

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E DE PETRÓLEO

Glauber Machado Caetano
Rodolfo Rodrigo Simplício Francisco

PROJETO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PARA
UMA CIDADE DE 50.000 HABITANTES

Niterói
1/2016

Glauber Machado Caetano
Rodolfo Rodrigo Simplício Francisco

PROJETO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PARA
UMA CIDADE DE 50.000 HABITANTES

Projeto Final apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Química, oferecido pelo departamento de Engenharia Química e de Petróleo da Escola de Engenharia, da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau em Engenharia Química.

ORIENTADORA

Prof.^a Luciane Pimentel Costa Monteiro

Niterói

1/2016

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca da Escola de Engenharia e Instituto de Computação da UFF

C128 Caetano, Glauber Machado
Projeto de tratamento de água de abastecimento para uma cidade de 50.000 habitantes / Glauber Machado Caetano, Rodolfo Rodrigo Simplício Francisco – Niterói, RJ : [s.n.], 2016.
80 f.

Trabalho (Conclusão de Curso) – Departamento de Engenharia Química e de Petróleo – Universidade Federal Fluminense, 2016.
Orientadora: Luciane Pimentel Costa Monteiro.

1. Saneamento. 2. Tratamento da água. I. Francisco, Rodolfo Rodrigo Simplício. II. Título.

CDD 628.1

Glauber Machado Caetano
Rodolfo Rodrigo Simplício Francisco

PROJETO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PARA
UMA CIDADE DE 50.000 HABITANTES

Projeto Final apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Química, oferecido pelo departamento de Engenharia Química e de Petróleo da Escola de Engenharia, da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau em Engenharia Química.

Aprovado em 28 de julho de 2016

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Luciane Pimentel Costa Monteiro, D.Sc. (Orientadora)
Universidade Federal Fluminense



Eng. Diego Queiroz Faria de Menezes, M.Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro, PEQ/ COPPE/ UFRJ



Eng. Rachel Morgado dos Santos, M.Sc.
Universidade Federal Fluminense

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais primeiramente, que me deram todo o suporte necessário.

À minha filha que indiretamente me deu forças para continuar a seguir em frente e não desanimar.

À orientadora, Prof^a. Luciane Pimentel Costa Monteiro, D.Sc..

Aos meus amigos que ajudaram direta e indiretamente, em especial ao Claudio Alves de Souza Junior, que foi essencial em vários momentos do trabalho e Diego Queiroz Faria de Menezes, M.Sc e Rachel Morgado dos Santos, M.Sc..

Glauber Machado Caetano

À minha mãe Edilza da Conceição Simplício e ao meu irmão Romildo Simplício Ferreira.

Á Orientadora, Prof^a. Luciane Pimentel Costa Monteiro, D.Sc..

Rodolfo Rodrigo Simplício Francisco

RESUMO

Este trabalho mostra como deve ser feito um projeto para o tratamento de água de abastecimento para uma cidade de 50.000 habitantes. Sob a motivação de que a problemática no tratamento de água de abastecimento, ocorre majoritariamente em localidades de pequeno porte, para elucidar e talvez fazer a comunidade política brasileira voltar os olhos e investimentos para o fato. Discutindo o que a legislação brasileira toma como direito do cidadão ter acesso a água potável, a herança histórica de como evoluiu a distribuição e tratamento da água no país, evidenciando o motivo de alguns problemas, e atraso na implementação das estações de tratamento de água (ETA) em zonas menos populosas e longe das grandes cidades. Focando no aspecto técnico de concepção, instalação, viabilidade de implementação e adaptação ao crescimento populacional, bem como alternativas de concepção para adaptar ao tipo de manancial. Chegando à conclusão de que não há grandes dificuldades técnicas, na implementação deste projeto, o que acaba não justificando tamanha ausência de instalações do tipo em território nacional, ferindo o direito de tantos ao acesso a água tratada em suas residências, e assim descumprindo a lei. Esperamos com este trabalho aumentar a conscientização sobre tal fato.

Palavras-chave: Saneamento, ETA, Captação, Adução.

ABSTRACT

This work shows how it should be done a project for the supply of water treatment for a city of 50,000. Under the motivation that problematic in the supply water treatment, takes place mostly in small locality, to elucidate and perhaps make the brazilian political community back eyes and investments to the fact. Arguing that brazilian law takes as a citizen's right to have access to clean water, the historical heritage of how has the distribution and treatment of water in the country, highlighting why some problems and delays in the implementation of water treatment plants (ETA) in less populated areas and away from the big cities. Focusing on the technical aspects of design, installation, implementation feasibility and adaptation to population growth, as well as front design alternatives to geological problems, to adapt to the type of spring. Coming to the conclusion that there are no major technical difficulties in implementing this project, which ends do not justify such a lack of type facilities in the country, injuring the right of many access to treated water in their homes, and thus not complying the law. We expect this work to raise awareness of this fact.

Keywords: Sanitation, ETA, capture , adduction .

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Municípios que não tem acesso a água tratada (IBGE, 2011)	19
Figura 2 - Exemplo de linhas de adução (TSUTIYA, 2006).....	33
Figura 3 - Croqui de gradeamento (HELLER; PÁDUA, 2010)	50
Figura 4 - Croqui de desarenador (caixa de areia) (HELLER; PÁDUA, 2010) .	52
Figura 5 - Esquema de adução para terreno plano (TSUTIYA, 2006).....	53
Figura 6 - Croqui do poço de sucção (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1991)	54
Figura 7 - Croqui do aerador do tipo bandeja (NETTO; RICHTER, 1991)	57
Figura 8 - Croqui do floculador de escoamento horizontal com 3 canais adaptado de: (SOUSA, 2011)	61
Figura 9 - Croqui da cortina de distribuidora (SOUZA, 2007).....	67
Figura 10 - Croqui do tanque de contato da desinfecção adaptado (SOUZA, 2007)	71
Figura 11 - Reservatório elevado (TSUTIYA, 2006).....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Serviço de abastecimento de água, por conta do tamanho dos municípios e a densidade populacional.....	18
Tabela 2 - Classificação de águas naturais para abastecimento público	43
Tabela 3 - Consumo per capita segundo o tamanho da população	46
Tabela 4 - Dimensões padronizadas de aerador do tipo bandeja	56
Tabela 5 - Resumo dos resultados do dimensionamento do floculador de escoamento horizontal	60
abela 6 - Resumo dos resultados da perda de carga para o floculador	61
Tabela 7 - Gradiente de velocidade no orifício de passagem da água no processo	67

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVO	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	SANEAMENTO BÁSICO.....	15
3.2	HISTÓRIA DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA	15
3.3	PROBLEMAS DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA	17
3.4	IMPORTÂNCIA DO TRATAMENTO DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO 20	
3.5	SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PARA UMA CIDADE DE 50000 HABITANTES	22
3.5.1	Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água	22
3.5.1.1	Unidades que compõem uma instalação de abastecimento de água	23
3.5.1.2	Normas aplicáveis ao projeto	24
3.5.1.3	Caracterização da área de estudo e estimativa da demanda de água	25
3.5.1.4	Topografia, geologia e geotécnica	26
3.5.1.5	Estudo dos mananciais	27
3.5.1.6	Viabilidade energética.....	29
3.5.1.7	Recursos humanos	29
3.5.1.8	Alcance do projeto	29
3.5.1.9	Alternativas de concepção	30
3.6	PROJETO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE SUPERFÍCIE PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO	30
3.7	PROJETO DE SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO	31

3.7.1	Classificação.....	31
3.7.2	Atividades necessárias	31
3.8	PROJETO DE ADUTORA DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO	33
3.8.1	Classificação de adutoras.....	33
3.8.1.1	Atividades necessárias	34
3.9	PROJETO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO	35
3.9.1	Atividades necessárias	35
3.9.2	Processos e operações unitárias de tratamento de água.....	36
3.9.2.1	Micropeneiramento	36
3.9.2.2	Oxidação	37
3.9.2.3	Adsorção	37
3.9.2.4	Mistura rápida e Coagulação	38
3.9.2.5	Floculação.....	39
3.9.2.6	Decantação.....	39
3.9.2.7	Flotação	39
3.9.2.8	Filtração lenta.....	40
3.9.2.9	Filtração rápida	40
3.9.2.10	Desinfecção.....	41
3.9.2.11	Fluoretação	41
3.9.2.12	Estabilização química.....	42
3.9.3	Seleção de técnicas de tratamento.....	42
3.9.3.1	Tipos de tratamento	43
3.10	PROJETO DE RESERVATÓRIO DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO.....	44
3.10.1	Tipos de reservatório.....	44
3.10.2	Atividades necessárias.....	45

4	METODOLOGIA E RESULTADOS	46
4.1	CAPTAÇÃO	46
4.1.1	Demanda (fonte das fórmulas adaptado) (TSUTIYA, 2006)	46
4.1.2	Grades e telas	46
4.1.3	Desarenador	50
4.1.4	Adução	52
4.1.5	Poço de sucção	53
4.2	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	55
4.2.1	Aeradores	55
4.2.2	Coagulação	57
4.2.3	Floculação	58
4.2.4	Decantador	61
4.2.4.1	Cortinas distribuidoras dos decantadores	64
4.2.5	Filtração	67
4.2.6	Desinfecção	69
4.3	RESERVATÓRIO	72
5	Discussão dos resultados	74
5.1	DEMANDA	74
5.2	CAPTAÇÃO	74
5.3	OXIDAÇÃO	75
5.4	FLOTAÇÃO	75
5.5	FLOCULADOR E DECANTADOR	75
5.6	FILTRAÇÃO RÁPIDA	75
5.7	DESINFECÇÃO	76
5.8	FLUORETAÇÃO	76
5.9	ESTABILIZAÇÃO QUÍMICA	76
5.10	RESERVATÓRIO	76

6	Conclusão.....	78
----------	-----------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Saneamento Ambiental (PNSA) define saneamento básico como o conjunto de ações com o objetivo de alcançar níveis crescentes de salubridade ambiental, compreendendo o abastecimento de água; a coleta, o tratamento e a disposição dos esgotos e dos resíduos sólidos e gasosos e os demais serviços de limpeza urbana; o manejo das águas pluviais urbanas; o controle ambiental de vetores e reservatórios de doenças e a disciplina da ocupação e uso do solo, nas condições que maximizem a promoção e a melhoria das condições de vida nos meios urbano e rural (“ANTEPROJETO de Lei”, 2004). Todo cidadão brasileiro tem direito a essas condições básicas de saneamento, assegurado pela Lei nº 11.445 (2007) que estabelece o marco regulatório para o saneamento. Este trabalho vai abordar apenas os serviços que se referem à tratamento e abastecimento de água potável desde a captação até o reservatório.

Em 2015 a população mundial era de 7,3 bilhões de pessoas e cerca de 663 milhões de pessoas ainda não tinham acesso a fontes de água potável, e apenas 139 países, o acesso a fontes de água potável atingiu 90% da população, em 3 países, mais de 50% da população utilizavam fontes inadequadas de água (WHO, 2015).

No Brasil cerca de 35 milhões de pessoas nem sequer têm acesso a água tratada no País, como revela o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos de 2014. É notório que a falta de acesso à esse tipo de saneamento básico, atinge ainda hoje uma parcela significativa de pessoas no Brasil e no mundo (SNSA, 2014).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011) aponta que cidades de pequeno porte, de até 50.000 habitantes e densidade demográfica menor que 80hab./km², são as mais atingidas com a falta, ou a má prestação de serviços de saneamento básico, em especial o abastecimento de água potável (IBGE, 2011).

Os recursos hídricos são um bem natural renovável, por causa do ciclo das águas, e seu volume total no planeta permanece praticamente constante ao longo do tempo, porém de todo volume de água da Terra, apenas 2,5% são doce, e menos de um terço dessa água doce está disponível para uso humano. Entretanto, estima-se que o Brasil concentre entre 12% e 16% do volume total de recursos hídricos do mundo. Apesar de ser um número bastante expressivo, os recursos não estão distribuídos de forma homogênea, 72% encontra-se na Amazônia e 6% no Sudeste, além de se encontrarem ameaçados por fatores socioeconômicos variados (BARLOW; CLARKE, 2002).

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), cinco das 12 bacias hidrográficas do país, localizadas entre Nordeste e Sul, estão em estado crítico ou preocupante por causa da poluição ou do desperdício. As autoridades governamentais devem dar mais atenção a este assunto, a inutilização de um recurso hídrico, por poluição, é algo que afeta negativamente todas as regiões subsequentes ao ponto onde inicia-se a contaminação, tornando-se um vetor de doenças causadas por patógenos como diarreia infecciosa, leptospirose, cólera, hepatite, esquistossomose e outras, além de doenças causada por ingestão de substâncias tóxicas como chumbo, mercúrio, arsênio, pesticidas e muitas outras substâncias químicas (ANA, 2010a).

O tratamento da água de abastecimento e a coleta e tratamento do esgoto gerado é essencial para a manutenção de nossos recursos hídricos, de superfície e subterrâneo, cada município tem o dever de se responsabilizar pela gestão adequada de suas águas.

Como foi visto, as cidades que mais sofrem com esses problemas de saneamento são as de pequeno porte, por tanto será proposto neste trabalho um projeto de tratamento de água para uma rede de abastecimento de uma cidade de até 50.000 habitantes, desde a captação e Estação de Tratamento de Água (ETA) de modo que atenda a esta demanda.

2 OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo dimensionar um sistema de tratamento água para abastecimento, até a reservação, para uma localidade com população de alcance máximo de 50000 habitantes. O projeto visa atingir o máximo de regiões que sofrem com a falta de tratamento, ou com tratamento inadequado da água de abastecimento.

Algumas decisões a respeito do projeto foram tomadas afim de tornar ele de mais simples instalação e, ou adaptação, como: a utilização das próprias bombas de recalque para realizar a adição de coagulantes e também como mistura rápida; a etapa de fluoretação e flotação, também foram dispensadas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 SANEAMENTO BÁSICO

Saneamento básico tem por definição garantir condições de salubridade e conscientizar a população de sua importância para o bem estar físico, mental e social de todos. Sendo salubridade definida como estado de higidez (estado de saúde normal) em que vive a população urbana e rural, tanto no que se refere a sua capacidade de inibir, prevenir ou impedir a ocorrência de endemias ou epidemias veiculadas pelo meio ambiente, favorecendo o pleno gozo de saúde e bem-estar. (“ANTEPROJETO de Lei”, 2004).

Outra definição é a trazida pela Lei do Saneamento Básico (Lei nº 11.445, 2007) que estabelece as diretrizes básicas nacionais para o saneamento), que o define como o “conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de” abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais.

As diretrizes do saneamento básico são:

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

3.2 HISTÓRIA DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA

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

Ainda segundo esses autores a preocupação com o abastecimento de água historicamente se sucedeu da seguinte forma:

- com o suprimento de água para a agricultura e a pecuária, simultaneamente ao abastecimento para consumo humano;
- com o transporte da água em canais e tubulações;
- com a captação de água subterrânea;
- com o armazenamento da água;
- com o tratamento da água (coagulantes, decantação, filtração,...);
- com a acumulação da água em represas;
- com a elevação da água;
- com a compreensão da hidráulica;
- com a organização de serviços de abastecimento de água.

