

INTERFACE DIDÁTICA PARA SINTONIA DE CONTROLADOR PID EM PLANTA INDUSTRIAL

*Gabriel de Oliveira Almeida – gabrieldeoliveira605@outlook.com
Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Elétrica
Campus do Pici
CEP 60440-900 – Fortaleza – Ceará*

*Jucelino Taleires Filho – taleires@dee.ufc.br
Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Elétrica
Campus do Pici
CEP 60440-900 – Fortaleza – Ceará*

*Flávio André Azevedo de Campos – flavio.andre.campos@alu.ufc.br
Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Elétrica
Campus do Pici
CEP 60440-900 – Fortaleza – Ceará*

*Wilkley Bezerra Correia – wilkley@dee.ufc.br
Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Elétrica
Campus do Pici
CEP 60440-900 – Fortaleza – Ceará*

*Eduardo Moreira Costa – eduardo@dee.ufc.br
Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Elétrica
Campus do Pici
CEP 60440-900 – Fortaleza – Ceará*

Resumo: *Este artigo apresenta a criação de uma interface didática utilizando-se do software de instrumentação LabVIEW, com aplicações tanto na disciplina de controle de sistemas dinâmicos como na disciplina de controle discreto. A interface é integrada com um sistema de acionamento de uma esteira industrial, através da placa de aquisição de dados NI USB-6221, permitindo controlar e monitorar a velocidade linear da mesma de acordo com os parâmetros de sintonia selecionados. Com o objetivo de comparar os resultados experimentais obtidos e os resultados teóricos, a interface possibilita a simulação de sistemas de controle. O intuito é fornecer aos discentes um ambiente supervisorio que aborde todas as etapas do processo de sintonia de controladores PID, desde o projeto até a implementação.*

Palavras-chave: *Esteira transportadora. Controle PID. LabVIEW.*

1 INTRODUÇÃO

Na formação acadêmica em engenharia, o uso de simulações e implementações práticas em disciplinas de laboratório são essenciais porque permitem verificar conceitos de análise e projeto em ambiente controlado. Em disciplinas relacionadas ao Controle de Sistemas

Dinâmicos essa relação é relevante porque permite que conceitos matemáticos inerentes da área sejam aplicados a sistemas reais que são encontrados nos campos de atuação do engenheiro, como a indústria. Isso aproxima os estudantes do ambiente de mercado além de simplificar o aprendizado de conceitos abstratos.

Nesse contexto, a integração entre atividades de pesquisa, ensino e inovação constitui o que se chama de notação do triângulo de conhecimento o qual pode ser aplicado ao ensino de processos de fábrica (RENTZOS, 2015). Neste caso, a integração entre estudantes e engenheiros do mercado forma um ciclo em que estudantes recebem o conhecimento na forma de problemas reais, aplicam em bancadas de testes e apresentam soluções que, em ambiente de trabalho do dia-a-dia na indústria seria inviável pelo tempo requerido (CHRYSSOLOURIS, 2016). A interação entre indústria e academia é destacada por Hoernicke (2017) com exemplos na indústria da Alemanha.

Nessa linha, boas práticas de ensino à engenharia no Brasil têm surgido no sentido de propor bancadas e aplicativos que trazem problemas reais que um engenheiro de mercado está passível de enfrentar. Em especial, alguns trabalhos de engenharia elétrica com ênfase em controle e automação de processos merecem destaque, como é o caso dos trabalhos de Lima et al. (2018), em que há a interação de um manipulador robótico com uma ferramenta de matemática computacional. O trabalho de Ferreira et al. (2016), é um exemplo da criação de uma planta didática na área de engenharia química com aplicação do controlador PID para controle de nível, onde é ressaltado a presença dessa planta em processos químicos industriais. Outro caso é o trabalho de Monteiro et al. (2018) em que um algoritmo de controle avançado, o controle preditivo, é aplicado a uma planta de controle de nível de líquido, com interface didática em *LabVIEW* e uma placa de aquisição de dados. O trabalho realizado por Barbosa (2016) também utiliza o *LabVIEW* para criar aplicativos voltados para as aulas de laboratório das disciplinas de eletrônica digital/analgica.

