



## DESVENDANDO O POTENCIAL DO APRENDIZADO DE MÁQUINA NA EDUCAÇÃO: UMA ABORDAGEM INTEGRADA UTILIZANDO PLATAFORMA WEB

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5099

**Autores:** CASSIUS ZANETTI RESENDE, MARJORIE ARIELE PEREIRA, EDUARDO RIZZO CORSINI, JOSE MARCOS SANTANA GOMES, RODRIGO DE DEUS BAZILIO

**Resumo:** Este artigo destaca a busca por soluções inovadoras na educação prática de engenharia, especialmente na área de controle de temperatura. Ele explora a integração de tecnologias como aprendizado profundo e redes neurais LSTM com o TagoIO, uma plataforma robusta para monitoramento e controle na Internet das Coisas (IoT). A aplicação desenvolvida utiliza o TagoIO para monitorar a temperatura em tempo real em uma planta educacional, aplicando redes neurais LSTM para controle preciso. Essas redes são conhecidas por lidar bem com dados sequenciais, tornando-as ideais para sistemas dinâmicos como este. O processo de desenvolvimento envolveu a coleta e pré-processamento de dados de temperatura, treinamento de redes LSTM com Tensorflow e integração com o TagoIO para controle em tempo real. Isso resultou em benefícios como controle preciso de temperatura, monitoramento em tempo real, facilidade de uso e flexibilidade para adaptar a aplicação a outros sistemas dinâmicos. Esta abordagem demonstra o potencial do aprendizado profundo e das redes LSTM no contexto educacional e de pesquisa em engenharia. A integração com o TagoIO torna a aplicação acessível e promissora para vários ambientes educacionais e de pesquisa.

**Palavras-chave:** Educação em Engenharia, Integração de IoT, Redes Neurais LSTM

# DESVENDANDO O POTENCIAL DO APRENDIZADO DE MÁQUINA NA EDUCAÇÃO: UMA ABORDAGEM INTEGRADA UTILIZANDO PLATAFORMA WEB

*Marjorie Ariele Pereira<sup>1</sup> - marjorieariele@gmail.com*

*Eduardo Rizzo Corsini<sup>1</sup> - eduardorizzoc@gmail.com*

*Jose Marcos Santana Gomes<sup>1</sup> - josemsgcivil@outlook.com*

*Rodrigo de Deus Bazilio<sup>1</sup> - rodrigoddb@gmail.com*

*Cassius Zanetti Resende<sup>1</sup> - cassius@ifes.edu.br*

*<sup>1</sup>Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Serra  
Avenida dos Sabiás, 330 - Morada de Laranjeiras  
CEP: 29166 - 630 - Serra - ES*

**Resumo:** Este trabalho destaca a busca por soluções inovadoras na educação prática de engenharia, especialmente na área de controle de temperatura. Ele explora a integração de tecnologias como aprendizado profundo e redes neurais LSTM com o TagoIO, uma plataforma robusta para monitoramento e controle na Internet das Coisas (IoT). A aplicação desenvolvida utiliza o TagoIO para monitorar a temperatura em tempo real em uma planta educacional, aplicando redes neurais LSTM para controle preciso. Essas redes são conhecidas por lidar bem com dados sequenciais, tornando-as ideais para sistemas dinâmicos como este. O processo de desenvolvimento envolveu a coleta e pré-processamento de dados de temperatura, treinamento de redes LSTM com Tensorflow e integração com o TagoIO para controle em tempo real. Isso resultou em benefícios como controle preciso de temperatura, monitoramento em tempo real, facilidade de uso e flexibilidade para adaptar a aplicação a outros sistemas dinâmicos. Esta abordagem demonstra o potencial do aprendizado profundo e das redes LSTM no contexto educacional e de pesquisa em engenharia. A integração com o TagoIO torna a aplicação acessível e promissora para vários ambientes educacionais e de pesquisa.

