

**Tecnologia, inovação e sustentabilidade:  
50 anos de Cursos de Tecnologia no Brasil.**

**Sistema de Controle de Processos Industriais Voltado a  
Aplicação Didática**

Alberto Carlos Palazzo

**Resumo** - O presente trabalho tem por objetivo desenvolver um sistema a ser utilizado no ensino dos tópicos que formam a Teoria dos Sistemas de Controle, buscando tornar mais fácil a sua compreensão no ambiente educacional das áreas tecnológicas da engenharia elétrica e de controle e automação. O impacto nos métodos de ensino tecnológico pode acelerar o grau de desenvolvimento dos nossos discentes que vêm alcançando os cursos de graduação em nosso país. O método utilizado foi o *Design Science* o qual consiste, especialmente, em desenvolver um artefato e aplicá-lo, em condições controladas e conhecidas pelo investigador, para observar os resultados produzidos. O trabalho se propõe ainda a avaliar o impacto da utilização de sistemas didáticos no ensino de Controle de Processos.

**Palavras-chave:** Ensino; Sistemas Produtivos; Controle de processos; Processos industriais.

**Abstract** - The present work aims to develop a system to be used in the teaching of the topics that form the Control Systems Theory, seeking to make it easier to understand in the educational environment of the technological areas of electrical engineering and control and automation. The impact on technological teaching methods can accelerate the degree of development of our students who are reaching undergraduate courses in our country. The method used was Design Science, which consists especially of developing an artifact and applying it, under controlled conditions and known by the researcher, to observe the results produced. The work also proposes to evaluate the impact of the use of didactic systems in the teaching of Process Control.

**Keywords:** Teaching; Productive Systems; Process control; Industrial processes.

## 1. Introdução

Este trabalho aborda dois campos do conhecimento interligados e extremamente significativos em termos de avanço tecnológico. Ensino e

sistemas de controle. Ambos são extremamente complexos, diversificados e requerem aprofundados estudos para o seu conhecimento, ainda que parcial, visto que dada sua amplitude se torna impossível o seu pleno domínio. Sistemas de Controle é um tema de suma importância em diferentes campos do conhecimento tecnológico como por exemplo nos processos produtivos, aviação e saúde. O domínio deste tema é adquirido em cursos técnicos, tecnológicos e de engenharia voltados às áreas elétrica, eletrônica, mecatrônica e de controle e automação. Sendo um tema inserido em diferentes segmentos da engenharia, requer para a sua plena aprendizagem que haja a aliança entre teoria e prática. O bom resultado no ensino de Sistemas de Controle é, portanto, altamente dependente da existência de infraestrutura adequada para que aqueles que necessitem adquirir este conhecimento possam compreender com clareza e profundidade os conceitos que governam este assunto. Sendo assim, quando uma instituição de ensino tem a intenção de oferecer um curso de engenharia nas especialidades mencionadas, vários aspectos devem ser considerados, entre os quais os custos de implantação, dado que a formação em engenharia nestas áreas exige altos investimentos em infraestrutura para a adequada formação prática de seus alunos.

Para que um curso tenha sucesso, formando concluintes com significativa bagagem de conhecimento, não apenas a infraestrutura é importante, outros fatores são determinantes para conduzir a formação a bom termo, entre eles a proposta curricular, a qualidade do corpo docente e a metodologia aplicada, uma vez que qualquer que seja o curso, a busca pela adequada formação dos alunos deve ser o objetivo primordial dos profissionais responsáveis pelo programa formativo. Sendo assim, a adequada conjunção dos aspectos mencionados permitirá conduzir os seus participantes à aquisição de novos conhecimentos e/ou habilidades e/ou atitudes.

Sobre alguns destes tópicos, interligados entre si, a instituição terá maior ou total controle do que sobre outros. A qualidade do corpo docente, por exemplo, é um quesito sobre o qual é difícil ter-se controle total ou parcial uma vez que este fator depende de uma série de circunstâncias externas à instituição. No entanto, é importante mencionar, é provavelmente o fator de maior impacto positivo ou negativo no resultado do programa.

