

# Boletim Técnico da Faculdade de Tecnologia de São Paulo

BT / 55

São Paulo - Dezembro/2023

# **BOLETIM TÉCNICO DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO**

**ISSN 1518-9082**

**VOLUME 55 – DEZEMBRO/2023**

## **CEETEPS**

Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”  
Governo do Estado de São Paulo

## **FATEC-SP**

**Diretor** Prof. Me. Josué Souza de Gois

**Vice-Diretor** Prof. Me. Hamilton Martins Viana

## **Corpo Editorial**

Editora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Regina Maria Ricotta

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Ana Lúcia Saad

Prof. Dr. Eduardo Acedo Barbosa

Prof<sup>ª</sup>. Me. Elizabeth Neves Cardoso

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Fernanda Alves Cangerana Pereira

Prof. Dr. Marcelo Bariatto Andrade Fontes

Prof. Dr. Milton Silva da Rocha

Prof. Dr. Silvio do Lago Pereira

Prof. Dr. Francisco Tadeu Degasperi

Edição WEB: ASI – Área de Sistemas de Informação – FATEC-SP

O Boletim Técnico é uma publicação da FATEC-SP para divulgação de trabalhos científicos e tecnológicos realizados por docentes e discentes das FATECs nas áreas dos cursos: Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Edifícios, Eletrônica Industrial, Estradas, Gestão da Qualidade, Gestão de Empreendimentos Gastronômicos, Gestão de Turismo, Gestão Empresarial – EaD, Hidráulica e Saneamento Ambiental, Instalações Elétricas, Materiais Cerâmicos, Poliméricos e Metálicos, Mecânica de Precisão, Microeletrônica, Paisagismo e Jardinagem, Processos de Produção, Produção Cultural, Projetos Secretariado e Assessoria Internacional Soldagem

Regras, normas, e submissão on-line encontram-se no endereço: <http://bt.fatecsp.br>

Boletim Técnico da Faculdade de Tecnologia de São Paulo – FATEC-SP

Praça Coronel Fernando Prestes, 30

01124-060 São Paulo, SP

Contato: [boletimtecnico@fatecsp.br](mailto:boletimtecnico@fatecsp.br)

**BOLETIM TÉCNICO DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO**  
**VOLUME 55 – DEZEMBRO/2023**

**SUMÁRIO**

<b>CARACTERIZAÇÃO EXPERIMENTAL DE DISSIPADORES DE CALOR</b> <i>Luis Henrique Costa Ramos, Francisco Tadeu Degasperi, Paulo Jorge Brazão</i> <i>Marcos.....</i>	<b>1</b>
<b>DISPOSITIVO AUXILIAR DE EMERGÊNCIA</b> <i>Robert Hiroyuki Tsukada, Vinicius Reges dos Santos, Wellington de Souza, Carlos Takeo</i> <i>Akamine.....</i>	<b>4</b>
<b>ESTUDO DE PROSPECÇÃO DE UTILIZAÇÃO DE CENTRAL GERADORA HIDRELÉTRICA EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS</b> <i>Daniela Guerino Soriano, Regina Helena Pacca G.Costa, Elisa Patricio</i> <i>Macedo.....</i>	<b>11</b>



# CARACTERIZAÇÃO EXPERIMENTAL DE DISSIPADORES DE CALOR

Luis Henrique Costa Ramos<sup>1</sup>, Francisco Tadeu Degasperi<sup>2</sup>, Paulo Jorge Brazão Marcos<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Tecnólogo em Microeletrônica da FATEC-SP

<sup>2,3</sup> Prof. Dr. do Curso Superior de Tecnologia em Microeletrônica – FATEC-SP  
lu\_henriqueramos@hotmail.com; ftd@fatecsp.br; paulo.brazao@fatec.sp.gov.br

## Resumo

Os dispositivos eletrônicos correm o risco de avaria se estiverem submetidos a altas temperaturas, de modo que o uso de dissipadores de calor em tais aplicações é importante para aumentar a sua vida útil, assim como para preservar a integridade. Este projeto baseia-se na caracterização experimental de dissipadores de calor, visando os fenômenos de transferência de calor, sobretudo a condução, convecção e radiação térmica.

Desse modo, foi construído um arranjo experimental que envolve dois sistemas dissipadores de calor feitos em alumínio, com 6 e 2 aletas, para analisar o comportamento de resfriamento de ambos. Pelas medidas da temperatura em função do tempo pôde-se perceber que o sistema dissipador com 6 aletas demonstrou uma eficiência melhor de resfriamento, informação esta já prevista com base na lei de Newton do resfriamento, onde se observa que a taxa de transferência de calor é intensificada de acordo com o aumento da área exposta.

## 1. Introdução

Os dissipadores de calor são equipamentos largamente utilizados no arrefecimento de eletroeletrônicos, sejam eles arrefecidos através de convecção natural ou forçada (através de microventiladores ou cooler), garantindo que eles operem em uma faixa de temperatura adequada, evitando danos que podem levar a falha do equipamento. O uso de aletas para melhorar o arrefecimento é a solução mais simples e efetiva quando se avalia preço, espaço e peso. A confiabilidade do desempenho e a vida útil dos equipamentos eletroeletrônicos são inversamente proporcionais às temperaturas as quais estes aparelhos estão submetidos [1].

O dissipador de calor se trata de uma superfície estendida, também chamada de aleta, e é usada especificamente para aumentar a taxa de transferência de calor entre um sólido e um fluido adjacente [2]. Superfícies aletadas são fabricadas por extrusão, solda ou uma fixação de folha de metal fina sobre a superfície [3].

O processo de dissipação de calor envolve determinados mecanismos de transferência de energia térmica, como a condução, convecção e a radiação [4]. A condução é o modo de transferência de calor em que a troca de energia tem lugar da região de alta temperatura para a de baixa temperatura pelo movimento cinético ou pelo impacto direto de moléculas, no caso de fluidos em repouso, e pelo movimento de elétrons, no caso de metais

[5]. A convecção se refere à transferência de calor que ocorrerá entre uma superfície e um fluido em movimento quando eles estiverem a diferentes temperaturas [2]. A radiação é a energia emitida pela matéria em forma de ondas eletromagnéticas (ou fótons), como resultado das mudanças nas configurações eletrônicas de átomos ou moléculas [3].

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver um dissipador de calor de baixo custo de forma a atender demandas na área de eletrônica. A questão do baixo custo envolve a especificação de materiais comercialmente disponíveis associada com um desempenho otimizado a partir da avaliação do processo de transferência de calor.

## 2. Materiais e Métodos

O arranjo experimental consiste em uma resistência cartucho de 10 W inserida no interior de um bloco de alumínio maciço. Todas as faces do bloco permaneceram isoladas termicamente, onde apenas uma delas ficou exposta ao ar. Nessa região exposta foram inseridos dois sistemas distintos de dissipadores de calor com 6 e 2 aletas. A Figura 1 ilustra o arranjo experimental montado no Laboratório de Tecnologia do Vácuo (LTV) da FATEC-SP, onde é possível ver o bloco de alumínio revestido com isopor, o sistema dissipador de calor exposto ao ar, a fonte de alimentação que fornece os 10 W de potência à resistência cartucho, dois multímetros digitais para medir a tensão e a corrente elétrica simultaneamente e quatro termopares posicionados nas extremidades de quatro colunas distintas do bloco de alumínio. Cada termopar aferiu dois pontos, de maneira que foi considerado a média aritmética para representar a temperatura daquela coluna, denominada  $T_{média}$ .



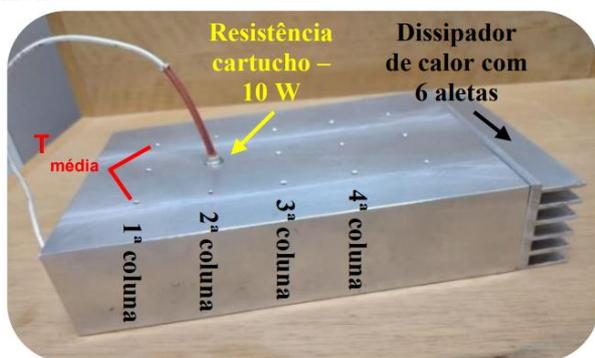
Figura 1 – Fotografia do arranjo experimental.

### 3. Resultados e Discussões

As temperaturas nas quatro colunas foram aferidas de 10 em 10 minutos em um período total de 7 horas ou 25200 segundos, de forma a obter as curvas da temperatura em função do tempo para os dois sistemas dissipadores de calor, com 6 e 2 aletas.

#### 3.1. Sistema com 6 aletas

A Figura 2 mostra o sistema dissipador com 6 aletas montado.



(a)



(b)

Figura 2 – Sistema dissipador com 6 aletas: (a) sem isolamento térmico e (b) montado e preparado para as medições.

O gráfico da Figura 3 indica a evolução da temperatura nas quatro colunas do bloco de alumínio em função do tempo, considerando o sistema com 6 aletas.

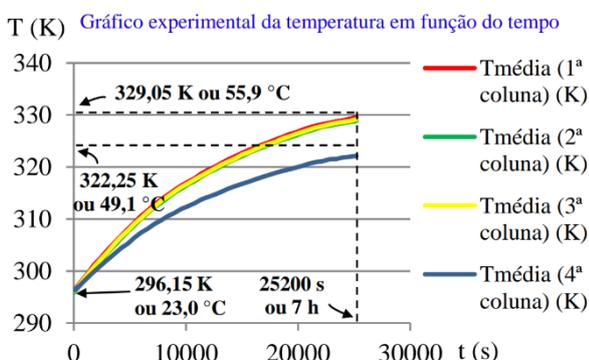
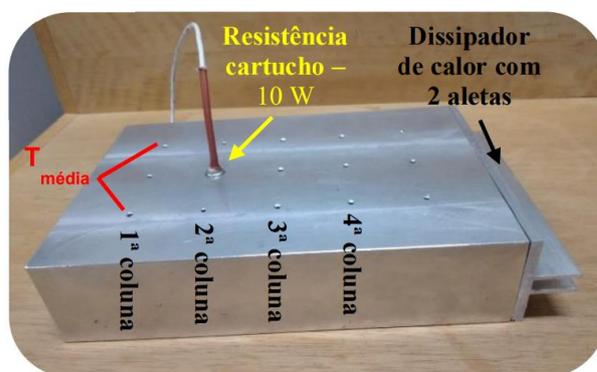


Figura 3 – Gráfico experimental da temperatura, em quatro colunas distintas, em função do tempo referente ao sistema dissipador com 6 aletas.