**Palavras-chave:** Educação em Engenharia, Integração de IoT, Redes Neurais LSTM

## 1 INTRODUÇÃO

No âmbito da educação e pesquisa em engenharia, a busca por soluções inovadoras e eficazes para o aprendizado prático é constante. Nesse contexto, a integração de tecnologias emergentes, como o aprendizado profundo e as redes LSTM, com ferramentas robustas de monitoramento e controle, como o TagoIO, abre um leque de possibilidades promissoras. Este artigo apresenta o desenvolvimento de uma aplicação inovadora que combina o poder dessas ferramentas para o controle preciso de

temperatura em uma planta didática, utilizando redes neurais recorrentes de longo curto prazo (LSTM).

A aplicação em questão se baseia na plataforma TagoIO, um software de Internet das Coisas (IoT) que oferece uma interface amigável e recursos avançados para coleta, visualização e análise de dados. Através da integração com a planta didática de temperatura, a plataforma permite o monitoramento em tempo real da temperatura do ambiente, abrindo caminho para a implementação de estratégias de controle eficientes.

Para o controle preciso da temperatura, a aplicação utiliza o aprendizado profundo, especificamente redes neurais LSTM. As redes LSTM são conhecidas por sua capacidade de lidar com dados sequenciais e prever eventos futuros, tornando-as idealmente adequadas para o controle de sistemas dinâmicos, como a planta didática de temperatura.

O processo de desenvolvimento da aplicação envolveu a coleta de dados de temperatura da planta didática, o pré-processamento dos dados para adequá-los ao formato necessário para o treinamento das redes neurais, o treinamento das redes LSTM utilizando o framework Tensorflow e a integração das redes treinadas com a plataforma TagoIO para o controle em tempo real da temperatura.

A aplicação desenvolvida apresenta diversos benefícios, incluindo:

- Controle preciso da temperatura: As redes LSTM garantem um controle preciso da temperatura, minimizando oscilações e ajustando-se às mudanças nas condições do ambiente.
- Monitoramento em tempo real: A plataforma TagoIO permite o monitoramento em tempo real da temperatura, fornecendo informações valiosas para análise e otimização do processo de controle.
- Facilidade de uso: A interface amigável da plataforma TagoIO torna a aplicação acessível a usuários com diferentes níveis de conhecimento técnico.
- Flexibilidade: A aplicação pode ser facilmente adaptada para controlar outros sistemas dinâmicos, além da planta didática de temperatura.

A aplicação proposta demonstra o potencial do aprendizado profundo e das redes LSTM para o controle de temperatura em plantas didáticas, oferecendo uma ferramenta valiosa para o aprendizado prático e a pesquisa em engenharia. A integração com a plataforma TagoIO facilita a implementação e o uso da aplicação, tornando-a uma solução promissora para diversos ambientes educacionais e de pesquisa.

## 2 METODOLOGIA

A disciplina de Tópicos Especiais em Desenvolvimento de Aplicações Industriais, presente no curso de Mestrado Profissional em Engenharia de Controle e Automação, oferece aos alunos um ambiente propício para a exploração de temas inovadores e relevantes para a indústria moderna. Um dos destaques recentes foi o trabalho de construção de um gêmeo digital, aplicado na aprendizagem prática e imersiva dos conceitos de engenharia de controle e automação.

O gêmeo digital, uma representação virtual e interativa de um sistema físico real, proporcionou aos alunos uma experiência de aprendizado única e valiosa. Através da simulação de cenários diversos e da manipulação de variáveis do sistema, os alunos puderam observar em tempo real o comportamento do processo industrial e os efeitos de suas ações de controle.

