



## INFORMAÇÕES GERAIS DO TRABALHO

**Título do Trabalho:**Planta didática para simulação de processos industriais

**Palavras-chave:**Planta didática, caldeiras, ensino.

**Campus:**BambuÍ- Minas Gerais

**Área do Conhecimento (CNPq):**Automação Eletrônica de Processos Elétricos e Industriais; Instalações Industriais de Produção de Alimentos.

**Tipo de bolsa:**Bolsa de estudo de Inovação Tecnológica (PIBITI) **Financiador:**Conselho Nacional de Desenvolvimento Científica e Tecnológico

## RESUMO

O uso de plantas didáticas para simulação de processos industriais tem se mostrado uma importante ferramenta de aprendizagem nos cursos de engenharia e cursos técnicos. Esses módulos permitem a abordagem de conteúdos de diversas áreas como Termodinâmica, Máquinas Térmicas, Instrumentação, Automação e Controle, entre outras. Contudo, o custo dessas plantas didáticas disponíveis no mercado é bastante elevado, o que inviabiliza sua utilização em instituições com poucos recursos. Além do aspecto educacional, essas plantas didáticas podem ser utilizadas para a simulação de processos industriais em pequena escala, em especial os processos de produção de vapor, o que é feito através de uma pequena caldeira que acompanha o módulo didático. Esta caldeira viabiliza a simulação de malhas de controle de nível e pressão de vapor permitindo o estudo de avarias em caldeiras industriais. Este trabalho objetiva o projeto e construção de uma planta didática de baixo custo para simulação e estudo de processos industriais, em especial as caldeiras a vapor. O projeto mecânico encontra-se em fase final e foi iniciada a construção da estrutura e montagem da tubulação. O modelo construtivo obtido poderá ser disponibilizado para que outras instituições de ensino construam suas próprias plantas didáticas.

## INTRODUÇÃO:

Com o surgimento de novos equipamentos industriais e a constante exigência por profissionais capacitados, é de vital importância que o estudante de graduação tenha contato com essa instrumentação, isto lhe fornecerá maior versatilidade, o que será de grande valia na sua vida profissional (SILVA et al., 2011). Albuquerque e Souki (2006) reforçam o papel da escola quando a determinam como o espaço social responsável pela preparação de profissionais. Isso ocorre principalmente na educação em engenharia, a qual deve ser realizada com equipamentos técnicos e computadores (COELHO et al, 2001).

Diante de tais fatos, é possível perceber que a utilização de recursos didáticos complementares mostra essencial para a consolidação do conhecimento. Segundo Silva et al (2011), a Planta Didática Industrial é um método de aproximar o aluno ao máximo da realidade das empresas, pois tem como objetivo



demonstrar a operação de suas diversas malhas de controle usando dos mesmos equipamentos e ferramentas de automação industrial.

Através de uma Planta Didática, é possível representar de forma simples e objetiva diversos processos industriais, disponibilizando aos instrutores e aprendizes todos os componentes de um controle de automação, para serem manipulados e monitorados. A Planta Didática pode disponibilizar processos de controle e supervisão em um sistema compacto e ao mesmo tempo fiel à realidade da Automação Industrial (SMAR, 2012).

O avanço tecnológico permite não só novos elementos a serem medidos e monitorados como proveem maior precisão e confiabilidade, além de maior segurança para o processo (VIEIRA, 2015), por isso a importância de investimento nessas áreas e ampliação desse universo. O controle de processos é essencial para, num horizonte amplo, a própria economia de um país. Processos mais eficientes e econômicos ligados a profissionais mais capacitados resultam comprovadamente em um produto final mais barato e de maior qualidade, tornando-o mais competitivo no mercado, seja esse produto um serviço ou um bem de consumo.

Atualmente as plantas didáticas para simulação de processos industriais disponíveis no mercado possuem um custo bastante elevado, o que inviabiliza sua utilização em instituições de ensino com poucos recursos. O resultado da pesquisa terá aplicação prática de curto prazo, já que se propõe a criação de um modelo de módulo didático que replica situações de controle de processos.

A planta didática proporcionará a simulação de processos industriais, em especial a simulação de caldeiras industriais em pequena escala. Atualmente não existem muitos estudos relacionados às causas de avarias em caldeiras, a ocorrência destas avarias em condições reais são raras e difíceis de serem replicados. Estes eventos são complexos e envolvem múltiplos efeitos físicos, o tanque pressurizado de baixa pressão disponível na planta didática pode prover o estudo desses efeitos através da aquisição de dados e sua análise no computador.

