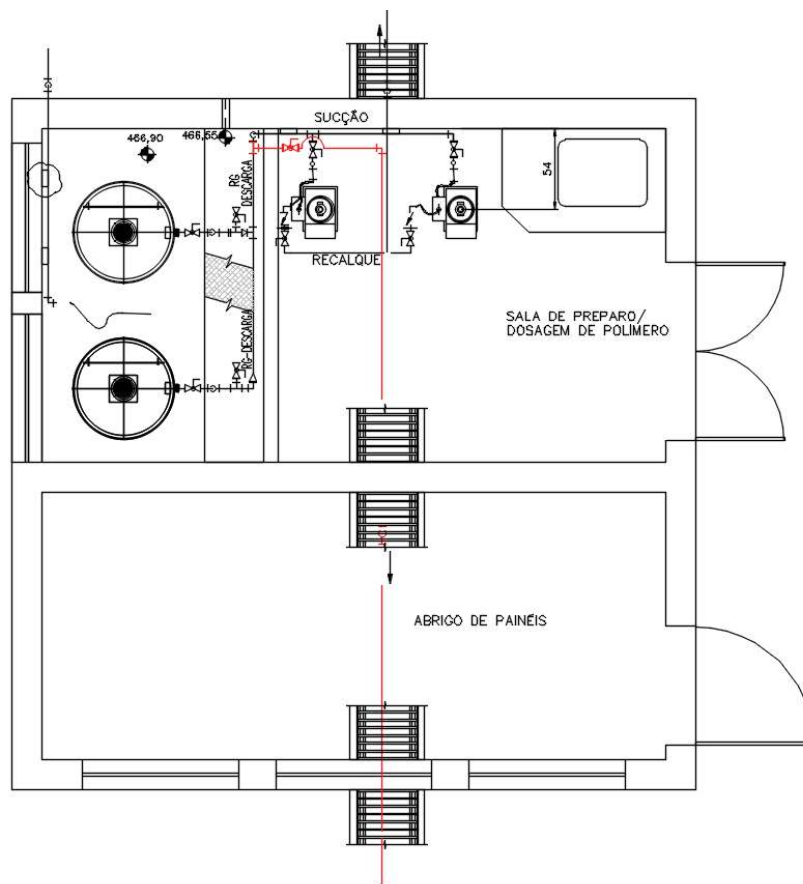


Figura 08. : Exemplo de Planta de Projeto da Sala de preparo e dosagem de polímero

7.3.2.2 Tratamento de Resíduos da ETA com sedimentação por gravidade (Pátio de Desague)

Este processo de tratamento do lodo conta com uma estrutura de tanque ou reservatório do lodo, com um determinado tempo de detenção hidráulica suficiente para promover a sedimentação das partículas. Dentro deste tanque é instalada uma elevatória de bombas submersíveis para o recalque do lodo sedimentado com destino à sua desidratação.

O Tanque de Sedimentação geralmente é construído em concreto e destina-se ao recebimento do efluente (água de lavagem diária dos filtros e descargas periódicas dos decantadores) para que as partículas sedimentáveis se depositem no poço de Lodo, e

em seguida sejam recalçadas ao "Pátio de Deságue do Lodo". O sobrenadante do poço deverá ser encaminhado para o esgotamento geral da ETA em ponto a jusante da caixa de derivação.

A desidratação do lodo ocorre pela retenção das partículas diluídas através de estruturas filtrantes geotêxteis ou leitos de secagem com brita. É necessário portanto a construção de um pátio de desague de lodo com área extensa dentro da ETA.

7.3.2.2.1 Pátio de deságue de lodo com uso de Bags Geotêxteis

O Pátio de Deságue do Lodo é o local onde poderão ser instalados os Bags para desidratação do lodo sedimentado no Tanque de Sedimentação. O pátio é composto de manta em PEAD (espessura de 1 mm), manta geotêxtil com gramatura 300 g/m² e uma camada de brita não calcária Nº 2 de diâmetro menor ou igual a 38 mm. A camada de brita terá espessura de aproximadamente de 0,30 m. O "Geotube" (BAG) será assentado sobre a camada de brita nivelada.

Como vantagem, a área requerida em planta é menor que nos leitos de secagem. Contudo, exige-se um custo logístico de reposição dos geotubes geotêxteis que são inutilizados a cada remoção do lodo desidratado.



Figura 09. : Exemplo de Projeto do Tanque de Sedimentação

Fonte: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/Geobag-Geotube-Vertical-Greening-bag-Nonwoven-60715832536.html>

7.3.2.2.2 Pátio de deságue de lodo com uso de Leitos de Secagem

Os leitos de secagem da UTR são semelhantes aos de secagem do lodo proveniente de Estações de Tratamento de Esgotos.

Consiste na implantadas de células ou baias de secagem construídas em alvenaria ou concreto, onde são colocadas camadas de pedra-de-mão, britas e tijolos para o recebimento do lodo bombeado.

Por sua vez, as partículas sólidas são contidas pelo meio filtrante e o líquido percolado segue para a drenagem final.

Normalmente cada célula do leito de secagem dispõe de dois compartimentos de secagem. É estabelecido o período de entre cada operação de descarte de lodo, bem como as dimensões de cada compartimento de secagem.

Os leitos de secagem, em seu ciclo operacional, proporcionam a desidratação e remoção de lodos desidratados, e preparo de cada célula para recebimento dos lodos das sucessivas operações de descarte.

Como desvantagem, a área requerida em planta é maior que nos bags geotêxteis. Contudo, dispensa-se o custo logístico de reposição do meio filtrante, uma vez que a estruturas não são inutilizados a cada remoção do lodo desidratado.



Figura 010. : Exemplo de Leito de Secagem

Fonte: <http://residuosagroindustriais.blogspot.com/2015/12/o-lodo-contem-microrganismospatogenicos.html>

7.3.2.3 Tratamento de Resíduos da ETA por processo mecanizado

A grande vantagem do tratamento do resíduo por processos mecanizados em relação à sedimentação por gravidade, seguida de desaguadores, é a menor área requerida. O sistema combinado com pátio de desaguadores pode requerer uma área de aproximadamente 2000m², sendo, portanto, incompatível com a oferta de área disponível. Pelo que foi exposto os processos mecanizados concorrem para a melhor alternativa se em virtude do sistema compacto de menor área requerida.

O processo mecanizado de tratamento do lodo conta com equipamento mecânicos que pressionam o lodo em elementos filtrantes para o deságue do lodo.

Basicamente este grupo de desidratadores se subdivide em Decanter Centrífugo e Prensas Desaguadoras.

7.3.2.3.1 Prensa Desaguadora

A prensa é um equipamento projetado para a separação de partículas sólidas e líquidas com baixo custo operacional.

Prensa Desaguadora de lodo é desenvolvida para desidratação de lodo, sendo aplicada nas estações de tratamento de água e efluentes, devido a facilidade operacional, alta capacidade e excelente desempenho. Dentre as inúmeras vantagens, a prensa desaguadora de lodo se destaca pelo baixo consumo de polímero, menor consumo de energia elétrica do mercado, maior eficiência na remoção dos sólidos em suspensão, baixa umidade do lodo desidratado, tornando a prensa desaguadora em equipamento mais moderno do mercado.

O Desaguamento do lodo com a utilização da Prensa desaguadora, ocorre através dos multidiscos fixos e móveis, com variação nos espaçamentos no decorrer do equipamento. Além disso a Prensa desaguadora de lodo, conta com um caracol central com passos graduados, proporcionando alta pressão, e com isso ocorre a descarga do lodo mais seco. Entre outras vantagens o caracol é fabricado com o revestimento com carbeto de tungstênio, garantido a baixa necessidade da manutenção da prensa desaguadora de lodo.



Figura 011. : Exemplo de Prensa Desaguadora

Fonte: https://linsul.com.br/produtos/prensa-desaguadora/?gclid=EAlaIqobChMI-Y7DhZ7T-QIVAdiRCh02ywJYEAAYASAAEgIS9PD_BwE

Uma variante das prensas desaguadoras, pode ser considerada com o uso de um eixo rotor que dá a este equipamento o nome comercial de prensa parafuso.

O equipamento possui um caracol transportador tipo helicoidal e um cesto filtrante, que pelo princípio de separação por gravidade e prensagem mecânica, é capaz de separar a fase líquida da fase sólida em uma ampla gama de produtos industriais, tais como lodos de ETA e ETE, resíduos industriais, sólidos diversos, vegetais e outros.

Fonte: <https://gratt.com.br/produto/29/prensa-parafuso>

7.3.2.3.2 Decanter Centrífugo

Os decanters centrífugos são utilizados para separação de líquidos dos sólidos em processos industriais e nos processos de desidratação de Lodo em ETE (Estação de Tratamento de Efluentes) e ETA (Estação de Tratamento de Água).

Destaca-se como vantagens, os seguintes aspectos a saber: Sistema contínuo de deságue de lodo, Sistema compacto, Alta eficiência, Tecnologia Nacional, Possibilidade de reuso da água clarificada.

Esta tecnologia é utilizada na Desidratação de lodo biológico, químico; processos, farmacêuticos, alimentícios e outros;

A estrutura conta com elementos de Partes Rotativas e Roscas Transportadoras, normalmente revestidos contra desgaste por abrasão. O sistema é acionado por Painel de Controle, com inversor de frequência ou Soft-Starter.



Figura 012. : Exemplo de Decanter Centrífugo

Fonte: <https://www.jdf.com.br/produtos/maquinas-e-equipamentos/decanter-centrifugo>

7.3.2.4 Parâmetros de Dimensionamento da UTR

Basicamente os parâmetros que são utilizados no dimensionamento das UTR's podem ser assim relacionados.

- Concentração média de sólidos totais: 25 g/m³;
- Teor de sólidos dos decantadores: 1%;
- Teor de sólidos dos filtros: 0,05%;
- Produção do lodo gerado nos decantadores: 90%;
- Produção de lodo gerado nos filtros: 10%;
- Densidade do Lodo: 1.002 kg/m³.
- Concentração da Solução de Polímero: 0,25%
- Dosagem: 20 g/m³

8 CONCEPÇÃO GERAL DAS ALTERNATIVAS PROPOSTAS

8.1 Análise preliminar da das alternativas para os módulos de tratamento

O escopo dos serviços contempla a elaboração dos Estudos de Concepção para definição dos projetos da ampliação da ETA, contendo a concepção geral de no mínimo duas alternativas para implantação dos módulos de tratamento pré-fabricados.

Deve-se definir a especificação detalhada dos módulos, incluindo critérios de durabilidade e indicação dos materiais de fabricação, e realizar a equalização técnica e comercial dentre os fornecedores existentes no mercado.

8.1.1 Análise dos Materiais Disponíveis

Basicamente, o mercado de fornecedores de estações de tratamento de água pré-fabricadas oferece três tipos de materiais na constituição dos módulos das ETA's, a saber:

- Fibra de Vidro (PRFV);
- Aço Carbono;
- Aço Inoxidável.

Os três materiais são descritos a seguir.

8.1.1.1 Fibra de Vidro (PRFV)

O material constitui-se em poliéster de resina isoftálica, reforçado com fibra de vidro (PRFV), com acabamento com Gelcoat azul, com aditivo Anti-UV; espessura mínima do compósito: 10mm e resistente à carga mínima de 150kgf/m².