A aplicação do gêmeo digital na disciplina Tópicos Especiais em Desenvolvimento de Aplicações Industriais apresentou diversos benefícios:

- Aprendizagem prática e contextualizada: Os alunos puderam aplicar seus conhecimentos teóricos a situações reais e complexas da indústria, desenvolvendo habilidades práticas e contextualizadas.
- Visualização e interação: A representação gráfica intuitiva do gêmeo digital facilitou a compreensão dos conceitos abstratos de engenharia de controle e automação, permitindo que os alunos visualizassem e interagissem com o sistema de forma dinâmica.
- Exploração de diferentes cenários: A simulação de cenários hipotéticos e a manipulação de variáveis permitiram que os alunos explorassem diferentes comportamentos do sistema e testassem diferentes estratégias de controle, desenvolvendo habilidades de análise crítica e resolução de problemas.
- Desenvolvimento de projetos práticos: Os alunos puderam aplicar seus conhecimentos e habilidades no desenvolvimento de projetos práticos utilizando o gêmeo digital, consolidando sua aprendizagem e preparando-os para os desafios da indústria real.

O sucesso da aplicação do gêmeo digital na disciplina Tópicos Especiais em Desenvolvimento de Aplicações Industriais demonstra o potencial dessa ferramenta inovadora para transformar a educação em engenharia. A experiência imersiva e prática proporcionada pelo gêmeo digital contribui para a formação de profissionais mais qualificados e preparados para os desafios da indústria 4.0.

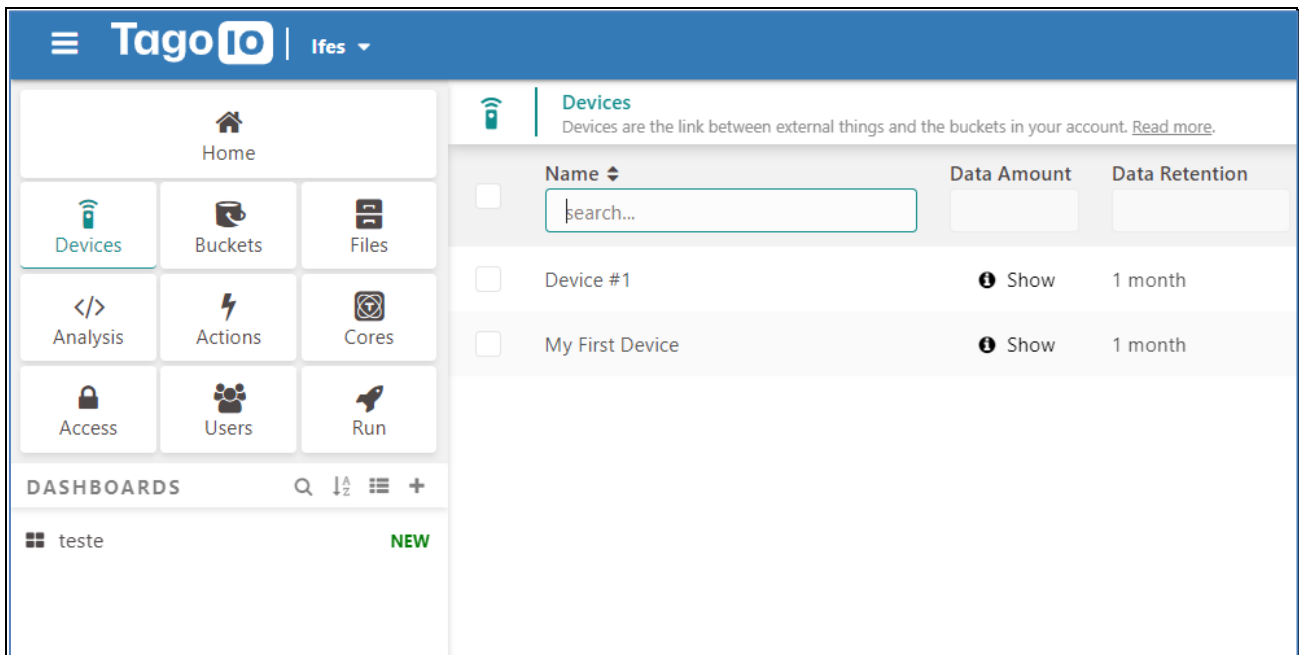
### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo, empregamos a plataforma TagoIO para monitoramento e controle de dispositivos da Internet das Coisas (IoT). Essa plataforma oferece recursos para coleta e armazenamento de dados provenientes de dispositivos IoT, bem como para o desenvolvimento de soluções finais, como dashboards personalizados para os clientes. O protocolo de comunicação utilizado para o envio de dados é o MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), conforme descrito por Andy Stanford-Clark, um de seus criadores.

