www.revistaft.com.br

Revista FT | ISSN 1678-0817 | v. 30, n. 164, 2026 | DOI: 10.69849/8xypkx37

Controle de nível em tanques interligados utilizando CLP

Level control in interconnected tanks using a PLC

Andréa Oliveira da Silva; Daniela Vegas Prates Gonzalez; Diego Rodrigues; Germano Luiz Cardoso; Kawanny Silva do Valle dos Santos; Leandro de Almeida Sanches; Luiz Carlos Gonzalez de Castro

RESUMO

O artigo apresenta o desenvolvimento de uma bancada didática para controle automático do nível de água em tanques interligados, utilizando um Controlador Lógico Programável (CLP). O objetivo foi construir um protótipo em escala reduzida que permitisse demonstrar a integração entre sensores, controlador, atuador e sinalização, aplicando conceitos de automação industrial e controle de processos. A estrutura é composta por dois reservatórios posicionados verticalmente, sensores magnéticos de nível do tipo boia instalados no tanque inferior, uma mini bomba submersa de 24 V, chave seletora, LEDs indicadores e um CLP Delta DVP20SX2. O operador seleciona um dos níveis de referência, 50% ou 80% da capacidade do tanque inferior. A água é introduzida manualmente nesse reservatório e, ao atingir o nível selecionado, a lógica programada em linguagem Ladder comanda o acionamento da bomba para transferir a água ao tanque superior. Foram realizados testes funcionais dos sensores, da chave seletora, da bomba e dos indicadores luminosos. Conforme os registros do projeto, o conjunto apresentou funcionamento satisfatório após ajustes na programação e substituição da bomba inicialmente utilizada. Como proteção adicional, foi mantido um extravasor mecânico para direcionar o excesso de água. Os resultados demonstram a viabilidade do protótipo como recurso didático para visualização de um controle ON/OFF em malha fechada, embora não tenham sido realizadas medições quantitativas de desempenho.

Palavras-chave: Automação industrial. Controle de nível. Controlador lógico programável. Controle ON/OFF. Engenharias.

ABSTRACT

This article presents the development of an educational bench for automatic water-level control in interconnected tanks using a Programmable Logic Controller (PLC). The objective was to build a small-scale prototype to demonstrate the integration of sensors, a controller, an actuator and visual indicators, applying concepts of industrial automation and process control. The structure consists of two vertically positioned tanks, magnetic float-level sensors installed in the lower tank, a 24 V submersible mini pump, a selector switch, LED indicators and a Delta DVP20SX2 PLC. The operator selects one of two reference levels, 50% or 80% of the lower tank capacity. Water is manually introduced into this tank and, when the selected level is reached, the Ladder-programmed logic commands the pump to transfer water to the upper tank. Functional tests were performed on the sensors, selector switch, pump and visual indicators. According to the project records, the system operated satisfactorily after adjustments to the program and replacement of the initially selected pump. A mechanical overflow was retained as an additional measure to direct excess water. The results indicate that the prototype is suitable as an educational resource for demonstrating ON/OFF closed-loop control; however, no quantitative performance measurements were conducted.

Keywords: Industrial automation. Level control. Programmable logic controller. ON/OFF control. Engineering.

1 INTRODUÇÃO

O controle de nível é uma operação recorrente em processos industriais que envolvem armazenamento, transferência e utilização de líquidos. A manutenção do fluido dentro de limites definidos contribui para a continuidade operacional e para a prevenção de ocorrências como transbordamentos, interrupções no abastecimento e funcionamento inadequado de equipamentos. Por essa razão, o monitoramento de nível integra aplicações de controle de processos em diferentes segmentos industriais (OGATA, 2010; SEBORG et al., 2011).

Em sistemas automatizados, sensores identificam as condições do processo, o controlador interpreta os sinais recebidos e os atuadores executam as ações necessárias. O Controlador Lógico Programável (CLP) é amplamente empregado nessa arquitetura por permitir a implementação de sequências lógicas e o comando de dispositivos de campo. A escolha da estratégia de controle depende das características da aplicação e do desempenho esperado (NISE, 2017).

Entre as estratégias possíveis, o controle ON/OFF utiliza estados discretos de acionamento. Em uma aplicação de nível, o controlador compara a condição identificada pelos sensores com uma referência predefinida e comanda o atuador quando a condição estabelecida é alcançada. Quando associado à realimentação dos sensores, esse arranjo caracteriza uma malha fechada (NISE, 2017).

