

# PLANILHA DE CÁLCULO FACILITADORA DO DIMENSIONAMENTO DE ETAs: ESTIMATIVA DE ROL E ESPECIFICIDADES DE EQUIPAMENTOS

Roberta Andrade Furtado<sup>1</sup>  
Gustavo Henrique Santos Flores Ponce<sup>2</sup>

**Resumo:** A escassez de água doce é um desafio global que impacta milhões de pessoas, comprometendo o abastecimento e o tratamento básico de água. Este estudo apresenta uma solução inovadora para o dimensionamento de estações de tratamento de água (ETAs), por meio de uma planilha eletrônica desenvolvida no Google Sheets® e um site interativo denominado “DimensAqua”. A pesquisa envolveu cálculos detalhados para unidades essenciais da ETA, incluindo tanques de recepção de água bruta, coagulação, floculação, filtração e desinfecção, além da determinação de parâmetros como vazões e diâmetros de tubulações. No artigo e na planilha, os cálculos foram realizados com valores pré definidos de forma ilustrativa, enquanto o site permite direcionar os usuários para a planilha e que insiram os dados personalizados, gerando resultados precisos e adaptáveis às especificidades de cada município. O estudo fundamenta-se em normas e legislações brasileiras, complementadas por referências internacionais, garantindo precisão metodológica e confiabilidade nos cálculos apresentados. A divulgação dos resultados ocorreu por meio do blog “DimensAqua”, assegurando acesso simplificado às informações e incentivando a replicação e o aprimoramento da ferramenta em outros contextos. Além de validar sua aplicabilidade, este estudo ressalta a importância de tecnologias acessíveis na gestão hídrica, promovendo a democratização do acesso à água tratada e contribuindo para a melhoria da infraestrutura hídrica em diversas localidades.

**Palavras-Chave:** Dimensionamento. Projeto. Cálculos.

## 1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que a água está presente em 70% da superfície terrestre, mas, somente cerca de 3% desta é água doce e apenas 1% é própria para consumo direto. A água doce, própria para consumo, está cada vez mais escassa no mundo sendo esta de suma importância para o desenvolvimento social, econômico e político de um país. Muitos habitantes do globo ainda não possuem o tratamento básico e/ou não possuem o abastecimento de água. Além disso, a conscientização da população em relação à conservação dos recursos hídricos é muito baixa, levando a descartes incorretos de resíduos na água e ao seu uso excessivo (FRANCISCO *et al.*, 2011).

Além das fontes hídricas contaminadas, as águas naturais também possuem a necessidade de tratamentos. De acordo com a publicação no Diário Oficial da União (2021), a portaria nº 888 de 07 de maio de 2021, exige alguns padrões de potabilidade estabelecidos, que são atingidos através de etapas de processo

---

<sup>1</sup> Acadêmica do curso de Engenharia Química do Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Lages; robertaandraade55@gmail.com

<sup>2</sup> Docente do curso de Engenharia Química do Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Lages; orientador; gustavo.ponce@ifsc.edu.br

amplamente conhecidos, a saber: coagulação, floculação, decantação e filtração para a filtração da água, seguida da desinfecção e fluoretação.

Para a execução destes processos, os engenheiros, inicialmente, fazem uso de cálculos para o dimensionamento e obtenção do projeto em si. Porém, uma realidade que muitos lugares do mundo vivenciam, inclusive o nosso país, é a falta de estações de tratamento de água, para tratar a mesma, sendo o dimensionamento da estação uma das etapas primordiais para a implementação de uma ETA.

Este projeto, portanto, teve como finalidade facilitar o desenvolvimento da etapa de criação de uma estação de tratamento de água, possibilitando ao usuário acessar os dados de forma rápida e fácil. Assim, o presente estudo vislumbrou atender cidades de pequeno porte ou mesmo vilarejos que intencionam instalar ETAs e que nem sempre possuem profissionais capacitados para a realização desses projetos. Além disso, este projeto pode auxiliar também empresas de pequeno e médio porte que necessitam utilizar água tratada em seu processo produtivo (diminuindo os custos de produção e inserindo, assim, um produto mais competitivo ao mercado), obtendo facilmente (com poucos dados a serem fornecidos) uma estimativa concisa dos equipamentos para a implementação de tal estação.

Inicialmente, a ideia foi otimizar o tempo do usuário, fornecendo-lhe uma planilha com os valores e cálculos tabelados de coagulação, floculação, decantação e filtração, respeitando as normas e padrões técnicos. Portanto, antes de tudo foi criada uma tabela no Google Planilhas® com todas as informações necessárias, garantindo eficiência, durabilidade e segurança operacional. A facilitação de obtenção de projetos auxilia e incentiva a implementação de unidades de tratamento de água. Para auxiliar o usuário a acessar a planilha, foi utilizado o software gratuito para a criação do blog intitulado “DimensAqua”, onde o usuário tem acesso de forma descomplicada e simples para um blog que fornece as informações de dimensionamento e também informações técnicas através de posts .

## **2 METODOLOGIA**

Para o dimensionamento da planilha foram utilizadas fórmulas base disponíveis no artigo “*Step-by-step design and calculations for water treatment plant units*” de Aziz e Mustafa (2019).

Na planilha, foram automatizados os cálculos referentes ao dimensionamento da captação, coagulação, floculação, sedimentação, filtragem, armazenamento e bombeamento de água. Assegurou-se que todas as fases do tratamento fossem corretamente planejadas e que os parâmetros estivessem em conformidade com os padrões técnicos exigidos na portaria GM/MS nº 888/2021.

