

## **Desenvolvimento de uma bancada didática para controle de nível como forma de inibir os desperdícios de água potável**

*Development of A Teaching Bench for Level Control as A Way to Inhibit Waste Drinking Water*

*Desarrollo de un Banco De Enseñanza para El Control De Niveles Como una Manera de Inhibir Los Residuos de Agua Potable*

### **Maicon Douglas Leles da Silva**

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Limpas, UniCesumar, Brasil.  
Bolsista Institucional.  
maicon.silva@unicesumar.edu.br

### **Lilian Keylla Berto**

Mestranda do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Limpas, UniCesumar, Brasil.  
Bolsista do Programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições de Ensino Particulares, PROSUP/CAPES.  
lilianberto\_engenharia@hotmail.com

### **Luciana Cristina Soto Herek Rezende**

Professora Doutora do Programa de Mestrado Pós-Graduação em Tecnologias Limpas, UniCesumar, Brasil.  
Bolsista do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação, ICETI/UniCesumar.  
luciana.rezende@unicesumar.edu.br

## RESUMO

Um dos temas mais debatidos na atualidade é o homem e o meio ambiente. Muitas pesquisas estão sendo realizadas para avaliar os resultados dos danos causados pelo homem ao meio ambiente. A água sempre foi usada pelos seres humanos para seu consumo ou como fonte de alimento sendo imprescindível para a vida. É um recurso que não consegue acompanhar a demanda de consumo à medida que a população aumenta. Desta forma este trabalho tem por finalidade a análise, o desenvolvimento e aplicação do controle de nível de um reservatório em malha fechada. Com o intuito de minimizar o desperdício de água em tanques, apenas controlando o nível. Uma vez utilizando apenas a quantidade necessária de água nos processos, o consumidor economiza e preserva o meio ambiente, e talvez sem saber permite que famílias mais desfavorecidas financeiramente tenham acesso a este recurso, atendendo o objetivo de número seis da Agenda 2030 relacionado à água potável e saneamento. Foram projetados e dimensionados os componentes elétricos assim como a placa de circuito impresso, utilizada nesta proposta para receber os sinais provenientes dos periféricos, processar os dados e atuar nas bombas. Para o acionamento das bombas foi projetado um driver de acionamento Push-Pull. Para o controle foi utilizado o método experimental. O trabalho alcançou seu propósito de encontrar o modelo matemático e projeto do controlador para aplicação no sistema.

**PALAVRAS-CHAVE:** Controle de Nível, Meio Ambiente, Redução de água, Sustentabilidade.

## ABSTRACT

*One of the most debated topics today is man and the environment. Much research is being carried out to evaluate the results of the damage caused by man to the environment. Water has always been used by human beings for consumption or as a source of food and is essential for life. It is a resource that cannot keep up with consumer demand as the population increases. In this way, this work aims to analyze, develop and apply the level control of a closed loop reservoir. In order to minimize water waste in tanks, just by controlling the level. By using only the necessary amount of water in the processes, the consumer saves and preserves the environment, and perhaps unknowingly allows more financially disadvantaged families to have access to this resource, meeting the goal number six of the 2030 Agenda related to drinking water and sanitation. The electrical components and the printed circuit board were used and designed, used in this proposal to receive the signals coming from the peripherals, process the data and act on the pumps. A push-pull driver was designed to drive the pumps. For the control, the experimental method was used. The work achieved its purpose of finding the mathematical model and design of the controller for application in the system.*

**KEYWORDS:** Level Control, Environment, Water reduction, Sustainability.

## RESUMEN

*Uno de los temas más debatidos hoy es el hombre y el medio ambiente. Se están realizando muchas investigaciones para evaluar los resultados del daño causado por el hombre al medio ambiente. El agua siempre ha sido utilizada por los seres humanos para el consumo o como fuente de alimento y es esencial para la vida. Es un recurso que no puede mantenerse al día con la demanda de los consumidores a medida que aumenta la población. De esta manera, este trabajo tiene como objetivo analizar, desarrollar y aplicar el control de nivel de un depósito de circuito cerrado. Para minimizar el desperdicio de agua en tanques, solo controlando el nivel. Al usar solo la cantidad necesaria de agua en los procesos, el consumidor ahorra y preserva el medio ambiente, y tal vez sin saberlo, permite que más familias económicamente desfavorecidas tengan acceso a este recurso, cumpliendo el objetivo número seis de la Agenda 2030 relacionada con el agua potable y saneamiento. Los componentes eléctricos y la placa de circuito impreso fueron utilizados y diseñados, utilizados en esta propuesta para recibir las señales provenientes de los periféricos, procesar los datos y actuar sobre las bombas. Se diseñó un controlador push-pull para manejar las bombas. Para el control, se utilizó el método experimental. El trabajo logró su propósito de encontrar el modelo matemático y el diseño del controlador para su aplicación en el sistema.*

**PALABRAS CLAVE:** Control de nivel, Medio ambiente, Reducción de agua, Sostenibilidad.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos anos 60 até 70 ocorreram diversos movimentos como foco em reformas sociais e políticas. Desde então, há discussões em relações a sociedade e o meio ambiente com finalidade de reduzir os impactos ambientais negativos e aumentar a qualidade de vida da população (FLORES; TREVIZAN, 2015).