O Brasil teve seu primeiro poço escavado em 1561, no Rio de Janeiro, por Estácio de Sá. Mais tarde, em 1723, o primeiro aqueduto do Brasil foi instalado, aduzindo águas do rio Carioca através dos Arcos Velhos até o chafariz público. O primeiro sistema de abastecimento de água público brasileiro, se deu através de chafarizes, localizados em centros de cidades e praças, na cidade de São Paulo, em 1790, o abastecimento era feito por diversos chafarizes públicos, alguns construídos pelo famoso pedreiro Tebas. O Rio de Janeiro, em 1810, era abastecido por mais de 20 chafarizes públicos. A primeira Estação de Tratamento de Água (ETA) brasileira, com seis filtros rápidos de pressão, foi inaugurada na cidade de Campos-RJ, em 1880. Mais tarde em Campinas-SP,

em 1893, foram realizadas as primeiras análises químicas de água no Brasil, pelo Dr. Dafert, diretor do Instituto Agrônomo de Campinas (NETTO, 1984).

Foi assim que se iniciou no Brasil o sistema de tratamento e abastecimento de água, de lá para cá houve uma grande evolução neste sistema, bem como: a criação do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, que através de suas resoluções, dispõe hoje 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 (CONAMA 357, 2005); formulação de leis como a nº 11.445 (2007), que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e a nº 9.433 (1997) , que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e diversas outras leis que as precederam, além de leis e políticas federais e municipais que também abordam o tema de forma mais específica e regional; avançou bastante no que diz respeito a técnicas e tecnologia para captação, adução, tratamento e abastecimento de água e no tratamento e despejo de esgoto.

3.3 PROBLEMAS DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

De acordo com WHO (2015): a população global era de 7,3 bilhões de pessoas; 54% era urbana; 91% tinham acesso a fontes de água potável; 663 milhões de pessoas ainda não tinham acesso a fontes de água potável; 68% utilizavam rede de esgoto adequadas; 1 em cada 3 pessoas careciam de saneamento básico; 1 em cada 8 pessoas no mundo ainda praticavam defecação a céu aberto (946 milhões); em 139 países, mais de 90% da população utilizavam fontes de água potável adequadas; em 3 países, menos de 50% da população utilizavam fontes adequadas de água potável; em 97 países, mais de 90% da população utilizavam rede de esgoto efetivas; em 47 países, menos do que 50% da população tinham utilizavam rede de esgoto apropriadas. No Brasil apenas 49.8 % da população tem esgoto coletado em suas casas e cerca de 35 milhões de pessoas nem sequer têm acesso a água tratada no País, como revela o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014. É notório

que a falta de acesso à esse tipo de saneamento básico, atinge ainda hoje uma parcela significativa de pessoas no Brasil e no mundo.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011) aponta que cidades de até 50.000 habitantes, são as mais atingidas com a falta, ou a má prestação de serviços de saneamento básico, em especial o abastecimento de água potável. Como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Serviço de abastecimento de água, por conta do tamanho dos municípios e a densidade populacional

Municípios, total e com serviço de abastecimento de água por rede geral de distribuição, por condição de atendimento, segundo os grupos de tamanho dos municípios e a densidade populacional - Brasil - 2008					
Grupos de tamanho dos municípios e densidade populacional	Municípios				
	Total	Com serviço de abastecimento de água por rede geral de distribuição			
		Total	Condição de atendimento		
			Parcialmente com água tratada (1)	Totalmente com água tratada	Totalmente com água sem tratamento
Total	5 564	5 531	344	4 822	365
Até 50 000 habitantes e densidade menor que 80 hab./km ²	4 511	4 482	266	3 819	353
Até 50 000 habitantes e densidade maior que 80 hab./km ²	487	483	26	472	11
Mais de 50 000 a 100 000 habitantes e densidade menor que 80 hab./km ²	148	148	21	131	1
Mais de 50 000 a 100 000 habitantes e densidade maior que 80 hab./km ²	165	165	9	158	-
Mais de 100 000 a 300 000 habitantes e densidade menor que 80 hab./km ²	39	39	2	37	-
Mais de 100 000 a 300 000 habitantes e densidade maior que 80 hab./km ²	135	135	13	131	-
Mais de 300 000 a 500 000 habitantes	43	43	4	41	-
Mais de 500 000 a 1 000 000 habitantes	22	22	1	21	-
Mais de 1 000 000 habitantes	14	14	2	12	-

(1) Considera-se o município em que pelo menos um distrito (mesmo que apenas parte dele) tem esta condição de atendimento.

Fonte: adaptado IBGE (2011).

A figura 1 mostra dentre outros, os municípios que não tem acesso a água tratada.

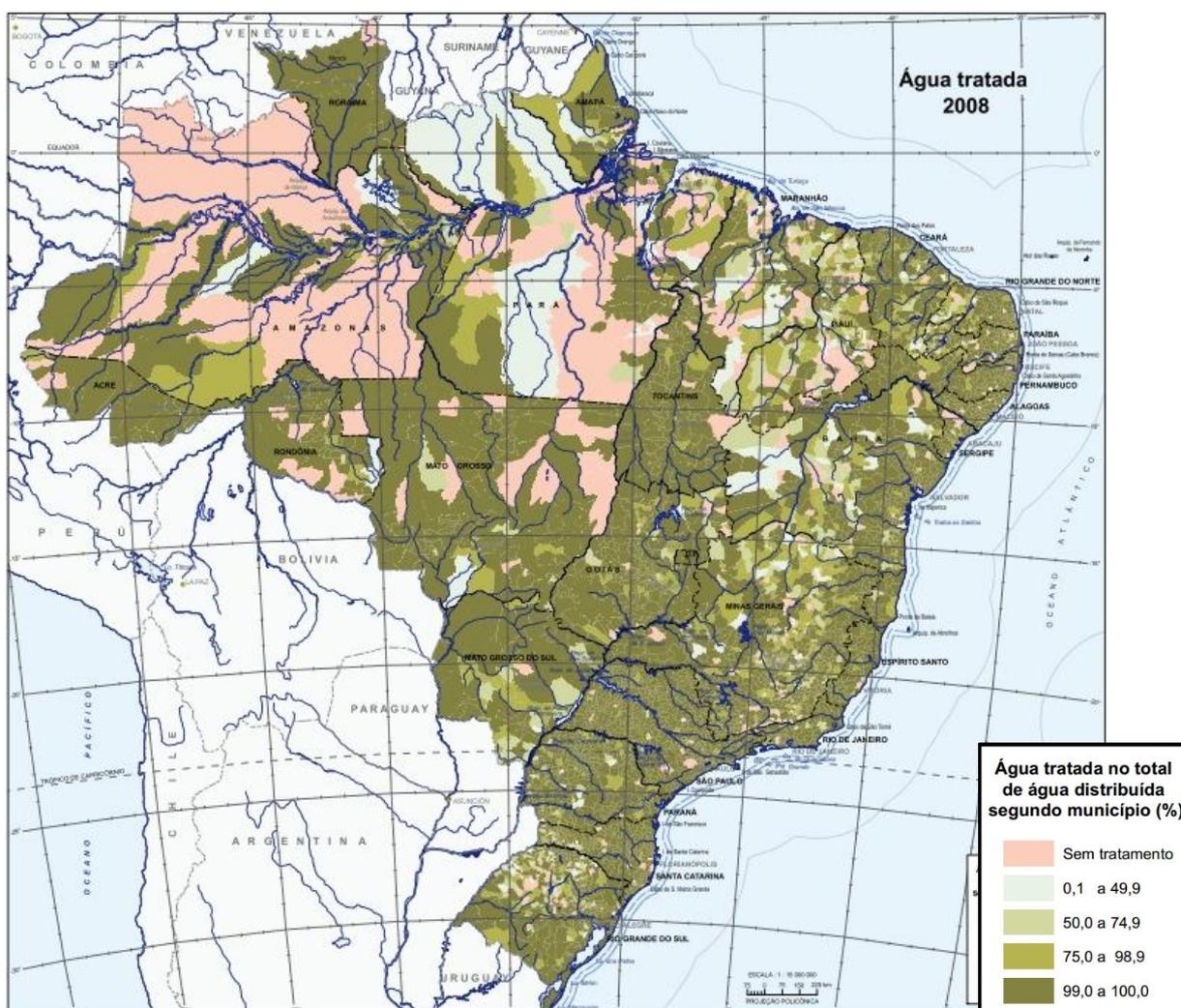


Figura 1 - Municípios que não tem acesso a água tratada (IBGE, 2011).

Os recursos hídricos são um bem natural renovável, por causa do ciclo das águas, e seu volume total no planeta permanece praticamente constante ao longo do tempo, porém de todo volume de água da Terra, apenas 2,5% são doce, e menos de um terço dessa água doce está disponível para uso humano. Entretanto, estima-se que o Brasil concentre entre 12% e 16% do volume total de recursos hídricos do mundo. Apesar de ser um número bastante expressivo,

os recursos não estão distribuídos de forma homogênea, 72% encontra-se na Amazônia e 6% no Sudeste, além de se encontrarem ameaçados por fatores socioeconômicos variados (BARLOW; CLARKE, 2002).

Cinco das 12 bacias hidrográficas do país, localizadas entre Nordeste e Sul, estão em estado crítico ou preocupante por causa da poluição ou do desperdício (ANA, 2010a).

Em 2010, 2.506 (45%) das sedes municipais possuem abastecimento satisfatório. São 52 milhões de habitantes com garantia de atendimento até 2015. Contudo, 3.059 municípios (55%) poderão ter abastecimento deficitário até lá, decorrente de problemas com a oferta de água do mananciais (superficial e/ou subterrâneo) em quantidade e/ou qualidade ou com a capacidade dos sistemas produtores ou, ainda, por ambas as razões. Dessas sedes urbanas, 46% necessitam de investimentos nos sistemas produtores e 9% apresentam déficits decorrentes da disponibilidade hídrica nos mananciais utilizados (ANA, 2010b).

3.4 IMPORTÂNCIA DO TRATAMENTO DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO

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

A correção da cor, turbidez, odor e sabor, redução da corrosividade, dureza, ferro, manganês, odor e sabor também são importantes esteticamente e financeiramente.

A Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é um parâmetro que indica de forma indireta a concentração de matéria orgânica biodegradável pela demanda de oxigênio exigida por microrganismos para sua respiração. A DBO é um teste padrão que procura replicar em bancada o fenômeno que ocorre em corpos d'água. Para o teste, duas amostras são coletadas, e em uma delas é medido o oxigênio dissolvido (OD) logo após a coleta. O oxigênio da outra amostra é medido após 5 dias, tempo em que amostra fica retida em uma incubadora que a mantém a uma temperatura constante de 20°C. O diferencial de concentração de oxigênio define a demanda bioquímica de oxigênio. Quando a água possui grande quantidade de matéria orgânica e microrganismos, faz-se necessário a diluição da amostra e inserção de nutrientes. No caso de efluentes indústrias que geralmente não possuem muito oxigênio e nem microrganismos, é preciso além de diluir e introduzir nutrientes, acrescentar uma "semente", que basicamente é uma pequena quantidade de esgoto com microrganismos e DBO conhecido para corrigir o resultado final. No decorrer de 5 dias a 20°C, é consumido cerca de 70% a 80% da matéria orgânica (esgoto doméstico) (VALENTE *et al.*, 1997).

Quanto aos coliformes, segundo a Organização Mundial de Saúde (WHO, 2004) seu alto índice na água aumenta substancialmente a probabilidade de zoonoses que podem ser veiculados pela água. Cujos seus principais patógenos são:

- bactérias: *Salmonella*, *E. coli* O157: H7, *Campylobacter* e *Yersinia*, *Mycobacterium avium* (ssp. *Paratuberculosis*), *Leptospira*;
- leveduras e bolores: *Trichophyton* spp., *Cryptococcus*, e *Coccidioides*;
- protozoários: *Giardia intestinalis*, *Cryptosporidium*, *Toxoplasma gondii*, *Entamoeba histolytica*, *Cyclospora*;
- helmintos: *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichuria*, *Fasciola hepática*.

E os parâmetros pH, cloretos e fluoretos servem como indicadores qualitativos, da necessidade de maior investigação quanto ao fator poluição.

A água bruta, a ser captada e tratada, pode ser classificada segundo a NBR 12.216 como sendo do tipo A, tipo B, tipo C e tipo D. Essa classificação é essencial para a escolha da técnica de tratamento mais adequada, esse assunto será melhor elucidado no tópico 2.9.3.

3.5 SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PARA UMA CIDADE DE 50000 HABITANTES

Como foi apresentado no tópico 2.3, as localidades que mais sofrem com problemas no abastecimento de água tratada são as de pequeno porte, por tanto será proposto neste trabalho um projeto de tratamento da água para abastecer uma demanda de 50.000 habitantes. Tendo isto definido, é possível amarrar algumas variáveis de projeto que precisariam ser estimadas matematicamente, simplificando muito alguns tópicos relacionados à demanda.

3.5.1 Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água

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

A escolha da melhor alternativa, muitas vezes, são definidas simplesmente por comparação, avaliando qualitativamente os prós e contras de cada uma, ou pode exigir estudos de alternativas mais complexas, levem em conta custos e benefícios (HELLER; PÁDUA, 2010).

A concepção tem como objetivos principais: Identificar e quantificar de todos os fatores intervenientes com o sistema de abastecimento de água; levantar um diagnóstico do sistema existente, tendo em vista a situação atual e futura; estabelecer todos os parâmetros básicos de projeto; pré-dimensionamento das unidades dos sistemas, para as alternativas selecionadas; escolher a alternativa mais adequada através de uma comparação técnica, econômica e ambiental, entre as alternativas; estabelecer as diretrizes gerais de projeto e estimar o volume de serviços que deve ser executado na fase de projeto (TSUTIYA, 2006).

3.5.1.1 Unidades que compõem uma instalação de abastecimento de água

Segundo Tsutiya a concepção deve se estender aos vários componentes do sistema de abastecimento que estão definidos a seguir.

- Manancial: é a fonte de água que pode ser superficial ou subterrâneo, fonte que alimenta o sistema de abastecimento. Devendo fornecer vazão suficientemente alta afim de suprir a demanda de água no período de projeto, a qualidade dessa água não deve ultrapassar certos limites, de modo que ela possa se adequar aos padrões de potabilidade através de tratamentos convencionais.
- Captação: consiste do conjunto de estruturas e dispositivos, construídos ou instalados junto ao manancial, para a tomada de água que irá suprir o sistema de abastecimento.
- Estação elevatória: são as obras e equipamentos que destinam-se a recalcar a água bruta, ou tratada para a próxima unidade. Nos sistemas de abastecimento, normalmente há inúmeras estações elevatórias. Há Também a estação elevatória, do tipo “booster”, que tem por finalidade

aumentar a pressão e, ou vazão em adutoras ou redes de distribuição de água.