Trata-se de um polímero derivado de seus anidridos e poliálcoois. Podendo ser saturado ou insaturado, daí recorrendo sua natureza termoplástica ou termorrígida. O poliéster é formado por polímeros de componentes variáveis, cujo a cadeia é aberta (resina insaturada). Sua polimerização fornece um vidro orgânico incolor. A sua molécula fica então extremamente estável e reticulada. (Fonte de referência: Fiberglass <https://www.tgfiberglass.com.br/composicao-do-prfv-plastico-reforcado-com-fibra-de-vidro/>)

A título de preço, considerar-se-á a composição de preço em base SAP de código: 25057435 - TAMPA EM PRFV RETANG C/ABA E 2 ALCAS M²; com o preço de R\$ 709,50 por metro quadrado em agosto de 2022.

8.1.1.2 Aço Carbono

São chapas obtidas pelo corte transversal de bobinas de aço carbono que podem ser utilizadas nas mais variadas aplicações.

As chapas laminadas a quente são fornecidas em dimensões variadas de espessura, com largura padrão de 1200 mm e variações no comprimento de 3000 mm e 6000 mm e atendem as exigências de vários segmentos. São utilizadas em larga escala na construção civil com aplicações estruturais, no segmento automotivo, linha branca, indústria moveleira, entre outros.

A chapa de aço carbono é também conhecida como: chapa lisa, chapa de aço carbono, laminada a quente e chapa preta.

A título de preço, considerar-se-á a pesquisa de preço no fornecedor de referência Usiminas; com o preço de R\$ 545,28 por metro quadrado em agosto de 2022. Este preço derivou-se de uma chapa de dimensões 1,2x3,0m ao custo unitário de R\$ 1.963,00/pç.

Referência Usiminas: <https://maissolucoes.usiminas.com/produto/chapa-fina-a-quente-630-chapa-14x1200x3000/5298555?IdSku=4626568>

8.1.1.3 Aço Inox

As Chapas em Aço Inoxidável são provenientes de cortes de Bobinas de Aço Inox e possuem seu acabamento escovado em uma das faces. Nossas chapas são cortadas em tamanhos especiais através processo de corte a frio com guilhotina. Os principais atributos do Aço Inoxidável são a alta capacidade de resistência a corrosão ao calor.

A título de preço, considerar-se-á a pesquisa de preço no fornecedor de referência Loja do Aço Inox; com o preço de R\$ 1130,00 por metro quadrado em agosto de 2022 (Chapa Inox Escovada 1000 X 1000 MM; SKU: CHESC1X1X2MM)

Referência Loja do Inox: <https://www.lojadoacoinox.com.br/carrinho/index>

8.1.2 Definição do Material do Módulo da ETA pré-fabricada

O presente estudo de concepção, por sua vez, sugere, como escolha do material da ETA pré-fabricada, o aço carbono em virtude do menor preço quando comparado aos demais.

Tabela 2. Resumo de Preço dos Materiais para a ETA Pré-Fabricada

| Material | Preço Unitário | Unidade |
|----------|----------------|----------------|
| PRFV | R\$ 709,50 | m ² |

| | | |
|-------------|--------------|----------------|
| Aço Carbono | R\$ 545,28 | m ² |
| Aço Inox | R\$ 1.130,00 | m ² |

8.2 Análise preliminar das alternativas para a Unidade de Tratamento de Resíduos

O escopo dos serviços contempla a elaboração dos Estudos de Concepção para definição dos projetos da ampliação da ETA, contendo a concepção geral de no mínimo duas alternativas para implantação de unidades de recuperação de água de lavagem e de desaguamento de lodo.

8.2.1 Análise dos Arranjos Tipicamente Utilizados

Basicamente, as Estações de Tratamento de Água utilizam Unidades de Tratamento de Resíduos compostas por Bag's Geotêxteis, Leitos de Secagem, ou equipamentos mecânicos de centrifugação.

De uma maneira geral, os Bag's Geotêxteis e os Leitos de Secagem podem ser reunidos em um mesmo grupo, haja vista que seu princípio de desidratação é o mesmo, com exceção do material que lhes constituem o meio filtrante.

8.3 Pré-dimensionamentos das Unidades

8.3.1 Escopo de Fornecimento do Módulo de Tratamento

8.3.1.1 Prescrições Gerais

A aquisição e instalação do equipamento para tratamento de água, deverá ser do tipo pré-fabricada, compacta, aberta e com característica modular. O material de constituição da estação pré-fabricada, será o aço carbono com escoamento hidráulico não pressurizado.

As especificações referentes aos revestimentos interno e externo dos módulos, devem atender, além dos dispositivos normativos mínimos requeridos para o tratamento e reservação de água.

Os limites para dimensionamento da estação deverão ser compatíveis com a Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

O referido sistema poderá ser dividido em linhas de fluxo, compostas minimamente por: unidades abertas de chegada, de mistura rápida, de floculação, de decantação, de

filtração e dosagem e armazenamento de produtos químicos, bem como todos demais equipamentos e materiais necessários para o adequado funcionamento destas unidades.

8.3.1.2 Dados de referência para dimensionamento

Os limites de qualidade de água deverão ser fornecidos pelo SAE CATALÃO de Catalão.

Os parâmetros fornecidos pelo SAE CATALÃO são relacionados a seguir, contendo os limites para a qualidade da água bruta, com vistas a garantir os padrões de potabilidade e a eficiência no tratamento:

- Turbidez: até 600 NTU;
- Cor aparente: até 200 mg/l Pt/Co;
- Ferro total: 2 mg/L Fe total.

8.3.1.3 Elementos Componentes da ETA pré-fabrica

8.3.1.3.1 Medição de Vazão

A entrada da estação deverá contar com dispositivo de medição da vazão composto equipamentos eletromagnéticos. O dispositivo deverá ser montado em suporte sobre a Calha Parshall da estação.

O equipamento deverá apresentar um display integrado no medidor e outro acoplado no painel de comando elétrico. Sugere-se para fins de projeto posterior uma Alimentação/Saída de 24 Vdc/4-20 mA; com função de indicador e totalizador de vazão.

8.3.1.3.2 Calha Parshall

A estação contará com calha Parshall destinada a medir a vazão e dispersar os produtos químicos na água a ser tratada, em particular no processo de coagulação.

Conforme consta na Norma Técnica 12216 (item 5.8.2), a dispersão de coagulantes metálicos hidrolisáveis deve ser feita a gradientes de velocidade compreendidos entre 700 s⁻¹ e 1100 s⁻¹, em um tempo de mistura não superior a 5 s;

O dimensionamento da Calha Parshall deve apresentar minimamente os parâmetros de:

- Altura na Calha Parshall;
- Parâmetros Auxiliares de cálculo;
- Velocidade de escoamento da água;
- Energia total disponível;

- Velocidade do escoamento: Conforme consta na Norma Técnica 12216 (item 5.8.4.2), a velocidade da água onde os jatos são distribuídos, deve ser igual ou superior a 2 m/s;

- Altura da Lâmina d'água na calha Parshall;

- Cálculo do Número de Froude compreendido entre 2,5 e 4,5; ressalto oscilante, com dispositivo que anule as oscilações de velocidade a jusante do ressalto;

- Tempo médio de detenção da água no trecho divergente; inferior a 5s (NBR 12216, 5.8.2);

- Perda de carga no vertedor Parshall;

- Gradiente médio de velocidade no trecho divergente (NBR 12216: entre 700 s⁻¹ e 1100 s⁻¹);

- Lâmina d'água no canal retangular a jusante do Parshall;

- Altura do rebaixo no canal retangular a jusante do Parshall;

- Tempo de percurso da água até o floculador

NBR 12216 (item 5.8.4.1): A aplicação da solução de coagulante deve ser sempre feita imediatamente antes do ponto de maior dissipação de energia e através de jatos separados de no máximo 10 cm.

Sugere-se para fins de projeto posterior uma calha de garganta W=24".

8.3.1.3.3 Floculadores

Conforme consta na Norma Técnica 12216 (item 5.9.2.1), Dependendo do porte da estação e a critério do órgão contratante, não sendo possível proceder aos ensaios destinados a determinar o período de detenção adequado, podem ser adotados valores entre 20 min e 30 min, para floculadores hidráulicos, e entre 30 min e 40 min, para os mecanizados.

Sugere-se para fins de projeto posterior, um floculador com equipamentos mecânicos de condução do fluxo com rotor de fluxo axial e palhetas inclinadas. O equipamento poderá ser do tipo de motoredutor de eixos paralelos com acionamento por inversor de frequência.

O tempo de detenção hidráulica deverá apresentar valores entre 30 e 40min.

O Gradiente de velocidade deve apresentar valores: 70 s⁻¹ na primeira câmara e 10 s⁻¹ na última.

O dimensionamento do Floculador deve apresentar minimamente os parâmetros de:

- Volumes de cada trecho do Floculador;

- Área em planta de cada trecho do Flocculador;
- Tempo de Detenção Hidráulica de cada trecho do Flocculador (TDH);
- Gradiente de velocidade médio em cada flocculador;
- Perdas de Carga em cada flocculador;

8.3.1.3.4 Decantadores

O decantador deverá ser do tipo Alta Taxa, composto por elementos tubulares de pequena inclinação.

Conforme consta na Norma Técnica 12216 (item 5.10.4.1), estações com capacidade entre 1000 e 10000 m³/dia, em que é possível garantir bom controle operacional, 2,43 cm/min (35 m³/m² x dia); caso contrário, 1,74 cm/min (25 m³/m² x dia).

Sugere-se para fins de projeto posterior, um decantador com a Velocidade de sedimentação máxima de 1,74 cm/min.

O dimensionamento do Decantador deve apresentar minimamente os parâmetros de:

- Taxa de aplicação Superficial;
- Tempo de Detenção Hidráulica (TDH);
- Larguras e Velocidades dos canais de água flocculada;
- Número de Vertedores triangulares de 90° ajustáveis por metro;

8.3.1.3.5 Filtros

Os Filtros são unidades destinadas a remover partículas em suspensão, em caso de a água a tratar ser submetida a processo de coagulação, seguido ou não de decantação. Os filtros podem ser de camada filtrante simples ou dupla, de fluxo ascendente ou descendente, sendo os de fluxo ascendente sempre de camada simples.

Conforme consta na Norma Técnica 12216 (item 5.12.5.1), as taxas máximas admissíveis para o filtro de camada dupla é de 360 m³/m² x dia.

Sugere-se para fins de projeto posterior, a utilização de um filtro aberto, tipo rápido, com camada dupla e de fluxo descendente.

Alguns fornecedores dispõem de retrolavagem dos filtros com carga hidráulica regida pelos níveis d'água dos demais filtros contíguos, em que fluxo hidráulico da retrolavagem ocorre por vasos comunicantes. Entretanto, sugere-se para fins de projeto posterior, a utilização de bombeadores hidráulicos com maior carga hidráulica, em virtude da elevada turbidez da água bruta proveniente do manancial superficial.

Sugere-se para fins de projeto posterior, a retrolavagem automática por bombeamento, com auxílio de ar, acionada por sensor de perda de carga do leito filtrante. Este dispositivo deve ser controlado por intervalos de tempo ou manual por botoeira no painel de comando, composto por sopradores de ar e demais itens de automação.

O dimensionamento do Filtro deve apresentar minimamente os parâmetros de:

- Dimensões de cada filtro em planta;
- Taxa de filtração;
- Lâmina d'água do Canal de água decantada;
- Velocidade no dreno de fundo;
- Relação de Áreas de Orifícios/Filtros;
- Capacidade do reservatório de água para lavagem;
- Tubulação de água de retrolavagem;

Deverá ser previsto no projeto dos novos módulos de tratamento um by-pass que possibilite a interligação direta da calha parshall com os filtros, para que nos períodos de estiagem em que os níveis de turbidez estiverem muito baixos, esta manobra possa ser executada.

