

## Protótipo de planta para ensaios de automação

Platforme prototype to industrial automation tests

Prototipo de planta para pruebas de automatización

Recebido: 05/02/2022 | Revisado: 10/02/2022 | Aceito: 22/03/2022 | Publicado: 29/03/2022

### **Edvan da Rocha Silveira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5914-4709>  
Universidade Federal do Amapá, Brasil  
E-mail: [edvan.rsilveira@gmail.com](mailto:edvan.rsilveira@gmail.com)

### **Laís dos Santos Brito**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8659-9215>  
Universidade Federal do Amapá, Brasil  
E-mail: [lais.brito6@gmail.com](mailto:lais.brito6@gmail.com)

### **Allan Guilherme Lima Pena**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0616-524X>  
Universidade Federal do Amapá, Brasil  
E-mail: [allgui9696@gmail.com](mailto:allgui9696@gmail.com)

### **Paulo Roberto Moutinho de Vilhena**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8205-304X>  
Eletronorte – Eletronorte, Brasil  
E-mail: [prmoutinho@gmail.com](mailto:prmoutinho@gmail.com)

### **Werboston Douglas de Oliveira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4566-6290>  
Universidade Federal do Amapá, Brasil  
E-mail: [wdoliveira@unifap.br](mailto:wdoliveira@unifap.br)

### **Resumo**

O conhecimento das plantas industriais é essencial para a sociedade atual. Este trabalho teve como objetivo criar um protótipo de plataforma (EDSLAB) que facilite o teste de plantas industriais. Foi desenvolvido com o objetivo de reunir os elementos básicos da infraestrutura necessária para a elaboração de duas das plantas mais comuns para processos automatizados industriais em uma única plataforma: sistemas de envase e arrefecimento. Considerando a intersecção de elementos necessários nesses dois projetos de automação, como controladores lógicos programáveis, fontes de alimentação correntes diretas e alternadas, relés, entre outros, esses elementos foram agrupados em uma estrutura organizada de forma genérica, uma vez que para suprir as mais diversas necessidades de projeto, os componentes devem ter posicionamento estratégico e as estruturas devem suportar o acoplamento de inúmeras ferramentas de medição e outros equipamentos. O conjunto obtido permite tanto automação quanto supervisão de processos automáticos através de uma interface homem-máquina. O controle das plantas industriais foi realizado pelo controlador lógico programável LOLLETE LE3U-56MR6AD2DA, da Mitsubishi®. Para fiscalização foi implementada a interface homem-máquina Kinco®, modelo MT4434T. Os testes realizados obtiveram uma realização satisfatória, demonstrando não apenas os processos inerentes aos sistemas de envase e arrefecimento, mas também propriedades gerais de projetos de automação industrial.

**Palavras-chave:** Protótipo de plataforma; Controladores lógicos programáveis; Projetos de automação; Controle das plantas; Automação industrial.

### **Abstract**

The knowledge of industrial plants is essential for today society. This work aimed to create a platform prototype (EDSLAB) that facilitates testing of industrial plants. It was developed with purpose of bring together the basic elements of the necessary infrastructure for the elaboration of two of the most commons plants for industrial automated processes in a single stand: filling and cooling systems. Considering the intersection of necessary elements in these two automation projects, such as programmable logic controllers, direct and alternating current power supplies, relays, among others, these elements were grouped in a structure arranged in a generic way, since to supply the most diverse design needs, the components should have strategic positioning and the structures should support the coupling of countless measuring tools and other equipment. The obtained set allows both automation and supervision of automatic processes through a human-machine interface. The industrial plants control it was performed by the logic programmable controller LOLLETE LE3U-56MR6AD2DA, from Mitsubishi®. To supervision it was implemented the human-machine interface Kinco®, model MT4434T. The tests performed obtained a satisfactorily accomplishment, demonstrating not only the processes inherent of filling and cooling systems, but also general properties of industrial automation projects.

**Keywords:** Platform prototype; Programmable logic controllers; Automation projects; Plants control; Industrial automation.

### Resumen

El conocimiento de las plantas industriales es esencial para la sociedad actual. Este trabajo tuvo como objetivo crear un prototipo de plataforma (EDSLAB) que facilite las pruebas de las plantas industriales. Fue desarrollado con el objetivo de reunir en una sola cabina los elementos básicos de la infraestructura necesaria para la elaboración de dos de las plantas más comunes para procesos automatizados industriales: sistemas de llenado y refrigeración. Considerando la intersección de elementos requeridos en estos dos proyectos de automatización, tales como controladores lógicos programables, fuentes de alimentación de corriente continua y alterna, transmisiones, entre otros, estos elementos se agruparon en una estructura organizada de manera genérica, ya que para satisfacer las más diversas necesidades de diseño, los componentes deben tener posicionamiento estratégico y las estructuras deben soportar el acoplamiento de numerosas herramientas de medición y otras equipo. El montaje obtenido permite tanto la automatización como la supervisión de procesos automáticos a través de una interfaz hombre-máquina. El control de las plantas industriales fue realizado por el controlador lógico programable LOLLETE LE3U-56MR6AD2DA, de Mitsubishi®. Para la inspección, se usó la interfaz hombre-máquina de Kinco, modelo MT4434T. Las pruebas obtuvieron un rendimiento satisfactorio, demostrando no solo los procesos inherentes a los sistemas de llenado y enfriamiento, sino también las propiedades generales de los proyectos de automatización industrial.