Uma forma simples de estudar e compreender o processo de uma caldeira é através da utilização de uma planta didática. Segundo Vieira (2015) além do aspecto educacional, elas podem ser utilizadas para o estudo de diversos processos industriais em pequena escala, neste caso a produção de vapor através de uma pequena caldeira elétrica acoplada a um módulo didático. Através desses módulos é possível abordar diversas áreas de conhecimento encontradas em cursos técnicos e superiores de engenharia, como termodinâmica, máquinas térmicas, instrumentação, automação e controle, entre outras.

Em uma planta didática, principalmente para simulação de caldeiras industriais pode ser encontrados, motor, bomba, válvula, equipamentos elétricos, painéis de controle, transmissores de pressão e temperatura, tubulação, controladores, entre outros equipamentos (NOGUEIRA et al., 2005). Estes equipamentos são fundamentais para que a planta didática tenha um desempenho o mais próximo possível de um processo industrial (SILVA et al., 2012).

Segundo Campos (2011), a produtividade das empresas se encontra diretamente ligada aos processos. O mesmo autor ressalta que um processo deve ser bem elaborado, a operação necessita de



profissionais capacitados e familiarizados com as atividades e as variáveis presentes no mesmo. Para isso faz-se necessário que os profissionais estudem e conheçam tais processos.

Outro tema essencial é a importância das caldeiras para as indústrias, para a geração de vapor necessário para diversas atividades. Além de ser utilizada para movimentar máquinas, o vapor produzido pela caldeira também é útil para esterilização, aquecimento e tem uma participação direta no processo produtivo, como matéria – prima. É importante ressaltar também que as caldeiras não se restringem apenas ao ambiente industrial são utilizadas também por outras empresas, como restaurantes, hotéis, hospitais e frigoríficos (MARGONAR, 2012).

É importante ressaltar que a confecção da planta didática, além de contribuir com a qualidade das aulas práticas nas áreas de automação e instrumentação no laboratório do IFMG Campus Bambuí, será um modelo que poderá ser replicado por outras instituições.

## **METODOLOGIA:**

Os materiais utilizados para a confecção da planta didática, mostrados na figura 1 são: um tanque de aquecimento (1) e um tanque de mistura (2) de trinta e cinco litros cada, que possuem uma resistência de seiscentos watts (3) dos, um tanque de reservatório de cem litros (4), uma placa de orifício para medição de vazão de água na saída da bomba (5) e dois flanges de fixação (6) que serão projetados e confeccionados no setor de Mecânica da própria Instituição, um notebook para simular o sistema supervisor (7), um quadro de comando elétrico (8), dois disjuntores monopolares (9), dois disjuntores tripolares (10), uma fonte chaveada (11), quarenta bornes de conexões elétricas (12), um pressostato (13), três chaves de nível (14), uma bomba centrífuga monoestágio trifásica (15), um inversor de frequência trifásico (16), um relé de estado sólido (17), dois transmissores de pressão diferencial (18), um transmissor de temperatura (19), um transmissor de pressão manométrica (20), quatro válvulas solenoides (21), quatro válvulas manuais tipo esfera (22), trinta metros de perfil estrutural de alumínio para confecção do chassi (23), dez metros de tubo de aço galvanizado (24), dez cotovelos de aço galvanizado (25), cinco conexões tipo T (26), quatro rodízios gel (27), uma interface de configuração Hart (28), um controlador lógico programável (29) e um relé de estado sólido (30).

