

BIODISEL SUSTENTÁVEL

Adrian Vieira

Fabiano Prado

Rodrigo Bergamo

Resumo: O descarte inadequado de óleo vegetal usado representa um problema ambiental relevante, principalmente devido ao seu potencial de contaminação hídrica e à dificuldade de tratamento em sistemas convencionais. Diante desse cenário, este trabalho propõe o desenvolvimento de uma planta didática automatizada para produção de biodiesel sustentável, aplicando conceitos de automação industrial, instrumentação, controle de processo e supervisão operacional. O objetivo consiste em automatizar as etapas de preparação, dosagem, aquecimento, agitação, reação, descarga e monitoramento do processo de transesterificação, reduzindo a intervenção manual e aumentando a padronização operacional. A metodologia baseia-se na definição da arquitetura de controle, seleção dos dispositivos de campo e elaboração da lógica de funcionamento por meio de CLP LS XGB XBC 32U, integrado a entradas digitais, entradas analógicas, saídas digitais e interface supervisória Elipse. O sistema contempla sensor de temperatura com sinal analógico de 4 a 20 mA para controle térmico do reator, sensores de nível por contato seco para segurança operacional, bombas de 24 Vcc para transferência e dosagem dos fluidos, válvulas solenoides de 24 Vcc para direcionamento do óleo, álcool, catalisador e descarga, motor de 24 Vcc para agitação mecânica, resistência elétrica de 220 Vca acionada por relé de estado sólido e fonte de alimentação de 24 Vcc para os circuitos de comando. Como resultado, obteve-se uma proposta técnica capaz de controlar sequencialmente os atuadores, monitorar variáveis críticas, aplicar intertravamentos entre bombas e válvulas e permitir acompanhamento do processo em supervisório. Conclui-se que a automação aplicada à produção de biodiesel favorece segurança, repetibilidade, rastreabilidade, eficiência energética e integração entre sustentabilidade e tecnologia industrial.

Palavras-chave: Automação industrial; Biodiesel; CLP; Instrumentação; Supervisório.

Abstract: *The improper disposal of used vegetable oil represents a significant environmental issue, mainly due to its potential for water contamination and the difficulty of treatment in conventional systems. In this context, this work proposes the development of an automated didactic plant for sustainable biodiesel production, applying concepts of industrial automation, instrumentation, process control, and operational supervision. The objective is to automate the stages of preparation, dosing, heating, agitation, reaction, discharge, and monitoring of the transesterification process, reducing manual intervention and increasing operational standardization. The methodology is based on the definition of the control architecture, selection of field devices, and development of the operating logic using an LS XGB XBC 32U PLC, integrated with digital inputs, analog inputs, digital outputs, and an Eclipse supervisory interface. The system includes a temperature sensor with a 0–5 V analog signal for reactor thermal control, dry-contact level sensors for operational safety, 24 Vdc pumps for fluid transfer and dosing, 24 Vdc solenoid valves for directing oil, alcohol, catalyst, and discharge flow, a 24 Vdc gear motor for mechanical agitation, a 220 Vac electric heating element driven by a solid-state relay, and a 24 Vdc power supply for the control circuits. As a result, a technical proposal was obtained capable of sequentially controlling actuators, monitoring critical variables, applying interlocks between pumps and valves, and enabling process monitoring through a supervisory system. It is concluded that automation applied to biodiesel production improves safety, repeatability, traceability, energy efficiency, and integration between sustainability and industrial technology.*

Keywords: *Industrial automation; Biodiesel; PLC; Instrumentation; Supervisory system.*

1 INTRODUÇÃO

A busca por soluções sustentáveis associadas à automação industrial tem se tornado cada vez mais relevante diante dos impactos ambientais causados pelo descarte inadequado de resíduos e pela necessidade de otimização dos processos produtivos. Entre esses resíduos, destaca-se o óleo vegetal usado, proveniente principalmente de atividades domésticas, comerciais e alimentícias. Quando descartado incorretamente em pias, redes de esgoto ou diretamente no solo, esse resíduo pode causar obstruções em tubulações, dificultar o tratamento de efluentes e contribuir para a contaminação da água e do meio ambiente. Nesse contexto, o reaproveitamento do óleo de cozinha usado para a produção de biodiesel apresenta-se como uma alternativa técnica e ambientalmente viável, pois transforma um resíduo poluente em um biocombustível renovável.

