

DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DIDÁTICO DE TACOGERAÇÃO UTILIZANDO ARDUINO E MATLAB PARA ENSINO DE CONTROLE AUTOMÁTICO

PAULO SÉRGIO FERIGOLLO^{1*}, ANTONIO RIBAS NETO²

¹Graduando em Engenharia de Controle e Automação, IFC, Luzerna-SC, pauloferigollo@hotmail.com

²Mestre em Engenharia de Automação e Sistemas, Prof. do IFC, Luzerna-SC, antonioribas@luzerna.ifc.edu.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016
29 de agosto a 2 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: Este trabalho apresenta o resultado do desenvolvimento de uma plataforma didática entre o Arduino e Matlab que foi utilizada na construção de um sistema de controle para um tacogerador. Também apresenta um breve apontamento sobre a criação de uma interface com a ferramenta GUIDE do Matlab para deixar a plataforma mais amigável e a aplicação da plataforma relatando sucintamente o uso dela em componentes curriculares do curso de Engenharia de Controle e Automação do Instituto Federal Catarinense (IFC) – *Campus* Luzerna. No curso em questão, a plataforma tem contribuindo para o entendimento e aplicação dos conceitos relacionados à teoria de controle, integrando o conteúdo teórico das aulas com a modelagem, identificação de sistemas, projeto de controladores e experimentação. O protótipo é composto por uma planta de tacogeração, um Arduino Mega2560 e uma interface gráfica no *software* Matlab. A experimentação do protótipo é organizada de forma que cada aluno identifique a função de transferência da planta e projete seu controlador no ambiente Matlab, para depois, testá-lo na planta e verificar sua funcionalidade. A atividade experimental já foi realizada por alguns alunos do IFC Campus Luzerna e demonstrou-se muito eficaz e extremamente didática na sua programação e simulação.

PALAVRAS-CHAVE: Protótipo didático, Ensino de Controle Automático, Arduino, Matlab.

DEVELOPMENT OF A TACHOGENERATOR DIDACTIC PROTOTYPE USING ARDUINO AND MATLAB FOR AUTOMATIC CONTROL TEACHING

ABSTRACT: This paper presents the result of the development of a didactic platform between Arduino and Matlab which was used in a control system with tachogenerator. It is reported a brief note about a Graphical User Interfaces (GUI) in MATLAB to become it a user-friendly platform and is made a short comments about the use of it in curriculum components of the Control and Automation Engineering course of the Catarinense Federal Institute (IFC) - *Campus* Luzerna, as feedback systems, introduction to system identification. In the mentioned course, the platform has contributed to the understanding and application of related concepts to control theory, integrating the theoretical lessons content modeling, system identification, design and applications. The prototype consists of a tachogenerator plant, a Mega2560 Arduino, a GUI in Matlab software. The trial prototype is organized so that each student identifies the plant transfer function and designs your controller in Matlab environment, then they test it in the plant and check its functionality. The experimental activity has been carried out by some students of the IFC Campus Luzerna and proved to be very effective and extremely didactic in its programming and simulation.

KEYWORDS: Didactic prototype, Automatic Control teaching, Arduino, Matlab.

INTRODUÇÃO

A falta de equipamentos específicos para experimentação nas mais variadas áreas do conhecimento faz com que o aprendizado do conteúdo lecionado em sala de aula torne-se um processo lento e menos interessante (Olinger, 2002). Na maioria das vezes, o uso destes equipamentos visa a aproximação entre a teoria lecionada em sala de aula e a prática e melhora o aprendizado dos alunos. Porém, normalmente, esta aproximação demanda equipamentos que não são tão acessíveis às

universidades devido a diversos fatores (COELHO et al, 2001). Para contornar este empecilho, buscaram-se soluções alternativas mais baratas como a elaboração de *kits* didáticos utilizando plataformas com *hardwares* embarcados. Uma destas plataformas é o Arduino, que vem sendo amplamente utilizado no desenvolvimento de plantas laboratoriais e também para auxiliar na pesquisa.