Os cálculos tiveram como base uma população hipotética de 5.000 habitantes, um consumo per capita segundo a Funasa (2016) de 300 L/dia (considerando um consumo máximo) e uma distância do rio até a ETA de 1.000 m. A seguir estão representados, de forma sequencial, os cálculos de todas as etapas, no Quadro 11 está representada a lista de símbolos utilizados ao decorrer de todas as equações.

Em todas as etapas do processo da ETA, para definir a quantidade de tanques utilizados nas etapas do projeto, foi realizada uma formatação condicional na planilha de cálculo automatizada onde o número de tanques foi adequado à estimativa da população da cidade (informação dada pelo usuário).

## 2.1 Recepção de água

A etapa de recepção consiste na captação da água do rio ou lagos e é transportada para a recepção de água na ETA. No Quadro 1 é representado os parâmetros utilizados nas equações.

Quadro 1 - Parâmetros operacionais da etapa de recepção

consumo per capita	300 L	McGhee (1991 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019)
velocidade na tubulação	1 m/s	McGhee (1991 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019) Al-Layla <i>et al.</i> (1977 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019) Davis (2010 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019)
tempo de retenção	20 minutos	McGhee (1991 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019)
altura do tanque	10 m	McGhee (1991 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019)

Fonte: autores (2025)

Considerando uma população de 5.000 habitantes e um consumo per capita (CMPC) de 300 L/dia é possível descobrir a vazão média diária ( $Q_{\text{medio}}$ ) através da Equação 1.

$$Q_{\text{medio}} = \text{População} \times \text{CMPC} \quad (1)$$

$$Q_{\text{medio}} = 5.000 \times 300$$

$$Q_{\text{medio}} = 1.500.000 \text{ L/dia ou } 0,017 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ressalta-se que os valores de vazão média foram encontrados em uma unidade de medida de L/dia, nos Quadros 2 e 3 estão representadas todas as conversões que foram utilizadas ao decorrer do estudo, tornando as equações homogêneas.

Quadro 2 - Vazões médias em diferentes unidades de medida

1.500.000	L/dia
1500	m <sup>3</sup> /dia
0,017	m <sup>3</sup> /s
1,04	m <sup>3</sup> /min
62,5	m <sup>3</sup> /h

Fonte: autora (2025)

Para encontrar a vazão por tubulação que chega a ETA utilizamos o valor de  $Q_{\text{medio}}$  dividido pelo valor de 4 pontos de recepção de água (Equação 2). Os pontos dispostos ao longo do rio garantem uniformidade, confiabilidade e redução de concentração de poluentes em um único ponto (AZIZ; MUSTAFA, 2019).

$$Q_t = \frac{Q_{\text{medio}}}{4} \quad (2)$$

$$Q_t = \frac{1500000}{4}$$

$$Q_t = 375.000 \text{ L/dia ou } 0,004 \text{ m}^3/\text{s}$$

Quadro 3 - Vazões médias por tubulação em diferentes unidades

375.000	L/dia
375	m <sup>3</sup> /dia
0,004	m <sup>3</sup> /s
0,260	m <sup>3</sup> /min

Fonte: autora (2025)

Para encontrar a área das tubulações (A) que levam a água até a ETA praticamente se utiliza o mesmo conceito, através da vazão da tubulação encontrada pela Equação 2, dividindo pelo parâmetro de velocidade fornecido no Quadro 1 é possível encontrar a mesma, a partir da Equação 3.

$$A = \frac{Q_t}{\text{velocidade}} \quad (3)$$

$$A = \frac{1.500.000}{1}$$

$$A = 1.500.000 \text{ m}^2 \text{ ou } 0,004 \text{ m}^2$$

O volume dos tanques de recepção (V) são calculados multiplicando-se a vazão por tubulação pelo tempo de retenção da água nos tanques na Equação 4. Este parâmetro (tempo de retenção) condiz com o tempo de continuidade do processo em casos de parada brusca. Nessas situações e em situações corriqueiras os tanques de recepção fornecem água para o tratamento, de forma cadenciada, minimizando a perturbação do processo. Aqui se utilizou um tempo de retenção de 20 minutos (1.200 segundos).

$$V = Q_t \times t \quad (4)$$

$$V = 0,004 \times 1.200$$

$$V = 5,208 \text{ m}^3$$

A área de seção transversal (ASTR) do referido reservatório de recepção de água é calculada por meio da Equação 5. Para encontrar a área, basta dividir o volume pela profundidade do tanque que é equivalente a altura do tanque fornecido no Quadro 1:

$$ASTR = \frac{V}{P_t} \quad (5)$$

$$ASTR = \frac{5,208}{10}$$

$$ASTR = 0,521 \text{ m}^2$$

Para encontrar os diâmetros utilizam-se as Equações 6 e 7. Calculam-se dois diâmetros nesta etapa (recepção), um é o diâmetro da seção transversal do reservatório/tanque de recepção ( $D_r$ ) e o outro é o diâmetro na seção transversal de cada tubulação ( $D_t$ ) que chega em cada tanque.

$$D_r = \sqrt{\frac{4xASTR}{\pi}} \quad (6)$$

$$D_r = \sqrt{\frac{4x0,521}{\pi}}$$

$$D_r = 0,814 \text{ m}$$

$$D_t = \sqrt{\frac{4x0,004}{\pi}} \quad (7)$$

$$D_t = 0,074 \text{ m}$$

## 2.2 Bombas de recepção

É a etapa que consiste em receber a água bruta proveniente do rio/lago e bombeá-las para as etapas subsequentes de uma ETA. No Quadro 4 são apresentados os parâmetros necessários para a execução desta etapa.

