

Controle avançado aplicado a colunas de destilação

Advanced control applied to distillation columns

DOI:10.34117/bjdv8n7-017

Recebimento dos originais: 21/04/2022

Aceitação para publicação: 31/05/2022

Luciano Rangel Pinheiro Neto

Mestre

Instituição: Tereos Açúcar e Energia do Brasil

Endereço: Av. Dr. Antonio Tavares Pereira Lima, 10, São José do Rio Preto - SP

E-mail: luciano.pinheiro@tereos.com

Fernando Martins de Mello

Mestre

Instituição: Tereos Açúcar e Energia do Brasil

Endereço: Rua Teixeira de Freitas, 99, São José de Rio Preto - SP

E-mail: fernando.mello@tereos.com

Antonio Manoel Batista da Silva

Doutor

Instituição: Universidade de Uberaba

Endereço: Avenida Nenê Sabino, 1801, Uberaba - MG

E-mail: Antonio Manoel Batista da Silva

Marcelo Costa Dias

Mestre

Instituição: Universidade de Uberaba

Endereço: Avenida Nenê Sabino, 1801, Uberaba - MG

E-mail: Marcelo.dias@uniube.br

Edilberto Pereira Teixeira

Doutor

Instituição: Universidade de Uberaba

Endereço: Avenida Nenê Sabino, 1801, Uberaba - MG

E-mail: edilberto.teixeira@uniube.br

Fidélis Rosângelo Zuffi

Graduado

Instituição: SIC - Sistemas Inteligentes de Controle LTDA

Endereço: Rua Jorge Martins Pinto, 967, Uberlândia - MG

E-mail: fidelis.zuffi@apsic-systems.com

RESUMO

O objetivo desse trabalho é apresentar uma proposta de operação e controle de uma coluna de destilação em uma usina sucroalcooleira que combina a aplicação de ferramentas de sintonia de malhas de controle, de controle avançado de processos e de sistemas de otimização, além do monitoramento do processo em tempo real. Com essa metodologia

obtem-se uma diminuicao significativa da variabilidade do processo, alem da otimizacao da producao de etanol. O resultado mostrou que a combinacao dessas ferramentas de automacao contribuiu para uma reducao de 91,2% na variabilidade do processo, um aumento de 9,2% na capacidade de producao de etanol e uma reducao significativa das intervencoes dos operadores no processo.

Palavras-chave: sistemas de controle, setor sucroalcooleiro, controle de processo.

ABSTRACT

The objective of this paper is to present a proposal for the operation and control of a distillation column in a sugar and ethanol mill that combines the application of control loop tuning tools, advanced process control and optimization systems, as well as real-time process monitoring. With this methodology a significant decrease in process variability is obtained, in addition to the optimization of ethanol production. The result showed that the combination of these automation tools contributed to a 91.2% reduction in process variability, a 9.2% increase in ethanol production capacity, and a significant reduction in operator interventions in the process.

Keywords: control systems, sugar and alcohol industry, process control.

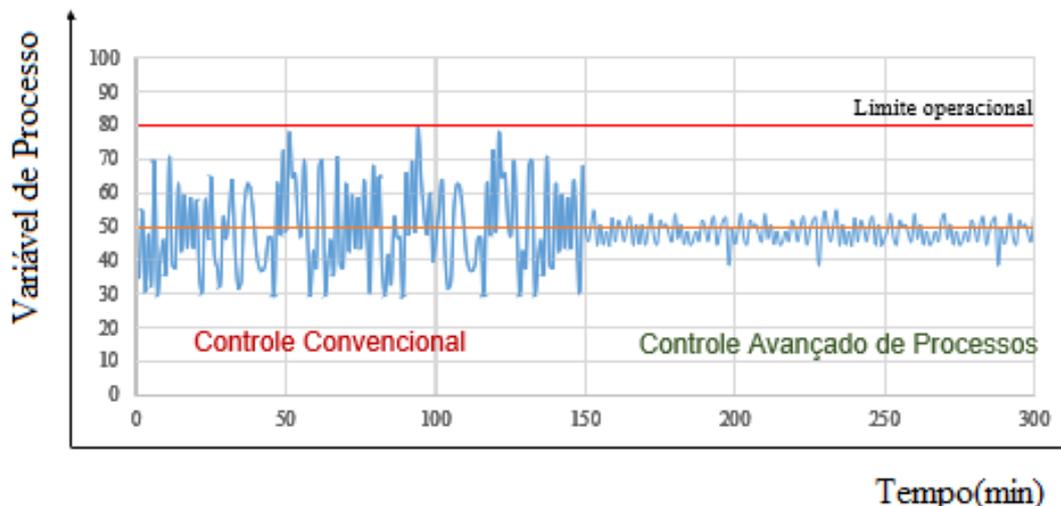
1 INTRODUÇÃO

A operacao das malhas de controle tem uma grande influencia no desempenho dos processos industriais, o que, muitas vezes, estabelece a sua viabilidade economica. Nesse sentido, para que o sucesso seja alcançado, opera-se, em harmonia, a piramide de automacao que tem, como base, os instrumentos de campo seguidos do controle regulatorio, que pode ser comandado por sistemas avancados com otimizacao em tempo real, sob o comando geral do gerenciamento economico da empresa. Dentro da complexidade desses sistemas, espera-se que os instrumentos de campo estejam calibrados e com alta confiabilidade. O controle regulatorio, na maioria dos casos, e realizado por controladores proporcionais integrais e derivativos (PID). Pela sua condicao intrinseca de linearidade, sao melhor aplicados em processos com baixo tempo morto e, principalmente, com alto grau de linearidade dentro da faixa de operacao de suas variaveis de processo e de controle.