Neste contexto, o trabalho apresenta a construção e os testes de uma bancada didática destinada ao controle de nível de água em dois tanques interligados. O sistema utiliza sensores de boia, um CLP Delta DVP20SX2 e uma bomba submersa, com seleção de dois níveis de referência. A proposta busca demonstrar, de forma visual e prática, a integração entre instrumentação, programação e acionamento em um processo automatizado.

2 OBJETIVO

O objetivo geral foi desenvolver um sistema automatizado de controle de nível de água utilizando CLP, sensores de nível, mini bomba submersa e sinalização luminosa, simulando em escala didática o funcionamento de sistemas industriais de controle de nível.

Como objetivos específicos, foram definidos: construir uma bancada com dois tanques; instalar sensores de nível do tipo bóia no tanque inferior; implementar sinalização dos níveis e do estado da bomba; programar o CLP para executar o controle automático; disponibilizar a seleção dos set points de 50% e 80%; realizar a recirculação da água entre os reservatórios; prever proteção contra transbordamento; e testar o funcionamento integrado do conjunto.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Automação industrial e CLP

A automação industrial reúne recursos de controle, instrumentação e acionamento destinados à execução de processos com menor necessidade de intervenção direta do operador. A integração entre sensores, controladores e atuadores permite acompanhar variáveis do processo e executar comandos de acordo com uma lógica previamente definida (SEBORG et al., 2011).

O CLP é um equipamento eletrônico digital projetado para executar funções de controle a partir de um programa. Em termos gerais, o controlador realiza a leitura das entradas, processa os estados lógicos e atualiza as saídas, comandando dispositivos conectados ao sistema. Entre as linguagens utilizadas está o diagrama Ladder, cuja representação facilita a visualização de condições lógicas e comandos de saída (NISE, 2017; OGATA, 2010). A literatura técnica também destaca a arquitetura de entradas e saídas, os dispositivos de campo e as técnicas de programação como elementos centrais na aplicação dos controladores programáveis (BOLTON, 2015).

3.2 Sensores, atuadores e controle de nível

Os sensores de nível fornecem informações sobre a altura do líquido em um reservatório. Há diferentes princípios de detecção, como boias mecânicas ou magnéticas, pressão hidrostática e tecnologias ultrassônicas. A escolha depende das características do fluido, das condições de instalação e da precisão requerida. No protótipo apresentado, foram utilizados sensores magnéticos do tipo boia, empregados para identificar posições predefinidas do nível de água.

Os atuadores convertem os comandos do controlador em ações físicas. Em sistemas de transferência de líquidos, bombas são utilizadas para movimentar o fluido entre reservatórios, enquanto válvulas permitem ou interrompem a passagem. O desempenho do processo depende da compatibilidade entre o atuador, a instalação hidráulica e as condições de operação (OGATA, 2010).

3.3 Controle ON/OFF e set point

O set point corresponde ao valor de referência definido para uma variável de processo. Em um sistema de nível, representa a condição que se deseja atingir ou

manter. No controle ON/OFF, a saída assume estados discretos, como ligado ou desligado, conforme as condições detectadas pelo sistema. Quando há leitura contínua ou periódica da variável e realimentação ao controlador, a ação pode ser organizada em malha fechada (NISE, 2017; SEBORG et al., 2011; SEBORG et al., 2016).

Pesquisas voltadas ao ensino de controle de processos descrevem o uso de controladores programáveis e equipamentos reais em atividades de laboratório, destacando a relevância de aproximar os conteúdos teóricos das práticas industriais (ROWE; SAMSON; CLOUGH, 2020). De modo semelhante, Pillay (2021) apresenta uma bancada didática com tanques, sensores de nível e bomba para experimentação de estratégias de controle e acompanhamento de set point. Esses trabalhos oferecem referências para compreender o valor de protótipos físicos no ensino e na demonstração de sistemas de controle, ainda que utilizem arquiteturas e estratégias distintas da solução ON/OFF desenvolvida neste artigo.