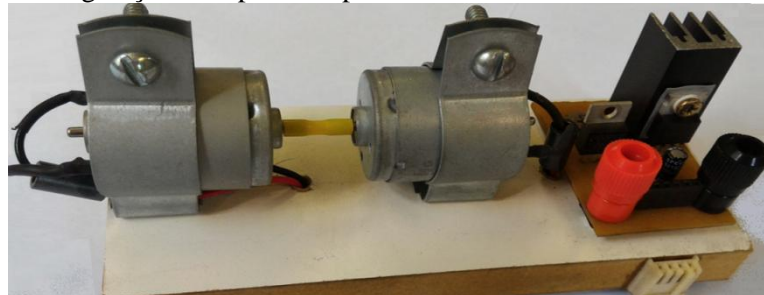
Seguindo essa tendência, o curso de Engenharia de Controle e Automação (ECA) do Instituto Federal Catarinense (IFC) *Campus* Luzerna, também tem utilizado estes recursos para auxiliarem no entendimento de projeto de controladores de processos. O projeto dos principais tipos de controladores encontrados em sistemas industriais é abordado no decorrer de alguns componentes curriculares, e com o uso de *kits* didáticos o ensino destas técnicas de controle tem se tornado mais interessante e também propiciado experiências de aplicação e visualização real para os alunos.

No que segue, este trabalho traz o relato da elaboração de um protótipo de um sistema de tacogerador para ser utilizado no curso acima citado. O protótipo desenvolvido é composto de dois pequenos motores de corrente contínua de eixos acoplados e utiliza o Arduino como *hardware* para aquisição de dados e o *software* Matlab para processamento e controle da planta, possibilitando também a visualização de todas as variáveis presentes no sistema controlador e planta em tempo real.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para testar o funcionamento dos controladores lecionados nos componentes curriculares da ECA em um sistema físico real, foi construído um protótipo experimental, conhecido como sistema de tacogeração, veja a Figura 1, composto por dois motores. No sistema, um motor serve como força motriz e o outro é responsável pela geração de tensão proporcional à velocidade do primeiro. Também foi confeccionada uma placa eletrônica, para acionamento do motor principal e leitura da tensão de saída, tendo esta placa conexão direta com o Arduino através de dois pinos, um deles efetua uma leitura analógica e o outro uma escrita com modulação em largura de pulsos (PWM).

Figura 1. Sistema de tacogeração com placa de potência montada.

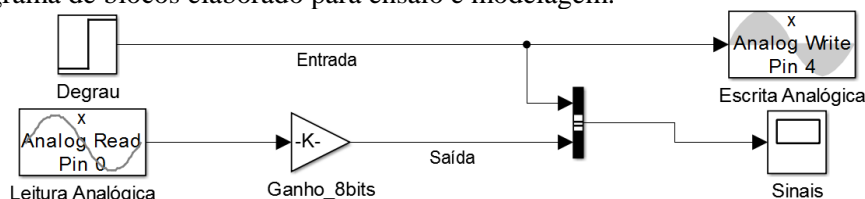


Fonte: Próprio autor (2016).

Utilizando o *script* de comunicação disponibilizado pela MathWorks, é possível realizar a troca de informações entre o Matlab e o Arduino. Para testar a comunicação entre eles foram realizados testes experimentais com os motores e retirados dados reais da planta relativos a condições nominais de operação. Com o sistema da Figura 1, é possível aplicar à planta qualquer forma de sinal em corrente contínua capaz de ser gerado pelo *software* e fazer a leitura de tensão e, ainda, visualizar no Matlab todas as variáveis necessárias para realizar a modelagem e controle do tacogerador.