O biodiesel é obtido, em geral, por meio do processo químico de transesterificação, no qual óleos vegetais ou gorduras reagem com um álcool, normalmente metanol ou etanol, na presença de um catalisador, resultando na formação de ésteres e glicerina. Apesar de ser um processo conhecido, sua execução exige controle adequado de variáveis como dosagem dos reagentes, temperatura, tempo de reação, agitação, transferência de fluidos e segurança operacional. Em aplicações manuais ou pouco controladas, podem ocorrer variações no processo, desperdício de matéria-prima, falhas na dosagem, aquecimento inadequado, riscos ao operador e dificuldade de repetibilidade dos resultados. Dessa forma, a automação industrial torna-se uma ferramenta importante para padronizar as etapas do processo, reduzir a intervenção humana e permitir maior confiabilidade operacional.

A presente projeto foi desenvolvida no contexto do curso Técnico em Automação Industrial da ETEC Armando Pannunzio, por meio do desenvolvimento, montagem e teste de uma planta didática automatizada para produção de biodiesel sustentável a partir de óleo vegetal usado. O projeto possui caráter experimental, educacional e tecnológico, integrando conhecimentos de instrumentação, comandos elétricos, controle de processos, programação de CLP, acionamento de cargas, leitura de sensores, intertravamentos e supervisão industrial. A planta desenvolvida reproduz,

em escala didática, etapas semelhantes às encontradas em processos industriais, permitindo o estudo prático da automação aplicada a uma solução ambiental.

O problema identificado esteve relacionado à necessidade de desenvolver um sistema capaz de executar o processo de produção de biodiesel de forma mais segura, padronizada e monitorada, substituindo procedimentos manuais por uma sequência automatizada. Em um processo manual, a adição de óleo, álcool e catalisador depende diretamente da ação do operador, o que pode gerar erros de dosagem, acionamentos em momento inadequado, falta de controle térmico e ausência de acompanhamento das variáveis de operação. Além disso, o contato direto com substâncias químicas e fluidos aquecidos representa risco à segurança. Assim, o projeto buscou responder à seguinte necessidade: como aplicar recursos de automação industrial em uma planta didática de biodiesel, garantindo controle sequencial, monitoramento de variáveis, intertravamentos e maior segurança no processo?

Para atender a essa necessidade, o sistema foi estruturado, montado e testado com base em um Controlador Lógico Programável LS XGB XBC 32U, responsável pelo processamento dos sinais de entrada, execução da lógica de controle e acionamento dos dispositivos de saída. A planta foi composta por sensores digitais de nível por contato seco, sensor de temperatura com saída analógica de 0 a 5 V, bombas de 24 Vcc para transferência e dosagem de fluidos, válvulas solenoides de 24 Vcc para direcionamento do óleo, álcool, catalisador e descarga, motor de 24 Vcc para agitação mecânica do reator, resistência elétrica de 220 Vca para aquecimento e relé de estado sólido para acionamento da carga térmica. Também foi utilizada fonte de alimentação de 24 Vcc para o circuito de comando e interface supervisória desenvolvida no Elipse E3, permitindo ao operador acompanhar estados, alarmes, etapas do ciclo e variáveis do processo.