A criação de conta na plataforma TagoIO é gratuita, proporcionando uma entrada acessível na plataforma para os usuários. Ao acessar a página do administrador, os usuários encontram um painel lateral que oferece acesso às opções disponíveis. No menu “Devices”, está disponível a opção “Custom MQTT”, permitindo que os usuários iniciem o protocolo de comunicação de forma personalizada como mostra a Figura 1.

Após a criação do Device, a ferramenta fornece um token com informações para serem configuradas no código Python responsável pelo envio dos dados. Usando o Google Colab, inicialmente, é instalada a biblioteca paho.mqtt para se conectar ao MQTT da TagoIO. Para isso usamos as configurações básicas de conexão, incluindo o endereço do broker, porta, nome de usuário e senha como mostra a Figura 2.

Figura 1- Painel lateral da plataforma TagoIO



Fonte: Autor 2024

Figura 2- Código Python

```

import paho.mqtt.client as mqtt
import json

# Configurações de conexão MQTT
mqtt_broker = "mqtt.tago.io"
mqtt_port = 1883
mqtt_username = "Token #2"
mqtt_password = "13a5341b-73ce-46fc-a309-345fc98c94f"
mqtt_topic = "Info/Teste"
  
```

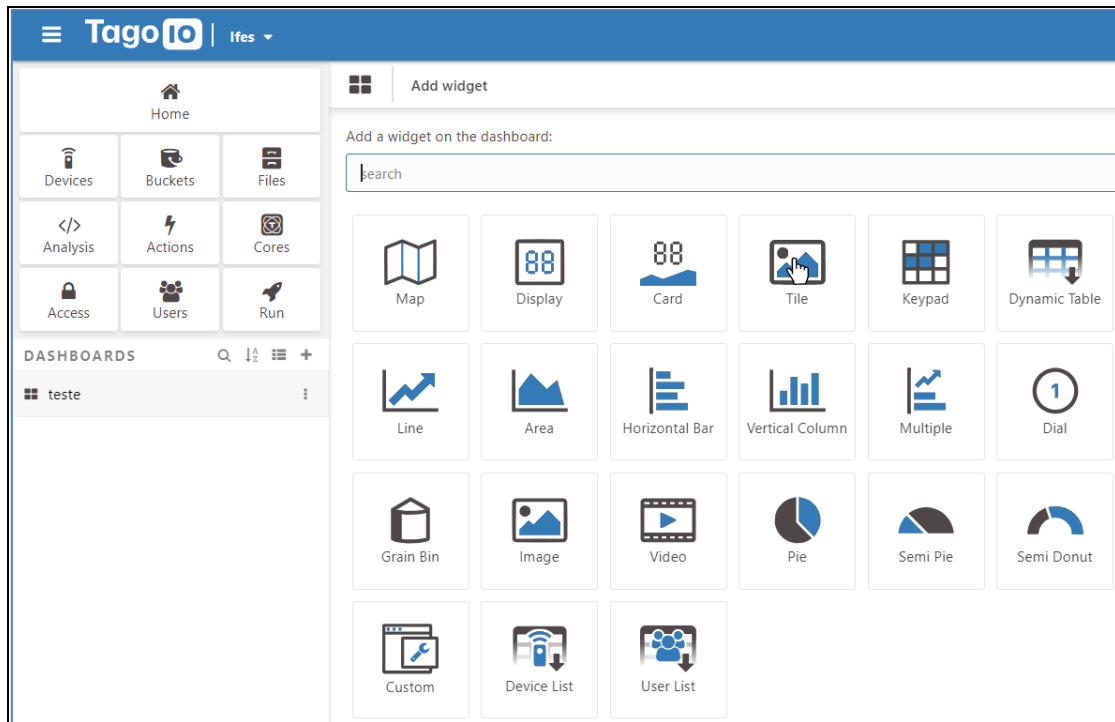
Fonte: Autor 2024

Para o envio das informações, é preciso configurar o token no ESP32 e também configurar o “Payload Parser” para que o JSON enviado pelo ESP32 fique no formato compatível com a plataforma. Com a integração já realizada dentro da configuração do Device utilizado, é possível ver os dados recebidos.