Para realizar um ensaio experimental no sistema e efetuar a aquisição e escrita de dados, foi utilizado um Arduino Mega2560, o protocolo de comunicação entre *hardware* e *software* e também utilizado o Simulink (extensão do Matlab) para visualização dos sinais envolvidos. O diagrama de blocos do sistema criado no Simulink está reproduzido na Figura 2.

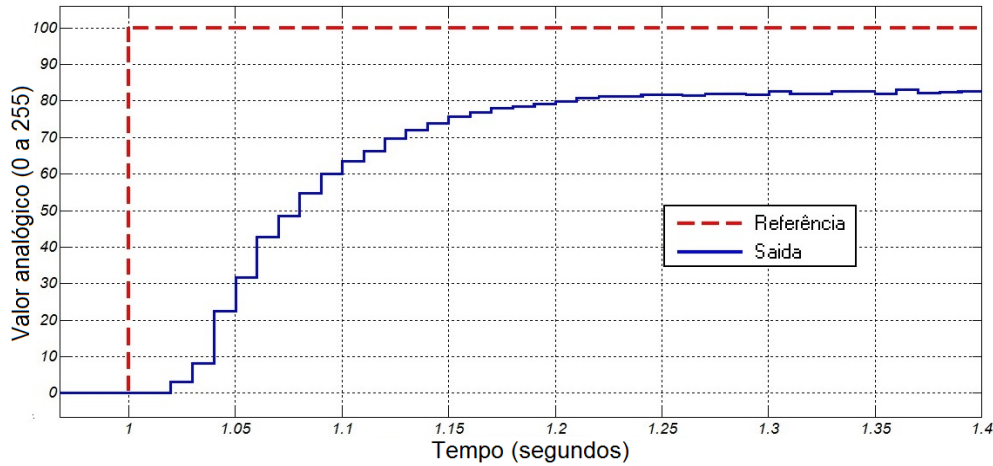
Figura 2. Diagrama de blocos elaborado para ensaio e modelagem.



Fonte: Próprio autor (2016).

A partir da resposta do sistema real obtida a partir do diagrama representado na Figura 2 foram feitas algumas análises para identificação da função de transferência da planta. O ensaio está apresentado na Figura 3, sendo em vermelho (linha pontilhada), o degrau aplicado na entrada e em azul (linha contínua), a resposta do sistema com uma precisão de 100 amostras por segundo.

Figura 3. Ensaio a degrau para modelagem.



Fonte: Próprio autor (2016).

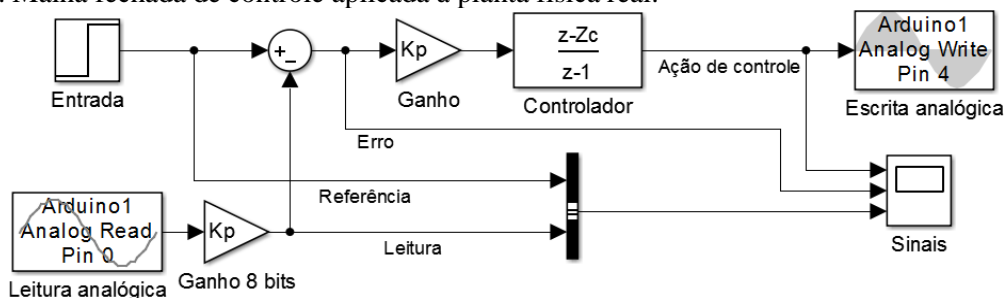
Após a aplicação de algumas técnicas de modelagem, ensaios para identificação e validação do modelo matemático, foi obtida a função de transferência contínua apresentada na Eq. (1).

$$G(s) = \frac{0,825}{0,06s + 1} = \frac{13,75}{s + 16,65} \quad (1)$$

Testes realizados com a discretização do sistema também forneceram resultados satisfatórios. É importante comentar que o modelo obtido serve apenas para auxiliar nos cálculos dos parâmetros a serem utilizados no projeto do controlador, já que, no momento da experimentação, o algoritmo de controle atuará sobre o processo físico real e não sobre o modelo matemático.