**Palabras clave:** Prototipo de plataforma; Controladores lógicos programables; Proyectos de automatización; Control de las plantas; Automatización industrial.

## 1. Introdução

A educação na graduação tem se mostrado um grande desafio, devido ao fato de que muitos dos alunos apresentam muitas dificuldades no aprendizado de diversas disciplinas, e isso não é diferente na área de elétrica e eletrônica. No meio acadêmico das engenharias, o alto índice de reprovações nos cursos, por não conseguirem entender o conteúdo das disciplinas, são comuns, tornando-se objeto de estudos de diversas pesquisas, pois é uma das principais causas de evasão de discentes (Kieckow et al., 2018). Os alunos muitas das vezes passam a maioria da carga horária de seu curso apenas vendo conceitos teóricos e quando este é apresentado para o mercado de trabalho sente tremenda dificuldade pela falta de aplicação de seus conhecimentos (Matos & Larquer, 2017). De acordo com Carvalho e Mourão (2020), uma abordagem completamente teórica é monótona, mas quando os conteúdos são debatidos por meio do uso de práticas experimentais, a curiosidade emerge provocando mais motivação. Os cursos de graduação das engenharias tiveram suas diretrizes curriculares modificadas na legislação brasileira (a Lei Nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996). A relação teórico-prática do ensino é constantemente citada nos cursos de engenharia, visando sempre o melhor aproveitamento para a transferência e geração de conhecimento (Pinho, et al., 2021).

Os processos industriais, vistos amplamente de forma teórica nos cursos de engenharia voltados para eletricidade, são um grande exemplo de como a distância entre a prática e a teoria pode prejudicar o desempenho profissional de acadêmicos recém-formados. São procedimentos complexos que necessitam de um nível mínimo de experiência para serem operados. De acordo com (Fogaça et al., 2021), é esperado dos egressos no mundo da automação industrial um perfil onde a capacidade de, dada uma situação-problema, construir uma lógica de pensamento através do diagnóstico da situação, e então construir um procedimento de solução, único e contextualizado para aquele caso.

O controle dos processos industriais é a combinação de subsistemas de plantas e dispositivos eletrônicos para fins de saídas de processos de controle, mantendo-os na faixa de condições de operação. Os processos de automação visam a substituição do trabalho humano ou animal por meio de trabalhos de máquinas (Seborg, Edgar e Doyle III, 2011). Assim, os mecanismos devem ser capazes de um próprio desempenho, programados por parâmetros predeterminados que os fazem agir ou reagir ao longo do tempo (Ribeiro, 2001). O aumento das pesquisas relacionadas às automações industriais vem de aplicações de resultados e da utilização de dispositivos para processos e otimização de espaço, além da economia de recursos e tempo (Parede, 2011). Nessa perspectiva, a compreensão da automação industrial e da instrumentação é fundamental para

alcançar melhores resultados. Assim, quanto mais cedo discentes da área tiverem contato com estes processos industriais, melhor serão seus aproveitamentos.

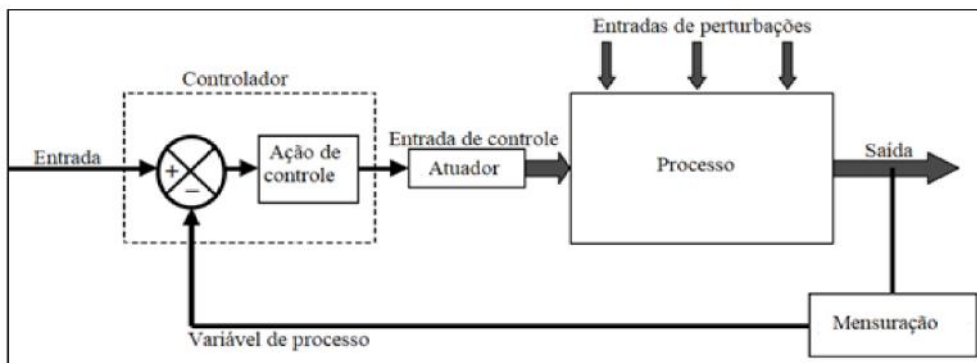
Esses processos podem ser facilmente avaliados ao reunir os instrumentos em um ambiente capaz de simular um cenário real, no qual as variáveis podem ser controladas para realizar a tarefa projetada, trazendo compreensão profunda sobre o processo e evitando erros. A metodologia de utilizar módulos didáticos para o estudo de variáveis físicas em aulas práticas proporciona o estreitamento da fronteira do mundo teórico acadêmico com o ambiente prático industrial (Ferreira, Sousa & Neto, 2019).