A lógica de funcionamento da planta foi desenvolvida para executar as etapas de preparação, dosagem, aquecimento, agitação, reação, descarga e monitoramento. Inicialmente, o óleo vegetal usado foi preparado e filtrado, reduzindo impurezas que poderiam comprometer o processo. Em seguida, os fluidos foram conduzidos ao

reator por meio de bombas e válvulas controladas pelo CLP. Durante a operação, a temperatura do reator foi monitorada pelo sensor analógico e utilizada como referência para o acionamento da resistência elétrica por meio do relé de estado sólido. O motor realizou a agitação mecânica durante o tempo necessário para favorecer a reação. Após o ciclo, o sistema executou a descarga do produto para a etapa de decantação e separação.

Um dos principais pontos da automação desenvolvida foi a aplicação de intertravamentos entre bombas, válvulas e condições de processo. Esses intertravamentos tiveram a função de impedir acionamentos simultâneos indevidos, evitar que a bomba operasse sem caminho de fluxo disponível, bloquear etapas em caso de ausência de nível mínimo, impedir transições fora da sequência prevista e aumentar a segurança do operador e do equipamento. Dessa forma, o CLP atua como unidade de controle lógico responsável por organizar a sequência operacional, validar permissões e proteger o processo contra falhas previsíveis.

Após a montagem da planta, foram realizados testes funcionais individuais e integrados. Inicialmente, verificou-se o funcionamento dos sensores, comandos, entradas digitais, entrada analógica e saídas do CLP. Em seguida, foram testados os acionamentos das bombas, válvulas solenoides, motor de agitação e relé de estado sólido responsável pelo aquecimento. Posteriormente, a planta foi submetida a testes de ciclo automatizado, nos quais foram avaliadas as etapas de dosagem, aquecimento, agitação, temporização da reação, descarga, intertravamentos e indicação no supervisão. Esses testes permitiram validar a integração entre os componentes e confirmar o funcionamento da lógica implementada.

A justificativa prática do projeto está relacionada à demonstração, em escala didática, de como a automação industrial pode ser aplicada em processos sustentáveis, contribuindo para a formação técnica dos alunos e para a compreensão integrada entre meio ambiente e tecnologia. Do ponto de vista técnico, o projeto permitiu aplicar conceitos de entradas e saídas digitais, sinais analógicos, controle de temperatura, lógica sequencial, temporização, acionamento de cargas em corrente contínua e alternada, proteção elétrica, instrumentação de campo e supervisão de processo. Do

ponto de vista ambiental, reforçou a importância do reaproveitamento do óleo vegetal usado, reduzindo seu descarte inadequado e apresentando uma alternativa de transformação desse resíduo em produto de valor energético.

Os resultados alcançados envolveram a redução da intervenção manual, maior repetibilidade do processo, melhor controle das variáveis críticas, aumento da segurança operacional, padronização das etapas de produção e visualização do processo em supervisor. Além disso, o projeto contribuiu para aproximar o ambiente educacional das práticas utilizadas na indústria, permitindo que a planta seja utilizada como recurso didático para estudos de automação, controle, manutenção, instrumentação e sustentabilidade.

Dessa forma, a pesquisa justifica-se pela relevância ambiental do reaproveitamento do óleo vegetal usado e pela importância tecnológica da automação industrial no controle de processos. A planta desenvolvida, montada e testada demonstrou que a integração entre CLP, sensores, atuadores, sistema de aquecimento e supervisor pode tornar o processo de produção de biodiesel mais seguro, eficiente, padronizado e adequado ao ensino técnico. Assim, o trabalho apresenta uma solução didática que une sustentabilidade, inovação e aplicação prática dos conhecimentos adquiridos no curso de Automação Industrial.

2 OBJETIVO

Desenvolver uma planta didática automatizada para produção de biodiesel sustentável a partir de óleo vegetal usado, aplicando conceitos de automação industrial, controle de processo e sustentabilidade. O projeto contempla a preparação, filtragem e armazenamento do óleo residual; dosagem automatizada de óleo, álcool e catalisador por bombas e válvulas solenoides; controle de nível e temperatura do reator por sensores, resistência elétrica e relé de estado sólido; execução da mistura/agitação e temporização da reação de transesterificação; além da descarga, decantação, armazenamento e monitoramento das etapas por meio de CLP e sistema supervisor.

