

## AUTOMAÇÃO DO CÁLCULO DO AJUSTE DA DOSAGEM DE CLORO EM POÇOS TUBULARES PROFUNDOS DE ÁGUA POR MEIO DE UM SCRIPT EM JAVASCRIPT E HTML

## AUTOMATION OF CHLORINE DOSAGE ADJUSTMENT CALCULATION IN DEEP TUBULAR WATER WELLS USING A JAVASCRIPT AND HTML SCRIPT

Luis Alcides Brandini De Boni \*

Periódico Tchê Química, Secretário geral, Brasil

\* Autor correspondente

e-mail: labdeboni@gmail.com

Received 05 April 2023; received in revised form 01 July 2023; accepted 14 July 2023

## RESUMO

**Introdução:** O cloro, na forma de hipoclorito de sódio (NaClO), é amplamente usado no tratamento de água para torná-la segura para consumo humano. Existem três formas principais de cloro: cloro gasoso (Cl<sub>2</sub>), hipoclorito de sódio (NaClO) e hipoclorito de cálcio. Todas são eficazes na desinfecção da água. A dosagem de cloro é controlada para eliminar microrganismos patogênicos sem exceder os limites seguros de ingestão de cloro para consumo humano, visando evitar a utilização de quantidades elevadas de cloro tendem a gerar subprodutos indesejados. A medição foi efetuada usando o reagente DPD para determinar a concentração de cloro livre na água. **Objetivo:** Este trabalho busca facilitar o ajuste da dosagem de cloro no tratamento de água, visando a redução de correções adicionais. **Métodos:** Foi utilizado o método 8021 da Hach para ajustar a dosagem de cloro com base nas medições do intervalo de tempo entre as pulsações da bomba dosadora e a concentração de cloro observada. Além disso, foi determinado o tempo adequado para a leitura correta do cloro e verificado o tempo necessário para que a quantidade corrigida de cloro fosse observável no sistema, seguindo os limites mínimos da legislação. **Resultados:** O ajuste da concentração de cloro inicial (1,66 mg/L) foi realizado utilizando o método Hach 8021, resultando em uma concentração estável de aproximadamente 1,19 mg/L. A dosagem desejada era de 1,20 mg/L. O tempo necessário para medição correta da quantidade de cloro e a observação do valor corrigido foi de aproximadamente 40 minutos. A utilização do script permitiu em apenas um ajuste alcançar um resultado 99,2% próximo do planejado. **Discussão:** A utilização adequada de cloro na indústria de tratamento de água é essencial para garantir a segurança e qualidade do abastecimento. Nesta pesquisa, foi dada atenção a necessidade de monitoramento cuidadoso da quantidade de cloro utilizado, que demanda tempo e análises precisas em amostras representativas. A aplicação do script desenvolvido trouxe benefícios significativos para o ajuste da quantidade de cloro, garantindo desinfecção satisfatória e evitando problemas de superdosagem. Os resultados mostraram alta eficácia e economia de tempo, tornando o processo de tratamento mais eficiente e vantajoso economicamente. Além disso, o script contribuiu para redução de papel utilizado em cálculos, colaborando com a sustentabilidade ambiental. **Conclusões:** O script para ajuste da quantidade de cloro utilizado no tratamento de água tornou a operação mais prática e ágil, com interface amigável e resultados adequados em menos tempo.

**Palavras-chave:** Indústria da água, atividade química profissional, dosagem de cloro, saneamento básico, script público.

## ABSTRACT

**Background:** Chlorine, in the form of sodium hypochlorite (NaClO), is widely used in water treatment to make it safe for human consumption. There are three main forms of chlorine: chlorine gas (Cl<sub>2</sub>), sodium hypochlorite (NaClO), and calcium hypochlorite. All are effective in water disinfection. Chlorine dosage is controlled to eliminate pathogenic microorganisms without exceeding safe limits for human consumption, aiming to avoid the use of excessive chlorine that can generate undesirable by-products. Measurement was carried out using DPD reagent to determine the concentration of free chlorine in the water. **Aim:** This work aims to facilitate the adjustment of chlorine dosage in water treatment, to reduce additional corrections. **Methods:** The Hach method 8021 was used to adjust chlorine dosage based on measurements of the interval between dosing pump pulsations and observed chlorine concentration. The concentration was adjusted from 1.68 mg/L to 1.20 mg/L. Additionally, the appropriate time for correct chlorine reading was determined, and the time needed for the corrected chlorine quantity to be observable in the system, adhering to the minimum limits set by legislation, was verified. **Results:** The adjustment