Com este viés, este trabalho apresenta uma interface didática criada no software *LabVIEW* para implementação de um controlador PID (Proporcional - Integral - Derivativo) em uma bancada de esteira transportadora de laboratório. Vale ressaltar que esse tipo de sistema é comumente encontrado nos mais diversos tipos de indústrias, e compreender conceitos de controle de velocidade é essencial para o engenheiro quando ele adentra no mercado de trabalho. No âmbito da "Indústria 4.0", o domínio da interação entre a ferramenta computacional, o sistema de aquisição de dados e a planta real é um conceito fundamental no processo de formação do profissional.

2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE INTERFACE DIDÁTICA

As interfaces didáticas são importantes pois permitem que os discentes consigam absorver conceitos teóricos de maneira prática e intuitiva. Elas devem ser um ambiente onde os alunos sintam-se autônomos na tomada de decisões e no estabelecimento de conclusões. Tratando-se de interfaces didáticas voltadas para o ensino de controle, o usuário deve ser capaz de variar os parâmetros de controle (*tuning*) e compreender, dinamicamente, o que ocorre com os sistemas. Para isso é necessário que se tenham campos de entradas de dados, para a inclusão dos parâmetros, e campos de saída de dados, para a visualização da resposta. Portanto, é essencial o uso de pacotes computacionais cuja linguagem de programação seja amigável à criação desse tipo de interface.

O *LabVIEW* é um software criado em 1986 pela *National Instruments*, que possui ferramentas de simulação, controle e aquisição de dados com acesso rápido ao hardware.

Assim, possibilita-se a interação dos códigos desenvolvidos com plantas reais através de um sistema de aquisição de dados, *DAQ* - acrônimo da sigla em inglês “*data acquisition*”.

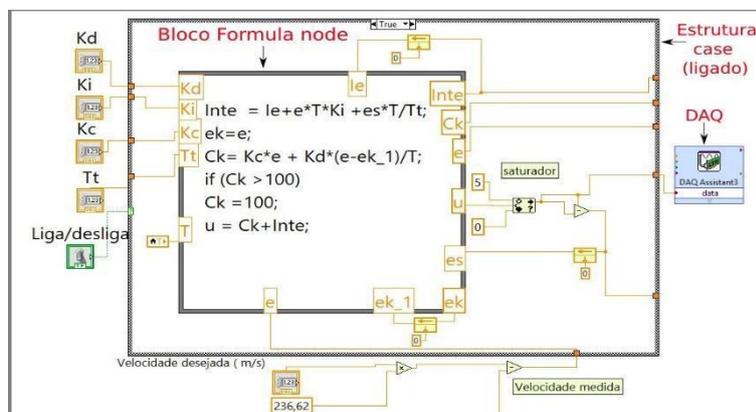
Uma característica especialmente útil no desenvolvimento de aplicativos, é a capacidade do *LabVIEW* de executar aplicações simultaneamente, característica conhecida como “*multithreaded*”. Dessa forma, reduz-se o tempo de processamento em comparação com a programação em linhas de código. Além disso, a linguagem de programação é bastante intuitiva e com vários elementos úteis para a entrada e saída de dados, como janelas gráficas, campos de entrada e saída de dados e, até mesmo botões de acionamento do tipo “liga-desliga” ou na forma de potenciômetro (*knob*). Estas funcionalidades são, portanto, o que torna adequado ao desenvolvimento de aplicações em bancadas de laboratório, como aquela desenvolvida por Monteiro et al. (2018).

O ambiente de programação divide-se em dois planos, apresentando-se como duas janelas distintas: “Diagrama de Blocos” (*Block Diagram*), no qual se localiza a programação gráfica; e o “Painel Frontal” (*Front Panel*), que é um ambiente de monitoramento e controle das variáveis. Assim, o “Painel Frontal” funciona como uma interface amigável entre o usuário e o algoritmo criado no “Diagrama de Blocos”, apresentando indicadores das variáveis e ferramentas de controle das mesmas.