3 DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento deste trabalho foi realizado a partir de uma pesquisa aplicada, de caráter tecnológico, experimental e qualitativo, com apoio de levantamento bibliográfico, pesquisa de campo, seleção de componentes, montagem prática e testes funcionais de uma planta didática automatizada para produção de biodiesel sustentável. A pesquisa é classificada como aplicada porque busca solucionar um problema prático relacionado ao reaproveitamento do óleo vegetal usado e à automação de um processo produtivo em escala reduzida. Também apresenta característica experimental, pois envolveu a definição da arquitetura de controle, instalação dos componentes, montagem dos circuitos elétricos e hidráulicos, elaboração da lógica de programação, integração entre sensores, atuadores, CLP e supervisor, além da realização de testes para validação do funcionamento do sistema.

O projeto foi desenvolvido no contexto do curso Técnico em Automação Industrial da ETEC Armando Pannunzio, tendo como finalidade construir e validar uma planta didática capaz de demonstrar a aplicação da automação industrial em um processo sustentável. A equipe de pesquisa foi composta pelos alunos Adrian Vieira, Fabiano Prado e Rodrigo Bergamo dos Santos, sob orientação do professor Elvio Maciel. A divisão do trabalho envolveu pesquisas sobre o processo químico de produção de biodiesel, levantamento de materiais, definição dos componentes elétricos e mecânicos, desenvolvimento da lógica de controle, montagem do protótipo, integração com supervisor, testes operacionais e organização da documentação técnica do TCC.

A metodologia adotada foi organizada em etapas cronológicas. Inicialmente, realizou-se o levantamento do problema ambiental associado ao descarte inadequado do óleo vegetal usado. Em seguida, foram estudadas as etapas básicas do processo de transesterificação, que consiste na reação entre óleo vegetal, álcool e catalisador, sob condições controladas de temperatura e agitação, resultando na formação de biodiesel e glicerina. A partir desse estudo, foram definidos os requisitos técnicos da

planta, considerando a necessidade de controlar dosagem, aquecimento, mistura, tempo de reação, transferência de fluidos, descarga e monitoramento das variáveis de processo. Posteriormente, foram selecionados os componentes, realizada a montagem física e elétrica da planta, desenvolvida a lógica de controle no CLP e executados os testes individuais e integrados dos dispositivos.

A arquitetura geral do sistema foi composta por entradas digitais, entrada analógica, saídas digitais, circuito de potência e interface supervisória. As entradas digitais receberam sinais de botões de comando, sensores de nível e condições de segurança. A entrada analógica recebeu o sinal do sensor de temperatura. As saídas digitais comandaram bombas, válvulas, motor de agitação, sinalizadores e o relé de estado sólido responsável pelo aquecimento. O supervísório Elipse foi integrado ao sistema para permitir a visualização do processo, indicação de estados operacionais, alarmes, temperaturas, níveis e etapas do ciclo. Dessa forma, o operador pode acompanhar a planta de maneira gráfica, centralizada e organizada.

A interface supervisória desenvolvida no Elipse foi integrada ao sistema, permitindo acompanhar visualmente os principais estados da planta. Por meio do supervísório, tornou-se possível observar o status de bombas, válvulas, motor de agitação, aquecimento, temperatura do reator, etapas do ciclo, alarmes e condições operacionais. Essa integração aproximou o protótipo de uma aplicação industrial real, pois permitiu ao operador monitorar o processo de forma gráfica, organizada e centralizada.