of the initial chlorine concentration (1.66 mg/L) was carried out using the Hach method 8021, resulting in a stable concentration of approximately 1.19 mg/L. The desired dosage was 1.20 mg/L. The time required for correct chlorine measurement and observation of the corrected value was approximately 40 minutes. The use of the script allowed achieving a result 99.2% close to the planned value with just one adjustment. **Discussion:** The proper use of chlorine in water treatment is essential to ensure the safety and quality of supply. This research emphasized the need for careful monitoring of chlorine dosage, requiring time and accurate analysis of representative samples. The application of the developed script brought significant benefits, ensuring satisfactory disinfection and preventing overdosing issues. The results showed high efficacy and time savings, enhancing treatment efficiency and economic advantages. Moreover, the script reduced paper usage in calculations, promoting environmental sustainability. **Conclusions:** The script for adjusting the chlorine dosage used in water treatment made the operation more practical and efficient, with a user-friendly interface and accurate results achieved faster.

**Keywords:** *Water Industry, Professional Chemical Activity, Chlorine Dosage, Basic Sanitation, Public Script.*

## 1. INTRODUÇÃO:

O cloro, sob a forma de hipoclorito de sódio (NaClO), é um dos produtos químicos mais utilizados no tratamento de água em sistemas de abastecimento público. Ele desempenha um papel crucial na purificação da água, tornando-a segura para consumo humano e uso em diversas atividades. As três formas mais comuns de cloro usados no tratamento de água são: hipoclorito de sódio e hipoclorito de cálcio e o gás cloro (AWWA, 2011; WHO, 2017).

O cloro é especialmente eficaz na desinfecção da água, pois é altamente reativo com microorganismos patogênicos, como bactérias, vírus e protozoários que podem causar doenças. Ao entrar em contato com esses microrganismos, o cloro danifica suas estruturas celulares e material genético, tornando-os inativos e incapazes de se reproduzir (EPA, 1990; Havelaar *et al.*, 2000).

Existem duas formas principais de cloro usadas no tratamento de água: o cloro gasoso (Cl<sub>2</sub>) e o hipoclorito de sódio (NaClO), que é uma solução líquida contendo íons de cloro. Ambas as formas são igualmente eficazes na desinfecção da água, embora o cloro gasoso seja mais tóxico e requer manipulação cuidadosa (AWWA, 2018; NRC, 2006).

O processo de dosagem de cloro no tratamento de água é cuidadosamente controlado para garantir que a quantidade certa de cloro seja adicionada à água, a fim de eliminar os microorganismos nocivos, mas sem exceder os limites de segurança para consumo humano. Essa dosagem é influenciada por fatores como a qualidade da água de entrada, a demanda de cloro devido à presença de poluentes e o tempo necessário para que o cloro permaneça ativo na água (residual de cloro) para proteção contínua após o tratamento. A solução de hipoclorito de sódio é dosada usando uma bomba de dosagem

elétrica de deslocamento positivo ou um sistema de alimentação por gravidade (WHO, 2017), conforme as Figuras 1 e 2.



**Figura 1.** Reservatório de hipoclorito de sódio.



**Figura 2.** Bomba dosadora de cloro

Um dos métodos utilizados para a medição da quantidade de cloro presente na água utiliza o reagente DPD (N, N-Dietil-p-fenilenodiamina). O resultado do teste é expresso em mg/L de  $\text{Cl}_2$  ou ppm de  $\text{Cl}_2$ . Este método é amplamente utilizado para determinar a concentração de cloro livre na água baseia-se na reação do DPD com o cloro livre presente na amostra, resultando na formação de um corante rosa ou vermelho, cuja intensidade é proporcional à quantidade de cloro presente (Cooper *et al.*, 1982; HACH, 2014).