Partindo deste princípio, este trabalho apresenta a elaboração de um protótipo de plataforma capaz de mostrar os princípios das plantas de automação industrial, facilitando a compreensão de sistemas industriais. A plataforma permite simulações de processos de envase e arrefecimento que cumprem os requisitos de operação de plantas industriais, utilizando uma interface homem-máquina (IHM), sensores, atuadores e controlador lógico programável (CLP). O CLP Mitsubishi usado neste projeto rege os sinais de saída de acordo com a lógica de controle do programa anteriormente armazenada na memória ou na unidade central de processamento (CPU) do CLP, com base no estado dos sinais de entrada. De acordo com Knapp e Langill (2017), o IHM é um painel de controle para o CLP, substituindo switches físicos no campo por representações gráficas do processo em uma tela sensível ao toque. Permite que os operadores iniciem e parem ciclos, ajustem parâmetros e executem outras funções necessárias para interagir com os processos de controle. Neste trabalho, esse papel tem sido desempenhado pelo Kinco IHM (Silveira & Brito, 2021).

## 2. Metodologia

Para Dunn (2013), o controle de processo pode ser caracterizado de duas formas: (1) por um controle sequencial, que é um processo baseado em eventos no qual segue uma sequência até que o processo seja concluído; (2) por controle contínuo, onde se tem um monitoramento e ajuste contínuo das variáveis. O controle de processos é dependente da instrumentação, na qual se faz necessário a compreensão das variáveis pertinentes para manipulação como: vazão, nível, temperatura e deslocamento. As mensurações destas variáveis podem ser feitas de forma simultâneas ou separadas, exigindo sistemas complexos de microprocessadores para o controle eficiente.

**Figura 1:** Diagrama de blocos de um sistema de controle



Fonte: Altmann (2005).

Uma forma simplificada para entender o controle de processos é ilustrada no diagrama de blocos da . Os sistemas básicos consistem em um loop de controle, com quatro componentes principais: (1) uma medida de estado; (2) um controlador calculando uma ação com base nessa medida em relação a um valor predefinido; (3) um sinal de saída resultante do cálculo do

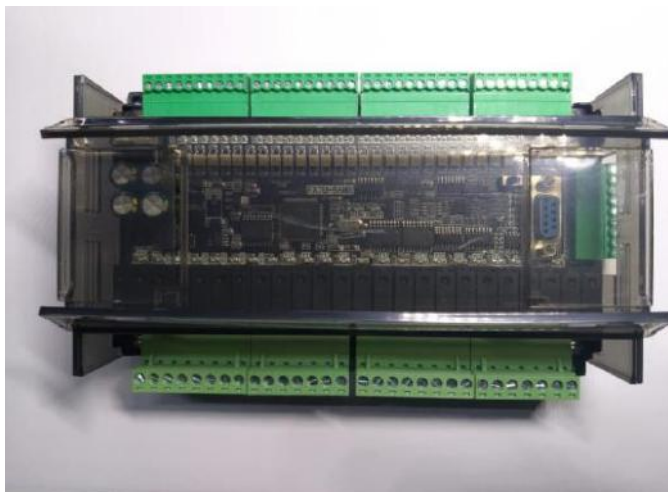
controlador, normalmente usado para manipular a ação do processo através de um atuador e (4) o próprio processo reagindo a esse sinal e alterando seu estado (Altmann, 2005).

A automação, segundo Moraes e Castrucci (2010), é composta por cinco níveis de controle para o gerenciamento da planta industrial e da empresa, sendo eles: O nível 1, do qual fazem parte os dispositivos de campo, sensores e atuadores. Nível 2, que corresponde ao controle. O nível 3 é composto pelos equipamentos de supervisão e banco de dados com informações relativas ao processo. O planejamento e gerenciamento da planta fica no nível 4. E por fim, temos o nível 5, com o gerenciamento corporativo.

O Laboratório de Simulação e Desenvolvimento de Equipamentos (EDSLAB) foi projetado para oferecer a infraestrutura necessária para que o usuário possa simular processos industriais, onde seja possível dar comandos manuais ou automáticos através de uma IHM touchscreen e um CLP para armazenamento e execução de lógica comandos. A plataforma foi projetada e construída em estrutura de MDF e metalon com as seguintes dimensões: 2x1,95x0,94m. A estrutura serve de suporte para a fixação de sensores, atuadores e quaisquer periféricos que o usuário pretenda utilizar.