8.3.1.3.6 Tanque de contato

O tanque de contato tem como função receber a água clarificada dos filtros e proporcionar o tempo de contato recomendado para a desinfecção da água. Esta estrutura é dotada de chicanas internas que permitem a mistura e o tempo de permanência necessário para desinfecção.

A Portaria 518 de 2004 do Ministério da Saúde, assim discorre sobre o tempo de detenção hidráulica para contato, no artigo 13:

Art. 13. Após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição, recomendando-se que a cloração seja realizada em pH inferior a 8,0 e tempo de contato mínimo de 30 minutos.

Em 2011 a Portaria de nº 2.914 atualizou os parâmetros de tempo de contato em função da dosagem de cloro, pH e temperatura do ambiente. Os valores são apresentados na Figura 013.

Como critério conservador, o volume do tanque de contato será previamente dimensionado com o tempo de detenção hidráulica TDH=30min. Para a pré-estimativa do volume, considerar-se-á inclusive a vazão $Q=300$ L/s ($Q=18\text{m}^3/\text{min}$). O volume do

tanque de contato será calculado pelo produto da Vazão Q com o tempo TDH, conforme equação a seguir:

$$V = Q \times TDH = 18\text{m}^3/\text{min} \times 30 \text{ min} = 540 \text{ m}^3.$$

Conforme citado anteriormente por LIBÂNIO (2010), “(...) *Em estações de pequeno a médio porte, o primeiro reservatório destinado à distribuição pode ser utilizado como tanque de contato*”.

Contudo a estação de Catalão tem porte maior que o citado por LIBÂNIO (2010), razão pela qual sugere ser imprescindível a adoção do tanque de contato.

Outro fator que justifica a implantação de um novo tanque de contato, decorre da flutuação dos níveis dos atuais reservatórios em face do volume disponível de reserva para contato.

Em pesquisas realizadas para este relatório, constatou-se que os níveis dos reservatórios devem estar comprometidos com o abastecimento da sede, sobretudo nos períodos de alta temporada turística em que a demanda pelo abastecimento aumenta consideravelmente, fazendo com que os níveis dos reservatórios oscilem até o mínimo e desta maneira o fazem restringir a potencialidade de sua eventual função de elemento de contato.

É imprescindível que o material de constituição do tanque de contato seja resistente ao ambiente químico do fluido acumulado, bem como à movimentação e assentamento da estrutura no local pretendido.

Os operadores locais, relatam problemas na utilização do PRFV, como material para os tanques da ETA.

Sugere-se para fins de projeto básico a utilização do Aço Carbono para constituição do Tanque de Contato.

Tempo de contato mínimo (minutos) a ser observado para a desinfecção por meio da cloração, de acordo com concentração de cloro residual livre, com a temperatura e o pH da água⁽¹⁾

| C ⁽²⁾ | Temperatura = 5°C | | | | | | | | | | Temperatura = 10°C | | | | | | | | | | Temperatura = 15°C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-------------------|-----|-----|-----|-----|---------------|-----|------|-----|-----|--------------------|-----|-----|-----|------|---------------|-----|-----|-----|-----|--------------------|------|-----|-----|-----|---------------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | Valores de pH | | | | | Valores de pH | | | | | Valores de pH | | | | | Valores de pH | | | | | Valores de pH | | | | | Valores de pH | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ≤6,0 | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 9,0 | ≤6,0 | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 9,0 | ≤6,0 | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 9,0 | ≤6,0 | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 9,0 | ≤6,0 | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | | | | | | | | | |
| ≤0,4 | 38 | 47 | 58 | 70 | 83 | 98 | 114 | 27 | 33 | 41 | 49 | 58 | 70 | 80 | 19 | 24 | 29 | 35 | 41 | 48 | 57 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 41 | 48 | 57 | | | | | | | | | | | | |
| 0,6 | 27 | 34 | 41 | 49 | 59 | 69 | 80 | 19 | 24 | 29 | 35 | 41 | 49 | 57 | 13 | 17 | 20 | 25 | 29 | 34 | 40 | 47 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | | | | | | | | | | | |
| 0,8 | 21 | 26 | 32 | 39 | 46 | 54 | 63 | 15 | 19 | 23 | 27 | 32 | 38 | 45 | 11 | 13 | 16 | 19 | 23 | 27 | 31 | 35 | 39 | 43 | 47 | 51 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | | | | | | | | | | |
| 1,0 | 17 | 22 | 26 | 32 | 38 | 45 | 52 | 12 | 15 | 19 | 23 | 27 | 32 | 37 | 9 | 11 | 13 | 16 | 19 | 23 | 27 | 31 | 35 | 39 | 43 | 47 | 51 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | | | | | | | | | |
| 1,2 | 15 | 19 | 23 | 27 | 32 | 38 | 45 | 11 | 13 | 16 | 19 | 23 | 27 | 32 | 7 | 9 | 11 | 14 | 17 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 | 52 | 56 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | | | | | | | | |
| 1,4 | 13 | 16 | 20 | 24 | 28 | 34 | 39 | 9 | 11 | 14 | 17 | 20 | 24 | 28 | 7 | 8 | 10 | 12 | 14 | 17 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 | 52 | 56 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | | | | | | | |
| 1,6 | 12 | 15 | 18 | 21 | 25 | 30 | 35 | 8 | 10 | 12 | 15 | 18 | 21 | 25 | 6 | 7 | 9 | 11 | 13 | 16 | 19 | 22 | 25 | 29 | 33 | 37 | 41 | 45 | 49 | 53 | 57 | 61 | 65 | 70 | 75 | 80 | | | | | | |
| 1,8 | 11 | 13 | 16 | 19 | 23 | 27 | 32 | 7 | 9 | 11 | 14 | 16 | 19 | 22 | 5 | 6 | 7 | 9 | 11 | 13 | 16 | 19 | 22 | 25 | 29 | 33 | 37 | 41 | 45 | 49 | 53 | 57 | 61 | 65 | 70 | 75 | 80 | | | | | |
| 2,0 | 10 | 12 | 15 | 18 | 21 | 25 | 29 | 7 | 8 | 10 | 12 | 15 | 17 | 20 | 5 | 6 | 7 | 9 | 10 | 12 | 14 | 17 | 20 | 23 | 26 | 30 | 34 | 38 | 42 | 46 | 50 | 54 | 58 | 62 | 66 | 70 | 75 | 80 | | | | |
| 2,2 | 9 | 11 | 14 | 16 | 19 | 23 | 27 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 19 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 13 | 16 | 19 | 22 | 25 | 29 | 33 | 37 | 41 | 45 | 49 | 53 | 57 | 61 | 65 | 70 | 75 | 80 | | | | |
| 2,4 | 8 | 10 | 13 | 15 | 18 | 21 | 25 | 6 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 13 | 15 | 17 | 20 | 23 | 26 | 30 | 34 | 38 | 42 | 46 | 50 | 54 | 58 | 62 | 66 | 70 | 75 | 80 | | |
| 2,6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 17 | 20 | 23 | 5 | 7 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 13 | 15 | 17 | 20 | 23 | 26 | 30 | 34 | 38 | 42 | 46 | 50 | 54 | 58 | 62 | 66 | 70 | 75 | 80 | | |
| 2,8 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 19 | 22 | 5 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 15 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 13 | 15 | 17 | 20 | 23 | 26 | 30 | 34 | 38 | 42 | 46 | 50 | 54 | 58 | 62 | 66 | 70 | 75 | 80 | |
| 3,0 | 7 | 9 | 10 | 13 | 15 | 18 | 20 | 5 | 6 | 7 | 9 | 11 | 12 | 14 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 12 | 14 | 16 | 18 | 21 | 24 | 27 | 31 | 35 | 39 | 43 | 47 | 51 | 55 | 59 | 63 | 67 | 71 | 75 | 80 |

NOTAS:

(1) Valores intermediários aos constantes na tabela podem ser obtidos por interpolação.

(2) C: residual de cloro livre na saída do tanque de contato (mg/L).

Tempo de contato mínimo (minutos) a ser observado para a desinfecção por meio da cloração, de acordo com concentração de cloro residual livre, com a temperatura e o pH da água⁽¹⁾

| C ⁽²⁾ | Temperatura = 20°C | | | | | | | | | | Temperatura = 25°C | | | | | | | | | | Temperatura = 30°C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|---------------|-----|------|-----|-----|--------------------|-----|-----|-----|------|---------------|-----|-----|-----|-----|--------------------|------|-----|-----|-----|---------------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | Valores de pH | | | | | Valores de pH | | | | | Valores de pH | | | | | Valores de pH | | | | | Valores de pH | | | | | Valores de pH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ≤6,0 | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 9,0 | ≤6,0 | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 9,0 | ≤6,0 | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 9,0 | ≤6,0 | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 9,0 | ≤6,0 | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | | | | | | | | | | | | |
| ≤0,4 | 14 | 17 | 20 | 25 | 29 | 34 | 40 | 9 | 12 | 14 | 18 | 21 | 24 | 28 | 6 | 8 | 10 | 12 | 15 | 17 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 | 52 | 56 | 60 | 64 | 68 | 72 | 76 | 80 | 84 | 88 | 92 | 96 | | | | | |
| 0,6 | 10 | 12 | 14 | 17 | 21 | 24 | 28 | 7 | 8 | 10 | 11 | 13 | 15 | 17 | 5 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 16 | 19 | 22 | 25 | 29 | 33 | 37 | 41 | 45 | 49 | 53 | 57 | 61 | 65 | 69 | 73 | 77 | 81 | 85 | 89 | | | | | |
| 0,8 | 7 | 9 | 11 | 14 | 16 | 19 | 22 | 5 | 6 | 8 | 10 | 11 | 13 | 16 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 16 | 19 | 22 | 26 | 30 | 34 | 38 | 42 | 46 | 50 | 54 | 58 | 62 | 66 | 70 | 74 | 78 | 82 | 86 | | | | | |
| 1,0 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 16 | 18 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 16 | 19 | 22 | 26 | 30 | 34 | 38 | 42 | 46 | 50 | 54 | 58 | 62 | 66 | 70 | 74 | 78 | 82 | | | | | |
| 1,2 | 5 | 7 | 8 | 10 | 11 | 13 | 16 | 4 | 5 | 5 | 7 | 8 | 10 | 11 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 13 | 16 | 19 | 22 | 26 | 30 | 34 | 38 | 42 | 46 | 50 | 54 | 58 | 62 | 66 | 70 | 74 | 78 | 82 | | | | |
| 1,4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 10 | 11 | 14 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 13 | 16 | 19 | 22 | 26 | 30 | 34 | 38 | 42 | 46 | 50 | 54 | 58 | 62 | 66 | 70 | 74 | 78 | 82 | | | |
| 1,6 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 11 | 12 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 13 | 16 | 19 | 22 | 26 | 30 | 34 | 38 | 42 | 46 | 50 | 54 | 58 | 62 | 66 | 70 | 74 | 78 | 82 | | | |
| 1,8 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 12 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 13 | 16 | 19 | 22 | 26 | 30 | 34 | 38 | 42 | 46 | 50 | 54 | 58 | 62 | 66 | 70 | 74 | 78 | 82 | | |
| 2,0 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 10 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 13 | 16 | 19 | 22 | 26 | 30 | 34 | 38 | 42 | 46 | 50 | 54 | 58 | 62 | 66 | 70 | 74 | 78 | 82 | | |
| 2,2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 13 | 16 | 19 | 22 | 26 | 30 | 34 | 38 | 42 | 46 | 50 | 54 | 58 | 62 | 66 | 70 | 74 | 78 | 82 | | |
| 2,4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 13 | 16 | 19 | 22 | 26 | 30 | 34 | 38 | 42 | 46 | 50 | 54 | 58 | 62 | 66 | 70 | 74 | 78 | 82 | | |
| 2,6 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 13 | 16 | 19 | 22 | 26 | 30 | 34 | 38 | 42 | 46 | 50 | 54 | 58 | 62 | 66 | 70 | 74 | 78 | 82 |
| 2,8 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 13 | 16 | 19 | 22 | 26 | 30 | 34 | 38 | 42 | 46 | 50 | 54 | 58 | 62 | 66 | 70 | 74 | 78 | 82 |
| 3,0 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 13 | 16 | 19 | 22 | 26 | 30 | 34 | 38 | 42 | 46 | 50 | 54 | 58 | 62 | 66 | 70 | 74 | 78 | 82 |

NOTAS:

(1) Valores intermediários aos constantes na tabela podem ser obtidos por interpolação.