**Figura 3.** Botão vermelho, potenciômetro da bomba dosadora

Utilizando este tipo de equipamento (Figura 3) o ajuste da dosagem de cloro é feito de forma simples. Ao girar o potenciômetro para a direita aumenta-se a dosagem, e ao girar o potenciômetro para a esquerda a dosagem é reduzida. Isso é observado através da variação da frequência com a qual o hipoclorito de sódio é bombeado do reservatório (Figura 1) para o destino final (poço).

Conforme a PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021, existe uma quantidade mínima de cloro que deve ser mantida em toda a extensão do sistema de distribuição. Desta forma é relevante manter o equilíbrio entre a presença de cloro no sistema e a economicidade das operações de adição de cloro no sistema.

*“Art. 32 É obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) e nos pontos de consumo.”*

A utilização de ferramentas eletrônicas para a realização de cálculos químicos é comum e diversos exemplos podem ser como Gomes *et*

*al.* (2023) e Niece 2012.

Desta forma é relevante manter o equilíbrio entre a presença de cloro no sistema e a economicidade das operações de adição de cloro no sistema. O objetivo deste trabalho é facilitar o ajuste da dosagem de cloro sistemas de tratamento de água, visando a redução do número de correções feitas para a obtenção da dosagem desejada.

### 1.1. A importância da adição da quantidade correta de cloro no tratamento da água.

De acordo com o CDC (2023), a cloração é utilizada para evitar a contaminação por germes, causadores de doenças, como *Salmonella*, *Campylobacter* e norovírus. Desta forma é possível inferir que uma quantidade insuficiente de cloro adicionada a água poderá ser insuficiente para garantir sua esterilização contra estes agentes patógenos.

Por outro lado, quantidades elevadas de cloro (fora do padrão) podem gerar subprodutos da cloração em quantidades excessivas. Alguns estudos sugerem que doses elevadas de certas formas de cloro, ou subprodutos, podem causar alterações da glândula tireoide em animais e humanos (Orme *et al.*, 1985; US-EPA, 2000; US-ASTDR, 2004). Outros estudos sugerem que a cloração da água potável pode, ou não, conduzir à formação de uma variedade de subprodutos da desinfecção que podem, ou não, ter outras relações adversas na saúde humana (Flaten, 1992; Yang *et al.*, 1998; Villanueva *et al.*, 2001; Grosse *et al.*, 2011; Black, 1994; King and Marrett, 1996; Cantor *et al.*, 1998; Weisman *et al.*, 2022; Helte *et al.*, 2022).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Observar que este trabalho prevê que o desenvolvedor tenha conhecimentos básicos da indústria da água e de desenvolvimento para internet.

### 2.1. Materiais

Lista de materiais utilizados para realizar o experimento e escrever o script.

- Hipoclorito de sódio;
- Água
- Vaso de 200 litros (tina de hipoclorito);
- Bomba dosadora com ajuste potenciométrico;

- DPD HATCH (Product #: 2105569)
- Pocket colorimeter II (Product #: 5870000)
- Cronometro;
- Computador;
- Telefone celular (com navegador atualizado);

Lista de softwares utilizados na escrita do script;

- MS-Win 11;
- Bloco de notas;
- Sothink HTML Editor;
- Chat GPT 3.5;
- Servidor apache;
- File Zilla;

## 2.2. Métodos

### 2.2.1 Ajuste da dosagem com método 8021 da Hach

Com o reservatório da (Figura 1) abastecido e a bomba de dosagem de cloro (Figura 2) funcionando por pelo menos 10 min foi realizada a medição em triplicata do intervalo de tempo observado entre as pulsações da bomba ( $T_{ibi}$ ) e calculada a média (expressa em segundos). Posteriormente foi realizada a coleta de uma amostra de água (10 ml) para a determinação do cloro livre através do método DPD (Hach 8021) utilizando o Pocket colorimeter II. O método 8021 da Hach foi provado pela USEPA para relatórios de análises de água potável.