Quadro 4 - Parâmetros operacionais da etapa de bombas de recepção

velocidade na tubulação	1 m/s	McGhee (1991 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019) Al-Layla <i>et al.</i> (1977 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019) Davis (2010 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019)
rugosidade relativa (aço comercial)	0,000045 m	Pipe Flow Software (1997-2025)
diferença de altura do reservatório e o rio	20 m	Autores (2025)
Reynolds	664903,8007	Autores (2025)
diâmetro da tubulação considerando o número de bombas para essa situação hipotética	0,665 m	Autores (2025)
aceleração da gravidade	9,81 m/s <sup>2</sup>	Hollmann <i>et al.</i> (2022)
viscosidade cinemática a 20°C	0,000001 m <sup>2</sup> /s	Omel Bombas (2014)

Fonte: autora (2025)

A Equação 8 é utilizada para calcular o fator de atrito de forma não implícita (baixo erro percentual inerente), essa equação foi atribuída por Haaland em 1983, esta foi utilizada, alternativamente, em relação a equação implícita de Colebrook de 1939. Com o fator de atrito é possível mensurar a perda de carga através da Equação 9.

$$HP_{1,2} \text{ do rio até a ETA} = -1,8 \log \left[ \left( \frac{\frac{\epsilon}{D}}{3,7} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{Re} \right]^{-2} \cdot \frac{\text{Distância do rio até a ETA}}{\text{Diâmetro da tubulação}} \cdot \frac{\text{Velocidade}^2}{2 \cdot \text{gravidade}} \quad (8)$$

$$HP_{1,2} = \left[ \left( -1,8 \log \left( \frac{\frac{0,000045}{0,105}}{3,7} + \frac{\frac{6,9}{0,105 \cdot 1}}{0,000001} \right) \right)^{-2} \cdot \left( \frac{1000}{0,105} \cdot \frac{1^2}{2,9,81} \right) \right]$$

$$HP_{1,2} = 9,516 \text{ m}$$

Carga manométrica (HB):

$$HB = H_{entrada} + H_{saída} \quad (9)$$

$$HB = 20 + 9,516$$

$$HB = 29,516 \text{ m}$$

Para o cálculo da potência (Equação 10), foi considerada a massa específica da água em N/m<sup>3</sup>, a vazão volumétrica em m<sup>3</sup>/s, a carga manométrica dos pontos 1 e 2 dividido pelo coeficiente global de rendimento de bomba, parâmetros especificados no Quadro 4.

Potência da bomba em kW, considerando uma trabalhando:

$$P = \frac{10.000 \cdot 0,009 \cdot 29,516}{1.000} = 2,562 \text{ kW} \quad (10)$$

Vale ressaltar que neste caso do bombeamento de recepção o total de bombas é igual a 2, onde uma trabalha e a outra está em prontidão.

### 2.3 Coagulação

A coagulação é uma das primeiras etapas que ocorre em uma ETA, podendo ser de ciclo completo ou então contendo filtração direta e filtração em linha (RICHTER, 2009; SECKLER, 2017). Nessa etapa ocorre a aglutinação das partículas em suspensão da água a fim de que seja possível a posterior decantação destas. O Quadro 5 traz os parâmetros necessários para esta etapa.

Quadro 5 - Parâmetros operacionais da etapa de coagulação

gradiente médio de velocidade (G)	1.000 s	Davis (2010 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019) Punmia <i>et al.</i> (1995 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019)
tempo de retenção/agitação	1 minuto	McGhee (1991 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019)

		Davis (2010 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019) Patil <i>et al.</i> (2018 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019)
altura do tanque	3 m	Aziz e Mustafa (2019)
viscosidade dinâmica a 20°C ( $\mu$ )	$1,0087 \cdot 10^{-3}$ Pa.s	Davis (2010 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019) Punmia <i>et al.</i> (1995 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019)

Fonte: autora (2025)

Utilizando a vazão média ( $m^3/min$ ) e dividindo este valor pelo número de tanques, encontra-se a vazão nos tanques de mistura rápida da coagulação ( $Q_c$ ), conforme a Equação 11.

$$Q_c = \frac{Q_{medio}}{\text{número de tanques}} \quad (11)$$

$$Q_c = \frac{1,04}{1} = 1,04 \text{ m}^3/min$$

Multiplicando a vazão de admissão em cada tanque de mistura rápida pelo tempo de retenção/agitação necessário (1 minuto, valor parametrizado de acordo com o Quadro 5) para a efetiva coagulação das partículas, encontra-se o volume de cada tanque de mistura rápida, tal como a Equação 12:

$$V_m = Q_c \times t \quad (12)$$

$$V_m = 1,04 \times 1$$

$$V_m = 1,04 \text{ m}^3$$

Para encontrar a área de cada tanque da etapa de coagulação (Equação 13) basta dividir o volume pela altura (valor parametrizado de acordo com o Quadro 5):