Com o protótipo montado e a comunicação entre *hardware* e *software* executada, iniciaram-se os testes do sistema para verificar a funcionalidade prática de diversos tipos de controladores e efetivar a utilização do *kit*. Para exemplificar o uso do sistema físico em conjunto com uma técnica de controle, foi projetado e aplicado um controlador com ação proporcional e integral (controlador PI). O diagrama de blocos elaborado para tal fim em ambiente Simulink está representado na Figura 4.

Figura 4. Malha fechada de controle aplicada à planta física real.

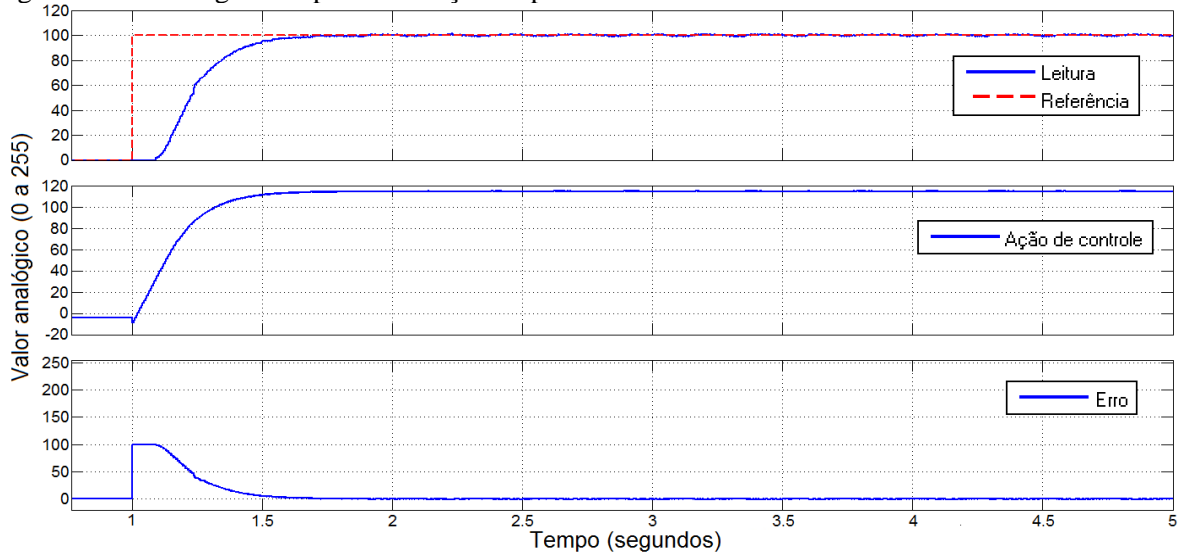


Fonte: Próprio autor (2016).

Um programa em *script* do Matlab calcula os valores das variáveis Z_c e do ganho K_p a partir dos requisitos e estas são então utilizadas no diagrama da Figura 4. Os requisitos escolhidos para a resposta do sistema foram tempo de assentamento para 5% de 0,5 segundos, resposta não oscilatória, referência de 100 na porta analógica e coeficiente de amortecimento (ζ) igual a 1,2.

O controlador, projetado a partir da escolha dos requisitos, gerou a resposta apresentada na Figura 5. Os valores estão apresentados na forma analógica, de 0 a 255 (8 bits).

Figura 5. Gráficos gerados pela simulação da planta real.



Fonte: Próprio autor (2016).

