

Automatização de uma esteira vibratória para aumento da confiabilidade de uma máquina recheadora de biscoitos

Filipe Marangoni (UTFPR) filipemarangoni@utfpr.edu.br
Paulo Augusto Hass (UTFPR) paulo.hass@hotmail.com
Silmar De Bairros (UTFPR) silmar-bairros@hotmail.com
Evandro André Konopatzki (UTFPR) eakonopatzki@utfpr.edu.br
Samir de Oliveira Ferreira (UTFPR) sferreira@utfpr.edu.br

Resumo:

O correto gerenciamento de recursos e otimização de processos produtivos tem assumido grande importância num cenário de maior competitividade industrial e crise financeira. Neste artigo, é estudado um caso específico desta tendência em uma indústria alimentícia instalada na região oeste do Paraná. Foi proposta e implementada a automatização do controle dos vibradores da calha vibratória de uma máquina recheadora de biscoitos. Anteriormente o controle era feito de forma manual, e não apresentavam precisão satisfatória e ocasionavam falhas excessivas em componentes críticos da máquina, dentre estes a quebra de molas de vibração era a falha mais frequente. O controle de potência para a vibração automática das calhas de vibração permitiu um ajuste preciso e evitou a vibração excessiva que degradava o desempenho tanto da máquina recheadora como do processo de produção. Essa automação gerou uma maior flexibilidade para o operador executar suas outras funções porque ele passou a controlar todo o processo através de um único sistema controlador centralizado, montado em um painel para facilitar o acesso. Foram colhidos resultados positivos, que se refletiram diretamente no menor desperdício de insumos de produção e redução do custo de manutenção e produção.

Palavras chave: Automação, Controle de Vibração, Eficiência Produtiva.

Automation of a vibrating conveyor to increase the reliability of a fill machine biscuits

Abstract:

The correct management of resources and optimization of production processes has taken on greater importance against a backdrop of increasing competitiveness in the industries. In the work presented in this paper, a specific case of this trend is studied. It was proposed and implemented the automation and control of the vibrators of vibratory trough in a biscuit filling machine. The control of these vibrators was done manually, and had unsatisfactory precision and occasioned excessive failures in critical components of the machine. The power control for the automatic vibration of vibration troughs, allows for precise adjustments, avoiding excessive vibrations that degrades the performance of both the filling machine as of the entire manufacturing process. This automation provides additional flexibility for the operator to perform its function, because it controls the entire process through a single centralized controller mounted on a panel for easy access. Positive results were collected, which were reflected directly in less waste of production inputs and reducing the cost of production.

Keywords: Automation, Vibration Control, Productive Efficiency.

1. Introdução

Pode-se dizer que a automatização de um processo, tem a finalidade de facilitar processos produtivos, acarretando na realização de sistemas otimizados capazes de produzir bens com menor custo, maior quantidade, em menor tempo e com maior qualidade (ROSÁRIO, 2009).

Esta pode ser uma importante ferramenta na melhoria da gestão de recursos dentro da indústria, pois na busca por reduções no custo de produção a primeira abordagem que se deve tomar é a redução do desperdício de insumos. Neste contexto foi desenvolvida esta pesquisa, em uma indústria de biscoitos que buscava a redução de desperdícios.

O objeto de estudo foi o controle de doze vibradores fixados às calhas que têm por finalidade levar o produto (biscoito) até a máquina recheadora. Essa máquina, por sua vez, como o próprio nome sugere, executa o processo de recheamento do produto.

O controle do nível de vibração desses vibradores era feito de forma manual, por meio de potenciômetros. Cada vibrador possuía o seu controle individual e o operador necessitava regular a cada lote de biscoitos a vibração de cada um dos doze equipamentos, este processo apresentava baixa eficiência. Muitas vezes não se conseguia atingir a faixa adequada de vibração para cada um dos vibradores e isto desencadeava – por vezes – uma vibração demasiada para a máquina, causando quebras prematuras das molas vibratórias, em média 3,63 molas de vibração quebravam por dia. Isto provocava a parada no processo de fabricação.

