



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

ERLEN FREITAS FURTADO
RAISSA SOUSA COSTA

**DIMENSIONAMENTO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA)
PARA OS BAIRROS ATENDIDOS PELO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DO
SÍTIO DEUS É GRANDE NO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ-PA**

TUCURUÍ
2022

ERLEN FREITAS FURTADO
RAISSA SOUSA COSTA

**DIMENSIONAMENTO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA)
PARA OS BAIRROS ATENDIDOS PELO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DO
SÍTIO DEUS É GRANDE NO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ-PA**

Trabalho de conclusão de curso a Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Junior Hiroyuki Ishihara

TUCURUÍ-PA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F992d Furtado, Erlen Freitas.
 Dimensionamento de uma estação de tratamento de água (ETA)
 para os bairros atendidos pelo sistema de abastecimento do Sítio
 Deus é Grande no município de Tucuruí-PA / Erlen Freitas
 Furtado, Raissa Sousa Costa . — 2022.
 94 f. : il. color.

 Orientador(a): Prof. Dr. Junior Hiroyuki Ishihara
 Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
 Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de
 Engenharia Sanitária e Ambiental, Tucuruí, 2022.

 1. Estação de tratamento de água. 2. Água. 3. Manancial
 superficial. I. Título.

CDD 628.162

ERLEN FREITAS FURTADO
RAISSA SOUSA COSTA

**DIMENSIONAMENTO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA)
PARA OS BAIRROS ATENDIDOS PELO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DO
SÍTIO DEUS É GRANDE NO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ-PA**

Trabalho de conclusão de curso a Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Junior Hiroyuki Ishihara

Data de aprovação: 12/12/2022

Conceito: EXCELENTE

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Junior Hiroyuki Ishihara
Orientador – UFPA



Prof. Dr. Raynner Menezes Lopes
Examinador Interno – UFPA

Eng. Emanuelle Regina Araújo Gomes
Examinadora Externa – Bustamente Engenharia LTDA.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela fé, força, garra e determinação ao longo desta jornada.

Ao orientador professor Dr. Junior Hiroyuki Ishihara por ter aceitado esse desafio manifesto aqui minha gratidão, por compartilhar comigo o seu tempo, sua sabedoria e sua experiência, ter prestado total assistência; pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional, sempre me incentivando a ultrapassar todos os obstáculos ao longo dessa caminhada.

Aos docentes que contribuíram para a minha formação acadêmica durante todo o curso, fazendo assim parte desta caminhada.

A minha família, em especial a minha mãe (Maria Graciete) por sempre me auxiliar nas minhas demandas em casa e ensinar-me o caminho do bem. A minha filha (Maria Alice F. Oliveira) por estar sendo minha luz e minha motivação diária para concluir este curso. Ao meu esposo (Jaires do N. Oliveira), que sempre se manteve dando apoio também em busca do meu sonho, as minhas irmãs e irmão Renata, Juciete e Italo Luan, obrigada por acreditarem em mim.

Aos meus colegas de turma, pelo apoio e paciência para compreender minhas dificuldades, vai aqui uma menção as minhas amigas Sávia Maria, Juliana Sousa, Ingrid Luna, Jamile Caroline e Denize, pelos trabalhos que fizemos e aprendizados conjuntos, e minha parceira de TCC Raissa Sousa Costa, que juntas compartilhamos medos, aflições e sorrisos ao longo desses últimos anos.

Erlen Freitas Furtado

À Deus, em primeiro lugar, por guiar e iluminar meus passos.

À minha mãe Berla, pela dedicação, apoio, amor incondicional e inspiração. Você é uma mãe incrível. Ao meu pai Rejânio, por ser um grande exemplo. Um homem dedicado e carinhoso. Ao meu avô paterno Raimundo que nunca mediu esforços para me ajudar. À minha irmã Manoela, por ser minha melhor amiga. Você tem um pedacinho em tudo que eu conquistei! Tenho muito orgulho de você.

Às pessoas especiais que já partiram e me deixaram um exemplo a ser seguido como minha avó paterna Verônica, que me ensinou todos os meus valores. Obrigada por ficar tão feliz com minhas conquistas e por ser a razão de ter conseguido chegar até aqui. Sinto muita falta da sua presença, mas sei que você estará sempre comigo.

Ao orientador professor Dr. Junior Hiroyuki Ishihara por toda paciência, dedicação e o tempo que o senhor se dedicou a nos repassar seu conhecimento.

À todos os amigos e colegas que estiveram junto a mim nessa caminhada e torceram pela minha conquista, em especial a Sávia Maria, Nathália Macedo e minha parceira de TCC Erlen Freitas que juntas compartilhamos medos, incertezas e aflições, choros e risos.

Raissa Sousa Costa

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”.

Charles Chaplin

RESUMO

O dimensionamento de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) é a realização de um projeto de engenharia através dos cálculos necessários e seguindo todas as orientações e regras impostas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Assim, a água é um dos mais importantes recursos do ecossistema, na qual possui diversas finalidades, no entanto, no que se refere ao consumo humano a mesma deve ser isenta de organismos patogênicos e substâncias nocivas à saúde, de outro modo, a água é uma fonte potencial de transmissão de diversas doenças. Ressalta-se também a importância de seu uso consciente e sustentável, como forma de garantir o recurso diante a face da expansão populacional e o consequente aumento do consumo. Todos os indivíduos têm necessidades deste recurso com qualidade e em quantidade suficiente, não só para proteção de sua saúde, como também para o desenvolvimento econômico. Todavia, a importância do abastecimento de água deve ser encarada sob os aspectos sociais, sanitários e econômicos. Diante das condições de captação de água que é distribuída para a população dentro do município e por não haver estudos e análises sobre a qualidade física, química e microbiológica daquele corpo hídrico, optou-se por um tratamento de ciclo completo ou convencional por se tratar de um processo satisfatório, eficiente e amplamente utilizado no Brasil. Portanto, o objetivo desse projeto foi propor o dimensionamento de uma Estação de Tratamento de Água para os bairros atendidos pelo sistema de abastecimento do Sítio Deus é Grande, ou seja, etapas de clarificação e desinfecção da água, utilizando uma vazão de projeto de 265 l/s, norteados pelas determinações legais e de parâmetros estabelecidos pelas legislações ambientais do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), assim como as Resoluções Nº 430/2011, Portaria Nº 888/2021, conforme as recomendações da ABNT, NBR 10.004/2004, NBR 12.216/1992 que normatiza através de sugestões e regras como realizar tal projeto.

Palavras-Chave: água; estação de tratamento de água; manancial superficial.

ABSTRACT

The design of a Water Treatment Station (ETA) is the realization of an engineering project through the necessary calculations and following all the guidelines and rules imposed by the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT). Thus, water is one of the most important resources of the ecosystem, in which it has several purposes, however, with regard to human consumption it must be free of pathogenic organisms and substances harmful to health, otherwise water is a potential source of transmission of various diseases. It is also emphasized the importance of its conscious and sustainable use, as a way to ensure the resource in the face of population expansion and the consequent increase in consumption. All individuals have needs of this resource with quality and sufficient quantity, not only for the protection of their health, but also for economic development. However, the importance of water supply must be seen in social, sanitary and economic aspects. Given the conditions of water collection that is distributed to the population within the municipality and because there are no studies and analyses on the physical, chemical and microbiological quality of that water body, we opted for a complete or conventional cycle treatment because it is a satisfactory, efficient and widely used process in Brazil. Therefore, the objective of this project was to propose the design of a Water Treatment Station for the neighborhoods served by the supply system of place God is Great, that is, stages of clarification and disinfection of water, using a project flow of 265 l/s, based on legal determinations and parameters established by the environmental legislation of the National Environmental Council (CONAMA), as well as Resolutions N°. 430/2011, Ordinance N° 888/2021, according to the recommendations of ABNT, NBR 10.004/2004, NBR 12.216/1992 that regulates through suggestions and rules how to carry out such project.

Keywords: water; water treatment station; surface spring.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Dados para estimativa da vazão.....	40
Quadro 2 – Taxa de aplicação de acordo com a vazão da ETA	40
Quadro 3 – Velocidade de sedimentação de acordo com a vazão da ETA	40
Quadro 4 – Características do leito filtrante.....	69
Quadro 5 – Característica da camada suporte.	70
Quadro 6 – Comprimento equivalente para o filtro mais distante.....	75
Quadro 7 – Comprimento equivalente para o sétimo filtro	75
Quadro 8 – Comprimento equivalente da tubulação filtro-tanque de contato.....	79

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Consumo per capita da população.....	39
Gráfico 2 – Projeção populacional do município	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modo simplificado, o processo de transformação da matéria em produto final.....	22
Figura 2 - Mapa de localização do município	35
Figura 3 - Bairros atendidos em sua totalidade pela captação.....	37
Figura 4 - Organograma das etapas de Tratamento de Água Convencional	38
Figura 5 – Ponto de captação.....	41
Figura 6 – Mangote de adução	41
Figura 7 – Bomba de captação	41
Figura 8 – ETA localizada na vila permanente	42
Figura 9 – Possível localização da ETA.....	44
Figura 10 – Curvas de nível do município	45
Figura 11 - Dimensões padronizadas da Calha Parshall	49
Figura 12 – Planta Baixa e Corte da Calha Parshall.....	55
Figura 13 – Planta Baixa do Floculador.....	60
Figura 14 – Cortes da Calha Parshall	61
Figura 15 – Planta Baixa do Decantador.....	68
Figura 16 – Cortes do decantador.....	69
Figura 17 – Disposição da tubulação principal e laterais no fundo do filtro.....	71
Figura 18 – Planta Baixa do Filtro.....	74
Figura 19 – Planta Baixa da Estação de Tratamento de água.....	77
Figura 20 - Tempo de contato mínimo (minutos) a ser observado para a desinfecção em sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água com captação em mananciais superficiais, de acordo com concentração de cloro residual livre, com a temperatura e o pH da água.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros de águas para abastecimento público.....	21
Tabela 2 – População urbana do município.....	46
Tabela 3 - Dimensões da Calha Parshall em função da largura de sua garganta (W)	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

CONAMA: Conselho Nacional de Meio Ambiente

CEBDS: Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável

DRSAIs: Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado

ETA: Estação de Tratamento de Água

FUNASA: Fundação Nacional de Saúde

HAB: Habitantes

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

NBR: Norma Brasileira

OMS: Organização Mundial da Saúde

ONU: Organização das Nações Unidas

ODS: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

PA: Pará

PNHR: Política Nacional de Recursos Hídricos

PMT: Prefeitura Municipal de Tucuruí

SUS: Sistema Único de Saúde

SNIS: Sistema Nacional de Informação Sobre Saneamento

SAA: Sistema de Abastecimento de Água

UHET: Usina Hidrelétrica de Energia de Tucuruí

RD: Rede de Distribuição

RH: Recursos Hídricos

VMP: Valores Máximos de Potabilidade

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área do decantador
A_{canal}	Área canal de água decantada
A_f	Área do filtro
A_s	Área superficial
C	Largura da seção final da Calha Parshall
C	Comprimento do decantador
C_{ETA}	Coeficiente de consumo da ETA
C_p	Comprimento percorrido pela água
C_u	Coeficiente de uniformidade
D	Largura da entrada da Calha Parshall
d	Distância entre comportas e cortina distribuidora
D'	Largura média da seção na medição de vazões
D_B	Distância entre bordas
D_c	Distância da chicana à parede
DF	Diâmetro de tubulação de água filtrada
D_H	Diâmetro hidráulico
D_{lav}	Diâmetro de tubulação de água para lavagem
e	Espaçamento entre chicanas
e	Espessura
E_a	Energia total disponível
f	Coeficiente de atrito
Fr	Número de Froude
G	Gradiente de velocidade
g	Aceleração da gravidade
h	Perda de carga
H_1	Desnível do filtro ao reservatório de lavagem
H_2	Desnível do filtro ao tanque de contato
HFT	Perda de carga total
H_u	Altura útil
H_v	Altura da água no vertedor
K_1	Consumo de maior consumo
K_g	Taxa de crescimento
L_d	Largura do decantador
L_f	Largura do floculador
N	Número de chicana
n	Coeficiente de rugosidade
P	População de projeto
q	Consumo per capita
Q_1	Vazão de projeto
Q_b	Vazão por metro linear
Q_c	Vazão das comportas
Q_{especial}	Consumo industrial
Q_f	Vazão de cada filtro
Q_{lav}	Vazão de água de lavagem dos filtros
RH	Raio hidráulico
Sc	Seção entre chicanas
T	Tempo

T_a	Taxa de aplicação
T_{contato}	Tempo de contato mínimo
T_e	Tamanho efetivo
V_0	Velocidade de sedimentação
V_1	Velocidade no início do ressalto hidráulico na Calha Parshall
V_1	Velocidade no final do trecho divergente na Calha Parshall
V_a	Velocidade ascensional
V_c	Velocidade na curva da chicana
V_{contato}	Volume tanque de contato
v_h	Velocidade horizontal
$v_{\text{longitudinal}}$	Velocidade longitudinal
Vol	Volume
$v_{\text{principal}}$	Velocidade da tubulação principal
W	Largura da garganta da Calha Parshall
Y_1	Altura da água no início do ressalto
Y_2	Altura do ressalto no final do trecho divergente
γ	Peso específico
ΔH	Altura do rebaixo no início do canal a jusante do Parshall
θ	Ângulo em função da energia total disponível
μ	Viscosidade

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1. Justificativa.....	17
1.2. Objetivos	19
1.2.1. Objetivo geral.....	19
1.2.2. Objetivo específico	19
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1. Tecnologias de tratamento	20
2.2. Coagulação / mistura rápida.....	22
2.3. Floculação	24
2.4. Sedimentação.....	25
2.5. Filtração	26
2.6. Desinfecção	27
2.7. Correção de pH	29
2.8. Fluoretação	29
2.9. Órgãos de fechamento dos condutos	30
2.10. Casa de química.....	31
2.10.1. Utilização do sulfato de alumínio	31
2.10.2. Utilização da Cal	32
2.10.3. Utilização do cloro	32
2.10.4. Laboratório.....	33
2.10.5. Segurança	33
3. METODOLOGIA.....	34
3.1. Área de estudo	34
3.2. Materiais e métodos	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
4.1. Estudo De Concepção Do Sistema De Abastecimento De Água (SAA) ...	41

4.1.1. Descrição do sistema de abastecimento existente no município.....	41
4.2. Estudo da locação da ETA	43
4.3. Período De Projeto	46
4.4. Vazão de projeto	48
4.5. Dimensionamento das unidades da ETA.....	49
4.5.1. Calha Parshall	49
4.5.2. Flocculador	55
4.5.3. Decantador	61
4.5.4. Filtros	69
4.5.5. Desinfecção.....	77
4.6. Destinação ambientalmente adequada.....	80
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	82
REFERÊNCIAS	84
ANEXO A – SOLICITAÇÃO DO MAPA DO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ-PA.....	88
ANEXO B - SOLICITAÇÃO PARA VISITA TÉCNICA NA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DO SÍTIO DEUS É GRANDE	89
ANEXO C - SOLICITAÇÃO DE DOCUMENTOS E INFORMAÇÕES	90
ANEXO D - PLANTA BAIXA GERAL DO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ-PA	93

1. INTRODUÇÃO

O sistema de abastecimento de água (SAA) é integrante da infraestrutura das cidades, sua abrangência pode variar de acordo com o tamanho das cidades, tendo como função a retirada da água dos mananciais ou outros corpos d'água para consumo humano depois de passar por um tratamento que atenda as reais necessidades do município, permitindo maior qualidade desse líquido. Uma maneira usual de caracterizar o SAA é quanto sua forma de atendimento, o individual que é usado nas zonas rurais ou áreas isoladas, e o coletivo em áreas urbanas, onde a captação e a distribuição são realizadas em locais distintos (FUNASA, 2015).

Todavia, o interesse por recursos hídricos está relacionado ao acelerado crescimento populacional. Esse aumento tem refletido graves consequências negativas tanto ao meio ambiente quanto a saúde da população, devido a poluição dos corpos d'água, impactos estes referentes à ocupação urbana e as atividades industriais (LIBÂNIO, 2010).

O município de Tucuruí possui um Plano Diretor elaborado através da Lei Ordinária nº 7.145/2006 e de autoria do poder executivo, no entanto, de acordo com o Estatuto da Cidade (Lei Nacional nº 10.257/2001), no inciso 3º do artigo 39, recomenda-se que o mesmo deve ser atualizado, pelo menos, a cada dez anos. Sendo assim, é indispensável a atualização deste plano municipal, visto que, tratando-se da análise de concepção do SAA, inúmeras mudanças já ocorreram, tanto de forma negativa quanto positiva, por se tratar de um setor com grande abrangência na cidade.

Em consequência ao crescimento populacional de forma exacerbada inúmeros impactos podem ocorrer dentre eles o uso irracional da água, contudo, o governo em âmbito nacional está realizando campanhas que promovam o uso racional deste recurso, que anteriormente era visto como uma fonte inesgotável e nos dias atuais sabe-se que esta fonte tão essencial a vida precisa ser preservada e conservada.

É notório que a implantação de um sistema de abastecimento de água contribui para a qualidade de vida da comunidade que dela faz uso. Em virtude disso, faz-se necessário a elaboração de projetos que determinem a qualidade e a vazão necessária de água para abastecer de forma satisfatória a população.

Segundo a FUNASA (2015), os serviços de abastecimento de água constituem um importante investimento em benefício da saúde pública. Todavia, tem sido constatado também que a implantação de sistemas adequados de abastecimento de água, auxilia na diminuição das

doenças transmissíveis pela água, contribui, também, para a diminuição da incidência de outras doenças.

No Brasil existem diversas técnicas de tratamento de água que são aplicados em ETA's, que requerem desde uma simples filtração até um processo mais complexo de remoção das impurezas, isso devido a qualidade da água bruta, como é o caso da filtração lenta, filtração em múltiplas etapas, filtração direta descendente com floculação, filtração direta ascendente, dupla filtração, tratamento convencional e tratamento com flotação (FERREIRA FILHO, 2020).

O sistema de tratamento de água convencional baseia-se na divisão das seguintes etapas: captação, adução, coagulação, floculação, decantação, desinfecção, armazenamento e distribuição. Contudo, o controle de qualidade em cada fase do tratamento deve basear-se nos critérios exigidos por legislações pertinentes (FRANCISCO; POHLMANN; FERREIRA, 2011).

Assim, com base nas atuais necessidades de abastecimento da área urbana de Tucuruí-PA, é essencial analisar a concepção do SAA do município. Para isso deve ser verificada a produção necessária, estabelecendo o tipo de sistema a ser implantado, como neste caso estudado, que é uma captação em manancial superficial no qual abastece áreas específicas da cidade.

Diante do exposto, percebe-se que o município de Tucuruí recebeu um aumento populacional de forma acelerada e sem preparo no que se refere a conservação dos recursos hídricos. Esse contingente populacional não foi acompanhado pela execução de políticas públicas, o que causou grandes desequilíbrios sociais, econômicos e ambientais, sobretudo, no principal fator da problemática estudada, o abastecimento de água.

1.1. Justificativa

A ABNT NBR N° 12211:1992, discorre que os mananciais utilizados devem possuir condições sanitárias satisfatórias e que, mesmo isolados ou agrupados, apresentem vazão suficiente para atender a demanda máxima prevista para o abastecimento no alcance do plano proposto. Para o dimensionamento, os parâmetros de projetos exercem papéis fundamentais, pois a partir deles torna-se possível alcançar a economia, segurança e praticidade desejável.

No ano de 2015, foi lançada a “Agenda 2030” no decorrer da cúpula de Desenvolvimento Sustentável em Nova York, mais especificamente na sede da Organização das Nações Unidas (ONU), onde foram definidos 17 objetivos e 169 metas, dentre os quais

destaca-se o objetivo de assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos, cuja as medidas têm por meta ser alcançada até 2030, possuindo prazo para ser cumprido, dando prosseguimento ao legado dos 8 Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2015).

Nesta mesma vertente, constata-se uma correlação entre ausência de saneamento adequado e os significativos impactos negativos à saúde da população, todavia, esta problemática já vem sendo um dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) do Brasil para os quais as Nações Unidas está contribuindo a fim de que possa ser alcançado, especificamente o objetivo 6: Água Limpa e Saneamento (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2015).

De acordo com o Instituto Trata Brasil e o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), o Brasil ainda apresenta um cenário desfavorável quando comparado ao internacional, visto que apesar de alguns avanços na área do saneamento básico o mesmo encontra-se na 112ª posição no ranking de países com acesso a estes serviços, numa lista entre 200 países, realizado no ano de 2011 (FERREIRA, 2017).

Nesse viés, constata-se que os indicadores de atendimento com SAA, no Brasil, como afirma o Sistema Nacional de Informação sobre o Saneamento (SNIS), representam necessidades de melhorias constantes, em especial na Região Norte, esta por sua vez, possui os piores indicadores 58,9% de atendimento urbano com rede de abastecimento de água. Em contexto mais específico, essa afirmativa é comprovada no Estado do Pará, já que nos municípios mais afastados da capital esse cenário piora significativamente, com baixa ou nenhuma cobertura de SAA e, quando beneficiados, usufruem de um serviço de péssima qualidade, fazendo com que a população esteja propícia a inúmeras doenças de veiculação hídrica (SNIS, 2020).

Da análise realizada por Ferreira Filho (2020), sobre os mananciais superficiais em regiões metropolitanas, verificou-se que os mesmos apresentam uma qualidade da água bruta afetada em razão da presença de fontes antropogênicas de poluição, consequentemente requer investimentos em estações mais completas (mais etapas), como é o caso do projeto. Contudo, em situações de extrema necessidade de seu uso de abastecimento público, sua concepção estabeleceria tecnologias de tratamento com custos mais elevados.

O projeto se justifica pela importância da matéria tratada, visto que o sistema de abastecimento de água é um caso de saúde pública, uma vez que o investimento no tema estudado visa reduzir os custos com saúde, o qual utiliza grande parte dos orçamentos estatais

dos municípios e que assim esses recursos sejam investidos para outras atividades e serviços públicos demandados pelos cidadãos, ou seja, principal finalidade do tratamento da água é a descontaminação para o consumo humano sem causar danos à saúde (ROSS e POSSETTI, 2017).

Os serviços de abastecimento de água para abastecimento público envolvem vários problemas, uma vez que a oferta de água é indispensável para atender as demandas da população, assim esse serviço é uma das principais infraestruturas do município de Tucuruí, uma vez que o mesmo também contribui com o desenvolvimento técnico.