A literatura também registra o desenvolvimento de sistemas físicos de tanques para estudos de controle, instrumentação e supervisão, com múltiplas malhas e experimentos laboratoriais. Esse tipo de plataforma permite aproximar os estudos acadêmicos de condições encontradas em plantas industriais (PENA et al., 2003).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho caracteriza-se como um desenvolvimento tecnológico aplicado, de natureza experimental e descritiva, realizado por meio da construção de um protótipo e da execução de testes funcionais. A avaliação apresentada é qualitativa, baseada na observação do comportamento dos componentes e na verificação das funções previstas. O documento de origem não apresenta séries de medições, valores de vazão, tempos de resposta ou estimativas de erro; por isso, a análise limita-se aos resultados operacionais registrados.

A bancada foi construída sobre uma estrutura metálica móvel, com dois tanques dispostos verticalmente. O tanque superior funciona como reservatório de alimentação e o tanque inferior concentra os sensores responsáveis pelo monitoramento do nível. A alimentação inicial do tanque inferior é realizada manualmente por meio de válvula instalada no tanque superior. A bomba submersa realiza a transferência de água do tanque inferior para o superior quando acionada pelo CLP.

Os principais componentes identificados no projeto foram: CLP Delta DVP20SX2; sensores magnéticos de nível do tipo bóia; mini bomba submersa de 24 V; chave seletora para escolha do set point; LEDs indicadores; fonte de alimentação; estrutura metálica; dois tanques; tubulações e extravasor mecânico. O sistema de comando e sinalização foi organizado em painel frontal para facilitar a operação e a visualização dos estados.



Figura 1 – Montagem final da bancada didática de controle de nível. Fonte: Autores (2026).



Figura 2 – Painel de comando, chave seletora de set point e sinalização luminosa. Fonte: Autores (2026).



Figura 3 – Controlador lógico programável Delta DVP20SX2 utilizado no protótipo. Fonte: Autores (2026).

4.1 Arquitetura e lógica de funcionamento

A arquitetura de controle é composta por uma referência selecionada pelo operador, sensores de nível instalados no tanque inferior, CLP e bomba submersa. A

chave seletora disponibiliza duas condições de referência: 50% e 80% da capacidade do tanque. Os sensores informam ao controlador as condições de nível baixo, médio e alto, permitindo o acompanhamento do processo e a atualização dos LEDs indicadores. A organização de programas em linguagens como Ladder é contemplada pela norma IEC 61131-3, que especifica a sintaxe e a semântica das linguagens aplicáveis a controladores programáveis (IEC, 2025).

Após a seleção do set point e o enchimento manual do tanque inferior, o CLP recebe os sinais dos sensores e executa a lógica programada em Ladder. Quando a condição correspondente ao nível de referência selecionado é identificada, a saída digital comanda a bomba, que transfere a água para o tanque superior. A sinalização luminosa indica os níveis detectados e o estado de funcionamento da bomba.



Figura 4 – Componentes de instrumentação e bombeamento: sensores de nível e mini bomba submersa. Fonte: Autores (2026).