Por outro lado, a infraestrutura oferecida para as atividades pedagógicas é o fator sobre o qual a instituição tem absoluto controle pois está totalmente sob seu domínio a implantação de uma infraestrutura adequada ou não para disponibilizar aos alunos. Outro ponto que influi diretamente na qualidade da formação é a metodologia aplicada e este tema refere-se à forma pela qual serão ministrados todos os temas presentes no currículo. É dentro deste contexto que nasceu a proposta deste trabalho, onde buscar-se-á abordar as questões relativas ao processo ensino- aprendizagem em um tema que se apresenta como de alta complexidade pela maior parte daqueles que necessitam dominá-lo.

Como os cursos de graduação em Engenharia Elétrica e de Controle e Automação e Cursos Superiores de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, requerem infraestrutura de significativo porte para atender às exigências formativas impostas pelas atividades pedagógicas e as metodologias aplicadas serão fator chave para o efetivo aprendizado, buscou-se pesquisar o desenvolvimento de um recurso educacional de baixo custo em comparação com os atualmente ofertados pelo mercado, de forma a se obter resultados de aprendizagem significativos em Sistemas de Controle sem o dispêndio de altas somas em infraestrutura.

O objetivo, portanto, é o desenvolvimento de um sistema eletromecânico a ser utilizado no ensino dos tópicos que formam a Teoria dos Sistemas de Controle, buscando tornar mais fácil a sua compreensão. Complementando, é importante ressaltar que a proposta se fundamentou nas seguintes premissas:

- I. O sistema proposto deve ter um custo menor quando comparado com os sistemas didáticos ofertados pelo mercado;
- II. O sistema deve propiciar aos alunos a possibilidade de executar os exercícios práticos em sala de aula caso a instituição não disponha de ambientes para aulas práticas;
- III. O sistema deve oferecer a oportunidade de que os alunos visualizem de maneira direta as reações do sistema quando da aplicação das diferentes ações de controle;
- IV. O sistema deve propiciar ao docente o desenvolvimento de diferentes propostas de experimentos conforme sua avaliação da capacidade dos alunos em apreender os conceitos físicos e matemáticos que fundamentam a Teoria dos Sistemas de Controle.

De acordo com o mencionado anteriormente, as instituições de ensino superior dispõem no mercado de diferentes alternativas de equipamentos didáticos para o ensino de Teoria dos Sistemas de Controle. Porém, para muitas delas os valores de aquisição destes equipamentos são proibitivos, o que faz com que acabem optando pelo ensino puramente teórico, tornando assim o processo ensino-aprendizagem extremamente empobrecido, não conduzindo os alunos à aquisição de conhecimentos e habilidades necessárias ao profissional que irá atuar nesta área.

## **2. Referencial Teórico**

A Engenharia de Controle e Automação caracteriza-se pela função que lhe é peculiar: projetar e construir equipamentos ou algoritmos que imponham automaticamente o comportamento de um objeto ou sistema. O funcionamento do sistema controlado deve ser autônomo, apenas o seu comportamento é especificado pelo operador humano dentro de parâmetros admissíveis. Os conceitos centrais neste sistema são os de realimentação da informação, filtragem, ou processamento de sinais, regulador e servomecanismo (ou sistema de controle) e autômatos. Em menos de um século, estes conceitos foram ampliados ou modificados, a partir de inovações tecnológicas invenções científicas e mudanças sociais.

Atualmente existem problemas onde o fluxo de informações é modificado pela realimentação ou pelo próprio fluxo de informações, onde o sistema original pode ou deve ser alterado, onde sistemas conversando entre si aparecem e estão no foco da técnica; onde a noção de comportamento foi ampliada até incluir algum tipo de aprendizado ou inteligência. A engenharia de controle e automação é uma especialidade da engenharia e pode ser caracterizada por diferentes critérios:

- Pelo tipo de sistema ou de produto que considera;
- Pelo setor industrial que a emprega;
- Pelo problema específico de que trata;
- Pela tecnologia e conceituação que utiliza e desenvolve.