Baseando-se em todas as informações apresentadas e enfatizando a relevância das análises dos indicadores nos SAA, visando seu melhor funcionamento tanto em disponibilidade quanto em qualidade do recurso, este projeto elabora uma proposta de dimensionamento para uma ETA convencional no município de Tucuruí no estado do Pará, com objetivo de sugerir subsídios técnicos para a melhor gestão do abastecimento de água distribuída a população.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho contempla o dimensionamento de uma Estação De Tratamento de Água para a população atendida pelo Sistema de abastecimento do Sítio Deus é Grande, no município de Tucuruí-PA.

1.2.2. Objetivo específico

- ✓ Avaliar a concepção atual do SAA do Sítio Deus é Grande;
- ✓ Propor uma concepção e avaliar a melhor localização para a instalação de uma ETA para atender o setor em estudo;
- ✓ Dimensionamento dos sistemas de clarificação e desinfecção da ETA

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A base teórica requerida para a elaboração deste trabalho, serão as tecnologias de tratamento e seus componentes, métodos de dimensionamento e concepção.

2.1. Tecnologias de tratamento

A água é um recurso natural, renovável e finito, fundamental para o desenvolvimento e manutenção das diversas formas de vida, bem como seus usos múltiplos. Entretanto, os usos antrópicos intensivos da terra ao longo de centenas de anos sem o manejo adequado acarretaram danos negativos sobre a qualidade das águas. Sendo assim, considera-se que determinadas atividades antrópicas podem afetar direta ou indiretamente a qualidade da água e, também provocar a poluição dos corpos hídricos (FERREIRA FILHO, 2020).

De acordo com a FUNASA (2014), o tratamento de água tem por objetivo através de alguns métodos específicos tornar a água apta ao consumo humano, por meio de estudos das características físicas, químicas e bacteriológicas. Um dado relevante é que as águas de superfície são as que apresentam uma maior necessidade de tratamento já que suas qualidades estão fora dos padrões de potabilidade exigidos.

A NBR 12.216/1992, afirma que para ocorrer a elaboração do projeto de estação de tratamento de água são necessários conhecer alguns elementos como capacidade nominal, manancial abastecedor e características da água, sobretudo o dimensionamento hidráulico deve levar em consideração as vazões máximas e mínimas, inclusive a divisão em etapas e a possibilidade de sobrecargas.

Antes do dimensionamento ainda se faz necessário definir os processos de tratamento, que para fins da ABNT NBR 12.216:1992 os mananciais de águas naturais podem ser classificados dentre 4 categorias. De modo geral, existem diversas tecnologias de tratamento disponíveis, no qual o profissional técnico, auxiliado pela literatura e normas técnicas, definirá qual a melhor tecnologia de tratamento, sendo necessário qualificar o tipo de água a ser tratada.

De acordo com a ABNT NBR N° 12.216:1992, as águas naturais para abastecimento público são classificadas em tipo A (águas subterrâneas ou superficiais protegidas), B (águas subterrânea ou superficial não-protegidas), C (águas superficiais não-protegidas, que exijam coagulação) e D (águas superficiais não-protegidas, que exijam processos especiais de tratamento). Contudo, essas águas também devem se enquadrar nas características básicas dadas na Tabela 1.

A ABNT NBR N° 12.216:1992 discorre que as águas superficiais neste caso são do tipo C, advindas de bacias não protegidas, com características específicas e que requerem o processo de coagulação, seguida ou não de decantação, filtração em filtros rápidos, desinfecção e correção do pH, no qual a própria norma as classifica, para posteriormente serem enquadradas aos padrões de potabilidade, como mostra na tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros de águas para abastecimento público

	A	B	C	D
DBO 5 dias (5mg/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/100ml)				
-Média mensal em qualquer mês	50-100	100-5000	5000-20000	>20000
-Máximo	>100cm menos de 5% da amostra	>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	

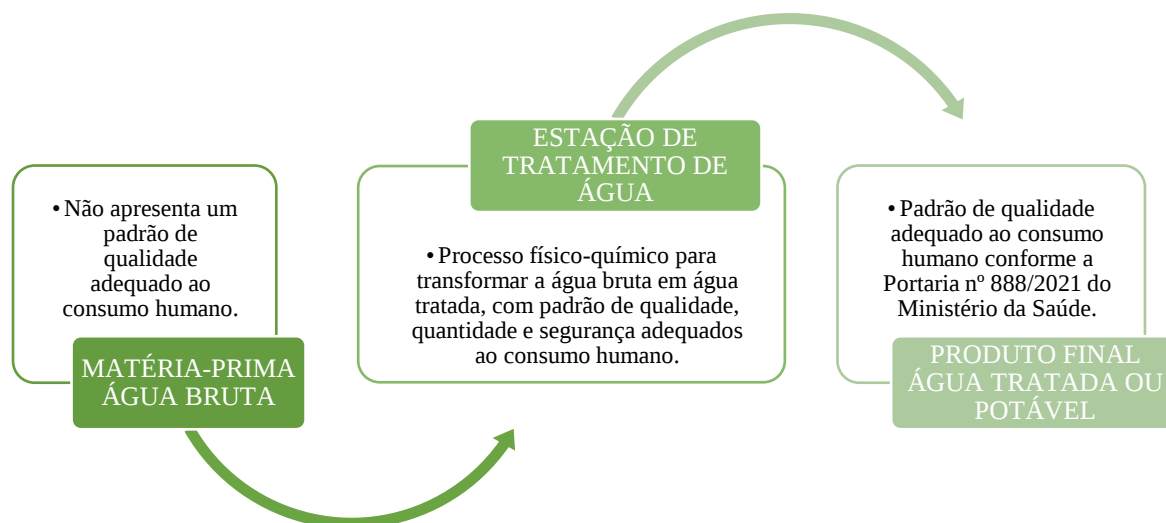
Fonte: ABNT NBR 12216:1992

Como o manancial escolhido foi classificado como sendo do tipo C. Assim, será feito o dimensionamento/seleção da Calha Parshall, floculadores, decantadores e filtros rápidos e sistema de desinfecção.

De acordo com a norma 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), a água classifica-se em 5 classes, as quais vão depender de suas condições e características, sendo elas classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4. Assim pode-se considerar que a classe de captação da cidade de Tucuruí-PA está enquadrada na classe 2 a qual pode ser destinada ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional.

Ainda sobre os princípios e normativas brasileiras, surgiu em 1977, através da Portaria N° 56 do Ministério da Saúde, alterada em seguida pela Portaria N° 518/2004, e posteriormente pela Portaria 2.914/2011, o anexo XX da Portaria de Consolidação N° 5 do Ministério da Saúde, e atualmente a que está em vigor é a portaria N° 888/2021 a qual estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade para consumo humano, bem como seu padrão de potabilidade, como mostra a figura 1.

Figura 1 - Modo simplificado, o processo de transformação da matéria em produto final



Fonte: Autoras, 2022.

2.2. Coagulação / mistura rápida

A água bruta geralmente apresenta diversos tipos de contaminantes orgânicos e inorgânicos, assim como a cor, turbidez, o sabor e o odor geralmente associados a partículas suspensas ou dissolvidas que podem prejudicar a remoção das mesmas e assim a importância desta etapa de tratamento. Todavia, dentro da ETA, existem alguns tipos de coagulantes utilizados como o sulfato de alumínio, cloreto férrico, sulfato ferroso clorado, sulfato férrico e o hidróxi-cloreto de alumínio (FERREIRA FILHO, 2020).

A coagulação é uma das etapas utilizadas na maioria das ETA's (excetuando-se a filtração lenta), a qual baseia-se no incremento de produtos químicos com objetivo de ocorrer a precipitação de compostos em solução e desestabilização de partículas sólidas, isso porque não seria possível a remoção dessas partículas por outro método. Contudo, para que os processos a jusante da etapa de coagulação possam ser operados de maneira adequada, é necessário que a sua operação ocorra em condições ideais (LIBÂNIO, 2010).

Para Libânio (2010), este método está sujeito a possíveis intervenções correlacionados: ao tipo de coagulante utilizado, ao pH e a alcalinidade da água antes do tratamento, a sua natureza e a distribuição da granulometria das partículas responsáveis pela cor e turbidez, o gradiente de velocidade e o tempo de agitação na unidade de mistura rápida, entre outros já que os contaminantes presentes em águas naturais podem apresentar origem diversa e diferentes características físico-químicas que tenderão a impactar o processo de tratamento.

Os produtos químicos (coagulantes) têm como função neutralizar as cargas negativas das partículas em suspensão, e os comumente utilizados nesta etapa são: o sulfato de alumínio ferroso, cloreto férrico, sulfato ferroso clorado, sulfato férrico e o hidróxi-cloreto de alumínio, uma vez que esses coagulantes são empregados devido à dificuldade de remoção das impurezas. Interessante ressaltar que as águas superficiais apresentam cor e turbidez em quantidades variadas (RICHTER, 2009).

Segundo Ferreira Filho (2020), a eficiência no processo de coagulação depende do tipo de coagulante utilizado, ou seja, para determinadas águas brutas coagulantes à base de sais de ferro são mais eficientes que sais de alumínio, todavia, a definição do tipo de coagulante utilizado na ETA é de grande relevância, já que os mesmos irão garantir a eficiência de tratamento, e sua definição de dosagem deve ser corretamente selecionada, levando em consideração o tipo de coagulante, o mecanismo de coagulação, pH, qualidade da água bruta, evitando-se gastos desnecessários com produtos químicos.

Segundo Richter (2009), o coagulante mais utilizado é o sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), essa solubilidade é função do pH e é mais baixa em pH entre 5 e 7, fora disso, não utilizasse o mesmo. Entretanto em águas de baixa alcalinidade e muita cor, pode ser utilizado o aluminato de sódio. Já os coagulantes férricos são eficientes em uma faixa de pH que vai de 4 a 11 e são úteis em baixos valores de pH, na remoção de ferro e manganês a altos valores do pH, e no processo de aceleração de formação dos flocos.

Para Libânio (2010), a coagulação tem início assim que o coagulante escolhido é adicionado à água e dura um curto período de tempo, uma vez que, nesta etapa ocorre uma série de interações físicas e químicas. Desse modo, esta etapa também pode ser considerada como o resultado da ação de quatro mecanismos diferentes, sendo eles a compressão da dupla camada, adsorção e neutralização de cargas, varredura e formação de pontes.

Nesta etapa de coagulação ocorre o fenômeno de agrupamento das impurezas contidas na água. Para o projeto proposto, a unidade de mistura rápida escolhida foi a Calha Parshall, necessária para obter eficiência no processo, fazendo que haja uma perfeita mistura do coagulante na água. Uma das inúmeras vantagens da Calha Parshall é do ponto de vista construtivo, já que a mesma por ser adquirida de forma pré-fabricadas, por serem padronizadas (FERREIRA FILHO, 2020).

Para Ferreira Filho (2020), a Calha Parshall é uma eficiente opção por possibilitarem também trabalhar com macromedicação, na qual baseia-se na formação de um ressalto hidráulico

em sua estrutura que possibilita a obtenção de gradientes de velocidade normalmente superiores a 1.000 s^{-1} .

2.3. Floculação

A floculação tem por objetivo unir as partículas coaguladas ou desestabilizadas no processo anterior, sendo assim, maiores massas ou flocos serão formados, facilitando ainda mais sua remoção nas próximas etapas, uma vez que essa etapa é uma das mais usuais para remoção de substâncias que geram cor e turbidez na água, podendo ser formados através de três mecanismos, que são eles pericínética, ortocínética e diferencial (RICHTER, 2009).

Para Ferreira Filho (2020), a eficiência da floculação pericínética, ocorre por meio da agregação de suspensões coloidais podendo ser desenvolvida levando em consideração uma suspensão coloidal, com uma partícula central imóvel e uma concentração de partículas coloidais a uma distância mínima. Por fim, estando as partículas coloidais sujeitas ao movimento browniano, elas podem se chocar e formar partículas maiores (dimensão física).

Outrora, a floculação ortocínética correlaciona que quanto maiores forem os diâmetros das partículas coloidais, maiores serão suas frequências de colisão, ou seja, quanto maiores forem os diâmetros, mais eficiente será este mecanismo ortocínético na agregação das partículas. Um dado relevante, é que torna-se possível manipular este mecanismo através do aumento ou diminuição do gradiente médio de velocidade (FERREIRA FILHO, 2020).

De acordo com Ferreira Filho (2020), existe ainda um terceiro mecanismo conhecido como floculação por sedimentação diferencial que ocorre quando a ausência de um campo de velocidade e partículas com massas específicas iguais, e com diâmetros diferentes, estas apresentarão distintas velocidades de sedimentação, uma vez que, este mecanismo é dependente do tamanho da maior partícula.

Um aspecto interessante é que no decorrer do processo as partículas aumentam de tamanho, podendo causar ruptura nos flocos, por isso faz-se necessário que reduza a velocidade, ou outros fatores que influenciam na eficiência do processo, como, o gradiente de velocidades, os tamanhos das partículas e a concentração de partículas. Assim os parâmetros de projeto e as considerações operacionais relevantes estabelecidos atualmente para esta unidade são, em sua essência, empíricos e obtidos com base no resultado de inúmeras instalações projetadas (RICHTER, 2009).

Dessa forma Ferreira Filho (2020), discorre sobre a ideia de que a coagulação não deve ser encarada como uma operação unitária, com isso para que o processo de floculação ocorra de maneira satisfatória é essencial uma correta operação da etapa anterior, assim com o aumento físico das partículas e possível garantir o aumento de seu diâmetro médio e a distribuição de sua concentração.

2.4. Sedimentação

A sedimentação conhecida também como decantação, é um processo de separação das partículas sólidas da água, uma vez que através do uso da força gravitacional as partículas de densidade maior que da água podem ser decantadas. Na sedimentação gravitacional existem quatro tipos de processos principais, sendo elas a discreta, a floculenta, em zona e a compressão, também denomina das como do tipo I, II, III, IV, respectivamente (FERREIRA FILHO, 2020).

Para que ocorra a sedimentação discreta faz-se necessário conhecer a velocidade de uma partícula coloidal, com isso torna-se possível que sua remoção ocorra em uma unidade cuja geometria seja conhecida (FERREIRA FILHO, 2020). De acordo, com a análise do processo de sedimentação de partículas discretas, pode-se, então, correlacionar que o parâmetro de projeto principal para esta etapa que objetivem sua remoção é a taxa de escoamento superficial.

A sedimentação de partículas floculentas é comumente conhecida como decantação e a unidade onde esse processo ocorre é chamado de tanque de decantação ou decantadores, outrora, faz-se necessário o planejamento de destinação do lodo, já que ele além de ser rico em matéria orgânica não estabilizada o mesmo apresenta aspectos econômicos. Entretanto, o maior desafio desta unidade é a dificuldade de previsão das partículas coloidais com tempo. (RICHTER, 2009).

Outrora, a separação das partículas floculentas ocorrem em uma área do decantador denominada zona de sedimentação, propiciando a separação da fase líquida. Com isso, quanto maior as condições de operação das unidades anteriores, maiores serão os valores adotados para a taxa de escoamento superficial, resultando assim na implantação de unidades de sedimentação de menor área. Por fim, a sedimentação em compressão refere-se a concentração na qual a concentração de partículas é alta e que a sedimentação ocorre apenas por compressão na estrutura, ou seja, ela ocorre nas camadas mais baixas do decantador secundário de lodo (FERREIRA FILHO, 2020).

Todavia, outro aspecto relevante dos decantadores são a ausência de uma limpeza periódica, diminuindo o tempo de detenção, prejudicando as condições de operação, e

consequentemente, o lodo que está no fundo do tanque se decompõe, conferindo sabor desagradável à água (COSTA, 2015).

Os decantadores são unidades projetadas para remover partículas da água, através da gravidade. Podendo ser do tipo convencionais, ou de baixa taxa, e de elementos tubulares, ou de alta taxa. Por isso a ABNT NBR 12216:1992 afirma que, a quantidade de decantadores na ETA depende tanto de fatores operacionais quanto econômicos. Sendo assim, o uso de decantadores convencionais de fluxo horizontal são usualmente empregados no Brasil, uma vez que apresentam vantagens significativas, como sua simplicidade, obtenção de água decantada com valores de turbidez inferiores a 1,0 UNT, alta eficiência e baixa sensibilidade a condições de sobrecarga (FERREIRA FILHO, 2020).

2.5. Filtração

Para Richter (2009), a filtração é o processo unitário mais relevante no tratamento de água, já que existem casos específicos nos quais somente esta etapa é capaz de eliminar os agentes patogênicos. Este processo visa separar as impurezas em suspensão da água através de um meio poroso. Dessa maneira, todas as partículas que não forem removidas nas etapas anteriores deverão ser removidas no processo de filtração.

Para Silveira (2017), é na etapa de filtração que se determina a qualidade das etapas anteriores (coagulação, floculação e decantação), por meio da turbidez principalmente, a qual deve estar na faixa prevista na legislação, e assim é possível corrigir qualquer falha nas etapas do processo, assegurando a qualidade da água.

Se, porventura, as unidades de filtração não estiverem funcionando de modo satisfatório, haverá uma tendência de deterioração na qualidade da água filtrada, o que pode não apenas comprometer suas características estéticas, mas também impor riscos à operação da etapa de desinfecção. Os filtros podem ser classificados em lentos e rápidos, devido operarem em taxas de filtração diferentes (RICHTER, 2009).

No que diz respeito ao tratamento de água, a unidade de filtração é responsável pela remoção das partículas que estão diretamente ligadas a cor e a turbidez, cuja presença diminuiria a eficácia da desinfecção na eliminação dos microrganismos patogênicos. Sendo assim, este processo envolve a percolação de água em um meio granular, tendo esta altura e granulometria específicas, no qual as possíveis falhas nas etapas anteriores podem ser corrigidas, garantindo a qualidade da água tratada (LIBÂNIO, 2010).

Para a FUNASA (2014) a filtração baseia-se em fazer com que a água passe por substâncias porosas, objetivando remover algumas impurezas, além do mais os filtros utilizados nesta etapa podem ser selecionados devido sua velocidade ou sua pressão, como são os casos dos filtros lentos com taxa média de 2 a 6 m³/m²/dia e os filtros rápidos com taxa média de 120 a 600 m³/m²/dia, sendo que os de pressão são fechados e metálicos.

De acordo com Ferreira Filho (2020), de uma breve análise dos meios filtrantes, percebe-se que os materiais usualmente empregados são a areia, o antracito ou o carvão ativado granular, sendo que os mesmos ainda podem ser constituídos por meios filtrantes de camada única (areia), dupla (areia e antracito) ou tripla (areia, antracito ou carvão ativado granular). Sendo assim, para este projeto em estudo selecionou-se os filtros do tipo camada dupla já que são constituídos de uma camada superior de antracito, seguido de uma camada inferior de areia.

Recomenda-se que os filtros sejam lavados quando a perda de carga atingir o limite, em torno de 2,5 m.c.a, está lavagem geralmente é realizada através da inversão de corrente. A ação de limpeza dos leitos filtrantes ocorre devido a dois mecanismos, o de atrito entre os grãos e o efeito de cisalhamento hidrodinâmico, uma vez que o primeiro age na remoção do material acumulado por abrasão e o segundo devido o fluxo da água de lavagem entre os grãos. Não menos relevante, é aconselhável que as unidades de filtração sejam compostas por calhas de coleta de água de lavagem (RICHTER, 2009).

2.6. Desinfecção

Nesta mesma vertente, Libânio (2010) defende a ideia na qual a desinfecção é praticamente a última etapa do tratamento, sucedendo quando a tecnologia escolhida for a convencional, ainda as fases de clarificação e filtração.

Indiscutivelmente cabe a desinfecção a função de inativar os micro-organismos patogênicos presentes na água, a prevenção dos organismos indicadores e o crescimento microbiológico na rede de distribuição (RD), uma vez que, como não é possível garantir a segurança microbiológica da água tratada somente por sua remoção física, sendo necessário que haja um processo adicional que possibilite a inativação de microrganismos patogênicos presentes na fase líquida (FERREIRA FILHO, 2020).

De acordo com Ferreira Filho (2020), existe uma grande variedade de produtos químicos que podem ser utilizados no abastecimento de água, no entanto, levam em consideração algumas características, como as atividades antimicrobianas, solubilidade e estabilidade na fase líquida, ausência de poderes corrosivos e também toxicidade para os microrganismos em

temperatura ambiente. Todavia, o atendimento de todos esses requisitos juntos é difícil, então optasse pela sua maior efetividade, menor formação de subprodutos, mais econômico e principalmente a capacidade de deixar concentrações residuais na rede de distribuição.

Segundo Wajzman (2014), entre os agentes da desinfecção (desinfetantes), o mais largamente empregado na purificação da água é o cloro, visto que o mesmo é facilmente disponibilizado como gás, líquido ou sólido (hipoclorito); é mais econômico; facilmente aplicado devido a sua alta solubilidade; deixa um residual em solução, de concentração facilmente determinável, não é prejudicial em quantidades suficientes, além de proteger o sistema de distribuição, uma vez que, o cloro pode ser utilizado como desinfetante, para destruir ou inativar os microrganismos patogênicos ou vírus, ou como oxidante de compostos orgânicos e inorgânicos presentes na água.

Existem alguns compostos de cloro mais utilizados em estações de tratamento de água, que são o cloro gasoso (Cl_2), o hipoclorito de sódio (NaOCl), o hipoclorito de cálcio ($\text{Ca}(\text{OCl})^2$) e o dióxido de cloro (ClO_2). O cloro gasoso apesar de levar essa denominação o mesmo é guardado no estado líquido, fornecidos em cilindros. Já o hipoclorito de sódio é comercializado em concentrações que podem variar de 10% a 15% como cloro livre, levando em consideração do ponto de vista econômico este por sua vez é mais oneroso, no entanto, apresenta maiores questões de segurança e ambientais (FERREIRA FILHO, 2020).

O outro composto de cloro é o hipoclorito de cálcio comercializado na forma sólida, sua aplicação requer a preparação de uma solução e posteriormente na forma líquida, sua adoção em forma de pastilhas, está sendo amplamente utilizada por não exigir preparação manual de solução, possibilitando seu uso em grandes estações. Por fim, o dióxido de cloro apresenta propriedades físico-químicas particulares, visto que em algumas formas este não pode ser produzido, não sofre variação com o pH da fase líquida, além de (FERREIRA FILHO, 2020).