Os casos em que estas condicoes nao sejam satisfeitas tornam-se intrataveis pelos metodos convencionais de controle, como pelos controladores PID. Para tanto, ha opcoes que incluem algumas tecnicas de controle avancado de processos, tais como os controladores fuzzy. A figura 1 ilustra a significativa reducao da variabilidade quando se passa do controle convencional para o controle avancado de processos. Em consonancia com essas perspectivas, apresentam-se neste trabalho os resultados da implantacao de um projeto piloto realizado na destilaria de uma usina sucroenergetica. Sao combinadas as tecnicas de monitoramento de

malhas de controle, de otimização em tempo real e de controle avançado de processos, iniciando-se pela sintonia das malhas de controle PID.

Figura 1- Comparação da variabilidade de controladores convencionais e avançados



2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1 SINTONINA DA MALHA DE CONTROLE

Para sintonia das malhas de controle PID da destilaria, utilizou-se a ferramenta PlantTriage® que é um sistema de gestão de malhas de controle desenvolvido pela empresa ExpertTune. Este recurso permite que se obtenham modelos do processo em tempo real, utilizando variações de setpoint que venham a ocorrer por intervenções feitas pelos operadores do processo. De posse da função de transferência do processo, o sistema determina os melhores parâmetros para a sintonia das malhas. Em alguns casos, a função de transferência obtida pelo sistema foi usada para se ajustar os parâmetros por meio de métodos tradicionais como a síntese direta, SEBORG (2011). Estes procedimentos foram usados, no caso da destilaria, para o ajuste das malhas de vazão de vinho do aparelho de destilação 1 e 2, além da malha de vazão de retirada de etanol do aparelho 2. Nesse teste, o sistema AMCT do PlantTriage obteve a função de transferência $G(s) = \frac{2,3e^{-18s}}{8s+1}$. Usando-se o método da síntese direta, pôde-se ajustar um controlador PI com os parâmetros $K_p = 0,16$ e $T_i = 8$ minutos, TEIXEIRA (2011). Para tanto, considerou-se a constante de tempo desejada em malha fechada igual a $\tau_d = 4$ minutos. Este método considera o ganho proporcional $K_p = \frac{\tau}{k(\tau_d + \theta)}$ e a constante de tempo integral $T_i = K_p k(\tau_d + \theta)$, sendo $k = 2,3$; $\theta = 18$; $\tau = 8$. Como este o processo possui várias perturbações, o desempenho da malha é testado rotineiramente e, se necessário, novos ajustes são aplicados.

2.2 OTIMIZAÇÃO EM TEMPO REAL

Em geral, os setpoints das malhas de controle são definidos pelos operadores, com base nas suas experiências do processo. Cada um dos operadores é responsável por várias unidades industriais, que envolvem muitas malhas de controle. Desta forma, mesmo com grande experiência, esta tarefa se torna-se impraticável, principalmente considerando-se que esta não seja a única tarefa que lhes é imposta. Por este motivo, na unidade industrial em questão, foi utilizado um sistema de otimização em tempo real que define, de forma automática, os valores dos setpoints das malhas de controle. Embora as ferramentas de ajuste de controladores PID e de otimização de setpoint sejam bastante eficientes, certas malhas de controle exigem um grau diferente de tratamento. Para tanto, foi aplicado o sistema de controle avançado apresentado na seção seguinte.

2.3 CONTROLE AVANÇADO DE PROCESSOS

Algumas malhas de controle são influenciadas por diversas variáveis do processo, comumente denominadas por perturbações. Por esse motivo, para estes casos, o uso de controle avançado de processos mostra-se como a solução mais viável por tratar o sistema como multivariável e não-linear. No caso apresentado neste trabalho, aplicou-se o sistema APsiC-Control da empresa SIC – Sistemas Inteligentes de Controle Ltda que tem um controlador fuzzy, como ferramenta principal. Dentre as diversas malhas em que o APsiC-Control foi aplicado, destaca-se, neste trabalho, a temperatura de entrada do vinho e a densidade de saída do álcool. Antes da aplicação do controle avançado, o controle de temperatura de entrada do vinho era realizado por um sistema de dois controladores PID em cascata, sendo o controlador mestre responsável pela temperatura de entrada de vinho e o escravo pela vazão de vinho. Com a aplicação do sistema APsiC, o controlador mestre foi substituído por um fuzzy. O controle de vazão, na malha escrava, permanece na forma PID convencional. Observe que o controlador fuzzy, implementado por meio do sistema APsiC, leva em consideração cinco perturbações: densidade do álcool do aparelho 1, temperatura de saída do vinho no trocador k, pressão da coluna A no aparelho 1, temperatura da bandeja 42 na coluna B e pressão de vapor vegetal. Essas perturbações participam da base de regras que regem o controlador fuzzy na definição da vazão de vinho.