$$A = \frac{V_m}{h} \quad (13)$$

$$A = \frac{1,04}{3}$$

$$A = 0,347 \text{ m}^2$$

O diâmetro da seção circular nada mais é que a distância entre dois pontos da extremidade do círculo, passando pelo centro. Calculando tal valor para os tanques de mistura rápida da coagulação, temos (Equação 14):

$$Dt = \sqrt{\frac{4xA}{\pi}} \quad (14)$$

$$Dt = \sqrt{\frac{4 \times 0,347}{\pi}}$$

$$Dt = 0,665 \text{ m}$$

A potência dissipada (Equação 15), por sua vez, é calculada para converter

quanto de energia elétrica é necessária para a realização da agitação, o gradiente médio de velocidade e a viscosidade dinâmica são parâmetros dados na literatura (e no Quadro 5, os parâmetro G e  $\mu$  estão indicados).

$$P = G^2 \mu Q c \quad (15)$$

$$P = 1.000^2 \cdot 1,0087 \cdot 10^{-3} \cdot 1,042$$

$$P = 1.051 W$$

Na coagulação, é necessário a utilização de alúmen/sulfato de alumínio, onde, na literatura, a dosagem ótima fica em torno de 25 mg/L. A densidade do sulfato de alumínio, por sua vez, é de 2.670 kg/m<sup>3</sup>. Para descobrir o volume de alúmen necessário, por dia, é necessário realizar, inicialmente, o produto da concentração ótima pela vazão média de admissão da ETA (Equação 16).

$$\text{Massa de alúmen} = Q_{\text{medio}} \cdot \text{Concentração de alúmen} \quad (16)$$

$$\text{Massa de alúmen} = 1500 \text{ m}^3/\text{dia} \cdot 0,25 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Massa de alúmen} = 37,5 \text{ kg/dia}$$

Na sequência, conhecendo-se a densidade do sulfato de alumínio, é possível encontrar o volume a ser consumido (Equação 17):

$$V = \frac{\text{massa}}{\text{densidade}} \quad (17)$$

$$V = \frac{37,5}{2.670} = 0,014045 \text{ m}^3/\text{dia}$$

## 2.4 Floculação

Após o processo de coagulação (mistura rápida) tem-se o processo de floculação que consiste em juntar as partículas coaguladas/desestabilizadas para formar flocos ou massas maiores, o objetivo aqui é reduzir o número de partículas suspensas presentes na massa líquida (RICHTER, 2009; ROSA, 2018). O Quadro 6 traz os parâmetros necessários para esta etapa.

Quadro 6 - Parâmetros operacionais da etapa de floculação

gradiente médio em diferentes velocidades (G)	60 s (rápido), 40 s (médio), 20 s (lento)	Punimia <i>et al.</i> (1995 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019) Metcalf e Eddy (2014 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019)
viscosidade dinâmica a 20°C ( $\mu$ )	1,0087.10 <sup>-3</sup> Pa.s	Davis (2010 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019) Punmia <i>et al.</i> (1995 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019)
tempo de retenção	30 minutos	McGhee (1991 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019)
altura do tanque	4 m	Aziz e Mustafa (2019)

Fonte: autora (2025)

Para encontrar o volume de cada tanque de floculação ( $V$ ), em  $m^3$ , foi calculado, em um primeiro momento, o volume total necessário para a floculação, tal como representado na Equação 18.

$$\begin{aligned} V &= Q_{\text{medio}} \times t \quad (18) \\ V &= 1,04 \cdot 30 = 31,25 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Encontrando o volume total ( $V_t$ ) é possível encontrar o volume de cada tanque dividindo pela quantidade de tanques conforme a formatação condicional da planilha, que no caso para 5.000 habitantes a quantidade é de 3 tanques (Equação 19).

$$\begin{aligned} V_t &= \frac{31,25}{3} \quad (19) \\ V_t &= 10,417 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Para dimensionar a área do tanque ( $A$ ), basta dividir o volume de cada tanque por sua altura total (Equação 20).

$$\begin{aligned} A &= \frac{10,417}{4} \quad (20) \\ A &= 2,604 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

É necessário estabelecer a potência de cada agitador ( $P$ ), para cada um dos tanques. Logo, através das informações já obtidas, substituí-se, as mesmas, na Equação 21.

Potência dissipada para agitadores rápidos na etapa de floculação:

$$\begin{aligned} P &= G^2 \mu V \quad (21) \\ P &= 60^2 \cdot 1,0087 \cdot 10^{-3} \cdot 10,417 \\ P &= 37,82625 \text{ W} \end{aligned}$$

Potência dissipada para agitadores médios na etapa de floculação:

$$\begin{aligned} P &= G^2 \mu V \\ P &= 40^2 \cdot 1,0087 \cdot 10^{-3} \cdot 10,417 \\ P &= 16,812 \text{ W} \end{aligned}$$

Potência dissipada para agitadores lentos na etapa de floculação:

$$\begin{aligned} P &= G^2 \mu V \\ P &= 20^2 \cdot 1,0087 \cdot 10^{-3} \cdot 10,417 \\ P &= 4,203 \text{ W} \end{aligned}$$

## 2.5 Decantação

Essa etapa é a que remove os flocos formados na etapa anterior de

floculação. Com tamanho maior as partículas podem sofrer o efeito de velocidade de sedimentação elevada, sendo passíveis de remoção pela força da gravidade, não havendo a necessidade agora do uso de produtos químicos (SECKLER, 2017; CESAN, 2020). O Quadro 7 traz os parâmetros necessários para esta etapa.