- Adutora: tubulação que conduz a água entre as unidades antes da rede de distribuição. Não destina-se a distribuir a água aos consumidores, porem podem existir derivações que são denominadas de sub-adutoras.
- Estação de tratamento de água: conjunto de unidades destinadas a tratar a água de forma a adequar as seus parâmetros aos padrões de potabilidade.
- Reservatório: é a estrutura do sistema de distribuição de água que tem por definição regularizar as variações entre as vazões de adução e de distribuição e condicionar as pressões na rede de distribuição.
- Rede de distribuição: etapa do sistema de abastecimento de água formada por tubulações e órgãos acessórios, para distribuir a água potável entre os consumidores, de forma ininterrupta, em quantidade e pressão recomendada.

Neste trabalho, a unidade referente à rede de distribuição não será abordada, portanto o projeto irá tratar da escolha do manancial ao projeto do reservatório.

3.5.1.2 Normas aplicáveis ao projeto

As normas da ABNT que serão consideradas para o projeto de sistema de abastecimento de água, estão listadas abaixo.

- NBR 12.211: Estudos de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água, promulgada em 1992;
- NBR 12.213: Projeto de Captação de Água de Superfície para Abastecimento Público, promulgada em 1992;
- NBR 12.214: Projeto de Sistema de Bombeamento de Água para Abastecimento Público, promulgada em 1992;
- NBR 12.215: Projeto de Adutora de Água para Abastecimento Público, promulgada em 1991;

- NBR 12.216: Projeto de Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público, promulgada em 1992;
- NBR 12.217: Projeto de Reservatório de Distribuição de Água para Abastecimento Público, promulgada em 1994;

3.5.1.3 Caracterização da área de estudo e estimativa da demanda de água

O tamanho da comunidade influencia diretamente no portes do sistema, com diferentes complexidades. Pode-se tomar como exemplo, o diâmetro de adutoras de água, que depende do tamanho e da população total da localidade a ser abastecida (HELLER; PÁDUA, 2010). Em uma dada área, segundo a NBR 12.211, existem três tipos de população.

- População residente: formada por pessoas que têm o domicílio como residência habitual, ainda que ausente no dia do censo por período menor que doze meses.
- População flutuante: são as pessoas proveniente de outras localidades, que ocasionalmente se transferem para a área em estudo, imprimindo ao sistema de abastecimento um consumo unitário análogo ao da população residente.
- População temporária: Aquela que, proveniente de outras comunidades ou de outras áreas da comunidade em estudo, se transfere para a área abastecível, impondo ao sistema consumo unitário inferior ao atribuído à população, enquanto presente na área, e em função das atividades que aí exerce.
- Consumidor singular: Aquele que, ocupando parte de uma área específica, apresenta um consumo específico significativamente maior que o produto da vazão específica da área, pela área por ele ocupada.
- Consumidor especial: Aquele que deve ser atendido, independentemente de aspectos econômicos relacionados ao seu atendimento.

Sendo a população residencial total de uma área, a soma da residente, flutuante e temporária. Em posse da densidade demográfica estimada, agora é possível definir a população abastecível, que nada mais é que a fração da

população total, a ser abastecida pelo sistema. Para o estudo de demanda, leva-se em consideração o consumidor residencial, as industrial, comercial, público e especial (NBR 12211, 1992).

Segundo Tsutiya (2006), para a definição de uma área de atendimento tem de ser observados os seguintes aspectos:

- dados censitários;
- catalogação dos estudos populacionais existentes;
- pesquisa de campo;
- levantamento da evolução do uso do solo e zoneamento da cidade;
- análise socioeconômica do município, bem como o papel deste na região;
- plano diretor da cidade, sua real utilização, atualização e diretrizes futuras;
- projeto da população urbana baseada em métodos matemáticos, analíticos, comparativos e outros (ano a ano);
- análise e conclusão das projeções efetuadas; distribuição da população e suas respectivas densidades por zonas homogêneas e por setores de atendimento.

Tsutiya ainda define alguns critérios e parâmetros de projetos a serem utilizados.

- Consumo per capita;
- Coeficientes de variação das vazões K1 e K2, onde:
 - i. K1, é a relação entre o valor do consumo máximo diário ocorrido em um ano e o consumo médio diário relativo a esse ano;
 - ii. K2 é a relação entre o maior consumo horário e o consumo médio do dia de maior consumo;
- Coeficiente de demanda industrial;
- Níveis de atendimento no período de projeto;
- Alcance do estudo;

3.5.1.4 Topografia, geologia e geotécnica

A topografia local pode influenciar de várias formas a concepção do abastecimento. O relevo do terreno localizado entre as possíveis captações e a área de projeto influenciam, dentre outros fatores:

- características da adutora;
- necessidade de estações elevatórias e o correspondente consumo de energia;
- possibilidade de ocorrer golpe de aríete e a necessidade de seu controle.

Já o relevo da área de projeto, influencia a geometria da rede, podendo levar a diferentes alternativas de traçado. Cada alternativa resulta em diferentes custos, consumo de energia elétrica e complexidade operacional (HELLER; PÁDUA, 2010).

Os elementos cartográficos a serem utilizados para formulação de estudos de concepção podem ser constituídos de mapas, fotografias aéreas, levantamentos aerofotogramétricos, topográficos planimétricos ou planialtimétricos ou levantamentos expeditos (NBR 12211, 1992).

As características geológicas e geotécnicas diz respeito as condições do subsolo sobre o qual as tubulações e as estruturas do sistema serão assentadas e as alternativas mais adequadas para as fundações. Dependendo do resultado que o estudo sobre a geologia da área de projeto revelar, em alguns casos pode determinar modificações da localização de algumas unidades do sistema (HELLER; PÁDUA, 2010).

3.5.1.5 Estudo dos mananciais

Segundo a NBR 12.211 (1992), os mananciais considerados abastecedores, são aqueles que possuam condições sanitárias satisfatórias e que, isolados ou em grupo, possuam vazão suficiente para atender à demanda máxima prevista para o alcance do plano.

Sob o ponto de vista sanitário, o manancial para que seja considerado satisfatório, deve se enquadrar em um dos tipos de águas naturais para abastecimento público apresentado na NBR 12216 (1992).

O estudo de mananciais é uma tarefa de grande responsabilidade, que dependendo do porte do sistema, envolve profissionais com diversas formações além da engenharia, como geólogos, hidrogeólogos, biólogos e químicos (HELLER; PÁDUA, 2010).

De acordo com Milton Tomoyuki Tsutiya (2006), é uma atividade que envolve uma série de procedimentos, tais como:

- estudos e levantamentos hidrológicos das bacias hidrográficas;
- usos de recursos hídricos na área de influência;
- caracterização da cota de inundação;
- caracterização sanitária e ambiental da bacia, considerando:
 - i. condições de proteção e as tendências de ocupação da bacia analisando interferências que possam afetar a quantidade e qualidade da água do manancial;
 - ii. abordagem do problema de transporte de sedimentos (erosão e assoreamento);
 - iii. análise dos impactos decorrentes da redução da disponibilidade hídrica em função da captação pretendida e dos possíveis conflitos pelo uso da água;
 - iv. análises físico-químicas, bacteriológicas e toxicológicas das águas do manancial, dados de monitoramento e recomendações existentes, interpretando-os em função da legislação pertinente e da ocupação da bacia de contribuição em questão;
 - v. avaliação de riscos decorrentes da proximidade de vias de circulação ou indústrias, em caso de acidentes com produtos químicos tóxicos ou perigosos;
- caracterização topográfica e geotécnica na área da captação;
- condições da bacia a montante e a jusante;
- tratabilidade das águas do manancial;
- compatibilização com diretrizes estabelecidas pelo Plano Diretor da Bacia Hidrográfica.

3.5.1.6 Viabilidade energética

Pode ocorrer em comunidades mais distantes e de menor porte a ausência de energia elétrica, que, demanda soluções para bombeamento de água e iluminação com o uso de alternativas energéticas. Conseqüentemente, a disponibilidade de energia elétrica é um item essencial na formulação de alternativas. Além de, as despesas com energia elétrica constituírem um custo muito elevado dentre as despesas de operação de uma instalação de abastecimento de água. Na maioria delas, a maior parcela das despesas operacionais vem do consumo de energia elétrica, algumas vezes chega a 63% de custo operacional (HELLER; PÁDUA, 2010).

3.5.1.7 Recursos humanos

Um ponto importante na concepção de alternativas, é o seu requerimento de mão de obra especializada, muitas vezes profissionais capacitados não são encontrados na região, demandando atividades de capacitação e de supervisão. O abastecimento de água necessita de uma equipe com quantidade mínima de pessoal e com um nível mínimo de qualificação, para atender serviços como o de construção civil, hidráulicos, eletromecânicos, operação do tratamento e administrativos. Algumas vezes a falta de pessoal qualificado, pesa em inúmeras decisões de alternativas de concepção (HELLER; PÁDUA, 2010).

3.5.1.8 Alcance do projeto

Data prevista para o sistema planejado passar a operar com utilização plena de sua capacidade. É uma questão importante, sob o ponto de vista econômico, diferentes alcances podem determinar diferentes desempenhos financeiros. Comparando diferentes opções de alcance, o de melhor desempenho econômico seria o que apresentasse menor custo marginal (CM), ou menor “custo necessário para a produção de um m³ adicional”. Para sistemas

de menor porte, pode ser fixado um determinado alcance com base no bom senso do projetista. Este valor, em geral, oscila entre 8 e 12 anos, com média de 10 anos (HELLER; PÁDUA, 2010).

3.5.1.9 Alternativas de concepção

As alternativas de concepção a serem elaboradas, devem contemplar aspectos locacionais, tecnológicos e operacionais, com a descrição de todas as unidades componentes do sistema. Devem também abordar a possibilidade de aproveitamento total ou parcial de sistemas existentes, e também, recuperação das águas de lavagem das unidades da ETA, sistema de tratamento e disposição dos resíduos sólidos e estudos de análise de risco. Para cada alternativa devem ser avaliados os impactos ambientais negativos e positivos das diversas fases de implantação e operação do empreendimento, os quais devem ser devidamente considerados na escolha da alternativa, como também, os aspectos legais junto às entidades competentes (TSUTIYA, 2006).

3.6 PROJETO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE SUPERFÍCIE PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO

Segundo a NBR 12.213 (1989) a captação é constituída pelo conjunto de estruturas e dispositivos construídos ou instalados junto a um manancial, para a retirada de água que destina-se ao sistema de abastecimento, os principais dispositivos e estruturas estão listados abaixo.

- Barragem de nível: obra executada em curso de água para elevar o nível do manancial a uma cota predeterminada;
- Enrocamento: barragem de nível constituída de blocos de rocha colocados no curso de água;
- Tomada de água: conjunto de dispositivos destinado a conduzir a água do manancial para as demais partes constituintes da captação;

- Grade: dispositivo constituído de barras paralelas, destinado a impedir a passagem de materiais grosseiros, flutuantes ou em suspensão;
- Tela: dispositivo constituído de fios que formam malhas, destinado a reter materiais flutuantes não retirados na grade;
- Desarenador: dispositivo destinado a remover da água partículas, com velocidade de sedimentação igual ou superior a um valor prefixado.

3.7 PROJETO DE SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO

As estações elevatórias são estruturas com a função de transportar o líquido para cotas mais elevadas, ou para incrementar a capacidade de adução do sistema, por tanto são essenciais na captação, adução, tratamento e rede de distribuição de água (HELLER; PÁDUA, 2010).

3.7.1 Classificação

As elevatórias podem ser classificadas de acordo com o tipo de água será recalçada, ou por sua finalidade.

- Elevatórias de água bruta: destinadas a conduzir águas não tratadas.
- Elevatórias de água tratada: destinadas a conduzir águas tratadas, normalmente são instaladas após as estações de tratamento de água para o bombeamento do líquido até os reservatórios.
- Elevatórias tipo boosters: estão localizadas entre reservatórios, ou ainda, em algum trecho da rede de distribuição de água (HELLER; PÁDUA, 2010).

3.7.2 Atividades necessárias

De acordo com NBR 12214 (1992) elaboração do projeto do sistema de bombeamento compreende as seguintes atividades:

- determinação das vazões de projeto do sistema de bombeamento, levando em conta as condições operacionais do sistema de abastecimento;
- definição do tipo e arranjo físico da elevatória;
- definição do traçado das canalizações de sucção e recalque;
- fixação preliminar das características hidráulicas do sistema de bombeamento;
- escolha do tipo e número dos conjuntos motor/bomba, e definição do sistema operacional;
- dimensionamento e seleção do material das canalizações de sucção e recalque;
- dimensionamento do poço de sucção;
- estudo dos efeitos dos transientes hidráulicos e seleção do dispositivo de proteção do sistema;
- seleção final dos conjuntos motor-bomba;
- definição dos sistemas de acionamento, medição e controle;
- seleção de equipamentos de movimentação e serviços auxiliares;
- dimensionamento da sala de bombas;
- elaboração das especificações dos equipamentos principais e canalizações;
- elaboração dos projetos de,
 - i. arquitetura, urbanização e sistema viário;
 - ii. fundações e superestrutura;
 - iii. eletricidade;
 - iv. iluminação, ventilação e acústica;
 - v. drenagem pluvial, água potável, águas servidas, instalações de combate a incêndio, drenagem e outros;
- elaboração dos seguintes documentos,
 - i. especificações de serviços, materiais e equipamentos;
 - ii. memorial descritivo e justificativo;
 - iii. listas de materiais e equipamentos;

- iv. orçamento;
- v. manual de operação.

3.8 PROJETO DE ADUTORA DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO

Adutoras são tubulações dos sistemas de abastecimento de água que transportam a água para todas as unidades que precedem a rede de distribuição. Elas interligam captação, estação de tratamento e reservatórios e não tem por finalidade distribuir a água aos consumidores. Há casos em que seguem ramificações da adutora principal (sub-adutoras), que levam a água a outros pontos do sistema (TSUTIYA, 2006).

Na figura 2 pode-se observar alguns tipos adutoras e suas localizações espaciais entre as unidades do sistema.

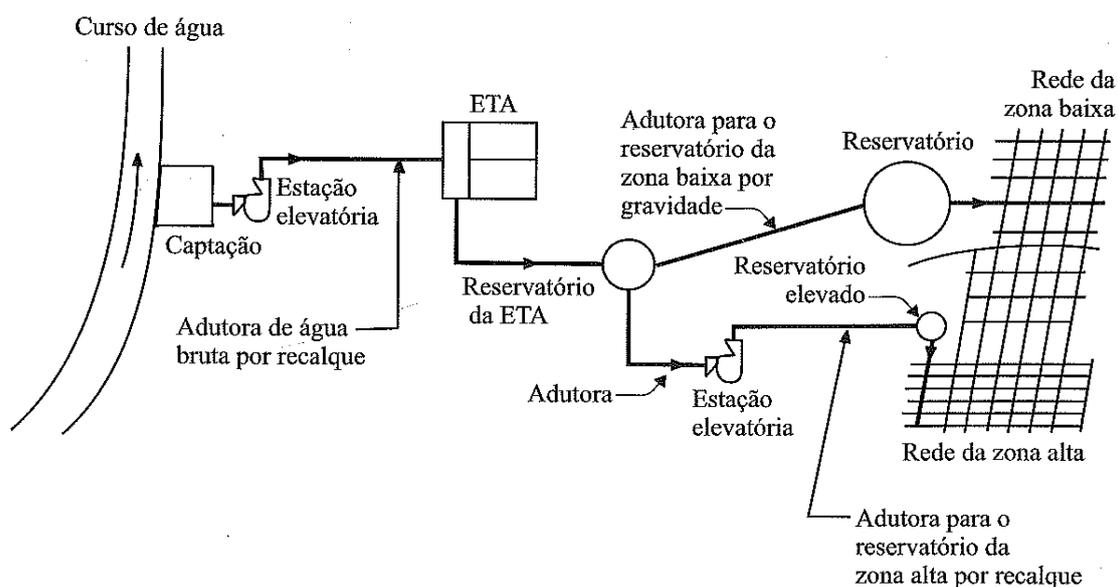


Figura 2 - Exemplo de linhas de adução (TSUTIYA, 2006).