Essa condição gerava custos para a empresa, tanto pela parada na produção, perda de material de biscoitos e embalagens, quanto pela troca das molas, pois na última compra as molas foram adquiridas por R\$ 20,00 cada uma. A empresa estimava um gasto anual de R\$ 17.424,00 com substituição de molas.

O sistema possui cerca de seis a sete molas por vibrador, como são doze vibradores, aproximadamente setenta e duas (72) molas ficam em operação durante o funcionamento da máquina. Dependendo da quantidade de molas utilizadas ele pode vibrar mais, ou menos. Caso duas molas de um único vibrador estejam danificadas o sistema de vibração não apresenta desempenho necessário para a operação da máquina, pois o processo de produção depende da vibração, e caso a mesma apresente defeito, o processo não flui como necessário.

O problema analisado neste estudo era o de que era necessário desligar a máquina recheadora sempre que duas molas (ou mais) apresentassem defeito em seis (ou mais) vibradores. Esta parada era necessária para a substituição das molas defeituosas.

Neste artigo é proposta a automatização do controle dos vibradores acoplados às calhas, como uma iniciativa para redução dos custos de manutenção corretiva e perdas produtivas nessa etapa da fabricação de biscoitos. O emprego de um controlador apropriado permite o controle preciso do processo de vibração, pois neste é inserida a programação adequada ao processo, bem como o número de vibradores a serem controlados e o operador apenas ajusta a potência de vibrador, conforme a necessidade.

Foi também realizado o acompanhamento do sistema automatizado para verificação dos resultados obtidos. Por meio do histórico de manutenção foi possível comparar a redução de custos alcançadas com o projeto.

2. Sistema de calhas vibratórias

O funcionamento do sistema a ser automatizado é parte essencial do processo de fabricação do produto, pois se trata de um elemento fundamental para abastecimento da máquina recheadora de biscoitos (produto final da empresa).

O sistema é composto por calhas vibratórias, que são acopladas a vibradores, e sua finalidade é fazer o produto escoar até a máquina recheadora de forma ordenada. Estas calhas contam com 12 vibradores que funcionam também como empilhadores para o produto, pois no mesmo processo, as calhas levam e empilham o produto para entrarem na máquina de forma ordenada, seguindo para o processo de recheamento.

Antes da automação, assim que a chave contatora era ligada pelo operador, eram acionados os vibradores. Estes iniciavam o processo quase sempre com potência máxima, muitas vezes danificando bobinas e molas de vibração, que sofrem fadiga e a ruptura precoce quando a potência máxima é subitamente empregada na bobina de vibração.

Para melhor entendimento do processo, a Figura 1 apresenta como as calhas vibratórias relacionam-se com a máquina recheadora. Existem dois grupos de calhas vibratórias (identificadas pela letra “A”), pois existem duas roscas de recheio na máquina.