Quadro 7 - Parâmetros operacionais da etapa de decantação

tempo de detenção	120 minutos	McGhee (1991 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019)
altura do tanque	4 m	McGhee (1991 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019)

Fonte: autora (2025)

É necessário fornecer ao usuário as informações de cada tanque de decantação ( $Qd$ ), portanto, como todos os cálculos, inicia-se pela vazão de admissão em  $m^3/s$ . Na sequência, divide-se tal vazão pelo número de tanques, que é avaliado através da formatação condicional da planilha, assim (Equação 23):

$$Qd = \frac{Qt}{\text{número de tanques}} \quad (23)$$

$$Qd = \frac{0,017}{2}$$

$$Qd = 0,009 \text{ m}^3/\text{min}$$

Com os parâmetros de altura média dos decantadores (4 m) e tempo de retenção da decantação (120 min), é possível calcular o volume do tanque de decantação ( $V$ ), também a área de decantadores ( $A$ ), é possível calcular o diâmetro de cada decantador ( $Dt$ ), tal como é mostrado a seguir através das Equações 24, 25 e 26.

$$V = Qd \cdot t \quad (24)$$

$$V = 0,009 \cdot 120 = 1,04 \text{ m}^3$$

$$A = \frac{V}{h} \quad (25)$$

$$A = \frac{1,04}{4} = 0,26 \text{ m}^2$$

$$Dt = \sqrt{\frac{4xA}{\pi}} \quad (26)$$

$$Dt = \sqrt{\frac{4 \times 0,26}{\pi}} = 0,58 \text{ m}$$

## 2.6 Filtração

A filtração é uma das operações unitárias mais importantes no processo de tratamento de água. Sendo um processo físico-químico e em alguns casos biológicos (filtros lentos), consiste em remover as partículas suspensas remanescentes ainda presentes na água provenientes da etapa anterior. Geralmente a água, nesta etapa, é tratada com filtros rápidos de gravidade e pressão ou processo alternativo sendo a filtração direta. Os filtros geralmente são compostos por diversos materiais granulares como meios porosos, a saber: areia, antracito,

areia de granada e carvão ativado (RICHTER, 2009; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2022). O Quadro 8 traz os parâmetros necessários para esta etapa.

Quadro 8 - Parâmetros operacionais da etapa de filtração

Fluxo do filtro (volume/tempo x área)	7 m <sup>3</sup> /h x m <sup>2</sup>	Aziz (2000 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019) Amin e Aziz (2002 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019)
Largura do filtro (Lf)	4,5 m	Aziz e Mustafa (2019)

Fonte: autora (2025)

Para realizar o dimensionamento do filtro, a vazão foi considerada em m<sup>3</sup>/h. Para descobrir a área total de filtração (Equação 27) dividiu-se a vazão volumétrica total pelo parâmetro pré-estabelecido e, em seguida, a área de cada filtro (Equação 28) foi calculada através da área total obtida dividida pelo número de filtros, que, neste exemplo, correspondem a 5, conforme a relação do parâmetro condicional realizado na planilha eletrônica.

$$\text{Área total} = \frac{5000 \text{ m}^3/\text{h}}{7 \text{ m}^3/\text{h} \times \text{m}^2} = 8,929 \text{ m}^2 \quad (27)$$

$$A = \frac{\text{Área total}}{\text{número de filtros}}$$

$$A = \frac{8,929}{5} = 1,786 \text{ m}^2$$

Para encontrar a altura (corte longitudinal) dos filtros (h) basta dividir a área por filtro pela largura do filtro.

$$h = \frac{A}{L_f} \quad (28)$$

$$h = \frac{1,786}{4,5} = 0,3968253968 \text{ m}$$

O volume de cada filtro (V), por sua vez, é calculado através da Equação 29.

$$V = \frac{\pi \cdot L_f}{4} \cdot h \quad (29)$$

$$V = \frac{\pi \cdot 4,5}{4} \cdot 0,3968253968 = 6,3112 \text{ m}^3$$

## 2.7 Desinfecção

Dentro da qualidade da água é primordial ter o controle dos microorganismos, dos quais uma parte é benéfica, mas outra parte possui algumas espécies que são responsáveis por doenças, sabor e odor na água (RICHTER, 2009; CESAN, 2020). O Quadro 9 traz os parâmetros necessários para esta etapa.

Quadro 9 - Parâmetros operacionais da etapa de desinfecção

cloro requerido	0,4 mg/L	Funasa (2014)
-----------------	----------	---------------

cloro residual	0,2 mg/L	Funasa (2014)
tempo de retenção	0,5 horas	McGhee (1991 apud AZIZ; MUSTAFA, 2019)
altura do tanque	4 m	Aziz e Mustafa (2019)

Fonte: autora (2025)

Frente aos parâmetros pré-estabelecidos, para esta etapa de desinfecção, se fazem necessários ainda os cálculos de área seccional e altura do tanque de desinfecção, a fim de concluir o dimensionamento. Assim sendo, encontra-se à área frente aos cálculos apresentados nas Equações 30 e 31:

$$V = Q_{medio} \cdot \frac{1}{24} \cdot t \quad (30)$$

$$V = 1.500 \cdot \frac{1}{24} \cdot 0,5 = 31,25 \text{ m}^3$$

$$A = \frac{V}{h} \quad (31)$$

$$A = \frac{31,25}{4} = 7,8125 \text{ m}^2$$

Para a quantidade e demanda de cloro foi necessário fazer alguns cálculos essenciais a fim de determinar o valor exato de cloro (Equação 32). O cloro necessário é a quantidade adicionada de cloro para eliminar microrganismos patogênicos. Já o cloro residual é a quantidade de cloro ainda presente na água, após a etapa de desinfecção.