Segundo Costa (2015), quando o cloro utilizado é o dióxido de cloro (ClO_2), deve-se tomar alguns cuidados, pois este oferece riscos de explosão, devendo ser produzido no próprio local de uso. Entretanto, o ozônio é o mais próximo competidor do cloro, sendo utilizado em larga escala fora do Brasil, o mesmo é produzido através de descarga elétrica em uma abertura no qual escoa um gás contendo oxigênio. De difícil transporte e armazenamento o ozônio deve ser produzido próximo ao local de uso.

As principais considerações sobre o ozônio estão relacionadas às finalidades do seu uso, aos custos de implantação, operação e a formação de subprodutos. É um excelente desinfetante, não há formação de THM e não deixa residual na rede. A radiação ultravioleta (UV) é outra alternativa de desinfecção. A radiação UV é um bom desinfetante, não sofre influência do pH, não deixa residual no sistema, é improvável a formação de THM e outros compostos (COSTA, 2015).

Portanto, o pH é um parâmetro essencial em diversas etapas do tratamento de água, como coagulação, desinfecção, controle da corrosividade e remoção da dureza, também utilizado na caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas, águas residuárias e no controle da operação de estações de tratamento de água (SILVEIRA, 2017).

2.7. Correção de pH

Posteriormente as etapas de tratamento, alguns cuidados devem ser tomados para garantir a qualidade e a potabilidade da água tratada, como é o caso da correção do pH e da adição de flúor. Estes processos por sua vez, devem ser realizados na caixa de correção. A correção do pH, consiste na alcalinização da água para remover o gás carbônico livre e para provocar a formação de carbonato dentro das canalizações. Para prevenir este problema faz-se necessário elevar pH da água, controle a quantidade de produto e utilizando os equipamentos específicos (FUNASA, 2014).

Para captação superficial não é determinado um valor específico de pH, pois esse varia de acordo com o coagulante utilizado. Segundo Almeida (2013), a faixa de pH varia de 0 a 14, em consonância aos seus valores, a neutralidade ocorre com pH igual a 7,0. Portanto, valores abaixo são considerados ácidos e acima indicam alcalinidade.

2.8. Fluoretação

Para Libânio (2010) o processo de fluoretação ou também conhecido como fluoração é a etapa de tratamento que eleva determinada quantidade de fluoreto (F), ou seja, a água tratada através de compostos de flúor. Essa aplicação deve ocorrer posteriormente aos processos físico-químicos de tratamento. Um dos relevantes fortalecedores da dentina são o flúor e seus sais, sua ingestão diária tem se destacado na prevenção da cárie dentária em crianças e adultos.

FUNASA (2014) defende a ideia na qual a fluoretação é vista como uma etapa adicional na prevenção da cárie dental, uma vez que no Brasil este problema é um caso de saúde pública, em virtude do grande predomínio. Entretanto, o Ministério da Saúde (Portaria Nº 635/Bsb, de 26 de dezembro de 1975) recomenda que a adição de flúor não deve ser considerada tratamento

da água, e sim um aditivo necessário para reduzir a cárie dental da população, sendo este um processo seguro, econômico e adequado. Comumente utiliza-se dois produtos químicos, o Ácido Fluossilícico ($H_2 SiF_6$) e Fluossilicato de Sódio ($Na_2 SiF_6$).

De acordo com o Código de postura do município de Tucuruí, regulamentado pela lei Nº 4.142/1998, todos os projetos destinados à construção ou ampliação de SAA, deverão conter informações nas quais indiquem a real necessidade de fluoretação da água para consumo humano.

2.9. Órgãos de fechamento dos condutos

Segundo a ABNT NBR 12.216:1992, para que o fechamento de condutos livres possa ocorrer é necessário a utilização de comportas como, a montadas em guias completas permanentes, livre, segmentada, adufa, válvula de gaveta ou válvula-borboleta. Em contrapartida, para o fechamento dos condutos forçados, podem ser usadas válvulas de gaveta, válvula-borboleta, válvula de macho ou válvula de diafragma.

Para cada tipo de comporta existe uma finalidade, como a comporta montada que deve ser utilizada em guias completas permanentes, e não deve interferir no trânsito de pessoas; a comporta livre deve ser selecionada em caso de operações não frequentes, ou quando a comporta anterior não puder ser usada; a segmentada é utilizada e caso de operações não frequentes, ou quando sua localização não seja viável a remoção ou movimentação da comporta livre; em contrapartida a adufa deve ser instalada na parte a montante em casos de condutos livre ou forçado (ABNT 12.216/1992).

A válvula de gaveta usada para o fechamento total de condutos forçados; recomenda-se que a válvula-borboleta, é utilizada no fechamento total ou parcial de condutos forçados e também na regulagem de vazão; a válvula macho e de diafragma devem ser utilizadas substituindo o uso das válvulas-borboletas. Por fim, recomenda-se que as válvulas, comportas e adufas devem estar localizadas em local que permita sua fácil remoção (ABNT 12.216/1992).

Essas válvulas, podem ser utilizadas na unidade de filtração e contém, no mínimo, cinco válvulas ou comportas, como as válvulas de entrada de água decantada, de saída de água filtrada, entrada de água de lavagem, saída de água de lavagem e a válvula de drenos. Como, por exemplo, as válvulas de entrada de água decantada e de saída de água de lavagem estão localizadas no canal central que recebe a água de lavagem do filtro, podendo também está e, diferentes lugares no canal (FERREIRA FILHO, 2020).

2.10. Casa de química

De acordo, com a ABNT NBR 12.216:1992 cada casa de química deverá atender o projeto de cada estação proposta, satisfazendo suas reais necessidades. Ressalta-se que a casa de química não pode ser utilizada como alojamento para a equipe, mesmo que por um curto período de tempo, sendo necessário que este tipo de compartimento esteja fora das dependências da ETA. No entanto, fazem parte da casa de química: o depósito, locais para o preparo, instalação dos dosadores dos produtos químicos, o laboratório de controle de operação, serviços administrativos e auxiliares.

A ABNT NBR 12.216:1992 estabelece dependências mínimas para casa de química, isso levando em consideração estações com capacidade superior a 10000 m³/dia, sendo elas o depósito de produtos químicos, de cloro, da sala de dosagem, sala de dosagem do cloro, laboratórios, instalação sanitária com bacia e um lavatório, instalação sanitária com duas bacias e chuveiro separado, situados em área com lavatório e armários, copa e local para manutenção de equipamentos.

2.10.1. Utilização do sulfato de alumínio

Para a ABNT NBR 12.216:1992 a utilização deste produto químico requer especificações quanto ao fornecimento e armazenamento (dias e local), podendo ser adquirido na forma sólida e líquida. Esse aspecto está correlacionado a logística de aquisição do coagulante, levando em consideração a distância dos fornecedores ao local de manipulação, quantidade de dias que deverá ser utilizado no tratamento de água, a infraestrutura e o clima nos compartimentos de armazenamento.

Quando optar-se por utilizar o sulfato de alumínio em solução, o mesmo deve ser armazenado em tanques próximos a casa de química, facilitando os trabalhos de inspeção e manutenção. Nesta mesma linha de raciocínio, algumas características são elaboradas quanto aos tanques que este produto citado anteriormente é dissolvido, por exemplo, deve haver no mínimo 2 tanques com dispositivo de agitação separado, uma descarga de fundo com diâmetro mínimo de 50 mm, um volume útil mínimo total de sulfato necessário a 12 horas de operação, em suma os tanques não devem transmitir toxicidade a água (por isso a importância de se realizar análises de água para poder empregar a melhor tecnologia (ABNT 12.216/1992).

2.10.2. Utilização da Cal

A Cal utilizada no tratamento de água pode ser adquirida na forma de cal hidratada e virgem, cada uma delas com suas particularidades, uma vez que a cal hidratada é a mais usual, no entanto, caso haja espaço suficiente nas dependências da ETA, a cal virgem é adquirida. Dessa forma, a cal hidratada pode ser fornecida em sacos ou a granel, já a cal virgem requer cuidados com relação a ausência de contato com a umidade e com outros produtos (ABNT 12.216/1992).

Para a ABNT NBR 12.216:1992 a cal hidratada quando fornecidas em sacos devem armazenadas em cima do estrado de madeira, com relação a ser a granel devem ser colocadas em silos de preferência, em contrapartida para estações de tratamento com capacidade inferior a 10000 m³/dia podem dividir a área para armazenamento de coagulante e de cal em comum. Já para a cal virgem o armazenamento deve apresentar segurança contra a presença de umidade, a mesma não pode ter contato com outro produto químico.

2.10.3. Utilização do cloro

Posteriormente ao processo de filtração, ocorre a aplicação de um produto químico capaz de eliminar micro-organismos patogênicos, causadores de doenças aos seres humanos. Levando em consideração que um dos produtos mais utilizados é o cloro e seus compostos, pois além de ser um grande desinfetante, o mesmo também está disponível no mercado a um custo acessível e com grande efeito residual facilmente medido e controlado, ou seja, sua ação continua após aplicação além de não necessitar de uma operação complexa e aplicação, segura (LIBÂNIO, 2010).

A ABNT NBR 12216:1992, enfatiza que o cloro pode ser adquirido em estado líquido ou gasoso e seu consumo irá variar de acordo com a tecnologia escolhida, no entanto, essa variação pode ocorrer com no mínimo 1mg/l até 5mg/l.

De acordo com Libânio (2010) a principal finalidade do uso do cloro em sistemas de abastecimento de água é a desinfecção. Todavia, devido ao seu alto poder oxidante, sua aplicação nos processos de tratamento tem sido utilizada também como controle de sabor e odor, prevenção de crescimento de algas, remoção de ferro e manganês, remoção de cor e controle do desenvolvimento de biofilmes em tubulações.

2.10.4. Laboratório

O laboratório é o local na estação de tratamento de água no qual são realizados as análises e ensaios físicos, químicos e bacteriológicos, objetivando controlar e acompanhar a eficiência do tratamento, como por exemplo, pH, alcalinidade, turbidez, cor aparente, cloro e flúor (ABNT NBR 12.216/1992).

Nesta mesma linha, para a ABNT NBR 12.216:1992, o laboratório deve possuir iluminação (artificiais e naturais) e ventilação suficiente para propiciar melhor qualidade nas análises, além de equipamentos e vidrarias essenciais na execução das atividades requeridas, devendo situar-se próximo a área de dosagem.

Corroborando a assertiva anterior que o laboratório da ETA também deve ser projetado para atender as condições de biossegurança, respeitando as classes de risco dos organismos e dos agentes manipulados nas atividades, assim, buscando diminuir os riscos, é necessário possuir programas que contemplem a estrutura física, administrativa e técnica compatíveis com suas necessidades (FUNASA, 2014).

2.10.5. Segurança

Indubitavelmente, nas estações de tratamento de água deve existir condições mínimas de segurança e higiene, baseadas nas normas brasileiras e internacionais, objetivando minimizar os riscos de acidentes nas operações de equipamentos, máquinas, circuitos elétricos e dos trabalhadores (ABNT 12.216/1992).

De acordo com a ABNT 12216:1992 devem conter guarda-corpos de proteção em locais que apresentem riscos, mesmo em alturas menores, o mesmo deve ser capaz de resistir a esforços. Os locais destinados a realização de tarefas não podem apresentar depressões ou algo do tipo que possa causar um acidente.

Em locais com pouca circulação devem conter, no mínimo, escada de mão fixa, tipo marinho; com relação ao detalhamento das escadas e degraus, os mesmos devem ser bem fixados, apresentar uniformidade entre os degraus; em casos de exposições a produtos químicos no local devem conter chuveiros de emergência e lava olhos. Não menos relevante, tem-se o caso das máquinas e equipamentos que devem ter protetores adequados e que permita sua retirada e sua recolocação imediata (ABNT 12.216/1992).

3. METODOLOGIA

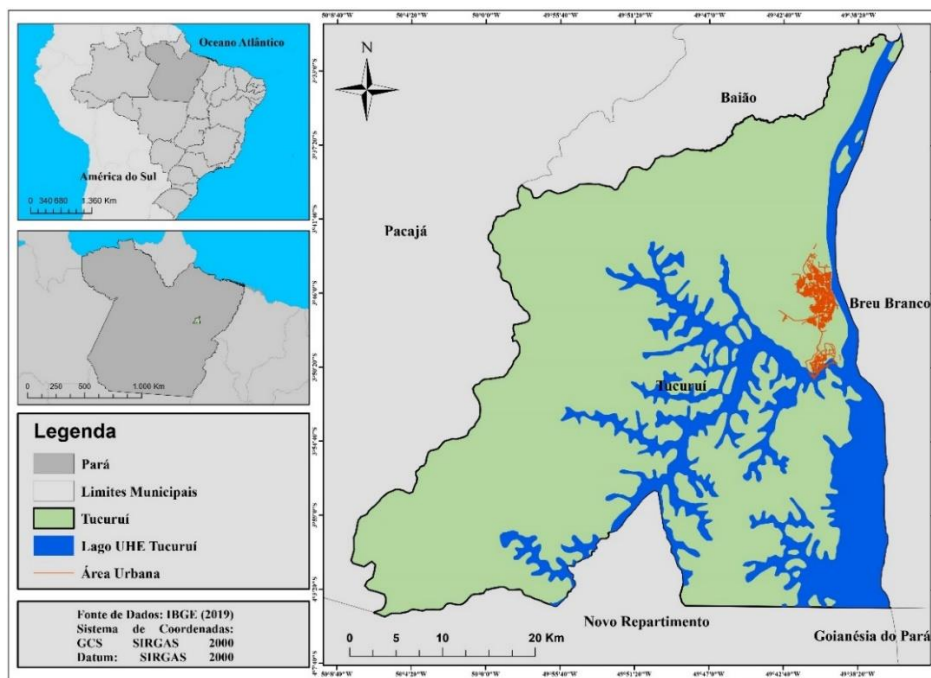
O projeto foi desenvolvido com a finalidade de levantar a atual situação do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e propor uma estação de tratamento de água (ETA) de ciclo completo dentro do município, por meio de pesquisas em fontes primárias e secundárias, aplicação da técnica de documentação direta, com a realização de uma visita in loco na captação do Sítio Deus é Grande no dia 26 de agosto de 2022, com objetivo de efetuar o registro fotográfico, observação direta, analisando os padrões de funcionamento, descrição do sistema e levantamento de informações dispostas pelo funcionário da Nossa Água que atualmente exerce a função de Diretor de manutenção na autarquia.

3.1. Área de estudo

O presente estudo foi realizado no município de Tucuruí (figura 4) abrange uma área de 2.086,2 km², a 39 metros de altitude, tendo suas coordenadas geográficas em: Latitude: 3° 46' 10'' Sul, Longitude: 49° 40' 27'' Oeste, situa-se na mesorregião Sudoeste Paraense e integra, juntamente com os municípios de Breu Branco, Jacundá, Nova Ipixuna, Itupiranga e Novo Repartimento, a microrregião de Tucuruí. Localizado a 350 km de Belém, o município é conhecido por sediar a operação da UHET da empresa Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A – Eletronorte (TENÓRIO e LIMA, 2013).

A área em estudo é administrada através da Autarquia Municipal do Serviço de Água e Esgoto (Nossa Água), constituída através da Lei Municipal Nº 6.694 de 03 de janeiro de 2006, possuindo ainda Plano Diretor da Lei Nº 7.145/2006.

Figura 2 - Mapa de localização do município



Fonte: Autoras, 2022.

3.2. Materiais e métodos

I - Avaliar a concepção atual do SAA do Sítio Deus é Grande:

A pesquisa documental é uma etapa essencial para um melhor conhecimento e apreensão dos elementos a serem analisados e correlacionados com a realidade da cidade de Tucuruí. Nesse sentido, foram pesquisados arquivos da Prefeitura de Tucuruí, representada pela Autarquia Municipal de Água e Esgoto (Nossa Água), Secretária Municipal de Obras e Urbanismo, algumas publicações na forma de livros, legislações, monografias e no arquivo público, para que se pudesse caracterizar em estudo qualitativo, uma vez que é necessário identificar as variáveis específicas que possam ser importantes, para assim poder explicar as complexas características de um problema.

Contudo, outras fontes documentais utilizadas na pesquisa foram fundamentais, como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), com objetivo de organizar as informações e entender o processo de funcionamento e administração da captação e dos bairros beneficiados por ela.

Diante disso, para a caracterização da cidade foram levantadas informações sobre a mesma, como número populacional e consumos de água, com apoio do cálculo geométrico e de dados do SNIS, respectivamente, contudo, foram essenciais a verificação do levantamento planialtimétrico.

II – Propor uma concepção e avaliar a melhor localização para a instalação de uma ETA para atender o setor em estudo:

Para Libânio (2010) é essencial que a ETA seja projetada e construída próximo a captação, no entanto, quando em situações especiais isso não é possível, torna-se comum construí-la em cotas mais elevadas do município, devido a otimização da operação e a verificação da pressão dinâmica mínima em toda rede de distribuição. Essa definição de localização pode ser instruída através das curvas de nível, que são pontos de igual altitude em relação ao nível do mar, projetadas de forma vertical e em intervalos iguais. Esse método de representação é simples.

Inicialmente utilizou-se um software livre com grande utilidade e com vasto material de apoio aos usuários, conhecido como Qgis na versão 3.10 no município de Tucuruí para gerar as curvas de nível, a partir disso, foi possível identificar os pontos mais propícios para a construção de uma ETA, atentando a obediência de alguns critérios para escolha do lugar, como: disponibilidade de área com fácil acesso (proximidade com a estrada do aeroporto), cota topográfica favorável, condições topográficas e geológicas positivas, proximidade com a captação, e principalmente esta área estar suscetível a ampliações futuras.

De acordo com as informações repassadas pela Autarquia, o município de Tucuruí possui atualmente três setores de captação de água, no entanto, para esta pesquisa foi escolhido o Setor 01, também denominado de SAA do Sítio Deus é Grande, localizada na BR/422 – km 68, a qual realiza o abastecimento de 19 bairros completos e 15 bairros intercalados com o setor 04 (estação do km 04), conforme a listagem do Anexo C. Todas as áreas em estudo são administradas através da Autarquia Municipal do Serviço de Água e Esgoto.

Atualmente a Autarquia municipal abastece em Tucuruí através da captação do Sítio Deus é Grande uma população urbana de aproximadamente 65.756, uma vez que a água captada é distribuída para residências, comércio em geral.

Figura 3 - Bairros atendidos em sua totalidade pela captação



Fonte: Autoras, 2022.

Uma observação com relação a figura acima é que os bairros que estão demarcados são os abastecidos em sua totalidade pela captação do Sítio Deus é Grande excluindo os que são intercalados com o km 4.

Mormente, no que se refere ao SAA, houve a necessidade de conhecer os modelos de gestão dos serviços de saneamento básico, mais especificamente, os serviços deste setor, no Brasil, Pará e no município. Na maioria dos casos a água para abastecimento pode ser oriunda de dois tipos de mananciais: superficial e subterrâneo, e isso está correlacionado ao tipo de tecnologia de tratamento adotado.

O objetivo do sistema proposto é que toda a população receba a quantidade de água necessária, incluindo nos dias de máximo consumo, como também de melhor qualidade. O projeto sugerido foi estruturado para um Sistema de Tratamento de Água convencional, assim este sistema é composto por captação de água bruta, coagulação/mistura rápida, floculação/mistura lenta, decantação, filtração, desinfecção, correção de pH, reservação e distribuição, que são operações unitárias em série. A fluoretação é implantada como aditivo na

prevenção dos problemas de carie dentária, considerado um problema de saúde pública no Brasil (FUNASA, 2014).

Figura 4 - Organograma das etapas de Tratamento de Água Convencional



Fonte: Adaptado FUNASA, 2014.

III- Dimensionamento das etapas de clarificação e desinfecção da ETA:

Para a análise de demografia, foi necessário utilizar os dados censitários do IBGE. Estes por sua vez, serviram como embasamento para analisar os processos tais como: Evolução populacional e dados de saneamento básico, especificamente direcionado para o setor de SAA.

Para caracterizar a quantidade populacional que será beneficiada com a implantação do projeto no município de Tucuruí, foi necessário a utilização de dados da Autarquia, a qual detém as informações relevantes acerca da rede e dos bairros que recebem água do igarapé Goés, ou seja, do Sítio Deus é Grande. Diante do levantamento de dados realizado junto aos órgãos competentes, verificou-se que o manancial em questão, atualmente abastece em torno de 60 % da população urbana de Tucuruí, ressaltando-se ainda a significativa abrangência deste sistema de distribuição no município, conseqüentemente, os cálculos elaborados foram baseados nesse percentual populacional.

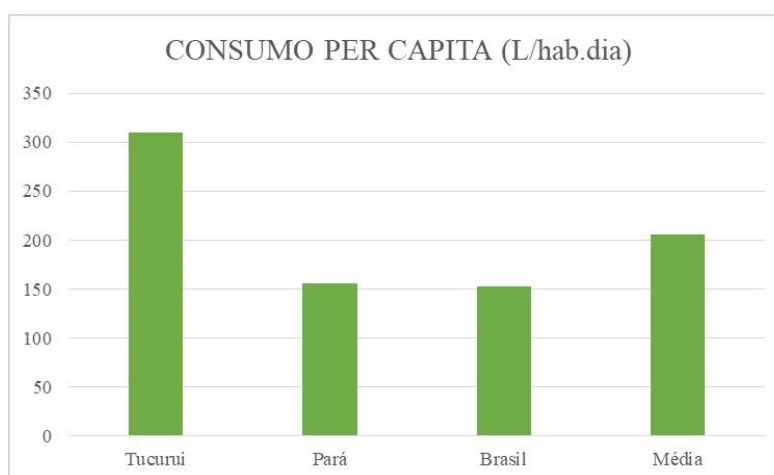
É notório, que em todo projeto de SAA são utilizados mecanismos de projeção populacional, já que ela é de fundamental importância para o planejamento de qualquer área administrativa. Neste caso o horizonte de projeto calculado foi de 20 anos, no entanto, esse período tem variado entre 20 e 30 anos, ou seja, para estimar o número de habitantes que será beneficiado pela captação estudada no ano de 2040. Com isso o cálculo de projeção geométrica

foi essencial, uma vez que, o mesmo baseia-se em um crescimento em função da população existente em cada instante, assim conduz a estimativas futuras com resultados significativos.

Inicialmente, foram coletados dados do SNIS (2020) de consumo per capita em escala de Brasil, Pará e Tucuruí, os quais foram representados no gráfico 1, e a partir daí realizou-se uma média entre esses valores, tendo como resultado aproximadamente 200 L/ hab.dia. É interessante ressaltar que esse consumo está diretamente relacionado com as condições climáticas, hábitos, nível de vida da população, entre outros.