(2) C: residual de cloro livre na saída do tanque de contato (mg/L).

Figura 013. Tempos de Contato conforme Portaria MS 2.914/2011

8.3.1.3.7 Sistema de preparo e dosagem de produto químico

Este processo pretende realizar o preparo, armazenamento e dosagem de produtos químicos consumidos no tratamento da água.

O sistema de preparo e dosagem de produto químico contará com a aplicação de: Coagulante, Alcalinizante, Desinfetante / Pré-cloração e Fluoretante. Para um melhor controle logístico, considerar-se-á uma autonomia de 45 dias para suprimento dos tanques com os insumos disponíveis.

Sugere-se para fins de projeto posterior, o seguinte contingente de reserva para estocagem dos produtos químicos.

Tabela 3. Sugestão para o Estoque dos Produtos Químicos

| Produto Químico | Quantidade de Tanques | Volume por tanque |
|-----------------------------|------------------------------|--------------------------|
| coagulante | 2 | 145.800 L |
| alcalinizante | 2 | 100.000 L |
| desinfetante / pré-cloração | 1 | 60.000 L |
| fluoretante | 1 | 4.000 L |

Para o Preparo dos produtos químicos, sugere-se para fins de projeto posterior, o uso de agitadores rápidos verticais, com boca de inspeção e conexões de manobra (entrada, saída, dreno, extravasor e visor de nível).

Para os tanques de armazenagem, sugere-se como material de fabricação, o polipropileno e agitadores em aço inox AISI 304.

A dosagem dos produtos químicos poderá ser feita por bombas dosadoras peristálticas de produtos químicos, com rotor e motor de indução acionados por inversor de frequência e/ou helicoidais. O controle de dosagem poderá ser por inversor de frequência.

8.3.1.4 Demais elementos Operacionais da ETA Compacta

8.3.1.4.1 Compressores de Ar

A estação de tratamento de água demandará a instalação de Compressores de Ar, do tipo pistão com pressão nominal: 6 Kgf/cm².

Os compressores devem contar com acessórios tais como: Reservatório, proteções e amortecedor, com o objetivo de armazenar e pressurizar o ar responsável pelo acionamento das válvulas eletropneumáticas.

Os compressores citados se destinam ao acionamento das válvulas pneumáticas, ao passo que a retrolavagem dos filtros deverá contar com o uso de sopradores de baixa pressão.

8.3.1.4.2 Passarelas, Escadas e Guarda-Corpos

Para garantir a acessibilidade de maneira segura para operação do sistema, a estação deverá conter minimamente: corredores de passagem, escadas com degraus planos, e guarda-corpo Tubular conformes NR-12. O material de constituição deverá ser o aço carbono, tal como na estrutura da ETA.

8.3.1.4.3 Tubulações de Interligação

As tubulações internas na ETA deverão ser de Aço Carbono, conectadas por soldas e flanges. Admite-se como norma para os flanges a ANSI B16.5, classe 150 Libras. Para as interligações externas da ETA com a entrada de adutora de água bruta e a saída de água tratada, as conexões devem ser compatíveis com a norma NBR ABNT 7675.

8.3.1.4.4 Painel de comando elétrico e central pneumática

Tensão de alimentação deve ser compatível com a disponibilidade de tensão da ETA que dispõe de transformador de média tensão instalada.

Os painéis elétricos devem ter caixa metálica em aço carbono, com grau de proteção: IP-42. O tipo de controle dos painéis elétricos deverá ser do tipo CLP (Controle Lógico Programável).

Os painéis elétricos devem ter como acessórios, a disposição de chaves seletoras manual/automático, disjuntor geral, proteção individual para cada partida e botão de emergência. A central pneumática: deve dispor de Filtro de ar, dreno, manômetro, válvulas solenoides e conjunto referência lubrífil.

8.3.1.4.5 Itens de Automação

A Estação de Tratamento de Água compacta deve ser automatizada nos seguintes componentes:

- Turbidímetro de entrada e de saída;
- Macromedidor de Vazão na chegada de água bruta;
- Macromedidor de Vazão na saída de água tratada, com o objetivo de mensurar a quantidade de água tratada (água bruta x água tratada);
- Macromedidor de Vazão nos filtros para mensurar o volume de água utilizada para a retrolavagens do meio filtrante.

8.3.1.5 Elementos gerais de composição do Módulo da ETA Compacta

8.3.1.5.1 Plano de pintura e acabamento

O esquema de pintura das estruturas de tratamento deve obedecer minimamente à norma de ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS RESERVATÓRIOS do SAE CATALÃO, podendo ser considerado outro sistema de proteção mais com resistência maior que o disposto nesta regulamentação, desde que justificado tecnicamente.

Itens em aço carbono:

Pintura Externa das Estruturas (aço carbono):

Preparo da Superfície: Tateamento abrasivo padrão visual Sa2,5 com perfil de rugosidade entre 50 e 100 micrômetros com a utilização de máquinas de jato pressurizadas com pressão positiva entre 6 e 8 kg. O perfil de rugosidade deve ser inspecionado por meio de inspeções periódicas com a utilização de instrumento rugosímetro. O jateamento pode ser realizado com sistema à seco ou à úmido, ficando a escolha da gerência da obra e que melhor convier e atender às exigências focais de meio ambiente. O abrasivo deve ser de origem mineral ou metálico, exceto areia natural;

Caso o jateamento seja realizado por meio de jato úmido, o aparecimento de Flash Rust (oxidação rápida) será comum, neste caso recomenda-se a utilização de inibidores de corrosão ou tinta epóxi com propriedades mastic.

Pintura: Uma demão com 70 micrometros (espessura seca) de tinta alquídica primer vermelho óxido N- 2492 e uma demão com 80 micrometros (espessura seca) de tinta alquídica acabamento cores N-2492.

A espessura total do esquema de pintura deve atingir 150 micrometros. O controle de espessura deve ser realizado através de pente dentado para espessura úmida e de instrumento digital ou analógico. Durante o processo da pintura deve-se fazer o acompanhamento e controle climático através de instrumentos apropriados e devidamente calibrados;

Pintura Interna das Estruturas (Aço Carbono):

Preparo da Superfície: Jateamento abrasivo padrão visual Sai com perfil de rugosidade entre 50 e 100 micrômetros com a utilização de máquinas de jato pressurizadas com pressão positiva entre 6 e 8 kg. O perfil de rugosidade deve ser inspecionado por meio de inspeções periódicas com a utilização de instrumento rugosímetro. O jateamento pode ser realizado com sistema à seco ou à úmido, ficando

a escolha da gerência da obra e que melhor convier e atender às exigências locais de meio ambiente. O abrasivo deve ser de origem mineral ou metálico, exceto areia natural;

Todos os itens fabricados em aço carbono deverão ser tratados com jato abrasivo ao metal branco e pintura de fundo e intermediária com epóxi modificado de alta espessura Bicomponente.

Revestimentos: Como referência de proteção, considerar-se-á a espessura total de 265 micra, em Tinta Marca de referência WEG, ou similar.

Guarda corpos: Deverão ser pintados em Amarelo Segurança M.5Y 8/12 e as passarelas de Preto.

Decanter: Os decanters deverão ser pintados de Verde Pantone 365U e Cinza M. N6,5.

Os demais componentes deverão ser pintados de Cinza M. N6,5.

Itens acessórios em PRFV: Itens fabricados em PRFV (Poliéster Reforçado em Fibra de Vidro) possuem barreira para resistência a agentes químicos e a intempéries (chuva, sol, maresia, raios UV), e posteriormente pintura de acabamento com uma demão em poliuretano com espessura de 200 micra (Referência: Tinta Marca WEG, Cor Cinza M. N6,5)

As estruturas devem ser pintadas com controle de qualidade realizado através de medição de camada de tinta úmida durante a aplicação e após a secagem. A medição deve ser realizada através de aparelho ultrassônico, para o adequado teste de aderência da tinta com corpo de prova e fita adesiva.

Itens em aço inoxidável: Todos os itens fabricados em aço inox deverão ser expostos a decapagem através de microesferas e receberão posterior limpeza evitando que fique depositado na superfície algum tipo de agente oxidante.

8.3.2 Responsabilidade de fornecimento dos Módulos da ETA Pré-Fabricada

8.3.2.1 Itens gerais

Fazem parte dos itens de responsabilidade da empresa fornecedora dos Módulos de tratamento da ETA Pré-Fabricada, a saber.

a) Fornecimento de manuais mecânicos e elétrico dos equipamentos fabricados pela empresa fornecedora dos Módulos de tratamento da ETA Pré-Fabricada;

b) Fornecimento da ART's (Anotações de Responsabilidade Técnica) dos equipamentos gerais e da estação como um todo;

c) Materiais de interligação hidráulica (tubulações, conexões, válvulas e demais itens necessários);

d) Frete dos equipamentos do parque fabril da empresa fornecedora até o local de instalação dos equipamentos, inclusos cargas e descargas das estruturas;

e) Mão de obra para montagens hidráulicas, mecânicas e para instalações elétricas;

f) Obras civis relativas à estrutura necessária para a instalação dos equipamentos do sistema de tratamento de água conforme os projetos de engenharia;

g) Descargas e movimentações dos equipamentos, bem como os guindastes ou guinchos para descarga, instalação e movimentação dos equipamentos no local da obra;

h) Operação assistida: Período de 90 dias.

i) Start-up do sistema;

Fazem parte do inclusive do escopo de Responsabilidade da empresa fornecedora dos módulos de tratamento da ETA Pré-Fabricada: Projeto Executivo completo da estação; Manual Completo de Operação e Manutenção das estruturas e equipamentos; Orientações para rotina pintura de manutenção das estruturas e equipamentos; entre outros.

8.3.2.2 Comissionamento do Sistema

Estão inclusos no Start-up do sistema o fornecimento de: materiais, ferramentas, equipamentos e serviços necessários ao completo comissionamento e startup das instalações elétricas e de automação da Estação de Tratamento e Água Compacta. Fazem parte deste a configuração e programação de controlador lógico programável - CLP.

Devem ser realizadas todas as atividades de programação de logicas de CLP, testes, verificação, ajustes, parametrização e ensaios necessários à todos os equipamentos elétricos e de automação que permitam o seu pleno funcionamento de forma integrada local e remotamente, envolvendo subestações ou padrão de entrada, conjuntos motobomba, inversores de frequência, equipamentos de proteção, cabos, interligações, equipamentos de comunicação, medidores de grandezas elétricas, medidores de nível e os equipamentos internos ao painel de automação.