A sociedade depara-se com o avanço da tecnologia e com seus desafios constantemente. Com intuito de modernizar seus processos de manufatura, empresas buscam por inovações que contribuem para uma produção mais limpa e sustentável. Segundo Neves (2007), neste contexto, a tecnologia pode auxiliar possibilitando, por exemplo, os insumos sejam utilizados da melhor forma possível sem desperdício.

A modernidade traz consequências à sociedade moderna. A indústria eletrônica para atender cada vez mais os consumidores exigentes possui uma alta produção. Outro fator agravante é impacto ambiental negativo gerado pela indústria de mineração para a extração das matérias-primas (WILHELM et al., 2015).

A tecnologia concede ao homem aconchego, tranquilidade e permite o acesso aos bens de consumo, entretanto o seu mau uso pode trazer sérias consequências para o meio ambiente e sérias implicações sobre a qualidade de vida. Mas, ao mesmo tempo, é ela que permite identificar e mensurar o quanto o meio foi impactado e mais além desenvolver soluções cada vez mais eficientes e limpas para preservar o meio ambiente (PINHEIRO, 2008).

Essas preocupações vêm sendo estudadas em diversos setores desde a década de 70 até nos dias de hoje, em especial, nas Conferências das Nações Unidas (HIGUCHI; PATO, 2018, FRANÇA; QUELHAS, 2004). O documento mais atual que contém os princípios e propósitos da Carta das Nações Unidas é a Agenda 2030, sendo ela um plano de ações composto por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com destaque a ODS 6 (água potável e saneamento) tendo como foco as pessoas mais vulneráveis, o meio ambiente e a prosperidade.

De acordo com Neves (2007), com o progresso da ciência a automação ganha destaque e novas técnicas de implementações de funcionalidades são aperfeiçoadas para atender a demanda da produção industrial, bem como a construção de dispositivos simples e baratos capaz de controlar um processo.

Controlar um processo significa atuar sobre ele ou sobre às condições as quais o processo está sujeito, de modo a manter variáveis e quantidades estáveis com o passar do tempo, mesmo que interferências externas tentem desviá-lo desta condição Bayer (2016). Esse estado estacionário pode ter sido escolhido por atender melhor aos requisitos de qualidade e segurança do processo.

A identificação de sistemas é uma área do conhecimento que estuda maneiras de se modelar e analisar sistemas a partir da observação (AGUIRRE, 2000). É um termo utilizado para se descrever as ferramentas matemáticas e que permitem construir modelos dinâmicos a partir de dados medidos. Ogata (2011) diz que, uma vez obtido o modelo matemático de um sistema, podem ser utilizadas várias ferramentas analíticas e de computação para efeito de análise e síntese.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Projetar uma bancada didática para aplicação do controle de nível pelo método experimental como forma de inibir os desperdícios de água potável.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Aplicar o controle e a automação com o intuito de auxiliar na eficiência dos processos industriais;
- Promover o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis;
- Fortalecer tanto os aspectos inerentes ao conceito de sustentabilidade como os relacionados ao conforto e segurança dos usuários.

## **3 REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1. Novas Tecnologias Sustentáveis**

Cada vez mais é reconhecida a importância da sustentabilidade e os efeitos positivos que esta gera para a sociedade e o meio ambiente. Da mesma forma, a sustentabilidade estaria aliada a implementação de novas tecnologias e a busca por um desenvolvimento sustentável (PNUMA, 2011).

Melhorar a sustentabilidade dos processos em todos os setores e processos produtivos é uma estratégia vital para conseguir manter os recursos naturais para o futuro, baseando-se em utilizar energias renováveis, tecnologias limpas a fim de proteger o meio ambiente (ROMERO, 2007).

Controlar um processo significa atuar sobre ele ou sobre às condições as quais o processo está sujeito, de modo a manter variáveis e quantidades estáveis com o passar do tempo, mesmo que interferências externas tentem desviá-lo desta condição Bayer (2016). Esse estado estacionário pode ter sido escolhido por atender melhor aos requisitos de qualidade e segurança do processo.

A identificação de sistemas é uma área do conhecimento que estuda maneiras de se modelar e analisar sistemas a partir da observação (AGUIRRE, 2000). É um termo utilizado para se descrever as ferramentas matemáticas e que permitem construir modelos dinâmicos a partir de dados medidos. Ogata (2011) diz que, uma vez obtido o modelo matemático de um sistema, podem ser utilizadas várias ferramentas analíticas e de computação para efeito de análise e síntese.

Considerando a disponibilidade de alguns equipamentos no mercado nacional, o Quadro 1 apresenta uma síntese das possíveis aplicações da automação de acordo com o aspecto considerado.

Quadro 1: Aplicações da automação.