Verifica-se que a temperatura tende a se estabilizar em um certo período, denominado de temperatura e tempo de equilíbrio. Foi notado que, como as temperaturas aumentavam muito pouco com o tempo, as curvas do gráfico apontam para a temperatura de equilíbrio com uma certa proximidade. As temperaturas nas colunas 1, 2 e 3 foram, em média, de 55,9 °C (329,05 K), enquanto para a coluna 4, a temperatura foi de 49,1 °C (322,25 K), indicando que a temperatura está decaindo em direção ao dissipador de calor. A temperatura do sistema dissipador com 6 aletas iniciou em 23,0 °C (296,15 K) e em 7 horas chegou em 52,5 °C (325,65 K), que é a média aritmética entre 55,9 e 49,1 °C.

#### 3.2. Sistema com 2 aletas

A Figura 4 exibe o sistema dissipador com 2 aletas montado.



(a)



(b)

Figura 4 – Sistema dissipador com 2 aletas: (a) sem isolamento térmico e (b) montado e preparado para as medições.

O gráfico da Figura 5 indica a evolução da temperatura nas quatro colunas do bloco de alumínio em função do tempo, considerando o sistema com 2 aletas.

Neste caso, a temperatura, no tempo de 7 horas, ainda estava longe da temperatura de equilíbrio, mas apresentou resultados diferentes do sistema com 6 aletas. As temperaturas nas colunas 1, 2 e 3 foram, em média, de 59,4 °C (332,55 K), enquanto para a coluna 4, a temperatura foi de 51,8 °C (324,95 K). A temperatura do sistema dissipador com 2 aletas começou em 24,7 °C

(297,85 K) e depois de 7 horas chegou em 55,6 °C (328,75 K), que é a média aritmética entre 59,4 e 51,8 °C.

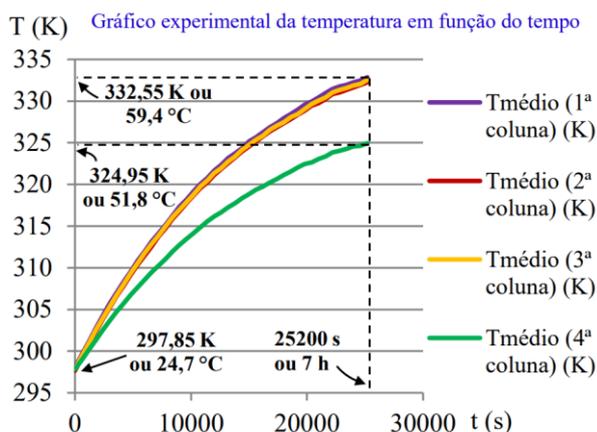


Figura 5 – Gráfico experimental da temperatura, em quatro colunas distintas, em função do tempo referente ao sistema dissipador com 2 aletas.

### 3. Conclusões

O dimensionamento de dissipadores térmicos, ou dissipadores de calor, é fundamental para aumentar a taxa de transferência de calor entre a fonte geradora de calor e o fluido refrigerante externo, de forma a resfriá-la e a manter sua integridade.

Uma das maneiras de potencializar a taxa de transferência de calor é aumentando a área exposta ao fluido externo, ou seja, o incremento de aletas nos dispositivos dissipadores. O arranjo experimental do projeto se baseia em sistemas dissipadores com 6 e 2 aletas, de maneira que foi analisado o perfil de temperatura para cada um deles.

Através das medidas das temperaturas em um período de 7 horas, verificou-se que o sistema dissipador com 6 aletas atingiu, em média, 52,5 °C e que esta temperatura se encontrava bem próxima do equilíbrio, visto que a variação de temperatura, nos períodos finais das medições, estava pequena. Por outro lado, o sistema dissipador com 2 aletas atingiu, em média, 55,6 °C, e esta temperatura ainda estava longe do equilíbrio, pois percebeu-se que variação de temperatura nos períodos finais era razoavelmente maior comparado com o sistema dissipador com 6 aletas.

Dessa forma, verificou-se que o sistema dissipador com 6 aletas apresentou um desempenho de resfriamento mais eficiente com relação ao de 2 aletas, confirmando assim que o aumento da área exposta potencializa a taxa de transferência de calor, conforme a lei de Newton do resfriamento (Equação 1).

$$Q_{\text{conv}} = h \cdot A \cdot (T_w - T_f) \quad (1)$$

sendo:

- $Q_{\text{conv}}$  = taxa de transferência de calor por convecção (expressa em W ou  $J \cdot s^{-1}$ );
- $h$  = coeficiente individual de transferência de calor (expresso em  $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ );

- $A$  = área do dissipador (expressa em metro quadrado,  $m^2$ );
- $T_w$  = temperatura da superfície quente (expressa em kelvin, K);
- $T_f$  = temperatura do fluido frio, nesse caso, o ar (expressa em kelvin, K).

### Agradecimentos

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Francisco Tadeu Degasperi e Prof. Dr. Paulo Jorge Brazão Marcos, por me concederem um projeto de pesquisa, pela paciência ao me orientarem e por todo o apoio dado.

Ao Sr. Adilson, torneiro mecânico da empresa Indac Usinagem Mont e Serv e indicado pelo Prof. Tadeu, e ao Prof. Marcos e sua equipe da FATEC-SP pela usinagem do bloco de alumínio e dos dissipadores de calor.

Ao CNPq pela bolsa PIBIC concedida durante a elaboração deste projeto.

### Referências

- [1] MASCHIETTO, V. C. L. **Investigação experimental e análise numérica da transferência de calor em um dissipador de calor aletado**. 2018. 127 págs. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018.
- [2] INCROPERA, F. P. et al. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**. 7ª Edição. Rio de Janeiro – RJ: LTC, 2014. 694 págs.
- [3] ÇENGEL, Y. A.; GHAJAR, A. J. **Transferência de calor e massa: uma abordagem prática**. 4ª Edição. Porto Alegre: AMGH, 2012. 904 págs.
- [4] MELLO, H. A. **Dissipadores de calor para componentes de semicondutores**. Instituto de Engenharia Nuclear. Rio de Janeiro – Gb, 1965. 38 págs. Disponível em: <<http://hamello.com/PDF/DissipadoresdeCalor.pdf>>. Acesso em: 09 de maio de 2023.
- [5] ÖZIŞIK, M. N. **Transferência de Calor: Um Texto Básico**. Rio de Janeiro – RJ: Guanabara Koogan S.A, 1990. 661 págs.

# DISPOSITIVO AUXILIAR DE EMERGÊNCIA

Robert Hiroyuki Tsukada<sup>1</sup>, Vinicius Reges dos Santos<sup>1</sup>, Me. Wellington de Souza<sup>1</sup>, Prof. Me. Carlos Takeo Akamine<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Alunos do curso Eletrônica Industrial da FATEC-SP

<sup>2</sup> Prof. do curso Eletrônica Industrial da FATEC-SP

rhtsukada@gmail.com, regesvinicius@yahoo.com.br, wellx@hotmail.com

## Resumo

Motoristas correm diversos tipos de risco nas grandes cidades. Situações de risco tais como sequestros e assaltos são comuns. Por outro lado, algumas pessoas deficientes ou idosas possuem dificuldades e precisam de auxílio em diversas situações. Dessa forma, um dispositivo para possibilitar o pedido de auxílio, em caso de emergência, é fundamental. Este artigo apresenta um dispositivo que visa alertar, caso aconteça uma situação de risco, algum parente ou conhecido do usuário do dispositivo. Para realizar tal ação o dispositivo utiliza um microcontrolador Arduino Nano e um microcontrolador ESP32 acoplados aos módulos de reconhecimento de voz, de geolocalização e de comunicação móvel. Tais módulos trabalham em conjunto e enviam uma mensagem SMS ao destinatário cadastrado com a informação da localização do usuário.

## 1. Introdução

A segurança pública é dever do Estado, direito e responsabilidade de todos [1]. Ela é exercida para a preservação da ordem pública, da incolumidade das pessoas e do patrimônio por meio dos seguintes órgãos: I – polícia federal; II – polícia rodoviária federal; III – polícia ferroviária federal; IV – polícias civis; IV – polícias militares e corpos de bombeiros militares. Contudo, sabe-se que as polícias não estão presentes em todos os lugares. Dessa forma, não há como garantir segurança para todas as pessoas.

Por outro lado, um modo de aumentar a segurança dos motoristas é a utilização de monitoramento veicular por meio de tecnologias de rastreamento [2]. O monitoramento veicular é uma tecnologia que permite determinar a localização de um veículo em tempo real. Existem dispositivos que podem ser instalados no automóvel para enviar dados a uma central de monitoramento. A central é responsável por coordenar estes dados e repassar a informação para um gestor, no caso de um veículo corporativo, ou para um familiar, no caso de um veículo privado. Contudo, o valor do contrato de prestação de serviço de monitoramento veicular não é acessível a todas as pessoas.

Adicionalmente, algumas empresas trabalham para tornar acessível o monitoramento de objetos, por exemplo, a Apple criou o *AirTag* [3]. Ele é um dispositivo no qual o usuário busca o objeto perdido ou roubado. Contudo, isso não garante a segurança da pessoa em caso de sequestros.

Por outro lado, existem pessoas que necessitam de auxílio, seja um idoso ou deficiente físico. Estas pessoas podem fazer uso de aplicativos para solicitar ajuda [4]. No entanto, tais aplicativos não utilizam comando de voz.

Um dispositivo para alertar, caso aconteça uma situação de risco, algum parente ou conhecido do usuário do dispositivo seria útil. Este trabalho tem como objetivo a criação de um dispositivo que visa auxiliar na identificação de uma situação de risco, localizar a pessoa com o dispositivo e enviar um SMS para uma pessoa cadastrada para receber a mensagem. Dessa forma, será utilizado um mecanismo de captura e reconhecimento de voz ou acionamento via rádio frequência para enviar uma mensagem via sistema global de comunicação móvel (*Global System for Mobile – GSM*) para uma outra pessoa, pré-determinada, localizada em um outro local. Tal pessoa poderá monitorar a distância, a localização do usuário com o dispositivo, via sistema de posicionamento global (*Global Positioning System – GPS*).