2.1 Implementação do controlador

A Figura 1 mostra o trecho do diagrama de blocos que implementa o controle da velocidade linear da esteira. Optou-se por utilizar o bloco “*Formula node*”, que realiza operações matemáticas através de uma sintaxe baseada na linguagem C++ e atua em conjunto com os blocos de função do *LabVIEW*.

Figura 1 - Trecho da linguagem de programação gráfica mostrando o controlador implementado neste trabalho.



Fonte: o autor.

O programa considera que se implementa um controlador PID genérico, com as ações Proporcional, Integral e Derivativa sendo processadas de maneira discreta através de um determinado tempo de amostragem T . Os parâmetros do controlador, inserido pelo usuário no “Painel Frontal” do programa, são definidos como entradas no “*Formula Node*” enquanto o sinal de controle é definido como saída.

Como a placa de aquisição possui limitações no nível de tensão das suas entradas analógicas (10V) foi incluído um bloco de saturação na saída de controle. Foi aplicado também o método “*back calculation*” de controle “*Anti wind-up*” (VISIOLI, 2003) onde a saída do

integrador na saturação é mantida no valor limite do atuador, através da ação de uma constante de integração adicional (Tf).

O sinal de controle é enviado para o inversor de frequência utilizando uma saída analógica de tensão na placa NI USB-6221, também de fabricação da *National Instruments*, através do bloco "DAQ Assistant".

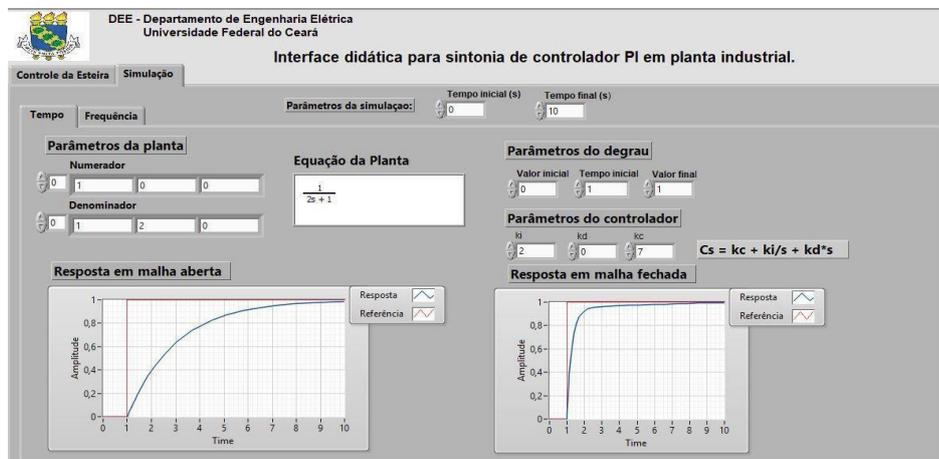
2.2 Interface didática

A fim de que se possa unificar tanto a etapa de projeto dos controladores quanto a implementação na planta industrial, duas abas (seções) foram criadas: uma para simulação do sistema de controle e outra para o monitoramento experimental e controle da esteira (Controle da Esteira).

Na aba "Simulação" é possível analisar as características de resposta para uma planta genérica, tanto no domínio do tempo quanto no domínio da frequência. A comparação entre a resposta em malha aberta e a resposta em malha fechada, contribui para a demonstração dos efeitos do controlador sobre a planta, com a possibilidade de se observar o efeito da variação dos parâmetros de controle. O objetivo é fornecer um mecanismo prático e didático para o ensino de controladores PID nas disciplinas relacionadas ao estudo de controle em sistemas dinâmicos. A Figura 2 e a Figura 3 apresentam as aplicações desta seção para uma planta cujo modelo é dado pela Equação (1), onde a Figura 2 representa a resposta no tempo e a Figura 3, a resposta na frequência.

$$P(s) = \frac{1}{2s+1} \quad (1)$$

Figura 2 - Simulação da resposta no tempo de uma função de transferência.