Aspectos	Possíveis Aplicações
Segurança	Biometria para controle de acesso; fechaduras eletrônicas; monitoramento digital através de imagens; alarmes; etc.
Conforto	Cortinas automáticas; aspiração central; cenários de iluminação; limpeza automática de piscina; porta e portões automáticos; botão de saída rápida que desliga todos os dispositivos; climatização; irrigação inteligente; transferência da campainha da porta para o telefone; etc.
Entretenimento	<i>Home-theater</i> ; jogos eletrônicos; som ambiente; centrais multimídias; etc.
Sofisticação	Comando por voz; organizadores portáteis de dados; telefonia celular convergente; controle remoto total; iluminação por fibra óptica; etc.
Economia	Protetores de surto; tarifador de energia; controle de iluminação; etc.
Conveniência	Menu de opções por ambiente; Internet; cabeamento estruturado; central de automação, <i>Nobreak</i> e proteção elétrica.
Status	A automação residencial é um atrativo para o usuário adquirir o imóvel.
Sustentabilidade	Sistema de controle no consumo de água; sistema automatizado de aproveitamento de água de chuva e reuso de águas cinzas ou negras; sensores de presença para sistemas de iluminação e condicionamento de ar; <i>software</i> auxiliar para o controle de manutenções; automatização de brises móveis; gerenciamento de sistemas híbridos de obtenção energética.

Fontes: Alves e Mota (2003); Aureside (2007); Bolzani (2004); Castiglioni et al. (2004); Mattar e Novaes (2006); e 1º Workshop de automação residencial e sustentabilidade em dezembro de 2007 – Rio de Janeiro – Aureside.

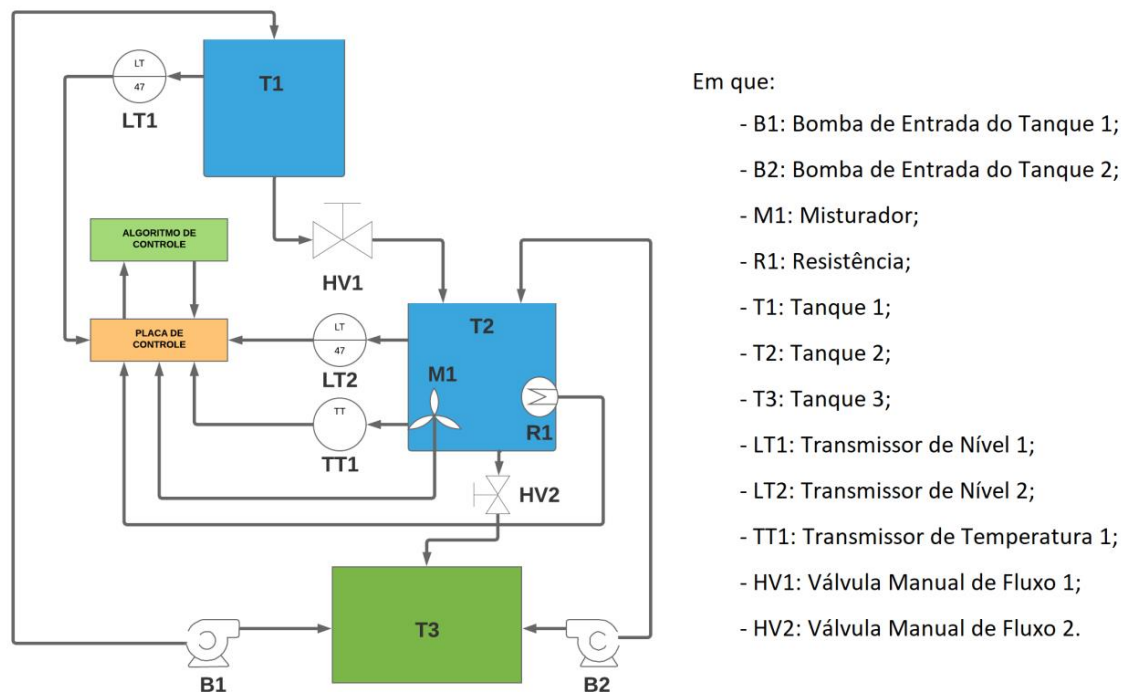
#### 4 METODOLOGIA

Nesta seção, será abordada a metodologia utilizada para montagem da bancada, de forma simples e clara, detalhando-se os métodos e técnicas abordadas.

##### 4.1. Composição da bancada

A bancada desenvolvida foi composta por três reservatórios, nomeados como Reservatório 1 (T1), Reservatório 2 (T2) e Reservatório 3 (T3). O T1 possui capacidade de armazenamento de 60 Litros (L), utilizado para o abastecimento do sistema integrado, contendo duas bombas hidráulicas, nomeadas como Bomba 1 (B1) e Bomba 2 (B2) com capacidade de fluxo de 800L/h e tensão nominal de 24V em corrente contínua (CC), o que torna possíveis a variação da torração e vazão por meio da variação do PWM (Pulse Width Modulation), entre 0 a 255, correspondendo à vazão mínima e à máxima, respectivamente. As bombas são acionadas para levar a água até o T2 e o T3, respectivamente. O fluxograma do processo é mostrado na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma do processo.



Fonte: Autor, 2020.