## 2. Materiais e Método

Os materiais utilizados para a construção do dispositivo são módulos e componentes eletrônicos. Tais módulos foram acoplados em uma *proto-board* juntos com outros componentes eletrônicos visando disponibilizar todas as funcionalidades do dispositivo. Os módulos utilizados foram: Arduino Uno e Nano [5], ESP32 WROOM [6] [7], módulo de reconhecimento de voz [8] (*VRM V3*), módulo de comunicação móvel *SIM 800L* [9], módulo de geolocalização *GPS*, módulo receptor e transmissor de rádio frequência [10] e o módulo regulador de tensão [11]. Além disso, os componentes eletrônicos utilizados foram: *LCD*, *buzzer*, resistores, capacitores, botões de acionamento, microfone de eletreto.

O método utilizado é de natureza aplicada e experimental, pois foi realizada a construção de um dispositivo eletrônico que funciona via acionamento por comando de voz. Adicionalmente, foi aplicada uma abordagem qualitativa no experimento. Tal abordagem faz uso do método científico indutivo proposto por Francis Bacon (1561-1626) que a partir dos dados encontrados na experiência tiram-se as conclusões gerais sobre o assunto.

## 4. Construção do dispositivo

O primeiro passo para a construção do dispositivo auxiliar de emergência foi escolher os módulos e componentes eletrônicos utilizados. O critério utilizado para escolha dos módulos foi que eles tivessem as funcionalidades necessárias para acoplar ao dispositivo. Tais funcionalidades são: acionamento via comando de voz, comunicação via chamada ou via mensagem SMS, localização do dispositivo via *GPS*, microcontroladores para controlar os diversos módulos. Além de *display* para

mostrar informações ao usuário. Dessa forma, foi escolhido como microcontrolador o módulo Arduino Uno e Arduino Nano, eles são responsáveis por controlar os módulos de acionamento por comando de voz *VRM V3*, o módulo de recepção e transmissão via rádio frequência, o display *LCD* e os botões de seleção de funcionalidade e gravação de mensagens. Outro microcontrolador escolhido foi o módulo *ESP32*, ele é responsável por controlar os módulos de *GPS* e *SIM 800L*. Já o módulo de *display LCD* é responsável pela interface de comunicação visual com o usuário e exibe as mensagens de configuração e acionamento dos diversos módulos. E o módulo regulador de tensão foi escolhido para reduzir a tensão do módulo *SIM 800L* de 5V para 4,1V. Adicionalmente, foram escolhidos outros componentes como *LED's*, capacitores, resistores. Também, foi utilizado um *Buzzer* para que o usuário perceba que o dispositivo foi acionado.

O segundo passo para construção do dispositivo foi colocar os módulos em um *software* simulador. O objetivo foi criar um diagrama esquemático para o dispositivo. No caso, o *software* utilizado foi o Proteus. A Figura 01 ilustra o diagrama esquemático do dispositivo. Ela apresenta as conexões dos módulos e circuitos elétricos envolvidos.

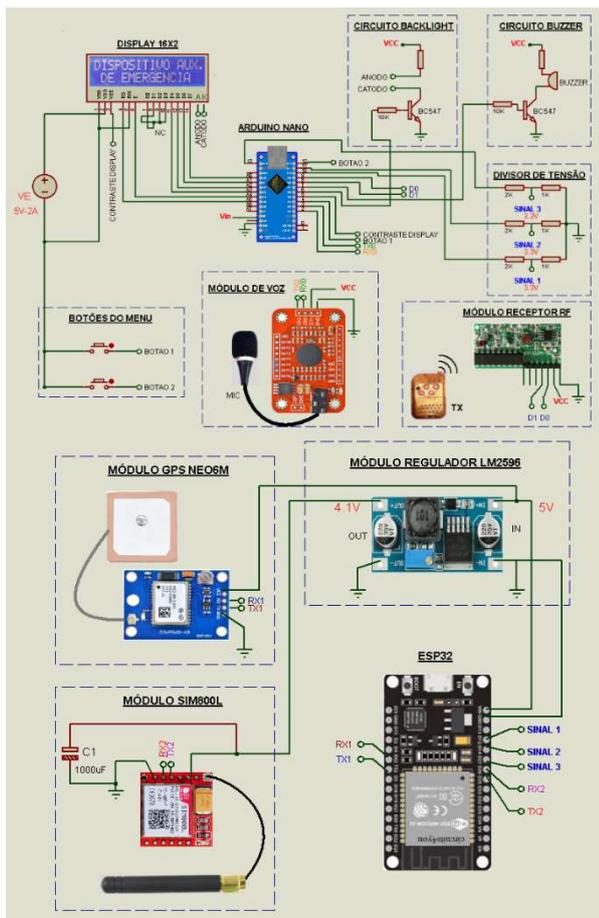


Figura 01 – Diagrama esquemático do dispositivo.  
Fonte: Os autores.

Por fim, o terceiro passo foi criar um quadro para facilitar a identificação de qual módulo comunica-se com outro. O objetivo foi facilitar a identificação das

conexões necessárias entre os microcontroladores e os módulos de comunicação, geolocalização, acionamento de voz, *display* e regulador de tensão. O Quadro 01 ilustra as conexões efetuadas entre os módulos. Dessa forma, foi possível montar o protótipo na *proto board*.

Quadro 01 – Conexões efetuadas entre os módulos

Conexões efetuadas entre os módulos	
Pino 2 RX ARDUINO	Pino TX do VRM
Pino 3 TX ARDUINO	Pino RX do de VRM
Pino 4 ARDUINO	Botão 1 (menu)
Pino 5 ARDUINO	Pino VEE do display
Pino 6 ARDUINO	Transistor Q1
Pino 7 ARDUINO	Transistor Q2
Pino 8 ARDUINO	Pino D1 do módulo RF
Pino 9 ARDUINO	Pino D0 do módulo RF
Pino 10 ARDUINO	Divisor de tensão 1
Pino 11 ARDUINO	Divisor de tensão 2
Pino 12 ARDUINO	Botão 2 (menu)
Pino 13 ARDUINO	Divisor de tensão 3
Pino A0 ARDUINO	Pino D7 do Display LCD
Pino A1 ARDUINO	Pino D6 do Display LCD
Pino A2 ARDUINO	Pino D5 do Display LCD
Pino A3 ARDUINO	Pino D4 do Display LCD
Pino A4 ARDUINO	Pino E do Display LCD
Pino A5 ARDUINO	Pino RS do Display LCD
Pino Vin ARDUINO	(+) fonte
Pino GND ARDUINO	(-) fonte
Pino RW do Display	(-) fonte
Pino VCC do Módulo RF	(+) fonte
Pino GND do Módulo RF	(-) fonte
Pino VDD do Display	(+) fonte
Pino VSS do Display	(-) fonte
Pino Vin- do LM2596	(-) fonte
Pino Vout- do LM2596	(-) fonte
Pino Vin+ LM2596 (5V)	(+) fonte Vin ESP32
Vout+ LM2596 (4.1V)	VCC SIM800L
VCC do VRM	(+) fonte
GND do VRM	(-) fonte
Pino GND SIM800L	GND
Pino TX do GPS	Pino RX1 do ESP32
Pino RX do GPS	Pino TX1 do ESP32
Pino TX do SIM800L	Pino RX2 do ESP32
Pino RX do SIM800L	Pino TX2 do ESP32
Divisor de tensão 1	Pino 12 do ESP32
Divisor de tensão 2	Pino 14 do ESP32
Divisor de tensão 3	Pino 27 do ESP32
(+) do capacitor C1	(+) SIM800L
(-) do capacitor C1	(-) SIM800L

Fonte: Os autores.

Após efetuar as conexões entre os módulos e componentes eletrônicos o protótipo está montado e pronto para efetuar os testes. Tal protótipo efetua a gravação e o reconhecimento de voz. Além disso, faz ligação ou envia uma mensagem de texto para um telefone já programado na codificação. A mensagem de texto contém as informações de geolocalização do dispositivo. A Figura 02 ilustra o protótipo montado em uma *proto board*.

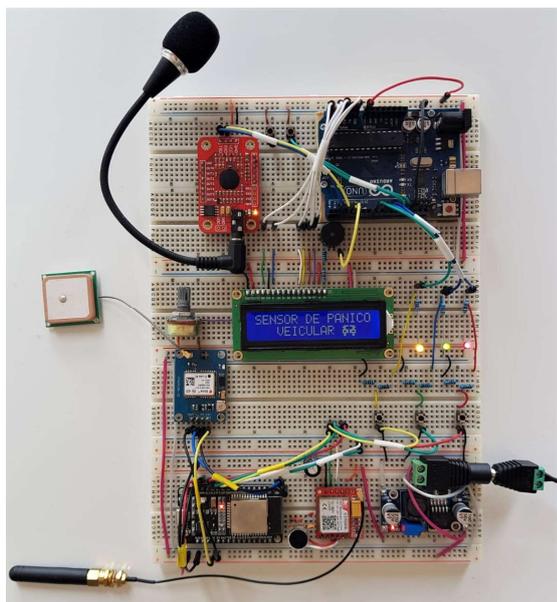


Figura 02 – Protótipo do Dispositivo Auxiliar de Emergência.  
Fonte: Os autores.

Por fim, o dispositivo foi montado em uma placa perfurada de fenolite. Nesta fase, optou-se por trocar o Arduino Uno pelo Arduino Nano por este ser mais compacto. Além disso, a montagem agregou todos os componentes em uma única placa e permitiu que o dispositivo fosse encapsulado em uma caixa na qual o *hardware* fica protegido. A Figura 03 ilustra o Dispositivo Auxiliar de Emergência montado na placa de fenolite. Na sequência, a Figura 04 ilustra o dispositivo final montado na caixa.