3.8.1 Classificação de adutoras

Quanto à natureza da água transportada as adutoras podem ser denominadas.

- adutoras de água bruta: são tubulações que transportam a água sem tratamento, situadas antes da ETA;
- adutoras de água tratada: são tubulações que transportam a água tratada, localizadas após a ETA (TSUTIYA, 2006).

Quanto à energia para a movimentação da água as adutoras podem ser classificadas:

- adutoras por gravidade: transportam a água de uma cota mais elevada para a cota mais baixa. A adução por gravidade pode ser feita em conduto forçado a água está sob pressão maior que a atmosfera e conduto livre, a água permanece sob pressão atmosférica;
- adutoras por recalque: As adutoras por recalque transportam a água de um ponto a outro com cota mais elevada, através de estações elevatórias;
- adutoras mistas: se compõem de trechos por gravidade e de recalque(TSUTIYA, 2006).

3.8.1.1 Atividades necessárias

A NBR 12215 (1991) lista algumas atividades necessárias para o desenvolvimento do projeto:

- definição do caminhamento da adutora;
- complementação dos elementos topográficos e levantamento de interferências;
- traçado da adutora;
- fixação da vazão de dimensionamento;
- estudo econômico e dimensionamento hidráulico;
- análise do golpe de aríete;
- dimensionamento estrutural;
- projeto de obras e dispositivos especiais de proteção manutenção e operação;

- elaboração dos seguintes documentos:
 - i. memorial descritivo e justificativo;
 - ii. especificações de serviços, materiais e equipamentos;
 - iii. listas de materiais e equipamentos;
 - iv. orçamento;
 - v. manual de operação.

3.9 PROJETO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO

A NBR 12216 (1992) define a ETA, como conjunto de unidades destinado a adequar as características da água aos padrões de potabilidade.

3.9.1 Atividades necessárias

Para a implementação do projeto de uma ETA as seguintes atividades devem ser compreendidas:

- definição dos processos de tratamento;
- disposição e dimensionamento das unidades dos processos de tratamento e dos sistemas de conexões entre elas;
- disposição e dimensionamento dos sistemas de armazenamento, preparo e dosagem de produtos químicos;
- elaboração dos projetos de arquitetura, urbanização e paisagismo;
- elaboração dos projetos de fundações e superestrutura;
- elaboração dos projetos de instalações elétricas, hidráulico-sanitárias, drenagem pluvial, drenagens, esgotamento geral da ETA, com indicação da disposição final e projetos complementares;
- elaboração das especificações dos materiais e equipamentos relacionados aos processos e às suas instalações complementares, bem como dos materiais e equipamentos de laboratório e de segurança;
- elaboração do memorial descritivo e justificativo;

- elaboração das listas de materiais e equipamentos;
- elaboração do orçamento;
- elaboração do manual de operação e manutenção.

3.9.2 Processos e operações unitárias de tratamento de água

Em uma ETA os processos e operações de tratamento de água mais comuns são:

- micropeneiramento;
- oxidação;
- adsorção em carvão ativado;
- mistura rápida e coagulação;
- floculação;
- decantação;
- flotação;
- filtração rápida;
- desinfecção;
- fluoretação;
- estabilização química (HELLER; PÁDUA, 2010).

Há casos onde existem contaminantes específicos no manancial, que faz-se necessário acrescentar algum processo específico de tratamento para remove-lo na ETA.

3.9.2.1 Micropeneiramento

O micropeneiramento tem a função de reter sólidos finos não-coloidais em suspensão e podem ser adotadas num dos seguintes casos:

- quando a água apresenta algas ou outros microrganismos de tipo e em quantidade tal que sua remoção seja imprescindível ao tratamento posterior;
- quando permite a potabilização da água sem necessidade de outro tratamento, exceto desinfecção;
- quando permite redução de custos de implantação ou operação de unidades de tratamento subsequentes.

As unidades devem contar com sistema de limpeza por água em contracorrente (NBR 12216, 1992).

3.9.2.2 Oxidação

A oxidação visa introduzir ar na água, por meio de dispositivos denominados aeradores, para remoção de compostos voláteis e oxidáveis além de gases indesejáveis. Os tipos de aeradores admitidos são:

- plano inclinado, formado por uma superfície plana com declividade de 1:2 a 1:3, dotado de protuberâncias destinadas a aumentar o contato da água com a atmosfera;
- bandejas perfuradas sobrepostas, com ou sem leito percolador, formando conjunto no mínimo com quatro unidades;
- cascatas, constituídas de pelo menos quatro plataformas superpostas, com dimensões crescentes de cima para baixo;
- escadas, por onde a água deve descer sem aderir às superfícies verticais;
- ar comprimido difundido na água contida em tanques;
- tanques com aeradores mecânicos;
- torre de aeração forçada, com anéis Rashing ou similares;
- outros de comprovada eficiência (NBR 12216, 1992).

3.9.2.3 Adsorção

A adsorção tem por definição remover compostos orgânicos e inorgânicos indesejáveis, incluindo os que causam sabor e odor, pelo contato da água com uma substância adsorvente. No tratamento de água, os adsorventes mais utilizados são a alumina e principalmente o carvão ativado. Dentre as duas modalidades de carvão ativado, carvão ativado em pó (CAP) e carvão ativado granulado (CAG), nas ETAs brasileiras o CAP é o mais usado (HELLER; PÁDUA, 2010).

3.9.2.4 Mistura rápida e Coagulação

A NBR 12216 (1992) trata esse processo, como sendo a operação destinada a dispersar produtos químicos na água a ser tratada, produtos utilizados para o processo de coagulação em geral. Os dispositivos de mistura são constituídos por:

- qualquer trecho ou seção de canal ou de canalização que produza perda de carga compatível com as condições desejadas, em termos de gradiente de velocidade e tempo de mistura;
- difusores que produzam jatos da solução de coagulante, aplicados no interior da água a ser tratada;
- agitadores mecanizados;
- entrada de bombas centrífugas.
- Podem ser utilizados como dispositivo hidráulico de mistura:
- qualquer singularidade onde ocorra turbulência intensa;
- canal ou canalização com anteparos ou chicanas;
- ressalto hidráulico;
- qualquer outro trecho ou seção de canal ou canalização que atenda às condições ideais de gradiente de velocidade, tempo de mistura e concentração da solução de coagulante.

A aplicação da solução de coagulante deve ser sempre feita imediatamente antes do ponto de maior dissipação de energia e através de jatos separados de no máximo 10 cm (NBR-12216, 1992).

3.9.2.5 Floculação

A floculação é o processo de agitação da água, realizada após a coagulação, com o objetivo de promover o contato das impurezas com o coagulante e das impurezas entre si, afim de que esse material aglutine. A agitação da água pode ser promovida por meios mecânicos ou hidráulicos (HELLER; PÁDUA, 2010).

3.9.2.6 Decantação

São unidades que vem após a floculação, destinadas à remover partículas presentes na água, pela ação da gravidade. Podem ser convencionais, ou de baixa taxa, e de elementos tubulares, ou de alta taxa. O número de decantadores da ETA depende de fatores operacionais e econômicos(NBR-12216, 1992).

3.9.2.7 Flotação

Enquanto na decantação a força de gravidade atua fazendo com que as partículas se depositem no fundo do decantador, na flotação a clarificação da água é conseguida por meio da produção de bolhas que se aderem aos flocos ou partículas em suspensão, aumentando o empuxo e provocando a ascensão dos flocos até a superfície do flotor, de onde são removidas. Após a coagulação e floculação da água bruta, as vezes há a formação de flocos com baixa velocidade de sedimentação, sendo necessário projetar os decantadores muito grandes. Quando isso ocorre, surge como alternativa o uso dos flotores, que apesar de necessitarem de mão de obra mais qualificada, oferecem uma série de vantagens em relação aos decantadores, tais como:

- são unidades mais compactas;
- produzem lodo com maior teor de sólidos;

- possibilitam reduzir o consumo de coagulante primário;
- possibilitam reduzir o tempo de floculação;
- reduzem o volume de água descartada junto com o lodo, em relação à porcentagem da vazão total tratada na ETA;
- promovem air stripping de substâncias voláteis, por ventura presentes na água;
- promovem um certo grau de oxidação da água, o que pode facilitar a remoção de metais solúveis (HELLER; PÁDUA, 2010).

3.9.2.8 Filtração lenta

Na filtração lenta o tratamento da água é feito por um processo biológico, não há necessidade de coagulante químico e a frequência de limpeza dos filtros, é menor, o que simplifica a operação e facilita a utilização dessa técnica. Contudo, os filtros operam com baixa taxa de filtração, conseqüentemente o espaço físico que essa unidade necessita é significativamente maior do que o das demais técnicas que também utilizam a filtração em areia. Essa técnica é mais utilizada em regiões de pequeno porte, onde a demanda por água é mais baixa (HELLER; PÁDUA, 2010).

São unidades destinadas a tratar águas tipo B, que será mostrado no tópico 2.9.3, ou águas que, após pré-tratamento, se enquadrem nas desse tipo. A areia que constitui a camada filtrante deve ter as seguintes características:

- espessura mínima de 0,90 m;
- tamanho efetivo de 0,25 a 0,35 mm;
- coeficiente de uniformidade menor que 3.

3.9.2.9 Filtração rápida

São unidades com o objetivo de remover partículas em suspensão, em caso de a água a tratar ser submetida a processo de coagulação, seguido ou não de decantação, ou quando comprovado que as partículas capazes de provocar turbidez indesejada possam ser removidas pelo filtro, sem necessidade de coagulação. Os filtros podem ser de camada filtrante simples ou dupla, de fluxo ascendente ou descendente, sendo os de fluxo ascendente sempre de camada simples (NBR 12216, 1992).

3.9.2.10 *Desinfecção*

A desinfecção da água tem como objetivo a eliminação de organismos patogênicos que possam estar presentes na água, incluindo bactérias, protozoários e vírus. Outra finalidade, é manter um residual do desinfetante na água a ser distribuída, para atuar preventivamente, caso ocorra algum tipo de contaminação na rede de distribuição. Os agentes desinfetantes em geral atuam de acordo com um, ou mais de um dos seguintes mecanismos:

- destruição da estrutura celular;
- interferência no metabolismo com inativação de enzimas;
- interferência na biossíntese e no crescimento celular, evitando a síntese de proteínas, ácidos nucleicos e coenzimas (HELLER; PÁDUA, 2010).

3.9.2.11 *Fluoretação*

Normalmente, o flúor é adicionado à água na forma de ácido fluossilícico, fluossilicato de sódio, fluoreto de sódio ou fluoreto de cálcio (fluorita), para agir preventivamente contra a decomposição do esmalte dos dentes. No Brasil, a fluoretação é prevista na lei nº 6.050 (1974) (HELLER; PÁDUA, 2010).

A utilização de flúor no tratamento águas de abastecimento é um assunto bastante polêmico, sendo alguns favoráveis e outros contrários à sua utilização. Foi apresentado a Câmara dos Deputados o projeto de lei nº 510 (2003), Revoga a Lei nº 6.050, que dispõe sobre a fluoretação da água em sistemas de

abastecimento quando existir estação de tratamento, segundo o projeto de lei, “A fluoretação da água para abastecimento público, tornada obrigatória em vários países e até objeto de campanhas por órgãos internacionais de saúde pública, é fruto de um equívoco científico”. O processo de fluoretação fica então a cargo do contratante.

3.9.2.12 Estabilização química

Mesmo após as etapas de tratamento, com a água distribuída à população atendendo aos padrões de potabilidade para consumo humano vigente no país, segundo a Portaria nº 2.914 (2011), com valores inferiores ao máximo permitido quanto a contaminantes. A água pode apresentar-se corrosiva ou incrustante e acarretar danos na tubulação de distribuição. A estabilização química tem caráter mais econômico, visando minimizar gastos com manutenção de rede por conta de furo, ou entupimentos (HELLER; PÁDUA, 2010).

3.9.3 Seleção de técnicas de tratamento

A qualidade da água bruta é um dos principais fatores que devem ser considerados na definição da técnica de tratamento. Entretanto, quando a água puder ser tratada por mais de uma técnica, outros fatores, tais como complexidade operacional, custo de implantação e de operação e porte da instalação devem ser levados em consideração. É imprescindível a existência de laboratório apropriadamente equipado e de áreas convenientemente projetadas para armazenamento e preparo de produtos químicos (HELLER; PÁDUA, 2010).

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

- tipo A: águas subterrâneas ou superficiais, provenientes de bacias sanitariamente protegidas, com características básicas definidas na

Tabela seguinte, e as demais satisfazendo aos padrões de potabilidade;

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

Tabela 2 - Classificação de águas naturais para abastecimento público

Tipos	A	B	C	D
DBO 5 dias(mg/l):				
-média	≤ 1,5	1,5 – 2,5	2,5-4,0	>4,0
-máxima em qualquer amostra	1–3	3–4	4-6	>6
Coliformes (*NMP/100 ml):				
-média mensal em qualquer mês	50-100	100-5000	5000-20000	>20000
-máximo	>100 cm menos de 5% das amostras	>5000 cm menos de 20% das amostras	>20000 cm menos de 5% das amostras	-
pH	5-9	5-9	5-9	3,8-10,3
cloretos	<50	50-250	250-600	>600
fluoretos	<1,5	1,5-3,0	>3,0	-

*NMP – Número mais provável

Fonte: adaptado NBR 12216, 1992

3.9.3.1 Tipos de tratamento

Sobre os tipos de tratamento, os mais comumente utilizados são:

- filtração lenta e filtração em múltiplas etapas;
- filtração direta;
- tratamento convencional e flotação;

- filtração em membranas (HELLER; PÁDUA, 2010).

3.10 PROJETO DE RESERVATÓRIO DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO

Unidades de reservação são os elemento do sistema de abastecimento de água destinado a regularizar as variações entre as vazões de adução e de distribuição e condicionar as pressões na rede de distribuição (NBR 12217, 1994).

No que tange a regularização das vazões de adução e de distribuição, as unidades antes do reservatório em geral são dimensionadas para a vazão média do dia de maior consumo ($Q_{D>C}$), produto da cota per capita pela população de projeto, maximizada pelo coeficiente k_1 . Uma vez que no dimensionamento das redes de distribuição essa vazão acresce-se do coeficiente k_2 , os reservatórios permitem que as unidades precedentes apresentem dimensões mais econômicas compatíveis a vazões de menor magnitude (HELLER; PÁDUA, 2010).

3.10.1 Tipos de reservatório

A NBR 12217 (1994) define alguns tipos de reservatório, são eles.