Na elaboração de projetos de sistemas de abastecimento de água, é frequente o emprego de consumos per capita médios. O gráfico 1 a seguir demonstra o consumo per capita de acordo com a faixa populacional em níveis gerais:

Gráfico 1 – Consumo per capita da população



Fonte: Autoras, 2022.

O coeficiente do dia de maior consumo (K1) consiste na razão entre o maior consumo diário verificado em um ano e o consumo médio diário no mesmo ano, considerando-se as mesmas ligações. Na ausência de determinações específicas, o que deve sempre ser preferível, de acordo com (HELLER, LÉO; PÁDUA, 2006) geralmente adota-se um valor de 1,2 para K1.

Contudo, no cálculo da vazão não foram consideradas as vazões especiais, que são aquelas destinadas para grandes consumidores, como indústrias e condomínios. Concluindo-se que esses grandes consumidores possuem sua própria forma de abastecimento, ou seja, soluções individuais, devido as suas grandes demandas, de certa forma é o mais propício.

Com relação ao consumo da ETA para lavagem dos filtros e decantadores, geralmente adota-se cerca de 1 a 5% (como referência para projeto, $C_{eta} \leq 1,05$), no entanto para este estudo optou por uma média de 3% (1,03) destinados a essa finalidade.

Portanto, para definir a vazão necessária para o abastecimento as informações discorridas acima podem ser visualizadas resumidamente no quadro 1.

Quadro 1 – Dados para estimativa da vazão

DADOS	VALORES	UNIDADE
Consumo per capita (q)	200	L/hab.dia
K1	1,2	
Consumo Especial	0	l/s
Consumo da ETA	1,03	

Fonte: Autoras, 2022.

Os valores adotados no quadro 1, foram retirados do livro Manual de Hidráulica (1998). Já os quadros 2 e 3 demonstram respectivamente a taxa de aplicação e a velocidade de sedimentação de acordo com a NBR 12.216:1992. Estes valores serão utilizados para o dimensionamento do tanque de decantação. E o consumo especial são aqueles usuários que necessitam de grandes volumes de água para executarem atividades específicas.

Quadro 2 – Taxa de aplicação de acordo com a vazão da ETA

Capacidade da ETA	Taxa de aplicação	Unidades
Até 1000m ³ /d	25	m ³ /m ² .dia
De 1000 a 10000m ³ /d (bom controle operacional)	35	m ³ /m ² .dia
Caso contrário	25	m ³ /m ² .dia
➤ 10000 m ³ /dia	40	m ³ /m ² .dia

Fonte: NBR 12.216 (1992).

Quadro 3 – Velocidade de sedimentação de acordo com a vazão da ETA

Capacidade da ETA	Velocidade de sedimentação (Vo)	Unidades
Até 1000 m ³ /dia	0,50	cm/s
➤ 10000 m ³ /dia		
Bom controle operacional	0,75	cm/s
Remoção contínua	1,00	cm/s

Fonte: NBR 12.216 (1992).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Estudo De Concepção Do Sistema De Abastecimento De Água (SAA)

4.1.1. Descrição do sistema de abastecimento existente no município

De acordo com a Autarquia Nossa Água, o sistema de abastecimento de água da cidade de Tucuruí começou a ser gerenciado pela Autarquia Municipal do Serviço de Água e Esgoto a partir de 2001, estando presente até os dias atuais (2022), ainda no governo do Parsifal Pontes entre 2000 a 2002.

Assim como, o abastecimento é realizado de forma gratuita, onde a maior problemática está na ausência de qualquer tipo de tratamento na água (água bruta) que é distribuída para população, assim o município tem por dever gerenciar e desenvolver políticas públicas para o funcionamento do sistema (Convênio da Caixa Econômica Federal e do convênio entre PMB e Eletronorte).

A água utilizada para abastecimento é retirada do manancial superficial Igarapé Goés situado no Sítio Deus é Grande, a partir daí a mesma é distribuída a população, em cerca de 19 bairros e intercalados com o km 04 com outros 15 bairros, sem nenhum tipo de tratamento. Assim, devido não existir tratamento, o mesmo abastece grande parte da população Tucuruíense com água bruta.

Dessa forma, após a visita in loco na captação diversas informações e registros fotográficos foram realizados, como pode-se verificar nas figuras 5, 6 e 7.

Figura 5 – Ponto de captação



Fonte: Autoras, 2022.

Figura 6 – Mangote de adução



Fonte: Autoras, 2022.

Figura 7 – Bomba de captação



Fonte: Autoras, 2022

Através de informações fornecidas pelos órgãos competentes e em visita in loco, foi possível avaliar as atuais condições de água da captação do Sítio Deus é Grande e concluir que, especialmente na área do manancial, os motores em sua maioria operam sem nenhum tipo de proteção, os quadros de comando estão desativados ou funcionando com improvisações (sem fusíveis ou qualquer tipo de proteção), colocando em risco a segurança dos funcionários.

Segundo informações disponibilizadas pela Autarquia Nossa Água, a captação trabalha 24h/dia para atender de forma intercalada os bairros do município. Entretanto, para suprir a demanda populacional, foi firmado um convênio de cooperação mutua entre a Eletronorte e o Município, com o objetivo de implementar uma nova estação elevatória localizada na Vila Residencial Permanente, juntamente com as adutoras e a construção de uma ETA (Figura 8) para complementar esse processo.

Figura 8 – ETA localizada na vila permanente



Fonte: Autoras, 2022.

Segundo informações repassadas pela Autarquia Nossa Água, no ano de 2002 foi elaborado um projeto municipal que consistia em utilizar as águas do lago da hidrelétrica para abastecer 100% da demanda urbana de Tucuruí, para que assim desativassem as captações dos

igarapés Santos do km 4 e Santana do bairro Santa Mônica, devido aos problemas antrópicos e de meio ambiente existentes nestes espaços. Esse projeto da ETA localizada na Vila Permanente foi financiado através de um convênio com o governo federal, através da FUNASA, em um Programa Nacional de Saneamento Básico, chamado Projeto Alvorada, cuja captação e ETA fariam parte das demandas mitigatórias entre o município e a Eletronorte.

Para a Nossa Água (2022), alguns motivos surgiram e fizeram com que o município optasse por essa modalidade e o acordo com a Eletronorte, entre eles a abundância do lago da hidrelétrica e a economia com energia elétrica, uma vez que a Eletronorte cuidaria da captação no lago e a elevação da água até a estação de tratamento. Devido a isso, o município investiu em uma adutora de aço de aproximadamente 6 km de extensão com a bitola de 600 mm e a construção de um reservatório elevado e um centro de distribuição na entrada da cidade, nas proximidades da atual estação rodoviária.

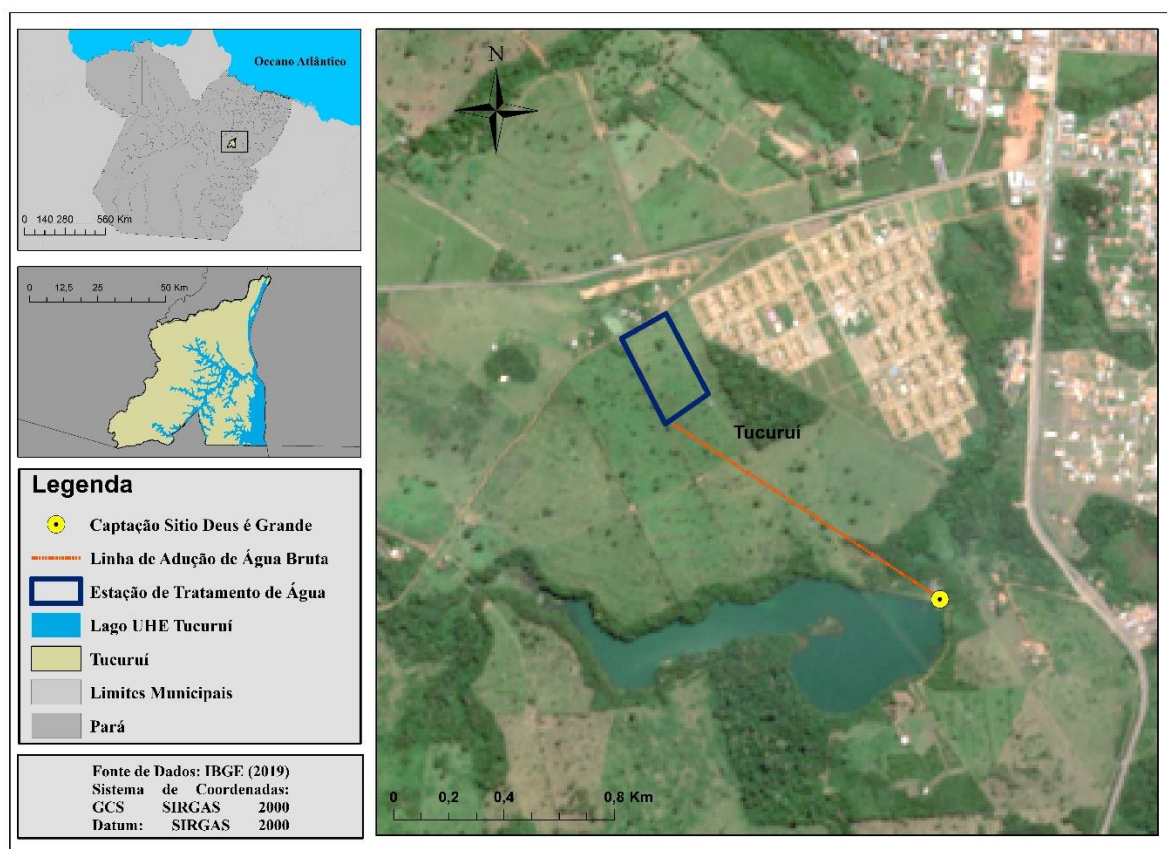
Duas décadas depois, a Eletronorte se propõe a entregar ao município uma ETA com a capacidade de 600.000 l/h para ser tratada, uma vez que, não se conseguiu, até o presente momento, solucionar problemas técnicos na estação elevatória, um exemplo, é que todas as vezes em que as duas bombas instaladas são utilizadas para testes, os magotes se rompem.

Concluindo-se assim, que entre outras situações, a estação de tratamento de água construída pela Eletronorte para o município, nas condições que se encontra atualmente, se torna inviável seu funcionamento, já que a ETA nunca entrou em operação, salvo em casos de testes durante a realização da manutenção, por esses motivos a obra também ficou conhecida como elefante branco.

4.2. Estudo da locação da ETA

A seleção para localização da Estação de Tratamento de Água baseou-se na ABNT NBR 12.216/1992, uma vez que deve ser levado em consideração a acessibilidade ao local, ou seja, estradas que garantam a passagem de pessoas e de carros autorizados ao transporte de produtos químicos. Sendo que, devido a suposta localização da ETA, esse critério será respeitado, sendo a sua localização próxima a estrada do aeroporto, Km 5, de modo que a mesma possa ser usada como forma de acesso a ETA.

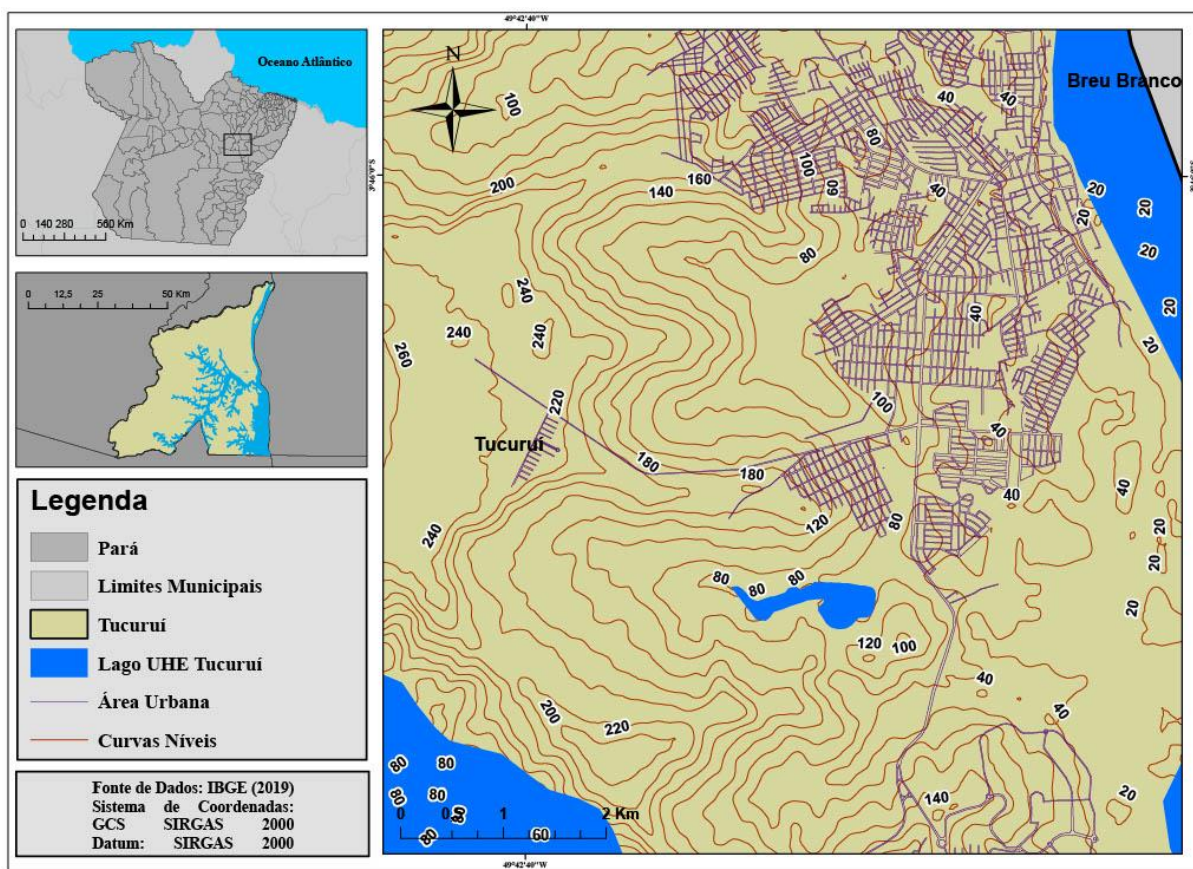
Figura 9 – Possível localização da ETA



Fonte: Autoras, 2022.

Além do fácil acesso a ETA, outros aspectos são relevantes, como o terreno escolhido para implantação ser livre de enxurradas e acima da cota máxima de enchentes, assim como, proximidade do curso d'água e do local de consumo, e disponibilidade de energia elétrica. Por isso, para uma análise quanto ao posicionamento da ETA, referentes a ocorrência de alagamentos, foi utilizado o QGIS, para gerar curvas de níveis, e assim aloca-la em um ponto adequado, fora de possíveis danos as instalações ou ao tratamento.

Figura 10 – Curvas de nível do município



Fonte: Autoras, 2022.

Segundo a ABNT 12.216:1992 a localização para implantação da ETA selecionada deve levar em consideração alguns aspectos, como a facilidade de acesso e transporte dos materiais e afastamento de água de lavagem, a disponibilidade de energia elétrica, contando com cota topográfica favorável para a adução, condições topográficas e geológicas relativamente boas, as áreas próximas também devem ser verificadas e principalmente se o local escolhido para instalação poderá estar sujeito a possíveis mudanças, como ampliações futuras.

As áreas de delimitação da estação de tratamento de água devem ser exclusivas de pessoas capacitadas e autorizadas a realizar as operações, ou seja, a área deve está fechada impedindo o acesso a pessoas estranhas, em casos de residências para os funcionários da ETA a mesma deve ser fora da área das instalações (ABNT 12.216/1992).

Levando em consideração à importância socioambiental das ETAs, é relevante salientar sobre as possíveis deficiências existentes, uma vez que vários aspectos são responsáveis por definir a eficiência dos sistemas de tratamento. Pereira (2016) afirma que existem fatores agravantes para o tratamento como a qualidade da água que será captada e a sobrecarga

hidráulica, devido ao dano dos potenciais mananciais, problemas quanto ao dimensionamento das unidades e da execução das estações.

A escolha do terreno surgiu baseando-se em algumas exigências contidas nas regulamentações citadas anteriormente, no qual buscava-se uma área que assegura-se o não comprometimento de funcionamento da ETA, haja vista que o mesmo apresenta uma cota de máxima enchente positiva, e o local deve estar livre de enxurradas. Em contexto mais abrangente, o local para implantação deve possuir um tráfego de fácil acesso, disponibilidade de energia elétrica, condições acessíveis.

O sistema de abastecimento de água dos municípios perpassa por interesse público, do ponto de vista técnico e econômico, uma vez que, este tipo de obra é de extrema relevância social, considerando que para o projeto a área em questão apresenta a melhor opção, por possuir altitude favorável, aproveitando a ação da gravidade, já que facilita a interligação na rede de distribuição existente na cidade, a ETA possuirá uma área maior, para uma futura ampliação, caso necessário.

4.3. Período De Projeto

Para o projeto da ETA, é essencial o conhecimento da população de final de plano, assim como o aumento ao longo do tempo, para o estudo das etapas de implantação. Segundo dados do IBGE 2010, a Tabela 2 abaixo apresenta uma população urbana do município de Tucuruí estimada em:

- Projeção populacional

Tabela 2 – População urbana do município

TUCURUÍ		
ANO	POPULAÇÃO URBANA	60% DA POPULAÇÃO
2000	60.867	36.520
2010	92.442	55.465
2020	109.594	65.756

Fonte: Autoras, 2022.

1º - Calcular a taxa de crescimento geométrico

$$Kg = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{T_2 - T_1} \quad (1)$$

Onde:

P1 -> População 2010

P2-> População 2020

T1 = 2010

T2 = 2020

$$Kg = \frac{\ln 65.756 - \ln 55.465}{2020 - 2010}$$

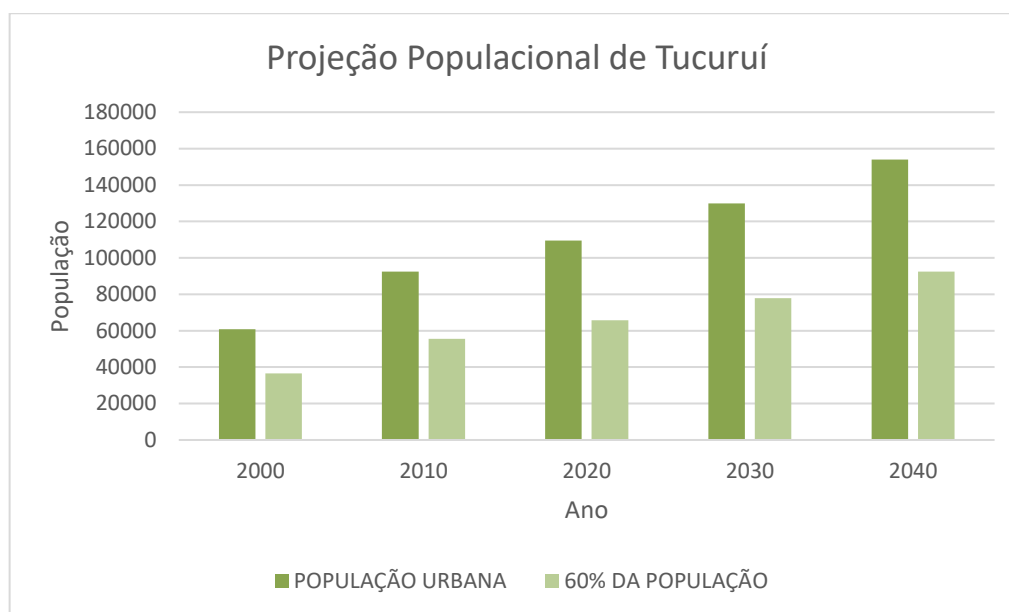
$$Kg = 0,01702$$

2º - Calcular estimativa populacional para o ano de 2040

$$\begin{aligned} P &= P_2 * e^{kg*(t-t_2)} \\ P_{2040} &= 65.756 * e^{0,017*(2040-2020)} \\ P_{2040} &= 92.421 \text{ Hab} \end{aligned} \quad (2)$$

A seguir, pode-se observar no Gráfico 2 o quantitativo populacional urbano e o abastecido pelo sistema do sítio Deus é grande, de 2000 a 2040.

Gráfico 2 – Projeção populacional do município



Fonte: Autoras, 2022.

4.4. Vazão de projeto

A partir da projeção populacional é possível estimar a vazão necessária da ETA utilizando a Equação 3 e adotando os valores do Quadro 1.

$$Q_1 = \left(\frac{K_1 P q}{86400} + Q_{\text{especial}} \right) C_{ETA} \quad (3)$$

Em que:

Q_1 – Vazão de projeto (l/s)

K_1 – Coeficiente de maior consumo diário

P – População de projeto (hab)

q – Consumo per capita (l/hab . dia)

Q_{especial} – Consumo industrial (l/s)

C_{ETA} – Consumo da Estação de Tratamento de Água

$$Q_1 = \left(\frac{1,2 * 92.421 * 200}{86400} \right) 1,03$$

$$Q_1 = 264,4281 \text{ l/s} \sim 265 \text{ l/s}$$

4.5. Dimensionamento das unidades da ETA

4.5.1. Calha Parshall

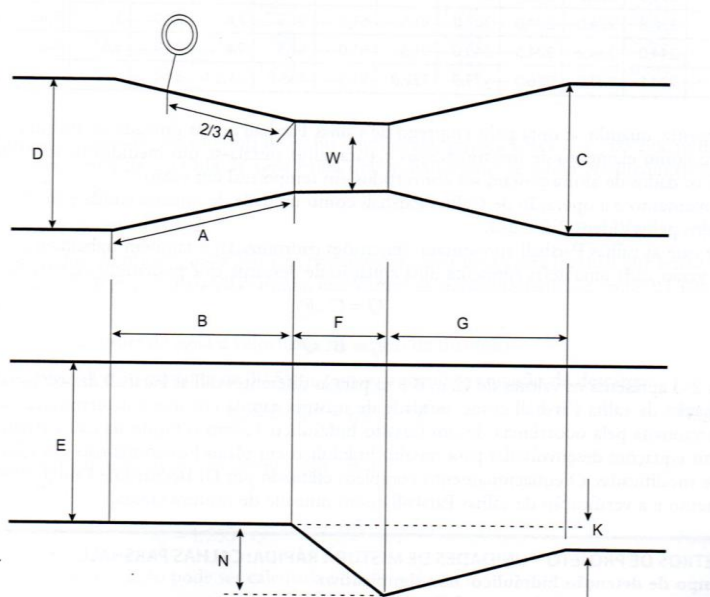
Na essência, como a própria NBR 12.216:1992 descreve o processo de mistura rápida, o mesmo pode ser realizado de forma mecanizada ou hidráulica, uma vez que seu objetivo é misturar os coagulantes na água bruta (propriamente na etapa de coagulação). Todavia, para esse estudo, foi preferível a utilização por meio do processo hidráulico (Calha Parshall), já que possui simplicidade operacional e baixa necessidade de manutenção.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992) faz recomendações de gradientes de velocidade compreendidos entre 700 e 1100 s⁻¹, em um tempo de mistura não superior a 5 s para a aplicação de coagulantes metálicos hidrolisáveis, o que se constitui uma segunda alternativa para dimensionamento.