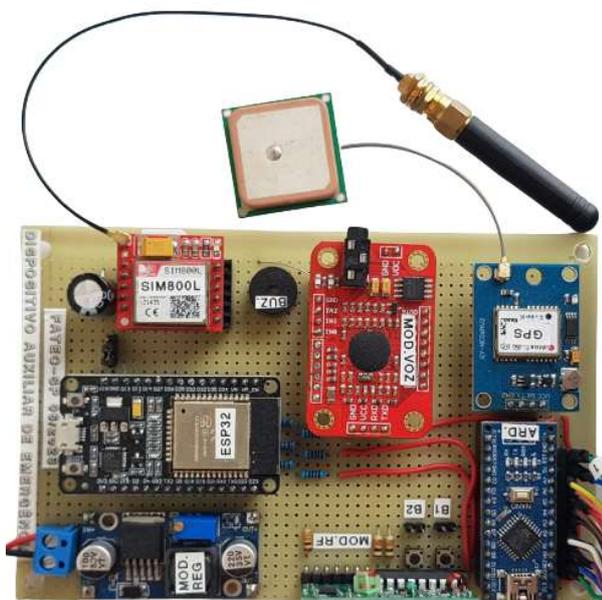


Figura 03 – Dispositivo Auxiliar de Emergência montado na placa de fenolite.  
Fonte: Os autores.



Figura 04 – Dispositivo Auxiliar de Emergência.  
Fonte: Os autores.

Depois de o dispositivo estar construído foi possível acioná-lo por comandos de voz ou via rádio frequência. As Figuras 05, 06 ilustram as mensagens enviadas pelo Dispositivo Auxiliar de Emergência, conforme o comando de voz que foi ativado ou módulo de rádio frequência acionado. Na sequência a Figura 07 ilustra uma ligação telefônica realizada pelo dispositivo.



Figura 05 – Mensagem enviada pelo dispositivo que ilustra uma situação de sequestro ou assalto.  
Fonte: Os autores.



Figura 06 – Mensagem enviada pelo dispositivo que ilustra uma emergência para idoso ou deficiente.  
 Fonte: Os autores.



Figura 07 – Ligação telefônica efetuada pelo dispositivo para um telefone já cadastrado.  
 Fonte: Os autores.

### 5. Manual de uso

O manual de uso descreve as orientações do funcionamento do dispositivo auxiliar de emergência. O objetivo foi criar os passos necessários para operar o

dispositivo corretamente. O fluxograma ilustrado nas Figuras 08 e 09 informam de modo prático o funcionamento do dispositivo.

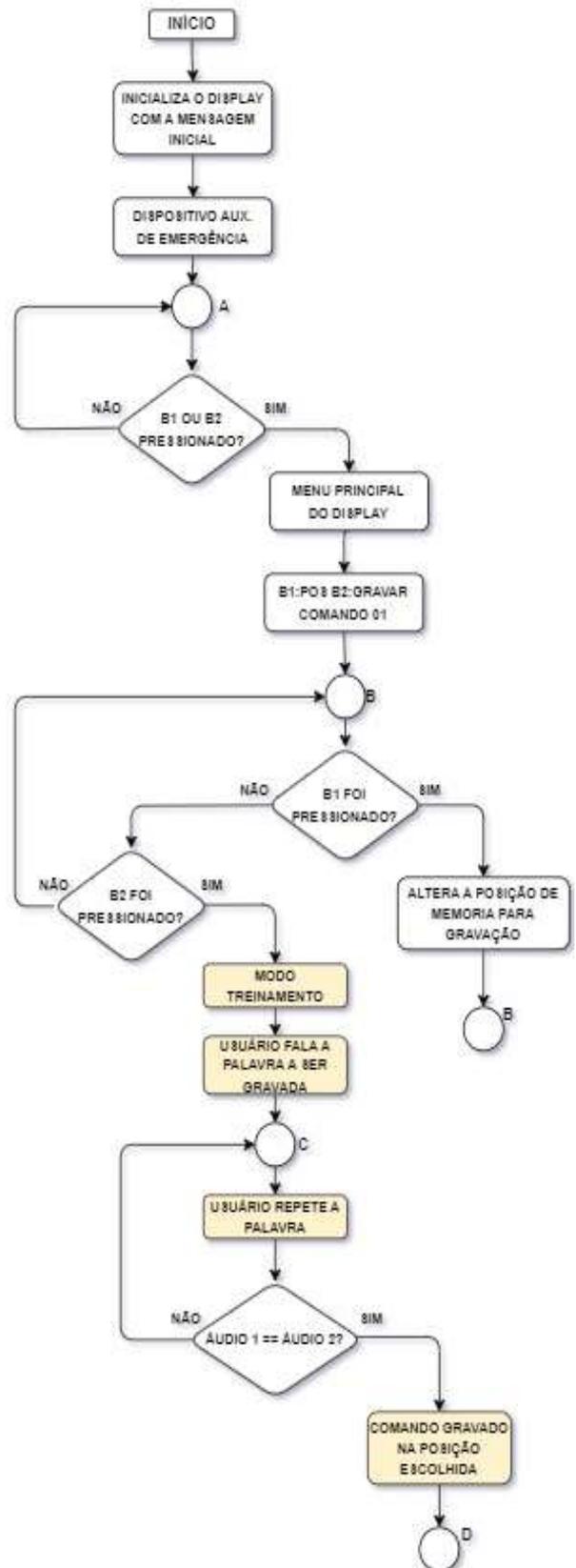


Figura 08 – Fluxograma de funcionamento ao iniciar o dispositivo.  
 Fonte: Os autores.

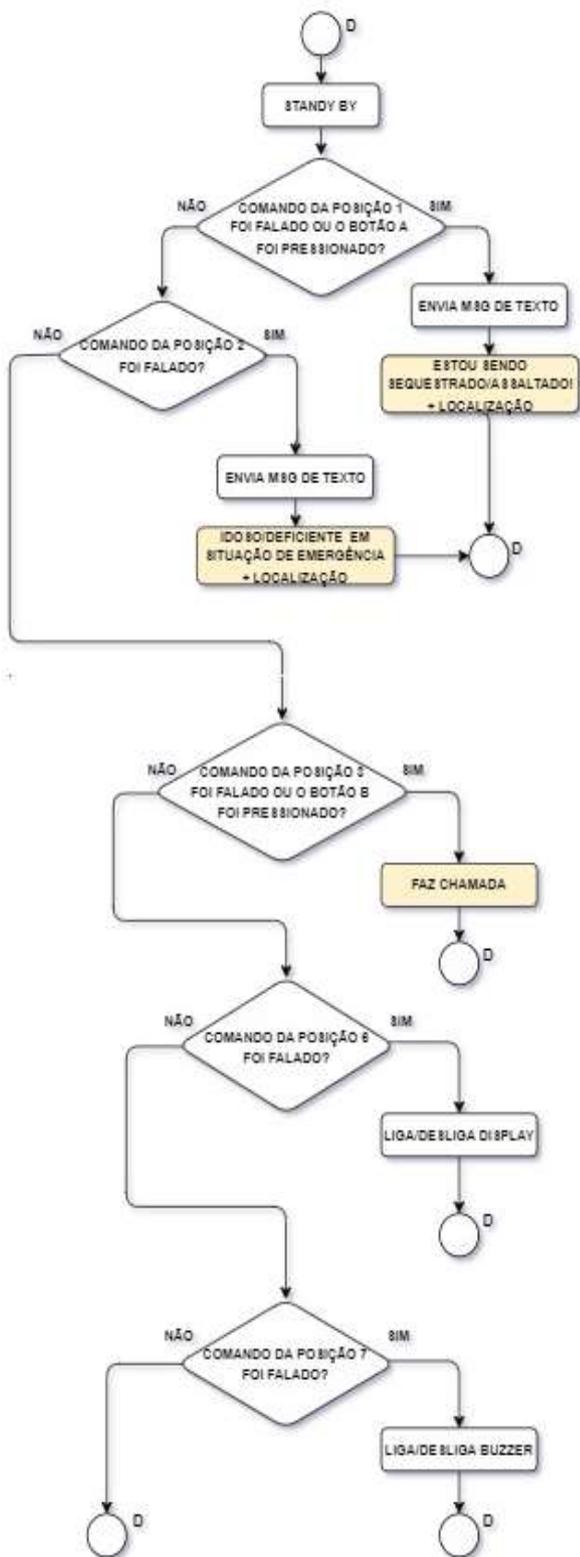


Figura 09 – Fluxograma de acionamento do dispositivo.  
Fonte: Os autores.

Após ter uma visão geral com a análise dos fluxogramas. Os passos para uso e configuração do dispositivo foram descritos na sequência:

1 - Ligar o dispositivo: ao ligar o dispositivo a seguinte tela será mostrada no *display LCD*, conforme ilustra a Figura 10.



Figura 10 – Mensagem inicial.  
Fonte: Os autores.

Para prosseguir, o usuário deve pressionar o Botão 01 ou o Botão 02, conforme ilustra a Figura 11.



Figura 11 – Botões que devem ser pressionados para prosseguir.  
Fonte: Os autores (2022)

2 – Posição dos comandos de voz: na tela principal, ao pressionar o Botão 01 altera-se a posição no qual deseja-se gravar o comando de voz, os comandos vão de 1 a 7, conforme ilustrado no *display LCD*, a Figura 12 ilustra a mudança da posição dos comandos de voz.



Figura 12 – Mudança da posição dos comandos de voz.  
Fonte: Os autores (2022)

3 - Gravar comandos de voz: após a escolha da posição do comando de voz, é preciso pressionar o botão 02 para gravar o comando de voz naquela posição. Neste

momento o *display LCD* exibe a mensagem fale para gravar, isto indica o início da gravação de voz. O usuário deve ditar a palavra desejada, neste momento. Após 1 segundo o *display LCD* exibe novamente a mensagem, e o usuário deve repetir a mesma palavra ditada. A Figura 13 ilustra a gravação dos comandos de voz.



Figura 13 – Treino dos comandos de voz  
Fonte: Os autores (2022)

Após o usuário ditar a palavra desejada duas vezes, o sistema irá verificar e comparar as gravações. Caso a comparação seja positiva, o *display LCD* exibe a mensagem comando gravado com sucesso, conforme ilustrado na Figura 14. Isto indica que o processo de gravação foi efetuado. Por outro lado, caso a comparação seja negativa, o *display LCD* continua a exibir a mensagem fale para gravar, isto indicará que se deve repetir a palavra até que o sistema identifique que ambas foram pronunciadas iguais.