A Equação 1 relaciona o cloro observado na medida, ou a dosagem inicial ( $D_{CII}$ ), o intervalo de tempo observado entre as pulsações da bomba ( $T_{ibi}$ ), A dosagem que se deseja obter ( $D_{desejada}$ ), e X representa o tempo corrigido para a pulsação da bomba.

$$X = (D_{CII} \cdot T_{ibi}) / D_{desejada} \quad (\text{Eq. 1.})$$

O potenciometro (Figura 3) foi ajustado para que a pulsação da bomba (Figura 2) se tornasse igual ao valor calculado de X na Equação 1. Após o ajuste aguardou-se mais 10 min e uma nova amostra de água foi coletada e analisada. Quando necessário novos ajustes foram realizados até que a dose desejada fosse obtida. A Tabela 1 relaciona os resultados das medidas, análises e ajustes.

No presente caso em estudo a concentração foi reduzida de aproximadamente

1.68 mg/L de Cloro para o valor arbitrado de 1.20 mg/L de cloro. Visando a economicidade do sistema.

### 2.2.2 Determinação do tempo para efetuar a leitura correta do cloro

Para determinar o momento correto da leitura do cloro neste poço foi realizado o seguinte procedimento. Com o poço desligado há algumas horas foi realizada uma leitura da quantidade de cloro residual na rede, determinada como  $T=0s$ . Após, foram realizadas determinações da quantidade de cloro em amostras de água nos intervalos de 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos. Este procedimento foi realizado para determinar o tempo de espera até que a quantidade observada de cloro fosse estável, sendo o valor estável considerado como correto.

### 2.2.3 Verificação do tempo para a quantidade corrigida de cloro ser observável no sistema.

Após a medida do valor estável (2.2.2), foi determinado que a uma quantidade menor de cloro no sistema atenderia os limites mínimos da legislação (Ministério da Saúde, 2021).

*Art. 32 É obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) e nos pontos de consumo.*

Foi utilizado o script (disponível em 2.2.4) para calcular rapidamente o resultado da Equação 1. E a quantidade de cloro foi reduzida de 1.60 mg/L para 1.20 mg/L de cloro.

Foi medido o tempo entre o ajuste da dosagem do cloro no potenciometro da bomba de dosagem (Figura 3), até o mesmo ser detectável na rede.

### 2.2.4 Código fonte (source code)

```

<!--
  This code is licensed under CC BY 4.0
  (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)
  You are free to share and adapt the
  code, but you must provide appropriate
  credit to the original author.
  DOI:
  10.52571/PTQ.v20.n44.2023_03_DEBONI_pgs_
  32_40.pdf
-->

```

```

<html>
<head>
  <meta name="viewport"
content="width=device-width, initial-
scale=1.0">
  <style>
    /* Center the content using
Flexbox */
    .center {
      display: flex;
      justify-content: center;
      align-items: center;
    }
    /* Change the background color
of input fields */
    input[type="text"] {
      background-color: lightblue;
      width: 100%;
      margin-bottom: 10px;
    }
    /* Change the background color
of the page */
    body {
      background-color: lightgray;
      font-size: 1rem;
    }
    /* Change the font-size of the
headings*/
    h1 {
      font-size: 2rem;
      margin-bottom: 10px;
    }
    /* Change the font-size of the
labels*/
    label {
      font-size: 1.2rem;
      display: block;
    }
    /* Add some padding and margin
to the elements*/
    form {
      margin: 20px;
      padding: 20px;
    }

    * {
      font-family: Arial, sans-serif;
    }
    #responsive-image { width: 5%;
height: auto; }
  </style>
  <script>
    function calculate() {
      var a =
document.getElementById("a").value.repla
ce(", ", ".");
      var b =
document.getElementById("b").value.repla
ce(", ", ".");
      var c =
document.getElementById("c").value.repla
ce(", ", ".");
      var d = (a * b) / c;