Os serviços devem ser executados em conformidade com o projeto do quadro, as normas do SAE CATALÃO e Norma Regulamentadora NR-10.

Este serviço atende também para compor os serviços necessários ao assentamento e interligação do painel de automação que aciona mais de um equipamento.

O fornecimento compreende os seguintes serviços e materiais necessários à sua execução:

- Elaboração e apresentação de plano de comissionamento e dados de ajuste/parametrização dos equipamentos elétricos e de automação a serem utilizados durante o comissionamento e startup.

- Configuração e programação das lógicas internas do Controlador Lógico Programável - CLP, de acordo com a dinâmica do processo e dos equipamentos envolvidos.

- Testes de isolamento de cabos e interligações elétrica e de automação.

- Testes ponto a ponto de comandos e status referente a inversores de frequência, painel de automação, CLP e instrumentos de campo.

- Parametrização de todos os equipamentos elétricos e de automação que compõem a elevatória, incluindo os equipamentos internos aos painéis elétricos, tais malha de controle PID dos inversores de frequência e/ou CLP, multimedidores de energia, medidores de nível, equipamentos de comunicação, dentre outros.

- Ajustes de todos os pontos operacionais da estação, tais como níveis de liga/desliga (segurança), frequência mínima de bombeamento, variáveis de controle PID, dentre outros.

- Startup completo do sistema elétrico e de automação da estação.

- Elaboração do databook (incluindo mapa de memória e lógica do CLP, devidamente comentada, programa desenvolvido em formato editável homologado pelo fabricante, sem quaisquer restrições aos conteúdos, incluindo funções, parametrização, dentre outros) e do relatório de comissionamento e startup, destacando os pontos operacionais parametrizados.

8.3.3 Responsabilidades do SAE CATALÃO para a aquisição da ETA compacta

São responsabilidades e ônus por parte do SAE CATALÃO de Catalão, para a aquisição dos módulos de Tratamento:

- a) Liberação da área para execução dos serviços de implantação das unidades de tratamento.

8.3.4 Garantia

A garantia do funcionamento do equipamento, contra quaisquer defeitos de material e de fabricação, deve ser vigente pelo período de 12 meses, contados a partir do aceite

pela instalação completa das unidades componentes ao tratamento, com a devida emissão da nota fiscal, desde que, todas as peças substituídas nesse período, sejam originais da empresa fornecedora dos módulos de Tratamento.

A garantia mínima é de 5 (cinco) anos para a estrutura do módulo de tratamento, com relação aos aspectos de: elementos estruturais, de utilização, impermeabilização, estanqueidade, solidez, segurança do trabalho, geotecnia, entre outros.

8.3.4.1 Exceções

Excluem-se dos efeitos de garantia:

I. A não observância das instruções de operação e manutenção estabelecidas no manual fornecido pela fabricante dos módulos de tratamento;

II. Rolamentos que sofram desgastes provocados por falta ou excesso de lubrificação, ou aplicação de lubrificantes inadequados, e ou não indicados pela fabricante dos módulos de tratamento;

III. Desgaste natural do equipamento;

IV. Casos de desgastes anormais, decorrentes do mau uso do equipamento, como sobre cargas. Peças que pela sua natureza, mesmo em operação normal, tenham vida útil menor que o prazo coberto pela garantia, em função da característica do produto a ser processado pelo equipamento.

V. Painéis elétricos e componentes elétricos. (Por motivo da possibilidade de oscilação de rede). Excluem-se da garantia todos os componentes.

VI. Desempenho insatisfatório causados por mau uso ou por falhas de manutenção, problemas com a rede elétrica; utilização de peças que não sejam genuínas da empresa fabricante dos módulos de tratamento;

VII. No período da garantia as operações de desmontagem só podem ser realizadas com autorização da empresa fabricante dos módulos de tratamento, ou com acompanhamento de um de seus técnicos.

VIII. A empresa fabricante dos módulos de tratamento deve se dispor a reparar ou substituir as peças defeituosas, quando constatado seu defeito de fábrica. Os serviços de substituição e reparos, assim como o transporte e despesas de viagem de técnicos, provados à garantia serão por conta da empresa fabricante dos módulos de tratamento.

8.3.5 Custos de Tributação e Oneração

Devem estar claros no documento de fornecimento e aquisição dos módulos de tratamento as informações relativas à:

- Capacidade nominal da ETA;
- Quantidade de Módulos e linhas de fluxo no tratamento;
- Material de constituição da Estação;
- Custo discretizado do módulo completo da estação pré-fabricada;
- Custo discretizado das obras civis de instalação;
- Custo discretizado da operação assistida;
- Custo discretizado de frete e montagem;
- Impostos discretizados no valor da proposta tais como: ICMS; IPI; PIS; COFINS e demais tributos.
- Descrição das condições de pagamento;
- Prazo de entrega das estruturas;

8.4 Custos Financeiros das Estruturas

8.4.1 Módulos da Tratamento da ETA pré-fabricada

Foram solicitadas propostas técnicas às seguintes empresas, a saber:

- Acetecno (claudinei@acetecno.com.br);
- Grandi Metalurgica (julio@grandimetalurgica.ind.br);
- Life Saneamento (vendas@lifesaneamento.com.br);
- Fusati Ambientak (fusati@fusati.com.br);
- Faé Bioenergia (comercial@faeindustria.com.br)
- Tequaly (contato@tequaly.com.br);
- Naqua Soluções em Águas (contato@naqua.com.br);
- Gratt Indústria e Tecnologia Ambiental (andre@gratt.com.br);

Dentre estas relacionadas, até o dia 22/08/2022, apresentaram propostas as empresas a saber:

- Gratt Indústria e Tecnologia Ambiental (Proposta: n° 258/2022 – REV 00);
- Naqua Soluções em Águas (Proposta: P.1421 / 22 – ET / GO);
- Faé Bioenergia (Proposta : 4336);

Estas propostas estão apresentadas em anexo, ao final deste volume, sendo para esta análise, a Tabela 4 resume as principais informações para efeito comparativo.

Tabela 4. Resumo das Propostas dos Fornecedores de ETA Modular

| Escopo de Fornecimento do Módulo de Tratamento | Fornecedor de Referência | | |
|---|---|-----------------------------------|--|
| | Gratt | Náqua | Faé |
| Tipo pré-fabricada, compacta, aberta e com característica modular | Sim | Sim | Sim |
| Material em aço carbono | Sim | Sim (exceto Calha Parshall) | Sim |
| Vazão Nominal | 300 L/s | 300 L/s | 300 L/s |
| Legislação Atendida | Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021 | Conforme Norma ABNT – NBR 12216 | Conforme Norma ABNT – NBR 12216 |
| Linhas de fluxo | 2 linhas | 4 linhas | 4 linhas |
| Calha Parshall | W=24" | W=18" (PRFV) | Não informado |
| Medidor de Vazão | Eletromagnético na calha parshall | eletromagnético na calha parshall | Não informado |
| Escopo de Fornecimento do Módulo de Tratamento | Fornecedor de Referência | | |
| | Gratt | Náqua | Faé |
| Quantidade de câmaras de Floculadores | 12 und | 12 und | 12 und |
| Tempo de Detenção Hidráulico | 30,2 | 30 | 30,2 |
| Gradientes | 70 e 10 s ⁻¹ | 70 e 10 s ⁻¹ | 70 e 10 s ⁻¹ |
| Dimensões do Floculador; | 3600 x 3400 x 3700 mm | Ø 3700 x 4500mm | 3000 x 9600 x 4000 (largura x compr. x altura) |
| Tipo do Floculador; | Mecanizado | Mecanizado | Mecanizado |
| Quantidade de câmaras de Decantadores | 6 und | 8 und | 5 und |
| Decantador tipo (Alta ou Baixa Taxa) | Alta | Alta | Alta |
| Taxa de Aplicação superficial | 122,7 m ³ /m ² .dia | Conforme Norma ABNT – NBR 12216 | 115 m ³ /m ² .dia |
| Velocidade de sedimentação máxima | 1,74 cm/min | 2,43 cm/min | 2,43 cm/min |

| | | | |
|---|--|---|---|
| Dimensões do Decantador | 3200 x 11600 x 4000 mm | 6.500 x 2.000 x 4.500 mm | 3000 x 14000 x 4000 (largura x compr. x altura) |
| Filtros Tipo (Rápido ou Lento) | Rápido | Rápido | Rápido |
| Quantidade de Filtros | 3 und | 16 und | 4 und |
| Taxa de Filtração | 268 m ³ /m ² .dia | 255,0 m ³ /m ² .h | 240 m ³ /m ² .dia |
| Retrolavagem (Autolavável ou com bombas) | Por bombeamento, com auxílio de ar | Autolavável | Por bombeamento |
| Dimensões | 3600 x 10400 x 4000 mm | Ø3000 x 4500 mm | 2500 x 8000 x 4000 (largura x compr. x altura) |
| by-pass para filtração Direta | Sim | - | - |
| Tanque de contato | 3500 x 15000 mm (diâmetro x comprimento) | - | - |
| Volume | 577,24 | - | - |
| Tempo de Detenção Hidráulica no TQC | ≥ 30 minutos | - | - |
| Escopo de Fornecimento do Módulo de Tratamento | Fornecedor de Referência | | |
| | Gratt | Náqua | Faé |
| Sistema de preparo e dosagem de produto químico | Coagulante, Alcalinizante, Desinfetante / Pré-cloração e Fluoretante | fora do escopo de fornecimento | Coagulante, alcalinizante |
| Autonomia | 45 dias | fora do escopo de fornecimento | - |
| Material dos tanques de armazenagem | Polipropileno | fora do escopo de fornecimento | Polipropileno |
| Pressão dos Compressores de Ar | 6 Kgf/cm ² | fora do escopo de fornecimento | Por conta do Cliente |
| Passarelas, Escadas e Guarda-Corpos | Tubular, conforme NR-12 | Guarda corpo com 1100 mm de altura, barras intermediárias Ø1.1/2" aço galvanizado | Tubular, conforme NR-12 |
| Tubulações de Interligação | ANSI B16.5, classe 150 Libras | - | - |

| | | | |
|--|---|---|---|
| Painel de comando elétrico e central pneumática | CLP | fora do escopo de fornecimento | CLP |
| Itens de Automação | Turbidímetro e macromedidor de vazão (água bruta, tratada e retrolavagens dos filtros) | fora do escopo de fornecimento | Não informado |
| Plano de pintura e acabamento | jato abrasivo AS3, com epóxi modificado de alta espessura Bi-Componente sendo 2 demãos de 115 micra cada e uma demão de acabamento em poliuretano com espessura de 35 micra | Preparação das Superfícies - Jateamento ao metal quase branco, padrão Sa 2.1/2 (Norma SIS 055900:1998); | - |
| Escopo de Fornecimento do Módulo de Tratamento | Fornecedor de Referência | | |
| | Gratt | Náqua | Faé |
| Garantia | 12 meses | 12 meses | 12 meses |
| Custo discretizado do módulo completo da estação pré-fabricada | R\$ 12.075.000,00 | R\$ 14.657.000,00 | R\$ 4.900.000,00 |
| Custo discretizado das obras civis de instalação | R\$ 2.250.000,00 | Incluso | Não Incluso |
| Custo discretizado da operação assistida | R\$ 105.000,00 | À parte: R\$ 1.250,00 por dia | Start-up incluso |
| Custo Total | R\$ 14.430.000,00 | R\$ 14.657.000,00 | R\$ 4.900.000,00 |
| Custo discretizado de frete e montagem | Incluso | A ser contratado diretamente pelo cliente | FOB: sob responsabilidade do comprador |
| Impostos | Inclusos: ICMS; IPI; PIS; COFINS | Inclusos: ICMS; Diferença de alíquota de ICMS (DIFAL), PIS / COFINS, | IPI: ISENTO ICMS: 12% (com redução na base de cálculo) |

| | | | |
|--------------------------------------|-----------|--|--|
| Descrição das condições de pagamento | À definir | 30% (pedido); 20% (aprovação dos desenhos); 50% (entrega dos equipamentos) | 40% Pedido, 30% Contra Aviso de Embarque, 30% 28 Dias do Faturamento |
| Prazo de entrega das estruturas | 150 dias | 210 dias | 150 dias |

Nota-se pela Tabela 4 que os preços de custos dos módulos estações podem assim ser discretizados:

- Gratt Indústria e Tecnologia Ambiental (R\$ 14.430.000,00);

Além do preço relativo ao fornecimento do equipamento (R\$ 12.075.000,00), a empresa de referência Gratt acrescentou um valor de R\$ 2.250.000,00 (Obras Civas) e outro de R\$ 105.000,00 (Operação Assiste outro), resultando, desta maneira, no valor total de R\$ 14.430.000,00 na proposta apresentada.