O painel de controle é equipado com fontes de alimentação DC de 24, 12 e 5 V, réguas de terminais, botão de parada de emergência, relés de comando, CLP e IHM. O controlador lógico é um LOLLETTE LE3U-56MR6AD2DA (ver **Figura 2.(a)**), um modelo genérico FXCPU de 56 portas FX3U CLP Mitsubishi, com uma porta serial RS232 para lógica de controle de programação e monitoramento, comunicação modbus que permite a interação com o IHM e outros periféricos. Sua programação é feita em linguagem Ladder e utiliza o software GX Developer ou GX Works para desenvolver os códigos. Para a supervisão do EDSLAB, o Kinco IHM modelo MT4434T que vem utilizando (ver **Figura 2.(b)**), que permite o monitoramento em tempo real dos processos realizados na plataforma, possui tela sensível ao toque de 7 polegadas com display colorido. O software IHMware permite a criação de telas gráficas e simulação online pelo computador.

**Figura 2:** (a) Controlador Lógico Programável; (b) Interface Homem-Máquina.



(a)

Fonte: Lollette (2021).



(b)

Fonte: Kinco (2020).

Apresentados os elementos comuns aos sistemas industriais que vem utilizando, o processo de desenvolvimento de cada um será agora descrito em detalhes: sistema de envase e sistema de refrigeração.

## 2.1 Sistema de Envase

Na linha produtiva existem inúmeros maquinários, no qual a tendência é que todo o processo seja automatizado. Dentre esses equipamentos, a máquina de envase é aquela que dosa uma porção de um produto líquido na embalagem. Quando se fala sobre máquinas de envase, considera-se que elas sejam o “coração” dessas linhas de produção. Dependendo das características do líquido e da precisão desejada, o sistema de envase podem mudar de perfil (Caldas, 2020). Diante desta afirmação, o sistema de envase elaborado neste trabalho deve ser capaz de remover o líquido de um reservatório principal e seguir um caminho enchendo recipientes menores com esse líquido. Como reservatório, foi utilizado um vaso de polipropileno transparente com capacidade de 16,6 litros. Tubos de PVC soldáveis de 20 mm foram usados para fazer os dutos de fluxo de fluido. A escolha desses tubos se deu pela facilidade de conexão entre as peças.

Sobre os componentes elétricos, para a circulação do fluido nas tubulações, foram utilizadas minibombas de 24 V, modelo ZYW680 com capacidade de vazão de 800 litros por hora. Para medir o nível do líquido no reservatório, sensores tipo boia horizontal (Figura 3.(b)) foram utilizados para que o sistema identifique e evite o transbordamento do reservatório ou mesmo se o nível do líquido atingiu seu limite mínimo. Para detectar o nível do líquido nos recipientes que recebem o líquido no sistema de envase, foi utilizado o sensor de nível do tipo boia (Figura 3.(a)) que funciona verificando quando o nível máximo do líquido é atingido no interior da garrafa de envase. Para o deslocamento do atuador linear e dosador de envase até os recipientes, foi montado um carrinho que percorre 80 cm horizontalmente. Isso é acoplado a um fuso que é acionado por um motor de passo. A determinação do início e fim da viagem do carro é feita por dois sensores de proximidade, modelo LJ12A3-4-Z / BX (Figura 3.(c)).

**Figura 3:** Sensores do sistema de envase: (a) sensor de nível tipo boia; (b) sensor de nível flutuador horizontal e (c) sensor de proximidade.



(a)

Fonte: Autores (2020).



(b)

Fonte: USINAINFO (2020).



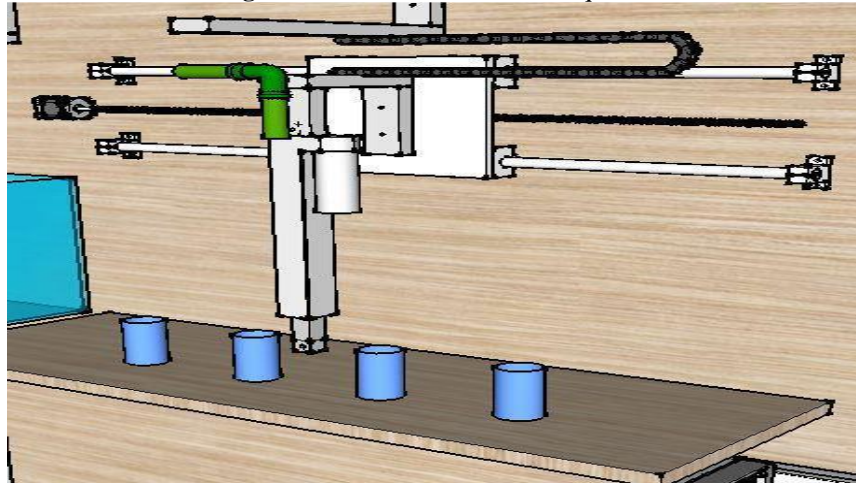
(c)

Fonte: Autores (2020).

O movimento vertical do bocal de envase é feito por um atuador linear. Possui haste de 20 cm de comprimento, movida por motor elétrico de 12 V e é responsável por aproximar o dispensador, evitando que o líquido caia do recipiente.

Por fim, a montagem mostrada na foi obtida e a construção do algoritmo responsável por fazer o processo foi realizada. Posteriormente a programação Ladder dos layouts CLP e IHM foi escrita e implementada na plataforma EDSLAB. Os locais onde os contêineres são posicionados possuem atuadores que acionam uma chave posicionada no carro indicando a posição exata dos contêineres.