```

```

document.getElementById("d").value =
d.toFixed(2);
    }
  </script>
</head>
<body>
  <div class="center">
    <h1>REDUZIR OU ELEVAR A DOSAGEM
DE HIPOCLORITO</h1>
    </div>
    <CENTER><IMG SRC="24895-7-down-
arrow-transparent.png" ALT=""
id="responsive-image" ><IMG
SRC="Eo_circle_green_arrow-up.svg.png"
ALT="" id="responsive-image" ></CENTER>

    <form>
      <label>Dosagem inicial de
hipoclorito: </label>
      <input type="text" id="a">

      <label>Intervalo de tempo entre
pulsações <FONT FACE="" SIZE=""
COLOR="#0000ff">X</FONT> segundos
(inicial): </label>
      <input type="text" id="b">

      <label>Dosagem desejada:
</label>
      <input type="text" id="c">

      <label>Ajustar para o seguinte
intervalo de tempo entre pulsações <FONT
FACE="" SIZE=""
COLOR="#ff0000">X</FONT>: </label>
      <input type="text" id="d"
disabled placeholder="X = resultado">

      <div class="center">
        <input type="button"
value="Executar" onclick="calculate()">
        <br>

      </div><br> <BR><BR>
      <P
ALIGN="JUSTIFY"><B>Contextualização:</B>
<BR><BR>
      1. Mantendo-se a concentração do
reservatório de cloro como uma
constante, o intervalo das pulsações
deve ser ampliado (ficar maior), para
reduzir a concentração de hipoclorito na
água.
      <BR><BR>
      2. Mantendo-se a concentração do
reservatório de cloro como uma
constante, o intervalo das pulsações
deve ser reduzido (ficar menor), para
aumentar a concentração de hipoclorito
na água.</P>
    </form>

```

</BODY>  
</HTML>

## 2.2.5. Utilizando o Código fonte

### 2.2.3.1 Método a

O conteúdo da seção 2.2.2 foi copiado e posteriormente colado em uma arquivo do bloco de notas. O novo arquivo foi salvo na área de trabalho como NOME.html. Posteriormente o arquivo foi aberto com um navegador como FireFox ou Google Chrome. Os campos de texto foram preenchidos e foi pressionado o botão Executar. O resultado foi obtido no ultimo campo.

### 2.2.3.1 Método b

Com um computador com acesso a internete foi inserida a URL: <https://script.sjofsciences.com/>

Os campos de texto foram preenchidos e foi pressionado o botão Executar. O resultado foi obtido no ultimo campo.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

### 3.1. Resultados

Os métodos utilizados apresentaram os seguintes resultados.

#### 3.1.1. Ajuste da dosagem com método Hach 8021

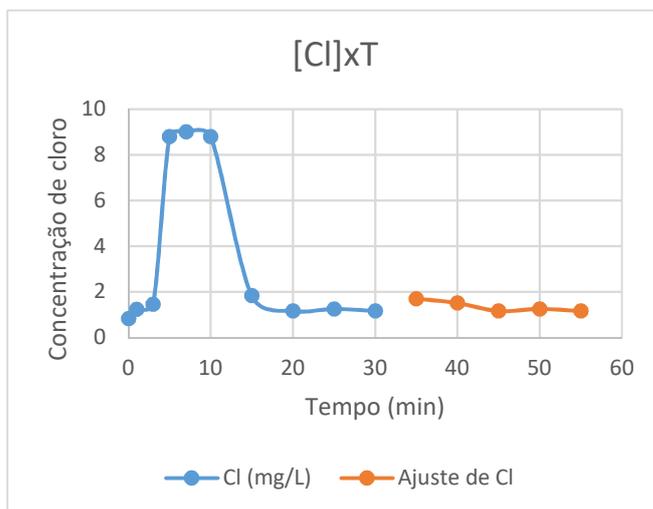
O ajuste da concentração de cloro foi representado na Tabela 1 e no Gráfico 1.

**Tabela 1:** Determinação da medida estável de cloro após o poço entrar em operação.

Tempo (min)	Cl (mg/L)	Ajuste de Cl
0	0,83	
1	1,23	
3	1,45	
5	8,8	
7*	0,25	
10*	0,37	
15	1,83	
20	1,7	
25	1,63	
30	1,66	

35		1,7
40		1,51
45		1,16
50		1,25
55		1,16

\* A concentração de hipoclorito e interferentes foi



demasiadamente alta, causando degradação ao DPD. O resultado corrigido manualmente foi apresentado no Gráfico 1.

**Gráfico 1.** Concentração de Cloro em função do tempo, do início das leituras até a leitura estável após o ajuste da concentração.

#### 3.1.2. Resultado da determinação do tempo para efetuar a leitura correta do cloro

A Tabela 1 e o Gráfico indicam que a leitura do cloro não era estável antes do poço estar funcionando por ao menos 15 min.