O T2 possui capacidade de armazenamento de 20L e contém tubulações com diâmetro de ½” e ¾” que conectam ao T1. No T2 foi inserida uma resistência (R1) de 6KW de potência, alimentada com tensão nominal de 220V em corrente alternada (AC); por meio da variação do PWM, entre 0 a 255, ocorre a variação por meio de um circuito de disparo com Circuito Integrado (CI) TCA785, do ângulo de disparo no tiristor, controlando a tensão e, conseqüentemente, a potência na carga.

O T2 foi projetado para ser um sistema modular, podendo ser configurado como um sistema monovariável (SISO), com apenas uma entrada e uma saída, ou multivariável (MIMO) com múltiplas entradas e múltiplas saídas. Dessa forma, o sistema pode ser configurado de três maneiras distintas: o controle de nível; o controle de temperatura; e o controle de nível e temperatura. O T3 tem a capacidade de armazenamento de 20L e contém tubulações com diâmetro de ½” e ¾” que se conectam ao T1 e ao T2. A conexão entre T3 e T2 é por meio de uma válvula hidráulica esférica de fechamento rápido (HV1) com diâmetro de ¾”. A B2 faz o bombeamento de água para o T3, por meio da variação de um PWM entre 0 a 255, correspondendo à vazão mínima e à máxima, respectivamente.

Dessa forma, o T3 se torna um sistema monovariável, possibilitando o controle do nível; pode também ser acoplado a T2 por meio da HV1, tornando-se um sistema multivariável. A configuração deste último sistema é possível de duas formas: o controle de nível no T1 e T2; o controle de nível no T1 e T2 e o controle de temperatura no T2.

Para se mensurar as variáveis de nível e temperatura, foram utilizados dois sensores de nível ultrassônico (BANNER - T30UXIBQ8), com faixa de operação entre 200 a 2000mm, alimentados com tensão entre 10 a 30 Vcc. Os sensores retornam sinais de corrente como saída entre 4 a 20mA, proporcional aos níveis inferior e superior, respectivamente. Para se mensurar a variável

de temperatura, utilizou-se um sensor Pt100 que, conectado a um transmissor de temperatura para cabeçote (NOVUS- TxBlock-USB), converte o sinal do Pt100 para sinais de corrente como saída entre 4 a 20 mA, proporcional às temperaturas mínima e máxima, respectivamente.

Foram desenvolvidos dois sistemas de segurança, para se evitar que o sistema ultrapasse a capacidade máxima de T2 e T3, isto é, exceda a quantidade de água suportada pelo sistema, e foram instalados dois sensores de nível digitais, que atuam no circuito de acionamento de B1 e B2, quando ultrapassar a quantidade de 18L de água em qualquer dos reservatórios, enviando sinal para o rele que realiza o desacionamento automático das bombas. O sistema voltará à sua operação quando o nível for inferior a 18L.

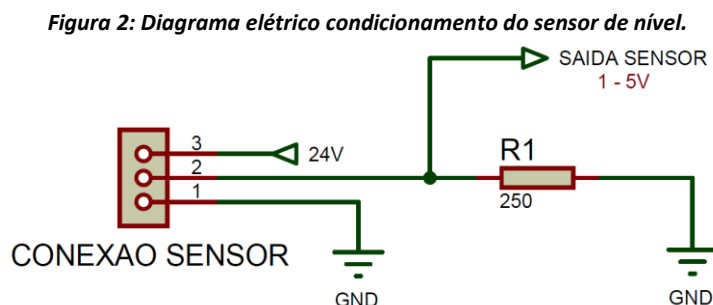
O outro sistema de segurança foi desenvolvido para se evitar danos ao resistor, após a obtenção da informação do fabricante da resistência por meio de correio eletrônico (e-mail); o dispositivo deve ser acionado depois de o preenchimento de 80% do seu corpo estar imerso na água. O sistema foi composto por um sensor de nível digital que aciona um contator permitindo que haja passagem de corrente elétrica, quando a resistência for acionada, toda vez que o nível de T2 for superior a 80%, que, em T2, corresponde a 15L.

#### 4.2. Desenvolvimento do circuito eletrônico

Para se conectar todos os dispositivos, foi necessário projetar uma placa de circuito impresso, com o intuito de interagir a planta física com computadores e softwares que realizam o processamento dos sinais. A placa foi projetada contendo um controlador Arduino UNO® que fará o processamento dos sinais e atuará diretamente na planta enviando comandos para acionar as bombas e a resistência.

##### 4.2.1. Condicionamento de sinal do sensor de nível

Um circuito de condicionamento dos sinais foi implementado para tornar possível a leitura dos sinais dos sensores de nível pelo controlador. O sensor foi configurado para enviar um sinal de corrente entre 4 e 20mA, proporcional ao nível inferior e superior, respectivamente. Desta forma este sinal de corrente foi convertido em tensão, por meio de um resistor com carga resistiva de 250Ω, ou seja, quando o nível for o menor possível a tensão lida pelo controlador é de 1V, e quando o nível for o maior possível a tensão lida pelo controlador é de 5V. Na figura 2 é possível observar o diagrama elétrico do circuito de condicionamento do sinal do sensor de nível.