Vale salientar que para LIBÂNIO (2010), esses medidores são os mais utilizados nas ETA's brasileiras, apresentando dimensões padronizadas, em conformidade com a dimensão da garganta (W), como apresentado na Tabela 3 posteriormente. A Calha Parshall contém três seções, quais sejam, convergente a montante, garganta e divergente à jusante, as quais possuem dimensões padronizadas.

Sucintamente, as seções da Calha Parshall descritas anteriormente, estão dispostas como a primeira na posição horizontal, a segunda inclina-se para baixo na garganta e a última inclina-se para cima na saída, conforme a Figura 11.

Figura 11 - Dimensões padronizadas da Calha Parshall



Fonte: Ferreira Filho, (2020).

a) Dimensionamento da Calha Parshall

A Calha Parshall é um dispositivo que tem como função medir a vazão de água na forma de um canal aberto e com dimensões já padronizadas, ou seja, a água é forçada a passar pelo canal relativamente estreito. Esta por sua vez, possui algumas vantagens, como baixo custo, facilidade de construção, pequena perda de carga e simples operação de medição de vazão.

Essas dimensões padronizadas da Calha Parshall descritas na Tabela 3, constituem vantagens, já que permitem o conhecimento prévio dos gradientes de velocidade, auxiliando em resultados mais rápidos, geralmente caracterizada pela largura da sua garganta W, podendo variar de 1" ($2,54 \cong 2,5$ cm) a 10' ($304,8 \cong 305$ cm). Assim, de acordo com a largura, as dimensões geométricas são padronizadas (FERREIRA FILHO, 2020).

b) Seleção da Calha Parshall

Tabela 3 - Dimensões da Calha Parshall em função da largura de sua garganta (W)

W	A	B	C	D	E	F	G	K	N	X	Y	Vazão (l/s)	k	n
pol	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Mm	Mm	mm	mm	min	máx	
1'	137,1	134,4	61	84,5	91,5	61	91,5	7,6	22,9	5,1	7,6	3,1	455,9	1,276 0,657

Fonte: Adaptado de Vianna, (2019).

- Equação de descarga

$$H_a = k * Q^n \quad (4)$$

$$H_a = 1,276 * 0,265^{0,657}$$

$$H_a = 0,53 \text{ m}$$

-Largura da secção

$$D' = \frac{2}{3}(D - W) + W \quad (5)$$

$$D' = \frac{2}{3}(84,5 - 30,5) + 30,5$$

$$D' = 66,5 \text{ cm} = 0,665 \text{ m}$$

- Velocidade da secção

$$V_a = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{D' * H_a} \quad (6)$$

$$V_a = \frac{0,265}{0,665 * 0,53}$$

$$V_a = 0,75 \text{ m/s}$$

- Energia total disponível

$$E_a = H_a + \frac{V_a^2}{2g} + N \quad (7)$$

$$E_a = 0,53 + \frac{0,75^2}{2 * 9,81} + 0,229$$

$$E_a = 0,79 \text{ m}$$

- Cálculo do ângulo fictício

$$\cos(\theta) = - \frac{g * Q}{W(0,67 * g * E_a)^{3/2}} \quad (8)$$

$$\cos(\theta) = - \frac{9,81 * 0,265}{0,305 (0,67 * 9,81 * 0,79)^{3/2}}$$

$$\cos(\theta) = -0,72$$

$$\theta = 135,97^\circ$$

- Velocidade da água no início do ressalto

$$V_1 = 2 \cos\left(\frac{\theta}{3}\right) * \left(\frac{2 * g * E_a}{3}\right)^{1/2} \quad (9)$$

$$V_1 = 2 \cos\left(\frac{135,97^\circ}{3}\right) * \left(\frac{2 * 9,81 * 0,79}{3}\right)^{1/2}$$

$$V_1 = 3,19 \text{ m/s}$$

- Altura da água no início do ressalto

$$E_a = E_1 \rightarrow E_a = y_1 + \frac{V_1^2}{2g} \quad (10)$$

$$y_1 = E_a - \frac{V_1^2}{2g} \quad (11)$$

$$y_1 = 0,79 - \frac{3,19^2}{2 * 9,81}$$

$$y_1 = 0,27 \text{ m}$$

- Número de Froude

$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g * y_1}} \quad (12)$$

$$Fr_1 = \frac{3,19}{\sqrt{9,81 * 0,27}}$$

$$Fr_1 = 1,96$$

$$y_3 = \frac{y_1}{2} * \left(\sqrt{1 + 8 * Fr_1^2} - 1 \right) \quad (13)$$

$$y_3 = \frac{0,27}{2} * \left(\sqrt{1 + 8 * 1,96^2} - 1 \right)$$

$$y_3 = 0,63 \text{ m}$$

- Profundidade no final do trecho divergente

$$y_2 = y_3 - N + K \quad (14)$$

$$y_2 = 0,625 - 0,229 + 0,076$$

$$y_2 = 0,47 \text{ m}$$

- Velocidade no final do trecho divergente

$$V_2 = \frac{Q}{y_2 * C} \quad (15)$$

$$V_2 = \frac{0,26443}{0,47 * 0,61}$$

$$V_2 = 0,92 \text{ m/s}$$

- Perda de carga no ressalto hidráulico

$$\Delta H = (H_a + N) - y_3 \quad (16)$$

$$\Delta H = (0,5325 + 0,229) - 0,625$$

$$\Delta H = 0,14 \text{ m}$$

- Tempo de detenção média no trecho divergente

$$\theta_h = \frac{G_{parshall}}{V_m} = \frac{G_{parshall}}{(V_1 + V_2)/2} \quad (17)$$

$$\theta_h = \frac{0,915}{(3,19 + 0,917)/2}$$

$$\theta_h = 0,44 \text{ s}$$

- Gradiente de velocidade

$$Gv = \sqrt{\frac{\gamma * \Delta H}{\mu * \theta_h}} \quad (18)$$

$$Gv = \sqrt{\frac{1000 * 0,316}{1,029 \times 10^{-4} * 0,44}}$$

$$Gv = 1713,29 \text{ s}^{-1}$$

Portanto, para Libânio (2010), estações de tratamento de água convencionais, podem assumir um gradiente de velocidade ordem de 1000 s^{-1} sem implicar em problemas significativos ao funcionamento da mesma, no entanto, essa mesma observação não condiz para as unidades com tecnologia de filtração direta na consecução dos ensaios que balizarão a definição das dosagens de coagulantes.

- Dimensionamento do canal retangular a jusante do Parshall

Assim, faz-se o dimensionamento do canal retangular a jusante do Parshall, através da Equação 21 e Equação 22.

$$Q = V_j \times S_j \quad (19)$$

$$S_j = C \times H_j \quad (20)$$

Em que:

VJ – Velocidade da água no canal a jusante do Parshall (entre 0,4 e 0,8 m/s), adotando 0,5 m/s.

SJ – Área da lâmina de água no canal a jusante do Parshall.

HJ – Altura da lâmina de água no canal a jusante do Parshall.

$$0,26 = 0,5 \times 0,61 \times H_j$$

$$H_j = 0,85 \text{ m}$$

Tendo o valor de *HJ* adota-se o valor da altura do canal a jusante do Parshall de 90 cm, assumindo as seguintes dimensões 61 cm por 90 cm. Logo, calcula-se a altura do rebaixo no início do canal retangular a jusante do Parshall (ΔH), através da Equação 23.

$$\Delta H = H_j - y_2 \quad (21)$$

$$\Delta H = 0,85 - 0,47 = 0,38 \text{ m}$$

Portanto, a altura do rebaixo no início do canal a jusante do Parshall é de 38 cm. Assim, através da Equação 24 e Equação 25, determina-se a altura máxima de elevação da comporta a jusante do Parshall (H_c).

$$Q = 1,838 \times L_v \times H_v^{2/3} \quad (22)$$

$$H_c = H_j - H_v \quad (23)$$

Onde:

H_v – distância da comporta ao nível da água no canal a jusante do Parshall.

$$0,26 = 1,838 \times 0,61 \times H_v^{2/3}$$

$$H_v = \left(\frac{0,26}{1,838 \times 0,61} \right)^{3/2} = 0,112m$$

$$H_c = 0,85 - 0,112 = 0,738 m$$

D_c - Distância do vertedor Parshall à comporta

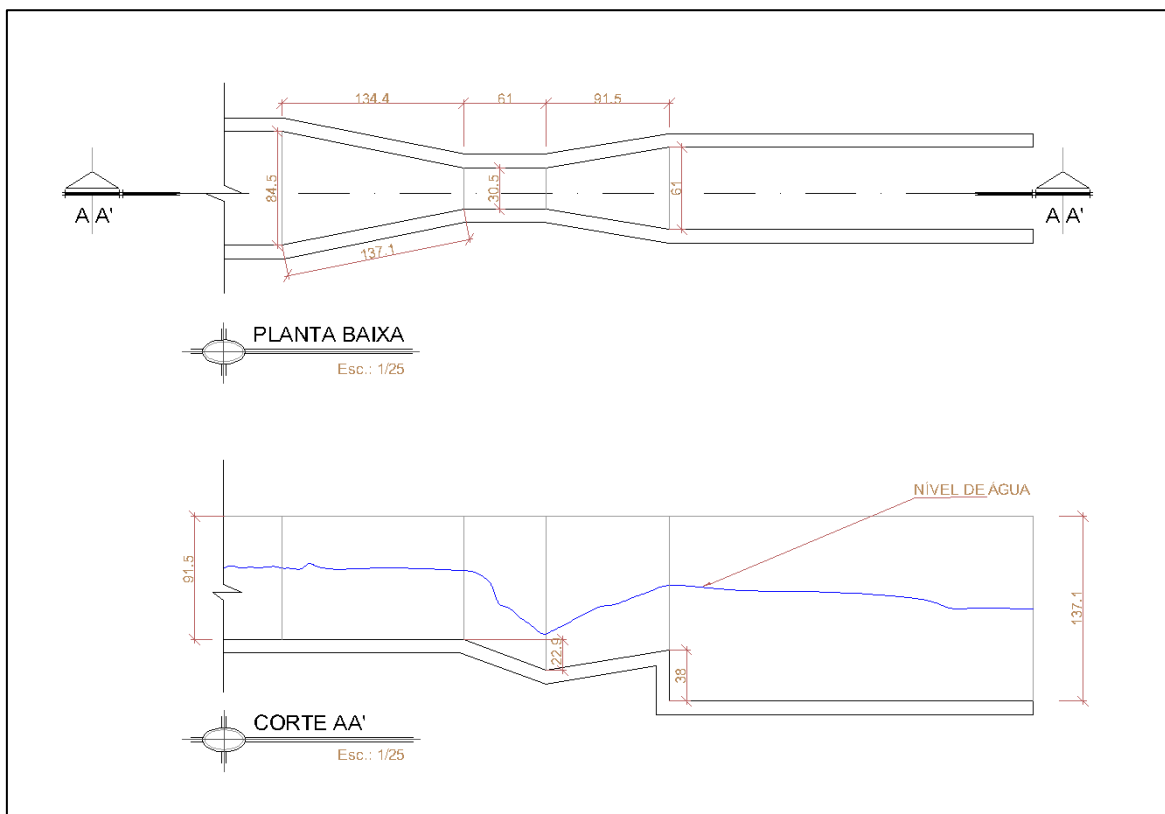
Tempo de detenção no final da calha = 5 s (ABNT NBR 12.216:1992)

$$D_c = V_j \times \text{Tempo de detenção} \quad (24)$$

$$D_c = 2,5 m$$

A seguir na Figura 12, é ilustrado um esquema do vertedor Parshall com suas medidas de largura de garganta, largura de chegada do canal de água bruta, em cm.

Figura 12 – Planta Baixa e Corte da Calha Parshall.



Fonte: Autoras, 2022.

4.5.2. Floculador

A floculação é a unidade na qual ocorre o processo de união das partículas (operação unitária), sendo por meios mecânicos ou hidráulicos, formadas na mistura rápida, assim como o período de detenção e o gradiente de velocidade devem ser analisados por meio de ensaios com a água bruta. Esse período deve ser entre 20min e 30min para floculadores hidráulicos, e entre 30 min e 40 min para mecânicos (ABNT 12.216/1992).

Para o trabalho proposto o tipo de floculador hidráulico selecionado foi de Chicanas de fluxo horizontal, que por sua vez apresenta vantagens (não requer equipamentos, não consome energia elétrica e não necessita de mão de obra especializada), contudo, o mesmo ocupa grandes espaços e também não havendo flexibilidade na alteração do gradiente de velocidade.

Neste caso, não houve a realização de ensaios laboratoriais, sendo assim, a NBR 12.216:1992 recomenda que o gradiente de velocidade máximo, no primeiro compartimento, seja de $70s^{-1}$ e o gradiente de velocidade mínimo, no último compartimento, de $10s^{-1}$, uma vez que deve ser previsto um dispositivo que altere o gradiente de velocidade, se adequando as características da água e permitindo uma variação de pelo menos 20% a mais ou a menos fixado para o compartimento. Já o tempo de detenção no canal deverá ser de 20 a 30 minutos

(RICHTER, 2009). Desse modo, o projeto sugeriu um tempo de detenção de 30 minutos (divididos em 3 câmaras, na qual será reservado 10 minutos para cada uma) por se tratar de um floculador hidráulico de chicanas, de fluxo horizontal.

Dados do projeto:

$$Q_1 = 265 \text{ l/s ou } 0,265 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Altura útil (Hu)} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Largura (L)} = 8 \text{ m}$$

Velocidades: (faixa recomendada 0,1m/s a 0,3 m/s de acordo com a NBR 12216)

$$v_1 = 0,25 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 0,20 \text{ m/s}$$

$$v_3 = 0,16 \text{ m/s}$$

-Calcular o volume das câmaras:

$$\begin{aligned} Vol &= Q_1 * Td \\ Vol &= \frac{0,264 \text{ m}^3}{\text{s}} * 10 \text{ min} * \frac{60\text{s}}{1 \text{ min}} \\ Vol &= 158,66 \text{ m}^3 \end{aligned} \tag{25}$$

- Determinar área superficial da câmara:

$$\begin{aligned} As &= \frac{Vol}{Hu} \\ As &= \frac{158,66 \text{ m}^3}{1,2 \text{ m}} \\ As &= 132,21 \text{ m}^2 \end{aligned} \tag{26}$$

- Determinar o comprimento do canal

$$\begin{aligned} C &= \frac{As}{L} \\ C &= \frac{132,21 \text{ m}^2}{8 \text{ m}} \end{aligned} \tag{27}$$

$$C = 16,53 \text{ m} \sim 16,55 \text{ m}$$

-Seção entre chicanas

$$Sc = \frac{Q_1}{v} \quad (28)$$

$$Sc_1 = \frac{Q_1}{v_1} = \frac{0,264}{0,28} = 0,94 \, m^2$$

$$Sc_2 = \frac{Q_1}{v_2} = \frac{0,264}{0,23} = 1,17 \, m^2$$

$$Sc_3 = \frac{Q_1}{v_3} = \frac{0,264}{0,17} = 1,53 \, m^2$$

- Espaçamento entre chicanas

$$e = \frac{Sc}{Hu} \quad (29)$$

$$e_1 = \frac{Sc_1}{Hu} = \frac{1,06}{1,2} = 0,79 \, m$$

$$e_2 = \frac{Sc_2}{Hu} = \frac{1,32}{1,2} = 0,97 \, m$$

$$e_3 = \frac{Sc_3}{Hu} = \frac{1,65}{1,2} = 1,27 \, m$$

- Determinar o número de chicanas

$$N = \left(\frac{C}{e}\right) - 1 \quad (30)$$

$$N_1 = \left(\frac{C}{e_1}\right) - 1 = \left(\frac{16,53}{0,79}\right) - 1 = 20$$

$$N_2 = \left(\frac{C}{e_2}\right) - 1 = \left(\frac{16,53}{0,97}\right) - 1 = 16$$

$$N_3 = \left(\frac{C}{e_3}\right) - 1 = \left(\frac{16,53}{1,27}\right) - 1 = 12$$

- Velocidade na curva da chicana

$$Vc = \frac{2}{3} * v \quad (31)$$

$$Vc_1 = \frac{2}{3} * v_1 = \frac{2}{3} * 0,28 = 0,19 \, m/s$$

$$Vc_2 = \frac{2}{3} * v_2 = \frac{2}{3} * 0,23 = 0,15 \, m/s$$

$$Vc_3 = \frac{2}{3} * v_3 = \frac{2}{3} * 0,17 = 0,12 \, m/s$$

- Distância da chicana à parede

$$Dc = \frac{Q_1}{Vc} \quad (32)$$

$$Dc_1 = \frac{Q_1}{Vc_1} = \frac{0,264}{0,19} = 1,39 \text{ m}$$

$$Dc_2 = \frac{Q_1}{Vc_2} = \frac{0,264}{0,15} = 1,76 \text{ m}$$

$$Dc_3 = \frac{Q_1}{Vc_3} = \frac{0,264}{0,12} = 2,20 \text{ m}$$

- Comprimento percorrido pela água

$$Cp = v * Td \quad (33)$$

$$Cp_1 = v_1 * Td = 0,28 * 10 * 60 = 168 \text{ m}$$

$$Cp_2 = v_2 * Td = 0,23 * 10 * 60 = 138 \text{ m}$$

$$Cp_3 = v_3 * Td = 0,17 * 10 * 60 = 102 \text{ m}$$

- Perda de carga nas curvas das chicanas

$$hcurvas = \frac{(N + 1) * v^2 + N * Vc}{2g} \quad (34)$$

$$hcurvas_1 = \frac{(20 + 1) * 0,28^2 + 20 * 0,19}{2 * 9,81} = 0,12 \text{ m}$$

$$hcurvas_2 = \frac{(16 + 1) * 0,23^2 + 16 * 0,15}{2 * 9,81} = 0,063 \text{ m}$$

$$hcurvas_3 = \frac{(12 + 1) * 0,17^2 + 12 * 0,12}{2 * 9,81} = 0,022 \text{ m}$$

-Determinar a perda de Carga Distribuída (HF)

$$RH = \frac{AM}{PM} \quad (35)$$

$$RH = \frac{e \cdot hu}{e + 2 \cdot hu} \quad (36)$$

$$RH_1 = \frac{0,79 * 1,2}{0,79 + 2 * 1,2} = 0,296 \text{ m}$$

$$RH_2 = \frac{0,97 * 1,2}{0,97 + 2 * 1,2} = 0,346 \text{ m}$$

$$RH_3 = \frac{1,27 * 1,2}{1,27 + 2 * 1,2} = 0,416 \text{ m}$$

Em seguida:

$$n = 0,012$$

$$h_{chicanas} = \frac{(v * n)^2 * Cp}{RH^{4/3}} \quad (37)$$

$$h_{chicanas_1} = \frac{(0,28 * 0,012)^2 * 168}{0,296^{4/3}} = 0,01 \text{ m}$$

$$h_{chicanas_2} = \frac{(0,23 * 0,012)^2 * 136}{0,346^{4/3}} = 0,004 \text{ m}$$

$$h_{chicanas_3} = \frac{(0,17 * 0,012)^2 * 104}{0,416^{4/3}} = 0,001 \text{ m}$$

- Determinar a Perda de Carga Total (HFT)

$$HFT = h_{curvas} + h_{chicanas} \quad (38)$$

$$HFT_1 = 0,120 + 0,01 = 0,129 \text{ m}$$

$$HFT_2 = 0,063 + 0,004 = 0,067 \text{ m}$$

$$HFT_3 = 0,028 + 0,001 = 0,03 \text{ m}$$

- Determinar o Gradiente de Velocidade (G)

$$G = \sqrt{\frac{1000 \cdot HFT}{\mu \cdot td}} \quad (39)$$

Onde:

$$\mu = 0,0001$$

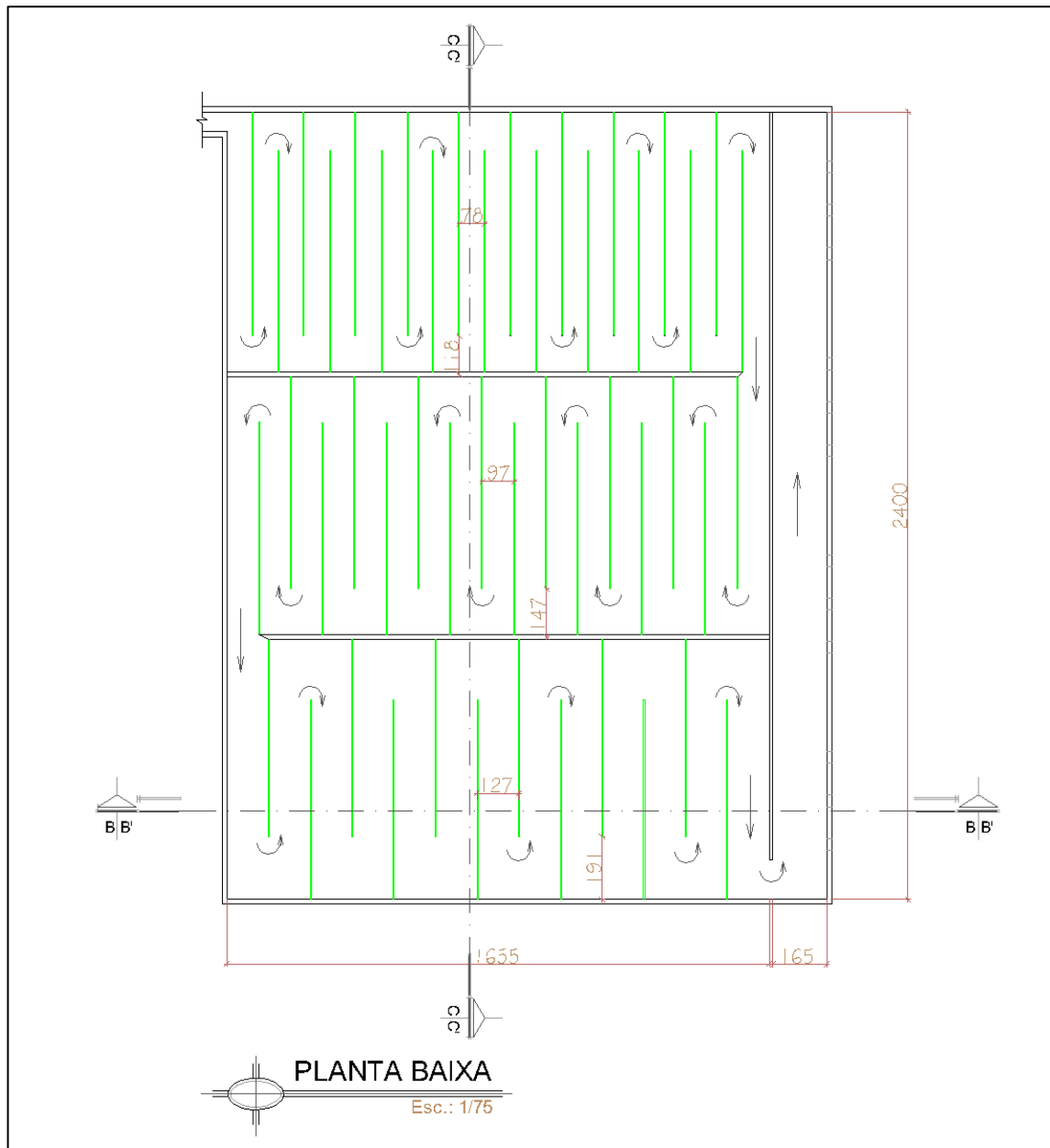
$$G_1 = \sqrt{\left(\frac{1000 * 0,129}{(0,0001 * 10 * 60)}\right)} = 45,75 \text{ s}^{-1}$$

$$G_2 = \sqrt{\left(\frac{1000 * 0,067}{(0,0001 * 10 * 60)}\right)} = 33,03 \text{ s}^{-1}$$

$$G_3 = \sqrt{\left(\frac{1000 * 0,03}{(0,0001 * 10 * 60)}\right)} = 21,88 \text{ s}^{-1}$$