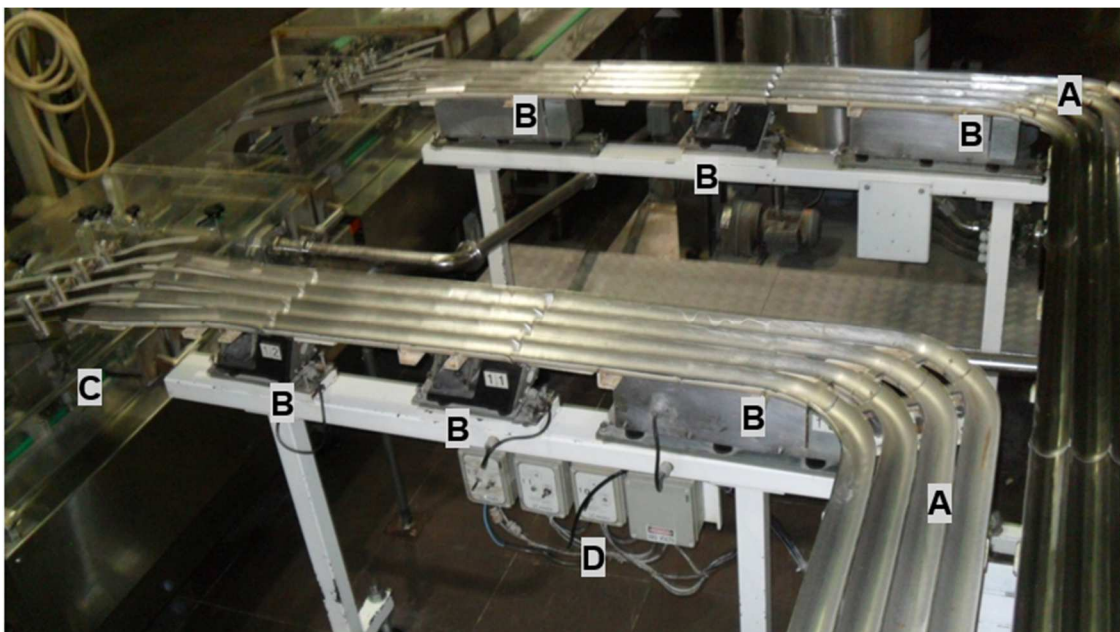


Figura 1 – Calhas vibratórias e a máquina recheadora de biscoitos
Fonte: Autoria própria

Cada grupo de calhas escoam o produto para uma rosca recheadora. A letra “B” indica onde estão localizados os vibradores, no grupo 1 (na parte inferior da imagem) existem cinco vibradores, no grupo 2 (na parte superior) existem sete vibradores, pois a distância é maior até a rosca recheadora.

Pode-se observar ainda que existem vibradores sem sua respectiva proteção de inox, pois eram os que mais apresentavam problemas com a quebra de molas, sendo assim, os mesmos já ficavam sem a proteção para agilizar a troca de molas quando necessário. A letra “C” à esquerda da figura indica a máquina recheadora, onde é feito todo o processo de recheio dos biscoitos. A letra “D”, na parte inferior da figura, mostra como era feito o controle de vibração, através de potenciômetros e variadores de potência.

As molas de vibração são feitas de fibra de vidro TVE, que é um laminado à base de tecido de fibra de vidro e resina epóxi de alto poder aderente. Este material apresenta propriedades mecânicas, elétricas e térmicas superiores aos outros tipos de laminados. Oferece resistência à tração, a flexão e ao impacto, maior que os laminados fenólicos, além de ótima rigidez dielétrica e excelente resistência térmica.

Os vibradores são compostos pela bobina de vibração e pela mola de vibração. A bobina de vibração é fixada dentro de uma proteção de ferro fundido e possui ajustes manuais através de parafusos, para uma vibração satisfatória estas bobinas não podem ficar nem muito próximos nem muito distantes de sua carcaça, cerca de 2 mm de distância.

A Figura 2 mostra o princípio de funcionamento da bobina de vibração em conjunto com as calhas e molas. Os elementos causadores das oscilações como a bobina de vibração (F), contra núcleo (E), molas chatas (C) e massas oscilantes (B e D) formam a denominada base de acionamento. A calha de transporte (A) é fixa a esta base de acionamento.

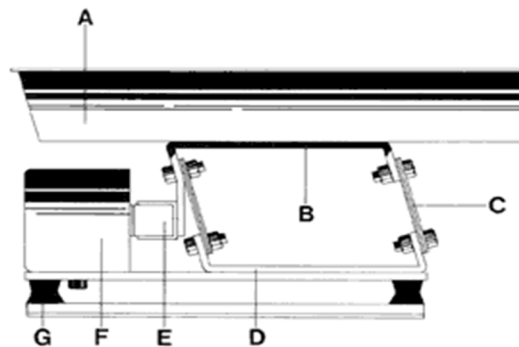


Figura 2 – Base de acionamento (calha, molas e bobina de vibração)
Fonte: Mavi (2015)

A bobina de vibração (F), por meio do contra núcleo (E) ativa o conjunto por meio de vibrações mecânicas lineares e orientadas devido à inclinação das molas. A frequência de vibração é de 3600 vibrações por minuto. Coxins de borracha (G) impedem a transmissão dessas vibrações para as estruturas de apoio.