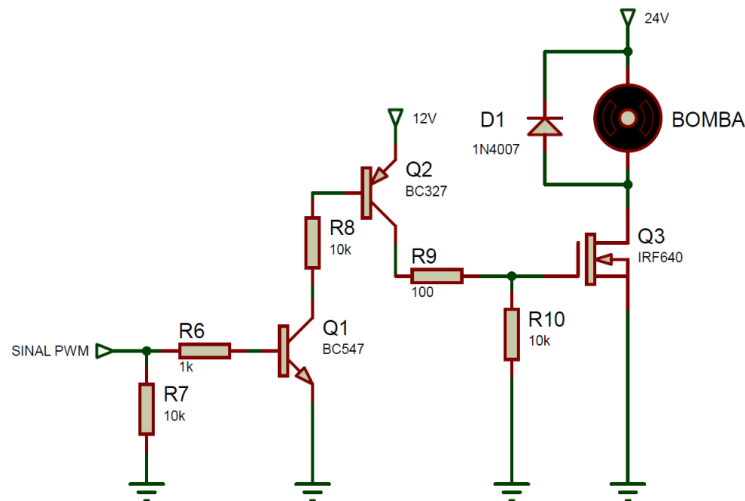


Fonte: Autor, 2020.

#### 4.2.2. Driver Push-Pull

Dois circuitos driver's do tipo Push-Pull para acionamento das bombas, também foram projetados. O sinal de controle possui amplitude de 5V, o circuito driver ao receber este sinal aplica ao Gate do mosfet IRF640 um sinal de 12V, permitindo uma passagem de corrente elétrica na bomba, acionada com 24V. Este circuito é fundamental, pois com ele é possível controlar por meio da modulação por largura de pulso, cargas maiores, que consome mais corrente. Na figura 3 é possível observar o diagrama elétrico do circuito do Driver Push-Pull.

Figura 3: Diagrama elétrico driver Push-Pull.



Fonte: Autor, 2020.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O projeto em estudo teve como motivação a criação de uma ferramenta que fosse capaz de desenvolver e aplicar o controle afim de por meio da automação evitar desperdícios da água. Este recurso natural renovável está presente em toda a superfície terrestre, aproximadamente  $\frac{3}{4}$  de nosso planeta é composto por ela, 3% desse total são de água doce, dos quais apenas 20% encontram-se imediatamente disponíveis para o homem. Existe uma distribuição desigual da água pelas diferentes regiões do planeta o que remete a escassez do recurso em vários países. Apesar de ser um recurso renovável, a demanda por água cresce muito mais rápido que sua capacidade de renovação (ciclo biológico da água). Exigindo assim mais expertise e capacidade de gestão dos setores governamentais, industriais e domésticos.

O controle proporcional, integral e derivativo (PID), pode ser aplicado em uma variedade de processos, tais como; Temperatura, Fluxo e Pressão. De acordo com OGATA (2003), a utilidade dos controles PID está na sua aplicabilidade geral à maioria dos sistemas de controle. Em particular quando o modelo matemático da planta não é conhecido e, portanto, métodos de projeto analítico não podem ser utilizados, controles PID se mostram os mais úteis.

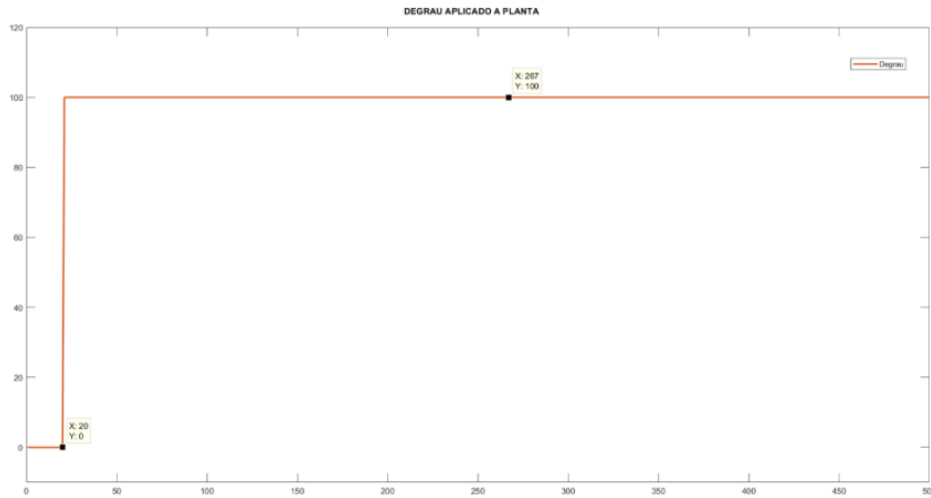
### 5.1. Método Experimental

Para obter o modelo matemático do sistema utilizou-se do método experimental. Este método permite que por meio da análise gráfica da resposta ao degrau encontre três variáveis importantes, sendo: O tempo em que o sistema reagiu ao degrau, o tempo em que o sistema atingiu 63% do valor de estabilização e o valor de estabilização. Com esses três dados é possível



aproximar um modelo de primeira ordem. Foi aplicado um degrau de PWM com amplitude 100, e analisou a resposta do sistema.