O armazenamento de informações na plataforma funciona por meio dos buckets, e para isso é necessário criar uma “action”, função que também está disponível no menu principal, e selecionar a opção “Insert to Device Bucket”.

Após essa etapa, já é possível selecionar para visualização as variáveis que são importantes para o cliente. E para a criação de Dashboards, também no menu inicial encontra-se um conjunto de widgets, que são componentes visuais para a apresentação e dos dados. A Figura 3 apresenta alguns dos widgets disponíveis, já a Figura 4 apresenta um exemplo de Dashboard criado.

Figura 3- Exemplo de widgets disponíveis



Fonte: Autor 2024

Figura 4- Exemplo de Dashboard



Fonte: Autor 2024

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A construção de uma planta didática para aplicação e aprendizado de um sistema Digital Twin é bem-vinda no ambiente educacional. A construção é de fácil implementação com os módulos pré-fabricados como o módulo mosfet pwm de 15A e 400W IRF 520 mostrado na Figura 5.

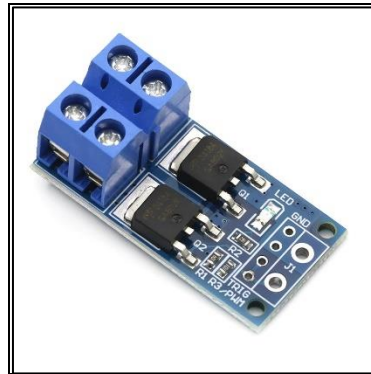


Figura 5 – Módulo mosfet PWM IRF 520

A planta didática gera o sinal de temperatura através de uma malha aberta de set point de PWM para um módulo mosfet. A leitura é realizada com um sensor de temperatura DS18B20 encapsulado. Junto ao módulo mosfet está uma carga resistiva de 10ohms, realizando a dissipação do calor. A tensão utilizada é de 10 Volts Vcc.

Em relação ao medidor de temperatura DS18B20 mostrado na Figura 6, o sensor utilizado possui características técnicas que atenderam bem ao projeto, principalmente quando analisada a questão custo-benefício. Devido ao fato de o sensor possuir encapsulamento, com a variação da temperatura pelo setpoint de pwm, um delay na resposta do sensor era observada, em comparação com um sensor que não possui encapsulamento. Dito isso podemos afirmar que, devemos considerar um tempo maior nas alterações do degrau de PWM no mosfet para acomodação da variável de temperatura no resistor, utilizando o controle em malha aberta.

Figura 6 – Sensor de temperatura DS18B20 encapsulado

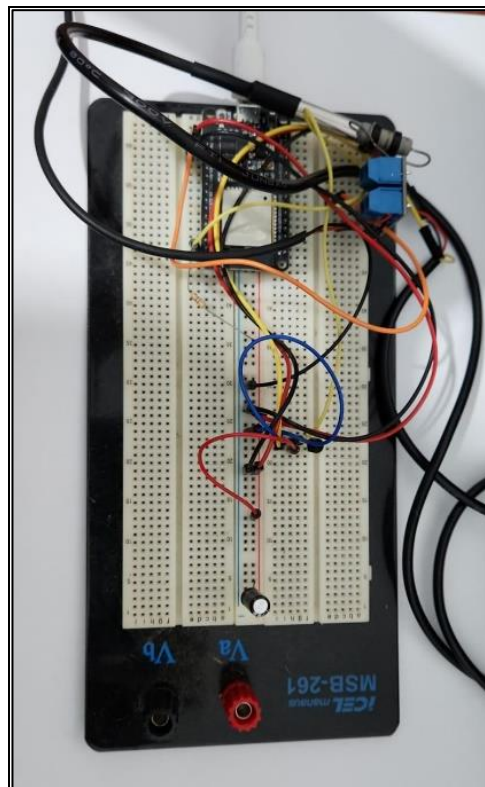


Fonte: Autores (2024)