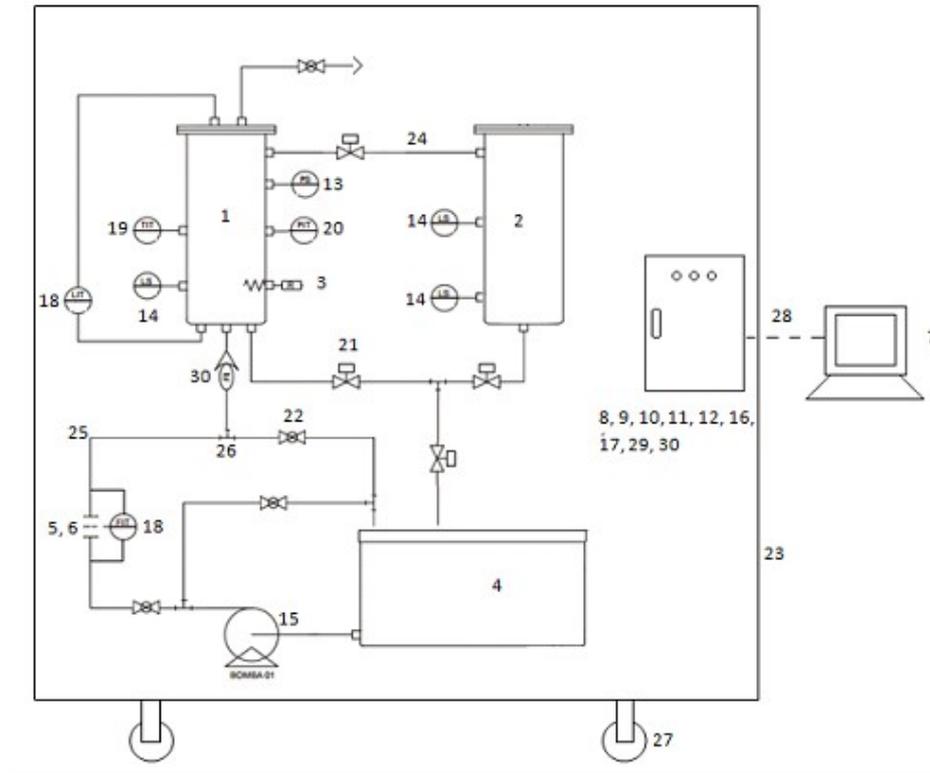


Figura 1: Esboço Inicial do Projeto Mecânico.

Fonte: Autores.

A primeira etapa consistiu no desenvolvimento de um projeto mecânico em 3 dimensões, o qual foi feito utilizando o software *SolidWorks*. Este projeto envolve a estrutura e o projeto de tubulação.

Para o projeto da placa de orifício (medidor de vazão de água) foi utilizado o software *FlowCalc*, no qual foram inseridos os seguintes valores para base de cálculo:

- Fluido: água;
- Diâmetro da tubulação de 1”;
- Pressão diferencial máxima de 75 mBar (leitura máxima do transmissor de pressão);
- A temperatura do fluido igual a 80 °C;
- Pressão absoluta interna 2 bar;
- Diâmetro do orifício 13 mm .



Orifice info	
Identity	DEFAULT
Description	TEMPLATE
Orifice	Orifice plate with corner tapping

Operating conditions	
Mediatype/name	Water steam
Temperature	°C 80,00
Pressure	Bar(a) 2,000
Flow type	Volume flow
Flow	l/h 1188,230
Density	kg/m3 971,659
Viscosity	Pa*s 3,550E-4
DP	mBar 75,000

Dimensions	
Pipe stand.	1 STD
Unit	mm
Diameter	26,645
Material input	Carbon steel
Expans. coeff.	1,210E-5

Calculation data	
ALFA	0,632
RE	4,314E4
BETA	0,488
Pressure loss	55,773 mBar
Epsilon	1,000
Accuracy	0,913

Figura 2: Interface do software para o dimensionamento de placa de orifício.

Fonte: Autores.

Por base nos resultados do software foi possível definir o diâmetro do furo do flange e a vazão de água, assim auxiliando a escolha do rotâmetro adequado. Através de simulações decidiu-se pelo aumento no diâmetro da tubulação de  $\frac{1}{2}$  " para 1 " , alterando a especificação de todos componentes da tubulação.

Os materiais foram adquiridos para início da montagem da parte mecânica, que será sucedida pela montagem da parte elétrica. Após a montagem da planta didática, serão realizados todos os testes necessários, como o teste de vazamento na linha de água e conexões, o teste de capacidade da bomba centrífuga, a configuração do inversor de frequência da bomba, a configuração e calibração dos instrumentos de medição e o teste de funcionamento do sistema de aquecimento.

Após a finalização dos testes e correções, será redigido um manual de uso de fácil entendimento, com o intuito de auxiliar professores e alunos com o funcionamento do equipamento.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Ocorreu primeiramente um período de estudos sobre quais materiais atenderiam melhor o projeto de construção de planta didática. Para dimensionamento da placa de orifício foi utilizada a vazão máxima da bomba de água, que é de 40 l/min. Através dessa definição também se estipulou a vazão máxima do rotâmetro em 40l/min.

Algumas peças tiveram que ser acrescentadas, como manômetros para medição de pressão da bomba e do tanque pressurizado. Foram adicionados plugues de engate rápido para facilitar a conexão nas



tomadas de medição de pressão o que irá facilitar bastante a didática e permitirá que o mesmo instrumento seja utilizado para medições em diversos pontos.

No atual momento o projeto se encontra em fase de adequação do projeto mecânico (desenho estrutural e hidráulico) de acordo com materiais comprados. O orçamento encontrasse dentro dos valores definidos inicialmente.