- Naqua Soluções em Águas (R\$ 14.657.000,00);

A proposta da empresa de referência Nagua, embora seja de preço maior, não fez referência à inclusão de elementos que eventualmente constem em outras propostas, tais como o próprio tanque de contato.

- Faé Bioenergia (R\$ 4.900.000,00);

Conforme quadro comparativo, a empresa de referência Faé não relacionou em sua proposta alguns dos elementos que constam nas demais propostas, tais como o custo de transporte das estruturas, tanque de contato e itens de automação.

Na etapa de elaboração do projeto básico, sugere-se que as todas as empresas citadas voltem a ser consultadas novamente através de uma consulta com elementos já padronizados por este relatório de concepção.

8.4.2 Módulos de Tratamento da UTR

Foram relacionadas propostas técnicas em projetos anteriores desenvolvidos pela Empresa Projetista, a serem descritas seguir.

8.4.2.1 Desidratação por Equipamentos Mecânicos

8.4.2.1.1 Opção pelos Filtros Prensa

- Imake Group (davidson.vale@imake.com.br; Proposta: Proposta N°: IF-00081-22 Rev: 00 Data: 03/06/2022);

- ANDRITZ Separation (hygor.santos@andritz.com; Proposta: Oferta N°: MG4 1264561 Data: 02.06.2022);

- Unity Ambiental (unity@uniyambiental.com; Oferta N: U-1388 Rev0; DATA: 12/07/22);

8.4.2.1.2 Opção pelos Decaners Centrífugos

- Pieralisi do Brasil Ltda (info.brasil@pieralisi.com; Proposta: CP 1012);

- ANDRITZ Separation (hygor.santos@andritz.com; PB_D-type decanter_PT_WEB.pdf);

- MCL Vale Tratamento de Efluentes (jeancarlos@mclvale.com.br; OFERTA N° 708.2021 REV-00);

Estas propostas estão apresentadas em anexo, ao final deste volume.

8.4.2.2 Desidratação em Sedimentação por gravidade seguido por pátio de desague

A seguir será apresentada uma estimativa de orçamento para a Unidade de Tratamento de Resíduos de Catalão.

Para fins de apresentação e maior clareza do conteúdo descrito, considerou-se por abstração a equivalência de custo do pátio de desague do lodo tanto para o uso de Bags quanto para os leitos de secagem, uma vez que as demais estruturas são comuns a estes subgrupos de UTR.

Tabela 5. Orçamento de UTR Similar por Sedimentação

| Descrição | Un. | Quant. | Unit. Custo\$ | R\$ 2.274.187,90 |
|---------------------------------------|-----|--------|---------------|------------------|
| TERRAPLENAGEM | | | | 6.303,98 |
| PÁTIO DE DESÁGUE DE LODO | | | | 144.674,61 |
| CAIXA INTERLIGAÇÃO REDES STOP-LOG | | | | 75.975,59 |
| SALA DE DOSAGEM E PREPARO DE POLÍMERO | | | | 350.011,30 |
| TANQUE DE SEDIMENTAÇÃO | | | | 706.112,43 |
| ESCOAMENTO DO LODO | | | | 198.965,34 |
| DRENAGEM E CLARIFICADO | | | | 597.319,77 |
| URBANIZAÇÃO | | | | 194.824,88 |

8.5 Estudo Econômico para a Concepção dos Sistemas de Tratamento

8.5.1 Alternativas para o Módulo Pré-Fabricados da ETA

8.5.1.1 Alternativa 01 (ETA Modular)

8.5.1.1.1 Elementos componentes do Módulo da Alternativa 01 (ETA Modular)

A primeira alternativa para o módulo da ETA, tipo pré-fabricada, compacta, aberta, com característica modular, material em aço carbono consiste em:

- Flocculadores Mecanizados, com rotores de fluxo axial e palhetas inclinadas;
- Decantadores de Alta Taxa com módulos de decantação em perfis retangulares, montados a 60°;
- Filtros Rápidos com retrolavagem automática por bombeamento, com auxílio de sopradores de ar;

O módulo da Alternativa 01 tem 12 câmaras de Flocculadores Mecanizados com Eixo e hélice em inox 304, com motorreductor com potência de 0,5 CV, dotado de inversor de frequência para ajuste de velocidade, através de uma jornada de trabalho de 18h/dia.

Os Filtros na Alternativa 01 terão também 01 (um) conjunto motobomba com potência de 0,5 CV, dotado de inversor de frequência para ajuste de velocidade para retrolavagem, através de uma jornada de trabalho de 3 h/dia.

8.5.1.1.2 Parâmetros de Precificação do Módulo da Alternativa 01

O preço de referência para o estudo econômico será a mediana dos três preços globais ofertados pelas três propostas.

A consideração sobre o uso da mediana, teve como critério o parágrafo 2º do artigo 2º da Instrução Normativa nº 5/2014 – MP, que assim estabelece: *“§2º Serão utilizados, como metodologia para obtenção do preço de referência para a contratação, a média, a mediana ou o menor dos valores obtidos na pesquisa de preços, desde que o cálculo incida sobre um conjunto de três ou mais preços, oriundos de um ou mais dos parâmetros adotados neste artigo, desconsiderados os valores inexequíveis e os excessivamente elevados. (Alterado pela Instrução Normativa nº 3, de 20 de abril de 2017)”*

A definição do método para estabelecer o preço de referência para a aquisição/contratação é tarefa discricionária do gestor público. Esse foi o entendimento do Tribunal de Contas da União – TCU no Acórdão 4952/2012 – Plenário, que diz: *“O menor preço deve ser utilizado apenas quando por motivo justificável não for mais vantajoso fazer uso da média ou mediana”*.

Fonte: <https://www.gov.br/ancine/pt-br/aceso-a-informacao/perguntas-frequentes1/licitacoes-e-contratacoes-diretas/quando-devo-utilizar-media-mediana-ou-menor-preco>

Pelo que foi exposto, a ETA Compacta na Alternativa 01 tem preço de referência de para implantação de R\$ 14.430.000,00.

Para o cálculo do índice de preço ao consumidor, considerar-se-á uma inflação de 10,07% a.a., conforme consta no sítio de internet:

<https://www.remissaonline.com.br/blog/ipca->
 hoje/#:~:text=Quanto%20est%C3%A1%20o%20IPCA%20hoje,77%25%20no%20ano%20de%202022.

O preço de referência do kWh pela Enel é de R\$ 0,5987 / kWh para o serviço público de água, esgoto e saneamento.

Fonte: <https://www.enel.com.br/content/dam/enel-br/megamenu/taxas,-tarifas-e-impostos/cartaz-tarifas-2021.pdf> (acessado em 22/08/2022).

Pelo que foi exposto, o consumo energético operacional terá como parâmetros de partida os seguintes valores:

Tabela 6. Resumo dos Parâmetros de Custo Energético (ETA)

| Estrutura | Parâmetro | Valor |
|------------|------------------------------------|-------------------|
| | | Inflação (% a.a.) |
| | Preço da Energia em 2023 (R\$/kWh) | 0,5987 |
| Floculador | Potência (cv) | 0,5 |
| | Quantidade (und) | 12 |
| | Jornada (h/dia) | 18 |
| Filtro | Potência (cv) | 0,5 |
| | Quantidade (und) | 1 |
| | Jornada (h/dia) | 3 |

O cálculo do consumo energético C_e é dado pela equação que segue:

$$C_e \left(\frac{R\$}{ano} \right) = Potência(cv) \times 0,735 \times jornada \left(\frac{h}{dia} \right) \times 30,4 \left(\frac{dias}{mês} \right) \\ \times Qtd \text{ de equipamentos} \times Custo \text{ de kwh}(Enel) \times 12 \text{ meses}$$

Pelo que foi exposto:

C_e : Custo Energético variável por ano;

Potência: 0,5 cv para cada equipamento mecânico (floculador e retrolavagem);

Jornada: 18h/dia (Floculadores) e 3h/dia (Retrolavagem dos Filtros);
Quantidade de Equipamentos: 12 und (floculadores) e 1 und (filtros);
Custo de kwh (Enel): R\$ 0,5987 / kwh (em 2023 e variável a cada ano).

Tabela 7. Investimento Financeiro na Alternativa 01

| Ano | Preço (R\$/kWh) | Investimento (R\$) |
|------|-----------------|--------------------|
| 2023 | 0,5987 | 14.430.000,00 |
| 2024 | 0,6590 | 14.449.361,09 |
| 2025 | 0,7253 | 14.470.671,85 |
| 2026 | 0,7984 | 14.494.128,59 |
| 2027 | 0,8788 | 14.519.947,43 |
| 2028 | 0,9673 | 14.548.366,23 |
| 2029 | 1,0647 | 14.579.646,81 |
| 2030 | 1,1719 | 14.614.077,33 |
| 2031 | 1,2899 | 14.651.975,01 |
| 2032 | 1,4198 | 14.693.688,99 |
| 2033 | 1,5628 | 14.739.603,56 |
| 2034 | 1,7202 | 14.790.141,73 |
| 2035 | 1,8934 | 14.845.769,09 |
| 2036 | 2,0840 | 14.906.998,13 |
| 2037 | 2,2939 | 14.974.392,94 |
| 2038 | 2,5249 | 15.048.574,40 |
| 2039 | 2,7792 | 15.130.225,93 |
| 2040 | 3,0590 | 15.220.099,77 |
| 2041 | 3,3671 | 15.319.023,91 |
| 2042 | 3,7061 | 15.427.909,71 |
| 2043 | 4,0793 | 15.547.760,31 |

8.5.1.2 Alternativa 02 (ETA Modular)

8.5.1.2.1 Elementos componentes do Módulo da Alternativa 02 (ETA Modular)

A segunda alternativa para o módulo da ETA, tipo pré-fabricada, compacta, aberta, com característica modular, material em aço carbono consiste em:

- Flocladores Hidráulicos não Mecanizados;
- Decantadores de Horizontais por sedimentação em canal horizontal;

- Filtros Rápidos com lavagem por bombeamento;

Conforme consta na norma NBR 12216/1992, item 5.9.2.1, “*Dependendo do porte da estação e a critério do órgão contratante, não sendo possível proceder aos ensaios destinados a determinar o período de detenção adequado, podem ser adotados valores entre 20 min e 30 min, para floculadores hidráulicos, e entre 30 min e 40 min, para os mecanizados.*” Ou seja, o Tempo de Detenção Hidráulica no Floculador hidráulico é em média 40% maior que no floculador mecanizado.