$$\text{Demanda de cloro} = \text{cloro necessário} - \text{cloro residual} \quad (32)$$

$$\text{Demanda de cloro} = 0,4 - 0,2 = 0,2 \text{ mg/L}$$

Para o consumo de cloro, foi necessário fazer uma conversão de unidade (Equação 33):

$$\text{Consumo de cloro} = \text{cloro necessário} \times \text{demanda per capita de água} \quad (33)$$

$$\text{Consumo de cloro} = 0,4 \cdot 10^{-6} \times 1500 \cdot 1000 = 0,54 \text{ kg/dia}$$

## 2.8 Armazenamento e bombeamento

A etapa de armazenamento e bombeamento consiste em bombear a água já tratada para um tanque de armazenamento que posteriormente irá para o reservatório da cidade, por exemplo. O Quadro 10 traz os parâmetros necessários para esta etapa.

Quadro 10 - Parâmetros operacionais da etapa de armazenamento e bombeamento

distância da ETA até o reservatório	1000 m	Autores (2025)
velocidade na tubulação	1,5 m/s	Metcalf e Eddy (2014 apud AZIZ; MUSTAFA,

		2019)
rugosidade relativa (aço comercial)	0,000045 m	Pipe Flow Software (1997-2025)
diferença de altura da ETA até reservatório	20 m	Autores (2025)
diâmetro do tubo	0,75 m	Aziz e Mustafa (2019)
Reynolds	664903,8007	Autores (2025)
diâmetro da tubulação considerando o número de bombas para essa situação hipotética	0,665 m	Autores (2025)
aceleração da gravidade	9,81 m/s <sup>2</sup>	Hollmann <i>et al.</i> (2022)
viscosidade cinemática a 20°C	0,000001 m <sup>2</sup> /s	Omel Bombas (2014)

Fonte: autora (2025)

O armazenamento e bombeamento consistem na etapa em que a água tratada sai da estação e vai para o reservatório da cidade (indo para as casas dos habitantes, mediante gravidade (energia potencial)). Portanto, os cálculos de dimensionamento são praticamente iguais aos que foram realizados na etapa de bombas de recepção (Equação 8 e 9), a diferença é que nesta situação a velocidade na tubulação muda (tal como especificado previamente no Quadro 10) e a quantidade de bombas também muda. Aqui, exemplificadamente, teremos 2 bombas, onde uma estará em funcionamento e a outra em prontidão. As Equações 35 e 36 basearam-se na equação de Halland de 1983, que é utilizada para encontrar o fator de atrito de maneira não implícita (baixo erro percentual inerente). Ressalta-se que não existe distância padrão, depende de diversos fatores, incluindo o tamanho da estação de tratamento de água. Apesar de não ter distância padrão, existe distância ideal de acordo com as características de cada local, neste estudo a distância foi estabelecida pelos autores como 1.000 m.

Com o fator de atrito é possível mensurar a perda de carga através da Equação 8 e 9:

$$HP_{1,2 \text{ da ETA até o reservatório}} = -1,8 \log \left[ \left( \frac{\epsilon}{3,7} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{Re} \right]^{-2} \cdot \frac{\text{Distância do rio até a ETA}}{\text{Diâmetro da tubulação}} \cdot \frac{\text{Velocidade}^2}{2 \cdot \text{gravidade}}$$

$$HP_{1,2 \text{ da ETA até o reservatório}} = \left[ \left( -1,8 \log \left( \frac{0,000045}{3,7} + \frac{6,9}{0,000001 \cdot 1,5} \right) \right)^{-2} \cdot \left( \frac{1000}{0,665} \cdot \frac{1,5^2}{2 \cdot 9,81} \right) \right]$$

$$HP_{1,2} = 26,156$$

Carga manométrica (HB):

$$HB = H_{entrada} + H_{saída}$$

$$HB = 20 + 26,156$$
$$HB = 46,156 \text{ m}$$

Para o cálculo da potência (Equação 10), foi considerado a massa específica da água em  $\text{N/m}^3$ , a vazão volumétrica em  $\text{m}^3/\text{s}$ , a carga manométrica dos pontos 1, 2 da ETA até o reservatório dividido pelo coeficiente global de rendimento de bomba.

Potência da bomba em kW considerando uma trabalhando e a outra em prontidão será:

$$P = \frac{10.000 \cdot 0,009 \cdot 46,156}{1.000} = 4,0066 \text{ kW}$$

## 2.9 Blog “DimensAqua”

Após a realização dos cálculos e confecção da planilha realizou-se, portanto, a elaboração do blog “DimensAqua”:

<https://robertaandraade55.wixsite.com/dimensaqua>.