Figura 14 – Comandos de voz gravado com sucesso  
Fonte: Os autores (2022)

4 - Saída do modo de gravação: deve-se pressionar o botão 02, conforme ilustrado na Figura 11 acima para retornar a tela principal do sistema.

5 - Acionamento dos comandos de voz: o acionamento será efetuado caso o usuário ditar a palavra desejada ou pressionar o botão do módulo de rádio frequência.

## 6. Conclusão

A montagem do dispositivo auxiliar de emergência incluiu alguns pontos importantes que os participantes do projeto tiveram que resolver.

O primeiro ponto foi a indisponibilidade de *chip* adequado de celular para fazer envio constante de *SMS*,

pois as operadoras de telefonia restringem o uso de envio de *SMS* para módulos de telecomunicação *GSM/GPRS SIM800L*. Dessa forma, é preciso utilizar um *chip* de celular do tipo *M2M* para o completo funcionamento do módulo. Isto obriga o usuário do produto a contratar um plano de celular para este tipo de *chip*.

O segundo ponto é referente a limitação do módulo de geolocalização *GPS NEO-6M* que dependendo do local não recebe sinal. Desse modo, o dispositivo não envia as informações até receber o sinal do *GPS*.

Por fim, o último ponto é referente ao módulo de voz *VRM V3*. Este ponto é o mais importante, pois dependendo do ruído do local no qual está o dispositivo ele pode atrapalhar na funcionalidade do comando de voz. Dessa forma, optou-se por incluir um *buzzer* no projeto para informar o usuário que o comando de voz foi acionado.

Por outro lado, os autores utilizaram diversos módulos para realizar algumas funções específicas no dispositivo auxiliar de emergência. Assim, as informações de entrada do sensor são captadas por ondas sonoras ditadas pelo usuário, no qual o sistema efetua a comparação dessas ondas e busca as informações do módulo *GPS NEO-6M* que informa o posicionamento e a velocidade do dispositivo. E, usa o módulo *GSM/GPRS SIM800L* para enviar as mensagens com as informações formatadas por *SMS*. O resultado foi um projeto acadêmico que visou criar um dispositivo para ajudar o usuário nas questões relativas a auxílio emergencial.

## 6. Referências Bibliográficas

- [1] CONSTITUIÇÃO DO BRASIL; CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL DE 1988. 4 de out. de 2022. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm) Acesso em 4 de out. de 2022.
- [2] TECNOLOGIAS DE RASTREAMENTO; 5 tipos de tecnologia para rastreamento de cargas, Guilherme Bitencourt. 28 de mai. de 2021. Disponível em: <https://fretecomlucro.com.br/5-tipos-de-tecnologia-para-rastreamento-de-cargas-para-conhecer/> Acesso em 4 de out. de 2022.
- [3] APPLE; Airtag – Apple. 03 de mar. de 2021. Disponível em: <https://www.apple.com/br/airtag/> Acesso em 4 de out. de 2022.
- [4] Construção e avaliação de um protótipo de *software* aplicativo de telefonia móvel para acessibilidade nas solicitações de socorro pré-hospitalar; Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/22/22132/tde-17032021-100425/publico/DiegoSantiagoMontandon.pdf> Acesso em 25 de nov. de 2022.
- [5] HISTÓRIA DO ARDUÍNO; Bussiness. Clive Thompson, 20 de out de 2008. Disponível em <<https://www.wired.com/2008/10/ff-openmanufacturing/>>. Acesso em 4 de out. de 2022.
- [6] DOIT; ESP 32, 2014. Disponível em: <<https://www.doit.am/#/>> Acesso em: 19/11/2022

- [7] ESPRESSIF; ESP WROOM 32, 2015. Disponível em: <<https://www.espressif.com/en>> Acesso em: 19/11/2022
- [8] VRM V3 - Voice Recognition Module V3; 2015. Disponível em: <[https://www.elechouse.com/elechouse/images/product/VR3/VR3\\_manual.pdf](https://www.elechouse.com/elechouse/images/product/VR3/VR3_manual.pdf)>. Acesso em: 07/09/2022
- [9] SIMCOM 2002; Disponível em: <<https://www.simcom.com/>>. Acesso em: 03/11/2022
- [10] PRINCETON PT2262 / PT2272 2001 Disponível em: <<http://www.princeton.com.tw/>> <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/35122/PTC/PT2262.html>. Acesso em: 03/11/2022
- [11] UBLOX 1997; Disponível em: <<https://www.u-blox.com/en>>. Acesso em: 03/11/2022

# ESTUDO DE PROSPECÇÃO DE UTILIZAÇÃO DE CENTRAL GERADORA HIDRELÉTRICA EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

Daniela Guerino Soriano<sup>1</sup>, Regina Helena Pacca G. Costa<sup>2</sup>, Elisa Patricio Macedo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Aluna do curso de Hidráulica e Saneamento Ambiental da FATEC-SP

<sup>2</sup> Prof.<sup>a</sup> Esp. do curso de Hidráulica e Saneamento Ambiental da FATEC-SP

<sup>3</sup> Prof.<sup>a</sup> Me. do curso de Hidráulica e Saneamento Ambiental da FATEC-SP  
dani\_guerino@yahoo.com.br, paccacosta@fatecsp.br, elisa\_patricio@fatecsp.br

## Resumo

As estações de tratamento de esgotos apresentam características de vazão e de desnível geométrico propícias para movimentar uma turbina hidrelétrica, a fim de gerar energia. Sendo assim, o presente trabalho objetivou na verificação, através da metodologia explicativa, da viabilidade de implantação de Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGHs) em ETEs, visando utilizar o potencial hidráulico do esgoto doméstico tratado para gerar energia elétrica. Desta forma, verificou-se que no Brasil há poucas pesquisas relacionadas a temática frente a âmbito mundial. Além disso, os exemplos apresentados demonstraram a viabilidade de implantação do sistema de CGH em ETEs, esclareceu que a estrutura de uma CGH varia conforme cenário local e que a técnica não garante 100% da demanda energética do empreendimento, mas contribui para o somatório de impactos positivos no meio ambiente.

Palavras-chave: esgotos; energia hidrelétrica; CGH; ETE; viabilidade.

## 1. Introdução

O desequilíbrio energético, a baixa oferta, alta demanda de energia e metas ambiciosas de universalização do saneamento fazem com que o Brasil reveja sua matriz energética, de modo que se torne mais diversa e inclusiva.

Quando se olha para o setor de saneamento básico, o consumo de energia elétrica em Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) representa o terceiro maior custo operacional do sistema. Fato este que somado ao elevado custo de implantação, manutenção e operação desse sistema, explica apenas 51,2% do volume de esgoto gerado no País ser tratado e cerca de 100 milhões de brasileiros não terem acesso à coleta de esgoto, sofrendo impactos negativos na saúde [1].

Algumas ETEs, por exemplo as com sistemas de lodos ativados, necessitam do fornecimento ininterrupto de energia para tratar o esgoto conforme legislação e se isso não for possível haverá desequilíbrio no setor e na qualidade do produto entregue. Sendo assim, alguns sistemas de tratamentos acabam se tornando um passivo para a administração pública por conta da necessidade

de alta produção energética para executar o tratamento e operação da ETE

Considerando este contexto, tendo conhecimento das inúmeras oportunidades de implementação de sistemas de energias renováveis em ETEs que podem ser geradas a partir de fontes externas, que são aquelas que não dependem do processo, por exemplo a energia solar e a eólica, ou a recuperada da energia incorporada nos esgotos como o biogás e a geração de energia hidrelétrica. E levando-se em conta que dentro do processo de tratamento há uma alta vazão de efluente que é tratado e descarregado no corpo hídrico, a uma certa altura, a instalação de turbinas hidráulicas pode ser pensada para se gerar energia.

É neste cenário que entra as centrais hidrelétricas de pequeno porte, sendo que a mais conhecida são as pequenas centrais hidrelétricas – PCHs. Mas dentro da família das centrais há as denominadas de mini e micro centrais ao quais são conhecidas como CGHs (Centrais Geradoras Hidrelétricas).

As CGHs utilizam infraestruturas compactas e simples e podem ser instaladas em estruturas já existentes e com a escolha correta de turbina que contemple a queda de água desejada com a vazão propícia, podem gerar energia elétrica para reutilização no próprio empreendimento.

Vale ressaltar que é uma temática pouco explorada no Brasil em termos de implantação em ETEs, mas há algumas pesquisas no país. Países da América do Norte, Ásia, Europa e África já têm estações de esgotos funcionando como geradoras de energia, aproveitando o fluxo de efluentes bruto e/ou tratados.

Por fim, atrelado a isso e visando garantir a maior segurança no atendimento a demanda de serviços ligados ao saneamento básico, especificamente, ao tratamento de esgoto sanitário, ao qual demanda uma grande quantidade de energia para o funcionamento, através de uma metodologia explicativa, o presente trabalho realizou um estudo de viabilidade da implantação de CGHs em ETEs com o propósito de aproveitar os potenciais hidroenergéticos que são desprezados e ignorados, advindos do esgoto doméstico tratado antes de ser restituído ao rio.

Os métodos de abordagem utilizados foram o indutivo e qualitativo. E as técnicas de pesquisas adotadas foram levantamento e análise bibliográfica.

## 2. Revisão de Literatura

### 2.1. Cenário do esgoto sanitário no Brasil

Quatro em cada dez brasileiros não contam com tratamento de esgoto [2].

De acordo com o Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB 2019 [3], 66,5% dos domicílios foram atendidos por rede geral de esgotos ou pluviais. E conforme aponta o Plansab 2020 [4], dos 6,6 bilhões de m<sup>3</sup> de esgoto coletado no Brasil, 4,7 bilhões de m<sup>3</sup> (71,9%) foram tratados.