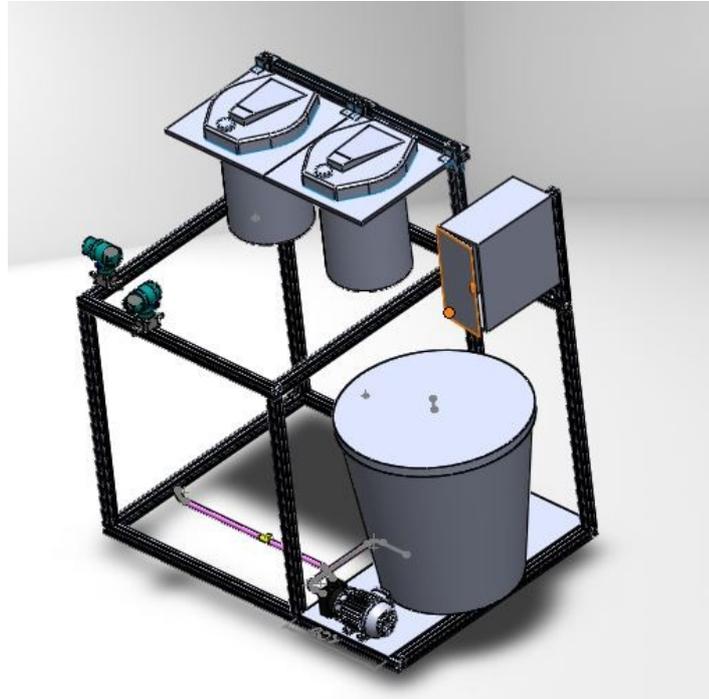


Figura 3: Desenho da planta didática em processo de adequação.

Fonte: Autores.

## CONCLUSÕES:

Neste projeto, os alunos bolsistas puderam acompanhar e verificar todas as etapas de um projeto industrial real, as dificuldades enfrentadas em todas as suas fases, levantamento de requisitos, projeto básico, definição de escopo, detalhamento de especificação técnica, orçamento, compra, gerenciamento da logística, revisão de projeto e início da construção contribuindo para o desenvolvimento de conhecimentos teóricos adquiridos no curso de Engenharia de Produção.

Espera-se que este trabalho seja utilizado como modelo em outras unidades educacionais e que permita uma boa compreensão de uma instalação industrial real em pequena escala, e que possa ser utilizado em diversas experiências científicas aplicadas.



- ALBUQUERQUE, C. M. G.; SOUKI, F. G. El. **A prática docente: o ensinar e aprender**, 2006.
- ALMEIDA, L. A. R. **Estudo da viabilidade técnica, econômica e ambiental da substituição de um banco de resistências elétricas de aquecedores por uma caldeira alimentada por biomassa de paletes residuais na indústria de laminação**. Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá – SP, 2012.
- BRAGA, W. **Transmissão de calor: introdução ao estudo**. Ed. Booklink. Rio de Janeiro – RJ, 2001.
- CAMPOS, M. A. **Estudo das instalações e operação de caldeira e vasos de pressão de uma instituição hospitalar, sob análise da NR 13**. Universidade do Extremo Sul Catarinense- UNESC. Criciúma – SC, 2011.
- COELHO, et al. **Experimentos práticos de controle adaptado na graduação**. COBENGE - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Florianópolis: UFSC, 2001.
- GONÇALVES, J. E. L. **As empresas são grandes coleções de processo**. RAE Revista de Administração de Empresas, v. 40, n. 1, p. 6-19, jan./mar. 2000.
- LEITE, N. R.; MILITÃO, R. A. **Tipos e aplicações de caldeiras**. PROMINP, 2008.
- MARGONAR, R. **Caldeiras**. Eletronuclear. 2012.
- NOGUEIRA, L. A. H.; ROCHA, C. R.; NOGUEIRA, F. J. H. **Eficiência energética no uso de vapor**. Primeira edição. Eletrobrás, 2005.
- SILVA, L. R. B.; ENDO, W.; SCALASSARA, P. R.; ANGÉLICO, B. A.. **Práticas de aprendizagem para sistemas de controle de processos: identificação de sistemas utilizando uma planta didática industrial**. XI Congresso Brasileiro de Engenharia. Belém-PA, 2012.
- SILVA, R. B.; LOPES M. P.; AMARAL, L. S. **Projeto e construção de uma planta didática para ensino de estratégias de controle de nível, vazão e temperatura em cursos de Engenharia**. Faculdade de Ciência e Tecnologia de Montes Claros – FACIT. Montes Claros – MG, 2011.
- SMAR. **PD3-F – Manual de instruções, operação e manutenção**. v. 3. 2012.
- TORREIRA, R. P.. **Bombas, válvulas e acessórios**. São Paulo - SP, 1996.
- VIEIRA, J. S. **Planta didática automatizada para ensino de graduação em engenharia**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – RJ, 2015.
- WERKEMA, M. C. C. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.