Fonte: o autor.

A Figura 3 apresenta os gráficos de Magnitude e Fase assim como o gráfico de Nyquist (FRANKLIN, 2013) para $H(s) = C(s)P(s)$, que são os principais elementos gráficos de análise do sistema de controle (DORF, 2001).

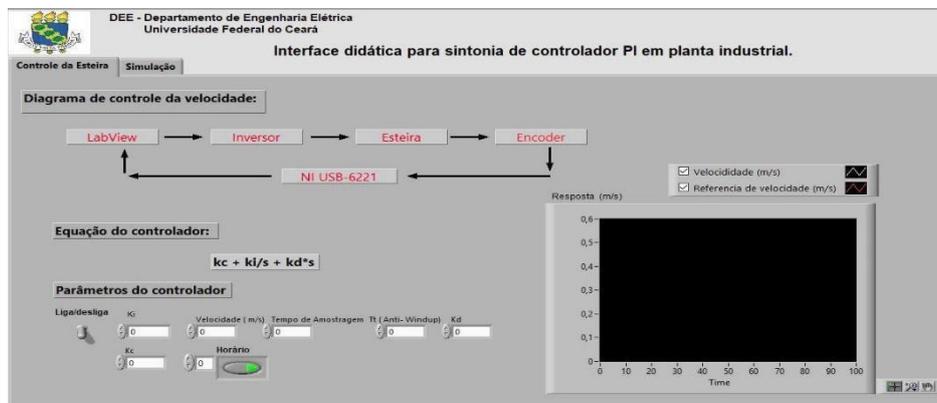
Na Figura 4, a resposta em malha fechada é modificada quando os parâmetros do controlador $C(s)$ são alterados. O gráfico de resposta em malha aberta depende dos parâmetros da planta.

Figura 3 - Simulação da resposta em frequência de uma função de transferência.



Fonte: o autor.

Figura 4 - Interface didática para o controle da esteira industrial.



Fonte: o autor.

Na aba “Controle da Esteira” ajustam-se os parâmetros relacionados ao controlador e à discretização. Neste ambiente define-se os parâmetros de ganho do controlador PID (OGATA, 2010) - K_c , K_i e K_d - em campos específicos para esta finalidade. O sentido de rotação da esteira é definido na chave lógica que pode assumir dois valores: “Horário” e “Anti-horário”, indicando o sentido de giro do motor de tração. O campo “Tempo de amostragem” do processo é importante para a implementação do controlador em tempo discreto. O campo “Velocidade desejada (m/s)” indica a velocidade linear em que a esteira deve operar. Pode-se ativar ou desativar o controlador através do acionamento de uma chave tipo “alavanca”. Se esta chave está na posição desligada, então a esteira opera em malha aberta. Um gráfico monitora o processo de controle, sendo possível visualizar características da resposta no tempo em malha fechada. Além disso, esta aba possui uma área em que é apresentado o gráfico de velocidade, mostrando a velocidade desejada e a velocidade efetivamente desenvolvida pela esteira.

3 BANCADA INDUSTRIAL COMO UNIDADE DIDÁTICA

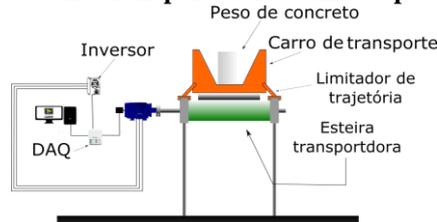
Neste trabalho propõe-se a aplicação do sistema de interface didática descrito na seção 2 para o controle de velocidade em uma esteira transportadora de pequeno porte.