O valor da referência está em valor analógico, mas essa pode ser também escolhida em função da tensão gerada, em Volts, ou pela velocidade de rotação, em rpm. A função matemática que representa o valor analógico de escrita em função da tensão produzida na saída está apresentada na Eq. (2) e a que concede o valor analógico em função da velocidade de rotação está na Eq. (3):

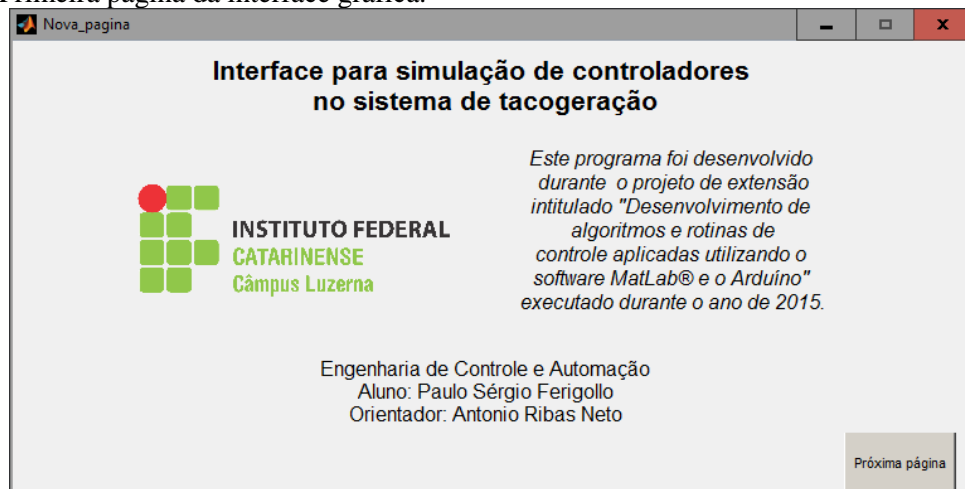
$$\text{PWM} = 15,2 * \text{Tensão (V)} + 27,3 \quad (2)$$

$$\text{PWM} = 0,031 * \text{Rotação (RPM)} + 26,7 \quad (3)$$

Com essas expressões, pode-se trabalhar com o sistema de tacogeração em função de qualquer uma das três variáveis citadas e também visualizar em tempo real, através do Matlab, os valores dos parâmetros, saída, ação de controle e erro reais, tornando a experimentação ainda mais interessante.

Para interface homem-máquina, é necessária uma página amigável ao aluno utilizador do *kit*, sendo assim, foi desenvolvida uma interface gráfica, representada nas Figuras 6 e 7. Como se pode observar, ela é bastante intuitiva e cabe ao aluno apenas especificar os quatro pré-requisitos listados anteriormente para executar uma simulação da planta e visualizar as variáveis envolvidas no processo.

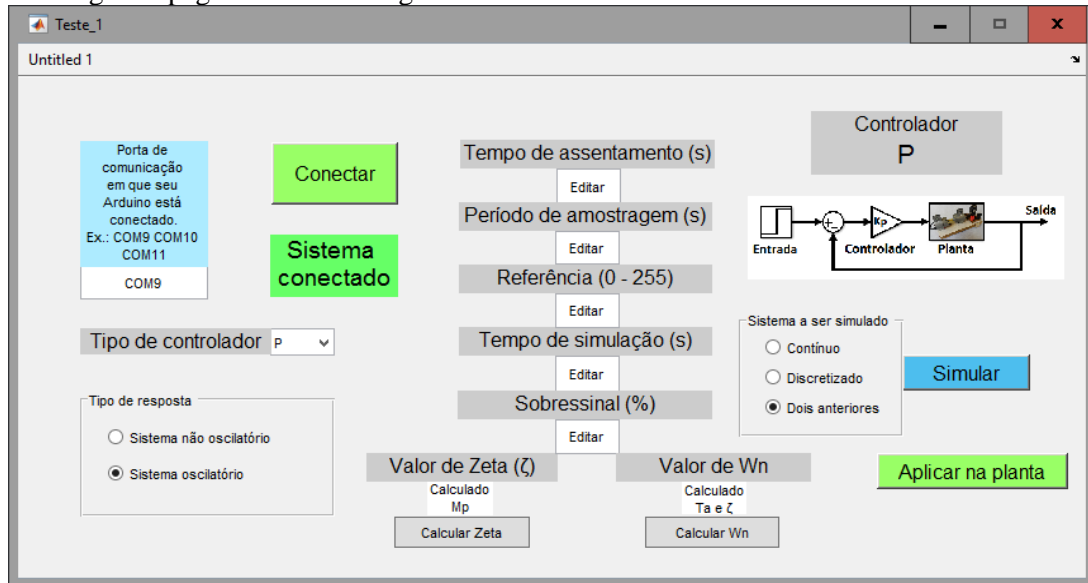
Figura 6. Primeira página da interface gráfica.