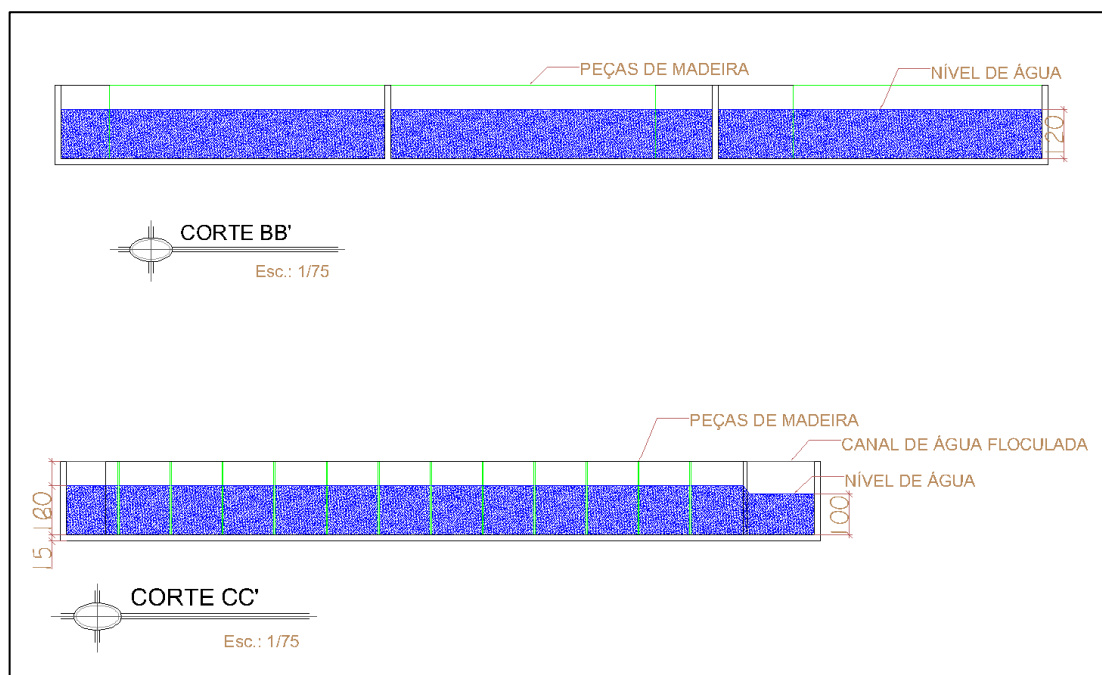
Portanto, será admitido um floculador com as dimensões representadas nas figuras 13 e

Figura 13 – Planta Baixa do Floculador.



Fonte: Autoras, 2022.

Figura 14 – Cortes do Floculador



Fonte: Autoras, 2022.

4.5.3. Decantador

Os decantadores em sua maioria apresentam grandes comprimentos na forma retangular, com pontos de descarga e escoamento horizontal, nos quais a água entra em uma extremidade, move-se na direção longitudinal e sai pelo extremo oposto. O mecanismo baseia-se na separação das partículas sólidas presentes na água, uma vez que, essas partículas, tendo peso maior que o da água, precipita-se com uma determinada velocidade, diminuindo-se gradualmente para que as partículas possam sedimentar (LIBÂNIO, 2010).

Posteriormente a etapa de floculação, a água é transferida para os decantadores, na qual os materiais em suspensão devido à gravidade, depositam-se no fundo do tanque, os quais são projetados para facilitar a descarga. Os decantadores devem ser lavados quando a camada de lodo estiver diminuindo a eficiência da etapa.

Para a ETA proposta de Tucuruí-PA, serão utilizados 4 decantadores convencionais retangulares cada um com vazão de 5.711,6 m³/dia.

a) Determinar as dimensões de um decantador

$$A = \frac{Qd}{Tx} \quad (40)$$

$$A = \frac{5711,67}{40}$$

$$A = 142,79 \text{ m}^2$$

$$L_d = \frac{\text{Largura do floculador}}{n^{\circ} \text{ de decantadores}} \quad (41)$$

$$L_d = \frac{24 \text{ m}}{3}$$

$$L_d = 6 \text{ m}$$

$$C = \frac{A}{L_d} \quad (42)$$

$$C = \frac{142,79 \text{ m}^2}{6 \text{ m}}$$

$$C = 23,80 \text{ m}$$

Tempo de detenção = 3 horas (adotado)

$$Vol = Q_d * \frac{t_d}{24} \quad (43)$$

$$Vol = 5.711,6 * \frac{3}{24}$$

$$Vol = 713,96 \text{ m}^3$$

$$H_u = \frac{Vol}{A} \quad (44)$$

$$H_u = \frac{713,96 \text{ m}^3}{142,79 \text{ m}^2}$$

$$H_u = 5 \text{ m}$$

b) Determinar a velocidade horizontal

$$v_h = \frac{Q_d}{L_d * H_u} \quad (45)$$

$$v_h = \frac{5.711,65}{6 * 5}$$

$$v_h = 190,39 \text{ m/dia}$$

$$v_h = 0,00225 \text{ m/s}$$

c) Cálculo da vazão das comportas

Nº de comportas = 3

$$Q_c = \frac{Q_d}{n^{\circ} \text{ de comportas}} \quad (46)$$

$$Q_c = \frac{5.711,6 \text{ m}^3/\text{dia}}{3}$$

$$Q_c = 1903,88 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$Q_c = 22,5 \text{ l/s}$$

d) Comportas do decantador

$$G = \sqrt{\frac{32 \times \gamma \times f \times Q_c^3}{\mu \times g \times \pi^3 \times D_H^7}} \quad (47)$$

$$D_H = L_c = \left(\frac{32 \times \gamma \times f \times Q_c^3}{\mu \times g \times \pi^3 \times G^2} \right)^{1/7} \quad (48)$$

Em que:

γ – peso específico da água, aproximadamente 1000 kgf/m³ em condições normais de temperatura e pressão.

f – coeficiente de atrito = 0,03.

Q_c – vazão para cada comporta = 22,5 l/s = 0,022 m³/s

μ - viscosidade dinâmica da água, aproximadamente 1,029×10⁻⁴ kgf×s/m², à temperatura de 20°C.

g – aceleração da gravidade, aproximadamente 9,81 m/s²

G – gradiente de velocidade na comporta, adota-se $G = 20 \text{ s}^{-1}$.

$$L_c = \left(\frac{32 \times 1000 \times 0,03 \times 0,0225^3}{1,029 \times 10^{-4} \times 9,81 \times \pi^3 \times 20^2} \right)^{1/7}$$

$$L_c = 0,36 \text{ m}$$

Portanto, cada decantador contará com 3 comportas de 0,36 m × 0,36 m.

e) Canal de água floculada

$$L_{canal} = \left(\frac{Q_c}{v_c \times H_c} \right) \quad (49)$$

Em que:

v_c – velocidade da água no canal de água floculada, adotada 10 cm/s, sendo que no trecho final dos floculadores a velocidade é de 15 cm/s.

H_c – altura da água no canal de água floculada, adotada 1 m.

Assim:

$$L_{canal} = \frac{0,26}{0,15 \times 1} = 1,73 \text{ m}$$

f) Cortina distribuidora

Segundo Costa (2015) a cortina de distribuição é um dispositivo comumente utilizado para dispersar melhor a água, na entrada do decantador, na qual são abertos orifícios acima do primeiro terço, a partir do fundo, geralmente em três fileiras, favorecendo, assim, a melhor distribuição do líquido. É nesse local que se tem a zona de turbilhonamento, cuja velocidade deve ser controlada de maneira a não permitir a quebra dos flocos formados.

A cortina distribuidora será composta por 19 filas horizontais através da altura de 5 m e 23 filas verticais de orifícios através da largura de 6 m, totalizando 437 orifícios.

Para calcular o diâmetro dos orifícios será utilizada a Equação 48.

Onde:

D_H – diâmetro hidráulico, que será o diâmetro de orifício

γ – peso específico da água, aproximadamente 1000 kgf/m³ em condições normais de temperatura e pressão.

f – coeficiente de atrito = 0,03.

μ – viscosidade dinâmica da água, aproximadamente 1,029×10⁻⁴ kgf×s/m², à temperatura de 20°C.

g – aceleração da gravidade, aproximadamente 9,81 m/s²

G – gradiente em cada orifício, adota-se $G = 15 \text{ s}^{-1}$

Q – vazão de cada orifício que será calculada em seguida:

$$Q_F = \frac{Q_d}{n^{\circ} \text{ de furos}} = \frac{0,066}{437} = 0,00015 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_H = D_{\text{orificio}} = \left(\frac{32 \times 1000 \times 0,03 \times 0,00015^3}{1,029 \times 10^{-4} \times 9,81 \times \pi^3 \times 15^2} \right)^{1/7} = 0,05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$$

$$G_F = 14,34 \text{ s}^{-1}$$

g) Determinar a distância entre a cortina distribuidora e as comportas de entrada

$$d = 1,5 * \frac{a}{A} * H \quad (50)$$

$$d = 1,5 \times \frac{\frac{\pi \times 0,05^4}{4} \times 437}{5 \times 6} \times 5 = 0,18 \text{ m}$$

Para que seja viável uma operação entre a entrada do decantador e a cortina distribuidora, adotou-se a distância de 1,0 m.

h) Velocidade longitudinal

$$v_{\text{longitudinal}} = \frac{Q_d}{S_{\text{transversal}}} \times 100 \quad (51)$$

$$v_{\text{longitudinal}} = \frac{0,066}{5 \times 6} \times 100 = 0,22 \text{ cm/s}$$

i) Calhas coletoras

Cada unidade de decantação contará com 3 calhas longitudinais de 8 m de comprimento, espaçadas igualmente. Com isso, calcula-se a vazão por metro linear por meio da Equação 52, que de acordo com a NBR 12216/1992 a vazão por metro linear deve ser igual ou inferior a 1,8 L/s×m.

$$Q_b = \frac{Q_D}{n^{\circ} \text{ de calhas} / \text{decantador} \times 2 \times C_{\text{calha}}} \quad (52)$$

$$Q_b = \frac{0,066}{3 \times 2 \times 8} = 0,0014 \frac{\text{m}^3}{\text{s} \cdot \text{m}} = 1,4 \frac{\text{L}}{\text{s} \cdot \text{m}}$$

Obs.: O valor de Q_b atende as especificações normativas.

A seguir, faz-se o cálculo da altura de água no início da calha (H_I), adotando uma calha de 40 cm de largura, a partir da Equação 53.

$$Q_{calha} = 1,38 \times b \times H_I^{3/2} \quad (53)$$

$$\frac{0,066}{3} = 1,38 \times 0,4 \times H_I^{3/2}$$

$$H_I = 0,12 \text{ m}$$

Para uma coleta uniforme de vazão, as calhas contarão com vertedores triangulares de 90° ajustáveis. Sendo assim, calcula-se o número de vertedores triangulares de 90° por metro linear de calha:

$$N_{vertedores/m} = \frac{1,0}{0,20} = 5$$

Em sequência utiliza-se a Equação 54 para determinar a vazão de água por vertedor.

$$Q_{vertedor} = \frac{Q_b}{N_{vertedores/m}} \quad (54)$$

$$Q_{vertedor} = \frac{1,4}{5} = 0,28 \text{ L/s}$$

A partir da Equação 55 é determinada a altura de água no vertedor triangular de 90°.

$$Q_{vertedor} = 1,4 \times H_{vertedor}^{5/2} \quad (55)$$

$$H_{vertedor} = \left(\frac{0,28 \times 10^{-3}}{1,4} \right)^{2/5} = 0,03 \text{ m}$$

Por fim, a distância entre bordas de calha é dada pela Equação 56, sendo que normalmente esse valor encontra-se entre 0,75 e 1,8 m.

$$D_B = \frac{(L_{decantador} - N_{calhas/decantador} \times L_{calha})}{N_{espaçamentos_entre_calhas}} \quad (56)$$

Onde:

$$N_{espaçamentos_entre_calhas} = N_{calhas/decantador} + 1$$

$$D_B = \frac{(6 - 3 \times 0,4)}{(3 + 1)} = 1,2 \text{ m}$$

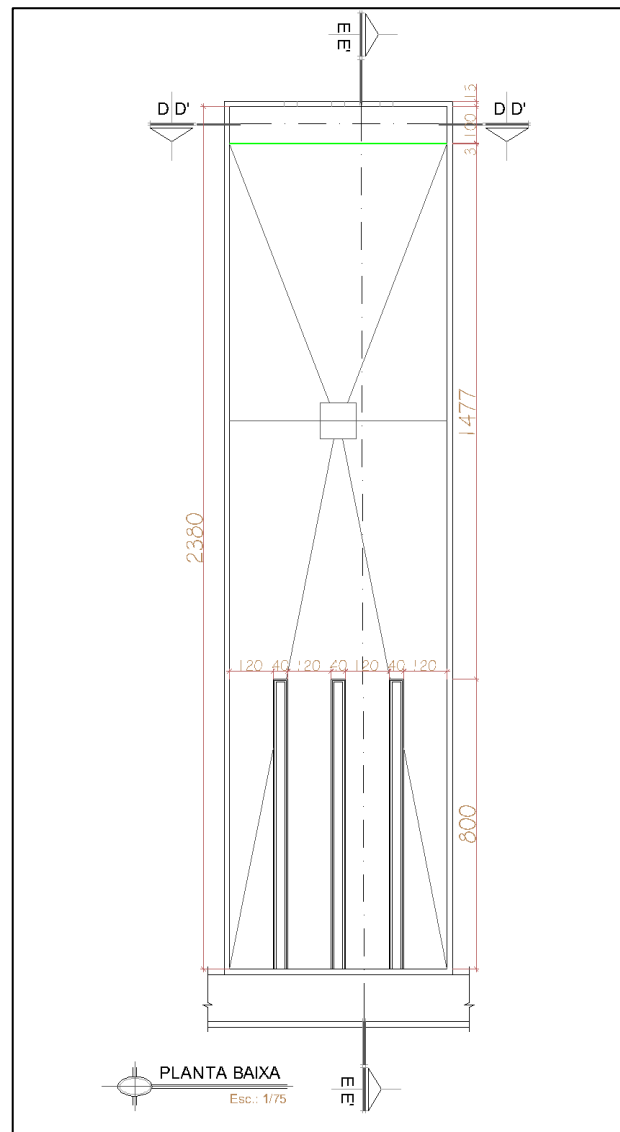
j) Unidade de distribuição de disposição do lodo

Além da profundidade útil do decantador, acrescentou-se mais uma profundidade para a disposição do lodo de 0,4 m, que será removido de forma manual. Seguindo a ABNT NBR 12.216:1992 a descarga do decantador deve situar-se preferencialmente na zona de maior acumulação de lodo e o fundo deve ter declividade mínima de 5% no sentido do ponto de descarga.

Segundo a ABNT NBR 12.216:1992, a canalização para descarga de lodo, com comprimento de até 10 m, deve ter no mínimo 150 mm de diâmetro 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. Assim, adota-se uma tubulação com o diâmetro de 200 mm.

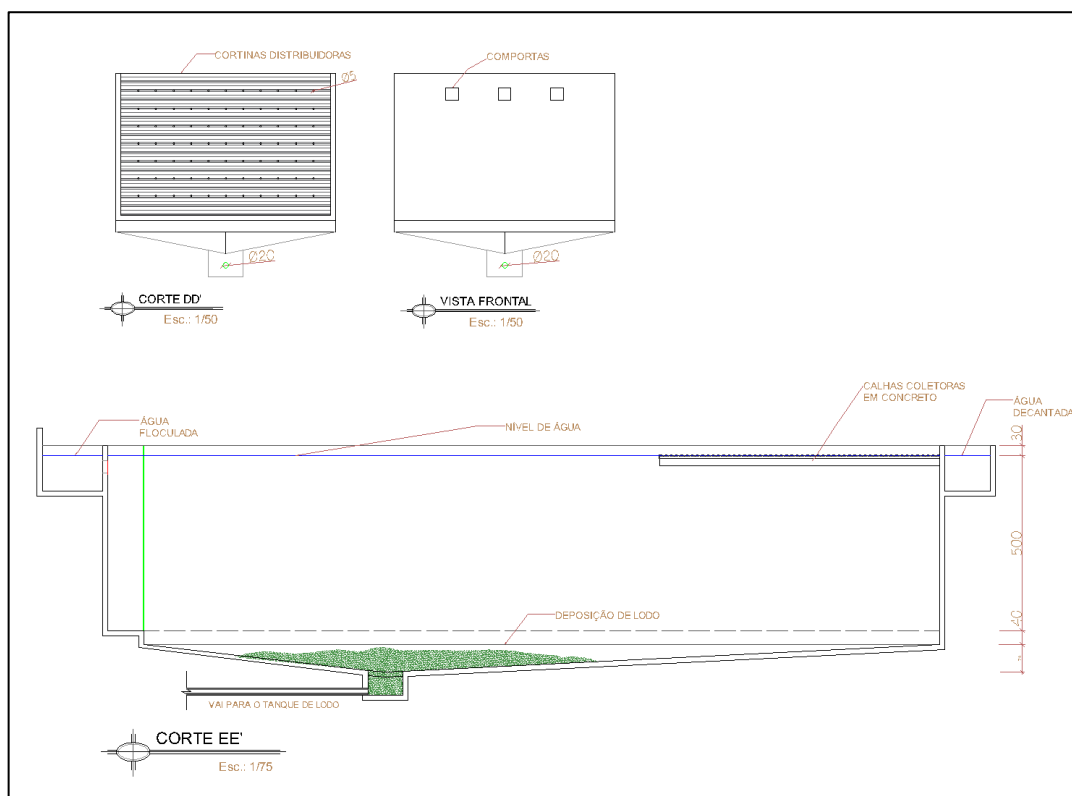
Na figura 15 pode-se observar a planta baixa de um dos decantadores. Já na figura 16, têm-se os cortes da unidade de sedimentação para uma melhor visualização.

Figura 15 – Planta Baixa do Decantador.



Fonte: Autoras, 2022.

Figura 16 – Cortes do decantador



Fonte: Autoras, 2022.

4.5.4. Filtros

O dimensionamento do número de filtros em uma ETA está relacionado a uma questão econômica, durante o projeto a quantidade de filtros implicará em maiores ou menores áreas unitárias (menor filtros necessitam de uma área unitária maior de filtros). Consequentemente, uma área de filtração maior, requer também uma maior vazão de água de lavagem e muito mais caro economicamente será o sistema de lavagem. Intuitivamente, caso o número de filtros seja menor, isso implicará em baixos custos com a aquisição de dispositivos hidráulicos (FERREIRA FILHO, 2020).

O processo aplicado a ETA da captação do Sítio Deus É Grande será o de filtração rápida descendente, serão adotados 8 filtros com camadas de areia e antracito. Os quadros 4 e 5 constam as características do leito filtrante (areia e antracito) e camada suporte, respectivamente.

Quadro 4 – Características do leito filtrante.

	Tamanho efetivo (Te)	Coeficiente de uniformidade (Cu)	Espessura (e)
Areia	0,45 mm	1,5	0,5 m
Antracito	0,9 mm	1,4	0,3 m

Fonte: Autoras, 2022.

Quadro 5 – Característica da camada suporte.

Tamanho (mm)	Espessura (cm)
2,4 a 4,8	7,5
4,8 a 12,5	7,5
12,5 a 19,0	10
19,0 a 38,0	10
38,0 a 63,0	15

Fonte: Richter e Azevedo Netto, 2002.

a) Vazão de cada Filtro (Q_f)

Cada filtro receberá a mesma quantidade de água vinda dos decantadores, desta forma calculou-se a vazão de cada filtro, conforme a Equação 57.

$$Q_f = \frac{Q_p}{N} \quad (57)$$

$$Q_f = \frac{22846,6 \frac{m^3}{dia}}{8}$$

$$Q_f = 2855,8 m^3/dia$$

b) Área do Filtro (A_f)

$$A_f = \frac{Q_f}{T_x} \quad (58)$$

$$A_f = \frac{2796,3 \frac{m^3}{dia}}{\frac{240 m^3}{m^2 \cdot dia}}$$

$$A_f = 11,9 m^2$$

Em seguida, arbitrou-se os lados para a área encontrada.

$$L = 2,5 m$$

$$A_f = C * L \quad (59)$$

$$C = 11,9 m^2 / 2,5 m$$

$$C = 4,76 m \sim 4,80 m$$

$$A_f = 12 m^2$$

c) Canal de água decantada

$$A_{canal} = \frac{Q_{ETA}}{v_{canal}} \quad (60)$$

$$A_{canal} = \frac{0,26}{0,2} = 1,3 \text{ m}^2$$

Logo, assumindo uma largura de 1,3 m, a profundidade da água do canal será de 1,0 m. Portanto, será adotado um canal quadrado de 130 cm × 130 cm. Este canal conduz a água para os filtros que possuem uma saída retangular de 2,5 m (largura do filtro) na parede de entrada acima do nível máximo de água do filtro.