A planta didática utilizando o ESP32 é uma boa ferramenta de aprendizagem pois o dispositivo possui o chip com antena embutida, uma interface usb-serial e regulador de tensão 3.3V. A programação pode ser feita em LUA ou usando a IDE do Arduino através de um cabo micro-usb. Com 4 MB de memória flash, o ESP32 permite criar variadas aplicações para projetos de IoT, acesso remoto, web servers e dataloggers, entre outros.

Ao comparar seu preço com todas as possibilidades que ele proporciona, é possível concluir que seu custo-benefício é excelente. A Figura 7 mostra a aplicação do ESP32 na planta montada para o projeto de digital Twin.

Figura 7 - Planta didática para desenvolvimento do trabalho de digital twin

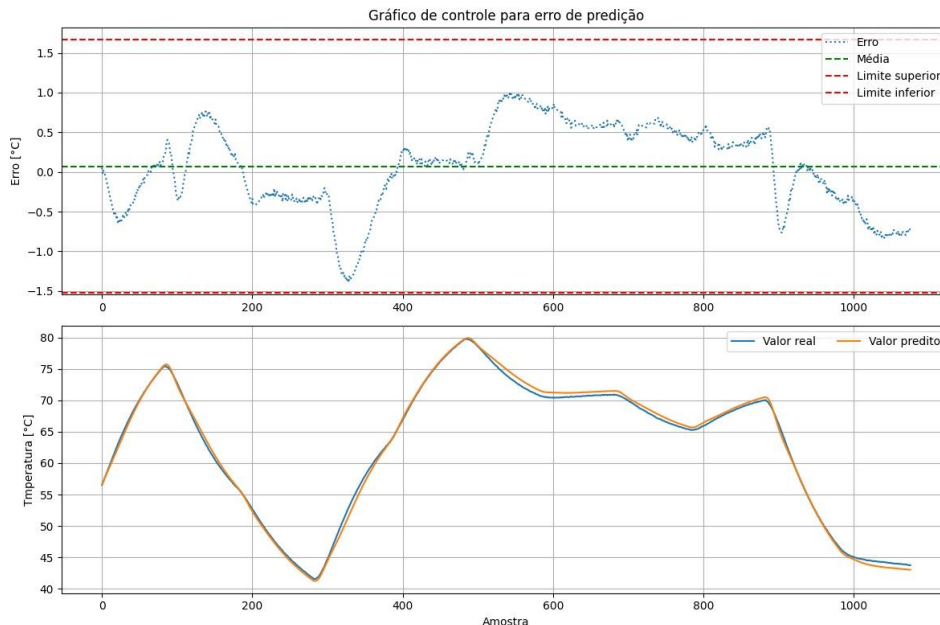


Fonte: Autores (2024)

A criação do código no Arduino para gerar o banco e posteriormente treinar o modelo é uma das partes mais importantes do processo de construção da planta didática. Nesse processo são aplicadas as técnicas de programação absorvidas em outras disciplinas. O banco de dados com 5 mil amostras gerado, foi utilizado para realizar o treinamento e a validação do modelo. Na Figura 8 é apresentado a utilização do modelo para realização de predição com um banco de dados de teste. As informações necessárias para replicar todo o experimento podem ser encontradas na página do projeto desenvolvida pelos alunos: <https://medium.com/@marjorieariele/integrando-esp32-%C3%A0-plataforma-tagoio-a2d3dcbd21bb>.