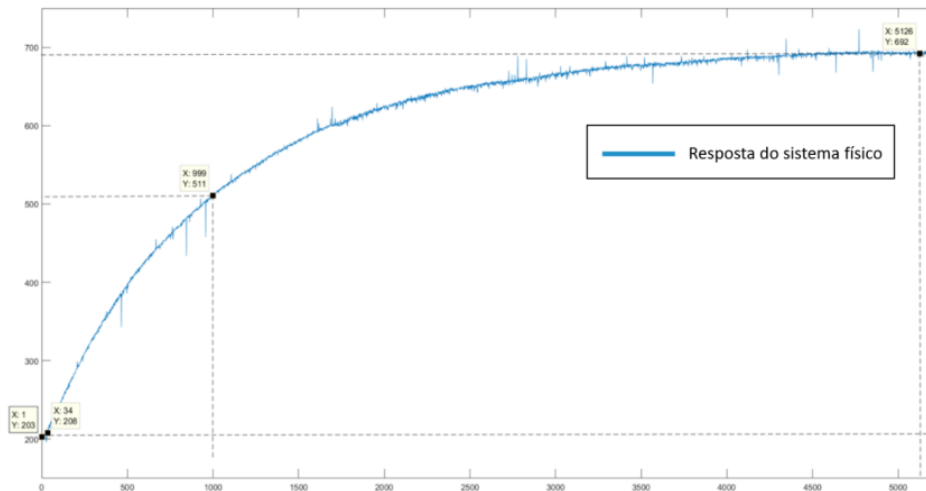
**Figura 4: Degrau aplicado ao sistema físico.**



Fonte: Autor, 2020.

O controlador utilizado possui uma resolução de 10 bits, ou seja, quando um sinal de tensão com amplitude de 5V é aplicado a sua entrada analógica, o conversor analógico digital A/D, converte este sinal em 1024 partes, de tal forma que para cada bit incrementado equivale a 0.00488V. A resposta obtida ao degrau de PWM com amplitude de 100, pode ser vista na Figura 7. Onde a planta saiu de 204 estabilizando em 692 bits.

**Figura 5: Resposta ao degrau de amplitude 100.**



Fonte: Autor, 2020.

Foi possível, por meio da análise gráfica, verificar que a planta se comporta como um sistema de primeira ordem. A equação que descreve sistema de mesma ordem é dada como:

$$G(s) = \frac{K_{processo}}{\tau s + 1} \tag{1}$$

onde:

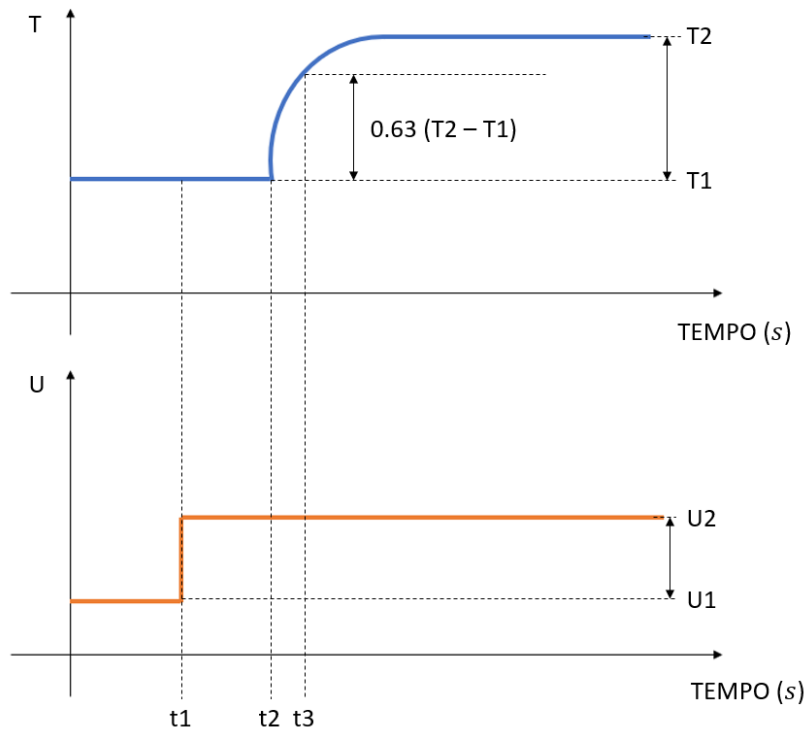
**G(s)** é a relação entre a saída pela entrada do sistema.

**K<sub>processo</sub>** é a razão entre a variação da resposta e a variação do degrau aplicado.

$\tau$  é a constante de tempo, que pode ser obtida com a diferença entre o tempo em que o sistema leva para atingir 63% do valor final e o tempo em que o sistema reage ao degrau.

Em um processo genérico onde  $T$  é a variável de processo e  $U$  a variável manipulada, as constantes podem ser encontradas da seguinte forma:

**Figura 6: Variáveis da resposta a um degrau.**



Fonte: Autor, 2020.