O blog consiste de uma plataforma interativa onde o usuário ao entrar no blog já recebe um convite para acessar a ferramenta de dimensionamento, onde ao acessar o link é direcionado para a planilha, o usuário inicia já inserindo valores como da quantidade total de população e da distância do rio até o local que se pretende projetar a ETA, tendo então como resposta o dimensionamento de recepção de água, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e armazenamento e bombeamento. Em cada etapa do processo, a planilha disponibiliza informações como: volume, diâmetro, área, número de tanques, altura, entre outras informações relevantes para cada etapa.

O blog oferece também posts relacionando informações técnicas sobre estação de tratamento de água para gestores municipais e investidores, por exemplo.

Além disso, possui um descritivo sobre o objetivo do blog e sobre a criadora, que quaisquer dúvidas que o usuário possuir, estão disponíveis links que direcionam para o LinkedIn da autora e para este artigo científico trazendo informações mais completas.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos ao longo deste estudo evidenciam que os objetivos propostos foram atingidos. A criação de uma planilha facilitadora para usuários interessados na implementação do projeto em municípios mostrou-se eficiente, permitindo a obtenção de cálculos detalhados para uma vazão média de  $63 \text{ m}^3/\text{h}$ , um consumo per capita de 300 litros e uma população de 5.000 habitantes. Esses valores foram utilizados de forma ilustrativa para exemplificar e validar os cálculos, porém, no site “DimensAqua”, os usuários podem inserir dados personalizados, de acordo com as particularidades de cada município, obtendo resultados específicos sem margens de erro elevadas.

Os cálculos realizados foram organizados de maneira sequencial e tabulados, possibilitando a validação de cada unidade pertencente à estação de tratamento de água (ETA). O site “DimensAqua”, desenvolvido no âmbito deste estudo, oferece aos usuários uma interface intuitiva para a obtenção de resultados precisos, por meio da

simples inserção de dados como população e distância entre o rio e a ETA, o sistema proporciona, de forma ágil, informações detalhadas sobre o dimensionamento da estação, garantindo confiabilidade e facilidade de acesso às informações.

O rigor metodológico aplicado ao desenvolvimento da ferramenta fundamenta-se nas normas e legislações brasileiras, além de referências internacionais, como o artigo “Step by step design and calculations for water treatment plant units” dos autores Aziz e Mustafa (2019), reforçando a precisão dos cálculos utilizados. Abaixo está representada a tela inicial (Figura 1) em que o usuário irá se deparar ao entrar no link:

<https://robertaandraade55.wixsite.com/dimensaqua>.

Figura 1 - Layout da planilha interativa disponível no blog DimensAqua

Insira a população	5 000	← USUÁRIO DIGITA
Consumo médio percapto	300	
Distância média do rio até a ETA (m)	1 000	← USUÁRIO DIGITA
Distância média da ETA até o reservatório (m)	1 000	
<b>Dimensionamento ETA</b>		
<b>Informações Gerais</b>	<b>Valores/ Unidades</b>	<b>Unidade de Medida</b>
<b>Recepção de Água</b>		
Numero de tanques	4	
Vazão média	63	m <sup>3</sup> /h
Diâmetro das tubulações que chegam na ETA	0,074	m <sup>2</sup>
altura dos tanques	10	m
diametro na seção circular de cada reservatorio	0,814	m
Volume de processamento da ETA	5,208	m <sup>3</sup>
<b>Coagulação</b>		
Numero de tanques	1	
area de cada tanque	0,347	m <sup>2</sup>

continuação...

altura dos tanques	3	m
diâmetro na seção circular de cada tanque de coagulação	0,665	m
<b>Floculação</b>		
Numero de tanques	3	
area	2,604	m <sup>2</sup>
altura dos tanques	4	m
Largura de cada tanque	0,93	m
comprimento de cada tanque	2,80	m
<b>Decantação</b>		
Numero de tanques	2	
area	7,81	m <sup>2</sup>
altura dos tanques	4	m
diâmetro na seção circular	3,15	m
<b>Filtração</b>		
Numero de tanques	5,000	
area	1,786	m <sup>2</sup>
altura dos tanques	0,397	m
Volume	6,311	m <sup>3</sup>
<b>Desinfecção</b>		
Numero de tanques	1	
area	7,8125	m <sup>2</sup>
altura dos tanques	4,0	m
Demanda de cloro	0,2	mg/L
Consumo de cloro	0,54	kg/dia
<b>Armazenamento e bombeamento</b>		
Numero de bombas do rio ate a ETA	2	
vazão das tubulações	62,5	m <sup>3</sup> /h
potência das bombas do rio ate o ETA's	2,562	kW
Numero de bombas da ETA ate o reservatorio	2	
potência das bombas das ETA's ate o reservatório	4,007	kW

Fonte: autora (2025)

#### 4. CONCLUSÕES

O projeto se mostrou viável por várias razões, principalmente pela utilização

de software gratuito como o Google Planilhas® e a criação do site WIX® para facilitar a utilização da planilha. A utilização dessa ferramenta, que não necessita de licença, traz vários benefícios, como financeiros e operacionais para o desenvolvimento deste projeto.

Os resultados apresentados neste estudo evidenciam um grande potencial da planilha desenvolvida e do site “DimensAqua” como ferramentas inovadoras e acessíveis para o dimensionamento de estações de tratamento de água (ETA). O método utilizado não apenas permite um cálculo preciso e personalizado conforme os dados inseridos pelo usuário, mas também oferece uma solução prática para municípios que necessitam implementar ou ajustar suas unidades de tratamento de água, ao disponibilizar uma abordagem intuitiva e baseada em parâmetros técnicos reconhecidos, o estudo contribui significativamente para a democratização do acesso a informações essenciais sobre infraestrutura hídrica.