3.1 Descrição da bancada industrial de esteiras transportadoras

A planta experimental das correias transportadoras em estudo é formada por uma esteira de 1,25 m (distância em relação aos tambores de acionamento e o de retorno), do tipo lisa, apoiada em mesa plana, tracionada por um motor de indução trifásico com potência nominal de 1 cv, acoplado por corrente diretamente ao tambor de acionamento sem caixa de redução

(MAGALHÃES, 2010). O acionamento do motor se dá por inversor de frequência, com potência nominal de 1,1 kW e ligação trifásica. O acionamento pode ser manual ou através de entrada analógica de tensão (0 V à 10 V). No caso deste projeto, o acionamento é realizado através da entrada analógica, assim, pode-se enviar comandos de controle a partir de um microcomputador, conectado a uma placa de aquisição de dados. Porém, se faz necessário obter também a leitura de velocidade, que é realizada através de *encoder* incremental, acoplado diretamente ao eixo do motor. A Figura 5 ilustra a bancada didática.

Figura 5 - Ilustração da bancada de estudo com destaque para a placa de aquisição de dados, o conversor de frequência, a esteira transportadora e um dos pesos de concreto como carga.



Fonte: o autor.

A estrutura destacada na Figura 5, e descrita nesta seção, integra um motor elétrico com acionamento a inversor, que atua via placa de aquisição de dados interligada a um computador. Trata-se, portanto, de uma bancada tipicamente de aplicação industrial em que sensores e equipamentos estão conectados entre si a para a realização de uma atividade. A integração do computador à Internet e a possibilidade de interação remota destacam a versatilidade da bancada. Essa interação entre sensores e equipamentos conectados entre si, sobretudo através da “Internet das Coisas” - *IoT* (da sigla em inglês *Internet of Things*) é especialmente destacado e analisado por Baygin (2016) no âmbito da educação superior.

3.2 Projeto do controlador de velocidade

O controle da planta é feito através do software *LabVIEW* instalado em microcomputador (PC) próximo à esteira. O envio do sinal de acionamento do inversor e a leitura de velocidade proveniente do encoder são realizados através de uma placa de aquisição de dados de fabricação da *National Instruments*, modelo NI USB-6221, cuja comunicação com o PC se dá através de porta USB.

O modelo identificado da planta, ou seja, a função de transferência que relaciona o sinal aplicado à entrada do inversor com a velocidade obtida é dada pela Equação (2).

$$G(s) = \frac{274,15}{0,31s+1} \quad (2)$$

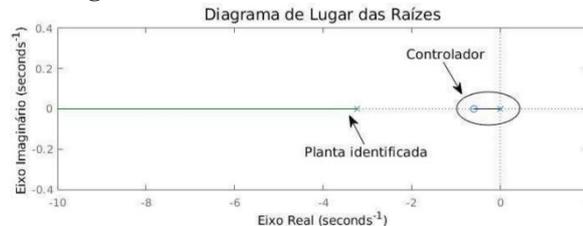
A equação (2) foi obtida através de identificação de modelo de primeira ordem com sinal de excitação binário pseudo-aleatório (PRBS).

A partir da Equação (1), pode-se então projetar um controlador PI utilizando-se qualquer uma das técnicas descritas nas disciplinas teóricas, como por exemplo: alocação de pólos, resposta em frequência ou técnicas de auto-sintonia (*auto-tuning*) (DORF, 2001). No caso deste trabalho, o controlador é projetado por alocação de pólos, cujo Diagrama de Lugar das Raízes é mostrado na Figura 6.

O projeto do controlador considera o posicionamento de um pólo na origem para garantia de erro nulo no seguimento de referência do tipo degrau. O zero do controlador é posicionado à direita do zero da planta para garantir ausência de resposta oscilatória (DORF, 2001) e o diagrama de lugar das raízes permanece completamente no eixo real. Assim, a posição

específica do zero pode ser obtida observando-se a resposta no tempo a partir da simulação, a fim de se garantir o tempo de acomodação desejado, ou seja, o intervalo de tempo entre 0 m/s e 0,6 m/s. Neste projeto, foi escolhido 10 s como tempo de acomodação. Porém, em atividades práticas no laboratório, pode-se relaxar para 15 ou 20 segundos ou diminuir para 5 segundos, por exemplo, levando a uma nova posição do zero e, portanto, a um novo projeto de controlador.

Figura 6 - Diagrama de lugar das raízes.



Fonte: o autor.