O  $K_{processo}$  é encontrado da seguinte forma:

$$K_{processo} = \frac{\Delta P_V}{\Delta M_V} = \frac{T2 - T1}{U2 - U1} \quad (2)$$

$$K_{processo} = \frac{692 - 208}{100 - 0} = 4,89 \quad (3)$$

E a constante de tempo  $\tau$ :

$$\tau = t3 - t2 \quad (4)$$

$$\tau = 999 - 34 = 965 \quad (5)$$

O tempo morto  $\theta$  é a diferença entre o tempo em que o sistema leva para atingir 63% do valor final e o tempo em que se aplica o degrau. Desta forma:

$$\theta = t2 - t1 = 34 - 20 = 14s \quad (6)$$

Desta forma o modelo matemático aproximado de primeira ordem que descreve o sistema é:

$$G(s) = \frac{4,89}{965s + 1} e^{-14s} \quad (7)$$

## 5.2. Projeto do controlador

A equação que descreve um controlador PID pode ser expressa como:

$$G_c(s) = K_p + K_d \cdot s + \frac{K_i}{s} = \frac{K_d \cdot s^2 + K_p \cdot s + K_i}{s} \quad (8)$$

A representação matemática da malha de controle do PID é expressa como:

$$G(s) = \frac{G_c(s) \cdot G_s(s)}{1 + G_c(s) \cdot G_s(s)} \quad (9)$$

Unificando a Equação 7 e a Equação 8 na Equação 9, tem-se:

$$G(s) = \frac{4,89K_d s^2 + 4,89K_p s + 4,89K_i}{s^2(4,89K_d + 965) + s(4,89K_p + 1) + 4,89K_i} \quad (10)$$

Foram definidos então os parâmetros desejáveis do sistema para obter os coeficientes. Tempo de assentamento ( $T_s$ ) = 180 segundos, e porcentagem de ultrapassagem de  $UP\% = 0.1\%$ . Desta forma o fator de amortecimento ( $\xi$ ) foi encontrado.

$$\xi = -\frac{\ln\left(\frac{0,1}{100\%}\right)}{\sqrt{\pi^2 - \ln^2\left(\frac{0,1}{100\%}\right)}} = 0,9103 \quad (11)$$

e a frequência natural não – amortecida ( $\omega_n$ ):

$$\omega_n = \frac{4}{180 \cdot 0,9103} = 0,0244 \text{ rad/s} \quad (12)$$

Assim, foi determinado o polinômio característico desejado para segunda ordem, por meio das raízes:  $S_1$  e  $S_2$ .

$$S_{1,2} = -0,9103 \pm j0,0244\sqrt{1 - 0,9103^2} \quad (13)$$

$$S_{1,2} = -0,02222 \pm j0,0101 \quad (14)$$

$$s^2 + 0,0444s + 0,0006 \quad (15)$$

Igualando os coeficientes da Equação 10 com os coeficientes da Equação 15, temos:

$$s^2 = s^2(4,89K_d + 965) \rightarrow K_d = 197,3415 \quad (16)$$

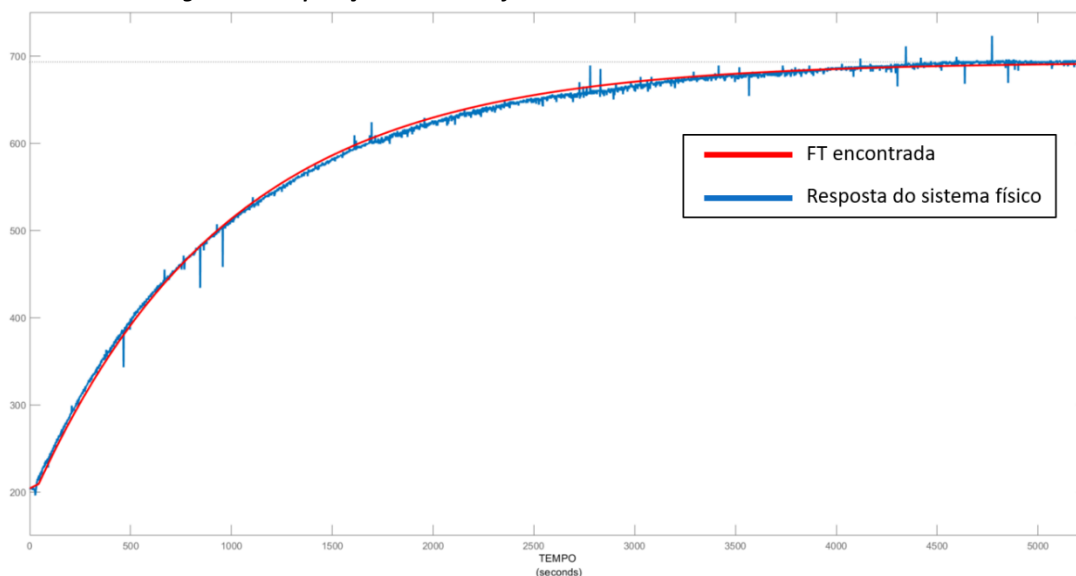
$$0,0444s = s(4,89K_p + 1) \rightarrow K_p = -0,1954 \quad (17)$$

$$0,0006 = 4,89K_i \rightarrow K_i = 0,00012187 \quad (18)$$

O modelo matemático (Figura 7) descreve o sistema físico. Foi aplicado um setpoint de 10 litros o que corresponde a aproximadamente 700 bits. Com isso é possível visualizar que o sistema estabilizou no setpoint desejado. As ações proporcionais, integrais e derivativas fizeram com que o atuador respondesse ao processo, mantendo o nível desejado.