- Reservatório de distribuição: destinado a regularizar as variações entre as vazões de adução e de distribuição e condicionar as pressões na rede de distribuição.
- Reservatório elevado: tem como função principal condicionar as pressões nas áreas de cotas topográficas mais altas que não podem ser abastecidas pelo reservatório principal.
- Reservatório de montante: sempre tem como objetivo fornece água à rede de distribuição.
- Reservatório de jusante (ou de sobra): pode fornecer ou receber água da rede de distribuição.

3.10.2 Atividades necessárias

A NBR 12217 (1994) apresenta algumas atividades necessárias para o desenvolvimento do projeto:

- locação das unidades;
- definição da forma e do material do reservatório;
- dimensionamento do reservatório e de suas canalizações de entrada, saída, descarga e extravasão;
- definição de equipamentos, órgãos acessórios e instrumentação;
- elaboração dos projetos de:
 - i. arquitetura, urbanização e sistema viário;
 - ii. fundações e superestrutura;
 - iii. eletricidade;
 - iv. instrumentação;
 - v. drenagem pluvial, água potável, águas servidas e outros;
- elaboração dos seguintes documentos:
 - i. especificações de serviços, materiais e equipamentos;
 - ii. memorial descritivo e justificativo;
 - iii. listas de materiais e equipamentos;
 - iv. orçamento;
 - v. manual de operação.

4 METODOLOGIA E RESULTADOS

4.1 CAPTAÇÃO

4.1.1 Demanda (fonte das fórmulas adaptado) (TSUTIYA, 2006)

Levando em consideração a tabela 3 Para o projeto foi considerado suprir um consumo per capita de 220L/hab.dia, para 50000 habitantes com a planta funcionando 16 horas por dia.

Tabela 3 - Consumo per capita segundo o tamanho da população

População de fim de plano (Habitantes)	Per capita L/(hab.dia))
30.000 até 100.000	200 a 250

Fonte: (FUNASA, 2007)

Para o cálculo de demanda, utilizou-se a equação 1 de acordo com Tsutiya (2006):

$$Q_1 = \frac{K_1 \cdot P \cdot qpc}{16 \cdot 60 \cdot 60} \cdot 1,03 \quad (1)$$

Onde,

$qpc = \text{consumo per capita, em L/(hab. dia)} = 220 \text{ L/(hab. dia)}$

$P = \text{população} = 50000 \text{ hab}$

$$K_1 = \frac{\text{maior consumo diário no ano}}{\text{consumo médio diário no ano}} = 1,2$$

$Q_1 = \text{vazão da captação á reservaçã, em L/s}$

Então, o resultado para o cálculo de demanda será,

$$Q_1 = 236,04 \text{ L/s}$$

4.1.2 Grades e telas

Segundo a NBR 12213 (1989), para o dimensionamento das grades e telas, o espaçamento entre barras paralelas deve estar entre 7,5 cm a 15 cm para a grade grosseira, e 2 cm a 4 cm para a grade fina. As telas devem estar de 8 a 16 fios/dm. As grades, ou telas sujeitas a limpeza manual exigem inclinação a jusante de 70° a 80° em relação a horizontal, e passadiço para fácil execução dos serviços de manutenção. Na seção de passagem correspondente ao nível mínimo de água, a área das aberturas da grade deve, ser igual ou superior a 1,7 cm² por litro por minuto de modo que a velocidade resultante seja igual ou inferior a 10 cm/s, sendo as perdas de carga avaliadas admitida a obstrução de 50% da seção da passagem.

Equações de 2 à 7 foram utilizadas para dimensionamento das grades (TSUTIYA, 2006):

$$Q_{\min} = 0,20 \cdot Q_1 \quad (2)$$

$$B_u = A_u \cdot H_{\min} \quad (3)$$

$$A_u = 1,7 \cdot Q_{\min} \quad (4)$$

$$B = n \cdot s + (n - 1)b \quad (5)$$

$$h_f = \frac{Kv^2}{2g} \quad (6)$$

$$K = \beta \left(\frac{S}{b} \right)^{1,33} \cdot \text{sen } \alpha \quad (7)$$

Onde,

Q_{\min} = é a vazão mínima de projeto

B_u = é a largura útil do canal

H_{\min} é a altura mínima

H_{\max} é a altura máxima

B é a largura do canal

n = número de barras

s = espessura das barras

b = distância livre entre as barras definido como 0,1 m

α = ângulo da grade em relação a horizontal

β = função da forma da barra de seção circular = 1,79

A'_u = área útil na vazão máxima

A_u = área útil na vazão mínima

h_f = perda de carga

v = velocidade a montante da grade com 50% de obstrução

g = aceleração da gravidade

Resultado para o dimensionamento da grade grossa:

$$Q_{\min} = 47,2 \text{ L/s} = 0,0472 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_{\min} = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$$

$$H_{\max} = 1,5 \text{ m}$$

$$A_u = 0,481 \text{ m}^2$$

$$B_u = 1,6 \text{ m}$$

$$b = 0,1 \text{ m (NBR 12213 (1989))}$$

$$s = 0,0111 \text{ m (NBR 12213 (1989))}$$

$$n = 17 \text{ barras}$$

$$B = 1,80 \text{ m}$$

$$\text{Altura da grade} = 1,70$$

$$\text{Altura da caixa de tomada} = 2,00$$

$$K = 0,0929$$

$$h_f = 0,145 \text{ mm}$$

$$v = 0,175 \text{ m/s}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\alpha = 75^\circ$$

Para o cálculo da perda de carga nas telas, temos as equações 8 e 9 (NBR 12213, 1989):

$$K = 0,55 \cdot \frac{1-\varepsilon^2}{\varepsilon^2} \quad (8)$$

$$\varepsilon = (1 - nd)^2 \quad (9)$$

Onde,

d = diâmetro do fio, em m

n = número de fios por unidade de comprimento

Resultado para o dimensionamento da grade fina:

$$Q_{\min} = 47,2 \text{ L/s} = 0,0472 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_{\min} = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$$

$$H_{\max} = 1,5 \text{ m}$$

$$A_u = 0,481 \text{ m}^2$$

$$B_u = 1,6 \text{ m}$$

$$b = 0,03 \text{ m (NBR 12213 (1989))}$$

$$s = 0,0079 \text{ m (NBR 12213 (1989))}$$

$$n = 49 \text{ barras}$$

$$B = 1,80 \text{ m}$$

$$\text{Altura da grade} = 1,70 \text{ m}$$

$$\text{Altura da caixa de tomada} = 2,00 \text{ m}$$

$$K = 0,293$$

$$h_f = 4,58 \text{ mm}$$

$$v = 0,175 \text{ m/s}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\alpha = 75^\circ \text{ (NBR 12213 (1989))}$$

Analogamente aos cálculos de dimensionamento das grades grossa e fina, tem-se o resultado da perda de carga na tela quadrada:

Assumindo um diâmetro de fio comercial, $d = 0,02 \text{ cm}$

$$\varepsilon = 0,5776$$

$$K = 1,098$$

$$h_f = 1,72 \text{ mm}$$

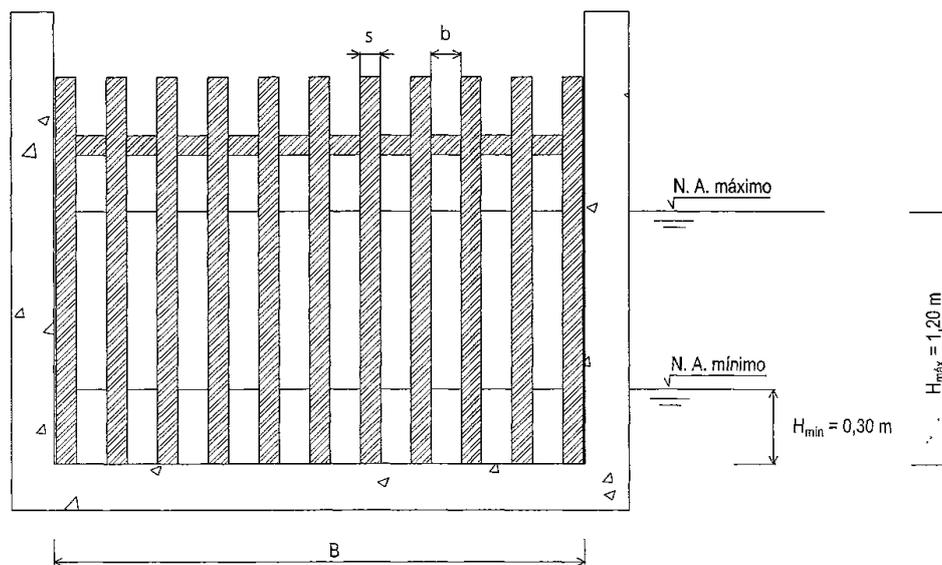


Figura 3 - Croqui de gradeamento (HELLER; PÁDUA, 2010)

4.1.3 Desarenador

Segundo a NBR 12213 (1989) o desarenador pode ser dimensionado segundo os seguintes critérios:

$$v_s = 0,021 \text{ m/s}$$

$$v_h = 0,30 \text{ m/s}$$

$$L = 1,5 \cdot L'$$

Onde,

v_s = velocidade de sedimentação, em m/s

v_h = velocidade horizontal, em m/s

L' = Comprimento do desarenador, em m

L = Comprimento do desarenador com 50% de folga, em m

Resultado para o cálculo do comprimento do desarenador com folga de 50%:

$$L' = 21,43 \text{ m}$$

$$L = 32,14 \text{ m}$$

As equações de 10 a 14 foram utilizadas para o dimensionamento do desarenador (HELLER; PÁDUA, 2010):

$$H = v_s \cdot t \tag{10}$$

$$L' = v_h \cdot t \tag{11}$$

$$Q = v_h (b \cdot h) \tag{12}$$

$$L'/v_h = h/v_s \tag{13}$$

$$L' = Q / (b \cdot v_s) \tag{14}$$

Onde,

H = altura do nível de água, em m

Q = vazão, em m^3/s

Resultados do dimensionamento do desarenador:

$$H_{m\acute{a}x} = 1,5 \text{ m}$$

$$B = 1,8 \text{ m}$$

$$Q_1 = 0,236 \text{ m}^3/s$$

$$\text{Tempo de sedimentação: } t = 71,43 \text{ s}$$

Cálculo e resultado do dimensionamento do depósito de areia do desarenador de acordo com as equações 15 e 16:

$$V_{des} = B \cdot L \cdot H \tag{15}$$

$$V_{des} = 86,79 \text{ m}^3$$

$$V_{dep} = 0,1 V_{des} \quad (16)$$

$$V_{dep} = 8,68 \text{ m}^3$$

Altura do depósito de areia: $h = 0,27\text{m}$

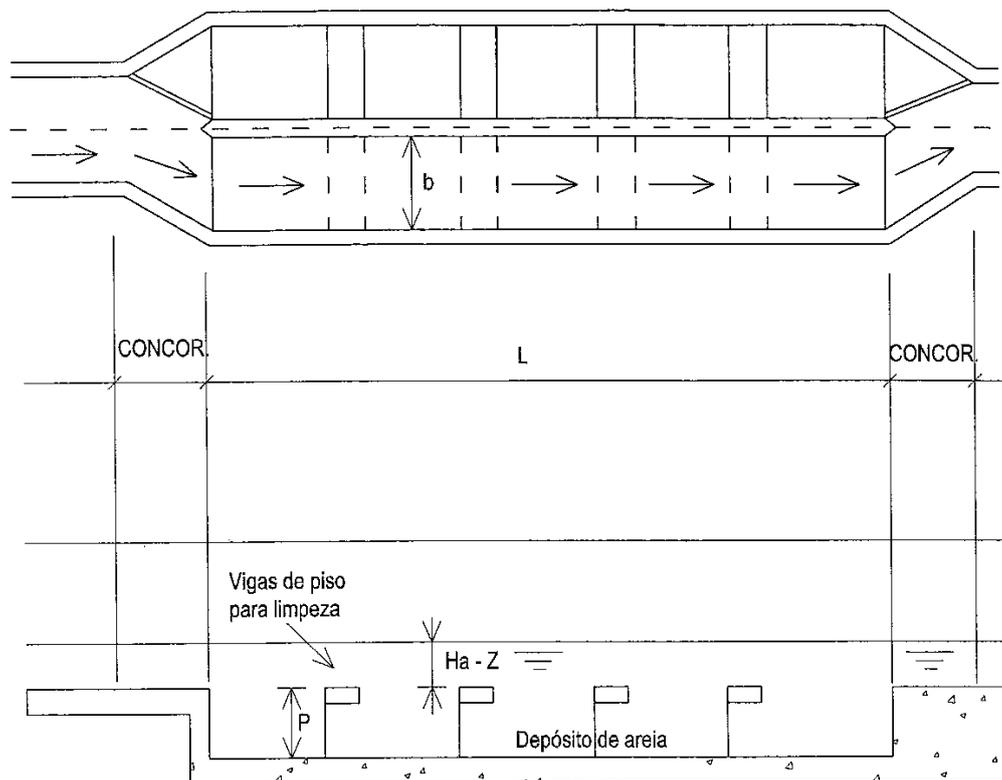


Figura 4 - Croqui de desarenador (caixa de areia) (HELLER; PÁDUA, 2010)

4.1.4 Adução

A adução deste projeto é composta por dois trechos, o primeiro aduz água bruta da captação até a ETA, e o segundo aduz água tratada da ETA até o reservatório.

$$Q_2 = \frac{K_1 \cdot P \cdot qpc}{16.60.60} \quad (17)$$

Onde,

$$Q_1 = \text{vazão de água bruta da captação} = 236.04 \text{ L/s}$$

Portanto,

$$Q_2 = \text{vazão de água tratada para reservação} = 229,17 \text{ L/s}$$

Para o dimensionamento do diâmetro da adutora utilizou-se a equação de Bresse 18 e 19:

$$D = K_b \sqrt{Q_n} \quad (18)$$

$$K_b = \sqrt{\frac{4}{\pi \cdot v}} \quad (19)$$

Onde,

D = diâmetro da adutora

K_b = coeficiente de Bresse

v = velocidade de escoamento dentro da adutora

Resultado do dimensionamento do diâmetro da adutora:

$$D = 0,500 \text{ m}$$

$$K_b = 1,03$$

$$v = 1,20 \text{ m/s}$$

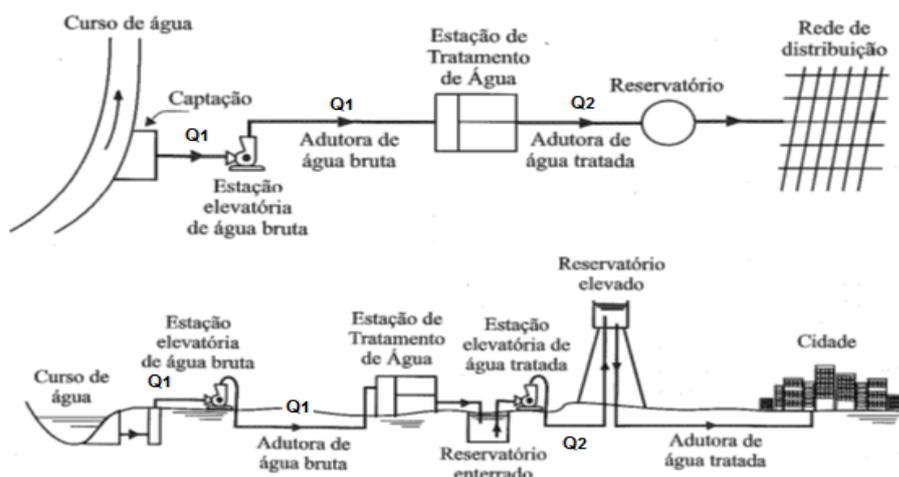


Figura 5 - Esquema de adução para terreno plano (TSUTIYA, 2006)

4.1.5 Poço de sucção

Segundo a NBR 12214 (1992) a tubulação de sucção deve estar submersa de uma altura de $2,5 d$, sendo "d" o diâmetro interno dessa tubulação, a distância mínima entre a parte inferior do crivo (ou do tubo) e o fundo do poço de $1,0 d$ a $1,5 d$ e a distância mínima da parte externa da tubulação às paredes de $1,0 d$. quando o fundo do canal de chegada e o do poço de sucção se acham em cotas diferentes, a concordância entre ambos deve ser feita por plano inclinado de no máximo 45° em relação à horizontal.