A importância desta pesquisa reside na sua aplicabilidade direta na gestão de recursos hídricos, alcançando o objetivo do projeto que era desenvolver uma planilha facilitando cidades de pequeno/ médio porte e vilarejos, permitindo que administradores municipais, engenheiros e planejadores tenham um suporte confiável e gratuito para decisões estratégicas. Ao possibilitar ajustes em sistemas já existentes e fornecer informações detalhadas para a criação de novas ETAs, a ferramenta desenvolvida também auxilia na mitigação de desafios como envelhecimento das estruturas, demanda hídrica crescente, restrições econômicas e alterações regulatórias. Além disso, o uso de normas e legislações brasileiras, combinado com referências internacionais como o artigo “Step by step design and calculations for water treatment plant units”, reforça a robustez metodológica do estudo.

Conclui-se que o atual estudo não apenas atende, de forma básica e simplificada, às necessidades técnicas e operacionais do dimensionamento de uma estação de tratamento de água, mas também evidencia a importância de ferramentas digitais na otimização de processos essenciais à qualidade de vida da população. Ao oferecer uma solução eficaz e simplificada, contribui-se para a melhoria da gestão hídrica em diversos contextos, garantindo que os municípios de pequeno e médio porte possam planejar, construir e manter suas estações de tratamento de água com segurança, eficiência e conformidade técnica.

## REFERÊNCIAS

AZIZ, S. Q.; MUSTAFA, J. S. Step-by-step design and calculations for water treatment plant units. **Advantages in Environmental Biology**, v. 13, n. 8, p. 1-16, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021**. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 10 jul. 25.

CESAN. **Apostila tratamento de água**. 2020. Disponível em: [https://www.cesan.com.br/wp-content/uploads/2020/08/APOSTILA\\_DE\\_TRATAMENTO\\_DE\\_AGUA-.pdf](https://www.cesan.com.br/wp-content/uploads/2020/08/APOSTILA_DE_TRATAMENTO_DE_AGUA-.pdf). Acesso em: 30 out. 2024.

FRANCISCO, A. A. *et al.* Tratamento convencional de águas para abastecimento humano: Uma abordagem teórica dos processos envolvidos e dos indicadores de

referência. Londrina: **Ibeas – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais**, 2011.p.1-8. Disponível em:  
<<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/IX-005.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2024.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de cloração de água em pequenas comunidades utilizando o clorador simplificado desenvolvido pela Funasa**. 2014. Disponível em:  
[https://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manualdecloracaodeaguaempequenascomunidades.pdf](https://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualdecloracaodeaguaempequenascomunidades.pdf). Acesso em: 29 out. 2024.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Plano municipal de saneamento básico**. 2016. Disponível em:  
<https://www.funasa.gov.br/documents/20182/300120/Abastecimento+de+%C3%81gua+Pot%C3%A1vel.pdf/c42e2752-7de2-4a0b-a751-fa352f1bdbc3?version=1.0>. Acesso em: 11 fev. 2025.

HOLLMANN, F. G. *et al.* **Gravidade dos corpos celestes**. 2022. Disponível em:  
<https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/fecitac/article/view/3408/2748>. Acesso em: 10 fev. 2025.

OMEL BOMBAS. **Viscosidade**. 2014. Disponível em:  
<https://omel.com.br/escola-de-bombas/artigos-tecnicos/viscosidade/>. Acesso em: 10 fev. 2025.

PIPEFLOW. **Cálculos de queda de pressão em tubulação**: Rugosidade do tubo.1997-2025. Fluid thinking software solutions. Disponível em:  
<https://www.pipeflow.com/pipe-pressure-drop-calculations/pipe-roughness>. Acesso em: 10 out. 2024.

RICHTER, C. A. **Água: Métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Editora Blucher, 2009. E-book. Disponível em:  
<<https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521217244/>>. Acesso em: 02 nov. 2024.

ROSA, R. V. de S. **Dimensionamento de uma estação de tratamento de água de ciclo completo para abastecimento da cidade de Campo Florido**. 2018. 97 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG, 2018. Disponível em:  
<<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/22297>>. Acesso em: 29 out. 2024.

SECKLER, S. **Tratamento de água: Concepção, projeto e operação de estações de tratamento**. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2017. E-book. Disponível em:  
<<https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595153851/>>. Acesso em: 02 nov. 2024

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality**. 4. ed. Geneva: World Health Organization, 2022. 614 p. Disponível em:  
<<https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>>. Acesso em: 2 nov. 2024.

## ANEXO

### Anexo 1 - Lista de símbolos utilizados ao longo das equações

vazão média	$Q_{medio}$
consumo médio per capta	$CMPC$
vazão por tubulação	$Q_t$
área	$A$
volume dos tanques	$V$
área de seção transversal	$ASTR$
profundidade do tanque	$P_t$
diâmetro do reservatório	$Dr$
diâmetro do tanque	$D_t$
carga manométrica	$HB$
rugosidade relativa	$\epsilon$
perda de carga	$HP$
potência	$P$
Vazão do tanque de coagulação	$Q_c$
Vazão do tanque de decantação	$Q_d$
volume misturador	$V_m$
altura	$h$
tempo de retenção	$t$
volume total	$V_t$

Fonte: autora (2025)