Apesar de se tratar de uma planta didática em escala reduzida, o sistema desenvolvido representa princípios encontrados em processos industriais reais. A utilização de sensores para medição, atuadores para movimentação de fluidos, CLP para controle lógico e supervísório para monitoramento reproduz uma arquitetura típica de automação. Dessa forma, o protótipo possibilitou compreender a relação entre processo físico, instrumentação, controle elétrico e operação supervisionada, permitindo futuras melhorias, como implantação de controle PID de temperatura, registro histórico de dados, alarmes avançados, receitas de produção, controle proporcional de vazão e integração com redes industriais.

Assim, o desenvolvimento da pesquisa evidenciou que a automação industrial pode ser aplicada de maneira eficiente em processos sustentáveis, mesmo em escala didática. A planta desenvolvida, montada e testada demonstrou a viabilidade técnica da integração entre CLP, sensores, atuadores, sistema de aquecimento e supervisório em um processo de reaproveitamento de resíduos. Dessa forma, o trabalho transformou uma necessidade ambiental em oportunidade de aprendizagem técnica, promovendo o uso racional de recursos, a redução de riscos operacionais e a aplicação prática dos conhecimentos de automação, elétrica, instrumentação e controle de processos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como finalidade desenvolver, montar e testar uma planta didática automatizada para produção de biodiesel sustentável a partir do reaproveitamento de óleo vegetal usado, aplicando conceitos de automação industrial, instrumentação, controle de processo e supervisão. A pesquisa partiu da hipótese de que a utilização de um sistema automatizado, composto por CLP, sensores, atuadores, sistema de aquecimento e interface supervisória, poderia tornar o processo mais seguro, padronizado, monitorado e adequado ao ambiente educacional técnico.

A utilização do supervisório Elipse também se mostrou relevante, pois permitiu o acompanhamento visual dos estados da planta, das etapas do ciclo, dos atuadores, da temperatura e das condições operacionais. Essa integração aproximou o protótipo de uma aplicação industrial real, reforçando a importância da supervisão no monitoramento de processos automatizados e facilitando a compreensão didática do funcionamento da planta.

Do ponto de vista ambiental, o trabalho reforçou a importância do reaproveitamento do óleo vegetal usado como alternativa para reduzir impactos causados pelo descarte inadequado desse resíduo. Ao associar a produção de biodiesel à automação industrial, o projeto demonstrou que soluções sustentáveis podem ser desenvolvidas

com recursos tecnológicos aplicáveis à realidade do ensino técnico e aos princípios utilizados na indústria.



REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Biodiesel**. Brasília, DF: ANP, 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/biodiesel>. Acesso em: 18 jun. 2026.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Especificação do biodiesel**. Brasília, DF: ANP, 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/biodiesel/especificacao-do-biodiesel>. Acesso em: 18 jun. 2026.

BRASIL. **Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005**. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 14 jan. 2005.

ELIPSE SOFTWARE. **Elipse E3**. Porto Alegre: Elipse Software, 2026. Disponível em: <https://www.elipse.com.br/produto/elipse-e3/>. Acesso em: 18 jun. 2026.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Biodiesel: tecnologia**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/biodiesel/tecnologia>. Acesso em: 18 jun. 2026.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Transesterificação**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/biodiesel/tecnologia/transesterificacao>. Acesso em: 18 jun. 2026.

FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. **Controladores lógicos programáveis: sistemas discretos**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2009.

GEORGINI, João Marcelo. **Automação aplicada: descrição e implementação de sistemas sequenciais com PLCs**. São Paulo: Érica, 2009.

LS ELECTRIC. **XGB main unit: XBC-U type user's manual**. Anyang: LS Electric, 2019. Disponível em:

https://www.ls-electric.com/upload/customer/download/cca45c8e-153d-48d8-84e3-dd90278c38db/Manual_XBC-DN%28R%29xxU%28UA%29%28UP%29_10310001374_Eng_V1.2_190822.pdf.

Acesso em: 18 jun. 2026.

PETRUZELLA, Frank D. **Controladores lógicos programáveis**. 4. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.