O método escolhido apresentou bons resultados de desempenhos. Uma vez que o nível é controlado e este permanece estável, não há chance de faltar água no processo e nem que haja o desperdício da mesma por meio de transbordamentos.

**Figura 7: Comparação do sistema físico com o modelo matemático encontrado.**



Fonte: Autor, 2020.

## CONCLUSÃO

A tecnologia utilizada neste trabalho auxilia no uso racional da água, evitando desperdícios e a falta dela nos diferentes setores industriais. Podemos concluir que a melhor forma de dilapidar a água é reutilizá-la ao máximo. As empresas podem utilizar além do controle de nível, métodos

como tratamento de água reutilizando-a por exemplo para lavar calçadas, automóveis e descargas no banheiro.

Apesar da falsa concepção de que investir em uma tecnologia mais ecológica e sustentável prejudica financeiramente os interesses empresariais e residenciais, vemos que a preservação ambiental pode sim trazer benefícios econômicos. Investir em tecnologia para não desperdiçar a água é uma forma de poupar recursos e, conseqüentemente, dinheiro, o que mostra com clareza a capacidade da engenharia de construir soluções para a crise ambiental sem prejudicar a qualidade de vida.

## AGRADECIMENTO

Ao Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação - ICETI/Unicesumar.

## REFERÊNCIAS

1º Workshop de automação residencial e sustentabilidade (AURESIDE). Dezembro de 2007. RJ: Rio de Janeiro.

AGUIRRE, Luis Antonio. Introdução à identificação de sistemas—Técnicas lineares e não-lineares aplicadas a sistemas reais. Editora UFMG, 2000.

ALVES, José Augusto; MOTA, José. Casas Inteligentes. Portugal: Centro Atlântico, 2003.

AURESIDE - Associação Brasileira de Automação Residencial, 2007. Disponível em: <<http://www.aureside.com.br>>. Acesso em: 17 de maio de 2020.

BAYER, Fernando Mariano; ARAÚJO, Olinto César Bassi de. Controle Automático de Processos. 2016.

BOLZANI, Caio Augustus Morais. Residências inteligentes. São Paulo: Livraria da Física, 2004.

CASTIGLIONI, Fabiano; PESTANA, Rodrigo; SIMONASSI, Wender. Um ambiente de automação residencial com gerenciamento remoto por interface wap. Espírito Santo: FAESA, 2004.

FLORES, Bárbara Nascimento; TREVIZAN, Salvador Dal Pozzo. Ecofeminismo e comunidade Sustentável. Revista Estudos Feministas, [online]. 2015, vol. 23, n.1, pp.11-34.

FRANÇA, Sérgio Luiz Braga; QUELHAS, Osvaldo Luis Gonçalves. Produção mais limpa: sustentabilidade para as micro e pequenas empresas. In: CADMA-1 o Congresso Acadêmico sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento do Rio de Janeiro. 2004. p. 11-054.

HIGUCHI, Maria Inês Gasparetto; PATO, Claudia Marcia Lyra. Sustentabilidade. In: CAVALCANTE, Sylvia; ELALI, Gleice (Orgs). Psicologia Ambiental: conceitos para leitura da relação pessoa-ambiente. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2018. p.217-227.

MATTAR, Daniela Gonçalves; NOVAES, Celso C. Automação residencial e sustentabilidade. São Carlos: NUTAU, 2006.

NEVES, Cleonor et al. Os dez maiores desafios da automação industrial: As perspectivas para o futuro. In: II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. 2007.

OGATA, K. Engenharia de Controle Moderno. 4ª. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2011.

OGATA, K. Engenharia de Controlo Moderno, 2003.

PINHEIRO, José Maurício Santos. A Automação no Monitoramento Ambiental. Projeto de Redes, 2008. Disponível em: < [https://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo\\_automacao\\_monitoramento\\_ambiental.php](https://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_automacao_monitoramento_ambiental.php)>. Acesso em: 17 de maio de 2020.

PNUMA. Programa Das Nações Unidas Para O Meio Ambiente. Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication, 2011. Disponível em: <[www.unep.org/greeneconomy](http://www.unep.org/greeneconomy)>. Acesso em: abr. 2019.

ROMERO, Marta A. B. A Arquitetura Bioclimática do Espaço Público. – Brasília: Editora UnB. 2007.

WILHELM, M. *et al.* An overview of social impacts and their corresponding improvement implications: a mobile phone case study. *Journal of Cleaner Production*, [s.l.], 2015, vol. 102, p. 302-315.

ZIEGLER, John G.; NICHOLS, Nathaniel B. Optimum settings for automatic controllers. *trans. ASME*, v. 64, n. 11, 1942.