Assim, para o tempo de acomodação em 10 s, tem-se a função de transferência do controlador dada pela Equação (3):

$$C(s) = \frac{(3,636s+2,186) \cdot 10^{-3}}{s} \quad (3)$$

Entretanto, a implementação efetiva do sistema de controle se dá em tempo discreto, sendo necessário, portanto, indicar o tempo de amostragem para que planta e controlador sejam discretizados. Em implementações de ordem prática em uma unidade de controle lógico programável (CLP) também necessita-se de informação a respeito do tempo de amostragem. Aqui destaca-se relevância desta interface de programação em que o estudante se depara com as mesmas funcionalidades que o profissional que atua na indústria encontra na programação de unidades de controle. Portanto, a conexão com quadros elétricos e a possibilidade de uso do controlador projetado torna a bancada igualmente adequada para uso em disciplinas de Automação Industrial.

3.3 Roteiro prático

O sistema de controle de velocidade desenvolvido neste trabalho visa aproximar o aluno com a prática em um ambiente que se assemelha ao industrial e, portanto, deve-se adotar um roteiro que aponte, de maneira didática, as alterações inseridas na dinâmica do sistema de malha fechada.

Assim, um roteiro sugerido seria:

1. Utilizando o aplicativo desenvolvido e alterando-se os parâmetros de controle (K_p , K_i e K_d) conforme mostrado na seção 2, acompanha-se, na aba "simulação", a resposta teórica desenvolvida pelo controlador projetado. Neste passo, pode-se inserir um projeto de controlador para atingir uma resposta dinâmica com algumas características desejadas (como tempo de acomodação, *overshoot* percentual ou tempo de subida, por exemplo). Isso proporciona sentimento sobre a alteração de cada um desses parâmetros ao aluno.
2. Os gráficos de Bode e o diagrama de Nyquist são apresentadas como ferramentas adicionais que podem ser exploradas para o projeto do controlador no domínio da frequência.
3. Com os resultados teóricos desejados obtidos, utiliza-se a seção "Controle da Esteira" para implementar o controlador na planta real com análise gráfica da velocidade linear obtida.

O roteiro sugerido aborda os aspectos básicos relacionados ao projeto de controladores PID. Porém, um roteiro específico deve ser criado pelo professor da disciplina de Laboratório de Controle, em que as funcionalidades de domínio do tempo e da frequência disponíveis permitem explorar conceitos além destes enumerados aqui.

Vale ressaltar que ao se incluir a planta da esteira no *loop* de controle simulado, este sistema passa a se caracterizar do tipo HIL (*Hardware-In-the-Loop*). Esta estratégia reduz o tempo e custos de desenvolvimento de uma ECU (*Embedded Control Unit* ou Unidade de Controle Embarcada). Sistemas HIL permitem a realização de testes em um sistema modelado em simulação e posterior transporte do sistema de controle que apresentou melhor desempenho para aplicação junto à planta real, tal como descrito em Silva (2016) e Santos Jr. (2016).