#### 3.1.3. Resultado da verificação do tempo para a quantidade corrigida de cloro ser observável no sistema.

Novamente a Tabela 1 e o Gráfico indicam que a leitura do cloro, após o ajuste da dosagem era detectável de forma estável após aproximadamente 15 min.

#### 3.1.4. Interface gráfica do source code

A interface gráfica foi organizada de forma bastante simples, com três campos de entrada de dados, um campo para exibir o resultado e um botão para executar a operação descrita na Equação 1.

## REDUZIR OU ELEVAR A DOSAGEM DE HIPOCLORITO



Dosagem inicial de hipoclorito:

Intervalo de tempo entre pulsações X segundos (inicial):

Dosagem desejada:

Ajustar para o seguinte intervalo de tempo entre pulsações X:

X = resultado

Executar

### Contextualização:

1. Mantendo-se a concentração do reservatório de cloro como uma constante, o intervalo das pulsações deve ser ampliado (ficar maior), para reduzir a concentração de hipoclorito na água.
2. Mantendo-se a concentração do reservatório de cloro como uma constante, o intervalo das pulsações deve ser reduzido (ficar menor), para aumentar a concentração de hipoclorito na água.

**Figura 4.** Interface esperada do código fonte da seção 2.2.2

Onde, o cloro observado na medida, ou a dosagem inicial ( $D_{Cl}$ ) foi denominado “Dosagem inicial de hipoclorito”, o intervalo de tempo observado entre as pulsações da bomba ( $T_{ibi}$ ) é o segundo campo de cima para baixo. A dosagem que se deseja obter ( $D_{desejada}$ ) é o terceiro campo de cima para baixo, e X representa o tempo corrigido, ou o resultado da Equação 1.

No caso em estudo, a medida estável do cloro foi de aproximadamente 1.66 mg/L. A dosagem desejada era de 1,20 mg/L. Após o ajuste da quantidade de cloro o resultado foi de aproximadamente 1,19 mg/L (média das três últimas leituras). Com apenas um ajuste na quantidade de cloro adicionada foi obtido um resultado 99,2% próximo do resultado planejado.

E, foi determinado que para este poço em específico, nas condições do experimento, foram necessários aproximadamente 40 minutos para efetuar uma medição correta e um ajuste.

### 3.2. Discussão

A utilização adequada de cloro na indústria de tratamento de água é essencial para garantir a segurança e qualidade do abastecimento. Nesta pesquisa, enfocamos a necessidade de um monitoramento cuidadoso da quantidade de cloro

utilizado, que demanda tempo e análises precisas em amostras representativas.

A aplicação do script desenvolvido neste estudo trouxe benefícios significativos para o ajuste da quantidade de cloro adicionada ao sistema. Ao adotar essa abordagem, foi possível garantir a desinfecção satisfatória (medida através de métodos não relevantes para este trabalho), ao mesmo tempo em que foram evitados problemas decorrentes da sobredosagem de cloro. A importância dessa otimização reside na obtenção de resultados eficientes e econômicos no processo de tratamento de água.

Os resultados obtidos no exemplo estudado foram promissores, uma vez que o ajuste efetuado atingiu a meta planejada em aproximadamente 99%. Isso demonstra claramente que a utilização do *script* superou o método baseado na “tentativa e erro” para o ajuste do cloro. Além disso, cada correção realizada de forma precisa na primeira tentativa resultou em uma economia de tempo mínima de 15 minutos. Essa economia de tempo é valiosa, tornando a operação do sistema mais eficiente e economicamente vantajosa.

Também foi observado que o *script* reduziu a quantidade de papel consumida por técnicos qualificados e operadores cuidadosos utilizam para efetuar cálculos matemáticos relacionados ao ajuste da quantidade de cloro introduzida no sistema, colaborando para a redução da produção de resíduos.

Em suma, a aplicação do *script* proposto mostrou-se uma ferramenta valiosa para o monitoramento e ajuste adequado da quantidade de cloro na indústria de tratamento de água. A eficácia demonstrada pelo *script* em alcançar metas de desinfecção e economizar tempo reforça a importância de sua adoção como uma abordagem prática e eficiente para garantir a qualidade da água tratada. Essa abordagem pode contribuir para uma operação mais segura, econômica e ambientalmente sustentável do sistema de tratamento de água.