No caso da engenharia de controle e automação pode se afirmar que o que a caracteriza é o problema específico de que trata e uma tecnologia e conceituação próprias. A forma como a engenharia de controle e automação considera os sistemas a serem controlados é o que mais a caracteriza. Apesar de forte caráter técnico (controle de processos) é mais uma engenharia de métodos do que de máquinas. Dada a complexidade atual dos sistemas a serem automatizados o engenheiro de controle e automação deve trabalhar em cooperação com especialistas de outras áreas da engenharia formando assim equipes multidisciplinares. Nestas condições diz-se que a função do engenheiro de controle é uma função de integrador de sistemas. Dessa forma, hoje se afirma que ele atua no encontro entre o fluxo de informação e o fluxo de energia. Este profissional deve conhecer modelagem de sistemas dinâmicos, possuir um aprofundamento em matemática compatível ao menos, com o exigido de engenheiros elétricos, eletrônica analógica e digital, processamento de sinais, princípios de telecomunicações, computação, informática e redes.

### **2.1. –Ensino de controle e automação**

A engenharia de controle e automação é antes de tudo engenharia e, portanto, não deve ser confundida com o fazer científico puro, uma vez que em engenharia todo constructo tem finalidade prática. Pode se afirmar, portanto, que a engenharia é teleológica, no sentido de que identifica a presença de metas, fins ou objetivos últimos guiando a natureza e a humanidade, considerando a finalidade

como o princípio explicativo fundamental na organização e nas transformações de todos os seres da realidade. Neste sentido deve se diferenciar a engenharia de ciência em termos absolutos, uma vez que a ciência nem sempre é teleológica no sentido *stricto sensu* do termo. Cabe, no entanto, mencionar que os conhecimentos científicos são essenciais para a solução de problemas típicos da engenharia. Neste sentido, ciência e engenharia estão diretamente ligadas, uma realimentando a outra, uma vez que novas descobertas científicas levam a novas aplicações tecnológicas e estas por sua vez provocam a necessidade de novos desenvolvimentos científicos. Considerando apenas a área da Engenharia de Controle e Automação, é importante salientar que os conceitos tecnológicos que surgiram ao longo de seu desenvolvimento possibilitaram o estudo de modelos explicativos em outras áreas como a biologia, por exemplo.

Ao instalar-se um laboratório de Controle deve-se planejar a instalação de um espaço voltado a objetivos educacionais e para tanto algumas questões básicas devem ser respondidas: quais modelos e equipamentos devem ser utilizados e com que finalidade? Quais são os objetivos das práticas laboratoriais? Qualquer que seja a visão pedagógica, alguns pontos são consensuais sobre as finalidades de cada ambiente:

- Motivar o conhecimento, a demonstração e a validação de conceitos teóricos;
- Introduzir problemas do mundo real associados ao controle e modelagem, como saturação, ruídos, dinâmica de sensores/atuadores, atritos, histereses e imprecisões;
- Fornecer estruturas que permitam procedimentos associados ao uso da instrumentação e à aquisição e tratamento de sinais;
- Expor os estudantes a situações integradas no desenvolvimento de projetos, iniciando com especificações dos problemas e chegando a aspectos de implementação prática e considerações econômicas;
- Confrontar os estudantes com as necessidades práticas profissionais, tais como elaboração de memórias de cálculo e relatórios técnicos;
- Desenvolver trabalhos em equipe e direcionados à solução de problemas.

A implantação de laboratórios é tarefa complexa uma vez que envolve o planejamento da utilização de recursos financeiros e humanos além de fazer uso de espaço físico e da necessidade de implantação de infraestrutura elétrica e hidráulica. Para orientar a montagem de um laboratório voltado ao Controle e Automação devem se considerar os seguintes aspectos, segundo Balchen (Balchen, Handlykken e Tyss, 1981), que são:

- Demonstrar os conceitos teóricos importantes de engenharia de controle e automação;
- Refletir os problemas fundamentais associados às situações reais e que são encontrados na vida prática;
- Apresentar riscos mínimos à segurança dos usuários;
- Possuir custos acessíveis de aquisição, operação e manutenção;

- Apresentar dinâmicas de fácil compreensão, com definição clara de objetivos, associados a procedimentos operacionais simples.

A montagem de laboratórios deve privilegiar o equilíbrio entre as características e os objetivos almejados para o ensino. Normalmente, os laboratórios possuem características de sistemas e plantas industriais ou características mais acadêmicas como módulos padrões deslocáveis pelo ambiente proporcionando uma certa flexibilidade e melhor aproveitamento do espaço físico.