Para ilustrar a questão da ruptura das molas, a Figura 3 apresenta alguns exemplos de molas que apresentaram problemas. Observa-se que o ponto de ruptura prematura ocorre sempre próximo à base de fixação das molas no vibrador, devido a ajustes de potência excessiva.



Figura 3 – Molas planas de vibração com ruptura precoce
Fonte: Autoria própria

3. Projeto e execução

Tendo em vista o funcionamento anterior do processo produtivo, a nova abordagem consiste em operar todo o sistema através de um único controlador, isto é, de modo centralizado.

Após devidamente testado, o sistema foi instalado no painel da máquina, já existente no local. O painel foi realocado para receber os novos componentes que fazem parte da nova automação. Depois de realizado o cabeamento do sistema, foi feita a montagem do sistema no painel geral da máquina, mostrado na Figura 4. Foram fixados os módulos de vibração e instalados conectores fusíveis para melhor proteção do sistema.



Figura 4 – Painel do sistema de automação das calhas vibratórias
Fonte: Autoria própria

O sistema de controle do processo de vibração centralizado foi instalado em um painel de fácil acesso ao operador para possibilitar melhor operação do sistema com maior agilidade por parte do operador, menos paradas de produção e menores gastos com a compra de materiais de reposição. A potência de vibração de cada vibrador é ajustada conforme necessidade de trabalho, podendo ser aumentada ou diminuída conforme necessário.

No sistema antigo era necessário que o operador se deslocasse em cada vibrador para assim, manualmente ajustar os níveis de vibração para cada calha vibratória. Nem sempre os mesmos eram ajustados corretamente, de acordo com o que se necessitava do equipamento.

O controlador foi instalado na tampa frontal do painel já existente, de fácil acesso ao operador, e foi feita a interligação do controlador com os módulos de potência, que alimentam os vibradores. Na Figura 5 pode ser observada a interface homem-máquina do controlador no painel, juntamente com a manopla liga/desliga que não existia no sistema antigo, o qual era acionado assim que o painel geral da máquina era energizado.



Figura 5 – Interface do controlador e manopla liga/desliga
Fonte: Autoria própria

No novo sistema instalado, foram retirados todos os cabos expostos, as caixas de passagem, onde ficavam instalados os variadores de potência, e os potenciômetros. Pois no sistema antigo o dispositivo de controle ficava dentro das caixas de passagem, sendo que o potenciômetro e o variador de potência sofriam com jatos de água durante o processo de limpeza, e agentes químicos que são utilizados para efetuar a limpeza do ambiente, o que poderia levar a curtos-circuitos.

A Figura 6 permite comparar o sistema anterior com o sistema com controle centralizado.