Resultado do dimensionamento do poço de sucção:

$$d = 0,5 m$$

$$a = 3 \cdot d = 1,5 m$$

$$b = d = 0,5 m$$

$$c = d = 0,5 m$$

$$e = 2,5 \cdot d = 1,25 m$$

$$f = d = 0,5 m$$

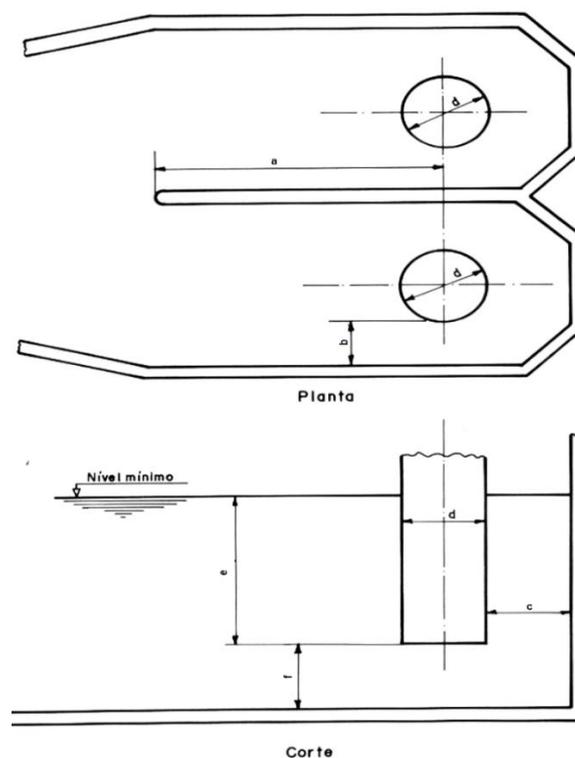


Figura 6 - Croqui do poço de sucção (NBR 12214, 1992c)

4.2 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

4.2.1 Aeradores

Admitindo um dispositivo de aeração, do tipo bandejas perfuradas sobrepostas, formando um conjunto quatro unidades

Equações e parâmetros adotados para o dimensionamento da unidade de aeração (NETTO; RICHTER, 1991):

Cálculo da vazão por dia:

$$Q_d = Q_1 \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \cdot \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ dia}} \quad (20)$$

$$Q_d = \text{vazão diária, em m}^3/\text{dia}$$

Cálculo da área das bandejas do aerador:

Assumindo, $q_a = 1200 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{dia})$

q_a = taxa de aplicação, em $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{dia})$

$$A_{tot} = Q_d/q_a \quad (21)$$

$$A_{tot} = 17 \text{ m}^2$$

A_{tot} = Área total das bandejas, em m^2

Levando em consideração que o número de bandejas é 4, temos:

$$A_b = \frac{A_{tot}}{4} = 4,25 \text{ m}^2 \quad (22)$$

A_b = Área de cada bandeja

Para bandejas quadradas, teremos:

$$A = B$$

Logo:

$$A_b = A^2 \quad (23)$$

Onde,

A = dimensão lateral da bandeja

B = dimensão lateral da bandeja

Resultado do dimensionamento:

$$Q_d = 20394 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$A_b = \frac{17}{4} = 4,25 \text{ m}^2$$

$$A \approx 2,1 \text{ m}$$

Segundo tabela 4, as dimensões do aerador serão:

$$A = 2,10 \text{ m}$$

$$B = 2,10 \text{ m}$$

$$C = 3,00 \text{ m}$$

$$D = 3,00 \text{ m}$$

$$E = 2,50 \text{ m}$$

$$F = 150 \text{ mm}$$

$$G = 200 \text{ mm}$$

Tabela 4 - Dimensões padronizadas de aerador do tipo bandeja

Capacidade <i>L/s</i>	A <i>m</i>	B <i>m</i>	C <i>m</i>	D <i>m</i>	E <i>m</i>	F <i>mm</i>	G <i>mm</i>
30	0,90	0,90	1,80	1,80	2,30	75	100
60	1,20	1,20	2,10	2,10	2,40	100	150
95	1,50	1,50	2,40	2,40	2,40	100	150
160	1,80	1,80	2,70	2,70	2,50	150	200
240	2,10	2,10	3,00	3,00	2,50	150	200
330	1,80	3,60	2,70	4,50	2,60	200	250
460	2,10	4,20	3,00	5,20	2,70	250	300

Fonte (NETTO; RICHTER, 1991)

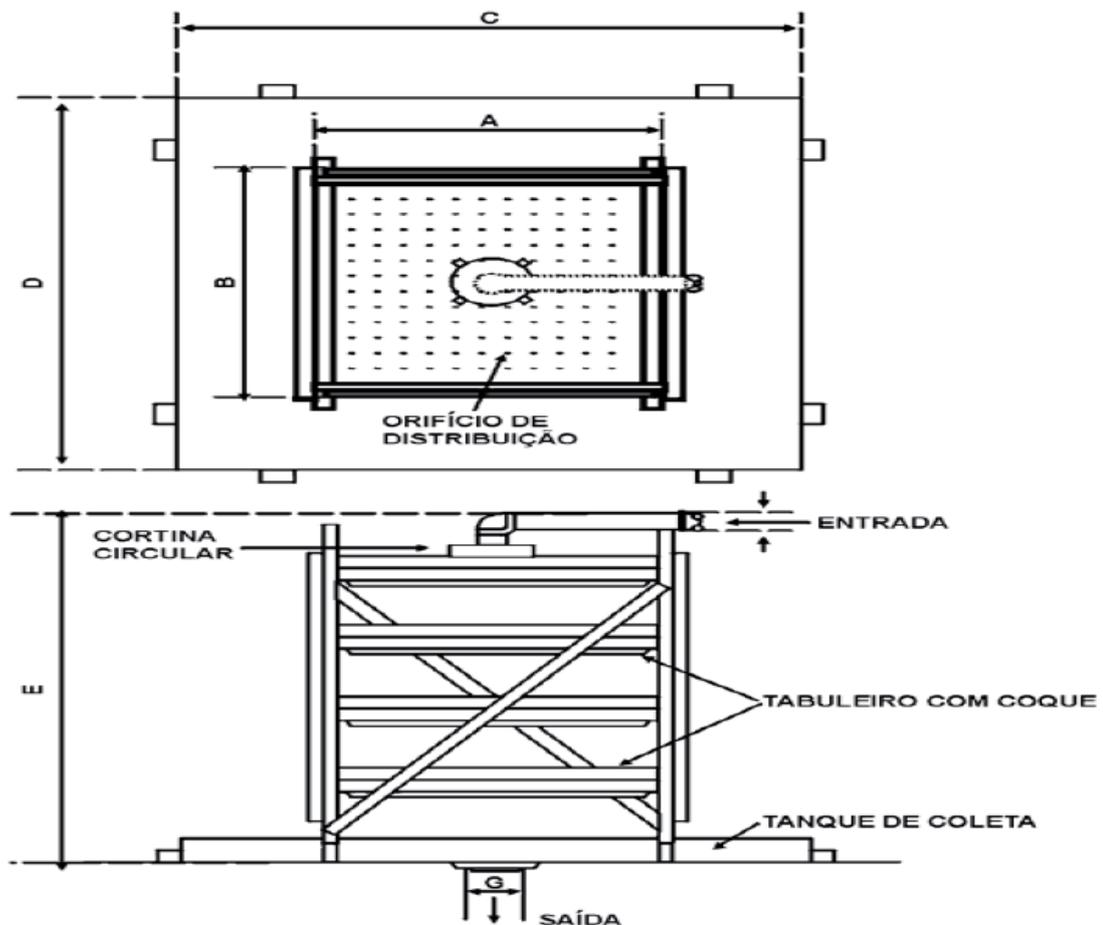


Figura 7 - Croqui do aerador do tipo bandeja (NETTO; RICHTER, 1991)

4.2.2 Coagulação

A mistura de coagulantes, será realizada no sistema de bombeamento da elevatória, utilizando bombas de recalque de água bruta.

Atentando para as seguintes considerações do projeto de bombeamento:

- caso exista possibilidade de funcionarem bombas em paralelo, cada bomba terá um dosador corresponde;
- os produtos químicos utilizados não podem atinjam concentrações que os tornem agressivos às bombas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1991).

4.2.3 Flocculação

Segundo a NBR 12216 (1992b) o período de detenção adequado para floculadores hidráulicos é de 20 min e 30 min. O gradiente de velocidade máximo, no primeiro compartimento, de 70 s⁻¹ e mínimo, no último, de 10 s⁻¹. A velocidade da água ao longo dos canais deve ficar entre 10 cm/s e 30 cm/s. O espaçamento mínimo entre chicanas deve ser de 0,60 m. Os tanques de flocculação devem ser providos de descarga com diâmetro mínimo de 150 mm e fundo com declividade mínima de 1%, na direção desta.

Para o dimensionamento do aerador do tipo bandeja, foram adotados os seguintes parâmetros e equações (NETTO; RICHTER, 1991):

Para a vazão de projeto, foi previsto a utilização de dois floculadores, então a vazão em cada floculador será:

$$Q_f = \frac{Q_1}{2} = 0,118 \text{ m}^3/\text{s} \quad (24)$$

Para o dimensionamento dotou-se os gradientes de velocidade para o tempo de retenção hidráulico.

$$G_1' = 70 \text{ s}^{-1}, \quad G_2' = 50 \text{ s}^{-1}, \quad G_3' = 20 \text{ s}^{-1}, \quad t = 30 \text{ min}$$

t = período de detenção no compartimento, em min

G_n' = gradientes de velocidade para dimensionamento

$$G = \sqrt{\frac{g \cdot h}{\nu \cdot t}} \quad (25)$$

G = gradiente de velocidade, em s⁻¹

g = aceleração da gravidade, em m/s²

h = soma das perdas de carga localizadas e ao e distribuídas, em m

ν = viscosidade cinemática, em m²/s

Para o cálculo do volume e da área do floculador assumiu-se para a altura do floculador, 4 metros, altura essa do decantador e foram utilizadas as equações de 26 à 28.

$$V_f = Q \cdot t \quad (26)$$

$$A_{Sf} = \frac{V_f}{H_f} \quad (27)$$

H_f = altura do flocculador

V_f = Volume do Flocculador

A_{Sf} = área superficial do flocculador

$$B_{floc} = \frac{A_s}{B_{dec}} \quad (28)$$

As equações 29 à 35 foram usadas para o dimensionar as chicanas:

$$I_n = \frac{B_{floc}}{3} \quad (29)$$

$$N_n = 0,045 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{I_n \cdot L \cdot G}{Q}\right)^2 \cdot t_c} \quad (30)$$

$$t_c = \frac{t}{3} \quad (31)$$

$$e_n = \frac{L}{n} \quad (32)$$

$$e'_n = 1,5 \cdot e_n \quad (33)$$

$$v_{1n} = \frac{Q}{I_n \cdot e} \quad (34)$$

$$v_{2n} = \frac{2}{3} \cdot V_{1n} \quad (35)$$

Onde,

I_n = largura do canal

G = gradiente de velocidade, em s^{-1}

g = aceleração da gravidade, em m/s^2

h = soma das perdas de carga localizadas e distribuídas, em m

t_n = período de detenção no canal do flocculador, em s

N_n = número de chicanas na câmara n

L = comprimento do flocculador, em $m = B_{dec}$

e_n = espaçamento entre as chicanas, em m

e'_n = espaçamento entre a chicana e a parede do canal, em m

v_{1n} = velocidade do escoamento na câmara n , em m/s

v_{2n} = velocidade do escoamento nas curvas da câmara n , em m/s;

Para os cálculos da perda de carga e dos reais valores dos gradientes de velocidade temos a equações 36 à 38:

$$\Delta H_{Tn} = \Delta H_{1n} + \Delta H_{2n} \quad (36)$$

Sendo ΔH_{1n} e ΔH_{2n} :

$$\Delta H_{1n} = \frac{k \cdot N \cdot V_{2n}}{2g} \quad (37)$$

$$\Delta H_{2n} = \frac{(v \cdot \eta)^2 \cdot Ln}{R_H^{4/3}} \quad (38)$$

Assumindo que, $\Delta H_{2n} \approx 0$, então $\Delta H_{Tn} \approx \Delta H_{1n}$, onde,

ΔH_{Tn} = perda de carga na câmara n , em m;

ΔH_{1n} = perda de carga na câmara n nas curvas, em m;

ΔH_{2n} = perda de carga na câmara n nos trechos retos, em m;

k = constante em função das propriedades da chicanas = 3

g = aceleração da gravidade, em m/s²;

η = constante de rugosidade da chicana;

v = viscosidade cinemática, em m²/s

Ln = distância do percurso da câmara n , em m;

R_H = raio hidráulico, em m.