Tal condição torna o floculador hidráulico menos competitivo para as estações modulares que demandam sempre uma estrutura menor, em razão da necessidade de serem transportadas.

8.5.1.2.2 Parâmetros de Precificação do Módulo da Alternativa 02 (ETA Modular)

Considerando o preço da ETA na Alternativa 01, de R\$ 14.430.000,00; a precificação da ETA na Alternativa 02 partirá de um valor de preço por volume de estrutura. Ou seja, considerando que o somatório dos volumes da Alternativa 01, corresponde a 494,08m³, o Custo de Implantação é calculado pelo quociente entre o valor da ETA pelo volume da estrutura, a saber:

$$\text{Custo por volume} = \frac{\text{Custo da ETA}}{\text{Volume da ETA}} = \frac{\text{R\$ } 14.430.000,00}{494,08\text{m}^3} = \text{R\$ } 29.205,80/\text{m}^3$$

Tabela 8. Relação Custo/Volume na ETA da Alternativa 01

| Elemento da ETA | Volume Alternativa 01 | Custo médio |
|-----------------|-----------------------|-------------------|
| Floculador | 195,84 | R\$ 5.719.663,21 |
| Decantador | 148,48 | R\$ 4.336.476,68 |
| Filtro | 149,76 | R\$ 4.373.860,10 |
| Total | 494,08 | R\$ 14.430.000,00 |

Considerando que o Tempo de Detenção Hidráulica na ETA da Alternativa 02 é 40% maior que na ETA da Alternativa 01, o volume do floculador será, portanto, 40% maior na ETA da Alternativa 02.

Mantendo-se a taxa de R\$ 29.205,80/m³ na ETA da Alternativa 02, o Volume do Floculador de passa então a ser 274,18m³; o que resulta em um valor de R\$ 8.007.528,50 para o Floculador, conforme se observa na tabela a seguir.

Tabela 9. Relação Custo/Volume na ETA da Alternativa 02

| Elemento da ETA | Volume Alternativa 01 | Custo médio |
|-----------------|-----------------------|-------------------|
| Floculador | 274,18 | R\$ 8.007.528,50 |
| Decantador | 148,48 | R\$ 4.336.476,68 |
| Filtro | 149,76 | R\$ 4.373.860,10 |
| Total | 572,42 | R\$ 16.717.865,28 |

Com relação ao Investimento Financeiro na Alternativa 02, o mesmo não possui custo energético em função de não haver custo com equipamentos elétricos nos processos apresentados na abstração estimada.

8.5.1.3 Conclusões para Escolha das Alternativas (ETA Modular)

O Investimento Financeiro nas duas Alternativas será apresentado na Figura 014 que mostra a evolução dos investimentos de acordo com cada alternativa.

Como se observa, o Custo na Alternativa 02 permanece constante com um valor de R\$ 16.717.865,28; em função de não haver custo energético com esta alternativa.

Já o Custo na Alternativa 01, no entanto, cresce de maneira geométrica uma vez que o preço do kWh é reajustado em 10,07% a cada ano pela concessionária de energia elétrica.

Em que pese o custo operacional na Alternativa 01 ser maior, o seu investimento inicial é muito menor que na Alternativa 02 e após decorrido 20 anos de projeção, ainda sim o custo total é menor na Alternativa 01.

Pelo que foi exposto, o presente relatório técnico sugere pela adoção da alternativa 01 a ser tomada para a elaboração do projeto.



Figura 014. Evolução dos Investimentos por Alternativa (ETA)

8.5.2 Alternativas para a UTR

Dentre as propostas técnicas relacionadas anteriormente, sobre projetos anteriores desenvolvidos pela Empresa Projetista, serão apresentados a seguir os preços relativos às propostas.

Em anexo constam as propostas comerciais, às quais terão os equipamentos em preços unitários na estimativa financeira que segue.

Conforme orientação dos fornecedores, o decanter centrífugo requer a aquisição de dois equipamentos sendo 01 operante e outro reserva. Já no caso da prensa, se faz necessário apenas um conjunto em virtude de sua jornada de operação se alternar com intervalos.

Tabela 10. Resumo dos Preços das UTR's

| Tipo de UTR | Fornecedor | Valor (R\$) |
|---------------------------------------|---------------------|------------------|
| Mecanizado: Filtros Prensa | Imake Group | R\$ 1.275.644,00 |
| | ANDRITZ Separation | R\$ 2.250.000,00 |
| | Unity Ambiental | R\$ 1.850.000,00 |
| Mecanizado: Decanter Centrífugo | Pieralisi do Brasil | R\$ 1.064.996,00 |
| | ANDRITZ Separation | R\$ 966.200,00 |
| | MCL Vale | R\$ 400.000,00 |
| Sedimentação Por Gravidade | Orçamento de Obra | R\$ 2.274.187,90 |

Da mesma maneira como foram abordados os custos de implantação nos módulos da ETA, considerar-se-á o preço da mediana de cada alternativa a saber: Filtro Prensa (R\$ 1.850.000,00); Decanter Centrífugo (R\$ 966.200,00) e Sedimentação por Gravidade e pátio de desague (R\$ 2.274.187,90).

Em função de haver custo energético em todas as alternativas, o gasto operacional cresce de maneira geométrica uma vez que o preço do kWh é reajustado em 10,07% a cada ano pela concessionária de energia elétrica.

Considerar-se-á uma jornada de operação de 16h/dia na UTR com as potências dos conjuntos de acordo com cada alternativa.

Tabela 11. Resumo dos Parâmetros de Custo Energético (UTR)

| | Parâmetro | Valor |
|-----------------------------------|------------------------------------|--------|
| Estrutura | Inflação (% a.a.) | 10,07% |
| | Preço da Energia em 2023 (R\$/kWh) | 0,5987 |
| Filtro | Potência (cv) | 10 |
| Prensa | Quantidade (und) | 1 |
| | Jornada (h/dia) | 8 |
| Decanter Centrífugo | Potência (cv) | 35 |
| | Quantidade (und) | 1 |
| | Jornada (h/dia) | 16 |
| Decantação por Sedimentação | Potência (cv) | 17 |
| | Quantidade (und) | 1 |
| | Jornada (h/dia) | 16 |

O cálculo do consumo energético C_e é dado pela equação que segue:

$$C_e \left(\frac{R\$}{ano} \right) = Potência(cv) \times 0,735 \times jornada \left(\frac{h}{dia} \right) \times 30,4 \left(\frac{dias}{mês} \right) \\ \times Qtd \text{ de de equipamentos} \times Custo \text{ de } kWh(Enel) \times 12 \text{ meses}$$

Pelo que foi exposto:

C_e : Custo Energético variável por ano;

Potência: para cada equipamento mecânico (Conforme Alternativa de UTR);

Jornada: 16h/dia (Decanter) e 8h/dia (Prensa);

Quantidade de Equipamentos operantes: 1 und (unitário por alternativa);

Custo de kWh (Enel): R\$ 0,5987 / kWh (em 2023 e variável a cada ano).

Tabela 12. Investimento Financeiro nas Alternativas de UTR

| Ano | Preço (R\$/kWh) | Alternativa 01 (Prensa) | Alternativa 02 (Decanter) | Alternativa 03 (Sedimentação) |
|------|-----------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 2023 | 0,5987 | 1.850.000,00 | 966.200,00 | 2.274.187,90 |
| 2024 | 0,6590 | 1.864.145,09 | 1.065.215,63 | 2.322.281,21 |
| 2025 | 0,7253 | 1.879.714,59 | 1.174.202,14 | 2.375.217,51 |
| 2026 | 0,7984 | 1.896.851,94 | 1.294.163,58 | 2.433.484,50 |
| 2027 | 0,8788 | 1.915.715,02 | 1.426.205,14 | 2.497.618,97 |
| 2028 | 0,9673 | 1.936.477,61 | 1.571.543,29 | 2.568.211,79 |
| 2029 | 1,0647 | 1.959.331,00 | 1.731.516,99 | 2.645.913,30 |
| 2030 | 1,1719 | 1.984.485,72 | 1.907.600,05 | 2.731.439,35 |
| 2031 | 1,2899 | 2.012.173,52 | 2.101.414,66 | 2.825.577,88 |
| 2032 | 1,4198 | 2.042.649,49 | 2.314.746,41 | 2.929.196,16 |
| 2033 | 1,5628 | 2.076.194,38 | 2.549.560,66 | 3.043.248,79 |
| 2034 | 1,7202 | 2.113.117,24 | 2.808.020,71 | 3.168.786,53 |
| 2035 | 1,8934 | 2.153.758,24 | 3.092.507,69 | 3.306.965,92 |
| 2036 | 2,0840 | 2.198.491,79 | 3.405.642,50 | 3.459.059,97 |
| 2037 | 2,2939 | 2.247.730,00 | 3.750.309,99 | 3.626.469,90 |
| 2038 | 2,5249 | 2.301.926,50 | 4.129.685,50 | 3.810.738,00 |
| 2039 | 2,7792 | 2.361.580,59 | 4.547.264,12 | 4.013.561,90 |
| 2040 | 3,0590 | 2.427.241,84 | 5.006.892,91 | 4.236.810,17 |
| 2041 | 3,3671 | 2.499.515,19 | 5.512.806,32 | 4.482.539,54 |
| 2042 | 3,7061 | 2.579.066,46 | 6.069.665,20 | 4.753.013,86 |
| 2043 | 4,0793 | 2.666.628,54 | 6.682.599,78 | 5.050.724,94 |

8.5.2.1 Conclusões para Escolha das Alternativas (UTR)

Por abstração, considerou-se o custo de obras civis de maneira semelhante para a UTR por sedimentação (Pátio de Desague), seja ela por Bag's ou por leitos de secagem.

Os custos mecanizados demandam assistência técnica, que em muitos casos, estão alocados nos grandes centros urbanos. Ao passo que os elementos por sedimentação em leitos de secagem ou geotubos (bags) tem como elementos triviais, de fácil manutenção, essencialmente os conjuntos motobombas tipicamente operados nas concessionárias de saneamento do país.

8.5.2.1.1 Custos de Implantação

Pelas propostas apresentadas, o Decanter apresentou custo de implantação menor entre os três elementos abordados.

A prensa filtrante, por sua vez, apresentou-se com um custo de implantação intermediário entre os três elementos abordados.

Já o sistema de sedimentação em pátio de desague apresentou custo inicial de implantação maior entre seus concorrentes. Tal efeito decorre principalmente de sua maior demanda de obras civil, tendo em vista que a área requerida é maior que nos casos mecanizados.

8.5.2.1.2 Custos de Operação

Já no custo de operação, as alternativas invertem as suas posições em relação aos custos observados.

A prensa filtrante apresentou-se com um custo de operação menor entre os três elementos abordados. Tal situação decorre principalmente de sua menor potência dos equipamentos, com o total estimado de 10cv.

O sistema de sedimentação em pátio de desague, por sua vez, apresentou custo intermediário de operação entre seus concorrentes. A potência instalada de 17 cv é atribuída aos recalques do lodo com destino ao pátio de desague.