No diagnóstico sobre os serviços de água e esgoto, referente ao ano de 2021 [1], o Sistema Nacional de Informação de Saneamento (SNIS) apontou que 55,8% da população Brasileira têm redes de esgoto e apenas 51,2% dos esgotos gerados no País são tratados. Além disso, quando o esgoto gerado é coletado, 80,8% desse recebe algum tipo de tratamento.

O esgoto que não foi tratado e nem coletado é lançado in natura nos corpos hídricos, afetando diretamente a saúde pública e o meio ambiente. E desta forma, de acordo com o Instituto Trata Brasil [5], o País despeja mais de 5,5 mil piscinas olímpicas de esgoto sem tratamento diariamente na natureza.

Vale ressaltar que em 2020 foi sancionada a Lei do Novo Marco Legal do Saneamento Básico nº 14.026 [6] que apresenta entre os propósitos a questão de aumentar os índices de coleta e tratamento de esgoto, tendo como uma das metas que 90% da população Brasileira tenha acesso à coleta de esgoto até 31 de dezembro de 2033.

### 2.2. Energia elétrica no saneamento - Esgoto

No cenário do saneamento, a energia elétrica representa 2,6% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil [7].

O relatório do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS-AE 2021 [1] apontou que a operação dos sistemas de esgotamento sanitário (captação, tratamento e devolução do efluente tratado ao corpo hídrico) demandou, a cada hora, em média, 0,28kWh/m<sup>3</sup> de energia elétrica. Além disso, deixou claro que o consumo total de energia nesses sistemas correspondeu à 1,6 TWh, representando, portanto, 11,3% dos 14,2 TWh utilizados pelos serviços de água e esgotos.

O SNIS-AE 2019 [8] apontou que o consumo de energia elétrica estava ocupando o 3º lugar no ranking de despesas entre os prestadores de serviço de saneamento (15,4%), ficando atrás apenas do custo com pessoal próprio e de serviços terceirizados.

De acordo com Warchow [9], os pontos de consumo de energia em uma ETE estão relacionados aos motores e bombas usados para deslocamento dos líquidos, dosagem de reagentes, agitação mecânica, aeradores, sopradores e equipamentos direcionados ao processo de lodos (digestão, desidratação do lodo etc.).

Baseado nos estudos de Alem Sobrinho e Jordão [10], verificou-se que os processos de lodos ativados são

os que mais consomem energia frente a diversos tipos de tratamentos como, por exemplo, lagoa aerada de mistura completa etc.

Jordão [11] verificou que os principais gastos com energia estão concentrados no tanque de aeração, no caso dos processos de lodos ativados, e no tratamento da fase sólida (tratamento dos lodos).

Gu *et al.* [12] apontaram que a aeração é responsável por consumir em torno de 50 - 60% da eletricidade da ETE e o tratamento de lodo de 15 - 25% da energia.

### 2.3. Matriz Elétrica Brasileira

De acordo com o Sistema de Informações de Geração da Aneel – SIGA [13], dados obtidos em 15 de fevereiro de 2023, 57,17% da potência outorgada na matriz elétrica Brasileira é de fonte hídrica.

O SIGA, também, apontou que, considerando todas as fontes incidentes no Brasil (fóssil, solar, nuclear, eólica, biomassa e hídrica), havia 23 mil empreendimentos em operação, sendo 715 empreendimentos de CGH, estando a maior parte localizada em Santa Catarina e Minas Gerais.

### 2.4. Usina Hidrelétrica

A usina hidrelétrica ou central hidrelétrica é um conjunto de obras e equipamentos que tem por finalidade gerar energia elétrica, através do aproveitamento hidráulico existente em um rio [14].

As usinas hidrelétricas tradicionais são de geração centralizada onde a energia é gerada longe do local consumido, sendo entregue por extensas linhas de transmissão ao consumidor.

Desde 1982, o Brasil teve diversas legislações como, por exemplo, portarias, ementas constitucionais, leis federais, resoluções normativas da Aneel que ao longo dos anos foram sendo aprimoradas, em prol de um setor elétrico brasileiro mais democrático, menos burocrático e com menor impacto ambiental. Além disso, vem buscando levar a fonte de geração de energia para próximo do consumidor, fazendo-o ser autoprodutor, produzindo energia para o próprio uso ou contribuído para o sistema de Geração Distribuída (GD).

A Aneel [15] esclarece que a geração distribuída é caracterizada pela instalação de geradores de pequeno porte que estão localizados próximos ao centro de consumo. Portanto, geração descentralizada.

Deixa claro que falar de GD é falar de micro e minigeração distribuída que produzem energia elétrica a partir de pequenas centrais geradoras que utilizam fontes renováveis.

Diferenciando-as tem-se que Microgeração distribuída é  $\leq 75$  kW e a minigeração distribuída é superior a 75 kW e  $\leq 3$  MW [16].

Nesse direcional, quando nos referimos a CGH, direciona-se a geração de energia descentralizada, onde a geração é próxima do local de consumo.

A resolução mais recente do setor elétrico Brasileiro sobre classificação de usina hidrelétrica é datada de 2020, onde a Aneel (Agência Nacional de Energia

Elétrica) adota três classificações, conforme a Resolução nº 875 [17]:

- CGH com capacidade instalada reduzida com até 5MW;
- PCH acima de 5MW até 30 MW de potência instalada;
- Usina Hidrelétrica de Energia → UHE com mais de 30MW de potência instalada.

Portanto, de acordo com a referida Resolução, as CGHs podem gerar de 0 a 5 MW de energia. Alerta, também, que para a implantação desta deve haver um comunicado ao órgão sobre a intenção, visando transcorrer de modo mais simples e sem a burocracia de concessões.

Vale ressaltar que há muitas variáveis que influem na classificação de uma usina hidrelétrica dentre: altura da queda d'água, vazão, turbina adotada, características do local de onde será instalada etc. Por isso, não há uma classificação universal sobre a potência instalada de cada tipo de central hidrelétrica.

Singh [18] dita que há outro termo associado as usinas hidrelétricas muito pequena como, por exemplo, o ultrapequeno ('tiny hidro' → 1 kW). Além disso, o mesmo autor menciona que a classificação pode ocorrer, também, de acordo com o tipo de queda, conforme Tabela I.

Tabela I – Classificação dos tipos de queda

Tipo	Faixa de queda
alta	> 100
média	30 – 100
baixa	2 - 30

## 2.5. Possibilidades de implantação de CGH em ETEs

Há duas possibilidades de se gerar energia elétrica a partir do esgoto (Figura 1) [19], ou seja, uma é através do esgoto bruto passando por uma turbina antes de entrar na estação de tratamento e a outra forma é através da água do esgoto tratado, o qual é enfoque do presente trabalho.

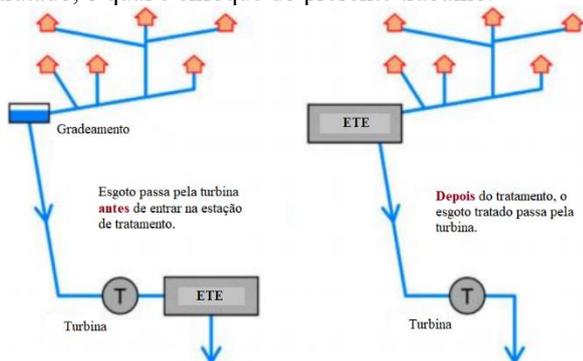


Figura 1 – posições das turbinas a montante e a jusante da ETE

Dentre as vantagens destaca-se [20, 21]:

- Baixo custo, pois a infraestrutura já existe e só faltará os equipamentos para geração;
- Prazo curto de implantação;

- Impacto ambiental positivo, pois usa-se o fluxo de esgoto que faz parte da estação;
- Produção de energia elétrica local que poderá ser aproveitada no próprio empreendimento ou injetada na rede;
- A produção é mais estável e previsível frente as outras fontes energéticas renováveis;
- A tecnologia é de fácil adequação para a fabricação e utilização em países em desenvolvimento ou em áreas remotas;
- Brasil tem empresas e profissionais capacitados para instalar CGHs, assim elimina-se a necessidade de importação, seja de material e/ou mão de obra.

Dentre as desvantagens destaca-se [20]:

- Para ser aplicada necessita-se de topografia e vazão de água favorável;
- Há a limitação de vazão dependendo da estrutura escolhida e com isso, se a demanda for aumentada, providências no projeto terão de ser tomadas.

### 2.5.1. Estrutura da CGH

Não há uma estrutura específica para CGH instalada em ETE, pois depende da análise do cenário local que será contemplado com o sistema. Além disso, a presença de uma mini barragem pode ou não existir para que se garanta a operação da tomada d'água. Dependendo da topografia local, uma ligação direta com a infraestrutura já existente, ou seja, ligação direta da queda de água às turbinas pode ser feita por meio de condutos forçados [22].

Queiroz [23] defende que um arranjo de CGH deve conter no mínimo: sistema de captação, adução, casa de máquina, grupo gerador, sistema de restituição e sistema de proteção e monitoramento.

A Figura 2 apresenta uma ideia de geração de energia hidrelétrica [24].

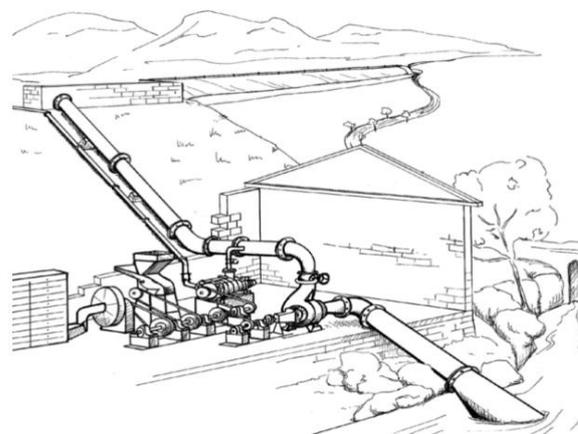


Figura 2 – Ideia de geração de energia hidrelétrica

O sistema de captação é representado pelo tanque de esgoto (estrutura da ETE existente).

O sistema de adução depende das condições topográficas e geológicas do local que será implantado o sistema. A vazão aduzida pelo conduto/canal ditará a

energia gerada em uma CGH, pois quanto maior a vazão, maior será a vazão turbinada e a potência da central hidrelétrica.