## 4. CONCLUSÕES

A utilização do *script* para ajuste da quantidade de cloro adicionada ao sistema de tratamento de água atingiu o objetivo de dar mais praticidade e agilidade a operação do sistema.

O *script* criou uma interface amigável entre a operação matemática da Equação 1 e o usuário, facilitando a obtenção de resultados adequados em menos tempo.

## 5. DECLARAÇÕES

### 5.1. Limitações do Estudo

O estudo é limitado a situação analisada e as condições experimentais descritas.

### 5.2. Agradecimentos

Sou grato aos meus colegas e amigos por me incentivarem a escrever o *script*.

### 5.3. Fonte de financiamento

Esta pesquisa foi financiada pelo autor.

### 5.4. Conflitos de Interesse

O autor declara não possuir interesses conflitantes nesta publicação.

### 5.5. Open Access

Este artigo está licenciado sob uma Licença Internacional Creative Commons Atribuição 4.0 (CC BY 4.0), que permite o uso, compartilhamento, adaptação, distribuição e reprodução em qualquer meio ou formato, desde que você dê o devido crédito ao (s) autor (es) original (is) e a fonte, forneça um link para a licença Creative Commons e indique se foram feitas alterações. As imagens ou outro material de terceiros neste artigo estão incluídos na licença Creative Commons do artigo, a menos que indicado de outra forma em uma linha de crédito para o material. Se o material não estiver incluído na licença Creative Commons do artigo e seu uso pretendido não for permitido por regulamentação legal ou exceder o uso permitido, você precisará obter permissão diretamente do detentor dos direitos autorais. Para ver uma cópia desta licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

## 7. REFERÊNCIAS:

1. American Water Works Association. (2011). Chlorine Safety. AWWA Manual M20 (5th ed.). American Water Works Association.
2. World Health Organization. (2017). Guidelines for drinking-water quality, 4th edition, incorporating the 1st addendum. World Health Organization. ISBN: 978-92-4-154995-0
3. U.S. Environmental Protection Agency. (1990). Guidance Manual for Compliance with the Filtration and Disinfection Requirements for Public Water Systems Using Surface Water Sources (Surface Water Treatment Rule). U.S. Environmental Protection Agency. Disponível em: [https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/guidance\\_manual\\_for\\_compliance\\_with\\_the\\_filtration\\_and\\_disinfection\\_requirements.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/guidance_manual_for_compliance_with_the_filtration_and_disinfection_requirements.pdf)
4. Havelaar, A. H., De Hollander, A. E., Teunis, P. F., Evers, E. G., Van Kranen, H. J., Versteegh, J. F., Van Koten, J. E., et al. (2000, April). Balancing the risks and benefits of drinking water disinfection: disability adjusted life-years on the scale. *Environmental Health Perspectives*. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.00108315>
5. AWWA Standards Committee. (2018). AWWA Standard for Sodium Hypochlorite. ANSI/AWWA B300-18. American Water Works Association.
6. National Research Council. (2006). Drinking Water Distribution Systems: Assessing and Reducing Risks. National Academies Press. DOI: 10.17226/11728
7. Cooper, W. J., Roscher, N. M., & Slifker, R. A. (1982). Determining free available chlorine by DPD-colorimetric, DPD-Steadifac (colorimetric), and FACTS procedures. *Journal (American Water Works Association)*, 74(7), 362–368. <http://www.jstor.org/stable/41271056>
8. HACH (2014). Chlorine, Free Method 8021. Disponível em: <https://images.hach.com/asset-get.download.jsa?code=55577>
9. Ministério da Saúde. (2021, 4 de maio). Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. [Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade]. *Diário Oficial da União*. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888\\_07\\_05\\_2021.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html)
10. Centers for Disease Control and Prevention. (n.d.). Water disinfection. Disponível em:

- [https://www.cdc.gov/healthywater/drinking/public/water\\_disinfection.html](https://www.cdc.gov/healthywater/drinking/public/water_disinfection.html). (junho de 2023)
11. Orme J, Taylor DH, Laurie RD, Bull RJ (1985) Effects of chlorine dioxide on thyroid function in neonatal rats. *J Toxicol Environ Health A Curr Issues* 15(2):315–322. DOI: <https://doi.org/10.1080/15287398509530657>
  12. US-ATSDR, (2004). Department of Health and Human Services. Toxicological Profile for Chlorine Dioxide and Chlorite. Disponível em: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp160.pdf>
  13. U.S. Environmental Protection Agency. (1994) Final draft of the drinking water criteria document on chlorine dioxide, chlorite, and chlorate. Office of Science and Technology, Office of Water, Washington, DC. Office of Research and Development, Washington, DC. Disponível em: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100T13G.PDF?Dockey=P100T13G.PDF>
  14. FLATEN, T. P. (1992). Chlorination of Drinking Water and Cancer Incidence in Norway. *International Journal of Epidemiology*. Oxford University Press (OUP). Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1093/ije/21.1.6>
  15. Yang, C.-Y., Chiu, H.-F., Cheng, M.-F., & Tsai, S.-S. (1998, July). Chlorination of Drinking Water and Cancer Mortality in Taiwan. *Environmental Research*. Elsevier BV. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1006/enrs.1997.3823>
  16. Villanueva, C. M., Kogevinas, M., & Grimalt, J. O. (2001). Cloración del agua potable en España y cáncer de vejiga. *Gaceta Sanitaria*. Elsevier BV. Retrieved from [http://dx.doi.org/10.1016/s0213-9111\(01\)71517-8](http://dx.doi.org/10.1016/s0213-9111(01)71517-8)
  17. Grosse, Y., Baan, R., Secretan-Lauby, B., El Ghissassi, F., Bouvard, V., Benbrahim-Tallaa, L., Guha, N., et al. (2011, April). Carcinogenicity of chemicals in industrial and consumer products, food contaminants and flavourings, and water chlorination byproducts. *The Lancet Oncology*. Elsevier BV. Retrieved from [http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045\(11\)70088-2](http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045(11)70088-2)
  18. Black, B. (1994). Impact of Organic Carbon Removal on Cancer Risks Posed by Drinking Water Chlorination. <https://doi.org/10.17615/x9dk-ah21>
  19. King, W. D., & Marrett, L. D. (1996). Case-control study of bladder cancer and chlorination by-products in treated water (Ontario, Canada). *Cancer Causes & Control*, 7, 596-604.
  20. Cantor, Kenneth P.; Lynch, Charks F.; Hildesheim, Mariana; Dosemeci, Mustafa; Lubin, Jay; Alavanja, Michael; Craun, Gunther. Drinking Water Source and Chlorination Byproducts I. Risk of Bladder Cancer. *Epidemiology* 9(1):p 21-28, January 1998.
  21. Weisman, R. J., Heinrich, A., Letkiewicz, F., Messner, M., Studer, K., Wang, L., & Regli, S. (2022, August). Estimating National Exposures and Potential Bladder Cancer Cases Associated with Chlorination DBPs in U.S. Drinking Water. *Environmental Health Perspectives*. *Environmental Health Perspectives*. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1289/EHP9985>
  22. Helte, E., Säve-Söderbergh, M., Ugge, H., Fall, K., Larsson, S. C., & Åkesson, A. (2022, May). Chlorination by-products in drinking water and risk of bladder cancer – A population-based cohort study. *Water Research*. Elsevier BV. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2022.118202>
  23. PEREIRA, C. de S. S., PEREIRA, O. dos S., FILHO, A. C. S. de S., MEGGIOLARO, F. S., MARTINS, T. de S., & GOMES, B. C. (2023, June 9). MODELING OF THE NITROGEN PARAMETER OF THE PARAÍBA DO SUL RIVER USING THE QUAL-UFMG METHOD. *SOUTHERN JOURNAL OF SCIENCES*. *Southern Brazilian Journal of Chemistry*. Retrieved from [http://dx.doi.org/10.48141/SJS.v31.n35.2023.02\\_GOMES\\_pgs\\_08\\_15.pdf](http://dx.doi.org/10.48141/SJS.v31.n35.2023.02_GOMES_pgs_08_15.pdf)
  24. Niece, B. K. (2012, September 27). A Spreadsheet To Facilitate Group Theory Calculations and Display of Character Tables. *Journal of Chemical Education*. American Chemical Society (ACS). Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1021/ed300281d>