Quanto aos experimentos aplicados nas práticas laboratoriais, há que se considerar vários critérios, entre eles:

- Especificidade do curso;
- Carga horária da disciplina;
- Conteúdo programático;
- Objetivos pedagógicos.

Os dois tipos mais presentes de laboratórios em instituições de ensino superior (IES) são basicamente uma reprodução em escala de modelos físicos presentes em aplicações reais e o outro são sistemas com características industriais. Este segundo tipo atende com mais realismo as aplicações às necessidades do aprendizado em controle na engenharia de processos como por exemplo a engenharia química. No caso dos modelos físicos em escala existem soluções consagradas e que são oferecidas por diversas empresas estabelecidas no mercado de equipamentos didáticos. Na figura 1 apresenta-se, como exemplo, uma bancada para a execução de experimentos em sistemas de controle.

Figura 1 - Bancada didática para ensino de Processos



Disponível em: <http://www.solistecnologia.com.br>, acesso em 19/04/2019

As soluções laboratoriais como esta apresentada tem aspectos favoráveis e desfavoráveis. Como ponto positivo pode-se citar que o laboratório que está equipado com este tipo de equipamento possui aquilo que é o estado da arte em equipamentos didáticos uma vez que se trata de equipamentos importados e,

portanto, oriundos de países industrializados, o que significa que é o que de melhor a tecnologia pode oferecer. Por outro lado, também há outros pontos a serem considerados, como o alto custo de aquisição, a recorrente falta de componentes de reposição, problemas com manutenção além do desconhecimento por parte do representante local dos problemas que podem ocorrer com o equipamento e como resolvê-los.

A montagem de um laboratório não exige necessariamente a disponibilização de muitos equipamentos e kits didáticos. Pode se colocar à disposição dos docentes e alunos um único sistema que possibilite a execução de diferentes experimentos e que os conduza a adquirirem as competências necessárias ao engenheiro de controle e automação.

A engenharia, talvez mais do que outras áreas do conhecimento, passou e ainda passa por grandes transformações e o com o seu ensino não poderia ser diferente. Nas últimas duas décadas ocorreram grandes mudanças nas formas de ensinar e aprender engenharia. Lugar de destaque nestas transformações deve ser reservado às tecnologias de informação e comunicação. A significância do tema Sistemas de Controle no Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE) fica patente quando se analisa alguns dados provenientes deste processo avaliativo. Segundo o Ranking Universitário Folha (RUF) de 2017, elaborado pelo Jornal Folha de São Paulo e pelo site UOL, existem no Brasil 142 instituições de ensino superior que oferecem o curso de Engenharia de Controle e Automação, no qual estavam matriculados 29.712 alunos e 233 instituições que oferecem o curso de Engenharia Elétrica com 107.858 matrículas, ainda segundo o Censo do Ensino Superior de 2017, elaborado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas “Anísio Teixeira”.

### 3. Método

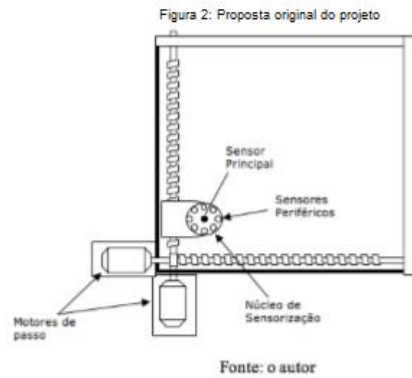
Conforme comentado na introdução deste trabalho, o método a ser utilizado é o *Design Science*. Dentre os métodos de procedimentos utilizados na pesquisa científica, este método apresenta-se, por suas características, como o mais adequado aos propósitos deste trabalho, uma vez que a proposta se trata de um projeto experimental para a construção de um artefato que simulará o funcionamento de sistemas de controle de processos de produção. Foi desenvolvido para ser utilizado em atividades pedagógicas de formação dos profissionais que irão atuar em projetos, aplicação e manutenção destes sistemas. O que é simular na área de ensino profissional? O artigo “O USO DA SIMULAÇÃO NO ENSINO DE ENGENHARIA” de autoria de Renato V. Belhot, Reginaldo S. Figueiredo e Cesar O. Malavé define a simulação da seguinte forma:

Simular consiste na emulação de uma situação real, a partir de um modelo, que por sua vez corresponde a uma representação simplificada da realidade. Simulação é um processo de experimentação com um modelo detalhado de um sistema real, para determinar como o sistema responderá a mudanças em sua estrutura, ambiente ou condições de contorno. Um modelo bem construído auxilia a encontrar as respostas às questões importantes e, portanto, torna a simulação uma técnica

útil e poderosa para a solução de problemas. Muito frequentemente o modelo em si torna-se o objeto de estudo, fornecendo informações e conhecimento sobre o sistema, suas variáveis e a inter-relação entre elas.

Neste projeto o desenvolvimento do dispositivo traz a possibilidade de se criar alternativas de funcionamento de diferentes situações presentes em sistemas de produção que necessitam de algum controle para bem desempenhar sua função.

Na figura 2 a seguir apresenta-se a proposta original do projeto, incluindo o sistema de acionamento das duas coordenadas por meio de motores de passo.



As figuras a seguir apresentam o dispositivo já em fase construtiva, onde se destaca o motor de passo de uma das direções, os perfis e suportes que o sustenta e a base do sistema.

Figura 3 – Dispositivo em fase construtiva



Fonte: o autor



Na figura 4, observa-se a vista lateral do dispositivo e em destaque os trilhos guias da coordenada “X”.

Figura 4: - Vista lateral



Fonte: o autor

Na figura 5, é apresentada a estrutura mecânica do dispositivo, baseada em perfis de alumínio.

Figura 5: Detalhe estrutural do dispositivo



Fonte: o autor

#### **4. Resultados e Discussão**

O projeto aqui proposto encontra-se em fase de início de testes técnicos de funcionalidade, isto é, a montagem do sistema está feita conforme apresentado na figura anterior. O comando elétrico está em construção para aplicação na estrutura mecânica e então será dado início ao ciclo de testes e utilização em atividades práticas de ensino e aprendizagem em sistemas de controle. A perspectiva é que a aplicação do sistema confirme que por meio dele é possível ampliar o nível de aprendizagem dos alunos nos temas relativos a Sistemas de Controle.

#### **5. Considerações finais**

A motivação principal que conduziu a proposição desta pesquisa foi a preocupação com o nível de aprendizagem dos alunos no que diz respeito a Sistemas de Controle. Trata-se, no mais das vezes, de uma área de conhecimento

considerada pelos alunos como sendo de alto grau de dificuldade para ser dominada. Esta afirmação baseia-se em observações e comentários de alunos em sala de aula. Portanto, entende-se que é sempre bem-vinda qualquer iniciativa que busque reduzir as dificuldades dos discentes na aprendizagem desta área. Os artigos pesquisados mostraram que esta preocupação é recorrente em muitas instituições de ensino superior. Muitos profissionais do ensino de engenharia se dedicam a trazer para a realidade do processo ensino – aprendizagem a sua experiência e a aplicação dos conceitos teóricos abordados em sala de aula. Essa busca pela melhoria do nível da aprendizagem dos alunos deve ser preocupação permanente dos profissionais que se dedicam à formação das futuras gerações.

## Referências

CAMPOS, Mário Cesar M. M. de; TEIXEIRA Herbert C.G. **Controles Típicos de Equipamentos e Processos Industriais**. 2ªed., São Paulo: Blucher, 2010.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

SILVEIRA, Marcos A. da. Controle e Automação: história e caracterização. In: **Enciclopédia de Automática Controle & Automação**. São Paulo: Blucher, 2007.

URSULET, S. e GILLET, D. *Introducing flexibility in traditional engineering education by providing dedicated on-line experimentation and tutoring resources*, International Conference on Engineering Education, number 18-21, Manchester, United Kingdom, 2002.

KESHAV, S. ***How to Read a Paper***, David R. Cheriton School of Computer Science, University of Waterloo, ON, Canada, 2007

<https://www.google.com/search?q=teleologia+significado&oq=teleologia&aqs=chrome.1.69i57j0l5.5248j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8>