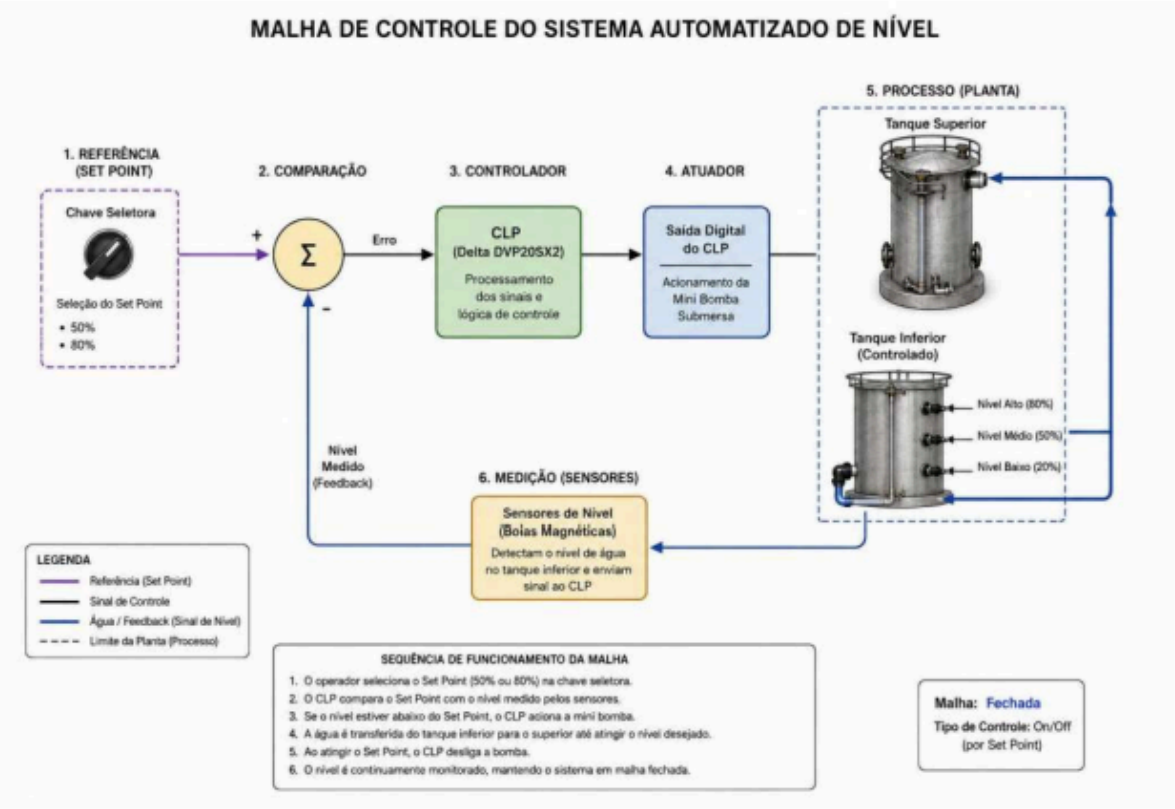


Figura 5 – Representação da malha de controle do sistema automatizado de nível. Fonte: Autores (2026).

A lógica foi implementada em linguagem Ladder no CLP Delta DVP20SX2. Durante a etapa de testes, identificou-se a necessidade de complementar a lógica relacionada à bóia de nível alto. O programa foi então ajustado para incluir a condição correspondente, de modo a integrar esse sinal ao monitoramento do reservatório. A linguagem Ladder integra o conjunto de linguagens gráficas descritas na IEC 61131-3 (IEC, 2025).