Fonte: Próprio autor (2016).

Ao clicar no botão "Próxima página", canto inferior direito da Figura 6, é aberta a página de controle do sistema de tacogeração (Figura 7).

Figura 7. Segunda página da interface gráfica.



Fonte: Próprio autor (2016).

Durante a escolha dos valores dos parâmetros utilizados para configurar a resposta do sistema, o programa apresenta informações para confirmar os cálculos anteriormente feitos pelo operador e, ao fim da escolha dos parâmetros, pode-se realizar uma simulação prévia do controlador e planta clicando no botão “Simular” para garantir o funcionamento antes de o controlador ser aplicado ao tacogerador.

RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES

O protótipo aqui apresentado foi utilizado nos componentes curriculares de Sistemas Realimentados e Introdução à Identificação de Sistemas. Para o primeiro componente citado, o objetivo da atividade proposta foi que os alunos deveriam projetar controladores do tipo avanço de fase, atraso de fase e avanço-atraso de fase para a planta de tacogeração. Como todos os participantes tinham um conhecimento prévio do *software* Matlab, a simulação foi facilmente executada e o sistema respondeu como esperado para todos aqueles que escolheram o tempo de assentamento condizente com a dinâmica do tacogerador. Para aqueles que não obtiveram o comportamento de resposta esperado, foi necessário um novo ajuste e logo a experimentação teve êxito. No componente de Introdução à Identificação de Sistemas, a interface do programa foi deixada de lado e foi testado um algoritmo de identificação, após isso foram realizados testes utilizando estratégias de controle adaptativo aplicadas ao tacogerador, todos os testes apresentaram resultados satisfatórios.

Assim como em experiências relatadas por outros autores, o Arduino tem se mostrado como uma plataforma muito útil na integração de teoria e prática, contribuindo notoriamente com o ensino em diversas áreas. O uso conjunto desse *hardware* com o Matlab em metodologias didáticas, tem tornado o ambiente escolar mais interativo e informatizado, melhorando a aprendizagem do aluno através de experimentação e também, com pesquisas vinculadas ao uso destas tecnologias.

No âmbito do curso de ECA, os resultados apresentados são bastante significativos visto que o IFC *Campus* Luzerna está em contínuo crescimento e há demanda por equipamentos para experimentação em algumas disciplinas específicas do curso. Nos meses seguintes será dada continuação ao projeto, objetivando realizar algumas melhorias na interface gráfica, na confecção da placa eletrônica e no tutorial de uso da integração *software-hardware*. Também será desenvolvida uma planta de controle de nível de dois tanques utilizando a comunicação do Matlab com dispositivos.

REFERÊNCIAS

- COELHO, Antonio A. R. et al. **Da teoria à prática: projeto motor taco-gerador**. Anais: XXIX Congresso Brasileiro de Educação de Engenharia. Porto Alegre, RS, 2001.
- Olinger, D. J.; Hermanson, J. C.; **Integrated thermal-fluid experiments in WPI's discovery classroom**, Journal of Engineering Education, v. 91, n. 2, pp. 239-243, 2002. ISSN: 10694730. doi: 10.1002/j.2168-9830.2002.tb00697.x