**Figura 4:** Sistema de envase de líquidos.



Fonte: Autores (2020).

## 2.2 Sistema de Arrefecimento

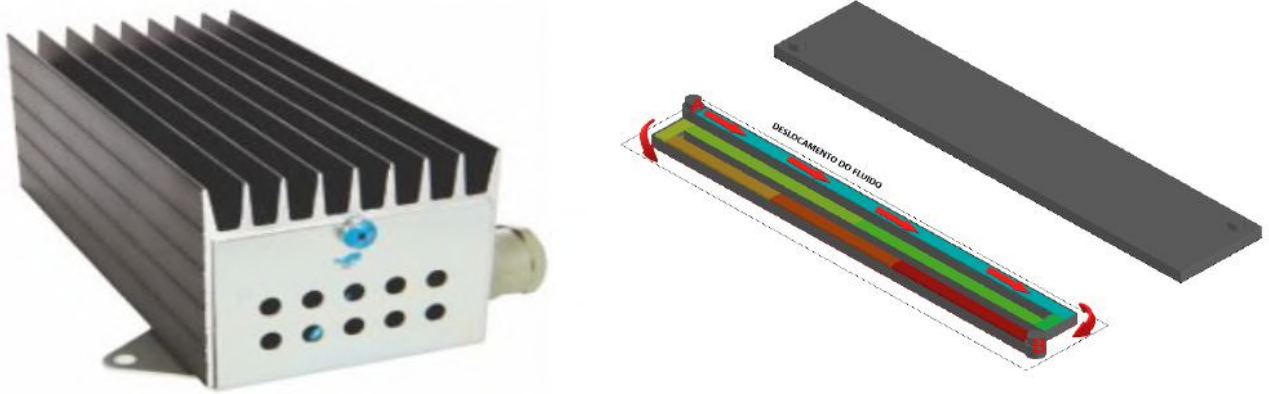
O arrefecimento (ou refrigeração) industrial, a exemplo do condicionamento de ar, tem como objetivo o resfriamento de alguma substância ou meio e/ou manutenção de sua temperatura abaixo da do ambiente. A refrigeração industrial pode ser caracterizada pela faixa de temperatura de operação ou por meio de suas aplicações (Jabardo & Stoecker, 2018). Para o sistema de refrigeração elaborado, foi necessário utilizar uma fonte de calor que simule um equipamento ou sistema que precisa ter uma temperatura controlada. Para esta função, vem utilizando um aquecedor da marca TASCOS LTDA. com encapsulamento em alumínio e base em chapa de aço com 0,9 mm de espessura, como o da Figura 5.(a). Ao aplicar tensão em seus terminais, a corrente que circula entre eles faz com que sua temperatura seja gradualmente elevada até o limite máximo de 55°. A ideia geral do sistema de arrefecimento é determinar uma temperatura que, ao ser atingida, o sistema deve atuar para resfriar a fonte de calor.

Foi decidido construir um sistema refrigerado a água. Foi utilizado um reservatório, uma bomba, tubos e sensores de nível idênticos aos aplicados no sistema de envase e um bloco de alumínio para representar o sistema a ser resfriado pela troca de calor com água. A eficiência do alumínio para dissipação de calor foi levada em consideração na escolha deste bloco. Este tipo de bloco é normalmente utilizado no arrefecimento de CPU de computadores ou inversores industriais. Tem 20 cm de comprimento, 4 cm de altura e 1,2 cm de espessura com orifícios de 0,8 cm para entrada e saída de líquidos.

A função do bloco é transferir o calor gerado pelo processo para o fluido que inicialmente estará em temperatura ambiente e entrará pelo orifício “A” passando por todo o bloco absorvendo calor até a saída “B” (ver Figura 5.(b)). Nesse ponto o fluido será direcionado para o radiador que possui entrada e saída para refrigerante, medindo 270 mm de comprimento, 118 mm de altura e 30 mm de espessura, além de possuir ventilação forçada feita por duas ventoinhas fixadas em sua estrutura que servem para auxiliar resfrie o líquido de arrefecimento.

A obtenção da temperatura da fonte de calor é realizada pelo sensor de temperatura PT100 que pertence ao grupo de sensores detectores de temperatura por resistência (RTD). Este sensor possui os compostos produzidos em platina com resistência de 100Ω a 0 °. O princípio de funcionamento deste sensor ocorre utilizando a mudança de resistência para indicar o valor da temperatura na faixa de 0 ° C a 400 ° C. Este sensor é composto por dois fios de conexão que representam pontos de junção no sensor, o material da sonda é aço inoxidável, 50 mm de comprimento e 4 mm de diâmetro, o cabo tem 0,4 m de comprimento. Um transdutor foi associado a este sensor para condicionar o sinal de resistência à corrente (4 a 20mA). Este tipo de sensor possui uma boa precisão, oferecendo ao EDSLAB excelente estabilidade e repetibilidade dos testes propostos.