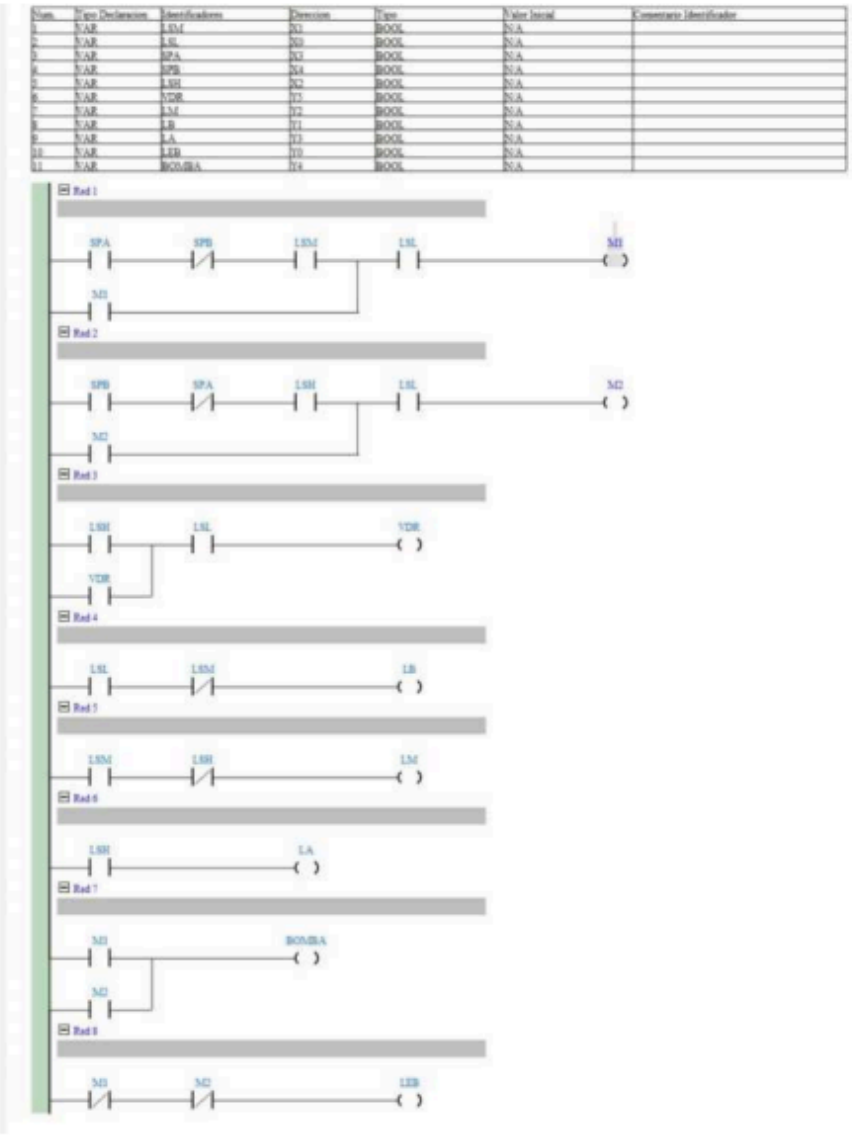


Figura 6 – Programação em linguagem Ladder utilizada no controle do sistema. Fonte: Autores (2026).

4.2 Segurança contra transbordamento

O projeto previu um mecanismo de proteção contra transbordamento no tanque inferior. A proposta inicial também considerava a utilização de uma válvula solenóide; entretanto, esse componente não foi instalado durante o desenvolvimento, devido à sua indisponibilidade no período de montagem. Como alternativa, foi mantido um extravasor mecânico para direcionar o excesso de água a um reservatório auxiliar. Assim, a proteção efetivamente descrita e testada no protótipo é mecânica, enquanto a instalação da válvula solenóide permanece como possibilidade de melhoria.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Testes funcionais

Após a montagem da estrutura e a programação do CLP, foram realizados testes para verificar a integração dos componentes. Inicialmente, verificou-se a resposta dos sensores de bóia e o envio dos respectivos sinais ao controlador. Em seguida, foram testados o acionamento da bomba e a transferência de água entre os reservatórios.

Também foi verificada a operação da chave seletora nas duas posições de referência, correspondentes a 50% e 80% da capacidade do tanque inferior. Segundo o registro dos autores, a bomba foi acionada automaticamente quando o nível selecionado foi alcançado. Os LEDs indicadores também foram testados para verificar a sinalização dos níveis e do estado de funcionamento da bomba.

Os testes permitiram observar a integração entre sensores, CLP, atuador e sinalização. O enchimento do tanque inferior ocorreu manualmente, por meio da abertura da válvula instalada no tanque superior. Os sensores identificaram a variação do nível e enviaram os sinais ao CLP, cuja lógica Ladder comandou a bomba de acordo com o set point selecionado.

5.2 Ajustes realizados durante o desenvolvimento

Durante a primeira etapa de testes, foi identificada uma lacuna na lógica associada à bóia de nível alto. O programa foi ajustado para incluir essa condição. Também foram realizados ajustes no posicionamento dos LEDs e da chave seletora, com o objetivo de melhorar a organização do painel e facilitar a operação.

Outro problema ocorreu com a bomba inicialmente utilizada, que não apresentou força suficiente para realizar o bombeamento esperado. Foi avaliada a utilização de uma bomba de 12V, mas essa alternativa exigiria uma fonte adicional e aumentaria a quantidade de fiação. A solução adotada foi substituir o componente por uma bomba de 24 V, cuja instalação atendeu às necessidades de vazão e pressão relatadas no projeto e dispensou a fonte adicional considerada na alternativa anterior.

Em relação à proteção contra transbordamento, a válvula solenóide prevista inicialmente não foi instalada por indisponibilidade do componente. O extravasor mecânico foi mantido como solução efetivamente implementada, e a instalação da válvula foi indicada como melhoria futura.

5.3 Análise dos resultados

Com base nos testes descritos, o protótipo apresentou funcionamento compatível com as funções propostas: identificação dos níveis por sensores, seleção de dois set points, acionamento automático da bomba e indicação visual dos estados operacionais. Os ajustes de programação e a substituição da bomba contribuíram para a estabilização do funcionamento relatado pelos autores. Experiências com bancadas didáticas de tanques também mostram a utilidade de protótipos físicos para demonstrar o comportamento de sistemas de controle e o alcance de referências de nível (PILLAY, 2021).