Considerando um sistema por meio de condutos forçados, perceberá que o escoamento se dará a pressões crescentes de montante para jusante, e a parte inferior estará submetida à pressão máxima de aproveitamento [25].

Vale ressaltar que este sistema conecta o tanque de esgoto a casa de máquina.

A casa de máquina é um local que abriga o grupo gerador, o quadro de controle, o sistema de proteção, o transformador e outros componentes da CGH. A instalação desta deve ser prevista em local que não haja risco de alagamento e a escolha da cota refletirá na queda útil do projeto [23].

O grupo gerador consiste em uma turbina, um gerador elétrico, um sistema de acoplamento, um volante de inércia, um sistema de controle e quadros elétricos [23].

A turbina é a responsável pela transformação da energia hidráulica em energia mecânica, ou seja, extrai energia do fluido e fornece-a por meio de um veio rotativo. Entre tantas turbinas disponíveis no mercado a que mais se adequa as CGHs são as do tipo Kaplan, por ser uma turbina de reação, pois a velocidade e pressão são variadas, além de serem indicadas para queda baixa ou ultrabaixa e elevada vazão.

Vale ressaltar que o gerador é ligado à turbina para que a energia mecânica proveniente desta possa acionar o gerador e, assim, ocorrer a transformação da energia mecânica em energia elétrica.

O torque entre o rotor da turbina e o rotor do gerador elétrico é transmitido pelo sistema de acoplamento [23].

A estabilidade durante os transitórios é aumentada devido ao aumento da energia cinética do sistema, ao qual é proporcionada pelo volante de inércia [23].

E, por fim, o sistema de controle ajusta a carga ou a potência hidráulica, visando evitar variação da velocidade de rotação do sistema [23].

O sistema de restituição se dá por meio de um canal ou conduto de fuga. E a localização deste é entre a casa de máquina e o corpo hídrico [23].

Um sistema de proteção deve ser adotado na CGH para atuar diante condições anormais de operação do sistema, sendo capaz de tirar de operação o grupo gerador. E o sistema de monitoramento deve ser garantido para facilitar a inspeção no sistema. Recomenda-se prever medidores de tensão, corrente, potência e frequência na CGH [23].

## 2.5.2. Exemplos de ETEs com estruturas de geração de energia elétrica

### 2.5.2.1. Estação de Esgoto de Deer Island

A Estação de esgoto de Deer Island, em Boston trata em média 365 milhões de galões de águas residuais por dia. Através de um sistema hidrelétrico gera 5,1% da eletricidade que é usada na estação por ano [26].

A estação tem múltiplos sistemas de recuperação de energia instalado como, por exemplo, reutilização de gás metano; energia solar, eólica e hidrelétrica que somadas abatem 26% das necessidades energética do próprio local [26].

Por meio hidrelétrico, a recuperação de energia é através do fluxo de efluente tratado que ao sair da estação, após processo de desinfecção, podem fluir para dois canais.

Se descarregadas no Canal de Efluente 1, as águas residuais fluem para um poço de queda que contém duas turbinas Kaplan de um megawatt cada (Figura 3), que conseguem produzir mais de 6 milhões de quilowatts-hora por ano. E cada turbina instalada tem capacidade de fluxo de 640 milhões de galões por dia – aproximadamente o fluxo máximo através do tratamento secundário [27, 28].

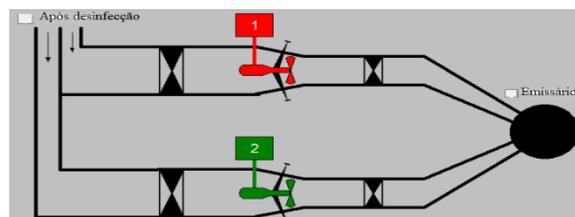


Figura 3 – Esquema de turbinas instaladas no Deer Island

Pós turbinas, o conduto de efluentes da turbina se junta à calha do emissário e vai para a Baía Massachusetts.

Se o valor de capacidade de fluxo for excedido, as águas residuais desinfetadas serão descarregadas através do Canal de Efluente 2, diretamente para o túnel de descarga [27, 28].

### 2.5.2.2. Estação de Esgoto As Samra

De acordo com Suez [29], a estação de esgoto As Samra na Jordânia é a primeira do mundo que está perto de ser autossuficiente energeticamente.

A planta trata um fluxo médio de 364.000 m<sup>3</sup> de esgoto por dia e é um exemplo de planta que aproveita o fluxo de esgoto bruto na entrada da estação e a água de esgoto tratado na saída para gerar energia elétrica. Sendo assim, o esgoto passa por uma turbina Pelton na entrada da planta e pela turbina Francis na saída. Além dessas soluções, a estação, também, gera energia a biogás.

Assim, quase 80% das necessidades energética da planta são atendidas usando recursos de energia endógena:

- turbina Pelton na entrada de 1,7 MW;
- turbina Francis na saída de 2,5 MW;
- gerador de energia a biogás de 9,5 MW.

Desta forma, a planta produz por dia 230.000 kWh de energia verde.

### 2.5.2.3. ETE Melchior

De acordo com o parecer técnico protocolado no Instituto Brasília Ambiental – IBRAM [30], a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito

Federal - CAESB buscou aprovação para emissão de autorização ambiental, visando a implantação da CGH, com capacidade de geração de até 367 kW, na ETE Melchior.

O projeto básico prevê a implantação da CGH que operará por meio do aproveitamento hidroenergético propiciado pelas vazões da água do esgoto tratado das ETEs Melchior e Samambaia. Além da queda disponível entre o ponto de geração destes efluentes e o ponto de descarga.

Em suma, os principais componentes previstos para a CGH são [30]:

- **poços de captação de efluente tratado:** nos pontos mais elevados dos emissários da ETE Melchior e da Samambaia serão construídas caixas em concreto;
- **adutora de efluente tratado:** o conduto ligará os poços de captação de efluente tratado ao reservatório de regularização.
- **reservatório de regularização:** trata-se de um reservatório impermeabilizado com geomembrana em polietileno, com volume aproximado de 5.000 m<sup>3</sup> que tem como finalidade armazenar os efluentes tratados das ETEs;
- **câmara de carga/tomada de água:** será em concreto armado e em estrutura única. As unidades irão alinhar o fluxo de geração, proteger as margens do reservatório de erosão e permitirão a precipitação das partículas sólidas em uma canaleta de acumulação;
- **conduto forçado:** será em aço carbono e destina-se a conduzir o fluxo de geração para a turbina;
- **casa de força:** abrigará o conjunto turbina/gerador e seus sistemas auxiliares elétricos e mecânicos, equipamento de elevação e movimentação de carga;
- **estrada de acesso:** por onde será transportado os equipamentos principais da CGH, desde a entrada do complexo da ETE Melchior (portaria) até a casa de força às margens do Ribeirão Melchior.

Além disso, prevê-se que após a geração de energia, o efluente tratado seja disposto no rio Melchior e a energia produzida seja transmitida por linha de transmissão até sua conexão com a rede de distribuição interna de energia da ETE.

#### 2.5.2.4. ETE Rio Uberaba

Fávelo *et al.* [31] de posse do conhecimento de que o local de desague do efluente tratado de uma ETE apresenta características propícias para geração de energia elétrica, resolveram, em 2017, realizar um estudo de aplicação de uma micro central hidrelétrica na ETE Rio Uberaba, localizada na cidade de Uberaba em Minas Gerais.

A ETE possuía uma queda d'água de 6 m (5 m de coluna d'água e 1 m entre a lagoa e o local de descarga) com vazão média de 465 litros por segundo, podendo

gerar cerca de 22,51 kW com a utilização de uma turbina Kaplan do tipo Bulbo que foi instalada a uma distância de 75 m do local de descarga [31].

Essa potência, em 2017, tinha um custo inicial de instalação com todos os componentes necessário da MCH de R\$ 136.217,89, conforme aponta a Tabela II [31].

Tabela II – Relação de custos para a instalação da CMH na ETE Rio Uberaba

Sistema	Custo corrigido INCC (R\$)	Porcentagem do valor final (%)
Tubulação	26.590,37	19,52
Casa de força	32.777,64	24,06
Turbina e gerador	59.082,32	43,37
Outros custos	17.767,55	13,04
<b>Custo final</b>	<b>136.217,89</b>	<b>100,00</b>

De forma hipotética, os autores, expandiram os estudos para outros cenários de ETEs, mostrando a potência encontrada e o custo de instalação, variando as alturas de 1 a 11m e a vazão de 200 a 1100 L/s [31].

Observaram que quanto maior a vazão e queda d'água, maior será a potência gerada pela turbina. E maior será o custo despendido para o sistema.

### 3. Conclusões

A integração de CGH em infraestruturas hídricas existentes, especialmente em ETEs, são mais do que bem-vindas, pois contribuem para diminuir a pressão na demanda de energia, assegurar a perenidade do serviço, podendo, assim, garantir a segurança energética da atividade por menor que seja.

Trata-se de uma solução sustentável com custos de implantação e operação reduzidos, uma vez que parte da estrutura já existe e há a reutilização da mão de obra da atividade primária na secundária.

Os exemplos apresentados deixam claros a viabilidade de implantação de CGHs em ETEs e apontam a questão de inviabilidade de implantação, caso o empreendimento tenha baixa vazão e queda, pois isso pode gerar um retorno de potência irrisória. Alertam, também, que um bom planejamento direciona a implantação de estrutura que melhor se adéque ao cenário do local escolhido, possibilitando, assim, uma melhor eficácia do sistema.

Se o compromisso proposto no marco legal do saneamento for cumprido, mais ETEs serão implantadas e, conseqüentemente, a oferta de esgoto tratado será maior, sendo, portanto, a solução aqui tratada um direcional viável para tornar as ETEs cada vez mais autossuficientes energeticamente e com um custo reduzido.

A proposta do trabalho vai ao encontro com o movimento que está havendo no mundo de descarbonização e pode vir a contribuir com no mínimo quatro ODS (Objetivos do Desenvolvimento Sustentável) das dezessete propostas na Cúpula do Desenvolvimento Sustentável, em 2015, ou seja: ODS 6 - saneamento ambiental para todos; ODS 7 - energia

limpa e acessível; ODS 12 - consumo e produção sustentável; ODS 13 - ação contra a mudança global do clima.