**Figura 5:** (a) Resistor para fonte de aquecimento; (b) Interior do bloco de alumínio.



(a)

Fonte: TASC0 LTDA. (2020)

(b)

Fonte: Autores (2020).

### 3. Resultados e Discussão

O protótipo concebido neste trabalho pode ser melhor compreendido observando a . Nesta figura estão listadas 3 áreas principais da plataforma. A primeira área (amarela) possui espaço livre para inserção dos sistemas de envase e arrefecimento, onde podem ser fixados tapetes, sensores, tubulações, canais e tudo. O segundo (vermelho) é o painel de controle que armazena de forma compacta todos os elementos de supervisão e controle, além das fontes de alimentação. Na terceira área (azul) foi instalada a IHM, que permite ao usuário monitorar os processos e definir os valores.

**Figura 6:** Montagem da EDSLAB e seus setores.

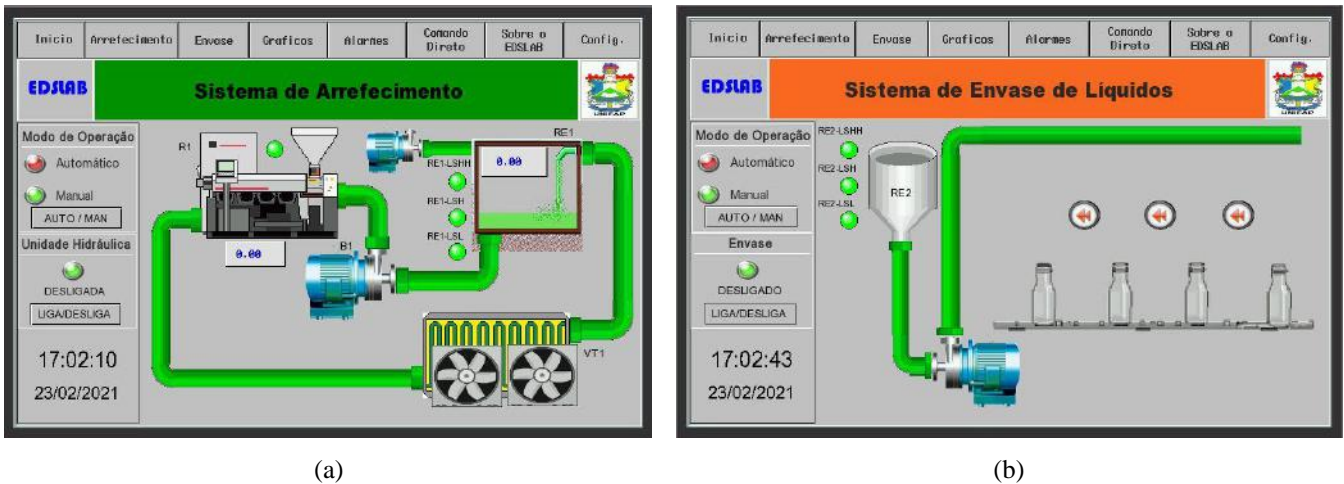


Fonte: Autores (2020).

O painel de controle, que é a parte crítica da obra, pois contém os principais elementos da infraestrutura. O painel de controle possui todos os seus elementos identificados de acordo com o diagrama elétrico, possui ainda iluminação interna e um soquete facilitando a conexão com computadores.

Para a validação do EDSLAB, foi estipulado que os exemplos de aplicação devem seguir um protocolo de trabalho, de forma que seja comprovada a possibilidade de utilização da plataforma em testes. Além disso, foi decidido que toda a estrutura a ser montada deve ser conectada à estrutura da plataforma sem a necessidade de o usuário ter que usar suportes estruturais separados. A Figura 7 mostra a tela da IHM para monitoramento do sistema de arrefecimento e envase, respectivamente. Nessas telas é possível entender os processos das plantas e mudar o modo de operação para manual ou automático.

**Figura 7:** Tela de controle na IHM do (a) sistema de arrefecimento e do (b) sistema de envase de líquidos.



Fonte: Autores (2020).

Ainda na IHM é possível acompanhar em tempo real importantes variáveis do processo, como as mudanças na temperatura da máquina e do líquido do sistema de refrigeração. Também é possível controlar diretamente algumas partes das plantas industriais do sistema apresentado. Na Figura 8 são observados os principais elementos de cada sistema, onde é possível acionar ou desabilitar separadamente um a um.

**Figura 8:** Tela de controle manual de dispositivos na IHM do (a) sistema de arrefecimento e do (b) sistema de envase de líquidos.



Fonte: Autores (2020).