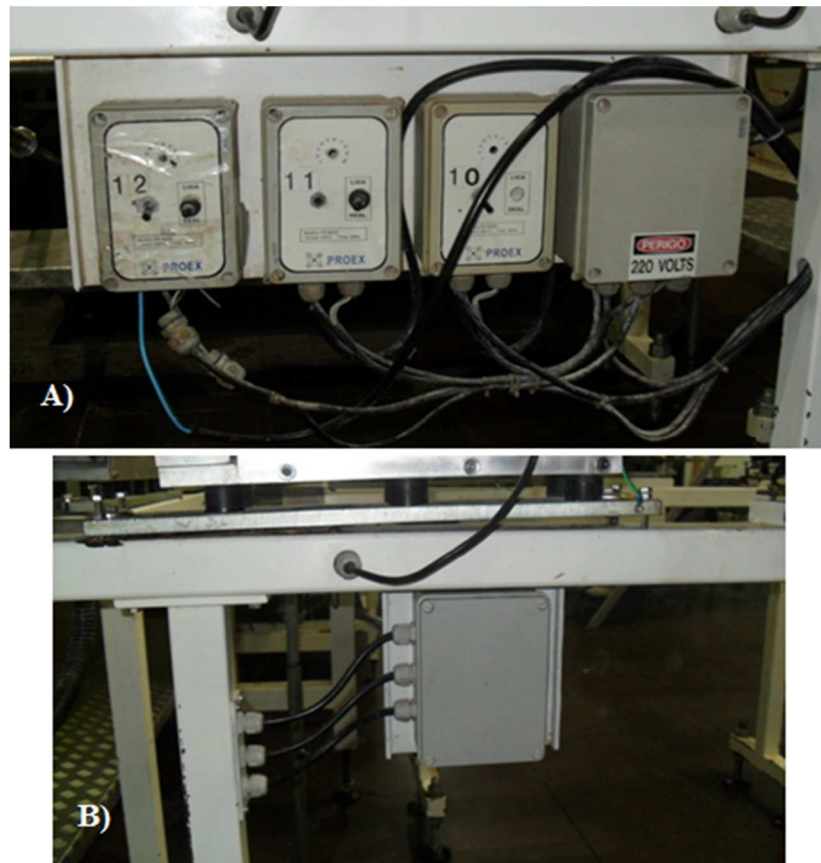


Figura 6 – Comparação entre sistemas de acionamento anterior A) e com controle centralizado B)

O novo sistema visa também evitar a ocorrência de acidentes de trabalho, pois havia anteriormente o risco de choque elétrico a funcionários e operadores.

4. Resultados e discussões

Um protótipo do novo sistema foi montado em bancada e testado para fins de aferição da lógica de controle e definição de suas configurações iniciais. O controlador também foi configurado para permitir uma partida “em rampa”, ou seja, com um aumento linear gradual da potência de vibração ao longo de um tempo maior até atingir o valor programado, proporcionando suavidade ao sistema. Diferentemente do sistema anterior, onde só era possível partir o sistema “em degrau”, onde a potência é máxima já no momento da partida, causando solicitações desnecessárias as peças do sistema de vibração.

4.1 Redução de paradas não programadas

Este sistema proporcionou economia para a empresa, pois com o controle instalado foi constatada a diminuição da ocorrência de paradas de máquina que antes era bastante elevada devida, principalmente, à quebra das molas de vibração.

Na operação com o sistema antigo (quando o mesmo se fazia ativo) a quebra dessas molas ocorria diariamente. A Figura 7 demonstra a comparação entre a quantidade de molas quebradas com a operação da máquina no sistema antigo (setembro) e após a automação (outubro), durante o período de dois meses.