Resultado para o dimensionamento do floculador:

$$Q_f = 0,118 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_f = 212,4 \text{ m}^3$$

$$A_s = 53,1 \text{ m}^2$$

$$B_{floc} = 6,6 \text{ m}$$

$$l_n = 2,2 \text{ m}$$

$$t_n = 10 \text{ min}$$

Tabela 5 - Resumo dos resultados do dimensionamento do floculador de escoamento horizontal

Canal	$Gn \text{ (s}^{-1}\text{)}$	N_n	$e_n \text{ (m)}$	$e'_n \text{ (m)}$	$V_{1n} \text{ (m/s)}$	$V_{2n} \text{ (m/s)}$
1	70	46	0,17	0,26	0,32	0,21

2	50	37	0,22	0,36	0,24	0,16
3	20	20	0,40	0,60	0,13	0,089

Tabela 6 - Resumo dos resultados da perda de carga para o floculador

Canal	$Gn (s^{-1})$	$L (m)$	$R_{Hn}(m)$	$\Delta H_{Tn}(m)$	$Gn (s^{-1})$
1	70	192	0,079	0,30	70
2	50	144	0,10	0,14	48
3	20	78	0,17	0,023	19

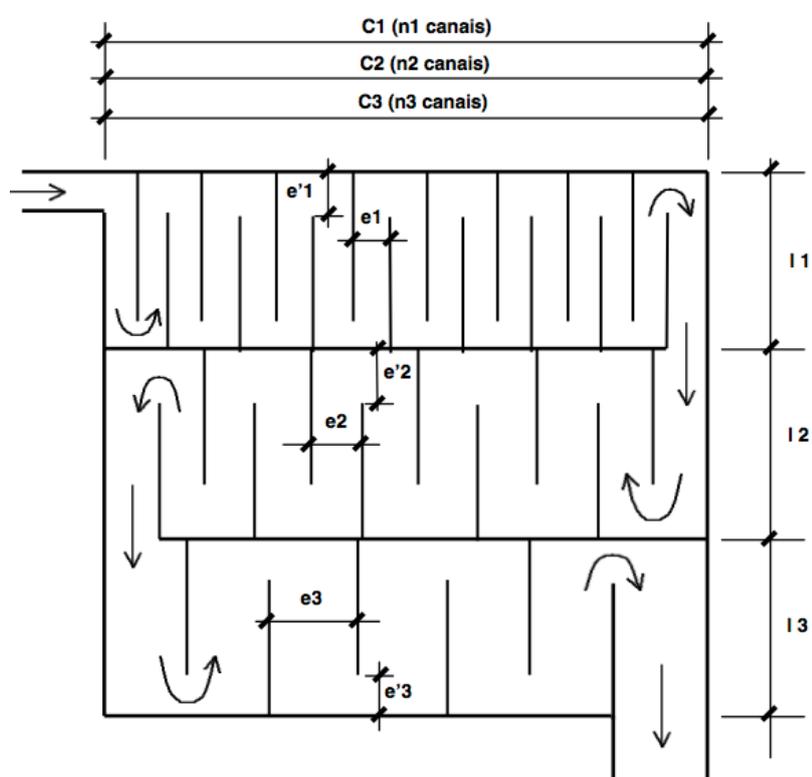


Figura 8 - Croqui do floculador de escoamento horizontal com 3 canais adaptado de: (SOUSA, 2011)

4.2.4 Decantador

De acordo com a NBR 12216 (1992b), o número de decantadores da ETA depende de fatores operacionais e econômicos, observando-se o seguinte.

- As estações com capacidade superior a 10000 m³/dia devem contar pelo menos com duas unidades iguais. Neste projeto são 2 decantadores gêmeos.
- A taxa de aplicação nos decantadores é determinada em função da velocidade de sedimentação das partículas que devem ser removidas pela relação.
- Estações com capacidade superior a 10000 m³/dia, 2,80 cm/min (40 m³/m² x dia).
- Velocidade horizontal máxima, em estações com capacidade superior a 10000 m³/dia, é de 1,00 cm/s.
- Em decantadores convencionais, o fator de área é igual à unidade.

Parâmetros e equações utilizadas para o dimensionamento (SOUZA, 2007):

Para o cálculo da área superficial total dos decantadores, tem-se as equações 39 e 40:

$$q = \frac{Q_d}{A_s} \quad (39)$$

$$\frac{Q_d}{A_{std}} = f \cdot V_s \quad (40)$$

Onde,

A = área superficial total útil da zona de decantação, em m²

f = fator de área, adimensional = 1

q = a taxa de escoamento superficial, em m³/(m². dia)

V_s = velocidade de sedimentação, em m/s

Para os cálculos de dimensionamento dos decantadores, considerar:

$$4 \geq L/B \geq 2,5$$

$$L / B = 4$$

$$3 \leq Hd \leq 5$$

As equações 41 à 47 foram utilizadas para o dimensionamento da unidade de decantação:

$$A'_d = \frac{Q_d}{q} \quad (41)$$

$$t = \frac{V_d \cdot 24}{Q_d} \quad (42)$$

$$V_h = \frac{Q_d/2}{A_{tr}} \quad (43)$$

$$N_{calhas} = \frac{L_v}{2 \cdot L_{calha}} \quad (44)$$

$$R_h = \frac{B \cdot H}{B + 2 \cdot H} \quad (45)$$

$$q_l = \frac{Q_L}{L_v} \quad (46)$$

$$E = \frac{B}{N_{calhas}} \quad (47)$$

Onde

E = espaçamento entre as chicanas, em m

t_h = tempo de detenção hidráulico, em h

V_{dec} = volume do decantador, em m^3

L = o comprimento do decantador

B = a largura do decantador

A'_d = área superficial do decantador, em m^2

A_s = a área superficial corrigida do decantador, em m^2

V_h = a velocidade horizontal

Q_L = vazão linear nas calhas de coleta de água decantada (l/s/m)

H_d = altura útil do decantador (m)

I = taxa de escoamento superficial no decantador ($m^3/m^2/dia$)

L_v = o comprimento total do vertedor

$L'_V =$ o comprimento total do vertedor recalculado

$N_{calhas} =$ o número de calhas

$L_c =$ o comprimento das calhas

Resultado do dimensionamento:

$$B = 8 \text{ m}$$

$$L = 36 \text{ m}$$

$$I = 39,8 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ /dia}$$

$$V_h = 0,0037 \text{ m/s}$$

$$Q_L \leq 2,8656 \text{ L/m/s}$$

$$L_V = 49,4 \text{ m}$$

$$L = 32 \text{ m}$$

$$L_c = 8,2 \text{ m}$$

$$A_d = 256 \text{ m}^2$$

$$N_{calhas} = 3 \text{ calhas}$$

$$L'_V = 41,1 \text{ m}$$

$$t = 2,4 \text{ h}$$

$$E = 2,7 \text{ m}$$

4.2.4.1 Cortinas distribuidoras dos decantadores

A entrada de água nos decantadores convencionais pode ser feita por uma cortina perfurada que atenda às condições:

- ter o maior número possível de orifícios uniformemente espaçados segundo a largura e a altura útil do decantador, a distância entre orifícios deve ser igual ou inferior a 0,50 m;
- gradiente de velocidade nos orifícios iguais ou inferiores a 20 s⁻¹;

- relação a/A igual ou inferior a 0,5.
- o nível máximo de água no interior da canaleta deve situar-se à distância mínima de 10 cm abaixo da borda vertente.

Adotou-se o critério de Hudson para o dimensionamento das cortinas distribuidoras (SOUZA, 2007):

As equações 48 à 56 utilizadas no dimensionamento das cortinas distribuidoras:

$$d = 1,5 \cdot \frac{a}{A} \cdot H \quad (48)$$

$$A_{to} = \frac{Q_f}{v_{tab}} \quad (49)$$

$$N_o = \frac{A_{to}}{\frac{\pi \cdot D_o^2}{4}} \quad (50)$$

$$A_c = H \cdot B \quad (51)$$

$$D_I = \sqrt{\frac{4 \cdot A_c}{\pi}} \quad (52)$$

$$n_{fv} = \frac{B}{D_I} \quad (53)$$

$$n_{fH} = \frac{H}{D_I} \quad (54)$$

$$n_{fo} = n_{fH} \cdot n_{fv} \quad (55)$$

$$Q_o = n_{fo} \cdot Q_{tab} \quad (56)$$

Onde,

$$Q_o \geq Q_f$$

A_{to} = área total dos orifícios, em m^2

H = altura útil do decantador, em m

v_{tab} = velocidade da água pelo orifício (tabela xxx)

N_o = número de orifícios necessários preliminarmente

D_o = diâmetro do orifício

A_c = área de influência de cada orifício

D_I = diâmetro da área de influência de cada orifício

n_{fv} = número de fileiras verticais

n_{fH} = número de fileiras horizontais

n_{fo} = número total de orifícios

Q_o = vazão da água do orifício (tabela xxx)

Resultado do dimensionamento

$$A_{to} = 0,59 \text{ m}^2$$

$$H = 3,70 \text{ m}$$

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

$$N_o = 34$$

$$D_o = 0,075 \text{ m}$$

$$A_c = 0,87 \text{ m}^2$$

$$D_I = 1,05 \text{ m}$$

$$n_{fv} = 8$$

$$n_{fH} = 5$$

$$n_{fo} = 32$$

$$Q_o = 0,140 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabela 7 - Gradiente de velocidade no orifício de passagem da água no processo

Gradiente De Velocidade (s^{-1})	D (mm) 75		D (mm) 100		D (mm) 125		D (mm) 150	
	Q (L/s)	V (m/s)	Q (L/s)	V (m/s)	Q (L/s)	V (m/s)	Q (L/s)	V (m/s)
10	0,5	0,11	0,8	0,10	1,5	0,12	2,2	0,13
20	0,7	0,16	1,3	0,17	2,3	0,19	3,5	0,20
30	0,9	0,20	1,8	0,23	3,1	0,25	4,4	0,25
40	1,1	0,25	2,0	0,25	3,7	0,30	6,2	0,34
50	1,3	0,29	2,3	0,29	4,2	0,34	8,0	0,45

Fonte: adaptado de (SOUZA, 2007).

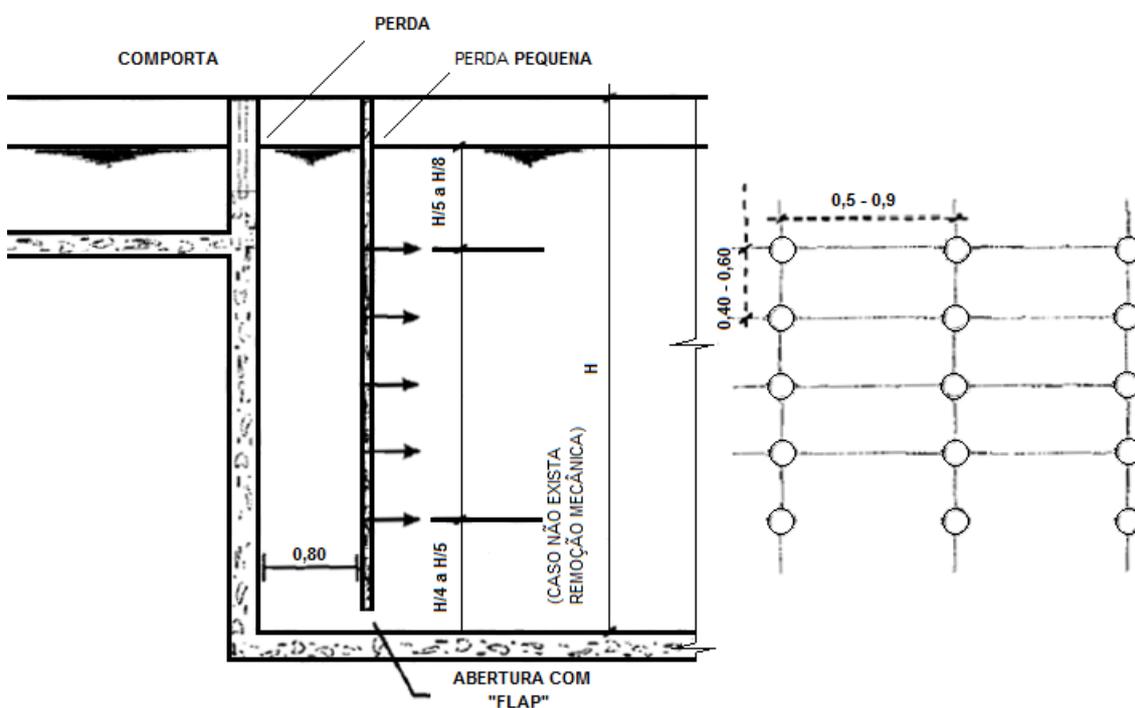


Figura 9 - Croqui da cortina de distribuidora (SOUZA, 2007).

4.2.5 Filtração

Segundo a NBR 12216 (1992b) camada filtrante dupla deve ser constituída de camadas sobrepostas de areia e antracito, com as especificações seguinte:

- areia:
 - i. espessura mínima da camada, 25 cm;

- ii. tamanho efetivo, de 0,40 mm a 0,45 mm;
- iii. coeficiente de uniformidade, de 1,4 a 1,6;
- antracito:
 - i. espessura mínima da camada, 45 cm;
 - ii. tamanho efetivo, de 0,8 mm a 1,0 mm;
 - iii. coeficiente de uniformidade, inferior ou igual a 1,4.

A taxa de filtração máxima para filtro de camada dupla, é de 360 m³/m² x dia. A vazão de água de lavagem em contracorrente deve promover a expansão

Parâmetros e equações utilizadas para projetar a unidade de filtração(SOUZA, 2007):

Altura da camada filtrante simples de areia

$$h_1 \geq 45 \text{ cm}$$

$$0,15 \leq d_p = 0,5 \text{ mm} \leq 0,55$$

$$1,4 < e = 1,5 < 1,6$$

Camada de filtro dupla

- Areia

$$h_2 = 25 \text{ cm}$$

$$0,40 \leq d_p = 0,40 \leq 0,45 \text{ mm}$$

$$1,4 < e = 1,5 < 1,6$$

- Antracito

$$h_3 = 45 \text{ cm}$$

$$0,8 \leq d_p = 0,9 \leq 1,0 \text{ mm}$$

$$k < 1,4$$

$$\text{taxa de filtração} = 240 \text{ m}^3/\text{m}^2 / \text{dia}$$

Equações 57 à 59 foram utilizadas para dimensionar o filtro:

$$q = \frac{Q_1}{A_{tf}} \tag{57}$$

$$N = 1,2 \cdot Q_1^{0,5} \quad (58)$$

$$A_f = \frac{A_{tf}}{N} \quad (59)$$

Onde,

q = taxa de filtração

A_{tf} = área total de filtração

A_f = é a área de cada filtro

N = é o número de filtros

Resultados do dimensionamento do filtro:

$$A_{tf} = 85 \text{ m}^2$$

$$N = 2,8$$

Logo como temos 2 decantadores seriam necessários, 1,4 filtros, portando 2 filtros por decantador.

$$A_f = 21,25 \text{ m}^2$$

4.2.6 Desinfecção

O consumo de cloro necessário para desinfecção da água é estimado em 5 mg/L, com o mínimo de 1 mg/L; para oxidação e preparo de compostos, é estimado de acordo com a necessidade do tratamento.

Em instalações com consumo superior a 50 kg/dia, deve-se prever a utilização do cloro em cilindros de 1 t.

O uso do cloro gasoso é recomendado a estações com capacidade superior a 10000 m³/di.