### 3.1 Sistema de envase

O sistema de envase foi montado com os materiais e seguindo os parâmetros já mencionados. Após a obtenção do algoritmo, o código foi escrito em linguagem Ladder para ser executado pelo CLP. Após energizar a plataforma, o sistema verifica a posição do carro no percurso e se não estiver na posição inicial (lado esquerdo) o carro é movido até que esteja. Uma vez que o carro chega ao início do percurso o operador pode dar a partida no modo automático, neste momento o nível do reservatório é verificado e se estiver com um nível aceitável, o processo de envase é iniciado onde o carro se move para a direita até que a posição de envase seja detectada pelo sensor. Neste ponto o atuador linear é estendido, aproximando o bico dosador do recipiente, e caso seja detectado a bomba é acionada para injetar líquido. A injeção de líquido é mantida até que o nível do líquido no recipiente atinja determinado nível, o que é verificado por um sensor de nível acoplado ao bico dosador. Depois que a bomba é desenergizada, o braço é retraído e o carro é movido para o próximo recipiente e assim o processo continua até que o interruptor de limite seja detectado. Nesse ponto, o carro retorna à posição inicial, completando o ciclo do processo.

### 3.2 Sistema de arrefecimento

Sem desmontar o sistema de envase, o sistema de refrigeração foi instalado. Devido ao grande tamanho da plataforma, não houve nenhum problema quanto ao espaço necessário para a montagem. Primeiro, é determinada uma temperatura na qual o sistema deve atuar. Em seguida, assim que a plataforma é energizada e o processo iniciado, o resistor é ligado, simulando o aquecimento de uma máquina durante o desempenho de suas funções. A partir daí, o sensor de temperatura inicia suas leituras e acompanha sua evolução para que quando o resistor atingir a temperatura já determinada, possa iniciar o processo de resfriamento conectando a bomba e ventiladores, o que fará com que a água do reservatório percorra a tubulação, passando pela massa de alumínio, radiadores e por fim, retorna ao reservatório fazendo com que a temperatura do bloco de alumínio volte a se aproximar da temperatura ambiente.

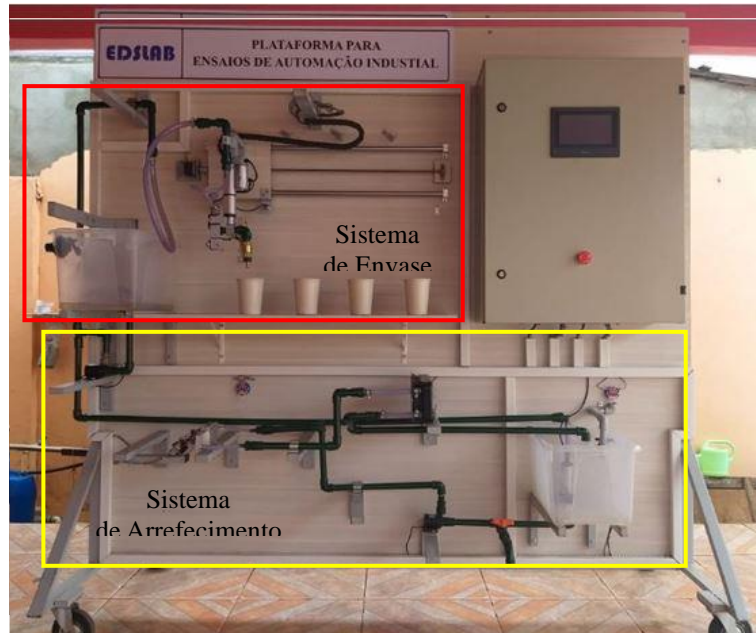
### 3.3 Plataforma EDSLAB

Em ambos os testes, a plataforma conseguiu fornecer a infraestrutura necessária para que os sistemas funcionassem quando as operações ocorressem de forma não simultânea. Aproveitando a montagem, o teste foi efetuado onde as duas fábricas trabalharam ao mesmo tempo. Os dois sistemas operaram por um período de tempo até que o ventilador do sistema de arrefecimento fosse ligado de forma que coincidissem com a atuação do atuador linear. O pico gerado por esses dois dispositivos não era suportado pela fonte de alimentação de 12 V, o que fez com que os dois sistemas fossem desligados. Tal desligamento não foi visto como um problema de desempenho, pois se as especificações técnicas das fontes de quaisquer capacidades forem excedidas, tal fonte acabará não suprindo a carga conectada.

Com as duas plantas montadas, tanto o espaço para acoplamento dos elementos externos à estrutura quanto o espaço disponível na régua de bornes têm sido suficientes para a montagem de diversos outros testes. Ao longo do processo, o IHM mostra fase a fase o que está acontecendo na planta em tempo real. Outro ponto importante é que através da IHM, a qualquer momento, o operador pode assumir o controle dos processos que estão em andamento, assim como o usuário pode assumir o controle manual, podendo retornar ao controle automático, tudo através da tela de toque.

Com base no que foi feito, a plataforma foi avaliada de forma satisfatória por ser capaz de desempenhar a função de prototipagem de plantas industriais, incluindo mais de uma ao mesmo tempo, desde que sejam observadas as especificações das fontes de alimentação. A mostra o resultado final deste trabalho.