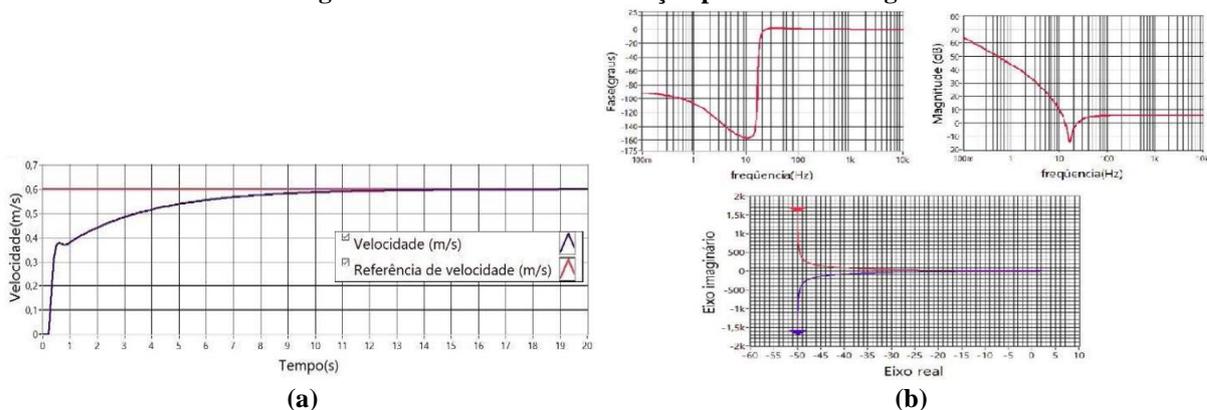
4 RESULTADOS

Como exemplo de aplicação prática da ferramenta, esta seção apresenta os resultados relacionados ao controle de velocidade da esteira transportadora, cuja descrição e projeto do controlador estão descritos na seção 3.

4.1 Simulações do projeto de controle

Utilizando a ferramenta de simulação no domínio do tempo da interface didática, foram extraídos resultados teóricos para o controle do sistema de esteira transportadora. Foi obtida a resposta ao degrau com a função de transferência da planta identificada apresentada na Equação (1) e com o controlador PI projetado apresentado na Equação (2). No tempo $t = 0$ segundos foi aplicada a referência de velocidade de 0,6 m/s, como mostrado na Figura 7a.

Figura 7 - Resultados de simulação para entrada degrau.



Fonte: o autor.

É possível observar na simulação que a saída do sistema satisfaz o requisito de desempenho de projeto, no qual o tempo de acomodação deve ser igual ou inferior a 10 segundos. Na Figura 7b, é apresentado resultados para a resposta no domínio da frequência.

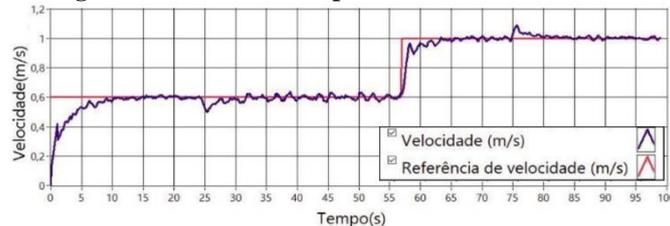
4.2 Resultados experimentais

Utilizando a ferramenta de controle da esteira da interface didática, foram extraídos resultados experimentais referentes à aplicação do controlador PI projetado apresentado na Equação (2). A Figura 8 mostra o resultado obtido para um ensaio com aplicação de carga mecânica à esteira (perturbação).

No tempo $t = 0$ seg foi aplicada a referência de velocidade de 0,6 m/s. Observa-se que a resposta transitória do sistema real aproxima-se do resultado mostrado na Figura 8, em que o tempo de acomodação obtido está em torno de 10 seg. Em seguida, em $t = 23$ seg, foi aplicada

uma carga mecânica sobre a esteira, materializada por dois pilares de concreto. Nesse instante, a velocidade linear sofre um breve afundamento para depois retornar à referência, utilizando-se da característica do controlador de rejeitar perturbações. Em $t = 57$ seg foi aplicada uma outra referência com valor de 1 m/s. No instante $t = 75$ seg, as cargas foram retiradas da esteira fazendo com que a velocidade aumentasse brevemente e depois retornasse à referência.

Figura 8 – Resultados experimentais.



Fonte: o autor.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou um aplicativo desenvolvido para integração entre computador e bancada de esteiras transportadoras para fins didáticos. Trata-se de uma bancada real, montada em laboratório de práticas industriais que tanto pode ser utilizada como ferramenta de ensino em disciplinas de áreas correlatas quanto em atividades de pesquisa.

Os resultados de simulação mostraram a praticidade do aplicativo em projetar o controlador, uma vez que é possível obter a resposta desejada, orientando-se com o artifício gráfico (tempo e frequência), através da variação dos parâmetros do controlador. Os resultados experimentais validam a eficiência do projeto de controle, mostrando que a resposta experimental se aproxima da resposta projetada.