A altura da água no vertedor de entrada é calculada através da Equação 61.

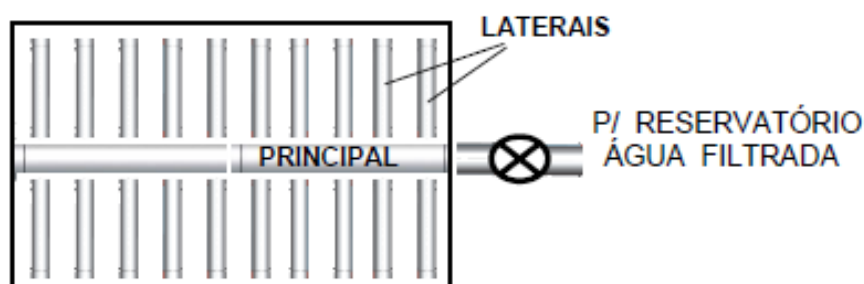
$$H_V = \left(\frac{Q_{filtro}}{1,838 * L_{filtro}} \right)^{2/3} \quad (61)$$

$$H_V = \left(\frac{0,033}{1,838 * 2,5} \right)^{2/3} = 0,04 \text{ m}$$

d) Sistema de drenagem

As dimensões do sistema de drenagem do filtro, que será composto por um sistema de tubulações perfuradas, são determinadas conforme a Figura 15.

Figura 17 – Disposição da tubulação principal e laterais no fundo do filtro



Fonte: Victor Campos, 2018

Admitindo assim uma área de 12 m², o projeto contará com 1 tubulação principal em PVC com comprimento de 4,80 m e diâmetro de 200 mm. De acordo com Richter e Azevedo Netto (2001) a velocidade da tubulação principal deve estar entre 0,4m/s e 17m/s. A velocidade da tubulação principal é dada pela Equação 64.

$$v_{principal} = \frac{Q_f \left[\frac{m^3}{s} \right]}{\frac{\pi * D^2}{4}} \quad (62)$$

$$v_{principal} = \frac{0,033}{\frac{\pi * 0,2^2}{4}}$$

$$v_{principal} = 1,05 \text{ m/s}$$

Serão 20 tubulações laterais, sendo 10 de cada lado da tubulação principal, em PVC, de 0,8 m de comprimento e espaçadas de 0,4 m. Cada tubo será provido de 2 fileiras cada uma com 20 orifícios de 7,5 mm de diâmetro, espaçados de 4 cm.

$$\frac{\text{Área orifícios}}{\text{Área do filtro}} = \frac{N \text{ de tub. laterais} \times N \text{ de filas} \times N \text{ de } \frac{\text{orifício}}{\text{fila}} \times \text{Área do orifício}}{A_f}$$

$$\frac{\text{Área orifícios}}{\text{Área do filtro}} = \frac{20 \times 2 \times 20 \times \left(\frac{\pi \times 0,0075^2}{4} \right)}{11,9}$$

$$\frac{\text{Área orifícios}}{\text{Área do filtro}} = 0,00297 = 0,297\%$$

De acordo com a NBR 12216/1992, a área total dos orifícios deve situar-se entre 0,2% e 0,33% da área do filtro, portanto as especificações do sistema de drenagem estão no padrão.

e) Tubulação de água filtrada

A velocidade adotada para a tubulação de água filtrada é de 1,25 m/s, a partir disso é calculada o diâmetro da tubulação de água filtrada, através da Equação 65.

$$DF = \sqrt{\frac{4 \times Q_f}{V_s \times \pi}} \quad (63)$$

$$DF = \sqrt{\frac{4 \times 0,33}{1,25 \times \pi}}$$

$$DF = 0,183 \text{ m} \cong 200 \text{ mm}$$

f) Vazão de água de lavagem dos filtros

$$Q_{lav} = v_a \times A_f \quad (64)$$

$$Q_{lav} = 0,012 \times 12$$

$$Q_{lav} = 0,144 \text{ m}^3/\text{s}$$

g) Volume de água de lavagem

$$\begin{aligned} Vol &= Q_{lav} \times t \\ Vol &= 0,143 \times 600 = 86,4 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (65)$$

$$Reserva\c{c}\tilde{o} = 2Vol = 2 \times 86,4 \text{ m}^3 = 172,80 \text{ m}^3$$

Adotou-se um volume de projeto de 180 m³, sendo assim pode-se estipular um reservatório com as dimensões 6 m x 6 m x 5 m.

h) Tubulação de água para lavagem

Para a tubulação de lavagem a velocidade deve estar entre 2 m/s e 4 m/s, sendo assim, para determinar o diâmetro da tubulação, adota-se uma velocidade de 3 m/s.

$$Q_{lav} = v_{lav} \times \frac{\pi D_{lav}^2}{4} \quad (66)$$

$$0,144 = 3 \times \frac{\pi D_{lav}^2}{4}$$

$$D_{lav} = \sqrt{\frac{0,144 \times 4}{3\pi}} = 0,247 \text{ m} \sim 250 \text{ mm}$$

i) Calha de coleta de água de lavagem

Admitindo-se 3 calhas por filtro

$$Q_{calha} = \frac{Q_{lav}}{3} = \frac{0,144}{3} = 0,048 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para definir a altura da calha usou-se a Equação 69:

$$Q_{calha} = 1,38 \times b \times h_0^{1,5} \quad (67)$$

Adotando b = 0,3 m, temos

$$0,048 = 1,38 \times 0,3 \times h_0^{1,5}$$

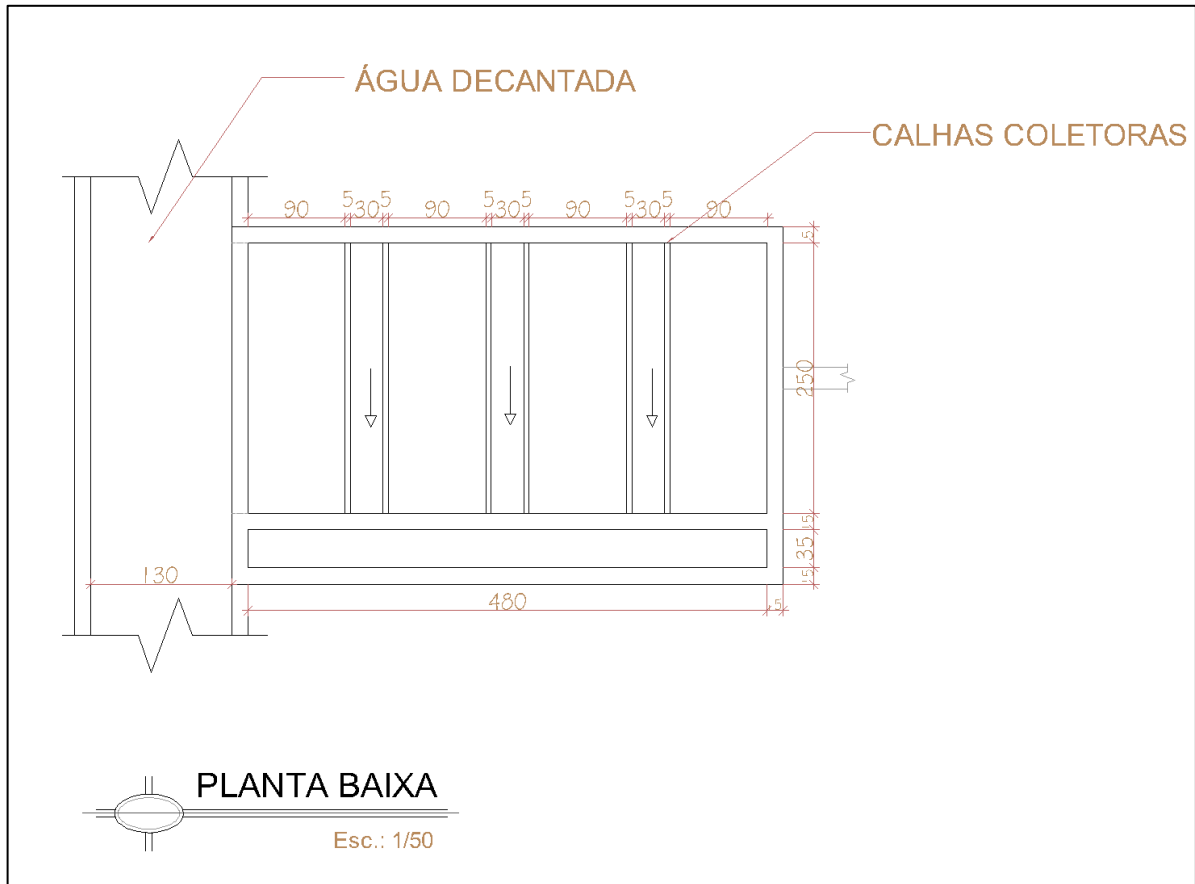
$$h_o = 0,24 \text{ m}$$

$$H = 0,3 \text{ m}$$

O espaçamento entre as calhas será: $Esp = \frac{4,80 - 3 \times 0,3}{3 \text{ calhas} + 1} = 1,2 \text{ m}$

Desta forma, cada unidade de filtro seguirá a padronização da figura 16.

Figura 18 – Planta Baixa do Filtro.



Fonte: Autoras, 2022.

4.5.4.1. Perda de carga

Para determinar a cota do reservatório de lavagem deve-se calcular a perda de carga no percurso da água durante a lavagem por meio da Equação 68:

$$H_1 = h_{tubulação} + h_{camada_suporte} + h_{antracito} + h_{areia} + h_{tubulação_principal} + h_{tubulação_lateral} + h_{orifício} + h_{atrito} \quad (68)$$

a) Perda de carga da tubulação

O cálculo da perda de carga na tubulação será feito para os dois últimos filtros, afim de verificar qual o mais crítico, utilizando a Equação 69.

$$h_{tubulação} = L \frac{10,64Q^{1,85}}{C^{1,85}D^{4,87}} \quad (69)$$

Em que:

L – Comprimento da tubulação (m), com base nos Quadros 6 e 7.

Q – Vazão na tubulação em m³/s

C – Coeficiente dependente da natureza do material empregado na fabricação dos tubos e das condições de suas paredes internas, sendo 140 para PVC.

D – Diâmetro da tubulação, em m.

Quadro 6 – Comprimento equivalente para o filtro mais distante

CONEXÕES	LEQ (m)	QUANTIDADE
Entrada	2,2	1
Curva 90°	1,6	2
Registro de gaveta aberto	1	1
Tê 90° passagem direta	2,6	8
TOTAL	27,2	

Fonte: Autoras, 2022.

Quadro 7 – Comprimento equivalente para o sétimo filtro

CONEXÕES	LEQ (m)	QUANTIDADE
Entrada	2,2	1
Curva 90°	1,6	1
Registro de gaveta aberto	1	1
Tê 90° passagem direta	2,6	7
Tê 90° passagem lateral	8,3	1
TOTAL	31,3	

Fonte: Autoras, 2022.

$$h_{\text{tubulação,oitavo}} = (31,5 + 27,2) \frac{10,64 \times 0,144^{1,85}}{140^{1,85} \times 0,25^{4,87}} = 0,24 \text{ m}$$

$$h_{\text{tubulação,sétimo}} = (28,5 + 31,3) \frac{10,64 \times 0,144^{1,85}}{140^{1,85} \times 0,25^{4,87}} = 0,25 \text{ m}$$

b) Perda de carga no leite filtrante

$$Q = k \times i \times A \quad (70)$$

$$k = C \times d_{\text{efetivo}}^2 \quad (71)$$

$$i = h/l \quad (72)$$

- Perda de carga para areia expandida

$$k = 125 \times 0,045^2 = 0,253 \frac{cm}{s} = 2,53 \times 10^{-3} m/s$$

$$0,144 = 2,53 \times 10^{-3} \times \frac{h}{0,25 \times 1,23} \times 12$$

$$h_{areia} = 1,46 m$$

- Perda de carga para antracito expandida

$$k = 125 \times 0,09^2 = 1,0125 \frac{cm}{s} = 1,0125 \times 10^{-2} m/s$$

$$0,144 = 1,0125 \times 10^{-2} \times \frac{h}{0,45 \times 1,23} \times 12$$

$$h_{antracito} = 0,656 m$$

- Perda de carga na camada suporte

$$k = 125 \times 1,25^2 = 195,3 \frac{cm}{s} = 1,95 m/s$$

$$0,144 = 1,95 \times \frac{h}{0,5} \times 12$$

$$h_{camada_suporte} = 0,0031 m$$

- c) Perda de carga na tubulação principal e lateral

Para calcular as perdas de carga na tubulação principal e lateral será utilizada a Equação 69.

$$h_{tubulação_principal} = 4,8 \times \frac{10,64 \times 0,144^{1,85}}{140^{1,85} \times 0,2^{4,87}} = 0,38 m$$

$$h_{tubulação_lateral} = 0,8 \times \frac{10,64 \times \frac{0,144^{1,85}}{20}}{140^{1,85} \times 0,1^{4,87}} = 0,007 m$$

- d) Perda de carga nos orifícios

$$h_{orificios} = \frac{\left(\frac{Q}{A \times C_D}\right)^2}{2g} \quad (73)$$

$$h_{orificios} = \frac{\left(\frac{4 \times 0,144}{800\pi \times 0,0075^2 \times 0,6} \right)^2}{2 \times 9,81} = 2,35 \text{ m}$$

e) Perda de carga por atrito

$$h_{atrito} = \frac{(v \times n)^2}{RH^{4/3}} \quad (74)$$

$$RH = \frac{2,5 \times 4,8}{2 \times (2,5 + 4,8)} = 0,822 \text{ m}$$

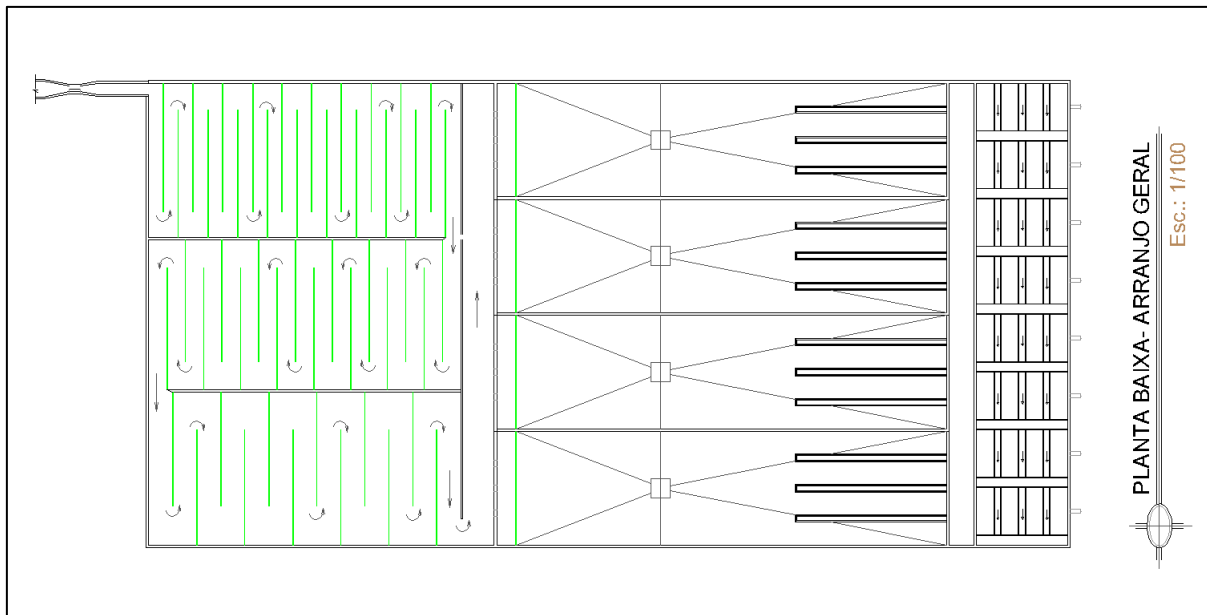
$$h_{atrito} = \frac{(0,012 \times 0,012)^2}{0,822^{4/3}} = 2,69 \times 10^{-8} \text{ m}$$

Este valor pode ser desconsiderado por ser muito baixo. Portanto, por meio da Equação 68, determina-se o valor de H_1 .

$$H_1 = 0,25 + 1,46 + 0,656 + 0,0031 + 0,38 + 0,007 + 2,35 = 5,106 \text{ m}$$

Com a finalização dos cálculos referentes as unidades de clarificação, foi elaborada a planta baixa da estação de tratamento de água, como mostra a figura 19.

Figura 19 – Planta Baixa da Estação de Tratamento de água



Fonte: Autoras, 2022.

4.5.5. Desinfecção

Existem atualmente no mercado, diversos tipos de agentes desinfetantes que podem ser empregados no tratamento de água, no entanto, o que os diferem entre si são sua efetividade, minimização na formação de subprodutos da desinfecção, baixo custo de aquisição e

capacidade de permitir concentrações residuais na rede de distribuição (FERREIRA FILHO, 2020).

Para a desinfecção será feito o dimensionamento do tanque de contato seguindo a Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, a qual dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Para a desinfecção será utilizado um residual de cloro livre de 0,4 mg/L na saída do tanque de contato, pois o mínimo exigido é de 0,2 mg/L, e com o valor de 0,4 mg/L é possível garantir que para qualquer ponto do sistema de distribuição de água tratada, o residual de cloro livre será de 0,2 mg/L. Além disso será adotado uma temperatura de 25°C, valor estimado para a região de Tucuruí, e um pH de 7.

O tempo de contato mínimo de cloro residual necessário para desinfecção, foi obtido na figura 20 com base nas informações citadas anteriormente.

Figura 20 - Tempo de contato mínimo (minutos) a ser observado para a desinfecção em sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água com captação em mananciais superficiais, de acordo com concentração de cloro residual livre, com a temperatura e o pH da água.

C(1)	Temperatura (20°C)								Temperatura (25°C)								Temperatura (30°C)							
	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			
0,1	88	109	133	160	190	224	261	62	77	94	113	134	158	185	44	54	66	80	95	112	130			
0,2	49	60	74	89	105	124	145	34	43	52	63	75	88	102	24	30	37	44	53	62	72			
0,3	34	43	52	63	75	88	103	24	30	37	44	53	62	73	17	21	26	31	37	44	51			
0,4	27	33	41	49	59	69	80	19	24	29	35	41	49	57	13	17	20	25	29	34	40			
0,5	22	28	34	41	48	57	66	16	20	24	29	34	40	47	11	14	17	20	24	28	33			
0,6	19	24	29	35	41	49	57	14	17	20	25	29	35	40	10	12	14	17	21	24	28			
0,7	17	21	25	31	36	43	50	12	15	18	22	26	30	35	8	10	13	15	18	21	25			
0,8	15	19	23	27	32	38	45	11	13	16	19	23	27	32	7	9	11	14	16	19	22			
0,9	14	17	21	25	29	35	40	10	12	14	17	21	24	29	7	8	10	12	15	17	20			
1,0	12	15	19	23	27	32	37	9	11	13	16	19	22	26	6	8	9	11	13	16	18			
1,1	11	14	17	21	25	29	34	8	10	12	15	18	21	24	6	7	9	10	12	15	17			
1,2	11	13	16	19	23	27	32	7	9	11	14	16	19	22	5	7	8	10	11	14	16			

Fonte: Portaria GM/MS Nº 888 (2021).

Portanto, de acordo com a Tabela 4 o tempo de contato será de 29 minutos. O volume será obtido por meio da Equação 70.

$$V_{contato} = Q * T_{contato} \quad (75)$$

$$V_{contato} = 0,264 * 29 * 60 = 460,10 \text{ m}^3$$

Por fim, arbitra-se as seguintes dimensões para o tanque de contato:

Largura = 23 m

Comprimento = 11 m

Altura útil = 1,8 m

Altura = 2 m (altura útil + altura de segurança)

4.5.5.1. Perda de carga

Para determinar o desnível entre o início do leito filtrante e o reservatório de água filtrada utiliza-se a Equação 75.

$$H_2 = h_{tubulação} + h_{camada_suporte} + h_{antracito} + h_{areia} + h_{tubulação_principal} + h_{tubulação_lateral} + h_{orifício} + h_{vertedor} \quad (76)$$

a) Perda de carga da tubulação

Quadro 8 – Comprimento equivalente da tubulação filtro-tanque de contato

CONEXÕES	LEQ (m)	QUANTIDADE
Curva 90°	1,6	1
Registro de gaveta aberto	1	1
Tê 90° passagem lateral	8,3	1
Saída	3,9	1
TOTAL	14,8	

Fonte: Autoras, 2022

$$h_{tubulação} = (6 + 14,8) \frac{10,64 \times \left(\frac{0,265}{8}\right)^{1,85}}{140^{1,85} \times 0,2^{4,87}} = 0,469 \text{ m}$$

b) Perda de carga para areia

$$0,265/8 = 2,53 \times 10^{-3} \times \frac{h}{0,25} \times 12$$

$$h_{areia} = 0,27 \text{ m}$$

c) Perda de carga para antracito

$$0,265/8 = 1,0125 \times 10^{-2} \times \frac{h}{0,45} \times 12$$

$$h_{antracito} = 0,122 \text{ m}$$

d) Perda de carga na camada suporte

$$0,265/8 = 1,95 \times \frac{h}{0,5} \times 12$$

$$h_{camada_suporte} = 0,0007 \text{ m}$$

f) Perda de carga na tubulação principal e lateral

Para calcular as perdas de carga na tubulação principal e lateral será utilizada a Equação 69.

$$h_{tubulação_principal} = 4,8 \times \frac{10,64 \times \left(\frac{0,265}{8}\right)^{1,85}}{140^{1,85} \times 0,2^{4,87}} = 0,025 \text{ m}$$

$$h_{tubulação_lateral} = 0,8 \times \frac{10,64 \times \left(\frac{0,265}{8 \times 20}\right)^{1,85}}{140^{1,85} \times 0,1^{4,87}} = 0,005 \text{ m}$$

g) Perda de carga nos orifícios

$$h_{orificios} = \frac{\left(\frac{0,265/4}{800\pi \times 0,0075^2 \times 0,6}\right)^2}{2 \times 9,81} = 0,031 \text{ m}$$

h) Perda de carga no vertedor

$$Q = 1,71 \times L \times h^{3/2} \quad (77)$$

$$h_{vertedor} = \left(\frac{0,265}{1,71 \times 23}\right)^{2/3} = 0,035 \text{ m}$$

Sendo assim, o valor de H_2 é calculado utilizando-se a Equação 75

$$H_2 = 0,469 + 0,27 + 0,122 + 0,0007 + 0,005 + 0,031 + 0,035 = 0,9327 \text{ m}$$

4.6. Destinação ambientalmente adequada

O lançamento de efluentes de estações de tratamento de água no corpo d'água, a Resolução CONAMA N° 357/2005 dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, a qual foi complementada pela Resolução CONAMA N° 430/2011.