**Figura 9:** Plataforma EDSLAB.



Fonte: Autores (2021).

#### 4. Conclusão

A compreensão e o domínio das técnicas envolvidas nos processos de automação permitem que muitas funções antes desenvolvidas por humanos, agora sejam desempenhadas por máquinas, cabendo a eles projetar e supervisionar plantas industriais, sendo fundamental para qualquer usuário desta área. Diante disso, o trabalho apresentado exemplifica detalhadamente os processos do projeto de uma planta de automação industrial, onde cada componente utilizado foi descrito e justificado.

Esta plataforma permite trabalhar e mudar as dinâmicas dos processos descritos neste artigo. Uma das primeiras aplicações em sistemas industriais que trabalham com vários atuadores e sensores é a implementação de algoritmos de controle diferentes. Além disso, possibilita a experiência teórico-prática dos conhecimentos da Teoria de Controle, obtendo o modelo matemático da planta, executando simulações e comparado ao funcionamento real do sistema. Por ser uma plataforma que permite alterações, sugere-se para futuros estudos a realização de roteiros com diferentes testagens, ensaios com novos sensores e atuadores, e ainda, a utilização de energia solar fotovoltaica como fonte de alimentação da plataforma.

#### Referências

- Altmann, W. (2005). *Practical process control for engineers and technicians*. Elsevier.
- Caldas, L. N. (2020). *Automatização de uma linha de envase na fabricação de nutracêuticos: Uma Análise da eficiência* (Trabalho de Conclusão de Curso, Pontifícia Universidade Católica de Goiás). <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/1150>.
- Carvalho, João C. N. & Mourão, Oséias de S. (2020). Um protótipo usando Arduino para o estudo da lei de Hooke. *Research, Society and Development*. 9(8), 2525-3409. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i8.7733>
- Dunn, W. C. (2013). *Fundamentos de instrumentação industrial e controle de processos*. Bookman Editora.
- Ferreira, J. R. N., Sousa, R. M. de & Neto, A. G. A. de. (2019). Utilização de plataforma de prototipagem opensource como ferramenta de uso didático para controle de temperatura em processos industriais. *Brazilian Applied Science Review*, 3(2), 1057-1063.
- Fogaça, F., Dias, A. L. & Silva, F. F. da. (2021). A importância da análise de falhas para o ensino técnico em automação industrial. *Revista Metodologias e Aprendizado*, 4, 409-421. <https://doi.org/10.21166/metapre.v4i.2261>
- Jabardo, J. M. S. & Stoecker, W. F. (2018). *Refrigeração industrial*. Editora Blucher.

- Kieckow, F., Freitas, D. B. de & Liesenfeld, J. (2018). O ensino e a aprendizagem na engenharia: realidade e perspectivas/Teaching and learning in engineering: reality and perspectives. *Brazilian Applied Science Review*, 2(1), 347–356.
- Kinco. (2020). *IHM MODELO MT4434T*. <https://en.kinco.cn/download/dmanual.html>
- Knapp, Eric D. & Langill, Joel Thomas. (2015). *Industrial Network Security: securing critical infrastructure networks for smart grid, scada, and other industrial control systems*. (2nd ed). Waltham: Elsevier.
- Lollette. (2021). *Controlador Logico Programável modelo LE3U – 56MR6AD2DA*. <https://www.lollette.com/le3u-56mr-6ad2da-plc-controller.html>
- Matos, A. C. & Larquer, T. R. (2017). Desenvolvimento De Plataforma De Instrumentação Utilizando Arduíno. *Anais do Seminário de Pesquisa e Inovação Tecnológica-SEPIT*, 1(1).
- Moraes, C. C. D. & Castrucci, P. D. L. (2010). *Engenharia de Automação Industrial*. (2a ed.). LTC.
- Parede, I. M. et al. (2011). *Eletrônica: automação industrial*. 6(1). Fundação Padre Anchieta.
- Pinho, A. G., Olímpio, E. J. S., Cabral, L. M., Filho, R. M. de O., Silva, B. C. R., Furriel, G. P., & Junior, G. de M. Desenvolvimento de bancada didática contendo múltiplos sensores e atuadores. *Research, Society and Development*. 10(13), 2525-3409. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21165>
- Ribeiro, M. A. (2001). *Automação Industrial* (4th ed.). Salvador, Brazil: Tek Treinamento & Consultoria.
- Seborg, D. E.; Mellichamp, D. A.; Edgar, T. F. & Doyle III, F. J. (2010). *Process dynamics and control* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Silveira, E. da R., & Brito, L. dos S. (2021). *Protótipo De Plataforma Para Ensaios De Automação Industrial* (Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Amapá). Amapá, Brasil.
- TASCO LTDA. (2020). *Calefator modelo 8050*. <https://www.tascoltda.com.br/produto.php?ID=MTUw>
- USINAINFO. (2020). *Sensor de nível flutuador horizontal*. de <https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-nivel-arduino/sensor-de-nivel-de-aguacom-boia-horizontal-2580.html>