Figura 8 - Teste do modelo com predição de valores futuros



Fonte: Autores (2024)

A plataforma Tagolo é utilizado de forma a realizar a integração entre o modelo em Phyton que está sendo executado em um computador em rede e a planta didática que está implementada no ESP32 que por sua vez utiliza o meio físico ethernet wifi para também comunicar com a plataforma.

No entanto, é importante mencionar algumas limitações da tagolo, como a necessidade de conhecimento técnico para configurar e gerenciar dispositivos e fluxos de dados. Além disso, o custo pode ser um fator a considerar, especialmente para empresas que necessitam de recursos avançados e grande volume de dados.

Em resumo, a tagolo oferece uma solução abrangente para implementação de projetos de IoT, com benefícios como facilidade de integração, análise avançada de dados e suporte para serviços externos, mas também apresenta limitações em termos de complexidade técnica e custos associados.

Após o término da disciplina, uma observação crucial foi a notável motivação dos alunos em estudar e compreender o conteúdo quando as aulas eram complementadas por atividades práticas. A abordagem convencional, centrada em aulas expositivas e avaliações escritas, muitas vezes torna o processo de aprendizagem tedioso e desafiador, especialmente devido à quantidade de equações e cálculos complexos, além do alto nível de abstração exigido dos estudantes.

Um aspecto positivo evidenciado foi o aumento no número de alunos que conseguiram visualizar as aplicações reais da disciplina, algo crucial para os futuros engenheiros. A adoção de uma metodologia de ensino baseada em projetos possibilitou uma aprendizagem mais contextualizada e atual, rompendo com a rigidez das formas tradicionais de ensino e transmissão de conteúdo.

O engajamento e o desempenho dos alunos no estudo de Microcontroladores sob essa metodologia foram notavelmente superiores em comparação com a abordagem tradicional, principalmente devido à liberdade proporcionada para explorar o conteúdo no ritmo próprio de cada aluno. Além disso, a ênfase na visualização de aplicações práticas em vez de apenas cálculos abstratos e simulações contribuiu significativamente para a integração de diferentes áreas de conhecimento, facilitando assim a absorção efetiva dos conteúdos da disciplina.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem de ensino baseada em montagens proporcionou uma imersão valiosa aos estudantes do curso de Engenharia Elétrica, permitindo que eles experimentassem dinamicamente as disciplinas de eletrônica, programação, mecânica e sistemas embarcados.

As experiências obtidas incluíram trabalho em equipe com foco na segurança e conformidade legal, leitura e interpretação de manuais, elaboração de projetos, desenvolvimento das habilidades de comunicação em público, uso adequado das ferramentas básicas de manutenção elétrica, domínio dos manuais de equipamentos elétricos, aprendizado em organização e gestão de materiais elétricos. Para os alunos, essa vivência representou uma preparação precoce para o ambiente de trabalho futuro, especialmente nas linhas de montagem industriais.

O protótipo desenvolvido se destacou pelo baixo custo em comparação com produtos comerciais similares, oferecendo dados confiáveis e precisos em suas medições. Tornou-se uma ferramenta didática essencial para apoiar o ensino e aprendizagem na graduação em Engenharia Elétrica. Sua principal vantagem está na capacidade de supervisão remota dos dados medidos, acessíveis a qualquer usuário conectado à internet, seja por computadores ou dispositivos móveis.

Olhando para o futuro, as perspectivas de trabalho incluem: (a) a incorporação de um maior número de sensores ao projeto; (b) o desenvolvimento de um sistema especialista para detecção e diagnóstico de falhas nos sensores, atuadores e no tanque; (c) a exploração das capacidades do ESP32 na criação de um servidor Web dedicado; (d) a criação de um aplicativo Bluetooth/Web para monitoramento via dispositivos móveis. Essas iniciativas visam aprimorar ainda mais a funcionalidade e utilidade do protótipo, alinhando-o às demandas e avanços tecnológicos da área.