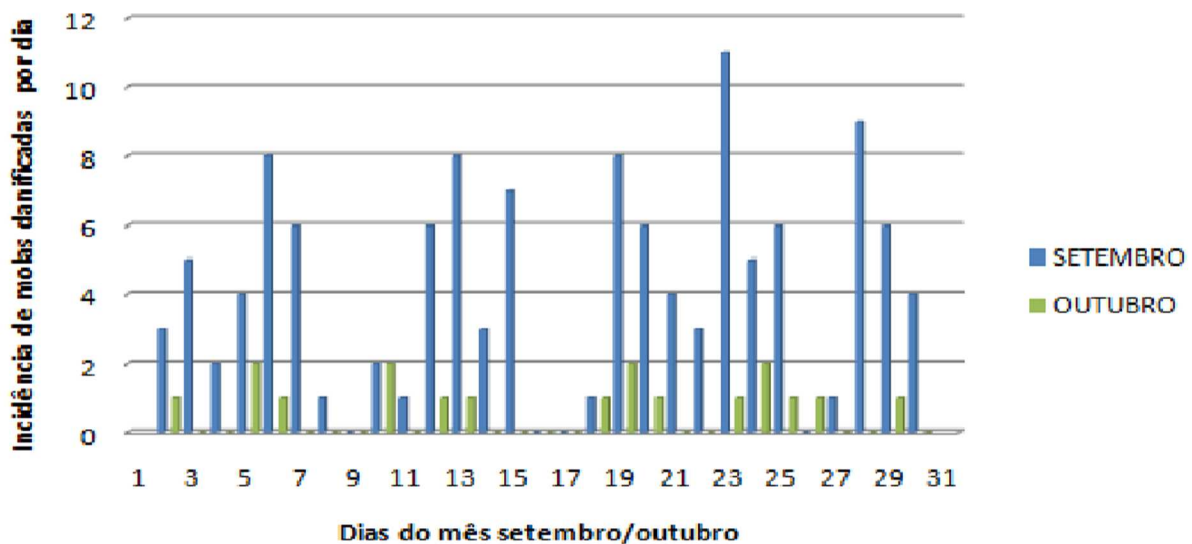


Figura 7 – Comparativo da troca de molas de vibração no período entre setembro e outubro de 2013

Pode-se notar na Figura 7 a grande diferença no número de trocas de molas entre os meses de setembro, onde ainda o sistema antigo estava ativo e no mês referência outubro, quando o novo sistema foi instalado e estava em pleno funcionamento.

Foi observado, também, que no mês de setembro a incidência de molas defeituosas pela inadequada vibração do sistema chegou a atingir o total de 11 molas quebradas em um único dia. Esta taxa de quebra de molas gerava um grande gasto para empresa com a compra de material para substituição e com paradas não programadas da máquina. Além de gastos com energia elétrica, reprocesso de produto e despesas com funcionários ociosos por causa da parada da máquina.

Já no mês de outubro, quando o novo sistema de controle foi instalado e estava em pleno funcionamento, foi verificada a grande diminuição de quebras de molas de vibração. No dia em que houve a maior incidência de troca de molas, foram trocadas apenas duas. Houve determinados períodos em que a máquina esteve em pleno funcionamento o dia todo sem que fosse necessária sua parada uma única vez por defeito no sistema de vibração.

A automatização empregada no sistema de controle foi bastante satisfatória atingindo os resultados esperados pela empresa e pelo setor de manutenção, que eram diminuir as paradas desnecessárias de máquina, reduzir os gastos com a compra de material para substituição e diminuir o reprocesso de produto.

Sempre que a máquina é parada o insumo que está na máquina necessita passar por todo o processo de fabricação novamente tornando mais caro para empresa.

Outros pontos relevantes constatados foram o aumento do desempenho global da máquina recheadora - que sofria com a má vibração do sistema; o aumento da facilidade de operação do controle de vibração por parte dos operadores e o aumento da confiabilidade do processo - pois com o novo controlador instalado foi possível ajustar os níveis de vibração gradativamente e com maior segurança, de acordo com a necessidade de trabalho.

4.2 Comparativo do custo de mão-de-obra parada e do investimento realizado

A empresa tem um alto custo com funcionários parados, levando em conta que são necessários 4 funcionários para trabalhar na recheadora, sendo 1 operador e 3 auxiliares de produção, mais 4 operadores de embaladoras, mais 5 auxiliares de produto final.

O setor do RH da empresa forneceu, para esta pesquisa, os salários dos empregados levando em conta somente o custo com os funcionários, sem considerar os encargos sociais pagos pela empresa. Tais dados são apresentados na Tabela 1.

Funcionários	Quantidade	Salários por mês	R\$ por dia	R\$ por hora
Op. Recheadora	1	1.280,00	53,00	6,66
Aux. Produção	8	918,00	306,00	38,24
Op. Embaladora	4	1.280,00	212,00	26,64

Fonte: Autoria própria

Tabela 1 – Custos com a máquina parada

A máquina recheadora trabalha numa jornada de dezoito horas diárias sem interrupção durante o processo de fabricação. Esta jornada só é interrompida por paradas programadas de manutenção, defeito da máquina ou defeito no produto.

A meta diária de produção do biscoito do tipo recheado é de 1200 kg/h caso nenhum equipamento apresente defeito, podendo chegar até a 1.400 kg/h de biscoito produzido e embalado ao dia. No entanto, a produção diária com o sistema antigo estava em torno de 1.000 kg/h, portanto, abaixo da meta.