Parâmetros e equações para dimensionamento da unidade de desinfecção (SOUZA, 2007):

Vazão: 0,236 m³/s

Dosagem mínima de cloro: 1 mg/l

Dosagem média de cloro: 2,5 mg/l

Dosagem máxima de cloro: 5 mg/l

Tempo de contato: 30 minutos

Profundidade da lâmina líquida=3,5 m

As equações 60 à 63 foram utilizadas para dimensionar o tanque de contato:

$$\theta_h = \frac{V_{ol}}{Q} \quad (60)$$

$$A_S = \frac{V_{ol}}{H} \quad (61)$$

$$A_S = B \cdot L \quad (62)$$

$$V_h = \frac{Q}{A_h} \quad (63)$$

Massa de cloro por dia = $Q \cdot C \cdot \Delta t$

$$\frac{L}{B} = 3 \text{ : } 4 < L/B \leq 2,5, \text{ NBR 12216 (1992b)}$$

Onde,

θ_h = tempo de contato

V_{ol} = volume do tanque de contato

H = Altura do tanque de contato

A_S = área superficial do tanque de contato

B = largura do tanque de contato

L = comprimento do tanque de contato

A_h = área superficial entre as chicanas

V_h = velocidade nas passagens entre as chicanas

C = dosagem de cloro

Δt = tempo de consumo

Resultados do dimensionamento da unidade de desinfecção:

$$V_{ol} = 424,8 \text{ m}^3$$

$$A_s = 121,4 \text{ m}^2$$

$$B = 7 \text{ m}$$

$$L = 19 \text{ m}$$

$$V_h = 2,16 \text{ m/s}$$

$$A_h = 6,125 \text{ m}$$

Massa de cloro mínima = 15,15 Kg/dia

Massa de cloro média = 37,87 Kg/dia

Massa de cloro máxima = 75,74 Kg/dia

Espaço entre as chicanas = 1,75 m

Espaço entre as chicanas e a parede do tanque = 1,75 m

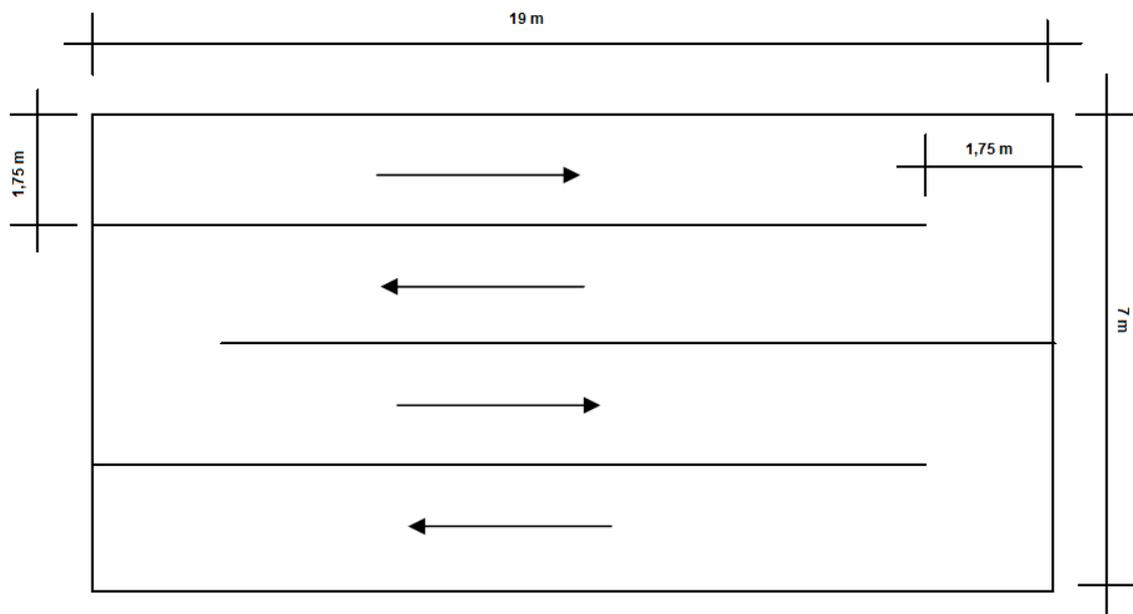


Figura 10 - Croqui do tanque de contato da desinfecção adaptado (SOUZA, 2007)

Reserva para 30 dias de 16 horas de operação necessita, em cima da massa média, de 1136,16 Kg.

Estabilização química

A estabilização química tem por objetivo regular pH e diminuir a dureza da água a ser distribuída, é a última etapa de tratamento e tem caráter econômico, pois visa atenuar a capacidade corrosiva e de incrustação da água para as tubulações (HELLER; PÁDUA, 2010).

4.3 RESERVATÓRIO

As equações 64 e 65 foram utilizadas para dimensionamento do reservatório (TSUTIYA, 2006):

$$Q = \frac{K_1 \cdot P \cdot qpc}{24 \cdot 60 \cdot 60} \quad (64)$$

$$V_{res} = \frac{Q_1 \cdot 86400}{3} \quad (65)$$

Onde,

V_{res} = volume do reservatório

Resultados do dimensionamento

$$Q_2 = 229,17 \text{ L/s}$$

$$V_{res} = 4400 \text{ m}^3$$

Segundo Tsutiya (2006), por questões estéticas e econômicas, a capacidade de um reservatório elevado, é limitada a 1000m³, geralmente se usa reservatórios de 500m³, sendo assim:

Para o volume do reservatório limitado em 1000 m³, tem-se as equações 66 e 67:

$$N_{1res} = \frac{V_{res}}{1000 \text{ m}^3} \quad (66)$$

$$N_{1res} = 5 \text{ reservatórios}$$

Onde

$$N_{1res} = \text{número de reservatórios com volume de } 1000 \text{ m}^3$$

Para o volume do reservatório limitado em 500 m^3 , tem-se:

$$N_{2res} = \frac{V_{res}}{500 \text{ m}^3} \quad (67)$$

$$N_{2res} = 9 \text{ reservatórios}$$

Onde

$$N_{2res} = \text{número de reservatórios com volume de } 500 \text{ m}^3$$

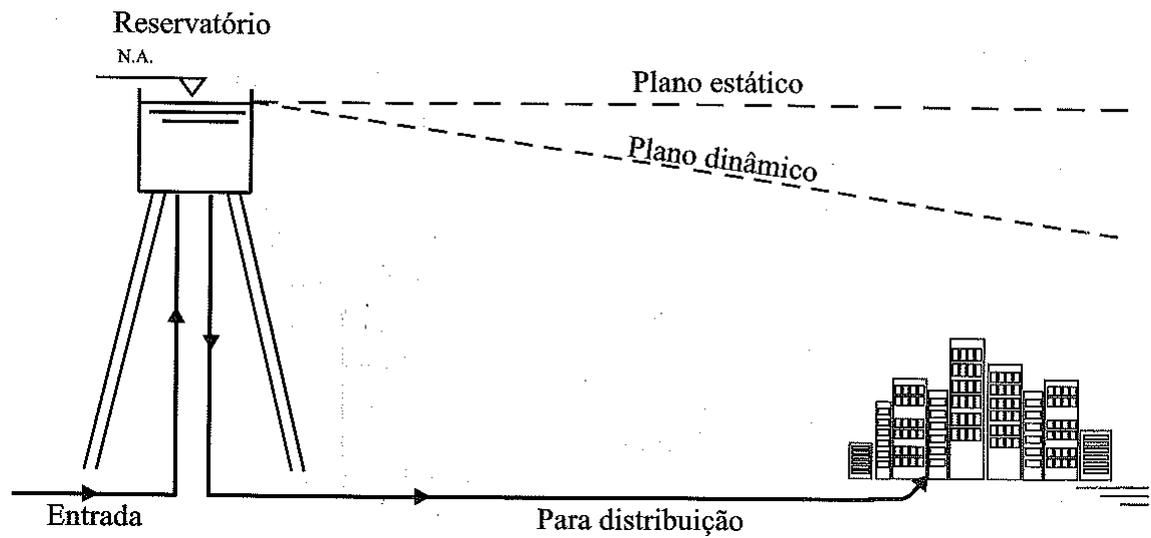


Figura 11 - Reservatório elevado (TSUTIYA, 2006).

5 Discussão dos resultados

Durante a fase de pesquisa e estudo de casos, que levou à elaboração deste referido projeto, acarretou em numa série de decisões que foram adotadas no decorrer do trabalho, com o intuito de tornar a implantação do projeto mais simplificada.

Algumas unidades dimensionadas tiveram que ser adaptadas ao projeto, com valores estipulados, visando uma melhor interação entre as unidades do sistema.

5.1 DEMANDA

O Projeto visa atender cidades, que no alcance de projeto, tenham 50000 habitantes, com esse valor de população adotado, não faz-se necessário os cálculos de estimativa de população, e de alcance do plano, adotou-se esta população como a final de projeto. Outro ponto importante a ser levado em consideração, é que assumiu-se que todo o consumo de água era de procedência residencial (per capita) e com um consumo médio de 220 L/dia, segundo a FUNASA (2007), para a estimativa de demanda.

5.2 CAPTAÇÃO

Na Tomada de água, o valor de altura mínima de 0,30 m de coluna de fluido no canal de captação, foi estipulado e utilizado para o dimensionamento de todas as unidades subsequentes.

- Mistura rápida e coagulação

Na etapa de mistura rápida e coagulação, não foi realizada através de uma calha Parshall, que é um equipamento mais comum pra essa finalidade. Esta etapa no projeto, será realizada pelo intermédio das bombas da estação elevatória, inclusive o coagulante será ministrado na água na própria bomba, por dosadores adequadamente instalados nela.

5.3 OXIDAÇÃO

A escolha do aerador do tipo bandeja se deu, por se tratar de um equipamento simples, no que diz respeito à manutenção e instalação.

- Adução e estação elevatória

Estas unidades não foram profundamente abordadas neste trabalho, somente a adutora teve seu diâmetro nominal (DN) dimensionado, para que fosse possível projetar os poços de sucção antes e depois da ETA.

5.4 FLOTAÇÃO

O processo de flotação, foi descartado, este projeto aplica-se à captação de água de superfície de mananciais que forneçam águas que se enquadrem como sendo do tipo C, e pela NBR 12216 (1992b) a floculação é indicada para águas que se enquadrem como sendo do tipo B.

5.5 FLOCULADOR E DECANTADOR

O dimensionamento do decantador deve ser realizado antes do que o do floculador, apesar do decantador ser uma unidade que vem após o floculador. Isso ocorre pois eles compartilham de algumas de suas dimensões.

5.6 FILTRAÇÃO RÁPIDA

Filtros lentos não foram adotados por ser de uso de águas do tipo B, poços subterrâneos, e a deste projeto visa tratar águas do tipo C. Nesta filtração rápida optou-se pela granulometria, como aconselha a NBR 12216, e descendente por facilidades práticas e de manutenção do filtros.

5.7 DESINFECÇÃO

No dimensionamento do tanque de contato, o número de chicanas e suas dimensões, tiveram que ser estimados levando em consideração a velocidade horizontal do fluido, o tempo de contato recomendado e as dimensões encontradas para o tanque.

5.8 FLUORETAÇÃO

A obrigatoriedade da fluoretação em processos de tratamento de água, é um assunto que gera muitos debates, sua utilização no processo, tem como única finalidade prevenir a carie dentária, porém sua eficácia é amplamente questionada. Optou-se então por não adotar tal processo na planta projetada.

5.9 ESTABILIZAÇÃO QUÍMICA

Não há pré-dimensionamentos para esta unidade, esta etapa se adequará às características da água a ser aduzida para o reservatório, por isso é sempre importante ter junto à ETA uma casa química, capaz de realizar o controle e o monitoramento dos parâmetros e condições da água a ser distribuída. Esta etapa tem como objetivo diminuir gastos com manutenção de rede por conta de corrosão (água ácida), ou entupimentos (água dura)

5.10 RESERVATÓRIO

No projeto foi dimensionado reservatório do tipo elevado, porém os cálculos de volume total para este reservatório se aplicam a todos os outros tipos de

reservação, podendo assim serem aproveitados e adaptados para se melhor se adequar ao tipo de reserva da cidade em questão.

6 Conclusão

O Brasil já avançou muito, no quesito abastecimento de água, nos últimos anos, porém, em 2014, cerca 35 milhões de brasileiros ainda não tinham acesso a água tratada (SNSA, 2014), em 2008, 365 municípios ainda não possuíam um sistema de tratamento de água e 344 possuíam tratamento parcial de água (BGE,2011). Acesso à água tratada é um direito assegurado pela lei 11.445 (2007). O desafio de continuar avançando e conseguir levar a todas essas cidades, um sistema adequado de tratamento de água para abastecimento, é grande, pois apesar de ser possível traçar um certo padrão, para os empecilhos que dificultam a implantação de um projeto de tratamento de água, na localidade, nunca haverá um único projeto que conseguirá atender à todas de forma adequada.

Este projeto se enquadra à um determinado perfil de cidade, mas pode ser adaptado à cidades de perfil semelhante. Tentamos com este trabalho levar mais uma alternativa à essas regiões que ainda hoje sofrem com problemas de acesso à água potável, por não haver no município um sistema de tratamento de água para abastecimento e esperamos que com a ajuda deste projeto esta cidade possa solucionar, ou amenizar seus problemas com tratamento de água para abastecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTEPROJETO de Lei., 2004. Brasília: DOU. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Consulta/consulta_pnsa.htm>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12211 Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água., 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, NBR 12213 Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público. , 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12214 Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. , 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12215 Projeto de adutora de água para abastecimento público. , 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12216 Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público., 1992

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12217 Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público., 1994.

BARLOW, M.; CLARKE, T. Blue Gold: The Fight to Stop the Corporate Theft of the World's Water. New York, 2002.

BRASIL. Lei nº 6.050, de 24 de maio de 1974. Dispõe sobre a fluoretação da água em sistemas de. , 1974. Brasília: DOU. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6050.htm>.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos; cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos. , 1997. Brasília: DOU. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e; bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes; e dá outras providências. DOU nº 053, p. 58–63, 2005.

BRASIL. Lei Nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. , 2007. Brasília: DOU. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>.

BRASIL. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. , 2011.

BRASIL. Agencia Nacional das Águas - ANA. Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água. Panorama Nacional. , v. 1, p. 36, 2010a.

BRASIL. Agencia Nacional das Águas - ANA. Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água. Resultado por Estado. , v. 2, 2010b.

BRASIL. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental - SNSA. , Brasília. 2014

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde - FUNASA. Manual de Saneamento. Brasília, 2007. Brasília. Disponível em: <<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Manual+de+saneamento#7>>.

DEPUTADO C. SOUZA. Projeto de Lei nº 510, de 26 de março de 2003. Revoga a Lei nº 6.050; abastecimento quando existir estação de tratamento; de 24 de maio de 1974; que; “dispõe sobre a fluoretação da água em sistemas de. , 2003. Câmara dos Deputados. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=120335&filename=PL+510/2003>.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de água para consumo humano. 2ª ed. Belo Horizonte, 2010.

IBGE. Atlas de saneamento 2011. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011.

NETTO, J. M. A. Cronologia do abastecimento de água (até 1970). Revista DAE, 1984.

NETTO, J. M. A.; RICHTER, C. A. Tratamento de Água - Tecnologia Atualizada. Ed. Edgard ed. São Paulo, 1991.

SOUSA, G. B. Sistema Computacional de Pré-Dimensionamento das unidades de Tratamento de Água: Floculador, Decantador e Filtro., 2011.

SOUZA, W. A. Tratamento de Água. CEFET-RN ed. Natal, 2007.

TSUTIYA, M. T. Abastecimento De Água. 3ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP. Eclética Química, v. 22, p. 49–66, 1997. Eclética Química. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-46701997000100005&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 13/7/2016.

WHO. 25 Years Progress on Sanitation and Drinking Water. New York, NY: UNICEF and World Health Organisation, 2015. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/jmp-2015-update/en/>