## AGRADECIMENTOS

Ao (informado na versão final), por ofertar ensino público, gratuito e de qualidade. Ao Programa de Pós-Graduação (informado na versão final) do (informado na versão final), em especial à disciplina de Tópicos Especiais em Desenvolvimento de Aplicações Industriais, cujos conhecimentos adquiridos foram essenciais para o desenvolvimento e aprimoramento deste estudo.

Este trabalho foi apoiado pela CAPES/FAPES (processo: 2021-CFT5C, nº FAPES 133/2021) no âmbito do PDPG (Programa de Desenvolvimento da Pós-Graduação - Parcerias Estratégicas nos Estados).

## REFERÊNCIAS

- TIPÁN, L. F e RUMIPAMBA, J.A. Medidor inteligente de energía eléctrica utilizando la tarjeta electrónica Raspberry Pi. **Revista Técnica Energía**. Edición nº 14, Enero 2018. ISSN 1390-5074.
- ZOCAL, R. A atividade leiteira retratada no Censo Agropecuário 2017. **Revista Balde Branco**. Vol. 53 n. 646. São Paulo - SP: Balde Branco. P. 16-17. 2018.
- DULES, L. F., et al. Desenvolvimento de um sistema móvel e automático a telemetria para monitoramento de temperaturas em águas poluídas de rios e lagoas. **Anais**, VII Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação (CONNEPI), Palmas – TO, 2012.
- SANTANA, T. S., et al. Monitoramento em tempo real de parâmetros físico-químicos: pH e temperatura, usando hardware livre. **Anais**, VI Congresso de Iniciação científica do IF Goiano, Goiânia –GO, 2017.
- FELIPEFLOP. **Display LCD Nokia 5110**. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/display-lcd-nokia-5110/>. Acesso em: 29 de maio de 2020.
- FELIPE, N. **Sensor ultrassônico JSN**. Disponível em: <https://niltonfelipe.wordpress.com/2019/05/29/sensor-ultrasonico-jsn-sr04t/>. Acesso em: 29 de maio de 2020.
- OLIVEIRA, E. **Como usar com Arduino – Sensor de Temperatura DS18B20 Prova D’água do Tipo Sonda**. Disponível em: <https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-sensor-de-temperatura-ds18b20-prova-dagua-do-tipo-sonda/>. Acesso em: 29 de maio de 2020.
- SULINOX, Ordnhadeiras. **Manual do proprietário: Tanque refrigerador de leite a granel**. Disponível em: [http://sulinox.com/manuais/Resfriador\\_de\\_Leite.pdf](http://sulinox.com/manuais/Resfriador_de_Leite.pdf). Acesso em: 24 maio de 2020.
- USINAINFO. **Sensor de pH Arduino + Módulo de Leitura**. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/outros-sensores-arduino/sensor-de-ph-arduino-modulo-de-leitura-5316.html>. Acesso em: 29 de maio de 2020.

## UNVEILING THE POTENTIAL OF MACHINE LEARNING IN EDUCATION: AN INTEGRATED APPROACH USING A WEB PLATFORM.

**Abstract:** *This work highlights the search for innovative solutions in practical engineering education, especially in the area of temperature control. It explores the integration of technologies such as deep learning and LSTM neural networks with TagoIO, a robust platform for monitoring and control in the Internet of Things (IoT). The developed application uses TagoIO to monitor real-time temperature in an educational plant, applying*

*LSTM neural networks for precise control. These networks are known for handling sequential data well, making them ideal for dynamic systems like this. The development process involved collecting and preprocessing temperature data, training LSTM networks with Tensorflow, and integrating with TagoIO for real-time control. This resulted in benefits such as precise temperature control, real-time monitoring, ease of use, and flexibility to adapt the application to other dynamic systems. This approach demonstrates the potential of deep learning and LSTM networks in the educational and research context of engineering. The integration with TagoIO makes the application accessible and promising for various educational and research environments.*

**Keywords:** Engineering Education, IoT Integration, LSTM Neural Networks