Estima-se que o custo para empresa de cada pacote de biscoito recheado seja de R\$ 0,35 e, devido ao valor de venda para o mercado consumidor, esse valor gera uma margem de lucro relativamente baixa e, dessa forma, com o mercado cada vez mais competitivo, o volume de produção deve ser mantido para viabilização das atividades da empresa e os custos devem ser reduzidos.

Com base nesses dados e, considerando somente a mão-de-obra ociosa e a perda de produtividade, pode-se estimar que o custo para a empresa pela parada não programada da máquina recheadora é de cerca de R\$ 2.400,00 por hora de interrupção da produção.

Por outro lado, o investimento da empresa com os componentes adquiridos para ser realizada a automatização do sistema de vibração da máquina recheadora pode ser visto na Tabela 2.

Componente	Quantidade	Preço (R\$)	Total (R\$)
Controlador IHM-MCP	1	2.000,00	2.000,00
Módulo de Controle de Potência MCP-V4	4	1.250,00	5.000,00
TOTAL			7.000,00

Fonte: Autoria própria

Tabela 2 – Valores dos componentes utilizados no projeto de automação

Os demais componentes, como cabos, conectores e bornes fusíveis, havia em estoque no setor de almoxarifado da empresa, não foram cotados e, por isso, não foram contabilizados os seus

valores. Sendo assim, fica claro que apenas 3 horas da máquina recheadora parada já implica em perdas da ordem do investimento inicial, apresentando rápido retorno do investimento. Logo, pode-se concluir que o projeto proposto apresenta uma clara viabilidade econômica.

5. Conclusão

Aplicando conceitos simples de gerenciamento de recursos e melhoria de processos ao cenário industrial é possível alcançar uma redução expressiva de custos. Este artigo mostra um exemplo claro de aplicação de uma ferramenta adequada, neste caso a automação, para aumentar a eficiência de um processo produtivo.

A automatização do sistema de acionamento das calhas vibratórias que alimentam a máquina recheadora de uma empresa de fabricação de biscoitos, através de um único controlador, centralizado e de fácil acesso aos operadores, possibilitou evitar desperdícios para a empresa e paradas inoportunas da linha de produção.

O sistema funcionou como previsto, reduzindo a frequência de parada de produção por defeito nas molas de vibração, os custos com compra de material e melhorando o desempenho da máquina. Houve uma melhora bastante significativa na operação da máquina recheadora por parte dos operadores, permitindo colher resultados positivos no produto final.

Com o novo sistema de controle instalado registrou-se também um aumento na produção de biscoitos, passando a alcançar frequentemente a meta diária de produção (1200 kg/h). Também tornou-se desnecessária a regulagem manual do nível de potência de vibração, uma das principais causas de quebra das molas, por consequência reduziram as intervenções dos profissionais da manutenção da empresa na referida máquina.

A automatização do controle de potência dos vibradores apresentou-se perfeitamente viável economicamente uma vez que o custo total do investimento foi equivalente à 3 horas paradas.

Referências

ANTONELLI, P.L. *Introdução aos Controladores Lógicos Programáveis (CLPs)*. Disponível em <<http://www.ejm.com.br/download/Introducao%20CLP.pdf>>. Acesso em setembro de 2015.

FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. *Controladores Lógicos Programáveis: Sistemas Discretos*. São Paulo: Érica, 2008.

GEORGINI, M. *Automação Aplicada: descrição e implementação de sistemas sequenciais com PLC's*. São Paulo: Editora Érica, 2006.

MAVI. *Dosadores vibratórios*. Disponível em: < http://www.mavi.com.br/produto.php?pagina_id=101>. Acesso em setembro de 2015.

NATALE, F. *Automação Industrial*. 2ª edição - Edição Revisada e Atualizada – São Paulo 1997, editora Érica.

ROSARIO, J. M. *Automação Industrial* – São Paulo: editora Baraúna SE Ltda, 2009.

VICENTE, A. M. *Manual de Indústrias dos Alimentos*. São Paulo, 1995.