Vale ressaltar que a estação de esgoto, de modo secundário, passa a produzir insumo para a planta ou um produto a ser negociado.

Por fim, a inserção não apresenta impactos cumulativos e é uma boa opção para garantir a saúde do setor elétrico e contribuir com a universalização do saneamento básico no Brasil.

#### 4. Referências

- [1] MDR - Ministério do Desenvolvimento Regional; SNS - Secretaria Nacional de Saneamento. - **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Diagnóstico temático serviços de água e esgoto: visão geral, ano de referência 2021**. Brasília, 2022, p. 51, 59-67, 70-71.
- [2] RODRIGUES, A. **Rede de esgoto é ampliada, mas cobertura ainda é baixa, diz ministério**. Agência Brasil, 15 dez. 2020. Disponível em: <https://agencia.brasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-12/rede-de-esgoto-e-ampliada-mas-cobertura-ainda-e-baixa-diz-ministerio#:~:text=Embora%20este%20n%C3%BAmero%20represente%20um,9%25%20da%20popula%C3%A7%C3%A3o%20das%20cidades>. Acesso em: 29 jul. 2021.
- [3] MDR - Ministério do Desenvolvimento Regional; SNS - Secretaria Nacional de Saneamento. **PLANSAB – Plano Nacional de Saneamento Básico**. Documento em revisão submetido à apreciação dos conselhos nacionais de saúde, recursos hídricos e meio ambiente. Brasília, 2019, p. 42-46.
- [4] MDR - Ministério do Desenvolvimento Regional; SNS - Secretaria Nacional de Saneamento. **Relatório de avaliação anual 2020 - PLANSAB – Plano Nacional de Saneamento Básico**. Documento em revisão submetido à apreciação dos conselhos nacionais de saúde, recursos hídricos e meio ambiente. Brasília, 2022, p. 36.
- [5] TRATA BRASIL; GO ASSOCIADOS. **Ranking do saneamento 2023**. Resumo executivo. São Paulo, abr. 2023, p. 20.
- [6] BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Brasília, DF, 2020. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm). Acesso em: 29 jul. 2021.
- [7] REVISTA MEIO AMBIENTE INDUSTRIAL E SUSTENTABILIDADE. **Novo marco legal e a eficiência energética no saneamento**. Brasil, 2020. Disponível em: <https://rmai.com.br/novo-marco-legal-e-a-eficiencia-energetica-no-saneamento/>. Acesso em: 04 abr. 2021.
- [8] MDR - Ministério do Desenvolvimento Regional; SNS - Secretaria Nacional de Saneamento. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2019**. Brasília, 2020, p. 128-129.
- [9] WARTCHOW, D. Eficiência energética como indicador na gestão de sistemas de tratamento de esgoto – ETEs. **Revista Saneas**, Brasil, ano IX, n. 31, p. 39-46, out. a dez., 2008.
- [10] ALEM SOBRINHO, P.; JORDÃO, E. P. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios – uma análise crítica. *In: Pós-tratamento de reatores anaeróbios*. [Rio de Janeiro]: PROSAB, 2001, cap. 9, p. 9 -10.
- [11] JORDÃO, E. P. Eficiência energética em tratamento de esgotos. **Revista DAE**, 177 ed., n. 120, p. 15 – 19, maio, 2008.
- [12] GU, Y. *et al.* **Energy self-sufficient wastewater treatment plants: feasibility and challenges**. *Energy Procedia*, v. 105, p. 3741 – 3742, maio 2017.
- [13] ANEEL. **Sistema de Informações de Geração da Aneel (SIGA)**. Brasil, 2023. Disponível em: <http://app.powerbi.com/view?R=eyJrIjoiNjc4OGYyYjqtYWM2ZC00Yj11LWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYtctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzB1MSIsImMiOiR9>. Acesso em: 06 fev. 2023.
- [14] FURNAS – Furnas Centrais Elétricas S.A. **Usinas Hidrelétricas**. [Brasil], [entre 2015 e 2019], p. 18-19.
- [15] ANEEL. **Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica**. Caderno temático ANEEL. 2 ed. Brasília: ANEEL, 2016, p. 34.

- [16] ANEEL. Resolução Normativa nº 1.031, de 26 de julho de 2022. Consolida os atos regulatórios relativos aos procedimentos vinculados à redução de tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição, para empreendimentos hidrelétricos e aqueles com base em fonte solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada; e aos requisitos para a qualificação de centrais termelétricas cogeneradas de energia. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 10, 2022.
- [17] ANEEL. Resolução Normativa nº 875, de 10 de março de 2020. Estabelece os requisitos e procedimentos necessários à aprovação dos Estudos de Inventário Hidrelétrico de bacias hidrográficas, à obtenção de outorga de autorização para exploração de aproveitamentos hidrelétricos, à comunicação de implantação de Central Geradora Hidrelétrica com Capacidade Instalada Reduzida e à aprovação de Estudos de Viabilidade Técnica e Econômica de Usina Hidrelétrica sujeita à concessão. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 51. ed., p. 60, 16 mar. 2020.
- [18] SINGH, D. **Micro hydro power resource assessment handbook**. New Delhi – Índia: APCTT, 2009, 6-7 p.
- [19] CHOULOT, A. *et al.* **Integration of small Hydro turbines into existing water infrastructures**. In: *Hydropower – Practice and Application*; InTech: Rijeka, Croatia, 2012.
- [20] TIAGO FILHO, G. L. *et al.* **Pequenos aproveitamentos hidroelétricos – soluções energéticas para a Amazônia**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008, p. 22-24.
- [21] MÜLLER, A. *et al.* **Pushing the envelope: Switzerland's approach to unlocking Hidden hydropower potential**. ResearchGate, p. 14, 2019.
- [22] YOUSSEF FILHO, A. A. *et al.* **Minicentral hidrelétrica: uma alternativa de acesso à eletricidade nas terras indígenas São Marcos e Raposa Serra do Sol**. O meio ambiente sustentável, Ponta Grossa, PR: Atena Editora, capítulo 7. p. 88-102, 2019.
- [23] QUEIROZ, G. B. R. **Análise de viabilidade econômica de centrais geradoras hidrelétricas**. 2010. 5-14 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Elétrica) - Universidade de Brasília, Brasília.
- [24] ABUBAKER, I. A. A. *et al.* **Assessment of the possibility of utilizing waste water for power Generation by using micro-hydropower: A case study of El-Beida, Libya**. In: *ICRSE 2021: The 1st International Conference on Renewable and Sustainable Energy*, Elbieda, Libya, Oct. 10-13, 2021, p. 167.
- [25] MOURA, A. *et al.* **Engenharia de sistemas de potência: geração hidroelétrica e eolioelétrica**. Fortaleza: UFC, 2019. 41-42 p.
- [26] CAPUA, M.; DZWONKOSKI, J.; HARRIS, C. **Reclamation of power in wastewater treatment facilities**. 2014. 105 p. Projeto de Qualificação (Bacharelado em Ciências), Advisor: Jeanine D. Plummer - Faculty of Worcester Polytechnic Institute, Massachusetts.
- [27] LIHI - Low Impact Hydropower Institute, 2014. **LIHI Certificate #43 – Deer Island Project Massachusetts**. Massachusetts: LIHI: 2023. Disponível em: <https://lowimpacthydro.org/lihicertificate-43-deer-island-hydropower-project-massachusetts/>. Acesso em: 27 mar. 2023.
- [28] LIHI - Low Impact Hydropower Institute. **Deer Island Recertification Application**. Massachusetts: LIHI, 2019. Disponível em: <https://lowimpacthydro.org/wp-content/uploads/2020/07/2019-LIHI-Deer-Island-Application-7-31-19.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2023.
- [29] SUEZ. **As Samra wastewater treatment plant a major asset for Jordan**. [S. l.]: Suez, [entre 2014 e 2021].
- [30] IBRAM – Instituto Brasília Ambiental; ESECAE - Estação Ecológica de Águas Emendadas. **SEI/GDF – 13821015 – Parecer Técnico**. Brasília, 2018, p. 7. Disponível em: <http://www.ibram.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/05/Parecer-T%C3%A9cnico-SEI-GDF-n.%C2%BA-44.2018-IBRAM-SULAM-COINF-GELOI-NUSAB.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2021.
- [31] FÁVERO *et al.* Estudo de aplicação de uma micro central hidrelétrica para reaproveitamento de energia em estação de tratamento de esgoto. **Rev. Bras. Cien., Tec. e Inov. – RBCTI**, Uberaba – MG, v. 4, n. 1, p. 1-14, 2019.





A **Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC-SP)**, uma das mais antigas unidades do Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza” (CEETEPS), autarquia mantenedora vinculada e associada a UNESP, iniciou suas atividades na década de 1970. São oferecidas mais de 1180 vagas semestralmente para os 19 Cursos Superiores de Tecnologia. Com um quadro de 320 professores, 60 auxiliares de docentes e 71 funcionários, atende em torno de 7.000 alunos, tendo já formado mais de 33.156 tecnólogos. Dispõe de 54 laboratórios e oficinas, núcleos de discentes com projetos específicos, Programa de Iniciação Científica (PIBIC-CNPq).

Os cursos de graduação oferecidos pela FATEC-SP são:

*Análise e Desenvolvimento de Sistemas*  
*Edifícios*  
*Eletrônica Industrial*  
*Estradas*  
*Gestão da Qualidade*  
*Gestão de Empreendimentos Gastronômicos*  
*Gestão de Turismo*  
*Gestão Empresarial - EaD*  
*Hidráulica e Saneamento Ambiental*  
*Instalações Elétricas*  
*Materiais Cerâmicos, Poliméricos e Metálicos*  
*Mecânica de Precisão*  
*Microeletrônica*  
*Paisagismo e Jardinagem*  
*Processos de Produção*  
*Projetos*  
*Produção Cultural*  
*Secretariado e Assessoria Internacional*  
*Soldagem*



Praça Coronel Fernando Prestes, 30 - Bom Retiro  
CEP: 01124-060 - São Paulo, SP

[www.fatecsp.br](http://www.fatecsp.br)