Do ponto de vista didático, a bancada permite observar a sequência de leitura dos sensores, processamento lógico pelo CLP e atuação da bomba em um sistema de realimentação. A disposição física dos tanques e do painel favorece a compreensão da relação entre os elementos de instrumentação e controle. Essa aplicação está de acordo com os princípios gerais de sistemas automatizados de controle de processos (OGATA, 2010; SEBORG et al., 2011). Estudos sobre o ensino de automação relatam que atividades práticas com controladores comerciais contribuem para aproximar a formação acadêmica das aplicações industriais (ROWE; SAMSON; CLOUGH, 2020).

É importante delimitar o alcance dos resultados: a avaliação foi qualitativa e funcional. Não foram apresentados dados experimentais de tempo de enchimento ou esvaziamento, vazão da bomba, repetibilidade dos sensores, variação do nível em relação ao set point ou consumo de energia. Portanto, os resultados permitem afirmar que as funções previstas foram verificadas nos testes descritos, mas não permitem quantificar a precisão, a eficiência energética ou o desempenho dinâmico do sistema. Em aplicações industriais mais complexas, estratégias baseadas em histerese também são investigadas para controlar o nível e reduzir solicitações excessivas às bombas, embora esse tipo de estratégia não tenha sido implementado no presente protótipo (MELO; SERAPIÃO; MENDES, 2009).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da bancada didática possibilitou integrar conceitos de automação industrial, instrumentação, programação de CLP e controle de processos em uma aplicação prática de controle de nível. O protótipo foi construído com dois

tanques, sensores magnéticos do tipo boia, bomba submersa de 24 V, chave seletora, LEDs indicadores e CLP Delta DVP20SX2.

De acordo com os testes registrados, o sistema realizou a identificação dos níveis, a seleção entre as referências de 50% e 80% e o acionamento automático da bomba conforme a condição selecionada. A sinalização luminosa permitiu acompanhar os estados do processo. Os problemas encontrados durante a montagem e a programação foram tratados por meio de ajustes na lógica Ladder, reorganização do painel e substituição da bomba.

A proteção contra transbordamento foi mantida por meio de extravasor mecânico. A válvula solenóide, prevista inicialmente, não foi instalada e permanece como proposta de aperfeiçoamento. Como continuidade do trabalho, recomenda-se realizar ensaios quantitativos, registrando tempos de operação, vazão, repetibilidade dos níveis de acionamento e comportamento do sistema em diferentes ciclos. Também podem ser avaliadas a instalação de uma válvula solenóide, a incorporação de sensores analógicos e a implementação de uma interface homem-máquina ou supervisão remota.

Conclui-se que o protótipo atendeu às funções didáticas propostas e demonstrou, em escala reduzida, a aplicação de uma lógica de controle ON/OFF em malha fechada para transferência de água entre tanques interligados.

7 REFERÊNCIAS

BOLTON, William. Programmable logic controllers. 6. ed. Oxford: Newnes, 2015.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC). IEC 61131-3:2025: programmable controllers – Part 3: programming languages. Geneva: IEC, 2025. Disponível em: https://webstore.iec.ch/en/publication/68533. Acesso em: 3 nov. 2026.

MELO, André V. de; SERAPIÃO, Adriane B. S.; MENDES, José R. P. Método da histerese por auto-ajuste para minimização de esforço de controle no separador submarino VASPS. SBA: Controle & Automação, v. 20, n. 1, p. 105-118, 2009. DOI: https://doi.org/10.1590/S0103-17592009000100010.

NISE, Norman S. Engenharia de sistemas de controle. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

OGATA, Katsuhiko. Engenharia de controle moderno. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

PENA, R. T. et al. Development of a tank system for control studies. IFAC Proceedings Volumes, v. 36, n. 10, p. 215-220, 2003. DOI: https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)33682-0.

PILLAY, N. Design and implementation of a didactic cascade tank level control system. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRICAL, COMPUTER AND ENERGY TECHNOLOGIES (ICECET), 2021. DOI: https://doi.org/10.1109/ICECET52533.2021.9698735.

ROWE, Scott C.; SAMSON, Cathleen I.; CLOUGH, David E. A framework to guide the instruction of industrial programmable logic controllers in undergraduate engineering education. Education for Chemical Engineers, v. 31, p. 76-84, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ece.2020.03.001.

SEBORG, Dale E. et al. Process dynamics and control. 3. ed. New York: Wiley, 2011.

SEBORG, Dale E.; EDGAR, Thomas F.; MELLICHAMP, Duncan A.; DOYLE III, Francis J. Process dynamics and control. 4. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2016.