Interessante ressaltar que a NBR 10.004/2004 classifica esse tipo de resíduo como sendo de classe II A, ou seja, não inertes, porém existem algumas propriedades a ele atribuído, como de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Tornando-se um dos maiores desafios para empresas de saneamento no Brasil, são encontrar soluções economicamente viáveis e ambientalmente vantajosas para aproveitamento e disposição final do lodo nas estações de tratamento de água. Sendo assim, estudos foram e ainda estão sendo realizados para

tentar minimizar a problemática desses resíduos, os quais, ao serem lançados no meio ambiente acarretam diversos problemas.

Quanto a destinação final dos resíduos gerados nas estações de tratamento de água, esses dependem de diversos aspectos, como técnicos, econômicos, ambientais, sociais e políticos. Muitas vezes não possui uma destinação única, ou até mesmo formas alternativas, dessa forma o ideal é analisar as legislações vigentes. Para o descarte do lodo, a ABNT NBR 12.216/1992, recomenda que o lodo gerado nos processos de tratamento seja armazenado e acumulado em um tanque, para ser verificado quais as propriedades desse lodo gerado e definir posteriormente qual será sua destinação.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com a realização desse projeto, cujo principal objetivo foi o dimensionamento de uma Estação de Tratamento de Água, conclui-se a importância de seguir as orientações das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 12216:1992. Seguindo estas orientações há uma maior facilidade realização do dimensionamento.

Dessa forma, é interessante o estudo sobre os mananciais superficiais em regiões metropolitanas, visto que nestas áreas a presença de fontes de poluição é frequente, fazendo com que selecione um tratamento mais completo, como é o caso deste projeto, no qual o manancial estudado sofre diversas interferências. Contudo, o tratamento convencional escolhido para este trabalho possui papéis essenciais no processo de tratabilidade da água, garantindo assim como resultado final, uma água que apresente condições de potabilidade para consumo humano. Na essência, por se tratarem de etapas sequenciais, o mau funcionamento de uma das etapas de tratamento compromete a eficiência dos subsequentes, até o produto final, que é a água tratada.

Com base no levantamento de dados e no dimensionamento da ETA, conclui-se que:

O presente trabalho, possibilitou caracterizar o sistema de abastecimento de água existente no município de Tucuruí-PA, bem como propor um dimensionamento de uma ETA de ciclo completo ou convencional.

Corroborar que a atual situação do abastecimento de água do município de Tucuruí é precária, haja vista que como foi constatado a ausência de análises realizadas pela Autarquia Nossa Água, a rede de distribuição é antiga, os bairros não foram planejados, obrigando assim, por inúmeras vezes, serviços e reparos emergenciais os quais nunca foram refeitos posteriormente.

Na caracterização do sistema, pôde-se constatar problemas na captação, e de maneira mais grave, a falta de um sistema de tratamento de água. Sucintamente, percebe-se que os investimentos que este setor em específico recebeu ao longo dos anos não foram suficientes para garantir o abastecimento de água de acordo com os parâmetros de qualidade vigentes.

É de suma importância que o Sistema de Abastecimento de Água seja planejado de acordo com as diretrizes e recomendações do Plano Diretor Municipal, para que assim agilize as etapas de projeto e de construção sejam realizadas de forma rápida, segura e tecnicamente com custo adequado e, principalmente, que a água potável seja utilizada de forma consciente e

sustentável. No entanto, a cidade em estudo não realizou a atualização do documento que deveria constar todas as informações acerca do município, consequentemente os serviços de saneamento básico não foram tratados como prioridade.

Durante o levantamento de dados, sobre a melhor localização para a instalação da ETA, foi possível constatar através da curva de nível que existem lugares propícios a implantação da mesma, ou seja, além de haver altitude favorável, também existem áreas significativas disponíveis que atendem aos critérios estabelecidos pelas legislações e normas vigentes para auxiliar na implantação de obras de interesse público. O dimensionamento dos sistemas de clarificação e desinfecção da estação de tratamento de água foi realizado e demonstrado por meio de figuras ilustrativas, visando o atendimento da população urbana até o ano de 2040.

Após a conclusão do dimensionamento obteve-se uma ETA com comprimento total de 65,6 m e 24 m de largura dividida em floculador, decantador, filtro e tanque de contato. Tecnicamente o projeto é viável, visto que os conhecimentos quanto aos benefícios de uma estação de tratamento de água são diversos tanto a saúde humana, quanto ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, resultando em um município que se torne referência no setor de abastecimento de água. Dessa forma é indispensável o monitoramento de todo o tratamento de água atendendo aos padrões de potabilidade.

A proposição deste projeto não previu a aquisição da área para implantação da ETA, o dimensionamento para a utilização de um conjunto motor-bomba para recalcar água da captação até a ETA, assim como apresentar lista de material e orçamento, pois, a priori, não fazia parte dos objetivos.

Entretanto, uma alternativa seria o investimento futuro em aterro sanitário, e técnicas de reaproveitamento (Logística Reversa). Em caso de implantação do projeto, e o município venha a executar, o dimensionamento hidráulico pode ser continuado a partir do projeto aqui apresentado. No mais, se espera que este projeto contribua para iniciar e fomentar novos estudos, fornecer subsídios para a melhoria da qualidade da água nos mananciais, da água tratada e distribuída.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Jaqueline Colvara de. **Avaliação do Índice de Qualidade da Água na Lagoa dos Patos**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Pelotas, [S. l.], 2013
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004: Resíduos sólidos - classificação**. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.216: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro. 1992.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. - 4. ed. - Brasília: Funasa, 2015. 642 p. Il. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/funasa-publica-a-4a-edicao-do-manual-desaneamento>. Acesso em: 18 dez. 2022.
- BRASIL. **Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010**. Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Brasília, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/D7217.htm. Acesso em: 15 nov. 2022.
- BRASIL. Ministério da Saúde, **Secretaria de Políticas de Saúde**. Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília (DF); 2011.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília, 2014.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS Nº 888, de 7 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS no 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano. [S. l.], 2021.
- CAMPOS, Victor H. A. **Concepção e dimensionamento de uma estação de tratamento de água de ciclo completo para abastecimento do distrito de Miraporanga, em Uberlândia**. Orientadora: Profª Iridalques Fernandes de Paula. 2018. 78 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.
- CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA; “Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências”; publicada no Diário Oficial da União em 02; Brasília, DF.
- CONAMA. **Resolução nº 430, de 13 de Maio de 2011**, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA; “Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005”; publicada no Diário Oficial da União em 16/05/2011, pág. 89.

COSTA, Adriana Guimarães. **Sistemas de abastecimento de água**. Agência Nacional de Águas, 2015. Disponível em: <<https://capacitacao2.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/2102>>. Acesso em 18 de dez. de 2022.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D.; VOLTAN, P. E. N. **Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água**. 1ª Edição. São Carlos: Editora LDiBe, 454 páginas, 2011.

DI BERNARDO, Luiz. **Métodos e técnicas de tratamento de água**, v. 01. Editora Rima, São Paulo. 2ª Edição 2005.

FERREIRA FILHO, Sidney Seckler. **Tratamento de água: concepção, projeto e operação de estações de tratamento**. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2020.

FERREIRA, Mateus de Paula; GARCIA, Mariana Silva Duarte. **Saneamento básico: meio ambiente e dignidade humana**. Dignidade Re-Vista, [S.l.], v. 2, n. 3, p. 12, julho 2017. ISSN 2525-698X. Disponível em: <<http://periodicos.puc-rio.br/index.php/dignidaderevista/article/view/393>>. Acesso em: 02 nov. 2022.

FRANCISCO, A.; POHLMANN, P.; FERREIRA, M. **Tratamento convencional de águas para abastecimento humano: uma abordagem teórica dos processos envolvidos e dos indicadores de referência**. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, Londrina, 2011.

GOUDIE, A.S. **Human Impact on the environment: past, present and future**. 8ed. St. Cross College and the school of geography and the environment, University of Oxford.p.458. 2018.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para o consumo humano**. Editora UFMG, 2006.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sinopse por setores, **Censo 2010**. Disponível: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/?nivel=st>>. Acesso em 24 mar. 2022.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. – IBGE: São Francisco. Acesso em: 20 dezembro de 2022. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/sao-francisco/panorama>. Acesso em: 20 de dezembro de 2022.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades. **Panorama Tucuruí**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/tucuru/panorama>>. Acesso em 19 mar. 2022.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Painel de saneamento Brasil: Tucuruí**. Disponível:< <https://www.painelsaneamento.org.br/localidade/index?id=150810>>. Acesso em 21 agosto de 2022.

JULIAN, J. P., DE BEURS, K. M., OWSLEY, B., DAVIES-COLLEY, R. J., AUSSEIL, A.-G. E. **River water quality changes in New Zealand over 26 years: response to land use intensity**, Hydrol. Earth Syst. Sci., 21, 1149-1171, 2017.

LIBÂNIO, M., **Fundamentos de qualidade e tratamento da água**. 3ª ed. São Paulo: Editora Átomo, 2010.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <
<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 20 de novembro de 2022.

PEREIRA, L. **Desenvolvimento de sistemas de indicadores de desempenho operacional de estações convencionais de tratamento de água**. 2016. 128 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Universidade Federal de Minas Gerais, Ouro Preto, 2016.

REIS, A.C.A.; FINZER, J.R.D.; BEGNINI, M.L. **Tratamento de água: gradiente de velocidade na coagulação-floculação**. In: XXXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS, 2017.

RICHTER C.A. **Água: Métodos e Tecnologia de Tratamento**. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

RICHTER, C. A. **Tratamento de lodos de estação de tratamento de água**. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda., 2002.

ROSS, B. Z. L; POSSETTI, G. R. C. **Tecnologias potenciais para o saneamento. Remoção de metais de água de abastecimento público**. Ed. 1, v. 2, Curitiba-PR, 2017. RUDI, N, N et al. Evolution of adsorption process for manganese removal in water via agricultural waste adsorbents. Heliyon, v. 6, n. 9, p. 2020.

SILVEIRA, Bárbara A. **Tratamento de água de abastecimento com aplicação da *Moringa Oleifera* líquida e em pó em diferentes concentrações de solução salina**. Orientadora: Profª. Drª. Edilaine Regina Pereira. 2017. 61f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

SNIS – Sistema Nacional De Informação Sobre Saneamento. **Painel de indicadores**. Disponível: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/>. Acesso em: 26 out. 2022.

TENÓRIO, C.; LIMA, A. **Indicadores de eficiência do plano diretor municipal de Tucuruí-PA**. Revista de Geografia, Universidade federal de Pernambuco, vol. 30, n. 3, 2013.

TSUTIYA, Milton T. **Abastecimento de Água**. São Paulo, Escola Politécnica da USP. 3ª Edição, 2006.

TUCURUÍ. **Lei municipal nº 7145, de 29 de dezembro de 2006**. Aprova e institui o plano diretor do município de Tucuruí e dá outras providências. Tucuruí, 2006. Disponível em: <https://camaratucurui.pa.gov.br/site/leis/96562-lei-n%C2%BA-7.145,-de-29-de-dezembro-de-2.006---aprova-e-institui-o-plano-diretor-do-munic%C3%ADpio-de-tucuru%C3%AD,-e-d%C3%A1-outras-provid%C3%A2ncias.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2022.

TUCURUÍ. Poder executivo. Lei nº 4142 de 8 de janeiro de 1998. **Código de postura do município**. Tucuruí, 1998. Disponível em: [https://camaratucurui.pa.gov.br/site/leis/43661-lei-n%C2%BA-4.142-1998---codigo-de-postura-do-municipio-de-tucuru%C3%AD-\(compresso\).pdf](https://camaratucurui.pa.gov.br/site/leis/43661-lei-n%C2%BA-4.142-1998---codigo-de-postura-do-municipio-de-tucuru%C3%AD-(compresso).pdf). Acesso em: 10 nov. 2022.

VIANNA, M. R. **Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água**. 6ª ed. São Paulo: Imprimatur Artes Ltda, 2019.

WAJSMAN, E.N. **Concepção de Estação Piloto de Tratamento de Água no Centro Experimental de Saneamento Ambiental da UFRJ - CESA/ UFRJ**. 2014. 85 f. Monografia - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro

ANEXO A – SOLICITAÇÃO DO MAPA DO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ-PA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

SECRETÁRIA DE OBRAS E URBANISMO DE TUCURUÍ

Sr. SUPERINTENDENTE

Tucuruí-PA, 06 de maio de 2022.

Assunto: Solicitação do mapa da rede de abastecimento de água do município.

Prezado Superintendente: Carlos José de Oliveira Rabelo!

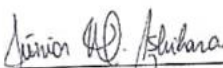
Cumprimentando-o cordialmente, vimos através deste solicitar de vossa senhoria o mapa da rede de abastecimento de água do município e o mapa dos bairros nos quais são divididos por setores (setores estes que são atendidos pela captação do sítio Deus é grande, no qual está anexado). Pois, precisamos das informações para darmos prosseguimento ao Trabalho de Conclusão de Curso das discentes do curso de Engenharia sanitária e ambiental.

O referido trabalho das discentes Erlen Freitas Furtado e Raissa Sousa Costa, da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, da Universidade Federal do Pará (UFPA) - Campus Tucuruí, tem como objetivo projetar uma estação de tratamento de água, o qual é abastecido pela água advinda da captação do sítio Deus é Grande.

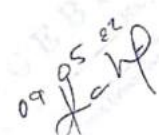
Diante do exposto, certos de vossa colaboração, deixamos nossos sinceros votos de estima e agradecimento.

Atenciosamente,

Tucuruí-Pa, 06/05/2022



Prof. Dr. Junior H. Ishihara
PROFESSOR DA FACULDADE DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
UFPA - CAMPUS TUCURUÍ

09/05/22


ANEXO B - SOLICITAÇÃO PARA VISITA TÉCNICA NA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DO SÍTIO DEUS É GRANDE



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA
E ESGOTO DO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ

Sr. SUPERINTENDENTE

Tucuruí-PA, 19 de agosto de 2022.

Assunto: Solicitação de uma Visita Técnica na Captação de Água do Sítio Deus é Grande.

Prezado Superintendente: Jair Gomes!

Cumprimentando-o cordialmente, vimos através deste solicitar de vossa senhoria a permissão para realizar uma visita técnica com algum profissional da empresa, na captação de água do Sítio Deus é Grande. Pois, precisamos dessa visita para darmos prosseguimento ao Trabalho de Conclusão de Curso das discentes do curso de Engenharia sanitária e ambiental.

O referido trabalho das discentes Erlen Freitas Furtado e Raissa Sousa Costa, da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, da Universidade Federal do Pará (UFPA) - Campus Tucuruí, tem como objetivo projetar uma estação de tratamento de água para o bairro Cristo Vive, o qual é abastecido pela água advinda da captação do sítio Deus é Grande.

Diante do exposto, certos de vossa colaboração, deixamos nossos sinceros votos de estima e agradecimento.

Atenciosamente,

Tucuruí-PA, 19/08/2022

Prof. Dr. Junior H. Ishihara
PROFESSOR DA FACULDADE DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
UFPA - CAMPUS TUCURUÍ

SAAET
SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE TUCURUÍ
Recebido em 22/08/2022/hs

Responsável

ANEXO C - SOLICITAÇÃO DE DOCUMENTOS E INFORMAÇÕES

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

SECRETÁRIA DE OBRAS E URBANISMO DE TUCURUÍ

Sr. SUPERINTENDENTE

Tucuruí-PA, 05 de maio de 2022.

Assunto: Solicitação de Informação mapa dos setores (mapa do município)

Prezado Superintendente: Carlos José de Oliveira Rabelo!

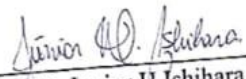
Cumprimentando-o cordialmente, vimos através deste solicitar de vossa senhoria informações do mapa do município, ou dos setores. Pois, carecemos da informação para darmos prosseguimento ao Trabalho de Conclusão de Curso das discentes do curso de Engenharia sanitária e ambiental.

O referido trabalho das discentes Erlen Freitas Furtado e Raissa Sousa Costa, da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, da Universidade Federal do Pará (UFPA) - Campus Tucuruí, tem como objetivo projetar uma estação de tratamento de água, o qual é abastecido pela água advinda da captação do sítio Deus é Grande.

Diante do exposto, certos de vossa colaboração, deixamos nossos sinceros votos de estima e agradecimento.

Atenciosamente,

Tucuruí-Pa, 05/05/2022


Prof. Dr. Junior H. Ishihara
PROFESSOR DA FACULDADE DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
UFPA - CAMPUS TUCURUÍ

05 05 22
110



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUI
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA
E ESGOTO DO MUNICÍPIO DE TUCURUI

Sr. SUPERINTENDENTE

Tucuruí-PA, 19 de Abril de 2022.

**Assunto: Solicitação de Informação a Respeito do Monitoramento da Qualidade de
Água de Tucuruí**

Prezado Superintendente: Marcelo Campos!

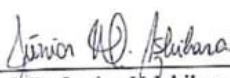
Cumprimentando-o cordialmente, vimos através deste solicitar de vossa senhoria informações dos parâmetros de qualidade da água bruta captada do lago do Sitio Deus é Grande, no Município de Tucuruí tais como: turbidez, pH, condutividade, temperatura, coliforme total, coliforme fecal, nitrato e nitrito assim como, os pontos setoriais que são abastecidos por esta captação citada anteriormente. Pois, carecemos da informação para darmos prosseguimento ao Trabalho de Conclusão de Curso das discentes do curso de Engenharia sanitária e ambiental.

O referido trabalho das discentes Erlen Freitas Furtado e Raissa Sousa Costa, da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, da Universidade Federal do Pará (UFPA) - Campus Tucuruí, tem como objetivo projetar uma estação de tratamento de água para o bairro Cristo Vive, o qual é abastecido pela água advinda da captação do sitio Deus é Grande.

Diante do exposto, certos de vossa colaboração, deixamos nossos sinceros votos de estima e agradecimento.

Atenciosamente,

Tucuruí-Pa, 19/04/2022



Prof. Dr Junior H Ishihara
PROFESSOR DA FACULDADE DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
UFPA - CAMPUS TUCURUI

**BAIRROS E SETORES ATENDIDOS POR ÁGUA TRATADA DO SISTEMA E.T.A.
KM 04**

- | | |
|---|--|
| 1. Bairro Alto Alegre; | 9. Bairro Nova Conquista; |
| 2. Bairro Beira Rio; | 10. Bairro Terra Prometida; |
| 3. Bairro Bom Jesus; | 11. Km 04 ao km 05 e Setor Industrial; |
| 4. Bairro Carajás; | 12. Parte do Bairro Jardim Alcobaça
(Cheque Moradia); |
| 5. Bairro Caripé (GETAT) e Vila
Tocantins; | 13. Parte do Bairro Jardim Colorado; |
| 6. Bairro Castanheira; | 14. Presídio; |
| 7. Bairro Jardim Alvorada; | 15. Setor das Hortas; |
| 8. Bairro Jardim América; | 16. Sulpan. |

**BAIRROS ATENDIDOS POR ÁGUA MISTURADA DOS SISTEMAS E.T.A. KM
04 E SISTEMA SÍTIO DEUS É GRANDE**

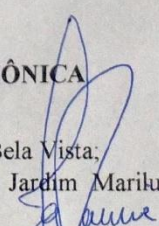
- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1. Bairro Centro; | 8. Bairro Santa Isabel; |
| 2. Bairro Colinas; | 9. Bairro Serra Azul; |
| 3. Bairro Jaqueira; | 10. Bairros Palmares I e II; |
| 4. Bairro Jardim Paraíso; | 11. Parte do Bairro Beira Rio; |
| 5. Bairro Mangal e Vila Nova
(Vilinha); | 12. Parte do Bairro Jardim Colorado; |
| 6. Bairro Nova Tucuruí; | 13. Parte do Bairro Matinha; |
| 7. Bairro Popular; | 14. Tozetti; |
| | 15. Vila do Banco do Brasil. |

BAIRROS ATENDIDOS PELO SISTEMA SÍTIO DEUS É GRANDE

- | | |
|---|--|
| 1. Bairro Bela Vista; | 11. Bairro São Sebastião; |
| 2. Bairro Cohab; | 12. Bairro Viva Cidade; |
| 3. Bairro Cristo Vive; | 13. Bairros Parque dos Buritis I e II; |
| 4. Bairro Goes Calmont (Paravoá) e
Passarinho; | 14. Grande Parte do Bairro Jardim
Marilucy; |
| 5. Bairro Jardim das Flores; | 15. Parte do Bairro Colinas; |
| 6. Bairro Liberdade; | 16. Parte do Bairro Matinha; |
| 7. Bairro Nova Matinha; | 17. Parte do Bairro Santa Mônica; |
| 8. Bairro Pimental; | 18. Sítio Deus é Grande; |
| 9. Bairro Pioneira; | 19. Vila Peniel. |
| 10. Bairro São Francisco; | |

BAIRROS ATENDIDOS PELO SISTEMA E.T.A SANTA MÔNICA

- | | |
|---------------------------|-------------------------------------|
| 1. Bairro Jardim de Deus; | 3. Parte do Bairro Bela Vista; |
| 2. Bairro Santa Mônica; | 4. Parte do Bairro Jardim Marilucy. |


SAAET
Jair Gomes Pereira Neto
 Diretor Superintendente
 Port. N° 371/2022 - GP

ANEXO D - PLANTA BAIXA GERAL DO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ-PA