Dessa forma, pode-se destacar a versatilidade da bancada no que diz respeito ao triângulo de conhecimento (RENTZOS, 2015) cujos pilares são dados por “ensino, pesquisa e inovação”. Tanto os resultados de simulação quanto os experimentais destacam a viabilidade da proposta, aplicada a um controlador PI. Vale ressaltar que é uma bancada tipicamente encontrada em ambientes industriais com acionamento a partir de módulo supervisor, o que facilita a sinergia entre alunos e profissionais da indústria.

Agradecimentos

Ao CNPQ pelo suporte financeiro na forma de bolsa de iniciação científica no âmbito do programa PIBIC/UFC – Bolsista Gabriel de Oliveira Almeida.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, W. F. *et al.* **Projeto de uma Planta Didática de Controle de Nível com Interface Arduino-Labview nos Cursos de Engenharia.** Disponível em: <http://is.gd/agaFUo>. Acesso em: 26 jun. 2019.

BARBOSA, Rian Oliveira. **Instrumentação virtual com LabVIEW em laboratório experimental de eletrônica.** Centro Universitário Univates. 2016. 94 f. Dissertação (Trabalho de conclusão do curso) - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2016.

BAYGIN, M. *et al.* **An effect analysis of industry 4.0 to higher education.** International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET). Istanbul, 2016. p. 1-4.

CHRYSSOLOURIS, G.; MAVRIKIOS, D.; RENTZOS, L. The Teaching Factory: A Manufacturing Education Paradigm. **Factories of the Future in the Digital Environment**, v. 57, p. 44-48, 2016.

DORF, Richard C.; BISHOP, Robert H. **Sistemas de Controle Modernos**. Addison Wesley Longman, 8ª Edição, 2001.

FRANKLIN, G. F.; POWELL, J. D.; EMAMI-NAEINI, A. **Sistema de Controle para Engenharia**. 6ª edição, São Paulo: Bookman, 2013.

HOERNICKE, M.; HORCH, A.; BAUER, M. **Industry contribution to control engineering education: An experience of teaching of undergraduate and postgraduate courses**, v. 50, n. 2, p. 133-138, 2017.

RENTZOS, L.; MAVRIKIOS, D.; CHRYSSOLOURIS, G. **A Two-way Knowledge Interaction in Manufacturing Education: The Teaching Factory**, v. 32, p. 31-35, 2015.

MAGALHÃES, Francisco Rodrigo Paulino de. **Análise de Eficiência Energética para Técnicas de Acionamento de Correias Transportadoras**. Universidade Federal do Ceará. 2010. 136 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de Controle Moderno**. 5ª edição, São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

SANTOS JR., A. B. **Desenvolvimento de Plataforma de Simulação Hardware-In-the-Loop de Baixo Custo**. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/simea2016/PAP42.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2019.

SILVA, J. R. de O.; KIENITZ, K. H. **Simulação “Hardware-In-the-Loop” (HIL) Usando Hardware Computacional na Configuração Mestre-Escravo**. Disponível em: <http://www.bibl.ita.br/viiiencita/Simulacao%20-%20hardware%20in%20loop-.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2019.

VISIOLI, A. **Modified anti-windup scheme for PID controllers**. IEEE Proceedings - Control Theory and Applications, v. 150, p. 49-54, 2003.

DIDACTIC TOOL FOR PID CONTROL TUNING APPLIED TO AN INDUSTRIAL PLANT

Abstract: This paper presents a teaching app developed to allow integration between a computational environment with a training industrial bed. The system is mainly driven for dynamic control systems and industrial automation disciplines, although it also lead to evaluate controllers design making it suitable for research as well. The interface is fully integrated with a lab belt conveyor through NI USB-6221 data acquisition board which allows one to control and monitor its linear speed with set parameters accordingly. Results of both theoretical and experimental tests are compared to enlight the versatility of the set up to deal with simulation and hands-on experiment in a real test bed. Within this context, the work aims to provide a supervisory tool for students in order to show the whole process of controlling a real plant from design to implementation.

Keywords: Conveyor belt. PID Control. LabVIEW.