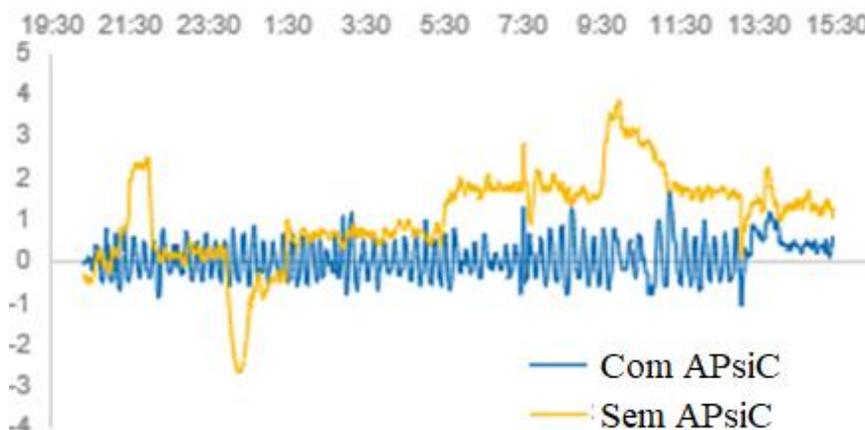
Da mesma forma, antes da aplicação do controle avançado, o controle de retirada de etanol era realizado por um sistema de dois controladores PID em cascata, sendo o controlador mestre responsável pela densidade do álcool e o escravo pela vazão de retirada do etanol do

aparelho. Com a implantação do sistema de controle avançado, o controlador PID da malha mestre foi substituído por um controlador fuzzy. O controle de vazão de etanol, na malha escrava, permanece na forma de um PID convencional. Da mesma forma, o controlador fuzzy, implementado por meio do sistema APsiC, leva em consideração cinco perturbações: temperatura da bandeja 42, vazão de vinho no aparelho 1, pressão da coluna B no aparelho 1, temperatura da bandeja 12 no aparelho 1 e pressão do vapor vegetal. Essas perturbações participam da base de regras que regem o controlador fuzzy na definição da densidade de saída do etanol. A comprovação da eficácia das estratégias de controle empregadas exige o monitoramento constante do desempenho do sistema. Utilizou-se o PIMS System, por oferecer os resultados gráficos e analíticos necessários e que permitem acompanhar também as ações dos operadores do processo.

2.4 RESULTADOS DA COMBINAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DE CONTROLE

A combinação das estratégias de controle mencionadas no trabalho trouxe resultados positivos nas colunas de destilação que resultaram em maior produção e com uma redução sensível no desvio padrão do erro de controle, além de economia de vapor. Foram avaliados os dados no período entre 01/09/2019 e 20/11/2019, ao qual, o controle avançado foi aplicado nas colunas em diferentes instantes. O erro foi calculado pela diferença percentual entre o setpoint e a variável de processo. Pode-se observar na figura 2 que o erro é menor com o sistema de controle avançado habilitado. Pela análise dos resultados, observou-se que o desvio padrão do erro das malhas de controle, em geral, ficou em torno de 4,04%, sem a aplicação do controle avançado e de 0,36% nos períodos em que ele foi habilitado. Sendo assim, houve uma redução significativa de 91,2%. No caso da produção de etanol, houve um aumento de 9,2%, nos períodos de ativação do controle avançado de processos.

Figura 2 - Erro na temperatura de entrada de vinho no aparelho 1.



3 CONCLUSÃO

A combinação do sistema de otimização em tempo real, controle avançado, sintonia de malhas e monitoramento em tempo real contribuiu com a redução na variabilidade do processo (90,2% menor), aumento na produção de etanol (9,2% maior) e na eliminação de intervenção humana nos setpoints das malhas de controle. Foi também observado, o desafio em se realizar o engajamento dos operadores no sentido de deixarem o sistema operando no modo automático, pois há uma tendência de voltarem a operar no modo manual. Isto, em geral, ocorre por insegurança em relação a operarem de uma forma na qual eles têm pouca experiência. Essa segurança foi sendo adquirida aos poucos, quando verificaram que o controle avançado lhes proporciona muito mais conforto operacional.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG, à Universidade de Uberaba – UNIUBE e a APsiC – Sistemas Inteligentes de Controle Ltda pelo suporte disponível para elaboração deste trabalho.

REFERÊNCIAS

SEBORG, D. (2011), *Process Dynamics and Control*, 3rd edition, John Wiley Sons Inc, 2011.

TEIXEIRA, E., Neto, Luciano (2020), Utilização de ferramenta de control loop performance monitoring e Matlab para sintonia de malhas de controle, *Brazilian Journal of Development*, DOI:10.34117/bjdv6n1-371, 31 de janeiro de 2020.