O decanter centrífugo apresentou-se com um custo de operação maior entre os três elementos abordados. Tal situação decorre principalmente de sua maior potência dos equipamentos, com o total estimado de 35cv.

8.5.2.1.3 Conclusão Final

Pelo que foi apresentado, o presente relatório sugere pela opção de UTR concernente à tipologia mecanizada, sendo o de menor custo o elemento composto pela prensa filtrante.

O custo acumulado entre os sistemas mecanizados se equipara no ano de 2031, e a partir desta data a alternativa de prensa filtrante tem um custo menor.

Contudo as demais opções não podem ser dispensadas no projeto básico. Se o decanter centrífugo apresentar, a posteriori, um menor custo de operação este também poderá ser considerado no projeto básico.

O Investimento Financeiro nas três Alternativas será apresentado na Figura 015 que mostra a evolução dos investimentos de acordo com cada alternativa.

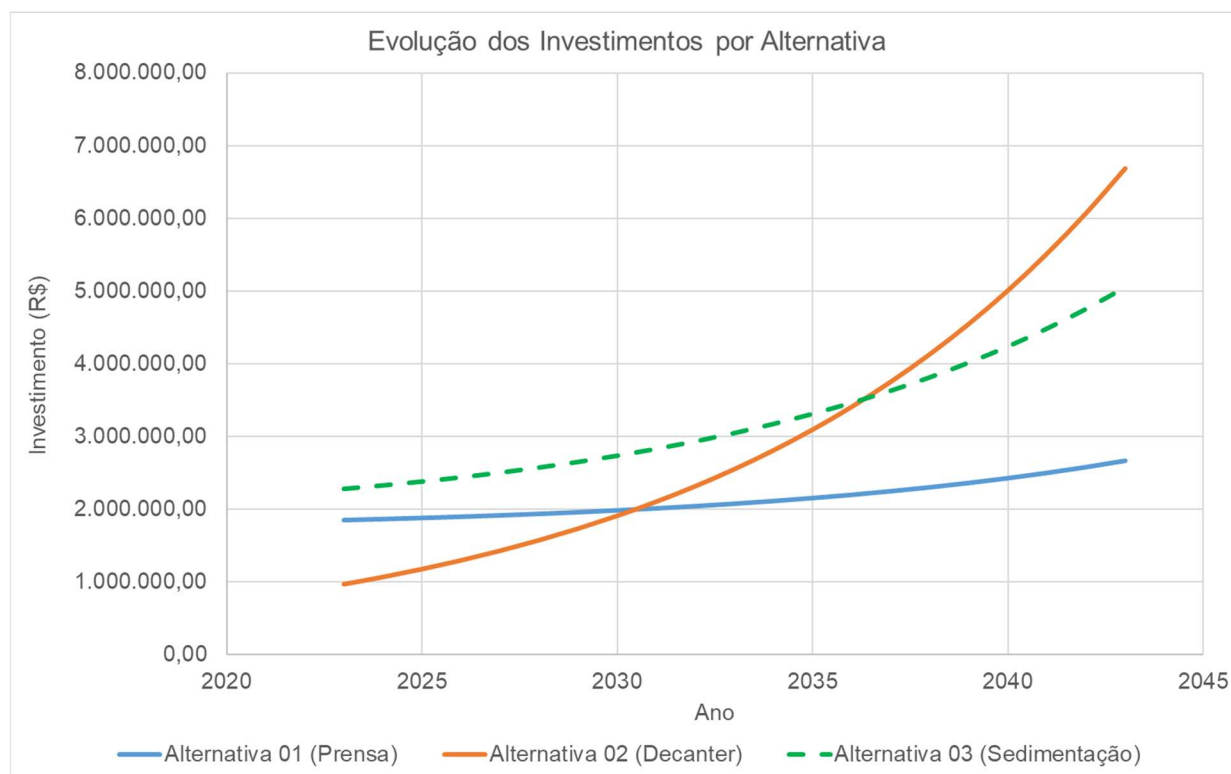


Figura 015. Evolução dos Investimentos por Alternativa (UTR)

Com relação à UTR por sedimentação, seguida por pátio de desague, esta alternativa foi considerada para fins de alternativa de concepção. Entretanto, a sua implementação pelos projetos subsequentes torna-se praticamente inviável para a ETA de Catalão, em razão da área requerida por essa tipologia de tratamento.

A área requerida pelos leitos de secagem seria da ordem de 2000 metros quadrados, sendo este um valor desconforme com a estação de Catalão, haja vista que grande parte da área disponível já está comprometida com o novo módulo de tratamento a ser implantado.

Foi adotado o uso de Bags “Geotubo”, embora venha requerer várias células de drenagem mas apresenta uma operação simples durante o uso evitando a utilização de equipamentos com manutenção especializada ou mesmo fixo a um fornecedor.

8.6 Dosagem de Cloro

8.6.1 Condições Atuais de Operação

Atualmente na Estação de Tratamento de Água de Catalão, com capacidade nominal de $Q=285$ L/s, a dosagem de cloro é realizada com hipoclorito.

Segundo informado pelos operadores, a dosagem de cloro na saída da estação é de 2mg/L e no ponto final da rede de distribuição a concentração aferida é da ordem de 0,8 mg/L.

8.7 Demais recomendações para implantação do módulo complementar da ETA

Recomenda-se que, caso haja a necessidade de adequações da geometria de projeto durante a execução das obras de ampliação da ETA de Catalão, em planta e/ou perfil, ainda que pouco expressivas, sejam realizadas novas sondagens para confirmação das soluções indicadas em projeto, a caso se confirme a necessidade.

Além disso, previamente à execução das obras de ampliação da ETA, recomenda-se que sejam confirmadas / verificadas:

- A referência de nível utilizada na fase de elaboração dos projetos e a da obra;
- A compatibilidade das cotas dos furos de sondagem com as do terreno;
- A locação das sondagens em relação às estruturas a serem implantadas;
- A posição do nível d'água (N.A) medido nas sondagens, que pode sofrer alterações ao longo do tempo.

8.8 Conclusões Finais

O presidente relatório de concepção considera ter concluído de maneira plena o atendimento aos objetivos propostos. As Diretrizes Técnicas de Projeto que nortearam a concepção foram atendidas conforme solicitado em ata de reunião e correspondências por e-mail.

Foram produzidos os seguintes elementos de extrema importância ao projeto como um todo: Planejamento dos serviços; Concepção do Sistema de Tratamento com no mínimo 02 alternativas; Sistema de lavagem dos filtros por bombeamento; Dosadoras Peristálticas com rotor e motor de indução com inversor de frequência; Material de revestimento apropriado às paredes da estrutura; Definição das opções de UTR; Definição dos módulos de tratamento pré-fabricados.

Com relação aos objetivos pretendidos, foram avaliados: Área de ampliação da ETA; Operação de tratamento do módulo a ser proposto; Procedimentos da UTR e Gradientes de velocidade na ampliação da vazão de tratamento.

Os resultados apontaram para a adoção do módulo de tratamento com floculador mecanizado, decantador de alta taxa e filtros retrolaváveis com bombeamento.

A opção pela UTR por BAG's.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12211 Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água., 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, NBR 12213 Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público., 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12214 Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público., 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12215 Projeto de adutora de água para abastecimento público., 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12216 Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público., 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12217 Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público., 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR15784 - Produtos químicos utilizados no tratamento de água para consumo humano — Efeitos à saúde — Requisitos. , 2007

ASTM, Z. F441/F441M-Standard Specification for Chlorinated Poly (Vinyl Chloride)(CPVC) Plastic Pipe.

BERNARDO, L. DI; PAZ, L. P. S. Seleção de tecnologias de tratamento de água. São Carlos: LDiBe, 2010. p. 868.

CARMO, R.F.; BEVILAQUA, P.D.; BASTOS, R.K.X.. Vigilância da qualidade da água para consumo humano: abordagem qualitativa da identificação de perigos. Engenharia Sanitária e Ambiental, v13 n.4, Rio de Janeiro, Out-Dez 2008.

CARRIJO, I, B. Extração de regras operacionais ótimas de sistemas de distribuição de água através de algoritmos genéricos multiobjetivo e aprendizado de máquina. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2004.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2005.

FERREIRA, M. B.de S. Estudo da influência dos métodos de reticulação sobre as propriedades do polietileno. 2017. 55 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

FONSECA, A. Um esquecido marco do saneamento no Brasil: o sistema de águas e esgotos de Ouro Preto (1887-1890). História, Ciências, Saúde – Manguinhos, Rio de Janeiro v.17, n.1, jan-mar 2010, p. 51-66.

FREITAS, A. G.; OLIVEIRA, D. C.; BASTOS, R. K. X. Intervenções de melhoria e controle da qualidade da água para consumo humano. Estudo de caso da ETA UFV. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFV, 14., 2004, Viçosa. Anais... Viçosa, UFV, 2004.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de água para consumo humano. 2a ed. Belo Horizonte, 2010.

INDUSTRIAS TIGRE – Ficha Técnica CPVC INDUSTRIAL SCH. 80. Disponível em: https://tigrecombrprod.s3.amazonaws.com/default/files/produtos/fichatecnica/FT_CPVC%20Industrial.pdf.

INDUSTRIAS TIGRE – Ficha Técnica PVC-U INDUSTRIAL SCH. 80. Disponível em: https://tigrecombrprod.s3.amazonaws.com/default/files/produtos/catalogos/Linha_PVC_U.pdf

LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas: Átomo, 2010.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria N° 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2011.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria N° 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília, 2004.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria N° 635/GM/MS, de 30 de janeiro de 1976. Aprova normas e padrões sobre a fluoretação na água. Brasília, 1976.

MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE. Portaria de Consolidação 05 anexo XX de 03 de outubro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.

OLIVEIRA, D. C. DE; Avaliação de desempenho de uma unidade de decantação convencional: levantamento dos parâmetros hidráulicos e sua influência na qualidade da água decantada. AIDIS, v.1, p. 1-8, 2008.

PÁDUA, V. L. DE; FERREIRA, A. C. DA S. Qualidade da água para consumo humano. In: Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: UFMG, 2006. p. 153- 221.

SALGADO, P. R. M. Análise de manifestações patológicas em sistemas prediais hidráulicos e sanitários pelos métodos de Lichtenstein e Gut: estudo de caso na cidade de Apodi-RN. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semiárido. Caraúbas, 2018.

SERENCO, Plano Municipal de Saneamento Básico de Catalão (GO), Referente às Prestações dos Serviços de Abastecimento de Água Potável e de Esgotamento Sanitário. Janeiro de 2019. SAE CATALÃO – DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO.

SOBRINHO, R.A; BORJA, P.C. Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: um estudo dos fatores intervenientes RMS. Eng. Sanit. Ambient, v. 21, n. 4, out de 2016.

SOUSA, G. B. Sistema Computacional de Pré-Dimensionamento das unidades de Tratamento de Água: Floculador, Decantador e Filtro., 2011.

TSUTIYA, M. T. Abastecimento De Água. 3a ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

Tucci, C. E. Modelos hidrológicos. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.

VIANA, D. B.; BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D. Levantamento e caracterização de dados de turbidez de água bruta e tratada de 44 ETAS no Brasil com tratamento em ciclo completo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., Goiânia, 2013. Anais...Rio de Janeiro, ABES, 2013.

VIANNA, M. R. Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água. Belo Horizonte: Instituto de Engenharia Aplicada, 1992. p. 344.

WHO. 25 Years Progress on Sanitation and Drinking Water. New York, NY: UNICEF and World Health Organisation, 2015.